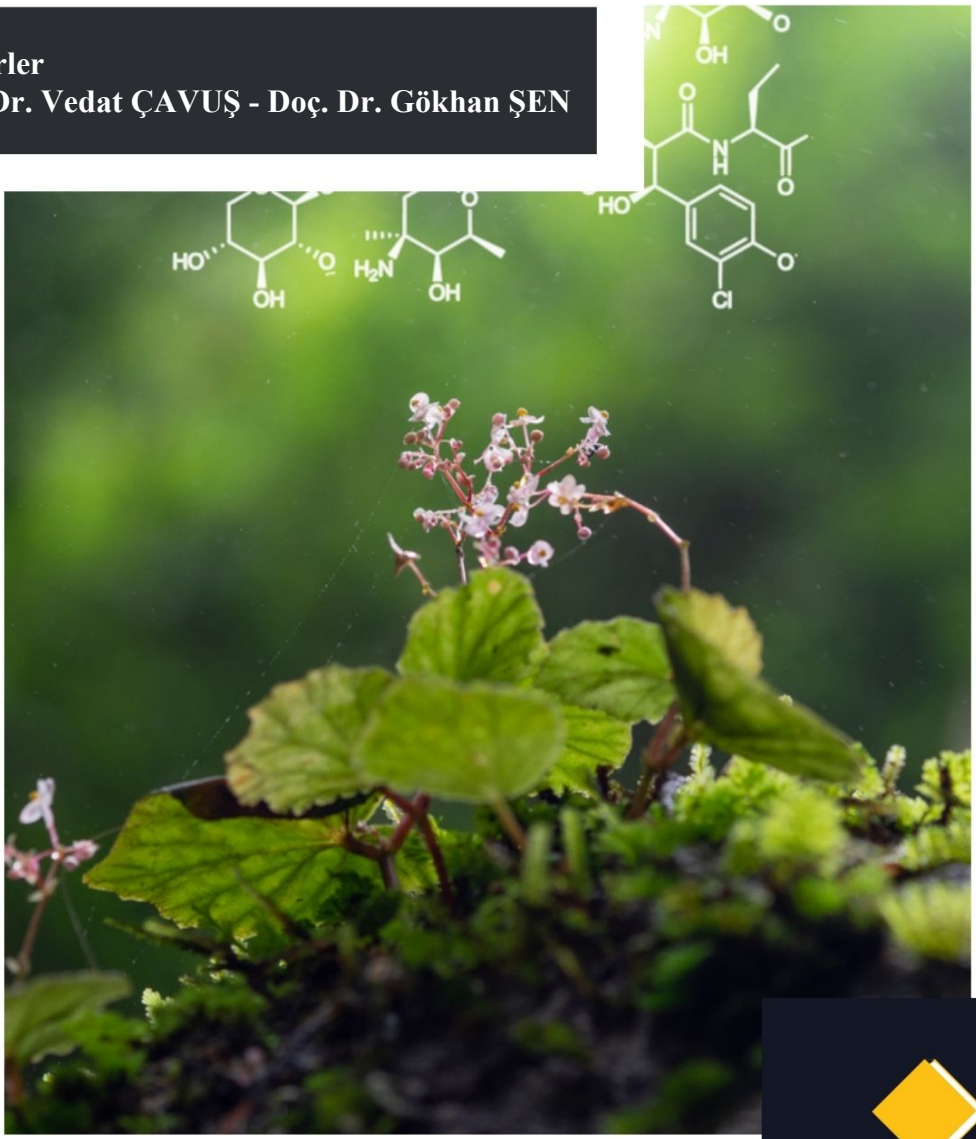
TARIM, ORMAN VE SU BİLİMLERİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Editörler
Doç. Dr. Vedat ÇAVUŞ - Doç. Dr. Gökhan ŞEN



DUVAR

TARIM, ORMAN VE SU BİLİMLERİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR

Editörler

Doç. Dr. Vedat ÇAVUŞ

Doç. Dr. Gökhan ŞEN



Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde Güncel Yaklaşımlar
Editörler: Doç. Dr. Vedat ÇAVUŞ, Doç. Dr. Gökhan ŞEN

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek
Kapak ve Sayfa Tasarımı: Duvar Design
Baskı: EKİM 2023
Yayıncı Sertifika No: 49837
ISBN: 978-625-6585-04-1

© Duvar Yayınları
853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir
Tel: 0 232 484 88 68

www.duvaryayinlari.com
duvarkitabevi@gmail.com

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1.....7
Ekolojik Döngüde Organik Koruyucu Yağların
Ahşap Malzemede Fiziksel Performansı Düzeyine Etkileri
Abdi ATILGAN

Bölüm 2.....29
Balıklarda Bağışıklık Sistemi
Engin ŞEKER, Ayşegül PALA, Faruk ZORLAR

Bölüm 3.....57
Kestane Kanserinin Biyolojik Kontrolünde
Cryphonectria parasitica'nın Vejetatif Uyum Gruplarının Önemi
Birsen GEÇİOĞLU ERİNCİK

Bölüm 4.....81
Büyükbaş Hayvan Beslemede Alternatif Kaba Yem Kaynağı
'İtalyan Çimi'***(Lolium Multiflorum)*** Kullanımı
Yaşar Deray SAYGI

Bölüm 5.....95
Balıklarda Büyüme ve Büyüme Analizleri
Fahrettin YÜKSEL, Gülderen KURT KAYA

Bölüm 6.....123
Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki Siraz
(Capoeta umbla Heckel, 1843) Populasyonunda Otolit Morfometrisi
Fahrettin YÜKSEL, Rahmi AYDIN

Bölüm 7.....151
Kırsal Nüfusun Yaşlanması ve Kırsalda Sürdürülebilirlik
Hacer ÇELİK ATEŞ

Bölüm 8.....167
Kırsal Gençlik: Sorunlar ve Çözüm Önerileri
Hacer ÇELİK ATEŞ

Bölüm 9.....177
Çeltik Yetiştiriciliğinde İnsanız Hava Araçlarının Kullanımı
Hakan NAR, Gökhan ÇAMOĞLU

Bölüm 10.....191
Toprak Solarizasyonu Uygulamasının Etki ve Esasları
-Yeni Yaklaşımlar-
Hasan ÖZ

Bölüm 11.....205
Tarla Pülverizatörlerinde Traktör Kuyruk Mili Dönüş Hızının
Uygulama Debisi ve Basıncı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi
Üzerine Bir Araştırma
Hayrettin KARADÖL ,Ali AYBEK

Bölüm 12.....215
Balıklarda Biyolüminesans
İbrahim CENGİZLER, Selçuk DUMAN

Bölüm 13.....225
Çinko Biyoyarayışlılığı Bakımından Fitik Asit-Çinko İlişkisi ve
Çinko Gübrelemesinin Önemi
İbrahim ERDAL

Bölüm 14.....249
Türkiye Sürdürülebilir Orman Yönetimi Kriter ve
Gösterge Setinin Gelişim Aşamaları
Ayşe Esra HAKVERDİ, Ayhan AKYOL, Ahmet TOLUNAY

Bölüm 15.....265
Akvaryum Balıklarında Stres Faktörleri
Muhammet Kürşat DURNA , Engin ŞEKER,
Nermin KARATON KUZGUN

Bölüm 16..... 303
Sodyum Borhidrür'ün Sisal(***Agave sisalana***) Kâğıt Hamuru
Verimine ve Selüloz Kristalitesine Etkisi
Nasır NARLIOĞLU, Nihat Sami ÇETİN, Nilgül ÇETİN

Bölüm 17.....315
Meyve Ağaçlarında Döllenme,
Kısırlıklar ve Uyuşmazlıklar
Özgün KALKIŞIM, Mehmet Zahit AYDIN
Bölüm 18.....331

Su Ürünlerinin Gastronomideki Yeri ve Önemi
Pınar OĞUZHAN YILDIZ[1], Nilay KIZILOĞLU

Bölüm 19.....343
Sucul Ortamlarda Kullanılan Biyoindikatör, Biyobelirteç,
Serbest Radikal ve Antioksidanlar
Rahmi AYDIN[1], Ayşe Nur AYDIN
Osman SERDAR

Bölüm 20.....373
Önemli Bir Avcı Olan ***Anthocoris spp***'nin 'Kitle Üretimi ve
Salımdaki' Etkinliği ve Zeytinde Kullanım Olanakları
N. Sıray KARAKOYUN

Bölüm 21.....391
İklim Değişikliğinin Sucul Ortamlar Üzerine Etkisi İklim
Değişikliğinin Sucul Ortamlar Üzerine Etkisi
Selçuk DUMAN, İbrahim CENGİZLER

Bölüm 22.....401
Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC) Tabanlı Otomasyon
Sistemi Tarafından Yönetilen Bir İklim İstasyonu Geliştirilmesi
Selçuk USTA

Bölüm 23.....431
Pestisit Potansiyeline Sahip Bitki Sekonder Metabolitleri
Sevil SAĞLAM YILMAZ[1]

Bölüm 24.....459
Uydu ve İnsansız Hava Araçları Tabanlı Tarımsal
Uzaktan Algılama Uygulamaları
Sinan DEMİR, Levent BAŞAYİĞİT

Bölüm 25.....481
Türkiye'nin Akdeniz Bölgesine Özgü Bal Arısı (*Apis mellifera* L.,)
Populasyonlarında Morfolojik Çeşitliliğinin Araştırılması
Ulviye KUMOVA

Bölüm 26.....519
Parmak Birleştirmeli Kereste (Finger-Jointed Lumber)
Vedat ÇAVUŞ, Bekir Cihad BAL

Bölüm 27.....533
Dal Örneklerinde Mikroskobik Analizler
Hakan ENGİN, Zeliha GÖKBAYRAK

Bölüm 28.....549
Epibrassinolid Uygulanan Domates Bitkilerinin *Meloidogyne incognita*
Stresine Gösterdiği Tepkinin Zamana Göre Değişimi
Zeliha GÖKBAYRAK, Çiğdem GÖZEL

Bölüm 29.....569
Anamur, Bozyazı Muz Alanlarında Nematodların
Yaygınlık Yoğunluklarının Belirlenmesi
Gamze DENİZ, Adem ÖZARSLANDAN

Bölüm 30.....585
Çim Yetiştiriciliğinde Bitki Koruma sorunları ve mücadelesi
Mümine ÖZARSLANDAN, Adem ÖZARSLANDAN

Bölüm 1

Ekolojik Döngüde Organik Koruyucu Yağların Ahşap Malzemede Fiziksel Performansı Düzeyine Etkileri

Abdi ATILGAN[1]

[1] Dr. Öğr. Üyesi; Afyon Kocatepe Üniversitesi Afyon Meslek Yüksekokulu Tasarım Bölümü.
dashing0343@gmail.com ORCID No: 0000-0002-5893-2113

ÖZET

Yaşadığımız yüzyılda yangın, deprem, iklim değişiklikleri, kuraklık vb. doğal felaketler insan/çevre yaşamını ciddi anlamda tehdit etmektedir. Bu amaçla son zamanlarda yeni yöntemler ve yeni koruyucu gereçlerin özellikle organik materyallerin kullanılması zorunluluk haline gelmiştir. Son zamanlarda ülkelerin refah seviyesini belirleyen faktörlerden birisini de yaşadığımız ortamdaki çevre kirliliği ve hava konforu oluşturmaktadır. Ahşap malzemenin doğal koruyucularla korunması özellikle iç mekân donatı elemanlarında önem arz etmektedir. Bu çalışmada, ekolojik döngüde organik koruyucu yağlar ile ahşap malzemenin korunmasında inovatif yaklaşımlar ve fiziksel performanslarına etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Bu kapsamda ağaç türü olarak sarıçam (*Pinus sylvestris* L.), karaçam (*Pinus nigra* Arnold.), meşe (*Quercus petraea* Liebl.) ve sedir (*Cedrus libani* A. Rich) test numunesi olarak kullanılırken emprenye maddesi olarak, bezir yağı ve tik yağı %100 konsantrasyonda tercih edilmiştir. Emprenyelemede daldırma yöntemi uygulanmış ve çeşitli zaman periyotlarda 30 dk (kısa), 3 saat (orta), 24 saat (uzun) süreli emprenye işlemi gerçekleştirilmiştir. Emprenye uygulamasının ardından deney örnekleri 6, 24, 48, 72, 96 saat sürede suda bekletildikten sonra ahşap malzemenin bazı fiziksel özellikleri (tutunma (retensiyon), özgül ağırlık, çekme, şişme, su alım oranı) belirlenmiştir.

Deney sonuçlarına göre en yüksek tutunma değeri sarıçam odunu bezir yağı (%28,59) emprenyesinde 24 saatlik zaman periyodunda, en düşük tutunma meşe odunu tik yağı (%2,0) emprenyesinde 30 dakikalık zaman periyodunda gerçekleşmiştir. Bezir yağı emprenyesinde en yüksek hava kurusu özgül ağırlık değeri meşede 24 saatlik zaman sürecinde (0.79 g/cm³), tik yağı emprenyesinde en yüksek hava kurusu özgül ağırlık değeri yine meşede 24 saatlik zaman sürecinde (0.78 g/cm³) belirlenmiştir. Bezir yağı uygulamasında en yüksek daralma değeri sarıçam odunu kontrol örneğinde (%17.15) belirlenirken, su alma değeri bezir yağı uygulamasında en optimum değerler 48 saatlik zaman periyodunda gerçekleşirken, sedir odunu 30 dakika daldırma süresinde 48 saatlik zaman periyodunda (%1.16), tik yağında sarıçam odunu 24 saat daldırma süresinde 48 saatlik zaman periyodunda su alma oranı (%0.27) belirlenmiştir. Ahşap malzemeye daldırma metodu ile emprenye edilen yağlar su itici özelliklerinden dolayı, tüm deney gruplarının boyutsal kararlılığında etkili olmuştur.

Anahtar Kelimeler: Ahşap koruma, ekoloji, emprenye, insan/çevre sağlığı, bezir yağı, tik yağı.

GİRİŞ

Ahşap materyal, insanlığın tarihsel sürecin başlangıcından itibaren vazgeçilemeyen ana hammaddelerden biri olmuştur. Barınma, savunma, tarımsal aletler ve daha yüzlerce alanda ahşap kullanılmış ve kullanılmaya devam edilmekte, aynı zamanda kullanım alanları gün geçtikçe artmaktadır. Sentetik ve kimyasal kökenli malzemeler karbon salınımı gerçekleştirmekte özellikle iç mekanlarda insan sağlığı üzerinde olumsuz ortam oluşturmaktadır. Ahşap malzemenin doğallığı, doku-renk-biçim çeşitliliği, işlenebilir özelliği bu hammaddenin birçok materyallere karşı (çelik, beton, demir vb.) üstün özellikleri kullanım sahasını artırmıştır (Karadağ ve ark., 2017).

Ekolojik perspektifte insan popülasyonunun hızla yükselmesi ve bununla doğru orantılı olarak orman varlıklarının da hızlı bir şekilde tüketildiği bilinmektedir. Ahşabın en iyi şekilde muhafaza edilebilmesi, daha yaygın kullanım alanlarında değerlendirilmesi; ahşabın ömrünü uzatan koruyucu, tamir edici, dayanım gücünü artırıcı çevreyle uyumlu doğal koruma malzeme ve yöntemin geliştirilmiş olmasının önemi büyüktür (Bayraktar ve Kesik, 2022).

İnsanlar eski zamanlardan beri barınma ihtiyacında da ahşap malzemeyi tercih etmiştir. Teknolojinin gelişmesi ile birlikte, ahşabın korunma teknikleri ve kolay şekil verilebilmesi, afetlere (yangın ve deprem) karşı dayanımı ve fiziksel ve mekanik özelliklerinin arttırılması gibi durumlarda gün geçtikçe gelişmektedir (Çağlayan, 2020).

Ahşap malzemenin korunması ile ilgili birçok bilimsel araştırma yapılmıştır. Bunlardan bazıları; farklı ahşap türlerinden hazırlanan deney örneklerine mumun hammaddesi olan parafin ile bezir yağı muamele edildikten sonra çeşitli periyotlarda suda bekletilmesi sonucu su alma düzeyi belirlenmiştir. Sonuçlara göre ön koruma yapılmış deney örnekleri, kontrol numunelerine göre %50 daha az su tuttuğu tespit edilmiştir (Var, 2001).

Wax ve parafinle Halep çamı emprenye işlemine tabi tutulmuş, su itici emprenye materyallerinde konsantrasyon arttıkça, su iticilik miktarının da arttığı belirlenmiştir (Voulgaridis, 1988). Çevre örgütleri emprenye materyallerinin çevresel zararlarından dolayı bu materyallerin yasaklanması gerektiğini bildirmektedirler. Son yıllar içinde insan ve çevreyle dost materyallerin kullanımı artmaktadır. Biyolojik olan bu emprenye maddeleri doğal ortam ve çeşitli bakteri/mantarlarla parçalanma sürecine girmektedirler. Reçine/doğal yağlar odunda su miktarını %10'un altına inmesini sağladığından mantar gelişimine engel olmaktadır. En yaygın kullanılan yağ grupları bezir yağı ve tall olarak bildirilmektedir (Koski, 2008; Tomak, 2011). Atılgan (2023), silan-siloksan esaslı su bazlı emprenye maddesini, bazı odun türlerine daldırma

metodu ile uygulamış ve neticede bütün deney gruplarının kontrol örneklerine göre su itici etkisinden dolayı boyutsal kararlılık sağladığını tespit etmiştir.

Park ve bahçe yapımında kullanılagelen 3 tür ahşap malzeme (göknar, kayın, ladin) atık yağ ile üç tür emprenye (daldırma, sıcak yağ uygulaması, fırça) işlemine tabi tutulmuş, en yüksek ağırlık artış oranı (%) daldırmada tespit edilirken, en düşük fırça sürme metodunda belirlenmiştir. En düşük su alma oranı daldırma metodunda belirlenirken, atık yağın ahşabın fiziksel özelliğinde iyileşme sağladığı tespit edilmiştir (Özkan ve ark., 2020).

Bezir yağı maddesiyle kavak odununun sıcak yağ işlemine tabi tutulmuş ve ağırlık artış oranında %80-106 artış belirlenirken, ciddi düzeyde azalan rutubet miktarıyla su alma oranının düşük miktarda gerçekleştiği belirlemiştir (Bazyar ve ark., 2010). Diğer bir araştırmada kavak odununu oksitlenmiş keten tohumu yağı/ karnauba wax modifikasyon işleminin ciddi oranda boyutsal stabilite/su iticilik sağladığını belirlemişlerdir (Chen ve ark., 2020).

Bitki esaslı doğal yağlar, odunun hücre zarında hidrofobik (su sevmeyen) bir katman oluşturması, su itici özellik kazandırması nedeniyle koruyucu olarak kullanılması tavsiye edilmektedir (Tomak ve Yıldız, 2020). Çin göknarını silikon yağı ile emdirme işlemine tabi tutmuşlar, deney sonucunda su alımının azaldığını, boyutsal stabilitenin arttığını bildirmişlerdir (He ve ark., 2019).

Bezir yağı ahşabın renginin koyulaşmasını sağlayarak ağaç damarlarının daha belirgin hale gelmesini sağlar. Tek başına ahşabın derinliklerine kadar nüfuz ederek uzun süre doğal dokusunu korumayı sağlar. Suya ve neme maruz kalan ahşabın direncini artırarak çürümesini engellemeye yardımcı olur (Anonim 1, 2023). Miklecic ve ark. (2010) tik yağı ile termal işlem görmüş çeşitli odun türlerini emprenye işlemine tabi tutmuş, dış ortam koşullarına bırakılan ahşap numunelerde UV etkilerine karşı koruma sağladığını bildirmiştir.

Doğal bezir yağını çeşitli kimyasal çözücülerle işlemlere tabi tutarak (alkol, tiner vb.) karışımlar hazırlamış (konsantrasyonlar) ve sarıçam odununu emprenye işleme tabi tuttuğunda su alımının ciddi oranda azaldığı bildirilmiştir (Ruwoldt ve Toven, 2022).

Bu çalışmada, ekolojik döngü içeresinde insan/çevre sağlığının ön plana çıktığı yüzyılımızda ahşap malzemenin daha uzun süre korunumu, emprenyeli ahşap malzemenin tekrar kullanılabilmesi, kuraklık, iklim değişikliği, su kaynaklarının hızla azaldığı süreçte insana ait tüm mekanlarda en etkin organik emprenye maddesi (tik/bezir yağı) kullanımından hareketle iç/dış mekanlarda bu materyallerin kullanımının daha aktif olması hedeflenmiştir. Tarihi ahşap eserlerin restorasyonunda, özellikle çocuk oyuncaklarında, dış mekân

mobilyalarında, su ve diğer etkenlere karşı korunum düzeyleri (fiziksel özellikler) belirlenmeye çalışılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Malzeme

Ağaç malzeme (Wood material)

Bu araştırmada, ahşap malzeme olarak sarıçam (*Pinus sylvestris* L), karaçam (*Pinus nigra* Arnold.), meşe (*Quercus petraea* Liebl.) ve sedir (*Cedrus libani* A. Rich) kullanılmıştır. TS ISO 3129 standartları temel alınarak ardaksız, mantarsız, budaksız, çürük olamayan örnekler hazırlanmaya dikkat edilmiştir. Keresteler Afyonkarahisar ilinde faaliyet gösteren "Avcıoğlu Mobilya San. ve Tic. A.Ş." firmasından lata şeklinde temin edilmiştir.

Emprenye maddesi

Emprenye malzemesi olarak bezir yağı ve tik yağı kullanılmıştır. Bezir yağı özgül ağırlığı (0.930 – 0.950 gr/cm³), 20 °C de 18-20 saat sürede kuruma özelliğine sahiptir (Anonim 2, 2023). Bezir yağı "Garanti Beziryağı San. ve Tic. A.Ş." firmasına ait "İnceltilmiş At Bezir Yağı" ürünü kullanılmıştır. Tik yağı 20 °C de kuruma özelliğine sahip ve tek katta 12-15 m² alanı örtmeye sahip malzemedir (Anonim 3, 2023). Tik yağı "HEMEL Boya ve Kimya San. A.Ş." firmasına ait "Hemel teak oil" ürünü tercih edilmiştir.

Metot

Deney örneklerinin hazırlanması

Test numuneleri TS ISO 3129 (2021) esaslarına göre hazırlanmıştır. Tüm numunelerde çatlak, budak, yay, küf, çürüme vb. kusurların oluşmamasına dikkat edilmiştir. Diri odun kısmından elde edilen numunelerin yıllık halka yapısının yüzeye radyal olmasına da dikkat edildi (ISO 3129 2019). Diri odun parçalarından TS 345 (2012)'e göre 20 x 20 x 30 mm (teğet yön x radyal yön x boyuna) boyutlarında ve her test değişkeni için beş tekrarlı (n = 5) hava kurusu nemli numuneler kesildi. Daha sonra numuneler 103 ± 2 °C sıcaklıktaki etüvde (fırın) sabit ağırlığa gelinceye kadar bekletilmiş ve numunelerin tam kuru ağırlığı (g) ve boyutları (mm) 0,01 doğrulukla belirlenmiştir.

Emprenye Yöntemi

Emdirme işleminde mutlaka hava kurusu haldeki ahşap numuneler daldırma yöntemiyle (kısa süreli: 30 dk, orta süreli: 3 saat, uzun süreli: 24 saat) emprenye edilmiştir. Emdirme işlemi sonunda numunelerin yüzeyindeki emdirme

çözeltisinin fazlası kâğıt havluyla uzaklaştırılmış ve test numuneleri hemen ıslak halde tartılmıştır. Daha sonra numuneler 50±3 °C sıcaklıktaki etüvde değişmez ağırlığa gelinceye kadar bekletilerek numunelerin tam kuru ağırlığı (g) ve boyutları (mm) 0,01 doğrulukla hashas terazide yeniden belirlendi (TSE 345, 2012). Emdirilmiş numunelerde yağların buharlaşarak numune üzerinden uçmasını önlemek için fırın sıcaklığı özellikle 50 °C'de tutuldu.

Boyutsal stabilite (daralma/genişleme) ve su alma oranı (SAO)

Numunelerin su alma ve boyutsal stabilite (daralma/genişleme) testleri ISO 13061-1 (2017) standardına göre yapılmıştır. Daha önce tam kuru ağırlığı ve boyutları belirlenen numuneler laboratuvar koşullarında 6, 24, 48, 72 ve 96 saat süreyle distile su içerisinde bekletildi (Bozkurt ve ark., 1993). Her bekletme süresinin sonunda numuneler sudan çıkarıldı, kâğıt havluyla kurutuldu ve hemen tartıldı. 6, 24, 48, 72 ve 96 saat suda bekletilen numunelerin boyutları belirlendi. Numunelerin teğet yön, radyal yön, boyuna su alım oranları (SAO) ve boyutsal stabilite (daralma/genişleme) değerleri (BS) şu şekilde belirlendi;

SAO (%) = (M2- M1) / M1 × 100

BS (%) = (L2- L1) / L1 × 100

Burada;

M1: Başlangıçtaki tam kuru ağırlık (g)

M2: Her periyot sonrasında sudan çıkarılan örneğin ağırlığı (g)

L1: Suya daldırmadan önceki tam kuru numune boyutları (mm)

L2: Suya daldırma sonrası ıslak numune boyutları (mm)

Özgül Ağırlık (Hava Kurusu/Tam Kuru) ve Retensiyon (Tutunma)

Hava kurusu ve tam kuru özgül ağırlıkların tespitinde TS ISO 13061-1 ve TS ISO 13061-2 standartları esas alınarak işlemler gerçekleştirilmiştir. Bezir yağı/tik yağının ahşap malzemede retensiyon miktarı aşağıdaki formülle belirlenmiştir.

R (%) =Moes– Moeö/ Moeö x100

R (%): % retensiyon

Moes: Emprenye sonrası tam kuru ağırlık

Moeö: Emprenye öncesi tam kuru ağırlık

Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırmada, 4 ağaç türü ve 2 çeşit organik emprenye maddesi kullanılmış olup, test numunelerinin bazı fiziksel özelliklerindeki değişkenlerin etkisini belirlemek amacıyla; yüzde oran, standart sapma ve DUNCAN testi hesaplamaları yapılmıştır.

BULGULAR

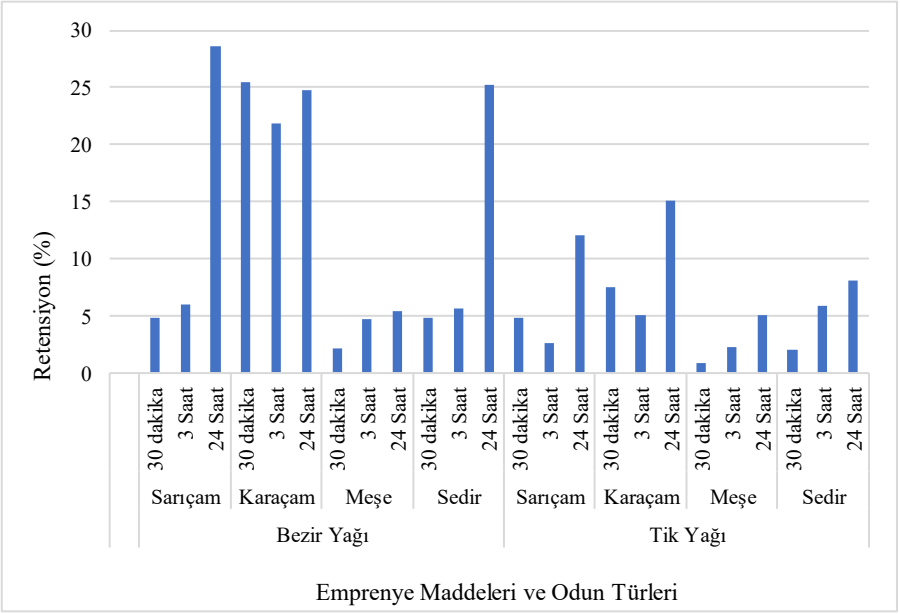
Tutunma Miktarları (Retensiyon)

% retensiyona ilişkin Duncan testi sonuçları Tablo 1'de, bunlara ilişkin değişim grafiği Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 1. Ağaç Türlerinde Tutunma Miktarları (%) ve Duncan Testi Sonuçları

Emprenye Maddesi	Ağaç Türü	Daldırma Süresi	Tutunma (%)		
			Ort.	St. Sp.	HG
Bezir Yağı	Sarıçam	30 dakika	4,84	4.01	D
		3 Saat	6,05	2.97	C
		24 Saat	**28,59**	3.42	A
	Karaçam	30 dakika	25,40	2.71	B
		3 Saat	21,90	2.66	B
		24 Saat	24,79	5.94	B
	Meşe	30 dakika	2,20	2.08	E
		3 Saat	4,73	5.79	CD
		24 Saat	5,45	4.16	CD
	Sedir	30 dakika	4,82	1.82	D
		3 Saat	5,65	2.79	CD
		24 Saat	25,25	1.91	B
Tik Yağı	Sarıçam	30 dakika	4,84	2.56	E
		3 Saat	2,65	3.73	F
		24 Saat	12,09	4.67	B
	Karaçam	30 dakika	7,57	2.97	C
		3 Saat	5,10	1.99	D
		24 Saat	**15,13**	6.01	A
	Meşe	30 dakika	0,92	3.15	G
		3 Saat	2,23	4.37	F
		24 Saat	5,02	2.11	D
	Sedir	30 dakika	2,00	5.72	F
		3 Saat	5,90	1.09	D
		24 Saat	8,12	2.44	C

HG: Homojen gruplar ($p<0.05$ yanılma olasılığı); St. Sp.: Standart sapma, Ort.: Ortalama



Şekil 1. Ağaç Türlerine Emprenye Maddesinin Tutunma Değişimi (%)

Tutunma (retensiyon) değeri itibariyle incelendiğinde en yüksek tutunma değeri sarıçam odunu bezir yağı (% 28.59) emprenyesinde 24 saatlik zaman periyoyodunda, en düşük tutunma meşe odunu tik yağı (% 2.0) emprenyesinde 30 dakikalık zaman periyodunda gerçekleşmiştir. Alkan (2016) çeşitli odun türlerini emprenye işlemine tabi tutmuş, doğal koruyucu maddeleri kendi içinde karşılaştırmış ve kebrakonun tara maddesine göre iki kat fazla tutunma sağladığını bildirmiştir.

Atılgan ve Peker (2012) kayın odununu % 9 konsantrasyonla (çimento+boraks)'la emprenye işlemine tabi tutmuş en yüksek retense miktarını (42.43 kg/m³) değeri elde ettiklerini, en düşük değerin ise sarıçamda (% 1 amonyum tetraflu borat) olduğunu tespit etmişlerdir. Sarıca (2006) doğu kayını odununu boraksla emprenye etmiş tutunma miktarını maksimum (29.65 kg/m³) borikasitle emprenye edilen sapsız meşe odununda belirlemiştir. Özçifçi ve ark. (2009) retensiyon miktarını en fazla sarıçamda (19,39 kg/m³ - % 21,81), en az meşede (8,742 kg/m³ - % 9,15) tespit etmişlerdir.

Özgül Ağırlık Değişimi (g/cm³)

Özgül ağırlık değişimi sonuçları Tablo 2' de verilmiştir.

Tablo 2. Hava Kurusu ve Tam Kuru Özgül Ağırlık (g/cm³)

Emprenye Maddesi	Ağaç Türü	Daldırma Süresi	Hava Kurusu Özgül Ağırlık		Tam Kuru Özgül Ağırlık	
			Ort.	HG	Ort.	HG
Bezir Yağı	Sarıçam	Kontrol	0,45	G	0,44	F
		30 dakika	0,47	G	0,46	F
		3 Saat	0,41	H	0,39	G
		24 Saat	0,46	G	0,45	F
	Karaçam	Kontrol	0,57	D	0,56	D
		30 dakika	0,62	C	0,58	D
		3 Saat	0,52	F	0,51	E
		24 Saat	0,62	C	0,59	D
	Meşe	Kontrol	0,76	B	0,73	A
		30 dakika	0,75	B	0,71	C
		3 Saat	0,75	B	0,73	C
		24 Saat	0,79	A	0,76	B
	Sedir	Kontrol	0,54	E	0,51	E
		30 dakika	0,57	D	0,55	D
		3 Saat	0,57	D	0,56	D
		24 Saat	0,57	D	0,54	D
Teak Yağı	Sarıçam	Kontrol	0,45	F	0,44	G
		30 dakika	0,43	G	0,40	H
		3 Saat	0,52	D	0,48	F
		24 Saat	0,47	E	0,44	G
	Karaçam	Kontrol	0,57	C	0,56	D
		30 dakika	0,42	G	0,41	H
		3 Saat	0,42	G	0,41	H
		24 Saat	0,44	F	0,43	G
	Meşe	Kontrol	0,76	A	0,73	B
		30 dakika	0,77	A	0,76	A
		3 Saat	0,72	B	0,69	C
		24 Saat	0,78	A	0,76	A
	Sedir	Kontrol	0,54	D	0,51	E
		30 dakika	0,58	C	0,56	D
		3 Saat	0,57	C	0,55	D
		24 Saat	0,57	C	0,55	D

Tablo incelendiğinde bezir yağı emprenyesinde en yüksek hava kurusu özgül ağırlık değeri meşede 24 saatlik zaman sürecinde (0.79 g/cm³), en düşük tam kuru özgül ağırlık değeri bezir yağı emprenyesi sarıçam odununda 3 saat zaman

periyodunda (0.39 g/cm³), tik yağı emprenyesinde en yüksek hava kurusu özgül ağırlık değeri meşede 24 saatlik zaman sürecinde (0.78 g/cm³), en düşük tam kuru özgül ağırlık değeri beziryağı emprenyesi sarıçam odununda 30 dakika zaman periyodunda (0.49 g/cm³) gerçekleşmiştir.

Ön koruma uygulanmış ahşap malzemede hava kurusu yoğunluk verilerinde fark çıkması; ahşap malzemenin anatomik yapısıyla ilişkili olarak porozite (hava boşluğu oranı), yıllık halka genişliği ve emprenye maddesi çeşidi etkili olmuş olabilir (Kara, 2015).

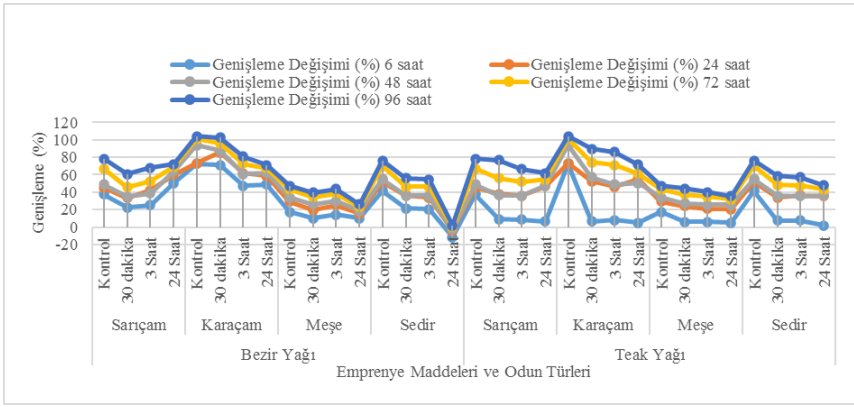
Kılıç (2012) yapmış olduğu çalışmada kayın ve ladin odununu silikon ile emprenye etmiş, özgül ağırlık değerlerinin kontrol gruplarına oranla ciddi anlamda değişmediğini, ladin kontrol örneklerinde 0,44 gr/cm³, emprenyeli örneklerde 0.43-0.56 gr/cm³ olarak belirlemiştir. Gür (2003) sarıçam ve kızılçam odunlarını çeşitli maddelerle emprenye işlemine tabi tutmuş yoğunluk değerinin arttığını bildirmiştir. Var ve ark. (2017) çeşitli jeotermal sularla kızılçam (*P. Brutia* Ten.) odununu emprenye işlemine tabi tutmuş yoğunluk/teğet genişleme üzerinde ciddi anlamada değişme olmadığını bildirmiştir. Var ve Kaplan (2019) kızılçam odununu çeşitli jeotermal sularıyla emprenye işlemi yapmış ve yoğunluğun %16,64 arttığını bildirmiştir. Özkan ve ark. (2012) çeşitli odun türlerinde atık yağlarla emprenye işlemini gerçekleştirmiş fiziksel özelliklerde olumlu performans ortaya koyduğunu bildirmiştir. Şimşek (2013) sarıçam odununu valeksin maddesiyle emprenye işlemine tabi tutmuş fiziksel özellikleri olumsuz etkilediğini bildirmiştir.

% Genişleme (Şişme) Değişimi

Odun türü ve daldırma sürelerine göre % genişleme değişim sonuçları Tablo 3' de, bunlara ilişkin değişim grafiği Şekil 2'de verilmiştir.

Tablo 3. Genişleme (Şişme) Miktarı (%)

Emprenye Maddesi	Ağaç Türü	Daldırma Süresi	Genişleme Değişimi (%)				
			6 saat	24 saat	48 saat	72 saat	96 saat
Bezir Yağı	Sarıçam	Kontrol	37.52	45.49	48.93	67.20	78.26
		30 dakika	22.38	33.49	34.77	46.00	60.96
		3 Saat	24.88	42.17	38.51	52.75	68.00
		24 Saat	50.57	60.47	64.43	68.97	72.16
	Karaçam	Kontrol	72.61	72.96	93.70	101.27	104.40
		30 dakika	71.29	85.67	87.69	95.85	102.45
		3 Saat	47.19	61.72	60.75	72.67	80.96
		24 Saat	48.73	58.95	62.10	67.55	71.14
	Meşe	Kontrol	17.34	29.37	34.14	43.27	47.41
		30 dakika	10.21	19.57	26.10	34.15	39.50
		3 Saat	14.40	25.21	29.69	38.60	43.81
		24 Saat	10.10	15.36	18.38	23.14	26.08
	Sedir	Kontrol	41.64	51.97	55.00	69.82	76.13
		30 dakika	21.48	36.37	36.14	46.46	55.92
		3 Saat	20.51	33.73	35.80	46.23	54.70
		24 Saat	1.76	4.34	2.85	0.05	1.87
Teak Yağı	Sarıçam	Kontrol	37.52	45.49	48.93	67.20	78.26
		30 dakika	9.26	38.09	36.70	56.01	76.78
		3 Saat	8.31	36.00	36.21	52.10	66.45
		24 Saat	6.29	46.68	47.07	54.37	61.86
	Karaçam	Kontrol	72.61	72.96	93.70	101.27	104.68
		30 dakika	6.34	52.61	57.27	74.44	89.55
		3 Saat	8.03	46.07	48.69	70.97	86.34
		24 Saat	5.19	54.98	50.23	61.42	71.50
	Meşe	Kontrol	17.34	29.37	34.14	43.27	47.41
		30 dakika	6.09	23.99	27.02	37.42	44.15
		3 Saat	5.98	20.88	25.77	34.75	40.11
		24 Saat	4.82	20.59	25.47	32.02	35.44
	Sedir	Kontrol	41.64	51.97	55.00	69.82	76.13
		30 dakika	7.61	33.66	36.11	48.14	58.64
		3 Saat	7.32	36.69	35.36	47.51	57.19
		24 Saat	1.97	35.58	36.56	43.26	47.86



Şekil 2. Şişme (Genişleme) Değişimi (%)

Tablo ve grafik incelendiğinde en çok genişleme 96. saatte tüm odun türlerinin kontrol örneklerinde gerçekleşmiştir. Bezir yağı emprenyesinde tüm süreler bakımından değerlendirildiğinde sedir odunu en optimum performansı sağlarken karaçam odunu kontrol örneği 96. saat sonunda (%104,40) ile en yüksek şişme değerine ulaşmıştır. Tik yağı emprenyesi yine en yüksek şişme oranı karaçam odunu kontrol örneğinde (%104,68) olarak gerçekleşmiştir.

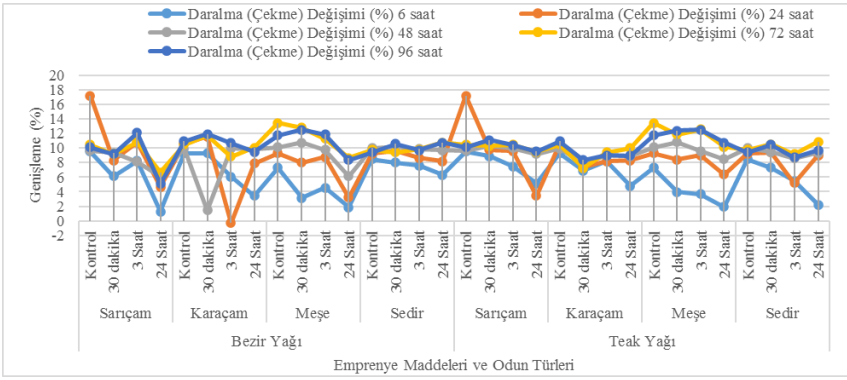
Bak ve ark. (2023) kayın ve sarıçam odunlarını florlu silika nano parçacıklarla emprenye işlemine tabi tutmuşlar, şişme, su alımı, denge nem içeriğinde ciddi anlamda olumlu etki sağladığını bildirmişlerdir [36]. Aydın (2015), wenge odununu barit ve borlu bileşiklerle emprenye işlemine tabi tutmuş en yüksek şişme %1 Barit+Bx'da (%12.49) gerçekleştiğini bildirmiştir (Berk ve ark., 2023). Korkut ve ark. (2008), sarıçam ve göknar odunlarına ısıl işlem uygulamasıyla genişleme değeri üzerinde olumlu etki ortaya koyduğunu bildirmişlerdir (Korkut ve ark., 2008).

% Çekme (Daralma) Değişimi

Ağaç türü ve daldırma sürelerine göre % daralma (çekme) değişim sonuçları Tablo 4' de, bunlara ilişkin değişim grafiği Şekil 3'de verilmiştir.

Tablo 4. Daralma (Çekme) Miktarı (%)

Emprenye Maddesi	Ağaç Türü	Daldırma Süresi	Daralma (%)				
			6 saat	24 saat	48 saat	72 saat	96 saat
Bezir Yağı	Sarıçam	Kontrol	9,54	17,15	9,63	10,44	10,11
		30 dakika	6,11	8,31	9,34	9,15	9,14
		3 Saat	8,25	10,76	8,14	10,83	12,10
		24 Saat	1,27	4,70	6,15	6,66	5,09
	Karaçam	Kontrol	9,31	10,60	9,94	10,45	10,91
		30 dakika	9,28	11,58	1,45	11,71	11,89
		3 Saat	6,08	1,28	9,91	8,81	10,69
		24 Saat	3,42	7,88	9,89	10,05	9,46
	Meşe	Kontrol	7,31	9,28	10,09	13,44	11,76
		30 dakika	3,14	7,98	10,72	12,78	12,52
		3 Saat	4,53	8,75	9,76	11,26	11,86
		24 Saat	1,84	3,22	6,16	8,67	8,37
	Sedir	Kontrol	8,44	9,21	10,01	9,75	9,42
		30 dakika	8,03	9,57	10,21	9,39	10,57
		3 Saat	7,60	8,62	9,85	9,80	9,71
		24 Saat	6,31	8,15	9,67	10,77	10,72
Teak Yağı	Sarıçam	Kontrol	9,54	17,15	9,63	10,44	10,11
		30 dakika	8,86	9,74	10,34	10,29	11,07
		3 Saat	7,49	9,56	10,01	10,44	10,42
		24 Saat	5,12	3,42	9,15	9,49	9,50
	Karaçam	Kontrol	9,31	10,60	9,94	10,45	10,91
		30 dakika	6,88	7,36	7,85	7,23	8,33
		3 Saat	8,21	8,16	8,99	9,41	8,98
		24 Saat	4,77	8,30	8,87	9,98	8,94
	Meşe	Kontrol	7,31	9,28	10,09	13,44	11,76
		30 dakika	3,98	8,42	10,80	11,87	12,38
		3 Saat	3,70	8,97	9,60	12,57	12,48
		24 Saat	1,91	6,35	8,48	10,19	10,75
	Sedir	Kontrol	8,44	9,21	10,01	9,75	9,42
		30 dakika	7,28	9,43	9,47	10,49	10,43
		3 Saat	5,49	5,21	8,56	9,17	8,69
		24 Saat	2,21	8,99	9,37	10,89	9,69



Şekil 3. Daralma Değişimi (%)

Sonuçlar değerlendirildiğinde; kontrol örnek gruplarına oranla ciddi anlamda bezir yağı ve tik yağı dört odun grubu üzerinde daralmayı azaltıcı olumlu yönde performans sergilemiştir. Bezir yağı uygulamasında en yüksek daralma değeri sarıçam odunu kontrol örneğinde (%17.15), en düşük daralma değeri sarıçam odununda 24 saatlik periyotta (%1.27), tik yağı uygulamasında yine tüm kontrol grupları emprenyeli gruplara göre olumsuz yapı gösterirken en düşük daralma değeri meşe odununda 24 saatlik periyotta (%1,91) belirlenmiştir.

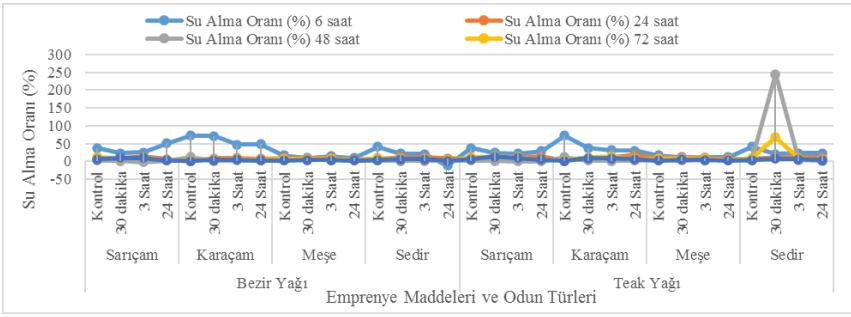
Bal (2006) sarıçam odununu ACQ materyalini basınç/daldırma metodu ile emprenye işlemine tabi tutmuş 72 saatlik dolu hücre/daldırma metodunun genişleme/daralma değerlerinde %20 miktarında azalttığını bildirmiştir. Kılıç ve Hafızoğlu (2002) göknar, sarıçam, kavak, kızılağaç metil metakrilat ile emprenye işlemine tabi boyuna yönde hacimsel daralma-genişleme miktarını en yüksek kızılağaç 'ta belirlenmiştir. Baysal (2003) borlu bileşiklerin polietilen glikollü çözeltileri, su bazlı çözeltilere göre diğer emprenye gruplarına oranla tüm yıkanma süreleri itibarıyla daha olumlu yönde daralmayı engelleyici etki göstermişlerdi. Ahşap malzemenin anatomik yapısı, ilkbahar odunu/yaz odunu iştirak oranı daralma parametresi üzerinde etkili olduğunu söyleyebiliriz.

% Su Alma Oranı (SAO)

Odun türü ve daldırma sürelerine göre su alma oranı (%) sonuçları Tablo 5' da bunlara ilişkin değişim grafiği Şekil 4 'te verilmiştir.

Tablo 5. Su Alma Oranı (%)

Emprenye Maddesi	Ağaç Türü	Daldırma Süresi	Su Alma Oranı (%)				
			6 saat	24 saat	48 saat	72 saat	96 saat
Bezir Yağı	Sarıçam	Kontrol	37,52	5,80	2,36	12,27	6,62
		30 dakika	22,38	9,07	7,96	8,33	10,25
		3 Saat	24,88	13,84	2,58	10,28	9,99
		24 Saat	50,57	6,57	2,47	2,76	1,89
	Karaçam	Kontrol	72,61	9,20	11,99	5,91	4,57
		30 dakika	71,29	8,40	1,09	4,35	3,37
		3 Saat	47,19	9,87	1,60	7,42	4,80
		24 Saat	48,73	6,87	1,98	3,37	2,14
	Meşe	Kontrol	17,34	10,25	3,69	6,81	2,89
		30 dakika	10,21	8,49	5,47	6,38	3,99
		3 Saat	14,40	9,45	3,58	6,87	3,75
		24 Saat	10,10	4,78	2,63	4,02	2,39
	Sedir	Kontrol	41,64	7,30	1,99	9,57	3,71
		30 dakika	21,48	12,26	1,16	7,58	6,46
		3 Saat	20,51	10,97	1,54	7,68	5,79
		24 Saat	11,76	8,41	1,56	2,98	1,82
Teak Yağı	Sarıçam	Kontrol	37,52	5,80	2,36	12,27	6,62
		30 dakika	24,42	10,99	1,01	14,13	13,31
		3 Saat	21,32	12,10	0,15	11,67	9,44
		24 Saat	28,75	13,92	0,27	4,96	4,86
	Karaçam	Kontrol	72,61	3,20	11,99	3,91	1,57
		30 dakika	37,01	11,39	3,05	10,91	8,66
		3 Saat	31,31	11,24	1,79	14,98	9,00
		24 Saat	30,58	18,68	3,06	7,45	6,25
	Meşe	Kontrol	17,34	10,25	3,69	6,81	2,89
		30 dakika	11,66	11,04	2,44	8,18	4,90
		3 Saat	10,68	9,22	4,04	7,14	3,98
		24 Saat	12,25	7,43	4,05	5,22	2,59
	Sedir	Kontrol	41,64	7,30	2,99	9,57	3,71
		30 dakika	20,30	11,11	45,06	67,88	7,09
		3 Saat	22,50	11,58	2,97	8,98	6,56
		24 Saat	22,37	10,79	0,72	4,90	3,21



Şekil 4. Su Alma Oranı Değişim Grafiği (%)

Tablo ve grafik incelendiğinde; tüm kontrol grupları bezir yağı/tik yağı uygulamasına göre en yüksek su alma oranı gerçekleşmiştir. Bezir yağı uygulamasında en optimum değerler 48 saatlik zaman periyodunda gerçekleşirken, sedir odunu 30 dakika daldırma süresinde 48 saatlik zaman periyodunda (%1,16), tik yağında sarıçam odunu 24 saat daldırma sürecinde 48 saatlik zaman periyodunda su alma oranı (%0,27) belirlenmiştir. Su alma düzeyi üzerinde odunun anatomik yapısı, odun türü, emprenye maddesi, emprenye metodunun etkili olduğu söylenebilir.

Woźniak ve ark. (2018) sarıçam odununu propolis-silan formasyonlarıyla emprenye işlemine tabi tutmuş su alımının azaldığını ve temas açısı değerinin arttığını bildirmişlerdir (Woźniak ve ark., 2018). Szubert ve ark. (2019) bazı odun türlerinde propiltrietoksisilan bazlı maddeyle emprenye işlemine tabi tutmuşlar, hidrofobik yapı üretildiğini bunun sonucunda suyun hareketin sınırlayan/önleyen bir yapının oluştuğunu bildirmişlerdir (Szubert ve ark., 2019).

4. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Tutunma (retensiyon) değeri itibariyle incelendiğinde en yüksek tutunma değeri sarıçam odunu beziryağı (%28,59) emprenyesinde 24 saatlik zaman periyodunda; en düşük tutunma meşe odunu tik yağı (%2,0) emprenyesinde 30 dakikalık zaman periyodunda gerçekleşmiştir. Beziryağı emprenyesinde en yüksek hava kurusu özgül ağırlık değeri meşede 24 saatlik zaman sürecinde (0.79 g/cm³), en düşük tam kuru özgül ağırlık değeri bezir yağı emprenyesi sarıçam odununda 3 saat zaman periyodunda (0.39 g/cm³); tik yağı emprenyesinde en yüksek hava kurusu özgül ağırlık değeri meşede 24 saatlik zaman sürecinde (0.78 g/cm³), en düşük tam kuru özgül ağırlık değeri beziryağı emprenyesi sarıçam odununda 30 dakika zaman periyodunda (0.49 g/cm3) gerçekleşmiştir.

En yüksek şişme 96.saatte tüm odun türlerinin kontrol örneklerinde gerçekleşmiştir. Beziryağı emprenyesinde tüm süreler bakımından değerlendirildiğinde sedir odunu en optimum performansı sağlarken karaçam odunu kontrol örneği 96. saat sonunda (%104,40) ile en yüksek şişme değerine ulaşmıştır. Tik yağı emprenyesinde yine en yüksek şişme oranı karaçam odununu kontrol örneğinde %104,68 olarak gerçekleşmiştir. Her iki yağ grubu optimum pozitif sonuç vermiştir. Daralma değeri kontrol örnek gruplarına oranla ciddi anlamda beziryağı ve tik yağı dört odun grubu üzerinde daralmayı azaltıcı olumlu yönde performans sergilemiştir. Bezir yağı uygulamasında en yüksek daralma değeri sarıçam odunu kontrol örneğinde (%17.15), en düşük daralma değeri sarıçam odununda 24 saatlik periyotta (%1.27); tik yağı uygulamasında yine tüm kontrol grupları emprenyeli gruplara göre olumsuz yapı gösterirken en düşük daralma değeri meşe odununda 24 saatlik periyotta (%1,91) belirlenmiştir.

Su alma oranı tüm kontrol grupları beziryağı/tik yağı uygulamasına göre en yüksek su alma oranı gerçekleşmiştir. Bezir yağı uygulamasında en optimum değerler 48 saatlik zaman periyodunda gerçekleşirken sedir odunu 30 dakika daldırma süresinde 48 saatlik zaman periyodunda (%1,16), tik yağında sarıçam odunu 24 saat daldırma sürecinde 48 saatlik zaman periyodunda su alma oranı (%0,27) belirlenmiştir. Su alma düzeyi üzerinde odunun anatomik yapısı, odun türü, emprenye maddesi, emprenye metodunun etkili olduğu söylenebilir.

Bezir yağı ve tik yağı çeşitli zaman süreçlerinde kullanılmış olup, doğal (organik) ürün olması yönüyle kullanım alanları artmaya devam etmektedir. Mutfak sektöründe (lokanta, kafe vb.), yatlarda (su temaslı yerlerde), çeşitli iç mekanlarda kullanılmaya yaygın olarak başlamıştır. Özellikle insan/çevre sağlığı bilincinin ön plana çıktığı yüzyılda çok çeşitli doğal gereçler (bitkiler vb.) kombinasyonlarla emprenye işlemine tabi tutulup yanma, su alma, teknolojik özellikleri araştırılabilir.

REFERANSLAR

Alkan, E. (2016). Doğal emprenye maddeleri ve borlu bileşikler ile emprenye edilen sarıçam (*Pinus sylvestris* L.) odununun fiziksel ve mekanik özelliklerinin incelenmesi. Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Gümüşhane.

Anonim 1, https://www.hemel.com.tr/bezir-yagi-keten-yagi, Erişim Tarihi: 04.10.2023

Anonim 2, https://www.hemel.com.tr/prime-deck-bahce-mobilyalari-su-bazli-hybrid-yag-tik Erişim Tarihi: 04.10.2023.

Anonim 3, https://www.yagmarket.com/at-bezir-yagi-3-l, Erişim Tarihi: 03.10.2023.

Atılgan, A. (2023). Effect of Silane-siloxane Based Water-repellent Impregnant on the Dimensional Stability of Some Wood Species. BioResources, 18(4): 7172-7185.

Atılgan, A., and Peker, H. (2012). Effects of different wood preservatives on the some physical properties of wood species used in furniture and building industry. Artvin Çoruh University Journal of Forestry Faculty 13(1), 67-78.

Aydın, Ö. (2015). Çeşitli emprenye maddelerinin wenge odununun bazı teknolojik özelliklerine etkileri. Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Artvin.

Bak, M., Takács, D., Rákosa, R., Németh, Z. I., & Németh, R. (2023). One-Step Process for the Fabrication of Hydrophobic and Dimensional Stable Wood Using Functionalized Silica Nanoparticles. Forests, 14(3), 651. MDPI AG. Retrieved from http://dx.doi.org/10.3390/f14030651.

Bal B.C. (2006). Amonyaklı bakır quat (ACQ) emprenye tuzu ile emprenye edilen sarıçam odunun (Pinus sylvestris L.) bazı fiziksel ve mekanik özelliklerinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Bayraktar, D. K. & Kesik, H. İ. (2022). Aşındırma işlemi uygulanmış bazı ağaç malzemelerde su bazlı koruyucu katmanların doğal yaşlandırma etkisine karşı renk değişimi. Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi, 8 (2), 46-52. DOI: 10.53516/ajfr.1198142

Baysal, E. (2003). Borlu Bileşikler ve Doğal Sepi Maddeleriyle Emprenye Edilen Sarıçam Odununun Yanma Özellikleri. Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Fen Bilimleri Dergisi, 19 (1), 59-69. Retrieved from https://dergipark.org.tr/tr/pub/erciyesfen/issue/25603/270182

Bazyar, B., Parsapajouh, D., Khademiesalam, H. (2010). An investigation on some physical properties of oil heat treated poplar wood. In 41st Annual

Meeting of the International Research Group on Wood Protection, 9-130510, France.

Bozkurt A.Y., Göker Y., Erdin, N. (1993). Emprenye Tekniği Kitabı. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.

Chen, J., Wang, Y., Cao, J., Wang, W. (2020). Improved water repellency and dimensional stability of wood via ımpregnation with an epoxidized linseed oil and carnauba wax complex emulsion. Forests 11(3): 271.

Çağlayan, E.S. (2020). Ahşap yapılar ve Türkiye'de inşaat mühendislerinin / ağaç işleri endüstri mühendislerinin çok katlı ahşap yapılara yönelik görüşleri. Yüksek Lisans tezi, Hacettepe Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ağaç İşleri Endüstri Mühendisliği Bölümü, Ankara.

Dizman Tomak, E. & Yıldız, Ü. (2012). Bitkisel Yağların Ahşap Koruyucu Bir Madde Olarak Kullanılabilirliği. Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi, 13 (1), 142-157.

Gür, E. (2003). Emprenye işleminin sarıçam ve kızılçamın bazı mekanik ve fiziksel özelliklerine etkilerinin belirlenmesi. Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.

He, Z., Qu, L., Wang, Z., Qian J., Yi S. (2019). Effects of zinc chloride–silicone oil treatment on wood dimensional stability, chemical components, thermal decomposition and its mechanism. Scientific Reports, 9(1): 1601, https://doi.org/10.1038/s41598-018-38317-5.

ISO 13061-15 (2017). Physical and mechanical properties of wood — Test methods for small clear wood specimens — Part 15: Determination of radial and tangential swelling. International Organization for Standardization, Switzerland.

ISO 3129 (2019). Wood — Sampling methods and general requirements for physical and mechanical testing of small clear wood specimens. International Organization for Standardization, Switzerland.

Karadağ, A. A., Korkut, D. S., Korkut, S., Köylü, G. P. & Akıncı Kesim, G. (2017). Türkiye'de Peyzaj Uygulamalarında Ahşap Malzeme Kullanımı. İnönü Üniversitesi Sanat ve Tasarım Dergisi, 7 (15), 83-98. DOI: 10.16950/iujad.329085

Kara, F. (2015). Prit (Fes2) Maddesinin Odunda Emprenye Edilebilme Özelliği ve Bazı Teknolojik Özelliklerine Etkileri. Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Artvin.

Kılıç, A. & Hafızoğlu, H. (2002). Metil Metakrilot ile Muamele Edilen Bazı Ağaç Türlerinin Boyutsal Stabilizasyonunun Artırılması. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 4 (4):20-27, Retrieved from

https://dergipark.org.tr/tr/pub/barofd/issue/3410/46900

Kılıç, C. (2012). The Effect of Impregnation with Silicon Based Compounds on Some Physical, Mechanical and Biological Properties of Wood, Karadeniz Technical University, Institute of Science and Technology, Department of Forestry Industrial Engineering, Trabzon.

Korkut, S. ve Bektaş, G. (2008). The effects of heat treatment on physical properties of uludag fir and scots pine (Pinus sylvestris L.) wood, Forest Products Journal, 58 (3): 95-99.

Koski, A. (2008). Applicability of Crude Tall Oil for Wood Protection. PhD Thesis, Faculty of Technology, Department of Process and Environmental Engineering, University of Oulu, Oulu, Finland, Acta Univ. Oul. C 293.

Miklecic J., Rajkovic V.J. and Pervan S. (2010). Oils usage in finishing of thermally modified wood in outdoor applications, Conference: Wood is good- Transfer of knowledge in practice as a way out of the crisis, 1-9.

Özçifçi, A. & Batan, F. (2009). Bor Yağının Ağaç Malzemenin Bazı Mekanik Özelliklerine Etkisi. Politeknik Dergisi, 12 (4), 287-292.

Özkan, E., Arpacı, S. S., Dizman Tomak, E. & Yıldırım, N. (2020). Atık yağ ile emprenye işleminin ahşap malzemenin fiziksel özelliklerine etkisi. Ağaç ve Orman, 1 (1), 36-41.

Ruwoldt, J., and Toven, K. (2022). Alternative wood treatment with blends of linseed oil, alcohols and pyrolysis oil. Journal of Bioresources and Bioproducts 7, 278-287. DOI: 10.1016/j.jobab.2022.07.002.

Sarıca, M. (2006). Borlu Bileşikler ile Emprenye İşleminin Bazı Ağaç Malzeme ve Verniklerde Sertlik ve Aşınma Direncine Etkisi, Yüksek Lisans Tezi, Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Szubert, K., Dutkiewicz, A., Michał Dutkiewicz, M., Maciejewski,H. (2019). Wood protective coatings based on fluorocarbosilane, Cellulose volume 26, 9853–9861.

Şimşek, U.B. (2013). Bitkisel ve kimyasal koruyucularla emprenye edilen sarıçam odununun bazı fiziksel ve biyoloji özellikleri. Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Trabzon.

Tomak, E. D. (2011). Masif odundan bor bileşiklerinin yıkanmasını önlemede yağlı ısıl işlemin ve emülsiyon teknikleri ile emprenye işleminin etkisi. Doktora Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon.

TS ISO 13061-1. (2021). Physical and mechanical properties of wood- Test methods for small clear wood specimens- Part 1: Determination of moisture content for physical and mechanical tests. Turkish Standardization Institute, Ankara.

TS ISO 13061-2. (2021). Physical and mechanical properties of wood- Test methods for small clear wood specimens- Part 2: Determination of density for physical and mechanical tests. Turkish Standardization Institute, Ankara.

Var A (2001). Ahşap malzemede su alımının parafin vaks/bezir yağı karışımıyla azaltılması. Süleyman Demirel Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi Seri: A, 0(2), 97- 110.

Var, A.A., Kaplan, Ö. (2019). Bazı Jeotermal Sularla Muamele Edilmiş Kızılçam Odununun Yoğunluk, Eğilme Direnci ve Elastikiyet Modülü: Konya Bölgesinden Bir Çalışma. El-Cezerî Journal of Science and Engineering, 6(1), 181- 192. 10.31202/ecjse.464035.

Var, A. A. & Soygüder, A. (2017). Kuzuluk, Taraklı ve Geyve (Sakarya) Jeotermal Sularının Emprenye Maddesi Potansiyeli ve Kızılçam (P. Brutia Ten.) Odununda Bazı Fiziksel Özellikler Üzerine Etkisi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 19 (1), 102-116.

Voulgaridis, E. (1988). Protection of oak wood (Quercus conferta Kit.) from liquid water uptake with water repellents. Wood and Fiber Science, 20(1): 68-73.

Woźniak, M., Ratajczak, I., Lis, B., Krystofiak, T. (2018). Hydrophobic Properties Of Wood Treated With Propolis-Silane Formulations, Wood Research, 63 (3): 517-524.

Yalınkılıç, M. K. (1993). Changes in Combustion, Hygroscopicity and Dimensional Stability Properties of Wood Material Caused by Various Impregnation Materials and Their Washability from Wood, Karadeniz Technical University, Forest Faculty, Associate Professorship Thesis, Trabzon.

Bölüm 2

Balıklarda Bağışıklık Sistemi

Engin ŞEKER[1], Ayşegül PALA[2], Faruk ZORLAR[3]

[1] Doç. Dr., Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi - http://orcid.org/0000-0003-2906-6006
[2] Doç. Dr., Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi - http://orcid.org/0000-0003-5269-023X
[3] Yük. Müh., Munzur Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enst. Su Ürünleri ABD

GİRİŞ

Balık ve diğer deniz ürünleri, insanların en eski besin kaynaklarının başında gelmiştir. Bitkilerin yetiştirilmesi ve hayvanların besin olarak kullanımı için evcilleştirilmesinden önceki dönemlerde en kolay elde edilebilen ve bu nedenle en çok tüketilen besinlerin balık ve diğer deniz ürünleri olduğu bilinmektedir. Günümüzde dünya sularında 20.000'den fazla yenilebilen balık, kabuklu deniz hayvanı ve memeli deniz türü yaşamaktadır. Bunların yaklaşık 250 türü insanların diyetlerinde çeşitli şekillerde yer almaktadır (Brown, 2000).

Hayvansal proteine olan gereksinimin karşılanması için bütün dünya ülkelerinde olduğu gibi, ülkemizde de deniz ve iç sulardan sistemli bir şekilde faydalanma yollarına başvurulmaktadır. Balıklardan daha fazla yararlanabilmek için, yeni yetiştirme teknikleri ve yem içerik çalışmaları yapılıyor olsa da, balıkların hastalıklara karşı korunması çalışmaları ve tedavileri stratejik öneme sahiptir. Bu nedenle hastalıklara karşı mücadele ve profilaksi çalışmalarında balığın savunma sistemi hakkındaki bilgi birikimi önem kazanmaktadır (Bozkurt ve Eren, 2009).

Bütün omurgalılarda olduğu gibi balıklarda da, organizmayı çeşitli enfeksiyonlardan koruyan ve hayatta kalmalarını sağlayan gelişmiş bir bağışıklık sistemi bulunmaktadır. İmmün sistemin temel fonksiyonu, hastalıklara neden olan mikroorganizmalara karşı balığı korumaktır. İmmün sistem hücresel ve sıvısal faktörleri içeren hem spesifik hem de spesifik olmayan savunma sistemlerinden oluşur (Fange, 1986; Channonnachookhin ve ark., 1991; Tort ve ark., 2003).

Balıklarda görülen pek çok enfeksiyon hem yetiştiricilik hem de gıda sektöründe büyük kayıplar oluşturmaktadır. Balıklar suda yaşayan canlılar olmalarından ötürü, suların kirlenmesi, su kalitesinin fiziksel, kimyasal, biyolojik karakterinin optimal değerlerin dışına çıkması gibi nedenlerle hastalıklara daha duyarlıdırlar (Arda ve ark., 2005; Cengizler 2006; Ocak, 2006).

Stres faktörleri ve bazı ilaç enjeksiyonları balıkların hastalıklara karşı duyarlılıklarını artırarak etkenlerin taşıyıcı balıklardan etrafa yayılmasına neden olabilir. Balıkların savunma mekanizmaları, memeli ve diğer hayvan türlerine göre bazı farklılıklar göstermektedir. Balıklarda immün sistem, balık-çevre etkileşmesi, balık hastalıkları ve balık patolojisi gibi konuları kapsamaktadır (Untergesser ve ark., 1992; Yano, 1996; Vadstein, 1997; Ellis, 1998).

Balık immünolojisi ile ilgili konularda yapılacak araştırmalar, balık hastalıklarının tedavisinde başarı sağlamaya katkıda bulunacaktır. Bu nedenle balık hastalıklarına karşı, balık immünolojisinin bilinmesinin yanı sıra, bağışıklıkta görev alan doku ve organların temelinin bilinmesi gereklidir. Ayrıca kan balıklar üzerinde yapılacak olan hematolojik ve histopatolojik çalışmalar için

ayrı bir öneme sahip olup, kan yapıcı organların ya da lenfoid sistemin yeterince bilinmesi de, balık sağlığı konusunda önemli katkılar sağlayacaktır.

2. BALIKLARDA BAĞIŞIKLIK

Balıklarda bağışıklık sistemi, enfeksiyonun meydana gelmesini engelleyen ve enfeksiyona karşı vücudun cevap vermesini sağlayan faktörlerin birçoğunu içermektedir (Sağlam ve Yonar, 2009). Diğer omurgalılarda olduğu gibi balıklarda da bağışıklık sistemi, spesifik bağışıklık ve spesifik olmayan bağışıklık olmak üzere iki kısma ayrılır. Spesifik olmayan savunma sistemi normal balıkların bir parçasıdır ve yanıt gelişimi için, bir antijen/patojen ile önceden temasa gerek yoktur. Memelilerle kıyaslandığında balıkların temel savunma mekanizması spesifik olmayan sisteme dayanır. Bu açıdan bakıldığında balıklar yetersiz bir savunmaya sahipmiş gibi görünebilir. Ancak spesifik olmayan sistemin yabancının (antijen, bakteri, virüs vb.) tanınması olayına gerek olmaması, çok kısa sürede cevap verilir ve nispeten sıcaklıktan bağımsız çalışması gibi bazı avantajları vardır (Fange, 1986; Channonnachookhin ve ark., 1991; Ellis, 2001; Tort ve ark., 2003).

Balıkların yaşadıkları su ortamı patojen birçok mikroorganizma içermektedir. Balıkların mikroorganizmalara karşı göstereceği direnç büyük önem taşımaktadır. Bu direnç de koruyucu tedavi uygulamasıyla gerçekleşebilmektedir. Hastalıklara karşı mücadele ve profilaksi çalışmalarında balığın savunma sistemi oldukça önem taşımaktadır. Bu nedenle balık yetiştiriciliğinde çok iyi bilinmesi gereken konulardan birisidir (İspir ve ark., 2004; Bozkurt ve Eren,2009).

Hastalık etkenlerinin yoğun olarak bulunabildiği su ortamında yaşayan balıklar güçlü bağışıklık sistemleri sayesinde birçoğunu elemine edebilmektedirler. Balıkların bağışıklık sistemleri, insan ve diğer memelilerin bağışıklık sistemlerine benzerlik göstermekte olup balıklar sıcakkanlılara oranla daha basit bir yapısal immun sisteme sahiptir. İmmün organ ve hücrelerin çoğu aynı yapı ve işleve sahiptir. Ancak sıcakkanlıların aksine balıkların içinde yaşadığı sucul ortamın sahip olduğu sıcaklık, pH, tuzluluk, çözünmüş O_2 miktarları gibi fiziksel ve kimyasal özellikler, balığın bağışıklık sistemi üzerine direkt etkisi vardır. Sıcakkanlılarda infeksiyöz hastalıkların kontrolünde ve bunlardan korunmada çok büyük yararlar sağlayan bağışıklık mekanizması balıklarda da aynı derecede öneme sahiptir (Arda ve ark., 2005; Magnadottir, 2006).

Antikor sentezi için gerek çevre ortamının ve gerekse balıkların vücut sıcaklığının düşük olması; vücuda giren veya verilen hastalık ajanlarının (aktif aşılar) düşük ısıda çoğalma kapasiteleri azalmakta veya durmaktadır. Bu

nedenlerle patojenlere ait antijenik moleküllerin (antijenlerin) immun sistemi uyarmada ve bunlara karşı oluşan bağışık yanıtın (immun respons) oluşma ve etkinlik hızını çok azaltmaktadır. Buna bağlı olarak da tam bir korunma çok zayıf gerçekleşmekte ve aynı zamanda çok geç başlamaktadır. Bu yüzden sadece aşıları kullanarak bütün balık hastalıklarının kontrol altında tutulması mümkün değildir (Siwicki ve ark., 1994; Arda ve ark., 2005).

Ayrıca sıcak kanlıların aksine, balıklarda sadece, tetramarik bir özellik taşıyan tek tip spesifik antikor İmmunglobulin M (İgM) sentezlenmektedir. Doğaldır ki, bu durum da balıklarda humoral bağışıklık yönünden zayıflık oluşturmaktadır. Çünkü memelilerde 5 tür spesifik antikor (İgG, İgA, İgM, İgD, İgE) bulunmakta ve bunların etkinlikleri de birbirlerini destekleyici ve aynı zamanda farklı bir özellik taşırlar. Balıklar, her ne kadar, pirimitif vertebratalardan olmalarına ve sıcakkanlılara oranla daha geç spesifik antikor sentezinin uyarılmasına karşın yine de balıklarda patojenik etkenlere veya vücuda giren antijenik substanslara karşı bir bağışık yanıt oluşmaktadır. Ancak şunu da belirtmek gerekir ki balıkların vücut ısıları sıcakkanlıların aksine, yaşadıkları doğal habitatın (doğal yaşam ortamı) sıcaklığı ile paralellik göstermektedir. Bu durum; sıcak sularda yaşayan balıkların antijenik substanslara karşı bağışık yanıtları, soğuk sulardakilerden, daha erken olduğu için infeksiyonlara karşı daha çabuk bir immun respons oluşmakta ve korunma meydana gelmektedir (Arda ve ark., 1994; Muinswinkel, 1997; Arda ve ark., 2005; Buonocore ve ark., 2007).

Balıklarda savunma mekanizması aynen, sıcakkanlılar gibi bir klasifikasyona tabi tutulmaktadır. Bu savunma mekanizmasının, balıkları, çeşitli özellik taşıyan infeksiyöz ajanların zararlı etkisinden korumak, bunları etkisiz hale getirmek ve aynı zamanda kısa veya uzun bir süre böyle ajanlara karşı protektif etkinlik kazandırmak gibi çok önemli ve yaşamsal önemi bulunmaktadır. Bu mekanizma başlıca iki temel konu içinde incelenmektedir. İki tip immünite vardır. 1) Doğal immünite ve 2) Edinsel immünite (Ellis, 1981; Arda ve ark., 2005; Magnadottir, 2006)

2.1. Nonspesifik Savunma Sistemi (Doğal direnç)

Bu sistem, vücutta, doğal olarak bulunan ve nonspesifik bir etkinlik gösteren faktörlerden oluşmaktadır. Bu faktörlerde, spesifik bir etkene yönelik olmadan tüm zararlı ajanlara karşı koyarak vücudu korurlar. Ancak bu komponentler her zaman yeterli ve başarılı bir savunma sergileyemezler. Eğer mikroorganizmalar sayıca çok miktarda, virulensleri (hastalık oluşturma güçleri) çok yüksek ve uygun bir yoldan vücuda girmişse ve konakçıda bu etkene genetik olarak duyarlı ise, hastalık kaçınılmazdır ve mikroorganizmalar böyle duyarlı vücuda kolayca girebilir ve yayılarak infeksiyon oluşturabilirler. Ancak durum her zaman

balıkların aleyhine olmayabilir veya gelişmeyebilir. Doğal bağışıklıkta rol oynayan önemli etmenler arasında yer alan mukus ve epidermis, balıklarda ilk savunma hattını oluşturur. Bu engeller aracılığı ile sağlanan koruma çok etkilidir. Epidermel mukoza hücrelerinden sürekli olarak salınan mukus ve hücre döküntüleri mikroorganizmalar için bir bariyer oluşturur. Mukus içerdiği lizozim enzim analogları ile mikroorganizmaların yerleşmesini ve gelişmesini engelleyici yapıdadır. Pullar, epidermis ve dermis ise fiziksel yaralanmalara ve gelişebilecek muhtemel enfeksiyonlara karşı bir kalkan görevi üstlenmiştir. Genellikle bu nonspesifik mekanizma çoğu zaman etkili olmaktadır. Bu sistem içinde fonksiyonu olan faktörler aşağıda kısaca verilmiştir (Kubilay, 1997; Evans, 1998; Ellis, 2001a; Arda ve ark., 2005).

2.1.1. Nonspesifik Savunma Sistemine Etki Eden Faktörler

Non-spesifik bağışıklık sistemi, enfeksiyonları önleme, yayılmalarını kontrol etme ve doku hasarını azaltmaya yönelik birçok işlevi içerir. Balıklarda non-spesifik savunma reaksiyonları, immun sistemin hem humoral hem de lenfoid olmayan hücresel komponentleri tarafından oluşturulur (Ellis, 2001; Magnadottir ve ark., 2005)

2.1.1.1. Genetik Faktörler

Bu genetik faktörler yavrulara kalıtsal olarak aktarılırlar Bir etkene karşı duyarlı olan bir balığın başka etkene karşı doğal bir direnci olabilir ve bu etken tarafından normal koşullarda infekte edilemezler. Bu özellik; türler, ırklar ve bireylere göre farklar gösterebilir (Arda ve ark., 2005).

2.1.1.2. Fizyolojik Faktörler

Bu nedenler arasında balıkların ve çevrenin sıcaklığı ve balıkların yaşları önemli rol oynamaktadır. Ayrıca balıkların beslenme durumlarının da etkisi fazladır (Arda ve ark., 2005).

2.1.1.3. Fiziksel Bariyerler

Balıklarda yüzeylerde etkili olan ve mikroorganizmaların vücuda girmesini engelleyecek başlıca üç tür doğal bariyer bulunmaktadır. Bunlarda deri, pullar ve mukus tabakasıdır. Balıklarda deri epidermis ve dermisden oluşmaktadır. Bunların bütünlüğünün korunması gereklidir. Deride meydana gelecek mikroskobik ve/veya makroskobik portrantreler mikroorganizmaların vücuda girmelerine ve infeksiyon oluşturmalarına yol açar. Derideki pullarda aynı tarzda hem derinin hem de mikroorganizmaların deriye ve vücuda girişinde büyük engel oluşturur (Ellis, 1981; Arda ve ark., 2005).

2.1.1.4. Nonspesifik Humoral Faktörler

Mukus tabakasında bulunan nonspesifik humoral faktörlerde (immunglobulin, komplement, protein, glikoprotein, lizozim, lektin, vs) antimikrobiyal etkileri nedeniyle mikropların gerek deride ve gerekse mukozal yüzeylerde lokalize olmalarına gerek üreyerek lezyon oluşturmalarına ve vücut içine girmelerine mani olurlar. Doğal antikorlarında etkinliği genellikle azdır. Mukoid salgıdaki antimikrobial komponentler sadece deri yüzeyinde değil aynı zamanda gastrointestinal sistemde, solungaçlarda ve diğer mukozal yüzeylerde de bulunmakta ve buralarda da antimikrobiyal etki göstermektedirler (Arda ve ark., 2005)

2.1.1.5. Nonspesifik Hücresel Faktörler

Nonspesifik bir etkinliğe sahip hücresel faktörler arasında fagositik kapasitesi olan ancak başlangıçta aktive olmadıkları için zayıf etkinliğe sahip makrofajlar, nötrofiller, doğal öldürücü hücreler, sitotoksik hücreler ve lenfositler bulunmaktadır. Aktive olmamış hücreler komponentlerin de etkinlikleri genellikle zayıf kalmaktadır. Nonspesifik savunma sistemi içinde yer alan genetik, fizyolojik, fiziksel, humoral ve sellüler faktörler her zaman tam olarak balıkları infeksiyondan koruyamazlar. Ancak böyle etkinlik vücutta spesifik savunma mekanizması etkin oluncaya kadar, nonspesifik olan böyle bir mekanizmaya gereksinim vardır. Balıkların vücut ve mukozal yüzeylerinde etkinlik gösteren nonspesifik savunma faktörleri primer savunma mekanizmasını ve vücut içinde fonksiyonel olanlarda sekonder savunma mekanizmasını oluştururlar (Dalmo ve ark., 1997; Arda ve ark., 2005).

2.2. Spesifik Savunma Sistemi

Nonspesifik savunma sistemi zayıf olan canlılarda mikroorganizmalar, bu defa vücut içinde daha güçlü olan hem humoral hemde sellüler aktivite gösteren spesifik savunma sisteminin etkinliği ile karşılaşırlar. Bu sistem içinde edinsel bağışıklık (aktif ve pasif bağışıklık) ve aynı zamanda nonspesifik etkinliği olan lenfoid sistem organ, doku ve hücreleri ile monosit makrofaj ve granülositlerin aktiviteleri de bulunmaktadır (Arda ve ark., 1994; Arda ve ark., 2005).

2.2.1. Aktif Bağışıklık (Edinsel Bağışıklık)

Vücuda giren veya verilen antijenik substanslar (mikroorganizmalar, protein, glikoprotein,vs) kan yolu ile yayılarak lenfoid organ, doku ve hücrelere ulaştıktan sonra bunlarda bulunan ve bağışıklıkta etkinliği olan immun kompotent hücreleri (lenfositler, makrofajlar, granülositler ve diğer hücreleri) uyararak başlıca iki

karakterde ortaya çıkan bağışıklık ve immunolojik bir yanıt meydana getirirler (Arda ve ark., 2005; Abbas and Lichtman, 2007).

2.2.1.1. Humoral bağışıklık

Vücut içine giren ve antijenik özelliği bulunan etkene karşı, bu antijenlerle direkt olarak uyarılan B-lenfositleri tarafından belli bir süre sonra (latent dönem, inkubasyon periyodu) bu etkene karşı özel etkiye sahip spesifik antikorların immunoglobulin M(İgM) sentezini sağlarlar. Bu antikorlar, sadece kendisinin sentezini uyaran ve hastalık oluşturan spesifik etkenle özel olarak birleşerek bunun hastalık yapma yeteneğini ortadan kaldırmaz aynı zamanda, olası zararlı etkisini de önler ve vücuttan eliminasyonuna çalışır. Etkenin vücuda girmesi ile spesifik antikorların sentezine kadar geçen latent dönem, çeşitli nedenlerle (vücut ısısı, mikroorganizmaların antijenitesi, miktarı, giriş yolu, konakçının duyarlılığı ve diğerleri) oldukça uzun olmaktadır. Bu süre ne kadar geç olursa, balıkların aleyhine bir durum meydana gelir. B-lenfositleri, antijenler tarafından direkt olarak uyarıldığı gibi, aynı zamanda, aynı etkenle stimule olan makrofajlardan ve T lenfositlerinden gelen nonspesifik humoral substanslarla da (interlökin, sitokinler vs) indirekt olarak uyarılarak antikor sentezlerinin daha etkin olmasına yardımcı olurlar. Direkt ve indirekt olarak aktive olan B-lenfositlerinden bazıları genetik bir değişikliğe maruz kalarak plasma hücreleri (plasmasit)haline dönüşürler. İşte bu plazma hücreleri, spesifik antikor sentezini gerçekleştirirler (Arda ve ark., 2005; Magnadottir ve ark., 2006).

2.2.1.2. Hücresel bağışıklık

Hücresel bağışıklığın oluşmasında merkezi görevi makrofajlar üstlenirler. Bu hücreler antijenleri fagosite ettikten sonra bunları işleyerek hücre yüzeyine çıkarır ve burada Th-helper (yardımcı T-hücreleri) ve sitotoksik T- hücrelerine (CTL) sunarlar. Böylece makrofajlar aracılığı ile uyarılmış olan T hücreleri de çeşitli sitokinler sentezleyip salgılayarak hem makrofajları, Th (yardımcı veya hepler TC) CTL (Sitotoksik T lenfositleri), NKC (doğal öldürücü hücreler), granülositleri ve hem de B-hücrelerini indirekt olarak stimüle ederler. Makrofajların ve diğer hücrelerin sentezledikleri sitokinler nonspesifik bir karakter taşırlar. Makrofajlar ve nötrofiller antijenlerle direkt olarak uyarıldıklarında sadece, kendini uyaran etkene karşı spesifik bir fagositik ve salgısal aktivite göstermez bütün diğer etkenlere karşı da aynı etkinliği gösterir. Sentezlenen sitokinler bağışıklık sisteminde fonksiyonu olan immunkompetent lenfoid ve diğer sistem hücrelerini de etkiler bunların arasındaki iş birliğini artırır (Akaylı, 2001; Arda ve ark., 2005).

2.2.2. Pasif Bağışıklık

Bu bağışıklık tarzı, balıklarda sadece aşılı anaçlardan yumurtalara ve buradan da yavrulara transfer edilen maternal antikorları ifade etmektedir ki bu konu üzerinde de fazla bir çalışma yapılması gerekmektedir. Yani anaçlar aşılanarak aktif bir bağışıklık kazandırıldıktan sonra bunlardan yumurtalara ve buradan da yavrulara antikor geçerek (maternal antikorlar) larvaların yaşamlarının ilk günlerinde spesifik etkenlere karşı pasif olarak korunmalarını sağladıkları yönünde yeterli bilgiler bulunmamaktadır (Durmaz ve Albayrak., 2016; Arda ve ark., 2005).

3.BALIKLARDA BAĞIŞIKLIK SİSTEMİNİ OLUŞTURAN ORGAN VE HÜCRELER

Bağışıklık, genel anlamda, vücuda giren veya verilen yabancı karakterdeki antijenik substanslara (mikroorganizmalar, toksin, toksoid, protein, polisakkarid, glikoprotein, kompleks yapıdaki moleküller, vs) karşı, vücudun bütün genel ve özel savunma mekanizmaları ile karşı koyması, direnç göstermesi, kendini koruması ve zararlı ajanları inaktive ve elimine etmesi olarak tanımlamak mümkündür. Balıklarda immun sistem, sıcakkanlılardan daha az organize olmuştur. Balıklarda da immun sistem içinde yer alan lenfoid sisteme ait organlar ve hücreler bulunmaktadır. Balıklarda lenf düğümleri ve kemik iliği bulunmadığı gibi immunglobulinlerden de sadece İgM' lervardır. Böyle olumsuz durumlar da, sıcak kanlılara göre bir bağışıklık zafiyetini ortaya koymaktadır (Cengizler, 2006; Arda ve ark., 2005).

Balıkların antiviral korunma mekanizmaları yüksek vertebralılara benzerlik göstermekle birlikte türe spesifik farklılıkları da içermektedir. Balıklarda kemik iliği ve lenf düğümleri bulunmaz. Böbreğin ön kısmı omurgalılardaki lenf düğümlerinin işlevini görmektedir. Balık böbreğinden, solungaçlardan kalsiyum absorbsiyonunu durduran teleokalsin hormonu salgılanır. Solungaçlar ve deriden salgılanan mukus salgısı ile bağırsaklardaki GALT folliküllerinin viral immunitede görevleri vardır. Balıklarda bağırsağın arka kısmı makro moleküllerin emilimi ve sindirilmeden organlara transferi yönünden immunolojik öneme sahiptir. NK hücreleri, sitokinler, interferonlar, antiviral peptitler, Mx, VIG1, PKR, TRIM, ISG15 proteinleri, ribozomal proteinler, lektinler, inhibitörler, transferrin, metallotiyonin ve histon türevleri balık hücrelerini korurlar ve antiviral savunma mekanizmasında görev alırlar. Bazı balık virusları makrofajları enfekte edilebilmekte ve konağın viral enfeksiyona verdiği yanıt ile eş zamanlı olarak immun sistemden kaçabilmektedirler. Konak hücrede protein sentezinin durdurulması, IFN'nin baskılanması, apoptozisin inhibisyonu virus için bir kaçış mekanizması olabilmektedir. Çeşitli balık türlerinde IgM, IgD ve

IgT/Z izotiplerinin varlığı saptanmıştır. IgM ve IgD solungaç yüzeyleri, IgT izotipi bağırsaklar, deri ve mukozal korunma ile ilişkilidir. Balık IgT/Z'si ile memeli IgA'sı fonksiyonel benzerlikler içermektedir (Durmaz ve Albayrak, 2016).

Balıklarda immun sistemde fonksiyonu olan organlar aşağıda çok kısa olarak belirtilmiştir. Balıklardaki lenfoid organları, aynen memelilerde olduğu gibi başlıca iki gruba ayırmak olasıdır. Bunlarda teleost balıklarda, 1- Primer (merkezi) lenfoid organlar (timus ve önböbrek) ile 2- sekonder (periferel) lenfoid organlar dalak ve GALT (gut associated lymphoid tissues) (Ocak, 2006; Arda ve ark., 2005; Bozkurt ve Eren, 2009).

3.1. Balıklarda Bağışıklıkta Fonksiyonu olan Organlar

Deri ve mukus tabakası, balığın sahip olduğu birincil kalkanlardır. Sağlam bir dış deri çoğu mikroorganizmayı elimine eder. Solungaçlardan salgılanan mukus gerek solungaçların gerekse derinin epitelyum tabakasını bir zırh gibi kaplar ve balığı korur. Mukus tabakası mikroorganizmaları tutar ve dolayısıyla mikroorganizmaların epiteliyal hücrelere girişini engellemektedir. Mukus; patojenleri yok eden lizozimlere, lektinlere, kompleman proteinlerine, antibakteriyel peptitlere ve IgM'ye sahiptir. Gastro intestinal sistem düşük pH'ı ile birçok mikroorganizmanın yaşayamayacağı bir ortamdır. İnsanlarda kan hücrelerinin üretiminden internal kemik iliği sorumludur. Fakat balıklar kemik iliğine ve lenf nodüllerine sahip değildirler. Teleost balıklarda başlıca lenfoid organlar; timus, böbrek ve dalaktır (Darson, 1981; Waterstrat ve ark., 1991).

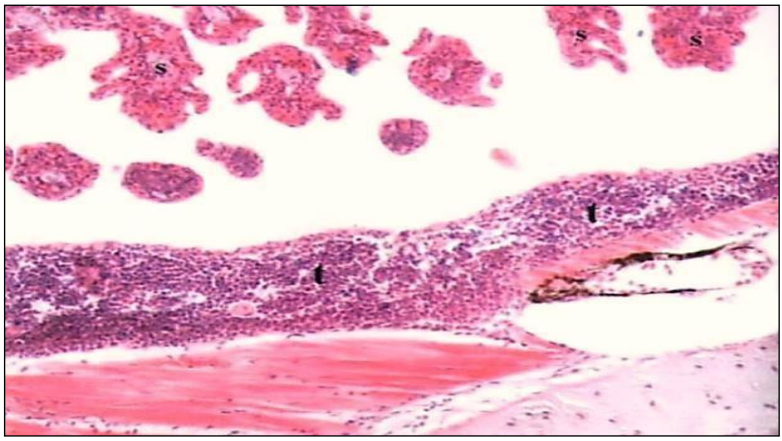
3.1.1 Timus

Timus; kıkırdaklı ve kemikli balıklarda çok iyi bir gelişim göstermiş olmasına karşın, çenesiz balıklarda bulunmaz. Kıkırdaklı balıklarda timus, solungaçların yakınında birden çok lobdan oluşan bilateral bir organ şeklinde iken, kemikli balıklarda ise solungaç boşluğunun her iki yanında operkular boşluğa doğru uzanan ve bir çift lobdan oluşan bir organ görünümündedir (Fange, 1986; Channonnachookhin ve ark., 1991; Erganiş ve İstanbulluoğlu, 1993; Tort ve ark., 2003).

Timusun temel hücre populasyonu lenfositlerdir. Balıklarda timus ve diğer organlar arasında bağlantı kuran yegane sistem kan damarlarıdır ve gökkuşağı alabalıklarında değişken geçirgenlikte bir kan timus bariyeri bulunmaktadır. Yaşlı balıklarda gözlenebilen timusun involusyonu genel bir kural olmamakla birlikte, yaşlanma ve seksüel olgunlukla ilgili olarak organın küçülmesi gerçekleşebilir. Mevsimler, yaşlanma, seksüel olgunluk, çeşitli stres ve hormonal faktörler de organın küçülmesinde ya da normal haline dönmesinde

önemli indükleyici nedenler arasında yer almaktadır. İmmunizasyon sonrasında plazma hücrelerinin ve plak oluşturan hücrelerin ortaya çıkmaları balıkların savunma mekanizmalarında timusun direkt olarak görev aldığını göstermektedir (Enane ve ark., 1993; Pastoret ve ark., 1998; Arda ve ark., 2005).

Bu organın ventral yüzeyi mukoza epiteli ile örtülüdür. Larval safhadaki balıkta timus çok iyi görülür ancak, ergin balıkta küçülme nedeniyle pek belirgin değildir. Timusun stroması tipik olarak iki zondan oluşur ki içte "epitelyal retiküler hücreler" ve dışta "timosit" adı verilen lenfositlerden (Şekil 1) oluşur (Press and Evensen, 1999; Timur, 2013). Özellikle T-lenfositlerinin olgunlaşmasında ve T-hücre özelliklerinin kazanılmasında önemli fonksiyonu olan timusun esas hücre popülasyonunu ise lenfositler oluşturur (Ellis, 2001; Arda ve ark., 2005).

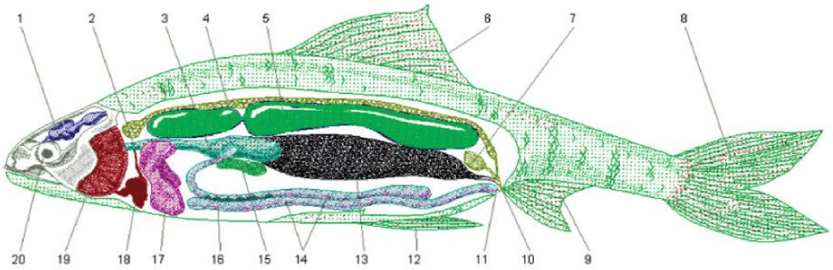


Şekil 1. Gökkuşağı alabalığı yavrusunda timositlerden oluşan timus (t) ve solungaç filamentleri (s) (Timur, 2013)

3.1.2 Böbrek

Balıklarda böbrekler; anatomik olarak vücut boşluğunun dorsalinde, omurganın ve dorsal aortanın ventralinde yer alan, ince-uzun, koyu kırmızı-kahverengi renkli, baştan kuyruğa kadar bir doku parçası olarak uzanan bir çift retroperitoneal organdır (Şekil2) (Mumford ve ark., 2007; Timur, 2008). Alabalıklarda böbrek vücut boşluğu boyunca uzanırken, sazangillerde ve yayın balıklarında ise böbrek ön ve arka lob olarak birbirinden ayrılmış ve lateral olarak birbirine geçmiş vaziyettedir (Mumford ve ark., 2007). Organın yapısında baskın olarak makrofajlar özellikle de melanomakrofajlar ile birlikte lenfositler ve plazma hücreleri de bulunur. Böbrekler, balıkların temel kan yapıcı organıdır.

Hem anterior hem de posterior kısmı hemopoetik özelliklere sahiptir. Eritroid, lenfoid ve Myeloid serilere ait hücrelerin üretildikleri temel organ olma dışında böbrekler, antijenlerin tutulması ve antikor üretimi yönünden de önemli fonksiyonlara sahip bir organdır (Channonnachookhin ve ark., 1991; Dickerson ve Clark, 1998; Antao ve ark.,1999).



Şekil 2. Balıkta iç organların pozisyonu (Bozkurt ve Eren, 2009).
(1. Beyin 2. Özofagus 3. Mide 4. Böbrek 5. Yüzme kesesi 6. Dorsal yüzgeç 7. İdrar kesesi 8. Kaudal yüzgeç 9. Anal yüzgeç 10. Urogenital açıklık 11. Anüs 12. Pelvik yüzgeçi 13. Gonad 14. Barsak 15. Dalak 16. Pankreas 17. Karaciğer 18. Kalp 19. Solungaç 20. Göz.)

Alabalıklarda immün sistem içerisinde yer alan antijenler yada bireyin kendine ait olan maddeleri ile immün sistem içerisinde yer almayan antijenler ya da immün sistemin kendinden olmayan her türlü yabancı maddeleri, böbrek sinüzoidal endotelyal hücreler ve makrofajlar tarafından endosite edilir ve idrar yolu ile dışarı atılır. Antijenik maddeler ise antijen sunan hücreler tarafından işlenerek T-hücrelerine sunulur ve böylece spesifik immun yanıt başlatılır (Zapata ve ark., 2006; Düzgün, 2014).

Balık böbreğinde hemapoezin'in başlıca oluştuğu hematopoetik doku, arka böbrekte nefronları destekleyen matriks doku (interrenal hematopoetik doku) ile ön böbreğin tamamıdır. Balıkta görülüp de yüksek omurgalılarda görülmeyen bir başka kemikli balıktaki hematopoetik hücre yapısı, melanomakrofaj merkezleridir. Ön böbrek nötrofil, monosit ve lenfositler gibi beyaz kan hücreleri üretir (Timur, 2013).

Kemikli balıklarda böbrekler hematopoetik, retiküloendotelyal, endokrin ve boşaltım kısımlarını içeren karma bir organdır. Genellikle ön veya baş böbrek olarak isimlendirilen kısmı hematopoetik elementlerden oluşurken, arka böbrek veya boşaltım böbreği, gövde böbreği olarak da isimlendirilir ve kandan idrarın süzülmesini sağlayan böbrek kısmıdır (Mumford ve ark., 2007; Timur, 2013).

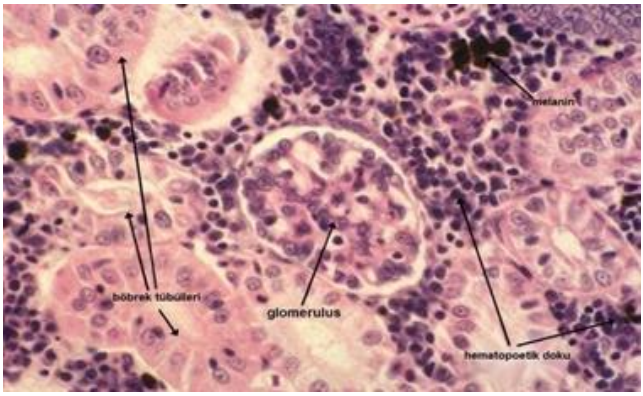
Kemikli balıklarda böbreğin dış formu türlere göre değişiklik gösterir.

Kemikli balık böbreği ön ve arka böbrekten oluşur. Bazı balıklarda örneğin; sazan ve japon balıklarında ön ve arka böbrek makroskobik olarak ayırt edilir. Fakat diğer balıklarda örneğin; alabalık ve yılan balıklarında bu zordur. Ön böbrek, böbreğin arterior kısmı olup lenfoid dokudan oluşur. Arka böbrek ise nefron denilen üniteler ile nefronların arasındaki lenfoid dokulardan oluşur. Kemikli balıkların nefronu glomerulus ve Bowman kapsülünden oluşan böbrek cisimciği ile böbrek tübülünün boyun segmenti, proximal kıvrımlı segment I ve segment II, merkeze yakın segment ve merkezden uzak segment kısımlarından oluşur. Nefron, toplama tübülleri ve üreterle devam eder. Böbrek cisimciği glomerulus ve kapsülden oluşur (Mumford ve ark., 2007; Timur, 2013).

Böbrek içerisinde helezon şekilli kanallar vardır. Bu kanallar bazı yerlerde yumaklar oluştururlar. Oluşan bu yumaklar, kan damarlarınca çok zengindir. Kan damarlarınca zengin olan bu yumaklara "glomerulus" adı verilir (Zapata, 1979; Timur, 2011). Glomerular kapsülün dış ve iç yüzeyleri tekkatlı yassı epitel hücrelerinden oluşur.

Kapsüller epitel, renal tübüler epitel ile devameder. Glomerulus ince kapillar damar ağından oluşur. Afferent arteriol glomerular kapsüle girmeden önce birçok kapillar kola ayrılır ve kapillar ağ oluşturmak üzere birbirine sarılır. Kapillar damar ağı yeniden birleşerek afferent arteriol olarak kapsülden ayrılır. Boyun segmentindeki böbrek tübülleri tek tabakalı uzun silli kısa epitel hücrelerinden oluşur. P_1 segmentindeki tübüler epitel, silli kübik epitel hücrelerinden oluşur. Merkeze yakın segment, P_2 segmentinin özelleşmiş kısmı olarak görülmektedir. Bu segment sazanda iyi gelişmiştir. Birçok türde yoktur. Merkezden uzak kıvrımlı segmentte eosin boyası çok zayıf boyanır. Deniz balıklarının böbreklerinde merkezden uzak segment yoktur. Tatlı su balıklarında glomerulus sayısı çoktur ve büyüktür. Deniz kemikli balıklarında büyüklüğü küçülmüştür ve sayısı azalmıştır. Bazı deniz balıklarında glomerulus tamamen kaybolmuştur. Bu nedenle bu tip böbrek aglomerular böbrek olarak adlandırılır. Denizatı (*Hippocampus corranatus*), iğne balığı (*Signatus schlegeli*), kurbağa balığı (*Antennarious tridens*) buna örnek olarak verilebilir (Zapata, 1979; Timur, 2013).

Kemikli balıklarda ön böbreğin lenfoid dokusu ve arka böbreğin intertübüler dokusu hematopoetik dokudur. Bu hematopoetik doku retiküler hücreleri ile bol miktardaki kapillar damarlardan oluşur. Genç hücreler ve olgun kan hücreleri bu dokuda bulunur. Balıklarda arka böbrek; böbrek tübüllerinden ve tübüller arasındaki glomeruluslardan oluşur. Kan üreten interrenal hematopoetik doku, tübüller ve glomeruluslar arasında yaygın şekilde bulunur. İnterrenal hematopoetik doku çoğu zaman granülleri içerir (Şekil 3) (Mumford ve ark., 2007; Timur, 2013).



Şekil 3. Kemikli bir balığın arka böbreğindeki böbrek tübülleri, glomerulus, hematopoetik doku, melanin (Mumford ve ark., 2007)

3.1.3. Dalak

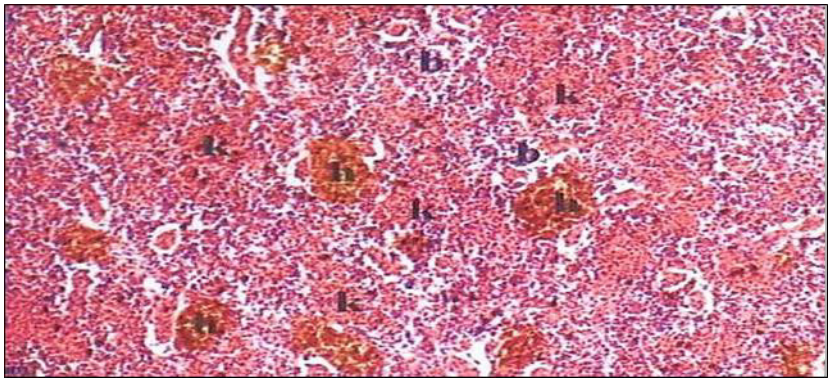
Dalak midenin arka-alt kısmında yer alan koyu kırmızı siyah renkte bir organdır (Şekil 2). Dalak, fonksiyonel olarak yardımcı hematopoetik bir organ olup ayrıca kan filtrasyonunun ve hücre yıkımının yapıldığı ve eritrositlerin stoklandığı bir bölge olup, geçici kan bankası olarak da görev yapmaktadır. Ayrıca dokudaki kan hücre sayısını kontrol ederek dolaşan kanın hacmini ayarlar. Dalak bütün sistematik yangılarla metabolik bozukluklarda ve genel hematopoetik düzensizliklerde başlıca etkilenen organ olmakla beraber, nadiren birincil hastalık bölgesini oluşturur (Mumford ve ark., 2007; Timur, 2013).

Kemikli balıklarda fibröz bir kapsüle ve parankiması içine uzanan bölmeciklere sahip olan dalak, kırmızı ve beyaz pulpalara ayrılır. Organın büyük bir kısmını oluşturan kırmızı pulpa; retiküler fibril ağından ve bu ağ içinde diffüz şekilde yayılmış lenfosit ve kırmızı kan hücreleri ile sinüzoidlerden oluşur. Dalaktaki retiküler fibrillerden oluşan ağ, makrofajların bir araya toplandığı melanomakrofaj odakları ile donanmıştır. Melanomakrofaj odakları hemosiderin adı verilen hemoglobinin metabolit ürünü nedeni ile kahverengimsi renktedir. Genellikle zayıf gelişmiş olan beyaz pulpa; melanomakrofaj merkezleri ve elipsoidler olmak üzere iki bölüme ayrılır (Fange and Nilsson, 1985; Timur, 2013).

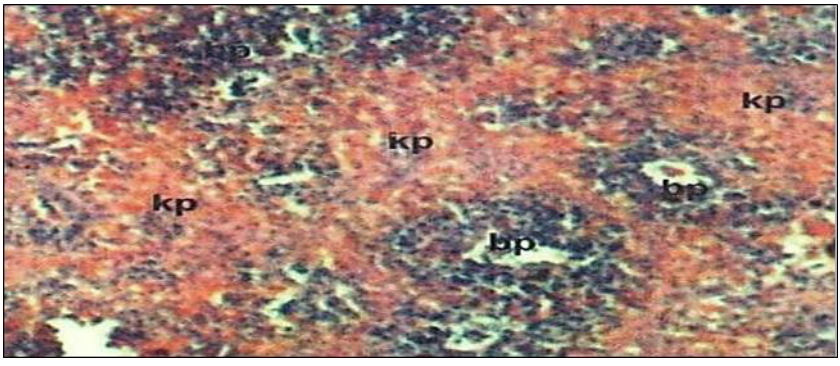
Melanomakrofaj merkezleri, başlangıçta metabolik artıkların biriktirildiği çöplükler olarak özellikle dikkate alınmış, daha sonra antijenleri muhtemelen immun kompleksler halinde, uzun süre saklamalarından dolayı bu merkezler yüksek omurgalılardaki germinal merkezlerle eş tutulmuştur (Channonnachookhin ve ark., 1991; Clem ve ark., 1996; Pastoret ve ark., 1998). Dalak pulpası sinüzoidal fagositik dokuya sahiptir. Bu dokuda çok sayıda eritrosit bulunur ve hematopoetik doku desteklenir. Dokudaki arterioller dalak arterisinin

kollarıdır ve "penicillus arteri" olarak isimlendirilir. Penicillus arteri ucu, elipsoid adı verilen özel retiküloendotel doku ile çevrilmiştir (Fange and Nilsson, 1985; Timur, 2013).

Elipsoidler; yaşlı hücrelerin, patojenlerin, protein partiküllerinin ve lipopolisakkaritlerin (LPS), özellikle de immün kompleksler halindeyakalanmalarında özel bir fonksiyona sahiptirler (Magnadottir ve ark., 2005). Dalak vücuda giren immunojenlerin, mikroorganizmaların ve antijenik substansların alıkonulmasında ve immünolojik yanıtın meydana gelmesinde de bağışıklık yönünden önemli bir işleve sahiptir (Tanyolaç, 1999). Balıklarda beyaz ve kırmızı pulpa katmanlar halinde değil, birbirine girmiş ağ oluşturmuş nodüller şeklinde (Şekil 4, 5) bulunur (Press and Evensen, 1999; Timur, 2013).



Şekil 4. Sazanda kırmızı (kp) ve beyaz pulpa (bp) nodüllerinden oluşan dalak dokusu (Timur, 2013)



Şekil 5. Levrekde dalak dokusunda beyaz pulpa ile kırmızı pulpa nodüllerinde geniş hemosiderin odakları (Timur, 2013)

3.1.4. Karaciğer

Karaciğer, kemikli balıklarda anterior ve posterior olmak üzere iki loplu, nispeten büyük bir organdır. Düz, koyu kahve renktedir. Sindirim kanalının

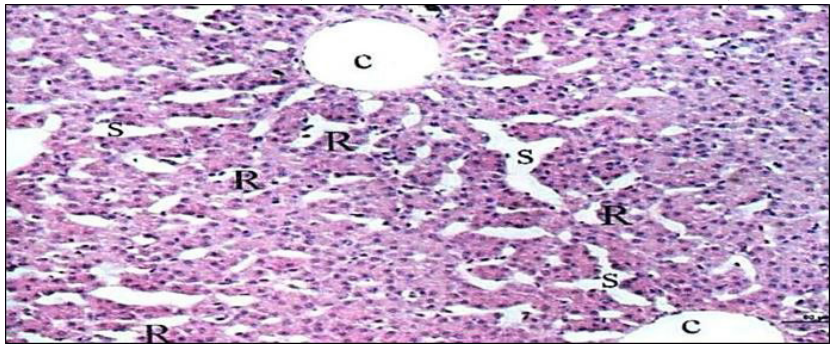
kranial kısmının hemen yanında yer alır (Şekil2). Karaciğerin anterior (sağ) lobu safra kesesini içerir. Posterior (sol) lobuda dalağı örter. Karnivor balıklarda genellikle kırmızımsı kahverengi renkte; herbivor balıklarda ise açık kahve renklidir. Ancak, yılın bazı dönemlerinde sarı veya beyaza yakın renkte olabilir (Mumford ve ark., 2007). Alabalığın karaciğeri belirgin bir şekilde loblara ayrılmamıştır. Japon balığında (*Carrasius auratus*) karaciğer yemek borusunundorsalinde, cranialolarak birleşeniki ana loba sahiptir. Safra kesesi karaciğerin sağ lobu olarak sarılmıştır. Benzer karaciğer yapısı koi sazanı ve tatlı su kefalinde de görülür. Halbuki sazan karaciğer, bağırsak halkalarını içine almış tek parçalı bir organ halindedir. Kadife balığında karaciğer, bağırsaklar arasında yayılmış çok loblu bir yapıya sahiptir. Karaciğer abdomenin anteriorunda yer alır, ancak bazı türlerde abdomen boyunca uzanan uzantılara sahiptir. Sazan, çipura ve levrek gibi bazı balık türlerinde pankreasla beraber kompakt bir organ şeklinde hepatopankreası oluşturur (Brusle ve Anadon, 1996; Timur, 2013).

Balıklardaki karaciğerin immün sistemde fazla bir rolü bulunmamaktadır. Ancak, retikülоendotelyal sistem içinde karaciğerin de yabancı partikülleri yakalayıcı bir rolü bulunmaktadır (Arda ve ark., 2005). Karaciğer makrofajları (Kuppfer hücreleri) birçok balık türünde tespit edilmiştir. Balık karaciğeri akut faz proteinlerinin üretiminde de rol oynamaktadır (Channonnachookhin ve ark., 1991; Magnadottir ve ark., 2005; Boshra ve ark., 2006).

Balıklarda karaciğer histolojisi, memelilerin karaciğer histolojisinden biraz farklılık göstermektedir. Memelilerde karaciğer dokusunda lobüllere ayrılma görülür. Her lobülün köşelerindeki bağ dokusunda safra kanalının, hepatik arterin ve portal venanın bir kolu bulunur. Memelilerdeki lobüller çok kenarlı şekilde olup, sinüzoidler, portal vena (ana toplardamar) ve hepatik arterlerden (atardamarlar) kan alır ve central vena (merkezi yada ana toplardamar) ile birleşir. Klasik lobül karaciğer loplarının alt bölümleridir ve birbirinden bağ dokusu sınırları ile ayrılır. Domuz karaciğeri 5 veya 6 kenarlı, insan karaciğeri ise 5 kenarlı lobüllere sahiptir. Memelilerde lobüllerin köşesinde yer alan safra kanalı, portal vena ve hepatik arterlerden oluşan hepatik üçlü, çok belirgin bir yapı iken balıklarda böyle gerçek bir lobüllere ayrılma yoktur. Hepatik venanın (toplardamar) birkolu her bir lobülün merkezinde bulunur. İnsan karaciğerinde lobülleri birbirinden ayıran bağ dokusu zarı yoktur. Kuşlarda ve memelilerde gerçek lobüllere ayrılma görülürken balıklarda karaciğer dokusunda yalancı lobüllere ayrılma görülür. Lobüler yapıda yüksek omurgalılarda merkezde küçük bir toplardamar mevcuttur. Balıklarda bu yapı türlere göre değişiklik gösterir ve genellikle karışıktır. Memelilerde görülen hepatositlerin belirgin kordon veya lobül oluşturma özellikleri sadece alabalıklarda yalancı lobül şeklinde görülür (Tanyolaç, 1999; Timur, 2013).

Hepatik arter ve portal vena karaciğere girer ve kollara ayrılır. Neticede nispeten geniş, sinuzoid adı verilen kapillar damarlara ayrılır. Hepatik hücreler sinozoidler arasında yerleşir ve hepatik hücre adı verilen kordon benzeri yapılar (Şekil 6) oluşturur (Brusle ve Anadon, 1996; Timur, 2013).

Şekil 6. Alabalık karaciğerinde central vena (c), sinüzoidler (s) ve hepatik hücre kordonları (remarkkordonları) (R) (Timur, 2013).



Alabalık dışındaki diğer balıkların karaciğerinde memeli histolojisinden farklı olarak çoğunlukla hepatosit hücreleri belirgin kordonlar ve lobüller oluşturmaz. Tipik portal triadlar (hepatik üçlü) belirgin değildir. Karaciğer, çoğunlukla dallanan iki hücre kalınlığındaki hepatosit hücre kordonlarından oluşur. Hepatik hücreler yuvarlağımsı çok kenarlı hücre gövdesine ve yuvarlak belirgin bir çekirdek ve çekirdekçiğe sahiptir. Hücrelerin sitoplazmalarında az veya çok glikojen ve yağ bulunur. Bu nedenle parafine gömülmüş ve boyanmış preparatlarda (hematoxylin- eosin) bu hücrelerde birçok vakuolün görünmesine nedenolur. Portalvena bağırsaklardanemilen besinleri içeren kanı taşır. Bu kan, sinüzoidlerle yakın ilişkisi olan karaciğer kordonlarındaki hücrelere geçer ki, çok miktarda besinin depolanmasını sağlar. Hepatik venanın bir kolu her lobülün merkezine uzanır. Lobülü oluşturan karaciğer hücre kordonlarına "Remark kordonları" denir. Bu kordonlar tek hücre kalınlığındadır. Aralarında sinüzoidler bulunur. Sinüzoidleri örten hücreler arasında tüm omurgalılarda fagositoz kabiliyetine sahip olan hücreler vardır. Bunlar, mikroorganizmalar dahil tüm partikül halindeki yabancı maddeleri fagosite ederler. Bu hücrelere "Kuppfer'in yıldız hücresi" denir. Balıklarda lobüllere ayrılma sadece salmonidlerde yalancı lobüllere ayrılma şeklinde görülür. Diğer balık türlerinde yalancı lobüllere ayrılma görülmez ancak kordon oluşturmayan karaciğer hücreleri arasında yer yer hepatik üçlüler (Şekil 7) görülür (Mumford ve ark., 2007; Timur, 2013).



Şekil 7. Karnivor bir balığın karaciğerinde hepatik üçlü: safra kanalı, hepatik arter, hepatik portal vena (Mumford ve ark., 2007)

3.1.5. Gastro İntestinal Kanal

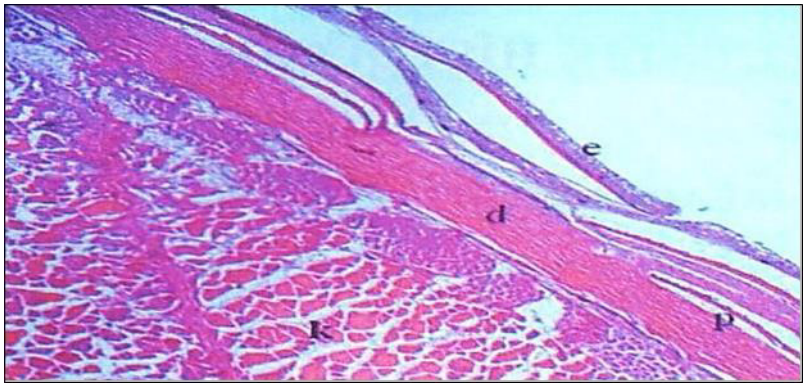
Balıklarda midenin asit ortamı, pepsin ve tripsin benzeri enzimler ile safra birçok mikroorganizma için doğal bir bariyer oluşturur. Teleost balıklarda, galt' da lenfosit, makrofaj, plasma hücreleri, çeşitli türden granülositler yanı sıra, barsak mukusunda da antimikrobial substanslar bulunmaktadır (Arda ve ark., 2005).

3.1.6. Deri

Deri, balıklarda vücudu dış etkilerden koruyan bir örtü tabakasıdır. Deri şüphesiz, bir yandan koruyucu işlevini sürdürürken, diğer yandan da balığın rengini, solunum ve boşaltım işlevlerine katkıda bulunan pigment, bez ve diğer oluşumları da içerir (Sarıhan ve Cengizler, 2006). Balıkların vücuduyla dış ortam arasında bir mukus tabakası (glikoproteinler, proteoglikanlar ve proteinler) bulunmaktadır. Sindirim kanalı mukozası, solungaçlar ve derideki mukus hücreleri tarafından devamlı olarak salgılanan mukus, mikrobiyal kolonizasyonuengeller (Clem ve ark., 1996; Arda ve ark., 2005). Mukustaki immunglobulinler (Ig), komplement, lizozim ve lektinler gibi savunma faktörleri korunmada önemli role sahiptirler (Nielsen ve Esteve-Gassent, 2006). Komplement, deri mukusunda önemli bir antimikrobiyal madde olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca epidermal fagositik hücreler, yara bölgesine göç ederek epitelyal hücrelerin fagositik aktiviteleri yardımıyla yaraların iyileşmesinde rol oynarlar (Boshra ve ark., 2006; Magnadottir, 2006).

Deri; yapısal olarak bazı balık türlerinde değişiklik gösterirse de, temelde epidermis ve dermis olmak üzere iki ana tabakadan (Şekil 8) oluşur. Dış tabaka veya epidermis balığın vücudunu örterken, iç tabaka diğer adıyla dermis epidermisin altında yer alır. Deride, deriye özgü yardımcı organ olarak deri

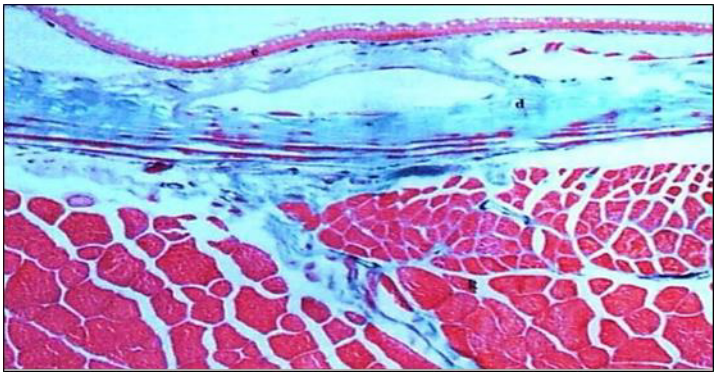
reseptörleri, pullar, mukus ve zehir bezleri ve ışık organları bulunur (Mumford ve ark., 2007; Timur,2013).



Şekil 8. Gökkuşağı alabalığında derinin tabakaları ve kas dokusu: epidermis (e), dermis (d), pul (p), iskelet kas dokusu (k) (Timur, 2013)

Ektodermden köken olan epidermis; iki tabakadan oluşur. Çok katlı yassı epitel hücrelerinden meydana gelen birinci tabaka dökülme nedeniyle normal kalınlığını korumak için devamlı çoğalır. Epidermisin bu çok katlı epitel tabakasının altında yer alan ikinci tabaka olarak epitel hücrelerini üreten bazal membran bulunur ve epidermisi dermisten ayırır. Bazal membran tabakası farklılaşmamış hücrelerden oluşur. Epidermis, epitel hücrelerine ek olarak mukus hücrelerini içerir. Mukus hücreleri PAS ve Alcian yeşili boyalarına pozitif reaksiyon veren mukus üretir. Bu mukus balık vücudunu örter. Mukus hücreleri tüm balıkların epidermisinin içinde bulunur. Balık epidermisi çoğunlukla keratinize olmaz, fakat yüzeyi mukusla örtülüdür. Mukus bez hücrelerinin yanı sıra bazı balıklar örneğin; yılan balığı, fonksiyonu bilinmeyen ve klavat hücreleri olarak isimlendirilen büyük hücrelere sahiptir. Buna ek olarak sazan balıklarının epidermisinde yuvarlağımsı veya tenis sopası şeklinde leydig hücreleri veya clup hücreleri olarak isimlendirilen hücreler gözlemlenmiştir (Timur, 2008; Timur, 2013).

Mezodermden köken alan dermis; başlıca kollajenöz bağ dokudan oluşur. Salmonid balıklarda dermisin iç kısmı hayli kalın olup, yoğun bağ dokusu tabakası diye isimlendirilir. Dermis; deriye mekanik destek, kuvvet ve kalınlık sağlar. Dermisi oluşturan kollajenöz bağ doku Masson-trichrome boyama metodu ile yeşil renge boyanırken kas hücrelerinin sitoplazması (Şekil 9) kırmızı renge boyanır (Mumford ve ark., 2007; Timur, 2013).



Şekil 9. Pisi balığında masson-trichrome boyama metodu ile boyanmış epidermis, dermis ve iskelet kas dokusu (Timur, 2013)

3.2. Balıklarda Bağışıklıkta Fonksiyonu Olan Hücreler

Doğal sitotoksik hücreler (NK), sitotoksik T hücreleri (Tc) ile sitotoksik lenfositlerinin (CTL) gelişimi tamamlanana kadar konağın enfeksiyon etkenlerinden ve tümör hücrelerinden korunmasını sağlarlar. Enfekte hücreleri yıkımlarlar, antiviral yanıtın diğer parçasını harekete geçirmek için anahtar sitokinlerin üretilmesini uyarırlar (Adedeji ve ark., 2012; Collet B., 2014).

3.2.1. Lökositler

Balık kanında beyaz kan hücreleri lökosit (akyuvarlar) olarak adlandırılır. Bu kan hücreleri oval veya yuvarlak şekillidirler (Başusta, 2005). Balık kanındaki lökosit hücre sayısı ise 10–282x103/µl arasında değişmektedir (Fange R., 1992, Hrubec ve Smith., 2000). Yani eritrositlerden daha azdır. Lökositler; granüler (nötrofil, eozinofil, bazofil) hücreler ve granüler olmayan hücreler (lenfosit ve monositler) olarak ikiye ayrılmaktadır (Roberts., 2001).

3.2.1.1. Granülositler

Nötrofil granülositler; Fagositik aktiviteye sahiptirler infeksiyonlarda roller vardır. Asidofil (eozinofil) granülositler; Paraziter hastalıklarda fonksiyonları vardır. Bazofil granülositler ise paraziter infeksiyonlarda etkilidirler (Arda ve ark., 2005).

3.2.1.2. Agranülositler

Monosit makrofajlar; vücuda girmiş olan yabancı antijenleri ve mikroorganizmaları fagosite etmek, yabancı antijenleri işleyerek sunmak (APC) ve çeşitli nonspesifik humoral substans sentezlemek gibi temel özelliklere sahiptirler. Lenfositler**;** biri B- lenfositleri ve diğeride T- lenfositleri olmak üzere

iki grup oluştururlar B- lenfositleri antijenler tarafından direkt olarak uyarıldıklarında spesifik antikor sentezleyen plasma hücreleri haline dönüşebilirler. Buna karşın, T- lenfositleri ise, antijenlerle direkt olarak uyarılmazlar. Bunlar, makrofajlar tarafından işlenmiş olan antijenleri alarak uyarılır ve sitokininterleukin sentezlerler (Arda ve ark., 2005).

Ayrıca sitotoksik T- lenfositleri (CTL) ve doğal öldürücü hücreler de (NKC) vücudun nonspesifik hücresel savunmasında rol alırlar (Arda ve ark., 2005).

Böbreğin ön lobundan orjin alan kök hücreleri buradan ayrılarak iki önemli lenfoid organa giderler ki bunlardan biri timus ve diğeri de dalak (kırmızı pulpa) dır. Timusa giderek olgunlaşanlar T- hücrelerini, dalağa gidenler de burada olgunlaşarak antijenlere yanıt verecek hale gelen B- hücrelerini oluştururlar (Arda ve ark., 2005).

Balıklarda, bazı non-spesifik humoral substanslardan olan transferring, lizozim, komplment interferon, doğal aglutininler, lizinler, C-RP, vs. saptanmıştır. Ancak bu substansların bütün balıklarda saptanamadığını bildiren çalışmalar da bulunmaktadır (Arda ve ark., 2005).

4. BALIKLARDA BAĞIŞIKLIĞI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Kemikli balıklarda, sıcak kanlılarda olduğu gibi, dışardan gelecek zararlı ajanlara (mikroorganizmalar, fiziksel kimyasal ve diğer nedenler) karşı kendilerinde bulunan ve çok önemli olan savunma mekanizmaları yardımı ile korunurlar. Bu mekanizmalar, zararlı olan maddelerin vücuda girmesine engel olmak, girenleride giriş kapılarında durdurmak, yayılmasına mani olmak ve elimine etmek gibiönemli etkinliğe de sahiptirler. Ancak, bu savunma mekanizmasına etkileyen ve kaynağını iç ve dış nedenlerden alan bir çok faktor bulunmaktadır. Bunlardan bir bölümü, vücudun direncini kırıcı bir nitelik taşımasına karşın bir bölümü de immun mekanizmayı uyarıcı (immun stimulatif) veya baskılayıcı (immun supresif) bir özellik taşımaktadır. Tuz, sıcaklık, oksijen seviyesi pH ve bulanıklık gibi çevresel faktörler viral immunite üzerine indirekt etki ederek mortalite oranlarında yükselmelere neden olmaktadır. Suyun oksijen konsantrasyonu balıklarda enfeksiyondan sonraki viral yükü etkilemektedir. Balıklarda viral immunitenin aydınlatılması konusunda moleküler tekniklerin keşfi ile büyük ilerlemeler kaydedilmiş ancak henüz tam olarak aydınlatılamamıştır. Savunma mekanizması üzerine olumsuz yönde etkileyen önemli faktörlerden bazıları aşağıda belirtilmiştir (Bly ve ark., 1997; Arda ve ark., 2005; Durmaz ve Albayrak, 2016).

4.1. Çevresel ve Vücut Sıcaklığı

Balıklarda vücut sıcaklığı içinde yaşadığı sıvı ortamın ısısına denktir. Bu

nedenle vücuda giren mikroorganizmaların generasyon süreleri de (bir bakterin ikiye bölünme süresi arasındaki zaman dilimi) ısıya bağımlı olmaktadır. Sıcak sularda yaşayan etkene duyarlı bir balığa giren bir patogenin generasyon süresi, örn, 30 dk. Ise, aynı balık soğuk ortamlarda yaşarsa bundaki aynı etkenin generasyon süresi, ısıya bağımlı olarak, 5-10 gün veya daha uzun zaman olabilir. Bu nedenlerle soğuk sularda yaşayan balıklara giren hastalık yapıcı mikroorganizmaların üremeleri sınırlandığı için büyük zararlar ölümler meydana getirmemektedir. Aynı zamanda, toksin üreten bakterilerin de toksin sentezleri yavaşlar veya durur ve böylece bir tehlike oluşturmazlar. Örn, 7-11 ºC de üretilen yılan balıklarında aglutininlere (antikor) rastlanmamasına karşın, 16-19ºC de üretilenlerde bu tür aglutininler sentezlenebilmektedirler (Ellis, 1988; Arda ve ark., 2005).

Bu durum, soğuk ortamın balıklarda immun sistemini ve immune response üzerine olumsuz yönde etkilediğini açık olarak göstermektedir. Gök kuşağı alabalıklarına 15,5ºC A. hydrophila antijenleri adjuvantlı olarak verildikten ancak 28 gün sonra ve çok düşük titrede (<1/2) aglutininlere rastlanmıştır. Yersiniozise karşı hazırlanan fenollu aşı ile aşılanarak 17 ºC de tutulan balıklarda antikor titresinin belirlenemediği açıklanmıştır. Bu çalışmalar, ılık sularda yaşayan balıklarda antijenik immun responsun, soğuk sularda yaşayanlara oranla daha çabuk meydana geldiğini ortaya koymaktadır. Bu nedenlerle aşılamalarda balıkların içinde bulunduğu akuatik ortamın sıcaklığına çok dikkat etmek gerekmektedir. *Y. ruckeri*'ye karşı aşılamalarda ise enjeksiyon yönteminin banyo yöntemine göre çok daha iyi bir bağışıklık sağladığı bildirilmiştir (Johnson ve ark., 1983; Arda ve ark., 2005).

4.2. Yaş ve İmmun Kompetenslik

Balıklar (Gökkuşağı Alabalığı ve Coho Salmonlar) üzerinde yapılan çalışmalarda, aşılara karşı immune responsun erken yaşlarda başladığını ortaya koymuştur. Gök kuşağı alabalıklarında (0,3gr) *A. hydrophila* antijeni (adjuvantlı) verildikten 21 gün sonra antikor oluşumuna rastlanmıştır. Bu durum balıklarda çok genç yaşlarda aşılamanın mümkün olabileceğini ve immun sistemlerinin antijenik uyarımlara cevap verebilecek olgunluğa geldiğini göstermektedir. Balıklarda en iyi bağışıklık, immünojenin enjeksiyonu yolu ile elde edilir. Bu yöntemi etkinlik açısından sırasıyla banyo ve oral yöntem izlemektedir (Arda ve ark., 2005, Kav ve Erganiş, 2008).

4.3. Diğer Nedenler

Yukarıda bildirilenlerden ayrı olarak immun yanıta balıkların sağlıklı olup olmadıkları, antijenlerin dozu, veriliş yolu, etkenin antijenitesi, aşının uygulama

ve hazırlanma tarzı (aktif, inaktifaşılar, vs) balıkların ırkı, yaşı, aşı yapanların bilgi ve becerisi, gıdasızlık, genetik, anatomik ve diğer fizyolojik ve çevresel koşullar da etkili olmaktadır (Arda ve ark., 2005; Kav ve Erganiş, 2008).

5. SONUÇ

Balık sağlığının korunması balığın bulunduğu ortam şartlarına bağlı olduğu gibi balığın bağışıklık sisteminede bağlıdır. Balığın bağışıklık sisteminin güçlenmesi hastalıklara yakalanma riskini azaltmaktadır. Balıkları hastalıklara karşı korumada en önemli konulardan biri immunizasyondur. Bütün oomurgalılardaolduğu gibi balıklarda da, organizmayı çeşitli enfeksiyonlardan koruyan ve hayatta kalmalarını sağlayan gelişmiş bir bağışıklık sistemi bulunmaktadır. Fakat yetiştiricilik koşullarının balıklarda strese neden olması, bağışıklık sisteminin etkinliğini azaltabilmektedir. Bu yüzden, hastalık oluşmadan alınacak önlemler büyük önem taşımaktadır.

Balıklarda doğal immun yanıt, edinsel immun yanıt ve mukozal immun yanıt mekanizmaları mevcuttur. Balık yetiştiriciliğinde ekonomik kayıpların en aza indirgenmesi için genellikle çevre şartlarının optimizasyonu, patojenin bulaşmasının engellenmesi ve kemoprofilaksi uygulanmaktadır. Ancak kemoterapotik ilaçların olumsuz etkileri hastalıklara karşı korunmada immunoprofilaksi uygulamalarını kaçınılmaz hale getirmiştir. Bu nedenle, günümüzde balığın hastalıklara karşı direncinin arttırılması amacıyla yapılan aşılama uygulamalarına önem verilmektedir. Balıklar, spesifik enfeksiyöz ajanlarla karşılaştıklarında, bu patojene karşı korunmuş olmaları aşılamanın en önemli avantajıdır. Böylece ölümlerden dolayı kayıplar, gelişme geriliği ve tedaviye olan gereksinim ortadan kalkar.

Hastalıkların az görülmesi veya hiç görülmemesi, bu hastalıkların tedavisi için kullanılan ilaç ve işçilik masraflarının azalmasına ve et kalitesini arttırarak balık tüketiminin artmasını sağlayacaktır.

KAYNAKLAR

Abbas, A.K., Lichtman, A.H., 2007. Temel İmmünoloji, Güneş Kitabevleri. 40 sayfa, İstanbul

Adedeji, B.O., Onianwa, O., Okerentugba, P.O., Okonko, I.O., 2012. Immune response of fish to viral infection. Nature and Science, 10, 70-76.

Akaylı, T., 2001. Kültür Çipura Balıklarında (Sparus auratus, L1758) Vibriosis'in ELISA ve Bakteriyolojik Yöntemlerle Teşhisi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Su Ürünleri Yetiştiriciliği Ana Bilim Dalı (Hastalıklar Bilim Dalı). Doktora Tezi.

Antao, A.B., Chinchor, V.G., Mc Connel, T.J., Miller, N.W., Clem, W.L., Wilson, M.R., 1999. MHC class I genes of the channel catfish: Sequence analysis and expression. Immunogenetics, 49: 303- 311.

Arda, M., Seçer, S., Sarıeyyüpoğlu, **M., 2005.** Balık hastalıkları, 2. Baskı, Medisan Yayın Serisi No:61. Ankara, 230s.

Arda, M., Minbay, A., Aydın, N., Akay, Ö., İzgür, M., Diker, K.S., 1994. İmmunoloji, Medisan Yayınevi. 394 sayfa, Ankara

Başusta G.A., 2005. Fish Hematology and Hematological Techniques. In: Karatas, M.,Ed. Research Techniques in Fish Biology (in Turkish). Nobel Publications, Ankara, 275–300.

Bly, J.E., Quiniou, S.M.A. ve Clem, L.W., 1997. Environmentel effects on fish immune mechanisms. Dev Biol Stand 90, 33-43.

Boshra, H., Li, J., Sunyer, **J.O., 2006.** Recent advances on the complement system of teleost fish. Fish and Shellfish Immunology, 20: 239-262.

Bozkurt, M., Eren, Ü., 2009. Balıklarda lenfoid organlar. Veteriner Hekimler Derneği Dergisi, 80(2): 13-18

Brown, A., 2000. Understanding food. 299 – 318. In: Fish and Shellfish. wadsworth/Thoömson Learning, USA.

Brusle, J., Anadon, I.G.G., 1996. The structure and function of fish liver. in Fish Morphology, 76-93, Eds Munshi, J.S.D. and Dutta, H.M., Balkema Publishers, Brookfield, pp 269.

Buonocore, F., Randelli, E., Bird, S., Secombes, C.J., Facchiano, A.,Costantini, S., 2007. Interleukin–10 expression by real–time PCR and homology modelling analysis in the European sea bass (Dicentrarchus Labrax L.). Aquaculture. 270, 512–522 pp

Cengizler, İ., 2006. Balık hastalıkları ders kitabı. Nobel Kitabevi, Adana, 133 s.

Clem, L.W, Bly, J.E., Wilson, M., Chinchar, W.G., Barker, K., Stuge, T., Luft, C., Rheyzyn, M., Hogan, R.J., Van Lopik, T., Miller, N.W., 1996. Fish immunology: The utility of immortalised lymphoid cells- a mini rewiew, Vet Immunol Immunopathol, 54: 137-144.

Channonnachookhin, C., Seiaki, T., Tonaka, M., **1991.** Comparative study of the lymphoid organs in three species of marine fish. Aquaculture, 99:143-155.

Collet, B., 2014. Innate immune responses of salmonid fish to viral infection. Developmental and Comparative Immunology, 43, 160-173.

Dalmo, R.A., Ingebrigtsen, K., Bogwald, j., 1997. Non-specific defence mechanisms in fish, with particular reference to the reticuloendothelial system (RES). Journal of Fish Diseases, 20, 241-273.

Darson, M., **1981.** Role and characterization of fish antibody. *Developmental Biological Standardisation*. 49, 307–319 pp.

Dickerson, H., Clark, T., 1998. *Ichthyopthirius multifilis*: A model of cutaneous infection andimmunity in fishes. Immunological Reviews, 166:377-384.oid cells- a mini rewiew, Veterinary Immunology and Immunopathology, 54:137-144.

Durmaz, Y., Albayrak, H., 2016 Balıklarda Viral Enfeksiyonlara karşı İmmun Sistemin İşleyişi

Düzgün, N., 2014. İmmün sistemin tanıtımı. Ankara Üniversitesi Tıp Fakültesi, İç Hastalıkları Anabilim Dalı, Romatoloji Bilim Dalı, 97-122s.

Ellis, A.E., **1981.** Non–specific defense mechanisms in fish and their role in disease processes. *Developmental Biological Standardization*. 49**,** 337 – 352 pp.

Ellis, A.E., 1988. Ontogeny of the immunes system in teleost fish. in Fish Vaccination, 20-33, Ed. Ellis, A.E., Academic Press Ltd. London. E

Ellis, A. E., 2001a. Innate host defence mecahinsms of fish against viruses and bacteria. Developmental and Comparative Immunology, (2001). 25: 827-839.

Ellis, A.E., 2001. The immunology of teleost. in Fish Pathology, Ed. Roberts, J.R., WB Saunders. London.

Enane, N.A., Frenkel, K., Connor, J.M., Squibb, K.S., Zellikof, J.T., **1993.** Biological markers of macrophage activation: applications for fish phagocytes. Immunology, 80:68-72.

Erganiş, O., İstanbulluoğlu, E., 1993. İmmünoloji. 17–54 s.

Evans, H.D., 1998. ThePhysiologyofFishes.Second Edition, CRC Pres Boca Raton, New York, USA.

Fange, R., Nilsson, S., 1985. The fish spleen: Structure and fuction. Experientia, 41: 152-158

Fange, R, 1986. Lymphoid organs in sturgeons. Vet. İmmunal İmmunopathol, 12: 153-161.

Fange, R., 1992. Fish Blood Cells. In: Hoar WS, Randall DJ, Farrell AP, editors. Fish Physiology, Vol 12B:1-54. San Diego, CA: Academic Press Inc.

Hrubec, T.C., Smith, S.A., 2000. Hematology of fish. In: B.F. Feldman, J.G. Zinkl & N.C. Jain (Eds.) Schlam's Veterinary Hematology, pp. 1120-1125. Lippincott Williams and Wilkins. Int

İspir, Ü., Şeker, E. ve Sarıeyyüpoğlu, M., 2004. *Yersinia ruckeri* ile infekte edilen Gökkuşağı Alabalığında (*Oncorhynchus mykiss*, W, 1792) oluşan immünolojik değişimlerin araştırılması. F. Ü. Fen ve Müh. Bil. Dergisi, 16 (2), 393-400.

Johnson, K.A, Flynn, J., Kandamend, D.F., 1983. Onset of immunity in salmonid fry vaccinated by direct immersion in Yersinia ruckeri and Vibrioanguillarum bacterins. J Fish Dis. 5,207-213

Kav, K., Erganiş, O., 2008. Balıklarda bağışıklık sistemi. Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi, 24, 97-106.

Kubilay, A., 1997. Gökkuşağı alabalıklarında patojen bakteriYersinia ruckeri'ye karşı antikor üretimi ve tespiti üzerine bir araştırma. Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ISPARTA.

Magnadottir, B., Lange, S., Gudmunsdotti, S., Bagwald, J., Dalmo, R.A., 2005. Ontogeny of humoral immune paramaters in fish. Fish and Shellfish Immunology, 429-439.

Magnadottir, B., 2006. Innate immunity of fish (overview). Fish and Shellfish Immunology, 20: 137- 151.

Muinswinkel, W.B., 1997. The Piscine Immun System: Innate and Acquired Immunity. 732–749 pp. *Fish Vaccination Training Course*. 14–17 pp.

Mumford, S., Heidel, J., Smith, C., Morrison, J., MacConnell, B., Blazer, **V., 2007.** Fish histology and hitopathology. U.S. Fish & Wildlife Service, National Conservation Training Center, 4 th., 357p.

Nielsen, M.E., Esteve-Gassent, M.D., 2006. The eel immune system: present knowledge and the need for research. Journal of Fish Diseases, 29:65-78.

Ocak, F., 2006. Balıklarda lenfoid organlar ve immun sistemin özellikleri. Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi, 3(1):61-66.

Pastoret, P.P., Griebel, P., Bazin, H., Govaerts, A., 1998. Handbook of vertebrate immunology. Academic Press, London, pp 3-62.

Press, C.McL., Evensen, **Ø., 1999.** The morphology of the immun system in teleostfishes. Fish Shellfish Immunology, 9:309-318.

Roberts R.J., 2001. Fish Pathology (3rd Ed.). WB Saunders, Toronto. 472 p.

Sağlam, N., Yonar, M. E., 2009. Fırat Üniversitesi. Sulfamerazinin gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*, W.) immun sistemine etkisinin araştırılması. *Aquaculture Research*, 40, 395–404 pp.

Sarıhan, E., Cengizler, İ., 2006. Temel balık anatomisi ve fizyolojisi. Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi, Adana Nobel Kitabevi Yayınları. Adana, 172s.

Siwicki, A. K., Anderson D. P. & Ramsey G. L., 1994. Dietary intake of immunostimulants by rainbow trout effects non–specific immunity and protection against furunculosis. *Vet. İmmunol. İmmunopathol*. 41, 125–139 pp.

Tanyolaç, A., 1999. Özel histoloji. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Yorum Basın Yayın Sanayi Ltd. Şti. Ankara, 213s

Timur, G., 2008. Balık anatomisi. Nobel Yayın Dağıtım, Yayın No:1332. Ankara, 184s.

Timur, M., 2011. Balık fizyolojisi. Nobel Yayın Dağıtım, Yayın No:957, Fen ve Biyoloji Yayınları Dizisi:34. Ankara, 188s

Timur, G., 2013. Balık histolojisi ve embriyolojisi. İstanbul Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yayın No:15. İstanbul, 275s.

Tort, L., Balasch, J.C., Mackenzie, S., 2003. Fish immun system. A crossroads between innate and adaptive responses. Immunoglobulin, 22(3):277-286.

Untergesser, G., Untergesser, D., Axelroad, **H.R. 1992.** Handbook of fish diseases. TFH Publication. 1. Edition. Ontario. pp 160.

Vadstein, O., 1997. The use of immunostimulation in marine larviculture: Possibilities and challenges. Aquaculture, 155:401-417.

Waterstrat, P. R., Brazil, J., Ainsworth, A. J., 1991. Use of an Elisa–based assay fort he detection of antibody–secretingcells in channel catfish, *Ictalurus punctatus* (Rafinesque). *Journal of Fish Diseases*. **14,** 669–675 pp.

Yano, T., 1996. The nonspecific immune system: Humoral defense. in The Fish Immune System: Organism, Pathogen and Environment, pp. 105-156. Eds. Iwama, G. and Nakanishi, T., Academic Press. London. Z

Zapata, A., 1979. Ultrastructural study of the teleost fish kidney. Developmental and Comperative Immunology, 3: 55-65.

Zapata, A., Diez, B., Cejalvo, T., Guiterrrez-de Frias, C., Cortes, A., 2006. Ontogeny of the immune system of fish. *Fish and Shellfish Immunology,* 20: 126-136.

Bölüm 3

Kestane Kanserinin Biyolojik Kontrolünde *Cryphonectria parasitica'*nın Vejetatif Uyum Gruplarının Önemi

Birsen GEÇİOĞLU ERİNCİK[1]

[1] *Dr. Öğr. Üye.: Aydın Adnan Menderes Üniversitesi, Koçarlı Meslek Yüksekokulu Koçarlı, Aydın, bgerincik@adu.edu.tr, //orchid.org/0000-0002-6455-5983*

ÖZET

Cryphonectria parasitica adlı fungal patojenin sebep olduğu Kestane Kanseri kestanenin en önemli hastalıklarından biridir. Etkili mücadele yöntemlerinin sınırlı olması birçok yerde hastalığın kontrol edilmesini güçleştirmiş ve ciddi sayıda ağaç ölümleri meydana gelmiştir. Hastalığın bilinen en etkili kontrol yöntemi hipovirülent ırkların kullanıldığı (hipovirülenslik) biyolojik kontroldür. Hipovirülent ırkların doğal olarak bulunduğu yada yapay olarak bulaştırıldığı alanlarda kestane kanserinin şiddeti baskılanmakta ve ağaçlar iyileştirilerek sürdürülebilir bir üretim sağlanabilmektedir. Başlangıçta çok basit gibi görülen hipovirülenslik aslında çok karmaşık bir sistemi içinde barındırmaktadır. Kestane, patojen, hipovirüs ve çevre şartları olmak üzere dört ana bileşen ve bunların interaksiyonları hipovirülensliği farklı yönlerden etkileyebilmektedir. Bu çalışmada hipovirülensliği en fazla etkileyen faktörlerin başında gelen *C. parasitica*'nın vejetatif uyum grup çeşitliliği biyolojik mücadele ile ilişkisi yönünden ele alınmıştır. Vejetatif uyum grup çeşitliliği düşük olan *C. parasitica* populasyonları biyolojik mücadele açısından en uygun populasyonlar olarak değerlendirilmektedir. Türkiye vc grup çeşitliliği düşük sayılabilecek ülkeler arasında yer almakta olup biyolojik mücadele açısından avantajlı bir ülkedir. Bu avantajın korunabilmesi için vc grup çeşitliliğini arttıracak faktörler olan patojenin eşeyli üremesi ve yeni ırk girişleri gibi hususlar hastalık yönetimi içerisinde mutlaka dikkate alınmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Kestane Kanseri, *Cryphonectria parasitica*, hipovirülent ırklar, Hipovirülenslik, vejetatif uyum grupları, biyolojik mücadele

GİRİŞ

Kestane (*Castanea* spp.) dünyanın birçok ülkesinde olduğu gibi ülkemizde de meyvesi ve kerestesi nedeniyle ekonomik öneme sahip bir bitkidir. Bir orman bitkisi olarak geniş alanlarda doğal yayılım göstermesinin yanı sıra kültüre alınmış formları tarım alanlarında yaygın olarak yetiştirilmektedir (Soylu, 2004; Bounous ve Beccaro, 2019). Kestanenin bilinen 13 farklı türü bulunmakta olup bunlar arasında *Castanea sativa* Mill. (tatlı kestane, Avrupa kestanesi veya Anadolu kestanesi) Avrupa'da ve ülkemizde yaygın olan türdür (Beccaro vd., 2019). Türkiye iklim, toprak özellikleri ve topografik yapısı bakımından kestane yetiştiriciliği için oldukça uygun olup önemli bir kestane üretim potansiyeline sahiptir (Soylu, 2004)). Yıllık 76 bin tonu aşan kestane meyve üretimi ile Türkiye dünyada ikinci Avrupa'da ise birinci ülke konumundadır (Anonim, 2021). Ülkemizde doğuda Artvin sınırından başlayarak tüm Karadeniz kıyıları boyunca ormanlık alanlarda doğal olarak yayılım gösteren kestane, Marmara ve Ege bölgelerinde çoğunlukla kültüre alınmış formlar halinde kurulu bahçelerde varlığını göstermektedir (Soylu, 2004). Ülkemizdeki kestane üretiminin %68'i (52.175 ton) Ege Bölgesinde yapılmaktadır (Anonim, 2022). Bu bölgede birbirine komşu olan Aydın ve İzmir illeri Türkiye kestane üretiminin yaklaşık olarak %60'ına sahiptir (Anonim, 2022).

Pazar değerinin oldukça yüksek olması nedeniyle kestane Ege Bölgesinin ekonomisinde önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle gelir kaynakları yönünden imkanları sınırlı olan dağ köylüsünün neredeyse tek geçim kaynağı kestanedir. Ancak son yıllarda bölgede yaygınlaşan *Cryphonectria parasitica* (Murrill) Barr. isimli bir fungal patojenin neden olduğu Kestane Kanseri hastalığı çok sayıda kestane ağacının ölümüne neden olmuş ve halihazırda bazı kestane köylerinde ciddi verim kayıpları ortaya çıkmıştır (Şekil 1A) (Geçioğlu Erincik ve Erincik, 2023). Hastalığın şiddetli olarak görüldüğü köylerde kestane bahçelerinin tamamen ortadan kalktığı yerine ceviz, badem ve kiraz gibi başka ürünlerin yetiştirilmeye başlandığı görülmektedir (Şekil 1B).

Kestane Kanserinin mücadelesinde kullanılan yöntemler oldukça sınırlıdır (Milgroom ve Cortesi, 2004; Rigling ve Prospero, 2018). Biyolojik kontrol hariç önerilen yöntemler hastalığı kontrol etmede yeterli olmamaktadır. dsRNA içeren hipovirülent *C. parasitica* ırklarının kullanıldığı biyolojik kontrol Kestane Kanserinin en etkili mücadele yöntemidir (Heiniger ve Rigling, 1994; Milgroom ve Cortesi, 2004). Bu virüsler funguslara özelleşmiş olmaları nedeniyle mikovirüs olarak da tanımlanırlar (Nuss, 2005; Myers ve James, 2022). Kestane kanserinin biyolojik mücadelesindeki ana prensip ölümcül (virulent) formdaki



Şekil 1. Aydın ilinde Kestane Kanseri hastalığının zararı. A) Hastalık sebebiyle tamamen ölmüş kestane ağaçları (Köşk ilçesi, Aydın, 2014), B) Hastalık sebebiyle boşalan bir kestane alanı (Nazilli ilçesi, Aydın, 2014

C. parasitica'nın hypovirüs ile enfekte edilmesi sağlanarak virülensliğinin düşürülmesi ve bunun sonucu olarak kanserli bölgenin iyileştirilmesidir (Heiniger ve Rigling, 1994; Milgroom ve Cortesi, 2004). Hipovirüsler sitoplazmik virüsler olup hücre dışında bulunmamakta (Bryner ve Rigling, 2012) ve bu nedenle virus partiküllerinin dışardan püskürtülme gibi uygulamalar ile virulent bireyin enfekte edilmesi mümkün olmamaktadır. Biyolojik kontrolde virülent bir bireye hipovirülent bir bireyden hipovirüsün taşınımında *C. parasitica*'nın vejetatif uyum mekanizmasından yararlanılmaktadır (Cortesi ve Milgroom, 1998; Robin ve Heiniger, 2001). Vejetatif uyum mekanizmasında hipovirülent birey ile virülent birey hiflerinin birbirleriyle temas ettiği noktalarda birleşir (anasotomosis) ve sonrasında birleşen hücreler arasında meydana gelen sitoplazmik akış ile hipovirüsün virülent bireye yatay taşınım adını verdiğimiz mekanizma ile geçmesi sağlanır (Liu ve Milgroom, 1996). Bu işlem kestane ağacında kanserli bölgenin etrafını çevreleyecek şekilde kabuk dokusunda açılan 4-6 mm çapındaki kuyucuklara hipovirülent ırkın misellerinin inokule edilerek hipovirülent ırk ile virulent ırkın aynı kanser üzerinde buluşturulması ile gerçekleştirilmektedir (Şekil 1A ve B) (Heiniger vd,, 2007). Bu yöntem dünyanın birçok bölgesinde yaygın olarak kullanılmış ve başarılı biyolojik kontrol

programları yürütülmüştür. Doğal olarak oluşmuş hipovirülent kanserlerin (Şekil 2C) korunması da biyolojik kontrolun bir diğer stratejilerinden biridir.



Şekil 2. Kestane kanserinde hipovirülent ırklarla biyolojik kontrol. A)Hipovirülent ırkların kanser çevresine uygulanması, B)Hipovirülent ırk uygulaması sonrası iyileşen kanser, C)Doğal ortamda kendiliğinden oluşan hipovirülent tipte kanserler.

Hipovirüslerin anastomosis yolu ile virulent bireye aktarılması görünüşte çok basit bir uygulama şeklinde görülse de bu mekanizmanın çok karmaşık yönleri bulunmaktadır. Bu karmaşıklık içerisinde, hipovirüsün hipovirülent bir bireyden virulent bir bireye geçişi funguslarda yer alan vejetatif uyumsuzluk sistemi (vic) tarafından engellenmektedir (Cortesi ve Milgroom, 1998; Cortesi vd., 2001). Bu vejetatif uyumsuzluk sistemi *C. parasitica* da farklı vejetatif uyum (vc) gruplarının oluşmasına neden olmakta ve aynı vc grupta yer alan bireyler arasında hipovirüs geçişine izin verilirken farklı vc gruplar arasında hipovirüs geçişi engellenmektedir (Liu ve Milgroom, 1996; Cortesi vd., 2001; Papazova-Anakieva vd., 2008; Geçioğlu Erincik ve Erincik, 2023). Bu sebeple kestane kanserinin biyolojik kontroldeki başarısı bir *C. parasitica* populasyonundaki vc grubu çeşitliliğine yüksek oranda bağlılık göstermektedir.

Bu çalışmada kestane kanserinin zararı ele alınarak *C. parasitica* vejetatif uyum grupları ve vejetatif uyum grup çeşitliliğinin kestane kanserinin biyolojik mücadelesi açısından önemi detaylı bir şekilde ele alınacaktır. Ayrıca Türkiye'de *C. parasitica* populasyonlarında vejetatif uyum grubu çeşitliliğinin durumu ve bu grupların sayısının artmasına neden olabilecek risklere ve çözüm önerilerine değinilecektir.

KESTANE KANSERİNİN YAYILIŞI VE ZARARI

İlk kez 1900'lü yılların başında Amerika Birleşik Devletleri'nin New York eyaletinde bir hayvanat bahçesinde bir Amerikan kestane (*Castanea dentata* (Marshall) Borkhausen) ağacı üzerinde görünen kestane kanseri hızla yayılarak civarda bulunan birçok Amerikan kestane ağacının ölmesine neden olmuştur (Anagnostakis, 1987; Rigling ve Prospero, 2018). Amerikan kestanesinin hastalığa son derece duyarlı olması nedeniyle hastalığın yayılmasının önüne geçilememiş oluşturduğu epidemi ile 40-50 yıl içerisinde 81 milyon hektar alana yayılarak 4 milyarın üzerinde kestane ağacının ölümüne neden olmuştur (Griffin, 1986; Milgroom ve Cortesi, 2004). 1938 yılında Avrupa kıtasında Kuzey İtalya'da görülmesinin ardından hastalık önce İsviçre ve Fransa gibi kuzey komşu ülkelerine oradan da batı ve doğu Avrupa ülkelerine ve Balkanlara yayılmıştır (Heiniger ve Rigling, 1994; Turchetti ve Maresi, 2008). Türkiye'de ise Kestane Kanseri ilk olarak 1967 yılında Marmara Bölgesinde saptanmıştır (Akdoğan ve Erkman, 1968). Geçtiğimiz yıllar içerisinde hastalık ABD'de Amerikan kestanesi ormanlarını tamamen ortadan kaldırırken, Avrupa'da ve Türkiye'de neredeyse bulaşmadığı kestane üretim alanı kalmamıştır (Çeliker ve Onoğur, 2001; Erincik vd*.,* 2003; Geçioğlu Erincik vd., 2020).

Kestane Kanseri etmeni *Cryphonectria parasitica* son derece tahripkar bir fungus olup ağaçların gövde, dal ve sürgünlerinde kabuk dokusunda parazitik olarak beslenmektedir (Anagnostakis, 1987; Rigling ve Prospero, 2018). Çoğunlukla herhangi bir sebepten dolayı ağaçta kabuk dokusunda açılmış yara yerlerinden giriş yapan bu etmen kabuk dokularında hifleri aracılığı ile kolonize olmaktadır. Kolonizasyon sırasında salgıladığı toksin ve enzimler ağacın kabuk dokularının tahrip olmasına ve bunun sonucu olarak ta kabuk dokusunda kahverengi nekrotik lezyonlar oluşmaktadır. İlerleyen dönemde bu lezyonlar kanser olarak tanımlanan kabuk dokusunda derin yara ve çatlaklara dönüşmektedir (Şekil 3A). Kanserli kısımlardaki iletim demetlerinin tamamen zarar görmesi sonucu üst kısımlara su ve mineral madde taşınımı durmakta ve bu durumdan etkilenen kısımlarda solgunluk ve kurumalar meydana gelmektedir (Şekil 3B). Gövde kanserleri ağacın tamamının ölmesine neden olurken (Şekil 3C) dal ve sürgün kanserleri kısmi dal ve sürgün kurumalarına yol açmaktadır (Şekil 3B). Hastalığın bulaşma gücünün yüksek olması sebebiyle aynı ağaç üzerinde birden fazla noktada kanser oluşabilmektedir. Çoklu kanser oluşumları hastalığın ağaç üzerindeki tahribatını arttırmakta ve diğer ağaçlara bulaşma gücünün daha yüksek olmasına neden olmaktadır.

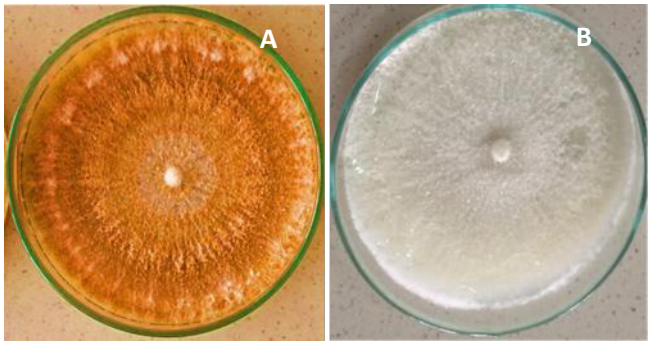
Şekil 3. Kestane Kanseri hastalığının belirtileri: A) Kabuk dokusunda yara ve çatlaklar, B) Dallarda solgunluk ve krurumalar, C) Gövde enfeksiyonu sonucu tamamen ölmüş bir ağaç.



KESTANE KANSERİNİN MÜCADELESİ VE BİYOLOJİK KONTROL

Kestane Kanserinin ABD'de ilk görüldüğü yıllarda yayılmasını önlemek amacıyla sanitasyon, eradikasyon ve karantina gibi bazı mücadele yöntemleri denenmiş fakat etkili hastalık kontrolu sağlayan bir yöntem bulunamamıştır (Rigling ve Prospero, 2018). Sanitasyon prensiplerine dayalı hastalığın inokulum kaynaklarını yok etmek amacıyla kanserli ağaç ve dalların kesilerek yakılmasına yönelik yapılan uygulamalar hastalığın yayılmasını durduramamıştır (Rittenour, 2005). ABD ve Avrupa'da yürürlüğe sokulan kestane kanseri karantina yasası kapsamında alınan yasal tedbirler ve eradikasyon işlemleri de hastalığın yayılmasına engel olamamıştır (Rigling ve Prospero, 2018). Hastalığın kimyasal mücadelesi üzerine yapılan çalışmalarda laboratuvar çalışmalarında bazı fungisitler etmen üzerinde engelleyici etkileri bulunmuş olsa da (Delen, 1979; Trapiello vd., 2015; Cheradil vd., 2022) bu fungisitler yetersiz fungisit uygulama teknikleri, arazi koşullarının oluşturdukları zorluklar, fungisit dayanıklılığı ve pestisit kalıntılarının insan ve çevre sağlığına olumsuz etkileri gibi sebeplerden dolayı önerilmemişlerdir (Fernandes vd., 2022). Özellikle de ABD'de 1950 yıllarda başlamış kestane kanserine dayanıklı Amerikan kestanesi üretmeye yönelik ıslah çalışmalarında istenilen özellikte hastalığa dayanıklı Amerikan kestanesi bitkileri üretilememiştir (Burnham vd., 1986; Anagnostakis, 2012). Günümüzde kestane kanserine tam dayanıklı bir Amerikan kestanesi ya da Avrupa kestane çeşidi bulunmasa da hastalığa tolerant bazı çeşitler ticari olarak üretilebilir hale gelmiştir (Powell vd. , 2019)

Kestane Kanserinin dünyada tercih edilen en etkili mücadele yöntemi olan biyolojik mücadelede kullanılan hipovirülent ırklar ile ilgili ilk çalışmalar, 1950'li yılların başında Biraghi adlı araştırıcı tarafından bazı ağaçların kanserli olmasına rağmen ölmemelerinin farkedilmesiyle başlamıştır (Biraghi, 1954). Başlangıçta bu ölümcül olmayan kanserlerin nedeni tam olarak anlaşılmasa da, Fransız araştırıcı Grente bu tip kanserlerin *C. parasitica'* nın turuncu pigmentten (Şekil 4A) yoksun beyaz kolonilere sahip (Şekil 4B) ve daha az sayıda piknit oluşturan, bir şekilde farklılaşmış başka formları tarafından meydana getirildiğini ortaya koymuştur (Grente ve Sauret, 1969). Hipovirülent ırk olarak adlandırılan bu formlar virülensliklerinin düşük olması sebebiyle odunsu dokularda kabuğun üst tabakasıyla sınırlı alanda kolonize olarak ölümcül olmayan yüzeysel kanserlere neden olmaktadırlar. Bu tipteki enfeksiyonlarda altta kambiyum tabakası zarar görmediği için ağaç kallus dokusu oluşturarak bu yüzeysel kanserleri iyileştirmektedir. Grente ve Sauret (1969) virülent kanserlerin hypovirülent kanserlerden elde edilen beyaz koloni oluşturan *C. parasitica* izolatlar ile bulaştırıldığında kanserlerin iyileştiğini yani hypovirülensliğin virülent kanserlere taşınabildiğini saptamıştır (Grente ve Sauret, 1969).



Şekil 4. Kestane Kanseri etmeni *Cryphonectria parasitica*. A)Turuncu koloniye sahip virülent ırk, B)Beyaz koloniye sahip hipovirülent ırk.

Bu tespitin ardından hipovirülensliğin doğada korunması ve kendiliğinden yayılmasının desteklenmesinin yanında hipovirülent ırkların yapay olarak virülent kanserlere inokule edilmesini kapsayan biyolojik kontrol çalışmaları hastalığın mücadelesinde önem kazanmıştır. Ancak hipovirülensliğin tam olarak anlaşılması 1970'li yılların ortalarında hipovirülent *C. parasitica* izolatlarının sitoplazmasında dsRNA partiküllerinin bulunmasından sonra olmuştur (Van Alfen vd., 1975; Day vd., 1977). Funguslara özelleşmiş bu dsRNA partikülleri Hypoviridae familyasına ait Hypovirus cinsi olarak tanımlanmıştır (Nuss, 2008).

Bugüne kadar Hypoviridae familyasından dört dsRNA virüsü *C. parasitica'*da

hipovirülenslik ile ilişkilendirilmiştir (Nuss, 2000; Milgroom ve Cortesi, 2004). Bunlar Cryphonectria hypovirus 1 (CHV-1), CHV-2, CHV-3 ve CHV-4 olarak adlandırılmıştır (Nuss, 2000). Ancak dünyada kestane kanserinin biyolojik mücadelesinde yaygın ve etkin olarak kullanılan tür CHV-1'dir (Bryner vd., 2012; Rigling and Prospero, 2018). Protein kılıf içermeyen bu virüsler hücre dışında bulunamayıp sadece konukçu hücre içinde varlık gösterebilmektedirler (Nuss, 2005). Hipovirüslerin evrim içerisinde *C. parasitica*'yı nasıl enfekte ettiği henüz bilinmemektedir. Ancak bu virüsler hif birleşmesi sonucu oluşan anastomosis ile bir fungal bireyden diğerine yatay taşınım ile ya da eşeysiz üreme sırasında ebeveyn bireyden oluşan sporlara dikey taşınım ile geçerek doğada yayılma özelliği göstermektedirler (Milgroom ve Cortesi, 2004; Bryner vd., 2012).

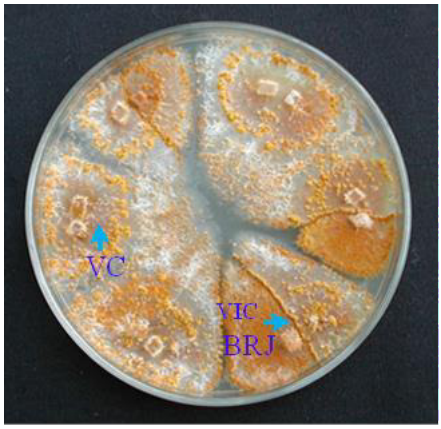
Hipovirülent ırk çalışmaları ilk olarak 1960'lı ve 1970'li yıllarda Fransa'da küçük ölçekte uygulamalar ile başlamış ve kestane kanserinin mücadelesine yönelik olarak başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Grente ve Sauret, 1978). Elde edinilen bu olumlu sonuçların ardından Fransa'da Tarım Bakanlığı'nın desteğiyle 20 yıl devam edecek hipovirülent ırk bulaştırma çalışmalarına 1974 yılında kestane üretim alanlarında başlanmıştır. Uygulamadan birkaç yıl sonra birçok kanserin iyileştiği hatta uygulama yapılmayan kanserlerde dahi iyileşmelerin olduğu gözlemlenmiştir (Grente ve Berthelay-Sauret, 1978). Fransa'da alınan başarılı sonuçların ardından İtalya'da ve İsviçre'de de benzer uygulamalar yapılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Gobbi ve Intropido, 1984; Hoegger vd., 2003). Hipovirülent ırkların kullanıldığı biyolojik kontrol çalışmalarından olumsuz sonuçların elde edildiği durumlar da olmuştur. Özellikle ABD'de yürütülen bir çok çalışma hayal kırıklığı yaratmıştır (Milgroom ve Cortesi, 2004). Örneğin, ABD'de Batı Virginia eyaletinde 1978-1982 yıllarında hipovirüs enfekteli *C. parasitica* izolatları kullanılarak iki farklı lokasyonda yapılan uygulamalar sonrasında ağaçların yarıdan fazlası ilk 2 yıl içerisinde ölmüş ve 5 yıl sonunda da ağaçların sadece %19'u hayatta kalmıştır (MacDonald vd., 1982). 1992 yılında Wisconsin eyaletinde yürütülen biyolojik mücadele çalışmalarında 3 yıl süreyle CHV-3 ve CHV-1 enfekteli hipovirülent izolat uygulaması yapılan kanserlerde iyileşme görülmüştür. Ancak hipovirülent izolatların diğer ağaçlara yayılması düşük olarak bulunmuş ve hastalığı etkin bir şekilde kontrol edemediği bildirilmiştir (Cummings-Carlson vd., 1998).

Geçmişte hipovirülensliğe etki eden faktörler üzerinde çok sayıda çalışma yapılmış ve bu faktörlerin biyolojik mücadelenin başarısına etkileri araştırılmıştır. Bu faktörlerin başında *C. Parasitica'* nın vejetatif uyum (vc) tip çeşitliliği ile mating tipleri ve eşeyli üreme durumu, hipovirülensliğe neden olan hipovirüs türleri ve bunların alt tipleri gelmektedir (Milgroom ve Cortesi, 1999;

Rigling ve Prospero, 2018). Bunların arasında *C. parasitica*'da vc grup çeşitliliği üzerinde en fazla durulan konulardan biri olmuştur.

Cryphonectria parasitica'da VEJETATİF UYUM (VC) GRUPLARI

Diğer birçok Ascomycetes funguslarda olduğu gibi, *C. parasitica'* da da bireyler arasında vejetatif uyuşmazlık oluşturarak farklı vejetatif uyum gruplarının oluşmasına neden olan çoklu *vic* genleri ile yönetilen vejetatif uyumsuzluk sistemi (vic) bulunmaktadır (Liu ve Milgroom, 1996). Bu sistemin; populasyon içerisinde birey için zararlı olabilecek partiküllerin (plazmid, dsRNA, hipovirus, mitokondri vb.) anastomosis sırasında hücre birleşmesi sonucu oluşan sitoplasmik akış ile geçişinin engellenmesinde önemli bir görevi olduğu düşünülmektedir (Caten, 1972). Bu nedenle vejetatif uyuşmazlığa rağmen farklı vc gruplar arasında hücre birleşmesi olsa bile oluşan heterokaryon hücreler çoğunlukla mikroorganizmanın kendisi tarafından öldürülmektedir (Biella vd., 2002; Paoletti, 2016). Böylece; birey kendisini zararlı olabilecek partiküllere özellikle de patojenlere karşı bir ölçüde korumuş olmaktadır. Bireyler arasında vejetatif uyumsuzluk, besi ortamı üzerinde iki bireyin eşleştirilerek kolonilerinin temas ettiği yerlerdeki hücre ölümlere sebebiyle ortaya çıkan belirgin baraj reaksiyonu ile kolayca gözlemlenebilmektedir (Şekil 5). İki koloni arasında baraj oluşumu olmadığı tek bir koloni gibi birleştiği durumlarda bireyler vejetatif yöndem uyumlu ve aynı vc grubunda kabul edilirler (Şekil 4).

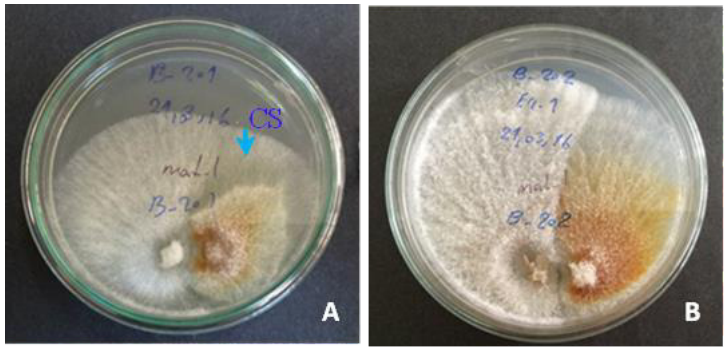


Şekil 5. *Cryphonectria parasitica*'nın vejetatif uyum gruplarının belirlenmesinde kullanılan eşleştirme testi. (BRJ: Baraj oluşumu; VIC: vejetatif uyuşmazlık; VC:vejetatif uyum)

Avrupa *C. parasitica* populasyonunda bu sistemi yöneten her biri iki allele sahip 6 adet *vic* geni tanılanmış, bunlar *vic1, vic2, vic3, vic4 vic6 ve vic7* olarak adlandırılmıştır (Cortesi ve Milgroom, 1998) Avrupa populasyonu içerisinde var olan iki allelli 6 genin kombinasyonu ile toplam 64 vc grubu tanımlanmış ve bunlar EU-1'den EU-64'e kadar isimlendirmişlerdir. Sırasıyla her *vic* lokusu için yapılan allel atamaları ile her bir vc grup için *vic* genotipleri belirlenmiştir. Örneğin EU-1 için belirlenen *vic* genotipi *2212-22* iken EU-12 için *1112-11* dir. Burada "1" sayısı Allel 1'i temsil ederken "2" sayısı Allel 2 için kullanılmaktadır. Aralarında vejetatif uyum gösteren bireyler tüm *vic* lokuslarında aynı allelleri paylaştıkları kabul edilerek aynı vc grubuna yerleştirilirler. Ancak Türkiye dahil dünyanın birçok farklı bölgelerinde yapılan araştırmalarda 64 vc grubunun dışında farklı vc grupların varlığının da saptanmış olması bu genotiplemenin belki de sadece Avrupa *C. parasitica* populasyonu için geçerli olduğu görüşünü güçlendirmektedir (Milgroom ve Cortesi; 1999; Robin vd., 2000; Trestic vd. 2001; Liu ve Milgroom, 2007; Montenegro vd., 2008; Robin vd., 2009; Zamora vd., 2012; Prospero vd., 2013; Peters vd., 2013; Aghayeva vd., 2017; Mangil ve Erincik, 2018).

Hipovirülent ırklar kullanılarak biyolojik mücadele yapılacak alanlarda *C. parasitica*'nın vc grupların bilinmesi hipovirüsün doğada yayılma potansiyelinin anlaşılması açısından son derece önemlidir (Milgroom ve Cortesi, 1999). Birçok araştırıcıya göre *C. parasitica* popülasyonlarında vc grup çeşitliliğinin yüksek olması hipovirülensliğin yayılmasındaki ana engeldir (Cortesi ve Milgroom, 1998; Robin vd., 2000). Hipovirüslerin bir bireyden diğerine geçişini sağlayan anastomosis sadece birbiriyle vejetatif uyumlu iki birey arasında

gerçekleşmektedir (Cortesi ve Milgroom, 1998). Aynı vc grupta olan izolatlar arasında oluşan anastomosis ile CHV-1'in taşınımı kolaylıkla gerçekleşirken (Şekil 6A) farklı vc grupta olan bireyler arasında anastomosis oluşumu ve bununla birlikte CHV-1'in taşınımı engellenmektir (Şekil 6B). Birçok araştırıcı bir populasyonda vc grup çeşitliliğinin düşük olması biyolojik mücadelenin başarısı için istenen koşullardan biri olduğunu bildirmişdir (Milgroom ve Cortesi, 2004; Sotirovski vd., 2004; Krstin vd., 2008; Erincik vd., 2011).



Şekil 6. *Cryphonectria parasitica* izolatları arasında CHV1'in yatay taşınım testi. A) Vejetatif uyum durumunda CHV1 yatay taşınım pozitif, B)vejetatif uyum olmadığında CHV1 yatay taşınım negatif. (H:Hipovirülent izolat, V:Virülent izolat, CS:Hipovirülente dönüşen sektör)

Liu ve Milgroom (1996) yaptıkları çalışmada iki birey arasında *vic* gen sayısı ile hipovirüslerin taşınması arasında negatif bir korelasyonun olduğunu saptayarak bir populasyonda vc grup çeşitliliği arttıkça biyolojik mücadelenin başarı şansının düştüğünü öne sürmüşlerdir. Bir populasyonda vc grup sayısı arttıkça hipovirülent bireylerin kendilerine vejetatif yönden uyumlu bireyler ile karşılaşma şansları düşmektedir. Bir populasyonda hipovirüsün yatay taşınım oranı tek bir vc grup olduğunda %100 iken aynı bulunma sıklığına sahip 2 vc grubun varlığında %50'ye düşmektedir. Toplam 64 vc grubunun hepsinin birden bulunduğu populasyonlarda bu oran yaklaşık %1,5'e düşmektedir. Bu oranlar farklı vc gruplar arasında hiçbir şekilde hypovirüs geçişi olmayacağı varsayıldığında bu şekildedir. Ancak *C. parasitica*'da bazı vc gruplar arasında özellikle bazı *vic* genlerinde görülen heteroallelizm durumlarında hipovirüslerin belli oranlarda geçiş yapabildiği de bildirilmiştir (Cortesi vd., 2001; Papazova-Anakieva vd., 2008; Geçioğlu Erincik ve Erincik, 2023). Örneğin heteroallelizmin *vic1* lokusunda olduğu durumlarda farklı vc grupları arasında, eğer donör izolat *vic1-2* (***2***212-22) alıcı izolat *vic1-1* (***1***212-22) allellerine sahipse CHV1'in yatay taşınımı neredeyse hiç engellenmemektedir. Yine aynı şekilde

vic7 lokusunda heteroallelizmin olduğu EU-12 (*1112-**11***) ve EU-29 (*1112-**12***) vc grupları arasında CHV1'in taşınımı %100 olarak bildirilmiştir (Cortesi vd. 2001, Geçioğlu Erincik ve Erincik, 2023). Ayrıca vc gruplar arasında heteroallelik *vic* lokus sayısı arttıkça CHV1'in yatay taşınım oranı düşmektedir (Cortesi vd. 2001, Geçioğlu Erincik ve Erincik, 2023). Örneğin Türkiye'de Ege Bölgesinde yaygın olarak bulunan EU-1 (***22**12-**22***) ve EU12 (***11**12-**11***) vc grupları arasında *vic1, vic2, vic6* ve *vic7* olmak üzere 4 lokusta heteroallelizm görülmekte olup bu iki vc grup arasında CHV1'in yatay taşınımı sıfır olarak bildirilmiştir (Geçioğlu Erincik ve Erincik, 2023). Benzer şekilde dört lokusta heteroallellik olan EU-1 (*2**2**12-**22***) ile EU-10 (*2**1**22-**11***) arasında da CHV1'in taşınımı sıfır veya sıfıra yakındır (Papazova-Anakieva vd., 2008). Ancak farklı vc gruplar arasında değişen oranlarda CHV1 geçişi olsa da birçok vc grup arasında yatay taşınım sıfır ya da sıfıra yakındır (Cortesi vd. 2001; Papazova-Anakieva vd., 2008; Geçioğlu Erincik ve Erincik, 2023). En son Aydın ili *C. parasitica* populasyonu ile ilişkili 16 vc grup arasında yapılan 1440 yatay taşınım eşleştirmesinden sadece 152 (%10,6) eşleştirmede CHV1'in taşınımı gerçekleşmiştir (Geçioğlu Erincik ve Erincik, 2023).

C. parasitica'da vc grup çeşitliliği dünya üzerinde coğrafik alanlara bağlı olarak oldukça değişken sayılar ile karşımıza çıkmaktadır. *C. parasitica*'nın ana vatanı olarak kabul edilen Çin ve Japonya'da vc grup çeşitliliğin oldukça yüksek olduğu dikkat çekmektedir (Liu ve Milgroom, 2007). Bu ülkelerde örneklenen her *C. parasitica* izolatı neredeyse kendi başına bir vc grup olarak tanımlanmıştır. Yine ABD'de ve Avrupa'da hastalığın ilk başladığı ve yayıldığı İtalya, İsviçre, Fransa, Bosna-Hersek ve Hırvatistan gibi ülkelerde de vc çeşitlilik yüksek olarak bildirilmiştir (Bissegger vd., 1997; Milgroom ve Cortesi, 1999; Robin vd., 2000; Braganca vd., 2007; Krstin vd., 2008; Robin vd., 2009 ve Krstin vd., 2011; Mlinarec vd., 2018). Bu durum patojenin geçmişinin bu bölgelerde daha uzun zaman dilimini içermesi ve bu süreçte patojenin genetik çeşitliliğinin daha fazla artmış olması ile ilişkilendirilmiştir. Hastalığın daha geç giriş yaptığı Güney ve Doğu Avrupa ülkeleri olan Makedonya, Bulgaristan, Romanya, Slovakya, Yunanistan ve Türkiye'de vc çeşitliliğin düşük olduğu ve bir ya da birkaç vc tipin populasyonda baskın olduğu bildirilmiştir (Çeliker ve Onoğur, 2001; Sotirovski vd., 2004; Adamçikova vd., 2006; Perlerou ve Diamandis, 2006; Milgroom vd., 2008; Erincik vd., 2008; Erincik vd., 2011). Hastalığın bölgedeki tarihsel geçmişinin yanında *C. parasitica*'nın populasyon yapısının şekillenmesinde çok çeşitli faktörler rol alsa da bunların arasında eşeyli üreme, mutasyonlar ve patojen göçleri *C. parasitica*'nın vc grup çeşitliliğini etkileyen ana faktörler olarak değerlendirilmektedirler (Milgroom ve Cortesi, 1999; Mangil ve Erincik, 2018).

C. parasitica'da eşeyli üreme sonucu 2 allelli 6 *vic* geninin farklı kombinasyonları rekombinant yeni vc grupların ortaya çıkmasına neden olmaktadır (Cortesi ve Milgroom, 1998). Eşeyli üreme sonrasında ortaya çıkacak yeni vc gruplar, çaprazlanan ebeveylerin hangi *vic* gen/genlerinde heteroallelik olduklarına bağlı olarak meydana gelmektedir (Cortesi ve Milgroom, 1998). Türkiye'de Aydın ili *C. parasitica* populasyonu ile ilişkili olarak yapılan bir çalışmada *vic1, vic2, vic6* ve *vic7* olmak üzere toplam 4 *vic* lokusunda heteroallelik olan EU-1 ve EU-12 vc gruplarından iki izolat eşeyli üreme için çaprazlandıklarında 2^4 (16) sayıda vc grup meydana geldiği deneysel olarak ortaya konmuştur (Geçioğlu Erincik vd., 2020). Bunlardan 2'si ebeveyn vc gruplar (EU-1 ve EU-12) olurken 14'ü rekombinant yeni vc gruplar (EU-2, EU-3, EU-4, EU-7, EU-8, EU-11, EU-14, EU-17, EU-22, EU-25, EU-26, EU-28, EU-29, ve EU-30) olarak ortaya çıkmaktadır. Ancak *C. parasitica*'nın her iki eşey tipi (MAT1-1 ve MAT1-2) Aydın ili kestaneliklerinde var olsa da henüz *C. parasitica*'nın yörede eşeyli ürediğine yönelik bir bulguya rastlanmamıştır (Milgroom ve Cortesi, 1999; Marra ve Milgroom, 2001). Doğu Karadeniz *C. parasitica* populasyonu ile ilişkili olarak yapılan çalışmalarda etmenin o bölgede yüksek oranda eşeyli ürediği saptanmış ve orman alanlarından toplanan peritesyum örneklerinden peritesyum başına 13 farklı vc gruba giren tek askospor *C. parasitica* izolatları elde edilmiştir (Mangil ve Erincik, 2018). Nitekim, en son elde edilen bulgulara göre de Doğu Kardeniz Bölgesi Türkiye'nin en yüksek vc grup çeşitliliğine sahip bölgesi olarak bulunmuştur (Mangil ve Erincik, 2018).

Gerek insanoğlunun ülkeler ve bölgeler arası yaptığı bitki materyali transferleri gerekse de patojenlerin biyolojisi gereği sahip olduğu kendi doğal yayılma mekanizmaları ile bitki hastalıklarının yeni alanlara bulaşması yani bir diğer deyişle göç etmesi mümkün hale gelebilmektedir (Anagnostakis 1987; Prospero vd., 2013; Mangil ve Erincik, 2018; Rigling ve Prospero, 2018). Kestane Kanseri etmeni *C. parasitica*'nın 1900'lü yılların başında Amerika kıtasına girişi Çin ve Japonya'dan getirilen enfekteli bitki materyali (Griffin, 1986) ile 1930'lu yıllarda Avrupa'ya girişi kestanede başka bir hastalık olan mürekkep hastalığına karşı ABD'den getirilen dayanıklı kestane fidanları ile olduğu öne sürülmektedir (Milgroom ve Cortesi, 2004). Ayrıca *C. parasitica*'nın bir bölgeye girişi eşeyli üreme sonucu oluşan askosporların rüzgarla ve eşeysiz üreme sonucu oluşan konidilerin böcek ve kuşlarla taşınması yoluyla olduğu da bilinmektedir (Prospero ve Rigling, 2012). Tüm bu göç mekanizmaları *C. parasitica*'da yeni ırkların kestanelikler arasında yayılmasına yol açabilecek riskleri bulundurmaktadır.

TÜRKİYE *Cryphonectria parasitica* POPULASYONLARINDA VEJETATİF UYUM GRUP ÇEŞİTLİLİĞİ

Türkiye'nin kestane yetişen farklı bölgelerinde *C. parasitica*'nın vc gruplar yönünden populasyon yapısını ortaya koyan önemli çalışmalar yürütülmüştür (Çeliker ve Onoğur, 2001; Gürer vd., 2001; Erincik vd. 2008; Akıllı vd. 2009; Daldal vd., 2018; Mangil ve Erincik, 2018). Yapılan bu çalışmalara bakıldığında Türkiye'de geçmiş yıllara göre *C. parasitica*'nın vc grup sayının giderek arttığı görülmektedir. 2000'li yılların başında yürütülen çalışmalarda EU-1 vc grubunun Marmara ve Karadeniz bölgelerinde baskın tek vc grup olduğu Ege Bölgesinde de %95'lik bulunma oranına sahip olduğu bildirilmiştir (Çeliker ve Onoğur, 2001; Gurer vd., 2001). Sadece Ege Bölgesinde görülen EU-12 ise o yıllarda Türkiye'de bulunan tek diğer vc gruptur (Çeliker ve Onoğur, 2001). 2003 yılında Aydın ilinde başlayan ve günümüzde de devam eden *C. parasitica* populasyon çalışmalarında EU-12'nin %30 lara varan bir bulunma oranına sahip olduğu ortaya konmuştur (Erincik vd., 2008). 2009 yılında EU-2, EU-14 ve EU-5 in varlığı düşük bulunma oranlarıyla da olsa Karadeniz Bölgesinde saptanmıştır (Akıllı vd. 2009). EU-12'nin İzmir kestaneliklerinde %70 bulunma oranı ile EU-1'den daha baskın vc grup olduğu belirlenmiştir (Erincik vd., 2011). EU-2 vc grubu şaşırtıcı bir şekilde %50'leri geçen bulunma oranı ile İzmir'in Tire ilçesinde ilk defa saptanmıştır (Daldal vd., 2018). Bu grubun EU-1 ve EU-12 den çok önce bu lokasyona yurtdışından sokulduğu çok büyük bir olasılıktır. 2016 yılında Doğu Karadeniz Bölgesinde yapılan çalışmalarda 10 farklı vc grubunun varlığı bildirilmiştir (Mangil ve Erincik, 2018). Bunlardan 4'ü EU-1, EU-17, EU-12, EU-3 olarak tanımlanırken 6 vc grup hiçbir Avrupa vc grubu ile ilişkilendirilmemiştir. Avrupa vc grupları ile ilişkilendirilmeyen bu izolatların Gürcistan'da daha önce rapor edilen Avrupa'dan farklı bir gen havuzuna sahip *C. parasitica* populasyonu (Prospero vd., 2013) ile ilişkili olabileceği düşünülmüştür. Hem Gürcistan'da hem de Türkiye'nin Doğu Karadeniz Bölgesi illeri olan Artvin ve Rize'de *C. parasitica*'nın eşeyli ürediği (Prospero vd., 2013, Mangil ve Erincik, 2018) gözönünde bulundurulduğunda rüzgarla taşınan askosporların iki ülke tarafına taşınarak karışım populasyonları oluşturma olasılığı yüksektir.

SONUÇ

Cryphonectria parasitica isimli tahripkar bir fungal patojenin sebep olduğu Kestane Kanseri, ABD'de ilk ortaya çıkışının üzerinden 100 yılı aşkın bir sürenin geçmiş olmasına rağmen günümüzde de en yıkıcı bitki hastalıkları arasındaki yerini korumaktadır. Etkili mücadele yöntemlerinin sınırlı olması sebebiyle çoğu durumda kontrol edilemeyen patojen bulaştığı birçok yerde geride ciddi boyutta

hasarlar bırakmıştır. Hipovirülent ırkların doğal olarak bulunduğu yada yapay olarak bulaştırıldığı alanlarda hastalığın şiddetinin baskılanması, ağaçların ölümden kurtarılarak sürdürülebilir bir üretimin sağlanabilmesi açısından büyük umutlar yaratmıştır. Bu nedenle hipovirülent ırklar ve biyolojik mücadele fitopatoloji alanında üzerinde en fazla bilimsel çalışma yürütülen konulardan biri olmuştur.

Başlangıçta çok basit gibi görülen hipovirülensliğin aslında çok karmaşık bir sistemi içinde barındırdığı zamanla anlaşılmıştır. Özellikle uygulamaların ABD'de hayal kırıklığı yaratması bu sistemin; kestane, patojen, hipovirüs ve çevre şartları olmak üzere dört ana bileşen üzerinden her bir bileşenin kendi dinamikleri ve aralarındaki interaksiyonları gözönünde bulundurularak daha detaylı olarak ele alınması gerekliliği ortaya çıkmıştır. Bu bakış açısı ile yapılan çalışmalar neticesinde bugün hipovirülensliğin daha etkin olarak kullanabileceği aşamaya gelinmiş durumdadır. Bu çalışmada hipovirülensliği en fazla etkileyen faktörlerin başında gelen *C. parasitica*'nın vc grup çeşitliliği ele alınmış ve çok sayıda çalışmanın sonuçları değerlendirilmiştir.

Birçok araştırıcı, vc grup çeşitliliği düşük olan *C. parasitica* populasyonlarını biyolojik mücadele açısından en uygun populasyonlar olarak değerlendirilmektedir. Bu nedenle vc grup çeşitliliğinin artmasına yol açacak uygulamalardan sakınılması konusunda öneriler sıklıkla dile getirilmektedir. Ayrıca çalışmada *C. parasitica'*da vc grup çeşitliliğinde artışa neden olabilecek olan faktörler de ele alınmıştır. Bu faktörlerden patojenin eşeyli üremesi ve patojenin göç etmesi hastalık yönetimi içerisinde mutlaka dikkat edilmesi gereken hususlardır. Özellikle, Ege Bölgesi gibi etmenin henüz eşeyli üremediği ve vc grup çeşitliliğinin düşük olduğu yerlerde, iki eşey tipini bir araya getirecek uygulamalardan kaçınılmalıdır. Bu bölgede yapılacak hipovirülent ırk uygulamalarında kanserli dokulardan alınacak örneklerle patojenin mating tip analizi yapılmalı, eşey tipi ve vc grup yönünden uygun hipovirülent ırk izolatları uygulamalarda kullanılmalıdır. Bunun dışında kestane alanlarına yeni ırkların girmesinin engellenmesi için başka bölgelerde üretilmiş kestane fidanı, aşı kalemi vb. gibi üretim materyallerinin kullanılmasına izin verilmemelidir. Karantina uygulamaları ise *C. parasitica'*nın yeni ırkların ülkemize girmesinin ve yayılmasının engellenmesi adına son derece önemlidir.

REFERANSLAR

Adamcikova, K., Juhasova, G., ve Kobza, M. (2006). Genetic diversity of *Cryphonectria parasitica* population in the Stiavnicko-Krupinska subpopulation in Slovakia. Plant Protection Science, 42, 119-124.

Aghayeva, D.N., Rigling, D., ve Prospero, S. (2017). Low genetic diversity but frequent sexual reproduction of the chestnut blight fungus *Cryphonectria parasitica* in Azerbaijan. Forest Pathology, 47, 1-7.

Akdoğan, S., & Erkman, E. (1968). Attention! Chestnut blight was seen. Tomurcuk, 1, 4–5.

Akıllı, S., Katırcıoğlu, Y.Z., ve Maden, S. 2009. Vegetative compatibility types of *Cryphonectria parasitica*, causal agent of chestnut blight, in the Black Sea region of Turkey. *Forest Pathology, 39: 390-396.*

Anagnostakis, S. L. (1987). Chestnut Blight: The Classical Problem of an Introduced Pathogen, Mycologia, 79 (1), 23-37,

Anagnostakis, S.L. (2012). Chestnut breeding in the United States for disease and insect resistance. Plant Disease, 96, 1392–1403.

Beccaro, G., Bounous, G., De Biaggi, M., Donno, D., Marinoni, D. T., Zou, F., ve Mellano, M. G. (2019). Botany, anatomy, and nut composition. In *The Chestnut Handbook* (pp. 5-34). CRC Press.

Biella, S., Smith, M.L., Aist, J.R., Cortesi, P., ve Milgroom, M.G. (2002). Programmed cell death correlates with virus transmission in a filamentous fungus. Proceedings of the Royal Society B, 269, 2269–2276.

Biraghi, A. 1954. Possible active resistance to *Endothia parasitica* in *Castanae sativa*. IUFRO, *11th Congress Proceedings*, (pp. 643-645).

Bissegger, M., Rigling, D., ve Heiniger, U. (1997). Population structure and disease development of *Cryphonectria parasitica* in European chestnut forests in the presence of natural hypovirulence. Phytopathology, 87,50-59.

Bounous, G., ve Beccaro, G. (2019). History: Growing and using the chestnut in the world from past to present. In *The Chestnut Handbook* (pp. 1-4). CRC Press.

Brangança, H., Simoes, S., Onofre, N., Tenreiro, R., ve Rigling, D. (2007). *Cryphonectria parasitica* in Portugal: diversity of vegetative compatibility types, mating types and occurrence of hypovirulence. Forest Pathology, 37, 391-402.

Bryner, S.F., Rigling D., ve Brunner P.C. (2012). Invasion history of demographic pattern of Cryphonectria hypovirus I across European populations of the chestnut blight fungus. Ecology and Evolution, 2(12), 3227-3241.

Burnham, C. R., Rutter, P. A., ve French, D. W. (1986). Breeding blightresistant chestnuts. Plant Breeding Reviews, 4,347–397.

Caten, C. E. (1972). Vegetative incompatibility and cytoplasmic infection in fungi. Microbiology, 72(2), 221-229.

Cheradil, A., Tarcali, G., Csüllög, K., ve Boukhili, M. (2022). Study of chemical control options against chestnut blight disease. Review on Agriculture and Rural Development, 11(1-2), 20-25.

Cortesi, P., ve Milgroom, M.G. (1998). Genetics of vegetative incompatibility in *Cryphonectria parasitica*. Applied and Environmental Microbiology, 4(8), 2988-2994.

Cortesi, P., McCulloch, C.E., Song, H.Y., Lin, H.Q., ve Milgroom, M.G. (2001). Genetic control horizontal virus transmission in the chestnut blight fungus, *Cryphonectria parasitica*. Genetics, 159, 107-118.

Cummings-Carlson, J., Fulbright, D. W., MacDonald, W. L., ve Milgroom M. G. (1998). West Salem: a research update. Journal of American Chestnut Foundation, 12, 24–26.

Çeliker, N.M., ve Onoğur, E. 2001. Evaluation of hypovirulent isolates of *Cryphonectria parasitica* for the biological control of chestnut blight in Turkey. Forest Snow Landscape Research, 76: 378-382

Daldal, M., Erincik, Ö., ve Wall, J. R. (2018). Geographical distribution of vegetative compatibility and mating types of *Cryphonectria parasitica* in İzmir, Manisa and Denizli provinces in western Turkey. Forest Pathology, 48(5), e12444.

Day, P. R., Dodds, J. A., Elliston, J. E., Jaynes, R. A., ve Anagnostakis, S. L. (1977). Double stranded RNA in *Endothia parasitica*. Phytopathology, 67, 1393–1396.

Delen N. 1979. Studies on the Control Possibilities of Chesnut Blight [*Endothia parasitica* (Murr.) A. And A.] in Turkey. Jornal of Turkish Phytopatholgy, 8(2-3):51-76.

Erincik, Ö., Döken, M.T., Açikgöz, S., ve Ertan E. 2003. First Report for Aydın, Turkey: *Cryphonectria parasitica* (Murrill.) Barr threathens thechestnut plantations of Aydın Province. Journal of Turkish Phytopatology., 32(1), 41- 44.

Erincik, Ö., Döken, M.T., Açıkgöz, S., ve Ertan, E. (2008). Characterization of *Cryphonectria parasitica* isolates collected form Aydın province in Turkey. Phytoparasitica, 36, 249-259.

Erincik, Ö., Özdemir, Z., Durdu, Ö.F., Döken, M.T., ve Açıkgöz, S. (2011). Diversity and spatial distribution of vegetative compatibility types and

mating types of *Cryphonectria parasitica* in the Aydın Mountains, Turkey. European Journal of Plant Pathology, 129, 555-566.

Fernandes, P., Colavolpe, M. B., Serrazina, S.,ve Costa, R. L. (2022). European and American chestnuts: An overview of the main threats and control efforts. Frontiers in Plant Science, 13, 951844.

Geçioğlu Erincik, B., Erincik, Ö., ve Açıkgöz, S. (2020). The potential diversity of vegetative compatibility types in the population of *Cryphonectria parasitica* in Turkey. Forest Pathology, 50(6), e12646.

Geçioğlu Erincik, B., ve Erincik, Ö. (2023). Potential of Cryphonectria hypovirus 1 (CHV1) for horizontal transmission in the *Cryphonectria parasitica* population in Aydın Province/Türkiye. Australasian Plant Pathology, 52, 507-515.

Gobbi, E., ve Intropido, M. (1984). Esperienze di protezione biologica del castagno dal cancro corticale. 1° convegnonazionale "Problemi Jitopatologicidelle pianti forestali". Venezia-Mestre, 93-96.

Grente, J., ve Sauret, S. (1969). L'hypovirulence exclusive, est-elle controlée par des déterminants cytoplasmiques. CR Acad. Sci. Paris, 268(3), 73-3.

Grente, J., ve Berthelay-Sauret, S. (1978). Biological control of chestnut blight in France. Proceeding American Chestnut Symposium. Morgantown, WV,4-5, 30-34

Griffin, G. J. (1986). Chestnut blight and its control. Horticultural Reviews, 8,291-335.

Gürer, M., Ottaviani, M.P., Cortesi, P., 2001. Genetic diversity of subpopulations of *Cryphonectria parasitica* in two chestnut-growing regions in Turkey. Forest Show and Landscape Research, 76: 383-386.

Heiniger, U., ve Rigling, D. (1994). Biological control of chestnut blight in Europe. Annual review of Phytopathology, 32(1), 581-599.

Heiniger, U., Graf, R., ve Rigling, D. (2007): Biologisch kontrollierbar: Der Kastanienrindenkrebs auf der Alpennordseite. Wald Holz, 88 (5), 50-53.

Hoegger, P. J., Heiniger, U., Holdenrieder, O., ve Rigling, D. (2003). Differential transfer and dissemination of hypovirus and nuclear and mitochondrial genomes of ahypovirus-infected *Cryphonectria parasitica* strain after introduction into a natural population. Applied and Environmental Microbiology, 69, 3767–3771.

Krstin, L., Novak-Agbaba, S., Rigling, D., Krajacic, M., ve Curkovic Perica, M. (2008). Chestnut blight fungusin Croatia: diversity of vegetative compatibility types, mating types and genetic variability of associated Cryphonectria hipovirüs 1. Plant Pathology, 57, 1086-1096.

Krstin, L., Novak-Agbaba, S., Rigling, D., ve Curkovic-Perica, M. (2011). Diversity of vegetatve compatibility types and mating types of *Cryphonectria parasitica* in Slovenia an occurrence of associated Cryphonectria hyporus 1. Plant Pathology, 60, 752-761.

Liu, Y.C., ve Milgroom, M.G. (1996). Correlation between hypovirus transmission and the number of vegetative incompatibility (*vic*) genes different among isolates form a natural population of *Cryphonectria parasitica*. Phytopathology, 86,79-86.

Liu, Y. C., ve Milgroom, M. G. (2007). High diversity of vegetative compatibility types in *Cryphonectria parasitica* in Japan and China. Mycologia, 99, 279-284.

MacDonald, W. L., Hindal, D. F., ve Kaczmarczyk, W. J. (1982). Summary of *Endothia parasitica* hypovirulence research at West Virginia University. Editör H. C. Smith, W. L. MacDonald, In USDA Forest Service American Chestnut Cooperators' Meeting, (pp. 18–21). Morgantown, WV: West Virginia Univ. Books.

Mangil, E. ve Erincik, Ö. (2018). Sexual reproduction contributes to vegetative compatibility type diversity in the population of *Cryphonectria parasitica* in the East Black Sea Region of Turkey. Australasian Plant Pathology, 1-19.

Marra, R. E., ve Milgroom, M. G. (2001). The mating system of the fungus *Cryphonectria parasitica*: selling and selfincompatibility. Heredity, 86, 134–143.

Milgroom, M. G., ve Cortesi, P. (1999). Analysis of population structure of the chestnut blight fungus based on vegetative incompatibility genotypes. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 96,10518–10523.

Milgroom, M. G., ve Cortesi, P. (2004). Biological control of chestnut blight with hypovirulence: a critical analysis. Annual Review of Phytopathology, 42, 311-338.

Milgroom, M. G., Sotirovski, K., Spica, D., Davis, J. E., Brewer, M. T., Miley, M., ve Cortesi, P. (2008). Clonal population structure of the chestnut blight fungus in expanding ranges in southeastern Europe. Molecular Ecology, 17, 4446-4458.

Mlinarec, J., Jezic, M., Cosic J., ve Curkovic-Perica M. (2018). Multilocus PCR assay reveals high diversity of vegetative compatibility types in population of *Cryphonectria parasitica* in Croatia. Plant Pathology, 67, 741–749.

Montenegro, D., Aguin, O., Hermida, M., Mansilla, J. P., ve Sainz, M. J. (2008). Diversity of vegetative compatibility types, mating types and occurrence

of hypovirulence in *Cryphonectria parasitica* populations in NW Spain. Forest Ecology and Management, 5, 973-980.

Myers, J. M., ve James, T. Y. (2022). Mycoviruses. Current Biology, 32(4),150-155.

Nuss, D. L. (2000). Hypovirulence and chestnut blight: from the field to the laboratory and back. Editör J. W. Kronstad, Fungal Pathology, (pp149-170), Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Nuss, D. L. (2005). Hypovirulence: mycoviruses at the fungal–plant interface. Nature Reviews Microbiology, 3(8), 632-642.

Nuss, D. L. (2008). Hypoviruses, Editör B.W.J. Mahy, ve M. H.V Van Regenmortel, Encyclopedia of Virology (Third Edition), (pp 580-585), Academic Press.

Sotirovski, K., Papazova-Anakieva, I., Grünwald, N.J., ve Milgroom, M.G. 2004. Low diversity of vegetative compatibility types and mating type in *Cryphonectria parasitica* in the southern Balkans. *Plant Pathology*, 53: 325-333.

Soylu, A. (2004). Kestane yetiştiriciliği ve özellikleri. Hasad Yayıncılık.

Paoletti, M. (2016). Vegetative incompatibility in fungi: From recognition to cell death, whatever does the trick. Fungal Biology Reviews, 30(4), 152-162.

Papazova-Anakieva, I., Sotirovski, K., Cortesi, P., ve Milgroom, M. G. (2008) Horizontal transmission of hypoviruses between vegetative compatibility types of *Cryphonectria parasitica* in Macedonia. European Journal of Plant Pathology, 120, 35–42.

Perlerou, C., ve Diamandis, S. (2006) Identification and geographic distribution of vegetative compatibility types of *Cryphonectria parasitica* and occurrence of hypovirulence in Greece. Forest Pathology, 36, 413–421.

Peters, F. S., Busskamp, J., Prospero, S., Rigling, D., ve Metzler, B. (2013). Genetic diversification of the chestnut blight fungus *Cryphonectria parasitica* and its associated hypovirus in Germany. Fungal Biology, 118, 193–210.

Powell, W. A., Newhouse, A. E., ve Coffey, V. (2019). Developing blight-tolerant American chestnut trees. Cold Spring Harbor Perspectives in Biology, 11(7), a034587.

Prospero, S., and Rigling, D. (2012). Invasion genetics of the chestnut blight fungus *Cryphonectria parasitica* in Switzerland. Phytopathology, 102,73-82.

Prospero, S., Lutz, A., Tavadze, B., Supatashvili, A., ve Rigling, D. (2013). Discovery of a new gene pool and high genetic diversity of the chestnut

blight fungus *Cryphonectria parasitica* in Caucasian Georgia. Infection, Genetics and Evolution, 20, 131-139.

Rigling, D., ve Prospero, S. (2018). *Cryphonectria parasitica*, the causal agent of chestnut blight: invasion history, population biology and disease control. Molecular Plant Pathology, 19(1), 7-20.

Rittenour, W.R. (2005). The biological control potential of *Cryphonectria parasitica* strainscontaining an infectious cDNA copy of hypovirus CHV1-Euro7. M.S. Thesis. West Virginia University, Morgatown, VW, USA.

Virginia University. Morgantown, WV, USA.Robin, C., Anziani, C., ve Cortesi, P. (2000). Relationship between biological control, incidince of Hypovirulence, and diversity of vegetative compatibility types of *Cryphonectria parasitica* in France. Phytopathology, 90,730-737.

Robin, C., ve Heiniger, U. 2001. Chestnut blight in Europe: diversity of *Cryphonectria parasitica*, hypovirulence and biocontrol. Forest Snow and andscape Research, 76, 361–367.

Robin, C., Capdevielle, X., Martin, M., Traver, C., Colinas, C. (2009). *Cryphonectria parasitica* vegetative compatibility type analysis of populations in south-western France and northern Spain. Plant Pathology, 58, 527-535.

Trapiello, E., González-Varela, G., ve González, A. J. (2015). Chestnut blight control by agrochemicals in *Castanea sativa* under managed conditions. Journal of Plant Diseases and Protection, 122, 120-124.

Trestic, T., Uscuplic, M., Colinas, C., Rolland, G., Giraud, A., ve Robin, C. (2001). Vegetative compatibility type diversity of *Cryphonectria parasitica* populations in Bosnia-Herzegovina, Spain and France. Forest Show and Landscape Research, 76, 391-396.

Van Alfen, N. K., Jaynes, R. A., Anagnostakis, S. L., ve Day, P. R. (1975). Chestnut blight: biological control by transmissible hypovirulence in *Endothia parasitica*. Science, 189(4206), 890-891.

Zamora, P., Martin, A.B., Rigling, D., ve Diez, J.J. (2012). Diversity of *Cryphonectria parasitica* in Western Spain and identification of hypovirus-infected isolates. Forest Pathology, 42, 412-419.

Bölüm 4

Büyükbaş Hayvan Beslemede Alternatif Kaba Yem Kaynağı 'İtalyan Çimi' (*Lolium Multiflorum*) Kullanımı

Yaşar Deray SAYGI[1]

[1] *Öğr. Gör. Dr., Kayseri Üniversitesi Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksek Okulu*

1.GİRİŞ

İnsanlığın dengeli ve yeterli beslenmesinde hayvansal kaynaklı gıdaların yararı oldukça büyüktür. Bu ölçüde önemli olan ürünlerden özellikle süt, et vb. ürünler öne çıkmaktadır. Söz konusu gıdaların üretimi süresince yapılan harcamaların % 70'lik gibi büyük bir bölümünü yem giderleri oluşturmakta, bahsedilen masraflar ise kârlılığı önemli miktarda düşürmektedir. Bu durumda, nispi olarak ucuz olan ve ruminantların sindirim sistemlerine fayda sağlayan kaba yemler ve alternatif kaba yem kaynakları kendini göstermektedir.

Kaba yem; su içeriği % 15'lerde ve ya selüloz içeriği %16-18 den yüksek olan hayvan yemine verilen genel isimdir. Hayvan beslemede kullanılan maliyeti en düşük ve en önemli yem kaynağı kaba yemlerdir. Kaba yemler, rasyonların büyük bir bölümünü sağlayan, doğal şartlarda yetişen enerji içeriği kısıtlı yemlerdir. Bununla birlikte kaba yemler; ruminant hayvanların rumen fizyolojilerine yararlı olmaları ve hayvanlarda mekanik tokluk sağlamaları yönleriyle de büyük öneme sahiptir (Özkan ve Demirbağ, 2016)

Günümüz hayvancılığının en önemli problemlerinden biri olan kaba yem açığı son zamanlarda gıda güvenliğimizi tehdit eder duruma gelmiştir. Bu sebeple ülkemizin coğrafi ve ekolojik şartlarına uyum sağlayan yem bitkisi kaynaklarının belirlenmesi ve acilen daha yüksek performansa sahip yeni tür ve çeşitlerin geliştirilmesi gerekmektedir (Çetin ve Türk, 2023). Hayvan beslemede besleyici değeri yüksek yem bitkilerinin kullanılması, hayvanların süt verimi ve besi performanslarını arttırması, besleme kökenli metabolik hastalıkların önüne geçmesi ve yüksek kaliteli hayvansal ürünlerin elde edilmesi bakımından büyük önem taşımaktadır (Alçiçek, vd., 1998; Alçiçek, vd., 1999; Alçiçek, vd., 2002).

Meraların amacı dışında kullanılması başta olmak üzere, ıslah çalışmalarının yetersiz olması, tarımda makine kullanımının artması gibi nedenlerle meralardan elde ettiğimiz verim oldukça düşük düzeyde kalmaktadır. Bu nedenlerle, yem bitkileri üretimimiz mevcut büyükbaş hayvan varlığımızın ihtiyaçlarını karşılayacak yeterlilikte ve kalitede değildir. Ülkemiz yüksek genetik kapasiteli büyükbaş hayvan varlığı bakımından yeterli durumda olmasına rağmen, birim hayvandan elde edilen verim beklenenin altında kalmaktadır. Bu problemim asıl nedeni, hayvanların yeteri miktarda kaliteli kaba yemle beslenememelerinden kaynaklanmaktadır (Karayiğit, vd., 2005).

Oysaki günümüzde, yüksek kaliteli, düşük maliyetli ve yeterli miktarda kaba yem kaynağı sağlayabilecek alternatif yem bitkileri yetiştirilmektedir. Yetiştirilen bu alternatif yem kaynaklarından biri, tek yıllık yem bitkisi türlerinden biri olan İtalyan çimidir. Gelişmiş ülkelerde hayvan beslemede yaygın şekilde kullanılan İtalyan çimi yem bitkisi; yüksek kuru madde miktarı, protein, kolay çözünebilir karbonhidratlar ve mineral maddelerce zengin olması, lezzetli

olması, hayvanlar tarafından sevilerek tüketilmesi gibi nedenlerle ülkemiz hayvancılığının kaba yem sorununa çözüm bulmak açısından önemli bir role sahiptir. Sağladığı yararlar nedeniyle, İtalyan çimi Ege, Akdeniz ve Marmara bölgeleri ilk sırada olmak üzere tüm Türkiye'de yaygınlaşmaya başlamış ve süt otu ya da ryegrass adı ile yetiştiricilerimiz tarafından en çok talep edilen buğdaygil yem bitkisi türlerinden birisi olmuştur (Özkul, vd.,2012)

Tek yıllık buğdaygil yem bitkilerinden biri olan İtalyan çimi (*Lolium Multiflorum*) protein, enerji ve suda çözünebilir karbonhidrat içeriğinin yüksek olması nedeniyle hayvan beslemende kaba yeme alternatif bir yem bitkisi olarak kendini göstermektedir. İtalyan çimi, biçilerek, otlatılarak, kurutularak ya da silaj şeklinde değerlendirilerek hayvan beslemede kullanılabilmektedir (Genalmaz ve Yanay, 2016).

Bu derlemenin amacı, ülkemiz ekolojik ve coğrafi koşullarına oldukça uygun, İtalyan çiminin, büyükbaş hayvan beslemede kullanımının arttırılması ve üretiminin teşvik edilerek yaygınlaştırılmasının sağlanmasıdır.

1.1 İtalyan Çimi Otunun Genel Özellikleri ve Yem Değeri

İtalyan çimi (*Lolium Multiflorum*) ılıman iklim koşullarına kolaylıkla uyum sağladığından, ülkemizin çoğu bölgesinde rahatlıkla yetiştirilmektedir. En uygun yetiştirilme sıcaklığı 18-24°C olsa da, 6-32 °C arasındaki her sıcaklık derecesinde gelişimini sağlamaktadır. İtalyan çimi, kış aylarında yetiştirilen buğdaygillerin en kaliteli ve dayanıklılarından biridir. Dona ve soğuğa karşı direnci son derece yüksektir.

İtalyan çiminin, kuru madde miktarı ve besin maddesi sindirilebilirlik değerleri oldukça iyi durumdadır (De Villiers ve Ryssen, 2001; Lenuweit ve Gharadjedaghi, 2002). Ülkemizde, yeşil, kuru ot veya silaj üretimi amacıyla yetiştiriciliği yapılan buğdaygil yem bitkisidir. İtalyan çimi kuru otu ve silajının yem değerini tespit etmek amacıyla yapılan çalışmalarda; besin maddesi miktarları açısından fark olmadığı, fakat silajın kuru madde sindirilebilirlik oranının (%77), kuru otunkinden (%73) daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Ohshima, vd., 1988). Yem değerleri bakımından, balya veya haylaj olarak silolama arasında farklılık bulunmazken, balya silajının yemden yararlanma oranının kuru ottan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. Aynı çalışmada, çimin kuru ot olarak saklandığında protein ve enerji içeriklerinin düştüğü bildirilmiştir (Mc Cormick, vd., 1998). İtalyan çimi silolandığında, özellikle süt hayvanlarında süt verimini, besi hayvanlarında ise günlük canlı ağırlık artışını önemli düzeyde arttırdığı bildirilmektedir. İtalyan çimi lezzetli olması nedeniyle hayvanlar tarafından yüksek miktarlarda tüketilebilmektedir. Örneğin; gelişmesini tamamlamış bir inek 100-150 kg/gün İtalyan çimini rahatlıkla tüketebilmektedir.

Düveler, besi danaları ve özellikle "süt otu" olarak verimi arttırıcı özelliği sayesinde laktasyondaki ineklerin beslenmesinde kullanımı son derece elverişlidir (Tıknazoğlu, 2006)

Besin maddesi içeriği ve sindirilebilirliği yüksek İtalyan çimi, hayvanların ihtiyacı olan besin maddelerini rahatlıkla karşılayabilmekte ve lezzetli olması sebebiyle de hayvanlar tarafından sevilerek tüketilmektedir. Bununla birlikte, İtalyan çimi yonca gibi bazı yem bitkileri ile birlikte kullanıldığında karkas kalitesini iyileştirmekte ve mera kalitesini korumaya yardımcı olmaktadır. Kaliteli silaj üretimi amacıyla, İtalyan çiminin erken çiçeklenme döneminde silolanması önerilmektedir. İtalyan çimleri ilkbahar ve sonbahar döneminde kolay çözünebilir karbonhidratlarca zengin olduğundan bu dönemde silolanma kabiliyetleri oldukça yüksektir. Yüksek kuru madde içeriğinin, besi performansını arttırdığı ve tüylerde parlaklık sağladığı bildirilmektedir (Anonim, 2013).

İtalyan çiminin; mısır ile münavebeli ekilebilme özelliği nedeniyle, mısır hasadı sonrası toprakta kalan azottan azami şekilde faydalanabilmesi, organik madde miktarını arttırarak toprağın yapısını iyileştirmesi, lifli kök yapısıyla erozyonu azaltarak toprağı koruması, kaliteli besin maddesi komposizyonu ile hayvanlar tarafından sevilerek tüketilmesi önde gelen faydaları olarak sayılabilmektedir (Hannaway, vd., 1999; Lenuweit ve Gharadjedaghi, 2002; Kuşvuran ve Tansı, 2005).

Gübreleme ve hasat zamanı kaba yem kalitesini önemli düzeyde etkilemektedir. Yüksek büyüme hızına sahip İtalyan çimi, gübreleme ile önemli miktarda azotu topraktan absorbe edebilmektedir. Zhang ve ark.'nın (1995) İtalyan çiminin yem değeri üzerine gübrelemenin etkisini araştırdıkları projelerinde, azot gübrelemesinin yemin azot içeriğini artırdığı, toplam kuru madde içeriğini ve sindirilebilirliğini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada, İtalyan çiminin uygun sıcaklık aralığında ekildiğinde ilk biçime 25-35 günde ulaştığı saptanmıştır (Hannaway vd., 1999). Yılda iki biçim yapılarak en yüksek kuru ot verimi alındığı bildirilse de (Kesiktaş, 2010), yılda 6 biçime kadar verim alınabildiği ortaya konmuştur (Lenuweit ve Gharadjedaghi, 2002). Ekim zamanına ve bölgelerimize göre değişmekle birlikte, uygun ekolojik şartlarda, İtalyan çiminden kuru-sulu arazilerde yılda 10-15 ton/da yeşil ot, 2-3 ton/da kuru ot alınabileceği bildirilmiştir (Anonim, 2018).

İtalyan çimi yapraklanma döneminde, vitamin ve minerallerce oldukça zengindir (Bernard, vd., 2002, Humphrey, vd., 2006). İtalyan çiminde sindirilebilirlik oranı, bilhassa büyümenin ilk döneminde yaşın ilerlemesiyle, bitki dokusunda artan selüloz konsantrasyonu ve lignifikasyonu sonucu düşmektedir (Valente, vd., 2000).

Farklı dönemlerde biçilen İtalyan çimi kuru otu ve silajının besin maddesi kapsamının karşılaştırıldığı bir araştırmada, bitkinin olgunlaşmasına paralel olarak kuru otlarda ham protein ve kuru madde sindiriminin azaldığı tespit edilmiştir (Aganga, vd., 2004). İtalyan çimi, kış mevsimi buğdaygillerinin en kaliteli olanlarındandır. Kuru madde sindirilebilirliği (>%65), ham protein içeriği (>%20) ve metabolik enerji değeri (10 MJ/kg KM) oldukça yüksektir (De Villiers ve Ryssen, 2001; Lenuweit ve Gharadjedaghi, 2002). Buğdaygil kaba yemlerinin, genellikle süt hayvanlarının metabolik enerji ihtiyaçlarını tam olarak karşılayamadığı tespit edilmiş olsa da (Hopkins, vd., 2002), sindirilebilirliğinin yüksek olması nedeniyle, süt veriminde artış sağlamaktadır.

İtalyan çiminden, normal koşullarda bir biçimde 1500-2500 kg/da yeşil ot verimi, 500-800 kg/da kuru ot verimi alınabilmektedir. Sulu tarım uygulanan veya yağış oranı fazla olan bölgelerde 2-3 biçim yapılarak 4000-6000 kg/da yeşil ot verimi, 750-1500 kg/da kuru ot verimi sağlamak mümkün olmaktadır. İtalyan çiminin yeşil ot ve kuru ot verimleri üzerine yapılan bir araştırmada, Çukurova bölgesi koşullarında yetiştirilen İtalyan çiminin yeşil ot ve kuru ot verimlerinin sırasıyla 3102 kg/da ve 695 kg/da olduğu bildirilmiştir (Çıtıl, vd., 2020). Çankırı bölgesinde yapılan başka bir çalışmada ise; bölgede yetiştirilen İtalyan çiminden 630 kg/da kuru ot verimi alındığı bildirilmiştir (Kuşvuran vd., 2014).

İtalyan çimi, drenajı iyi yapılmış, organik madde miktarı yüksek olan bütün toprak koşullarında yetiştirilebilmektedir. Gelişimi için en uygun pH aralığı 5.0 – 7.8 olan topraklardır. Tuzluluğa dayanıklılığı oldukça yüksektir. Gübrelemenin uygun zamanda ve yeterli miktarda yapılması durumunda, kumlu ve kireçli topraklardan alınan verim artmaktadır.

Ekime başlamadan önce toprak hazırlığı iyi yapılmalı, tohum yatağı iyi bir şekilde bastırılmalıdır. En uygun ekim zamanı, ılıman iklimli bölgelerde, erken sonbahar, kışları sert olan bölgelerde ise erken ilkbahardır. Tohum ekimi elle veya mibzer yardımıyla yapılabilmektedir. İtalyan çimi tohumları oldukça küçük olduğundan, ekim derinliği ona göre ayarlanmalıdır. Uygun ekim derinliği 2 – 2.5 cm'dir. Sıra arası mesafe 20 cm olmalıdır. Dekara 4-5 kg tohum yeterli olmaktadır.

İtalyan çimi ekimi yapılacak araziye düzenli olarak toprak analizi yaptırılmalı ve analiz sonuçlarına göre gübreleme işlemine başlanılmalıdır. Otlatma veya biçim sonrasında verimi arttırmak adına 3 – 4 kg/da azot uygulaması önerilmektedir. Uygun şartlar altında, ekim tamamlandıktan 1 hafta kadar sonra, çimlenme sağlanmaktadır. Sulama, ekim döneminden sonraki 2-3 hafta içerinde az miktarda fakat sık aralıklarla yapılmalıdır. Bitki tam anlamıyla köklendikten sonra sulama zamanı ve sıklığı buharlaşma oranı dikkate alınarak ayarlanmalıdır. Hasat için en uygun zaman, biçilen otlar hızlı bir şekilde kuruduğundan,

çiçeklenme dönemi başlangıcıdır. Bu dönemde biçilen otlar hayvanlar tarafından iştahla tüketilmektedir.

İtalyan çimi yetiştiriciliğinin, ılıman bölgelerde kışlık ara ürün olarak yetiştirilebilmesi, hayvanlar tarafından sevilerek tüketilmesi, sindirilebilirlik oranının yüksek olması, ağır bünyeli topraklarda yetişme özelliği, tek başına ekilebildiği gibi, baklagillerle birlikte de ekiminin mümkün olması, ot kalitesinin yüksek olması, silolanmaya uygun olması, süt ineklerinde süt verimini arttırması, besi sığırlarında besi performansını olumlu yönde etkilemesi gibi birçok faydası bulunmaktadır (Anonim, 2021).

1.2 Ruminantlarda İtalyan Çiminin Otlatılarak Kullanımı

Son zamanlarda, ruminant hayvanların kaba yem gereksinimini karşılamak, süt ve besi performansını iyileştirmek amacıyla ülkemiz ekoloji ve coğrafi koşullarına son derece uygun, adaptasyon özelliği yüksek İtalyan çimi yem bitkisi kullanımı önem kazanmıştır. Tek yıllık buğdaygil yem bitkilerinden biri olan İtalyan çimi bilhassa mineral madde, protein ve suda çözünebilir karbonhidrat içeriğinin yüksek olması dolayısıyla ülke hayvancılığının kaba yem problemini çözmede alternatif olarak gözükmektedir.

Ruminant hayvanların beslenmesinde daha çok otlatılarak ya da biçilerek yeşil ot şeklinde kullanılmakta ise de kurutularak veya silaj şeklinde de hayvanlar tarafından sevilerek tüketilebilmektedir. İtalyan çiminin kuru madde içeriği ve besin maddesi sindirilebilirliğinin oldukça yüksek olduğu, süt hayvanlarında süt verimini, besi hayvanlarında ise, besi performansını olumlu yönde etkilediği yapılan çalışmalarca beyan edilmektedir.

Ülkemizde düzensiz otlatma rejimleri, meraların zamanı dışında otlatılması, tarım alanlarının amacı dışında kullanımı, meraların mevcut kapasiteleri üzerinde otlatılması gibi nedenlerle mera amenajmanı sağlanamamış, dolayısıyla mera alanlarımız zamanla azalmış ve mevcut mera kalitesi de giderek düşmüştür. Bununla birlikte, yem bitkileri ekim alanlarımız, mevcut hayvan varlığımızın besin maddesi ihtiyacını karşılayacak yeterlilik ve kalitede değildir. Bu sebeplerle, ruminant hayvanların suca zengin kaba yem ihtiyaçlarının karşılanmasında büyük sorunlarla karşılaşılmaktadır (Özkul, vd., 2012).

Büyüme hızı ve veriminin yüksekliğiyle bilinen İtalyan çimi otlarının önemli bir kısmı laktasyondaki süt inekleri, besi sığırı ve düvelerin beslenmesinde kullanılırken (Hannaway ve ark, 1999), güz dönemlerinde de koyunların entansif ve yarı entansif otlatımına imkân vermektedir. Ruminant rasyonlarında azot yoğunluğu % 3'ün üzerine çıktığında, bu oran optimal hayvansal üretim için yeterli olmayabilmektedir. Dolayısıyla, İtalyan çimi ile beslenen kuzuların performansının, çoğunlukla istenilenin altında kaldığı bildirilmiştir. İtalyan

çimiyle beslenen sütten kesilmiş ve kesilmemiş kuzuların performansının incelenmesine yönelik yapılan çalışmalarda, sütten kesim öncesinin son ayında İtalyan çimi ile beslenen kuzularda günlük canlı ağırlık artışının düşük (92 g/gün), buna karşın laktasyonun ilk 42 gününde daha yüksek (208 g/gün) olduğu tespit edilmiştir (De Villiers ve Ryssen, 2001). Taze İtalyan çimi ve arpa otunun kuzuların seçmeli tüketimine sunulduğu başka bir araştırmada, kuzuların % 82'nin İtalyan çimini tercih ettiği ve İtalyan çiminin kuru madde oranı (%78) ile azot birikiminin arpa otundan daha yüksek olduğu belirlenmiştir. İtalyan çiminin daha cok tercih edilmesi, içermiş olduğu yüksek orandaki yapısal olmayan karbonhidratlardan dolayı daha lezzetli olmasına bağlanmaktadır (Catanese, vd., 2009).

Vejetatif dönemdeki İtalyan çimi ile beslenen orta ve yüksek verimli süt ineklerinin rahatlıkla günlük 16-18 kg süt verebildiği belirlenmiştir (Lemus, 2009). İtalyan çimi ile beslenen besi sığırları ve düvelerin performanslarının incelendiği bir araştırmada ise, besi sığırlarında günlük canlı ağırlık artışının düvelerden daha yüksek olduğu, karkas kalitesinin ise daha düşük olduğu belirlenmiştir (Bartholomew ve Louw, 2005). İtalyan çimleri, yoğun ve sık otlatmaya karşı son derece dayanıklıdır. Bununla birlikte, bitki uzunluğunun 7,6 cm'den kısa olması durumunda otlatma tavsiye edilmemektedir. Ayrıca İtalyan çimi ve yonca kombinasyonunun, hayvan performansı ve karkas kalitesini olumlu yönde etkilediği bildirilmiştir (Lemus, 2009).

1.3 Ruminantlarda İtalyan Çiminin Kurutularak ve Silolanarak Kullanımı

Üretimin yeterli olduğu durumlarda, İtalyan çiminin kuru ot, haylaj ya da silaj olarak değerlendirilmesi mümkün olabilmektedir. İtalyan çimi, kuru ot ya da silaj şeklinde değerlendirilecekse, özellikle yonca türleriyle birlikte ekimi tavsiye edilmektedir. Fazla yağış alan bölgelerde, İtalyan çiminin kuru ot üretimi için hasadı önerilmemekte, söz konusu bölgelerde yüksek kalitede kuru ot elde etmek için, geç hasat ya da silaj yapımı önerilmektedir.

İtalyan çimi çoğunlukla, silaj üretimi için hasat edilmektedir. Yeterli miktarda ve kaliteli silaj üretimi amacıyla İtalyan çiminin erken çiçeklenme döneminde hasat edilmesi önerilmektedir. İtalyan çiminin protein içeriğinin yüksek olmasına rağmen, ilkbahar ve sonbahar dönemlerinde kullanılabilir karbonhidratları depoladıklarından silolanma kabiliyetleri son derece iyi durumdadır.

Süt inekleri ve besi sığırlarında yapılan çeşitli araştırmalarda; İtalyan çimi silajının, besin madde sindirilebilirliğinin yüksek olduğu (Ohshima, vd., 1988; Catanese, vd., 2009), süt verimini ve kalitesini arttırdığı (Keys, vd., 1984, Cooke, vd., 2008), azot kullanımını ve yemleme maliyetini düşürdüğü (Dhiman ve Satter,

1997) beside performansını olumlu yönde etkilediği (Zaman, vd., 2002) belirlenmiştir. Gerçekten, İtalyan çimi silajıyla beslenen süt ineklerinin kuru madde tüketimleri ve süt verimlerinin mısır silajı tüketen ineklerle benzer olduğu görülmüştür. Bu sebeple, İtalyan çimi silajının mısır silajı kalitesinde olduğu belirlenmiştir. İtalyan çimi silajı, süt verimi yüksek olan hayvanlarda enerji ihtiyacını tam olarak karşılayamadığından, yemlemede İtalyan çimi-mısır silajı karışımının kullanımı önerilmektedir. Böylelikle rumen mikrobiyal protein sentezi ile süt veriminin artacağı öngörülmektedir (Mc Cormick, vd., 1990). Benzer bir çalışmada, laktasyon dönemindeki ineklerde mısır silajı yerine farklı oranlarda İtalyan çimi silajı kullanmanın kuru madde tüketimini değiştirmediği, süt verimi, süt yağı ve protein içeriğini arttırdığı, ancak canlı ağırlık ve vücut kondisyon puanı açısından herhangi bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Buna bağlı olarak yapılan çalışma sonucunda, İtalyan çimi silajının mısır silajına ikame olarak tamamen ya da kısmen kullanılabileceği tespit edilmiştir (Bernard, vd., 2002).

İtalyan çimi silajına farklı enerji kaynakları (dane ya da ezme mısır, kaba mısır unu) ilavesinin, yalnız kullanımına göre, performansı arttırdığı ve süt verimi ya da kompozisyonu üzerine herhangi bir negatif etkisinin olmadığı bildirilmiştir (Cooke, vd., 2009). İtalyan çiminin arpa bitkisi ile silolanmasının besi hayvanlarında karkas kalitesi ve performans üzerine etkisinin araştırıldığı benzer bir araştırmada, İtalyan çiminin arpa bitkisi ile silolanması durumunda; kuru madde tüketimi ve canlı ağırlık artışının olumlu yönde etkilendiği, yemden yararlanma oranının ise değişmediği belirlenmiştir (Zaman, vd., 2002).

2. SONUÇ

Hayvancılıkta, toplam girdilerin % 70'lik gibi önemli bir bölümünü oluşturan yem giderleri, ülkemiz hayvancılığının en önemli problemlerindendir. Dolayısıyla, yem ile alakalı yapılacak her türlü iyileştirme, maliyeti düşürerek, işletme ekonomisine katkı sağlayacaktır. Ülkemiz ekolojik ve coğrafi koşuları, alternatif kaba yem yetiştiriciliği için uygun olsa da, kullanılan kaba yem çeşidi sınırlı kalmıştır. Türkiye'de temel kaba yem kaynağı olarak; çayır ve meralar, baklagil-buğdaygil yem bitkileri, tahılların sap ve samanlarından yararlanılmaktadır. Hâlbuki hayvancılığı gelişmiş ülkeler başta olmak üzere, diğer çoğu ülkede çeşitli kaba yem kaynakları kullanılmakta olup, bunların büyük bir kısmı ülkemizde kolaylıkla yetiştirilmektedir.

Sonuç olarak, ülkemiz ekolojik ve coğrafi koşullarına adaptasyon kabiliyeti de göz önüne alındığında, besin madde içeriği ve sindirilebilirliği yüksek olan İtalyan çimi yem bitkisinin, ruminant beslemede kullanımının yaygınlaştırılmasının kaba yem sorunumuza çözüm olabileceği söylenebilmektedir.

KAYNAKLAR

Aganga, A.A., Omphile, U.J., Thema, T., Wilson, L.Z. (2004). Chemical composition of ryegrass (Lolium multiflorum) at different stages of growth and ryegrass silages with additives. J. of Biolog. Sci. 4(5): 645-649.

Alçiçek, A., Yaylak, E., & Özkul, H. (1998). Alternatif kaba yem kaynakları üzerine araştırmalar: II. *Biber sap ve yapraklarının silolanma imkanı ve yem değeri.. EÜ ZF Dergisi*,*35*, 1-2.

Alçiçek, A., Tarhan, F., Özkan, K., Adışen, F. (1999). İzmir ili ve civarında bazı süt sığırcılığı işletmelerinde yapılan silo yemlerinin benin madde içeriği ve silaj kalitesinin saptanması üzerine bir araştırma. Hayvansal Üretim 39-40: 54-63.

Alçiçek, A., Akkan, S. Özkan, K. Taluğ, A.M. Karaayvaz, K. Basmacıoğlu, H. (2002). Konserve sanayi yan ürünü bezelye artıklarının silolanma imkanı ve yem değeri üzerine bir araştırma. E. Ü. Zir. Fak. Dergisi 39 (3): 72-80.

Anonim, (2013). Karamba yem bitkisi. https://www.torunoglutohumculuk.com/urunlerimizx.html (05.07.2023).

Anonim, (2018). https://igdir.tarimorman.gov.tr/Haber/322/Italyan-Cimi-_-Ryegrass_-Yem-Bitkisi-Yetistiriciligi (14.06.2023).

Anonim, (2021). İtalyan Çimi https://www.maralfalfaturkey.net/blog/italyan-ryegrass/italyan-cimi (05.09.2023)

Bartholomew, P.E., Louw, B.P. (2005). Beef production from Italian ryegrass. http://agriculture.kzntl.gov.za/portal/AgricPublications/ProductionGuidelines/PasturesinKwaZuluNatal/BeefProductionfromItalianRyegrass/tabid/319 .

Bernard, J.K., West, J.W., Trammell, S.(2002). Effect of replacing corn silage with annual ryegrass silage on nutrient digestibility, intake, and milk yield for lactating dairy cows. J. Dairy Sci. 85(9): 2277-2282.

Catanese, F., Distel, R.A., Arzadun, M. (2009). Preferences of lambs offered Italian ryegrass (Lolium multiflorum L.) and barley (Hordeum vulgare L.) herbage as choices. Grass and Forage Sci. 64: 304-309.

Çetin, B., & Türk, M. (2023). Bursa Koşullarında İtalyan Çimi (Lolium multiflorum L.) Çeşitlerinin Ot Verimi ve Kalitesinin Belirlenmesi. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, *5*(1), 15-20.

Çıtıl, E., Marakoğlu, T., Kırılmaz, H., & Çarman, K. (2020). İtalyan çimi tarımının mekanizasyon özelliklerinin ve enerji verimliliğinin belirlenmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*,*24*(3), 336-346.

Cooke, K.M., Bernard, J.K., West, J.W. (2008). Performance of dairy cows fed annual ryegrass silage and corn silage with steam-flaked or ground corn. J. Dairy Sci. 91: 2417-2422.

Cooke, K.M., Bernard, J.K., West, J.W. (2009). Performance of lactating dairy cows fed ryegrass silage and corn silage with ground corn, steamflaked corn, or hominy feed. J. Dairy Sci. 92(3): 1117-1123.

De Villiers, J.F., Van Ryssen, J.B. (2001). Performance responses of lambs of various ages to Italian ryegrass (Lolium multiflorum) fertilized with various levels of nitrogen. South African J. of Anim. Sci. 31(3): 142-148.

Dhiman, T.R., Satter, L.D. (1) (1997). Yield response of dairy cows fed different proportions of alfalfa silage and corn silage. J. Dairy Sci. 80: 2069-2082.

Gemalmaz, E., & Tanay, B. (2016). "Alternative Roughage Sources". Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi 56 / 2 (Aralık 2016): 63-69.

Hannaway, D., Fransen, S., Cropper, J., Teel, M., Chaney, M., Griggs, T., Halse, R., Hart, J., Cheeke, P., Hansen, D., Klinger, R., Lane, W. (1999). Annual ryegrass. http://eesc.orst.edu/AgComWebFile/EdMat/PNW50 1.pdf (5.3.2010).

Hopkins, C., Marais, J.P., Goodenough, D.C.W. (2002). A comparison, under controlled enviromental conditions, of a Lolium multiflorum selection bred for high dry-matter content and non-structural carbohydrate concentration with a commercial cultivar. Grass and Forage Sci. 57: 367-372.

Humphreys, M.W., Yadav, R.S., Cairns, A.J., Turner, L.B., Humphreys, J., Skot, L. (2006). A changing climate for grassland research. New Phytol. 169: 9-26.

Karayiğit, İ., & Kızılşimşek, M. (2005). Farklı Olgunluk Dönemlerindeki Bazı Melez Mısır (Zea Mays L.) Çeşitlerinin Silaj Kaliteleri Üzerine Araştırmalar. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı.*Fen Bil. Enst.(Basılmamış Yüksek Lisans Tezi), Kahramanmaraş*.

Kesiktaş, M. (2010). Karaman'da farklı ekim zamanları ve azotlu gübre dozu uygulamalarının İtalyan çiminin (Lolium multiflorum westerwoldicum Caramba) yem verimine etkileri. Çukurova Üniv. Fen Bil. Enst. (Yüksek lisans tezi), s. 59. Adana.

Keys, J.E., Pearson, R.E., Miller, R.H.)(1984). Effect of ratio of corn silage to grass-legume silage with high concentrate during dry period on milk production and health of dairy cows. J. Dairy Sci. 67: 307-312.

Kuşvuran, A. ve Tansı, V. (2005). Çukurova koşullarında farklı biçim sayısı ve azot dozunun tek yıllık çimin (Lolium multiflorum cv. Caramba) ot ve tohum verimine etkisinin saptanması. Türkiye VI. Tarla Bitk. Kong. 5-9 Eylül 2005, Cilt II, 797-802. Antalya.

Kuşvuran, A., Kaplan, M. ve Nazlı, R. İ. (2014). Effects of ratio and row spacing in hungarian vetch (Vicia pannonica Crantz.) and annual ryegrass (Lolium multiflorum Lam.) intercropping system on yield and quqlity under semiarid climate conditions. Turkish Journal of Field Crops. 19 (1) 118-128.

Lemus, R. (2009). Utilization of annual Ryegrass. Forage News, Mississippi State Uni., Extension Service. January, p. 1-4.

Lenuweit, U., Gharadjedaghi, B. (2002). Biologische basisdaten zu Lolium perene, Lolium multiflorum, Festuca pratensis und Trifolium repens. Gesellschaft für Freilandökologie und Naturschutzplanung mbH, Bayreuth..

Mc Cormick, M.E., Morgan, E.B., Brown, T.F., Saxton, A.M. (1990). Relationships between silage digestibility and milk production among Holstein cows. p. 60-64 in Proc. Forage Grassland Conf. Am. Forage Grassland Council, Belleville, VA.

Mc Cormick, M.E., Cuomo, G.J., Blouin, D.C. (1998). Annual ryegrass stored as balage, haylage or hay for lactating dairy cows. J. of Prod. Agric. 11(3): 293- 300.

Ohshima, M., Nagatomo, T., Kubota, H., Tano, H., Okajima, T., Kayama, R. (1988). Comparison of nutritive values between hays and silages prepared from Italian ryegrass (Lolium multiflorum Lam.) and its pres cake using goats. J. Japan. Grassl. Sci. 33(4): 396-401.

Özkan, U., & Şahin Demirbağ, N. (2016). Türkiyede kaliteli kaba yem kaynaklarının mevcut durumu. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*,*9*(1), 23-27.

Özkul, H., Kırkğınar, F., & Kağan, Tan. (2012). Ruminant beslemede karamba (Lolium multiflorum cv. Caramba) otunun kullanımı. *Hayvansal Üretim*,*53*(1).

Tıknazoğlu, B. (2006). Yem bitkileri tarımı ve silaj yapımı. Samsun Tarım İl Müdürlüğü Çiftçi Eğitimi ve Yayım Şubesi Yayını, s. 62.

Valente, M.E., Borreani, G., Peiretti, P.G., Tabacco, E. (2000). Codified morphological stage for predicting digestibility of Italian ryegrass during the spring cycle. Agron. J. 92: 967-973.

Zaman, M.S., Mir, Z., El-Meadawya, A., McAllister, T.A., Cheng, K.J., Zobell, D., Mathison, G.W. (2002). Performance and carcass characteristics of beef cattle fed diets containing silage from intercropped barley and annual ryegrass. Anim. Feed Sci. and Tech. 99 (1-4): 1-11.

Zhang, Y., Bunting, L.D., Kappel, L.C., Hafley, J.L. (1995). Influence of nitrogen fertilization and defoliation frequency on nitrogen constituents and feeding value of annual ryegrass. J. Anim. Sci. 73: 2474-2482.

Bölüm 5

Balıklarda Büyüme ve Büyüme Analizleri

Fahrettin YÜKSEL[1], Gülderen KURT KAYA[2]

[1] Prof. Dr.; Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü.
fahrettinyuksel@munzur.edu.tr Orcid No: 0000-0001-7015-4564
[2] Doç. Dr.; Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü.
gkurtkaya@munzur.edu.tr Orcid No: 0000-0001-8988-2238

GİRİŞ

Balık türünün tolerans gösterebildiği sıcaklık boyutları içinde, yüksek sıcaklık balığın büyüme oranını hızlandırır. Fakat bu yüksek sıcaklık balıkların cinsi olgunluğa erken başlamasını da sağladığı için balığın büyümesini bir ölçüde sınırlayan bir etkendir. Nitekim sıcak sulardaki bazı balık türlerinin nihai büyüklükleri, soğuk sulardakine göre, daha küçüktür. Bugün denizlerimizin doğal su ürünleri rezervleri çeşitli sebeplerden dolayı azalmaktadır. Bazı araştırmacılar tarafından öngörülen projeksiyonlara göre gelecek yıllarda yetiştiricilik yoluyla elde edilecek su ürünleri üretimi avcılık yoluyla elde edilen üretimi geçecektir. Buna göre artan üretim karşısında yetiştiricilikte gerek daha kaliteli ürüne ulaşmak gerekse üretimi daha ekonomik hale getirmek ve üretimin daha iyi noktalara çekilmesi için gerekli çalışmaların yapılması zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmalar içinde özellikle yemin değerlendirilme oranı ve büyüme performanslarının bilinmesi ve en önemlisi yetiştiricilikte optimum gelişmenin yakalanması oldukça önemli konulardır. Yetiştiricilikte yem ana üretim maliyetidir ve balık besleme büyük bir oranla tahmini olarak yapılmaktadır. Balık üreticileri farklı yönergeleri takip ederek farklı uygulamaları benimsemektedir. Bununla birlikte besleme oldukça fazla yem sarfiyatına, ekonomik kayba ve daha büyük atık çıkışına yol açmaktadır. Bu sebeplerden dolayı üretimde optimum gelişme düzeylerinin yakalanması gerekliliği ortaya çıkmaktadır. Bu da yem rasyonlarının balıkların besin ihtiyaçlarını optimum olarak karşılayacak biçimde düzenlenmesi ve yetiştiriciliğin her aşamasında gelişimin izlenmesine bağlı olarak gerçekleştirilebilir. Besleme seviyesinin belirlenebilmesi için daha oransal yaklaşımlar kullanılarak balıkların yem gereksinimleri belirlenmelidir. Bu yaklaşım 5 adımda değerlendirilebilmektedir. Balıklarda büyüme; besin tüketimi, asimilasyonu ve buna bağlı olarak vücutta meydana gelen boy ve ağırlık artışı olarak ifade edilebilir (Nikolsky,1963). Bir başka ifadeyle büyüme, bir zaman dilimi içindeki enerji dengesinin pozitif olmasının bir sonucu olarak ortaya çıkan hücre sayısı ve büyüklüğündeki artış anlamına gelmektedir. Balıkta barsak mukozası, deri dokusundaki sürekli yenilenmeler gibi artışlar ise büyüme kavramı içinde değerlendirilmez. Balıklarda büyüme ve büyümenin analizi, balık biyolojisi, beslenme fizyolojisi ve biyokimyası (biyoenerjetik), popülasyon dinamiği, yetiştiricilik, balık yemi teknolojisi ve yemleme teknikleri, akuatik toksikoloji gibi konularda ele alınabilir (Yüce vd., 2015; Aydın vd., 2015; Serdar vd., 2017; Özcan vd., 2017; Eroğlu vd., 2018; Özcan, 2020; Çoban vd., 2021; Düşükcan vd., 2022).

2. BÜYÜME İLE BESLENMENİN İLİŞKİSİ

Tüm canlı organizmalar yaşamlarını devam ettirebilmek için enerjiye ihtiyaç duyarlar ve aldıkları bu enerjiyi öncelikle yaşamsal metabolizma faaliyetlerini (solunum, sindirim, boşaltım, üreme, dolaşım vb.) gerçekleştirmek için kullanırlar. Bu işlevleri gerçekleştirdikten sonra ise kalan enerjiyi büyüme yani doku kazanımı için kullanırlar. Büyüme genel anlamda uzunluk ve ağırlık artışı olarak kabul edilse de bu balıklar için ağırlık artışı anlamına gelmektedir. Vücut ağırlığının artışıyla enerji yeterliliğinin artışı bir sinonim olarak kullanılmaktadır. Enerjinin korunumu eşitliği çerçevesinde büyüme, balık vücudundaki enerji yeterliliğinin artması şeklindedir (Hoşsu vd., 2003).

Canlılar, gerekli olan bu enerjiyi aldıkları besinlerden sağlarlar. Bu yüzden beslenme canlılar için yaşamın devam edebilmesi için vazgeçilmezdir. Bazı canlılar gerekli enerjiyi sağlamak üzere kendi besini kendileri üretir (ototrof). Ancak canlıların büyük bir kısmı besinini dışarıdan almak suretiyle karşılar (heterotrof). Balıklarda besinlerini dışardan alan canlılardandır. Bu noktada özellikle insan eli altında yetişen kültür balıklarında beslenme oldukça önemlidir. Çünkü alınan besinler enerji ihtiyacını sağlarken gerekli besin maddelerini de karşılamalıdır. Beslenmenin büyüme üzerine etkisi oldukça fazladır. Beslenme ve büyüme bu kadar önemli iken önümüze çıkan diğer bir önemli konu da beslediğimiz balıkların bu besinlerden ne derece yararlandığının ve büyüme performanslarının belirlenmesidir. Bu noktada büyüme ve beslenme arasındaki ilişkinin belirlenmesinde kullanılan birtakım modellerden yararlanılmaktadır

3. YEM DÖNÜŞÜM ORANI(FCR)

Dünya genelinde FCR olarak bilinen yem dönüşüm oranı kabaca yemin yumurtaya ve ete dönüşüm oranı olarak bilinmektedir. FCR yani yem dönüşüm oranı balıklarda gelişim performansını belirlemede en çok kullanılan belirteçlerden birisidir. FCR değeri türün farklı boylarına, farklı yetiştirme koşullarına ve yemin içeriğine göre değişmektedir. FCR ağırlık artışının bir ölçüsü olması dışında sağlıklı, kaliteli ve kısa sürede pazara ulaşabilen balıkların da üretilmesini sağlar. FCR aşağıdaki formüle göre hesaplanmaktadır (Hoşsu vd., 2003).

$$FCR = \frac{\text{Tüketilen yem miktarı (kg)}}{\text{Ağırlık kazancı (kg)}}$$

Bununla bağlantılı olarak “Yem Dönüşüm Etkinliği” de;

$$YDE = \frac{\text{Ağırlık Kazancı}}{\text{Verilen Yem Miktarı(kg)}}$$

Formülü ile hesaplanmaktadır.

Bu hesaplamanın yanında, balığa verilen yemdeki enerji değerleri kullanılarak da "Yem Dönüşüm Oranı" hesaplanabilmektedir. Yapılan araştırmalara göre yüksek enerjili yemlerle beslenen balıklarda daha hızlı büyüme gözlenirken, daha az atık çıkışı gözlenmektedir. Ancak bu daha pahalıdır. Balıklarda et oluşumu için enerjiye gereksinim vardır. Bu enerji ise aminoasit ve yağlardan karşılanmaktadır. Bu yüzdendir ki yem içindeki enerji hesabı yapılarak FCR değerine ulaşılabilir. Örneğin; alabalıklarda 1 g proteinin enerjisi 3,9 kalori, 1 g yağın enerjisi 8 kalori ve 1 g karbonhidratın enerjisinin 1,6 kalori olduğu hesaplanmıştır (Soderburg, 2006).

Spesifik büyüme oranı balık büyüklüğü arttıkça azalmaktadır. Doku birikiminde kullanılan enerjinin net etkisi; Yem Enerjisi (IE)' nden Yaşamsal Enerji (ME) çıkartılarak bulunur. Ancak ME tüm balık türleri için elde edilemeyebilir. Bu sebeple sindirilebilir enerji (DE), metabolik enerji (ME) ve toplam enerji (GE) girişinden hesaplama yapılır. Balıkların günlük olarak gereksinim duydukları enerjinin bilinmesi büyüme oranının belirlenmesi içinde oldukça önemlidir. Eğer bir balığın yaşaması için gerekli enerji miktarı bilinirse bu, yemden net yararlanma oranının bulunmasına olanak sağlar (Hoşsu vd., 2003).

Yem dönüşüm oranından besleme oranının tahmininde aşağıdaki formüllerden yararlanılmaktadır (Soderburg, 2006).

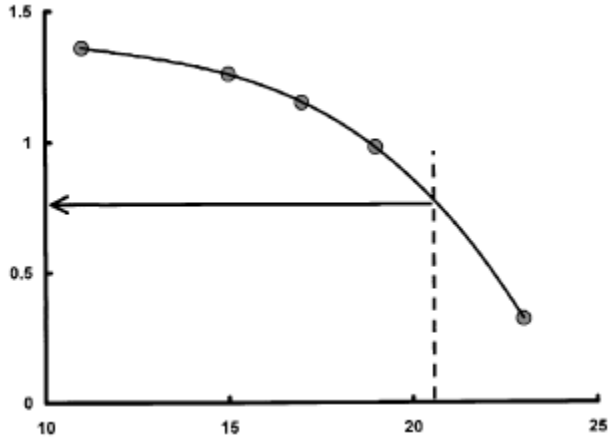
$$\text{Yemden Net Yararlanma} = \frac{\text{Canlı Ağırlık Artışı}}{\text{Tüketilen Yem- Yaşama Payı İçin Gereken Yem Miktarı}}$$

$$\text{Besleme Oranı} = \frac{3 \times \text{FCR} \times \text{Boydaki Değişim} \times 100}{\text{Boy}}$$

4. TERMAL BÜYÜME KATSAYISI(TGC)

Bu büyüme ölçüm kriterlerinin yanı sıra su sıcaklığının da hesaba katılarak balıklardaki büyümenin tahmin edilmesinde daha doğru ve kullanışlı bir yöntem daha bulunmaktadır. Bu formül termal büyüme katsayısıdır. Termal büyüme katsayısı birçok besleme denemesinde başarı ile kullanılmıştır. Vücut ağırlığının 1/3 üssü alınmaktadır. TGC çeşitli koşullar altında büyüme tahmini ve üretim planlaması için basit ve esnek bir modeldir (Jobling, 2003).

$$\text{TGC} = \frac{\text{Son Vücut Ağ.}1/3 - \text{Başl. Vücut Ağ.}1/3}{(\text{T} \times \text{gün})} \times 100$$



Şekil 1. Sıcaklığa bağlı olarak TGC 'de gözlenen değişimler (Jobling, 2003)

TGC değerleri türe, beslenmeye, stoklara, çevreye, bakım şartları ve diğer bazı koşullara bağlıdır. Bu sebeple yetiştiricilikte bu hesaplamaları yapabilmek için daha önce benzer çiftlik ve stok koşullarında tutulan büyüme kayıtlarından yararlanmak gerekmektedir. Üretim esnasında tespit edilen TGC ve su sıcaklığı değerleri ile canlı ağırlık artışı (CAA) ve karkastaki kuru madde üzerinden hesaplanan tutulan enerji, azot ve fosfor değerlerine ulaşılabilir.

CAA = Son Vücut Ağırlığı – Başlangıç Vücut Ağırlığı
Tutulan Enerji (RE) = CAA x Kuru Madde x Toplam Enerji (GE)

K faktörü balığın yaşı, cinsiyeti, üreme mevsimi, olgunlaşma dönemi, bağırsakların doluluğu, tüketilen besinin cinsine, yağ rezervinin miktarına ve kas yapısının gelişim derecesinden etkilenmektedir. Bazı balıklarda gonadlar balığın toplam ağırlığının % 15'inin üstünde olabilmektedir. Bu yüzden yumurtalar bırakıldıktan sonra K faktörü hızla değişebilir. K faktörü belirli bir miktar suda stoklanabilecek balık miktarının belirlenmesine yardım eder. Eğer K faktörü kabul edilemeyecek seviyede kısmen veya tamamen stoklamaya bağlı olarak çok düşerse; stoklama oranı K değeri tekrar artıp kabul edilebilir seviyelere ulaşıncaya kadar azaltılabilir.

K faktörü balıkların refahıyla ilişkili olarak balığın fizyolojik durumunun bilgisini yansıtır. Besinsel açıdan bakıldığında bir yağ birikimi ve gonadal gelişim varlığı, üretimi sağlayan açıdan bakıldığında bazı türlerde en yüksek K değerine ulaşıldığı görülmüştür. K değeri iki populasyonun karşılaştırılmasında da bizlere bilgiler verir. Gonadal gelişim periyodunun tespitinde ve bir türün

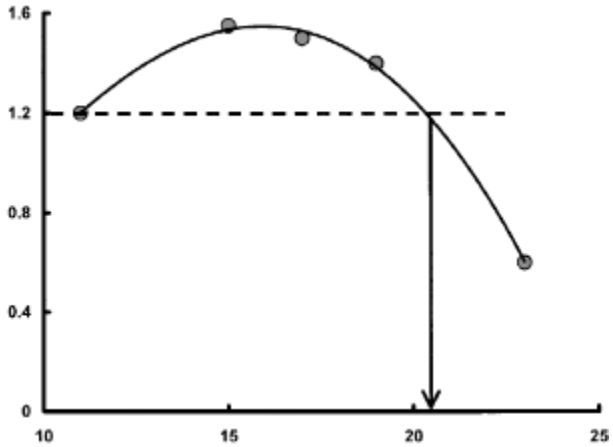
besin kaynağını iyi kullanıp kullanmadığını yani beslenme aktivitesini takip edilmesinde önemi vardır. Ayrıca balıkların yaşam döngülerini anlamamıza yardım ederek türleri daha iyi yönetmemize olanak sağlar (Lizama ve Ambrosio, 2002).

5. SPESİFİK BÜYÜME ORANI (SGR)

Belirli bir yetiştirme koşulunda stoklanan balıkların büyüme potansiyellerini doğru tahmin etmek, enerji veya günlük verilecek yem miktarını doğru hesaplamada öncelikli bir durumdur. Bu amaç için genelde kullanılan formül ise spesifik büyüme oranıdır. SGR, çoğu biyolog tarafından yaygın olarak balıklarda büyüme oranı olarak tanımlanmaktadır. Büyüme somatik veya reprodüktif şekilde olmaktadır. Enerjinin korunumu eşitliğine göre büyüme balık vücudundaki enerji yeterliliğinin artması olarak tanımlanabilir. Genel anlamda büyüme, ağırlığın artışı olarak tanımlanmaktadır. Vücut ağırlığının artışı ile enerji yeterliliğinin artışı bir sinonim olarak kullanılmaktadır. Büyümeyi belirleyebilmek için ağırlık ile ağırlık artışı için geçen sürenin ilişkilendirilmesi gerekmektedir. Ağırlık ile geçen süre arasındaki bu ilişkiye "Büyüme Oranı" denir. Balığın ağırlığı W1'den W2'ye çıktığı zaman (W2 – W1) değeri ise bize "Tam Büyüme" yi verir. Bu büyüme t1'den t2'ye kadar geçen süre ile ilişkilendirildiği zaman ise W2 – W1 / t2 – t1 formülü "Tam Büyüme Oranı" nı vermektedir. Nispi Büyüme ise balığın başlangıç ağırlığının ağırlık artışına (W2 W1 /W1) oranıdır. Bazı özel durumlarda ise o anki zaman dilimi içindeki büyüme gerekli olabilmektedir. Bu durum söz konusu olduğunda ise bu değere "Anlık Büyüme Oranı" denir. Bu oranın 100 ile çarpımı ise yukarıda formülde verildiği bize gibi "Spesifik Büyüme Oranı" nı verir. Bu oran özellikle farklı ağırlıktaki balık grupları ve erken gelişme döneminde olan balıklarda geçerlidir (Metailler, 1986, Hoşsu vd., 2003).

$$SGR = \frac{Ln \text{ Deneme Sonu Ağırlığı} - ln \text{ Deneme Başı Ağırlığı}}{\text{Deneme Süresi (gün)}} \times 100$$

Yukarıda formülde de verildiği gibi balıklarda büyüme bilimsel olarak spesifik büyüme oranı kullanılarak modellen dirilebilmektedir. Burada formülde dikkat çeken bir noktada büyümenin doğrusal (lineer) değil üssel (logaritmik) olmasıdır.



Şekil 2. Sıcaklığa bağlı olarak SGR' de gözlenen değişimler (Jobling, 2003)

6. ÖRNEKLEME, VERİ TOPLAMA VE DEĞERLENDİRME

6.1. Örneklendirme Metotları

Popülasyonlarda yapılacak büyüme analizlerinde öncelikle örnekleme yapılacak alanlar belirlenmelidir. Örnekleme yapılacak habitat, popülasyonunun dağılımını temsil edebilecek şekillerde alt örnekleme bölgelerine ayrılmalıdır (Gulland, 1975). Örnek temin etmede kullanılan avlama metotlarının çoğu; av aracının teknik özellikleri, çevre şartları, günün vakti gibi çeşitli hususlara bağlı olmakla birlikte; balığın tür, büyüklük ve cinsiyetine bağlı olarak seçicidir (Lagler, 1978). Ticari avcılıkla örnek temin etme oransal olarak kolay, deneysel avcılık yoluyla örnek sağlanması ise çok zor ve pahalıdır. Araştırıcı genellikle uygun olmayan şartlarla karşı karşıya gelmektedir. Ticari avcılıkla karaya çıkarılan örneğin popülasyonu temsil gücünün daha az olması doğaldır (Gulland,1975). Balık büyüme çalışmalarında kullanılacak örnekleme metotlarının seçimi ve örneğin popülasyonu temsil edebilmesi için şu ilkelere dikkat edilmelidir;

1.Örnekleme alanının fiziksel özellikleri ve su kalitesi bilinmelidir.
2.Balığın taksonomik ve morfolojik özellikleri, göç ve üreme gibi davranışları bilinmelidir.
3.Örneklemeyi yapan kişiler avcılık metotlarını, bunların eksiklik ve üstünlüklerini, bölge ve tür için elverişliliklerini bilmelidir.
4.Çoğu av aracı seçici olduğu için, kullanılan ağın, iç ve dış faktörler ve bunların etkileşiminin bir sonucu olarak ortaya çıkan ağ seçiciliği bilinmelidir.

5.En kolay ve problemsiz örneklemeler ticari veya sportif yolla elde edilmiş avdan yapılabilir.

6.Örneklerin iyi incelenmesi ve doğru kayıt tutulmasına özen gösterilmelidir. İyi örneklerden elde edilen veriler, kayıt tutulmaması ve yapılan ihmallerden dolayı işe yaramaz hale gelebilmektedir (Lagler,1978).

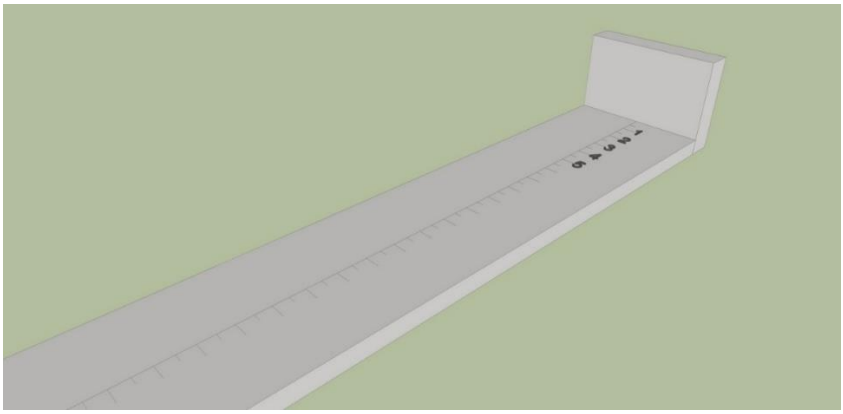
Büyüme çalışmalarında; suyun uzaklaştırılması (kültür ortamı, boşaltılabilen havuzlar, göletler, akışı kesebilen dereler vs.), anestezikler ve balık zehirleriyle avcılık (küçük su kaynaklarında, diğer metotların uygulanamadığı yerlerde), olta balıkçılığı, elle veya el aletleriyle (zıpkın gibi) avcılık , elektrikle avcılık (seçiciliği en düşük metottur), aktif ağlarla yapılan avcılık (gırgır, trol, ığrıp, manyat, serpme gibi av araçlarının ağ göz açıklığı seçicilikte etkilidir), pasif ağlarla yapılan avcılık (solungaç ağı, fanyalı ağ, dalyan, pinter gibi av araçlarının ağ göz açıklığı seçicilikte etkilidir) gibi yöntemler kullanılır (Lagler,1978). Havuz, kafes, tank, akvaryum gibi ortamlarda tutulan balıklarda büyüme analizi yapılırken balıklar uygun bir kepçe ile alınır veya bir çevirme ağı ile yakalanırlar. Bu şekilde yapılan örneklemelerin de stoku temsil etmesi, tam şansa bağlı örnekleme yapılması gerekir (Lagler,1978).

6.2. Örneklerin Korunması

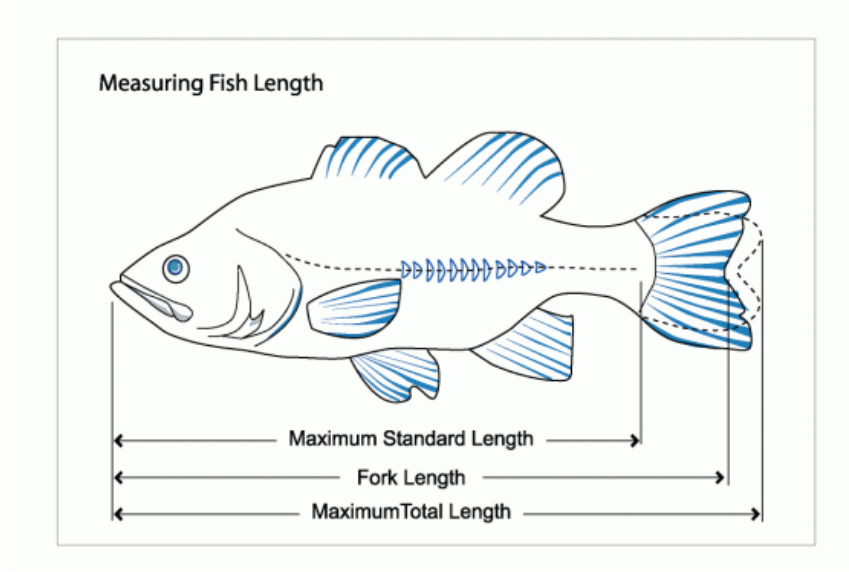
Örnekler alındıktan sonra gerekli incelemeler yapılıncaya kadar bozulmayı önlemek için tedbir alınmalıdır. Kısa süre sonra incelenecek örnekler soğuk bir ortamda saklanabilir. Uzun süreli muhafaza için numuneler dondurulabilir veya kimyasal maddelerde (% 4'lük formaldehit, %70'lik etil alkol vb.) muhafaza edilebilir. Dondurma veya kimyasal maddelerde muhafaza sırasında oluşacak ağırlık kaybına dikkat edilmelidir (Avşar, 1998).

6.3. Örneklerin Laboratuarda Çalışılması

Örnekler taze ise (soğuk muhafaza dahil) hemen çalışmaya başlanabilir. Kimyasallar içinde muhafaza edilmiş ise, örnekler bir süre musluk suyu altında bekletilerek çalışma sırasında rahatsız edici kokulardan arındırılır, kimyasal maddelerin çalışma yapan kişilerin sağlıklarına olacak olumsuz etkisi ortadan kaldırılır. Büyüme çalışmalarında boy (total, çatal, standart boydan hangisi kullanılacaksa; tercihen çatal boy), toplam vücut ağırlığı, cinsiyet, olgunluk durumu ve yaş belirlenir. Örneklerin boy ölçümü, 1 mm hassasiyetteki ölçüm tahtaları (Şekil 3) ile yapılır. Boylar Şekil 4'de görüldüğü gibi ölçülmelidir. Toplam vücut ağırlığı taze örneklerde balığın üzerindeki su ile birlikte tartılır (Anderson ve Gutreuter, 1989).



Şekil 3. Boy ölçüm tahtası (Anderson ve Gutreuter, 1989)



Şekil 4. Balık boyu ölçümleri (Anderson ve Gutreuter, 1989).

Kimyasallarda muhafaza edilen örneklerin musluk suyu altında bir süre bekletildikten sonra kurutma kâğıdı ile ıslaklığı alınır ve ağırlığı tartılır. Tartımlarda örnek büyüklüğüne göre en az 0,1 g hassasiyetteki teraziler kullanılır. Kimyasallardan muhafaza edilen örneklerde ağırlık değişimleri meydana gelebileceğinden başta kondisyon faktörü olmak üzere çeşitli hesaplamalarda araştırmacıları yanıltabilir. Bu nedenle kullanılan kimyasalın boy ve ağırlık üzerindeki etkileri bilinmeli ve gerekli düzeltmeler yapılmalıdır (Avşar, 1998).

6.4. Büyümenin İfadesinde Kullanılan Ağırlık ve Boy Çeşitleri

6.4.1. Yaş Ağırlık

Ağırlığı ve ağırlıktaki değişimi değerlendirmenin en kolay yolu bireylerin periyodik olarak tartılmasıdır. Bireylerin ağırlığındaki varyasyon yüksek olursa örneklenen balıkların tamamı tartılarak bireysel ağırlık ortalaması hesaplanabilir. Yaş ağırlık belirlemedeki hata kaynakları vücut yüzeyinde, solungaç veya ağız boşluğunda tutulan aşırı su ile ölü balığın su kaybıdır. Canlı bireylerin ağırlıkları tartılırken, eğer pratik oluyorsa, anestezik kullanılabilir. Canlı balık suda tartılırsa daha az strese girer. Büyüme analizleri için örneklerin organ veya dokularının yaş ağırlıkları da belirlenebilir. Ancak örnekler nem oranı düşük yerlerde tutulmuş ve çabuk tartılmışsa su kaybı problem olabilir (Bucasker vd., 1990).

6.4.2. Kuru Ağırlık

Bütün balık veya doku örneği uygun şartlarda kurutulduğunda sabit bir ağırlığa ulaşır, buna kuru ağırlık denir. Kuru ağırlık tartımı birey veya organın üzerindeki aşırı su ya da su kaybı (dehidrasyon) nedeniyle oluşacak hataları elemine eder ve iç suyu uzaklaştırır. Kurutma sürecinde, tartımlar arasındaki değişim % 1'den az ise örnek sabit ağırlığa gelmiş sayılır ve tartılır. Kurutmada 0,5 g'dan küçük örnekler için 60 C de 24 saat tutma yeterlidir. Örnek büyükse daha yüksek sıcaklık ve daha uzun süre gerekebilir. Kurutma 100-110 C'de yapılabilirse de, bu durumda uçucu yağlar kaybolabilir. Kurutma esnasında gerçekleşecek oksidasyon, örneğin ağırlığını artırabilir ya da uçucu maddelerin kaybına neden olabilir. Örnekler basıncı azaltılmış bir vakum fırınında kurutulursa bu problemler ortadan kaldırılır. Yüksek sıcaklıklarda büyük örnekler kurutulacaksa sıcaklık kademeli arttırılmalıdır, çünkü hızlı ısıtma paketleri patlatarak materyal kaybına neden olabilir. Soğuk kurutma doku örneklerinden suyun çoğunu uzaklaştırır, ancak bu özel ekipmanlar gerektiren yavaş bir işlemdir (Bucasker vd., 1990).

Kuru ağırlığı belirlemek için kullanılan, darası alınarak içinde kurutma da yapılan kaplar, örneklerle reaksiyona girmeyecek alüminyum folyo, platin, seramik, cam ya da ısıya dayanıklı materyalden yapılmalıdır. Plastik materyalin çoğu sıcaklık artışıyla (100-110 C) deforme olur (Bucasker vd., 1990).

6.4.3. Kül Ağırlığı

Kül ağırlığı organik maddeler yandıktan sonra geriye kalan minerallerin ağırlığıdır. Geçici büyümeden en az etkilenen ölçüm budur. Bu ölçüm için yanma sıcaklığı ihtiyaç vardır ve yakma kapları (krozeler) platin, ısıya dayanıklı cam ve porselenden yapılmış olmalıdır. Örnekler ile kaplar 0,1 g ve daha az örnekler için 30 dakika, daha büyük örnekler için 24 saatten daha fazla 450-500 C deki

fırınlarda tutulurlar. 550 C'nin üzerindeki sıcaklıklar CaCO3'ın dekompoze olmasına neden olabilir ve bundan kaçınılmamalıdır. Kuru ağırlık ve kül ağırlığı arasındaki fark yakma ile kaybolan organik madde miktarıdır. Genellikle bu fark külsüz kuru ağırlık ya da yaş ağırlığın % si olarak ifade edilir (Bucasker vd., 1990).

Kuru ağırlık ve kül ağırlığı daha çok küçük bireylerin (larva, yavru vs.) organ ve dokuların büyümelerini, biyokimyasal ve fizyoloji temeline dayalı olarak daha hassas belirlemeye yöneliktir. Popülasyon büyüme analizleri ve besleme denemelerinde bu ağırlık çeşitleri, belirleme zorluğu, yüksek maliyet ve işgücü ihtiyacı nedeniyle tercih edilmemektedir (Bucasker vd., 1990).

Balıklardan elde edilen veriler bir kayıt tutma formuna işlenir. Bu verilerin orijinali, kopyası ve bilgisayar kaydı el altında bulundurulmalıdır (Bucasker vd., 1990).

7. BÜYÜMENİN İFADE EDİLMESİ

Vücut ağırlığı ve boy, balık büyümesini tanımlamakta en yaygın kullanılan boyutlardır. Balıklarda ağırlık artışı ve boy büyümesi mutlak, oransal ve anlık (spesifik) büyüme gibi terimlerle ifade edilir. Bir organizmanın gelişmesinde çevresi ile ilişkisine bağlı birkaç safha vardır ve bu safhalarda da büyümenin karakteri farklıdır. Embriyonik safha: döllenmeden dış beslenmeye geçinceye kadarki gelişme safhasıdır. Embriyo yumurta kesesinden beslenir. Bu periyot iki kısma ayrılabilir: a) yumurta (yumurta içindeki gelişim safhası), b) prelarva (yumurtadan çıkıştan dış beslenmeye geçinceye kadarki safha), Larval periyot: Dış beslenme başlamıştır, ancak morfoloji henüz ergin organizmaya benzemez, Cinsel olgunluk öncesi periyot(jüvenil): Dış görünüş ergin bireylere benzer; gonatlar gelişmemiştir, büyümenin hızlı olduğu dönemdir, Ergin organizma periyodu: kendi kendine üreyebilir. Sekonder cinsiyet karakteri bu dönemde görülür, Yaşlılık periyodu: Üreme kabiliyetinde gerileme görülür, boyca büyüme oldukça yavaşlar (Nikolsky, 1963).

7.1. Balıklarda Büyüme Dinamiği: Büyümenin Özellikleri

Çetinkaya (1989)'ya göre büyümenin özellikleri;

a) Balıklarda büyüme ömrün sonuna kadar devam eder. Zaman bağlı olarak ağırlık ve boy artışı üstel bir fonksiyon ile ifade edilebilir. Larva döneminden ölüme kadar olan bu büyüme seyri sigmoid ''S'' şekilli bir eğri görünümündedir. Çevre şartlarına bağlı olarak bu teorik eğri farklılıklar gösterebilir.

b) Balıklarda büyüme hızı ergenliğe kadar olan dönemde yüksektir. Erginlikle birlikte cinsiyet ürünlerinin oluşumu nedeniyle büyüme hızı yavaşlar.

c) Balık büyümesinin önemli bir karakteri de büyümenin belli dönemlerde meydana gelmesidir. Balıklarda büyüme hızı belirli dönemlerde yüksek, belirli dönemlerde düşüktür. Bu farklı büyüme hızları, pul, otolit, omur, operkulum vb. dokular üzerinde farklı büyüme desenleri oluşturur ve yaş tayinleri bu desenlere dayalı olarak yapılır.

d) Balıklarda büyüme türler arası ve tür içinde büyük varyasyon gösterir. Bir türün ulaşabileceği en fazla boy değerine "Biyolojik maksimum boy" denir.

7.2. Büyümeyi etkileyen faktörler

Balıklarda büyüme oranı ve buna bağlı olarak kazanılan uzunluk ve ağırlık iç ve dış faktörlerin etkileri altında ortaya çıkar (Szumiec, 1999).

İç Faktörler

a) Her türe ait büyüme karakteri, kalıtsal bir karakter olup minimum ve maksimum sınırlar arasında değişir. Bir türün ulaşabileceği maksimum büyüklük en uygun çevre şartlarında gerçekleşir.

b) Cinsi olgunlukta büyüme oranı düşer. Erken cinsi olgunluğa ulaşan türlerde maksimum büyüklük geç olgunlaşan türlere göre daha küçüktür.

c) Kısa ömürlü balıklarda büyüme hızı yüksek, ancak ömür kısalığı nedeniyle ulaşılan boy sınırlıdır. Uzun ömürlü balıklar daha düşük büyüme hızına sahiptirler, fakat ulaştıkları maksimum uzunluk fazladır.

Dış Faktörler

a) Su sıcaklığı büyüme olaylarının düzenleyicisidir, türe özgü optimum sıcaklığa yaklaşıldıkça büyüme hızı artar.

b) Ortamda bulunan elverişli besinin miktar ve kalitesi büyüme oranını en fazla etkileyen faktördür. Ancak, ortamdaki besinin total miktarından çok birey başına düşen besin miktarı önemli rol oynar, büyüme popülasyon veya stok yoğunluğundan etkilenir, sınırlı besin arzında yoğunluk artıkça büyüme azalır.

c) Balık göçleri, besin kalitesi ve miktarının yüksek olduğu alanlara yapıldığında (beslenme göçü) büyüme hızını artırır, üreme göçleri ise büyümeyi durdurur, hatta ağırlık kaybı (negatif büyüme) gerçekleşir.

d) Sıcaklık ve besin arzına etkisi nedeniyle mevsimsel değişmeler büyüme periyodunu etkiler. Yıl içinde balıkların beslenebildikleri dönemin uzunluğu büyüme üzeri etkilidir.

e) Balık hastalıkları ve parazitler büyümeyi önemli ölçüde azaltır. Su kirlenmesi de büyüme üzerinde olumsuz etkiye sahiptir (Çetinkaya, 1989).

7.3. Büyümenin İfade Edilmesi

Tüm canlı organizmalar yaşamlarını devam ettirebilmek için enerjiye ihtiyaç duyarlar ve aldıkları bu enerjiyi öncelikle yaşamsal metabolizma faaliyetlerini (solunum, sindirim, boşaltım, üreme, dolaşım vb.) gerçekleştirmek için kullanırlar. Bu işlevleri gerçekleştirdikten sonra ise kalan enerjiyi büyüme yani doku kazanımı için kullanırlar. Büyüme genel anlamda uzunluk ve ağırlık artışı olarak kabul edilse de bu balıklar için ağırlık artışı anlamına gelmektedir. (Hoşsu vd., 2003).

7.3.1. Boy ve Ağırlıkça Büyüme

Popülasyon analizlerinde, boy ve ağırlık olarak balığın büyümesi matematiksel bir eşitlik ve bu eşitlik kullanılarak çizilen bir eğri ile gösterilir. Popülasyon analizlerinin çoğu balıkların çeşitli yaşlardaki büyüklüklerinden ziyade büyüme oranıyla (birim zamanda boy ve ağırlıktaki artışla) ilgilidir. Çünkü balık popülasyon tahminlerindeki ele alınan hususların çoğu, doğal ölümlerle meydana gelecek kayıplara karşılık büyümeyle kazanılan ağırlık artışını karşılaştırmaya dayanır.

Büyüme eşitlikleri, balık türünün kısa bir zaman zarfında (anlık), çeşitli yaşam dönemlerinde ve bütün hayatı boyunca büyüme oranlarını verir. Kültür balıkçılığında veya doğal balık stoklarının değerlendirilmesinde esas olan balığın kaç kg veya cm olduğu değil, balığın satılabileceği büyüklüğe veya yakalanma büyüklüğüne erişebilmesi için ne kadar süre geçtiğinin bilinmesidir (Atay, 1989).

Mutlak Büyüme: Herhangi bir zaman aralığında boy veya ağırlıktaki artışı ifade eder. Mutlak büyüme aşağıdaki formüllerle hesaplanır (Atay, 1989; Çetinkaya, 1989; Erkoyuncu, 1995).

Boyca Mutlak Büyüme (ML)= Lt - Lt-1
Ağırlıkça Mutlak Büyüme(MW)= Wt - Wt-1
Burada;
Lt : t zamanındaki boy değeri (cm),
Lt-1 : t-1 zamanındaki boy değeri (cm),
Wt : t zamanındaki ağırlık değeri (g),
Wt-1 : t-1 zamanındaki ağırlık değeri (g)'dir.

Oransal Büyüme: Relatif büyüme, göreceli büyüme, izafi büyüme gibi terimlerle de anılan oransal büyüme balığın herhangi bir zaman dilimi içinde kazandığı boy veya ağırlık değerine oranıdır (Atay, 1989; Çetinkaya, 1989). Bu parametre, doğal popülasyonlarda yaşa bağlı olarak büyüme üzerindeki etkisinin

belirlenmesinde kullanılır. Oransal büyüme parametresi, periyot boyunca büyümenin her bir anda aynı olduğunu varsayar. Doğal popülasyonlarda periyot tanımlanmamışsa süre 1 (bir) yıl olarak kabul edilir. Kültür ortamında ise periyot gün, hafta, ay, yıl olarak mutlaka bildirilmelidir. Süre uzunluğunun yer almadığı bir oransal büyüme değeri yorumlanamaz, farklı grup veya stokları karşılaştırmada kullanılamaz. Oransal büyüme aşağıdaki formüllerle hesaplanır (Atay, 1989; Çetinkaya, 1989; Erkoyuncu, 1995).

Boyca oransal büyüme (OL) = (L_t-L_{t-1}/L_{t-1}) x100
Ağırlıkça oransal büyüme (OW)= (W_t-W_{t-1}/W_{t-1}) x 100
Burada;
Lt : t anındaki (periyot sonu) boy değeri (cm)
Lt-1 : t-1 anındaki (periyot başı) boy değeri (cm)
Wt : t anındaki (periyot sonu) ağırlık değeri (cm)
Wt-1: t-1 anındaki (periyot başı) ağırlık değeri (cm)

Spesifik Büyüme (Anlık Büyüme): Anlık büyüme olarak da adlandırılan bu parametre, balıkların zaman bağlı olarak büyümelerini ve büyümedeki değişimi esas alan üstel eşitlikten türetilmiştir. İster uzun dönemde (yıl) ister kısa bir dönemde (günler) büyümeyi karakterize eder. Spesifik büyüme, balığın herhangi bir periyot sonunda ulaştığı boy veya ağırlık değerinin; periyot başında sahip olduğu boy veya ağırlık değerine oranının doğal logaritmasıdır. Doğal populasyonlarda periyot (t) 1 yıl alınırken, kültür ortamında ve deneysel çalışmalarda ise gün olarak alınır. Periyot gün olarak alındığında, oran 100 ile çarpılarak spesifik büyümenin günlük % kaç olduğu ifade edilir. Periyot yıl ise oran 100 ile çarpılmaz. Popülasyonda boy ağırlık ilişkisi belirlenmiş ise ve tüm bireylere ait ağılık değerleri alınmamış ise ağırlık olarak spesifik büyüme (SW) değerinin hesabında boy değerlerinden dönüştürülmüş ağırlık değeri kullanılabilir (Bagenal ve Tesch, 1978). Spesifik büyüme;

Boy olarak spesifik büyüme (SL)=((log(Lt/Lt-1)/t(gün))x100 veya (SL)= ((Log Lt-Log Lt-1)/ t (gün))x100 eşitlikleriyle,

Ağırlık olarak spesifik büyüme (SW)=((Log(Wt/Wt-1)/ t (gün))x100 veya (SW)=((Log W-Log Wt-1)/ t (gün))x100 eşitlikleriyle hesaplanabilir.

Log bazı yayınlarda "ln" (doğal logaritma) şeklinde de ifade edilmektedir. Bir bireyin spesifik büyüme oranı ile bu bireyin içinde yer aldığı bir grup balığın veya popülasyonun spesifik büyüme oranı eşit değildir. Genel olarak bireylerin ortalama başlangıç ve son boy veya ağırlık değerleri kullanılarak bu parametre hesaplanır. Deneysel çalışmalarda ise bireylerin markalanma şansları varsa her

bir birey için SL ve SW hesaplanıp bu değerlerin ortalaması alınabilir (Bagenal ve Tesch, 1978).

Büyüme Karakteristiği (BK): Her bir hayat safhasında balıklar farklı bir büyüme karakterine sahiptir. Balıklar cinsel olgunluğa ulaşmadan hemen önce hızlı bir büyüme gösterirler. Bu büyüme büyük ölçüde besin temini ile ilgilidir ve büyük değişimler gözlenebilir. İleri yaşlarda ise büyümede belirgin bir düşüş gözlenir. BK bir yandan balığın büyümesi hakkında bilgi verirken, aynı zamanda cinsel olgunluk veya ihtiyarlık gibi safhaların belirlenmesine de yardımcı olur. Üreme ve yaşlılık dönemlerinde BK değerinde çok belirgin bir azalma gözlemlenir. BK aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (Nikolsky,1963).

BK=((LogLt-LogLt-1)/0.4343(t2-t1))Lt-1

BK eşitliğinde yer alan 0.4343 sabit sayısı, bir sayının doğal logaritması ile 10 tabanına göre logaritmasının alınması durumunda eşitlik aşağıdaki şekle dönüşür ve spesifik büyüme eşitliğinin Lt-1 ile çarpılmış şeklidir. Eşitlikteki (t2-t1) zaman aralığını yani (t)'yi göstermektedir (Nikolsky, 1963).

BK= ((Log l – Log Ln - 1) / (t 2 – t 1)) L L n -1

7.4. Büyüme Tahmin Metotları

Bir av aracıyla sağlanan veya ticari avdan alınan örneklerde geçerli bir yaş tayin metodu kullanılarak yaş belirlenmişse büyüme çalışmaları nispeten kolaydır. Ancak her bir av aracının belli derecede boy seçiciliğine sahip olduğu, bazı türlerin büyüklüğe göre sürüler oluşturduğu, dolayısıyla bu sürüden avlanan bireylerin temsil kabiliyetinin, etkin ağ kullanılmış olsa bile, zayıflayacağı unutulmamalıdır. Ayrıca göçle dışarıdan stoka katılım ve yine göçle stoktan ayrılma popülasyonda büyüklük kompozisyonunu değiştirmektedir. Balıklarda büyüme aşağıdaki metotlarla araştırılır. Bunlardan bir kısmı fertler, bir kısmı ise popülasyonla ilgili büyümenin tayini için elverişlidir (Bagenal ve Tesch, 1978).

7.4.1. Tank, Havuz ve Benzeri Ortam Denemeleri

Denemeye bilinen boydaki fertlerle başlanır. Popülasyona ait büyüme hakkında bilgi sağlayabilmek için deneme şartlarının mümkün olduğu kadar doğal şartlara uydurulması ve kontrolü gerekir. Bu denemeler fertlerin gerçek büyüme oranlarının tespitine yarar (Bagenal ve Tesch, 1978).

7.4.2. İşaretleme ve Markalama

Balığın sağlığına, davranış ve hareketlerine engel olmayacak markalama metotları bu amaçla kullanılabilir. Markalama kullanıldığında veriler büyük bir özenle değerlendirilmelidir. Bu amaçla dahili etiketler, boyalar ve yüzgeç kesme

yönetimi kullanılır. Büyümenin tahmini için veriler kullanılmadan önce, markalamanın büyümeyi etkilemediği her çalışmada gösterilmelidir (Bagenal ve Tesch, 1978).

7.4.3. Yaş-Boy Bilgilerinden

Popülasyondan alınmış tesadüf örneğinden fertlerin yaş ve boyları belirlenir. Her yaş grubu için ortalama boy güven sınırları içinde hesaplanır. Bu metot doğru uygulandığında popülasyon çalışmalarında en tahmin edici uygun metottur (Bagenal ve Tesch, 1978).

7.4.4. Petersen Metodu

Her yaş grubu için modal boy (en çok tekrarlanan değer, mod), boy frekansı dağılımından belirlenir. Homojen bir büyüme görülen ve yaş grubu içindeki boy varyansının az olduğu popülasyonlar için uygun bir metottur (Bagenal ve Tesch, 1978).

7.4.5. Yıl sınıfı (Cohort = Tertip) Analizi

Özel bir yaş grubuna ait (özellikle baskın yıl sınıfı) modal boylar yıllık aralıklarla belirlenir. Büyümenin yoğunluğuna bağlı olduğu popülasyonlarda bazı zorluklar görülebilir. Bu metot ve boy frekans dağılım analizleriyle, büyüme oranı balığın gerçek yaş bilgileri olmaksızın belirlenebilir, ancak gerçek yaşın bilinmesi daha tatmin edicidir (Bagenal ve Tesch, 1978).

7.4.6. Geri Hesaplama

Metot pul, otolit ve operkulum gibi kemiksi yapıların büyümesi arasında belli bir ilişkinin varlığına dayanır. Bu ilişkiden hareketle bir balığın daha önceki yaşlardaki boyu ve buna bağlı olarak da büyüme oranı hesaplanabilir (Bagenal ve Tesch, 1978).

7.5. Büyümenin Matematiksel Modelleri

Balıkta büyümenin matematiksel bir modelle ortaya konulması birçok yararlar sağlamaktadır (Çetinkaya, 1989). Balıklarda büyüme kalıtsal bir tür özelliği olmakla birlikte, aynı türün farklı popülasyonları arasındaki farklılık büyüktür. Stokları tanımlayıcı büyüme modellerinin ortaya konulmasıyla türler arasında veya çeşitli zaman ve yerlerde büyüme farklılıklarının karşılaştırılması kolaylaştırılmıştır. Ayrıca büyüme eğrilerinden elde edilen parametreler, popülasyonların diğer özelliklerinin tahmininde de kullanılabilir (Erkoyuncu, 1995).

Brody, evcil hayvanların genellikle "S" şekilli bir büyüme eğrisi gösterdiğini gözlemlenmiştir (Lt=ae). Von Bertalanffy (1957), Brody eşitliği üzerinde çalışmalar yapmıştır. Von Bertalanffy büyüme eşitliği (VBBE) temelinde büyümenin organizmada devam eden birbirine karşıt eğilimli anabolizma ve katabolizmanın sonucu olduğu teorisi yatmaktadır. Buna göre anabolizma oranı katabolizma oranını aştığı sürece organizmanın büyümesi devam eder ve bu oranlar, vücut büyüklüğünün üstel bir fonksiyonudur (Von Bertalanffy, 1957; Tıraşın, 1993). Von Bertalanffy, Brody tarafından verilen eşitliği yukarıda sözü edilen teoriye göre geliştirilerek aşağıdaki formülü ortaya koymuştur. Von Bertalanffy büyüme denklemi balıkçılık biyolojisi çalışmalarında bir köşe taşı olmuştur (Sparre ve Venema,1992).

Lt = L (l – e) (Beverton ve Holt, 1957; Ricker, 1975).

7.5.1. Von Bertalanffy Büyüme Eşitliği (VBBE) Parametrelerinin Belirlenmesi

VBBE, halen balık büyüme çalışmalarında en yaygın kullanılan eşitliktir. VBBE parametrelerini belirlemek için gerekli veriler üç kategori altında toplanabilir. Bunlar;

1) Yaş okumaları ve boy ölçümleri kombinasyonu,
2) Yalnızca boy ölçümleri,
3) Markalama ve yeniden yakalama denemelerinde elde edilen ardışık boy değerleridir (Sparre ve Venema, 1992).

VBBE parametlerinin hesaplanmasında, Gulland ve Holt çizimi, Ford-Walford çizimi ve Chapman metodu, Von Bertalanffy çizimi, Knight eşitliği ve en küçük kareler metodu gibi çeşitli metotlar uygulana gelmiştir (Ricker, 1975; Sparre ve Venema, 1992). Bunlardan bir kısmının kullanımından vazgeçilmiştir, bir kısmı pratik olmakla birlikte daha yuvarlak ve kişiden kişiye değişen sonuçlar vermektedir. VBBE parametrelerinin belirlenmesinde halen en çok kullanılan metot "En küçük kareler metodu" adıyla da bilinen regresyon işlemidir (Sparre ve Venema, 1992).

7.5.2. Ford-Walford çizimi

Bu metot, Ford ve Walford tarafından önerilmiş ve herhangi detaylı bir hesaplama gerçekleştirmeksizin L'nim hızlı tahminine imkan verdiği için geniş bir kullanım alanı bulmuştur. Ancak günümüzde artık yaygın kullanılmamaktadır. VBBE'de yapılan cebirsel bir işlemle eşitlik L (t + t) = a + b x L (t) haline gelmekte ve a = L x (l – b) ve b = e'ye eşit olmaktadır. K ve L sabit olduğundan, eğer t (zaman aralığı) sabit ise a ve b de sabit haine gelmektedir. K ve L parametreleri de K = (- l / t) x l n b ve L = a / l - b den çizimi

için balığın t yaşında ulaştığı boy değeri boy değeri (L t) Y eksenine yerleştirilerek bir doğru elde edilir. (Sparre ve Venema, 1992).

7.5.2.1. Ford-Walford Grafik Çizim Yöntemi

Walford'un Ford eşitliğini grafiksel gösterimi l t + 1 ile Lt çizgisi kesişiminden oluşur. Çizginin eğimi k değerine eşittir ve Y ekseni kesişimi L'dir. Böylece k ve L değeri hesaplanabilir (Ricker, 1975). Bu denklemin sabitlerinin bulunması için öncelikle her bir yaş grubunun ortalama boy değerleri hesaplanır. Sonra lt değerleri X eksenine, l t +1 değerleri de Y eksenine yerleştirilir. Kesişim noktalarını temsil eden bir doğru çizilir. Elde edilen bu doğrunun yatayla 45 derece açı yapan açıortayı kestiği noktadan X eksenine bir dik indirilir. Bu dikin X eksenini kestiği noktadaki boy değeri popülasyonun teorik maksimum boy (L) değeridir (Çetinkaya, 1989).

Grafik çizimi ile L değeri bulunduktan sonra eğim formülünden yararlanılarak K değeri ve t değerleri hesaplanır. Böylece belirlenen sabitler yerlerine konarak Von Bertalanffy büyüme denklemi yazılır (Çetinkaya, 1989).

Von Bertalanffy büyüme denkleminden Walford grafik metodu ile elde edilen sabitler yaklaşık değerleri verir. Bu değerler kişiden kişiye değişebilir. Kişisel hataları ortadan kaldırmak için regresyon metodu ile hesaplama yapılmalıdır (Çetinkaya, 1989).

7.5.2.2. Ford-Walford Grafik Çiziminde Karşılaşılan Problemler

Genç balıklar arasında daha çok büyük boylu balıkların örneklenmesi sonucunda çizginin sol kenarında sapmaya ve kısa kalmasına sebep olur. Bu nedenle böylesine etkileyici yaş gruplarının hesaplamaya dahil edilmemesi gerekir. Yaşlı bireylerin pullarından yaş değerlerinin önemli ölçüde küçük okunması. Bu durum çizginin sağ tarafını baskı altına alır. Fakat bu hatanın önemli bir etki yapması için oldukça büyük olması gerekir Hesaplamalarda yaşa bağlı ortalama boy alınır. Yıl sınıfları içinde ölüm oranı değiştiği takdirde, söz konusu yıl sınıfının bulacağımız ortalama boyu gerçek değerden sapmalı olacaktır (Ricker, 1975).

7.5.3. En Küçük Kareler Metodu

En küçük kareler metodunda VBBE parametreleri, iki ayrı regresyon işlemi uygulanarak hesaplanabilir. İlk olarak yaşlara karşılık gelen boylar lt ve ardışık yaşa karşılık gelen boylar l kabul edilerek değerler düzenlenir. Bunlardan lt değerleri X değişkeni, l değerleri Y değişkeni olarak kabul edilir, en küçük kareler yöntemiyle, X'e karşılık gelen Y değerler yardımıyla çizilen doğrunun eğimi (b) ve doğrunun Y eksenini kestiği nokta (a) bulunur. İkinci olarak L ve K

değeri ilk regresyonda elde edilen sabitler yardımıyla hesaplanır (Erkoyuncu, 1995).

7.5.4. VBBE Parametrelerinin Değişebilirliği ve Uygulanabilirliği

VBBE parametreleri doğal olarak türden türe değiştiği gibi, aynı tür içinde bile stoktan stoka değişim gösterir. Bir türün yayılış alanı içindeki farklı popülasyonları farklı değerlere sahip olabilir. Aynı zamanda bir stokta birbirini takip eden yıl sınıflarının (cohort) büyümeleri de habitat paylaşımı, ekolojik koşullar ve beslenme alışkanlıklarındaki değişim nedenleriyle farklı olur ve bu parametrelere yansır. Bunların dışında bir popülasyonda cinsiyetler arasında da önemli büyüme farklılıkları görülebilir. Bu durumda veriler erkek ve dişiler için ayrı ayrı girilmeli ve L, K ve t ayrı ayrı belirlenmelidir. Her iki cinsiyeti kapsayan genel bir VBBE de ilave edilebilir (Sparre ve Venema, 1992).

Elde edilen VBBE belirli bir popülasyon, cinsiyet ve hesaplamaya esas örneklemenin yapıldığı zamana aittir. Türün tüm popülasyonları, cinsiyetler ve zamanlar için geçerli olamaz (Sparre ve Venema, 1992).

Eşitlikteki K, balığın L değerine ne kadar hızlı yaklaştığını belirleyen bir eğri parametresidir. Genellikle kısa ömürlü balık türleri balık türleri bir veya iki yılda L değerine ulaşırlar ve yüksek bir K değerine sahiptirler. Ayrıca, kabaca genelleştirecek olursa yüksek K değeri türlerin yüksek doğal ölüme, düşük doğal ölüme, düşük K değeri düşük doğal ölüme sahip olduklarını gösterir (Sparre ve Venema, 1992).

Çevresel faktörleri L ve K parametlerinin değişimini etkiler. L ve K genellikle ters orantılıdır, biri yükselirken diğeri azalır. Su sıcaklığı yüksekse L düşük, K yüksek; sıcaklık düşük ise durum tersinedir (Erkoyuncu, 1995).

VBBE çıkarılmasında basit veya istatistik fonksiyonları olan hesap makineleri ile bilgisayar kullanılabilir. Bilgisayarda standart istatistik paket programları (excel, minitab, SPSS, SAS vd.) kullanılabildiği gibi FAO tarafından balıkçılık için hazırlanmış FİSAT paket programından da yararlanılabilir (Gayanilo vd., 1994).

7.5.5. Geri Hesaplamanın Uygulanması

Geri hesaplama bireylerin geçmiş herhangi bir yaştaki boy değerlerini bir dizi ölçüm ile tahmin etme metodudur. Geri hesaplamanın çeşitli amaçları vardır. Genellikle kullanılan yaşa bağlı boy büyüme eğrilerinin desteklenmesinde, az görülen bazı türlerin yaşa bağlı boy ilişkilerinin çıkarılmasında, cinsiyetler arasındaki büyüme farkının (geri hesaplamadan belirlenen) kıyaslanmasında, aynı türün yaş gruplarının veya popülasyonlarının büyümesinin karşılaştırılmasında kullanılır (Francis, 1990).

Geri hesaplama yapmak için birkaç metot vardır.

a) Fraser-Lee metodu: Detaylı olarak aşağıda açıklanacaktır.

b) Regresyon metodu: Tek regresyon eşitliği pul radiusu balık boyu ilişkisi için kullanılabilir. Daha sonra pul merkezinden yaş halkasına kadar ölçümler balığın söz konusu yaşındaki boyunu elde etmek için eşitliğe uygulanabilir.

c) Covaryans metodu: Direkt regresyon metodunun bir uyarlanmasıdır. Bu metot bazı problemlere işaret etmektedir.

d) Doğrusal model yaklaşımı: Doğrusal modeller pul ölçümlerinden direkt büyüme artışlarını kabul eder. Bu metot yaş grubu ve yılları (çevresel) ayırt etmeye izin verir (Busacker vd., 1990).

7.5.5.1. Fraser-Lee metodu

Geri hesaplama amacıyla genellikle pul kullanılır (Bagenal ve Tesh, 1978). Ancak zaman zaman otolit, operkulum ve yüzgeç ışını gibi kemiksi yapılar da kullanılmaktadır. Yaş tayininde kullanılan pullar önce uygun olanları seçilir ve merkezlerinden dış kenarına kadar olan boyu ölçülür. Daha sonra pulun merkezinden halkalarının olduğu bölgeye kadar olan mesafeler ölçülür. Tüm ölçümlerde belli bir hat ve sabit bir büyütme kullanılmasına özen gösterilir. Pul ölçümlerde hat olarak genellikle ön kenar ortasını birleştiren çizgi kullanılır (Busacker vd., 1990; Çetinkaya, 1989).

Balık boyu "Y" eksenine, pul boyu "X" eksenine yerleştirilerek bir grafik elde edilir. Elde edilen bu grafiğin şekline göre balık boyu ile pul boyu arasındaki ilişkinin hangi matematiksel modele uygun olduğuna karar verilir (Çetinkaya, 1989).

a) İzometrik büyüme: Balık büyümesi ile pul büyümesi doğru orantılıdır. Balık boyu-pul ilişkisi doğrusal ve orijinden geçer. Herhangi bir yaşa karşılık gelen boy değeri aşağıdaki formül ile hesaplanır (Bagenal ve Tesh 1978; Çetinkaya, 1989; Erkoyuncu, 1995). $L_n = (S_n / S) \times L$

b) Linear allometrik büyüme: Balık boyu –pul ilişkisi doğrusal olmakla birlikte doğru orijinden geçmez. (Bagenal ve Tesh, 1978; Çetinkaya, 1989). Bu durum Lee tarafından ortaya konmuştur ve pulun balığın larval hayatının başlangıcında değil, herhangi bir a boyunda iken oluştuğunu ileri sürmüştür. Pul ancak belli bir a boyuna ulaştıktan sonra oluşmaktadır ve daha sonra balık boyu ile pul boyu aynı oranda artmaktadır (Erkoyuncu, 1995). Bu durumda hesaplamada aşağıdaki eşitlik kullanılır. $L_n = a + (S_n / S) \times (L - a)$

c) Allometrik büyüme: Küçük ve büyük balıkların vücut boyları ile pul boyları arasında oransal olarak farklılıklar vardır. Böyle durumlarda vücut ve pul boyları grafikte işaretlendiğinde ilişkinin doğrusal olmadığı görülür. Balık boyu-pul boyu ilişkisi doğrusal değil, üstel bir fonksiyona uygunluk gösterir. Bu durumda balık boyu ve pul boyu değerleri logaritmik bir transformasyona tabi tutularak ilişki doğrusal hale getirilir (Erkoyuncu, 1995; Bagenal ve Tesh, 1978; Çetinkaya, 1989). Bu amaçla önce logaritmik olarak balık olarak balık boyu-pul boyu regrasyon ilişkisi belirlenir. Daha sonra bulunan regrasyon sabitlerinden de yararlanılarak geri hesaplama yapılır.

Balık boyu –pul boyu ilişkisi (allometrik) $\log L = \log a + b \log S$

Balık boyu-pul boyu ilişkisi formülü (logaritmik) $\log Ln = \log L + b (\log S n \log S)$

7.5.5.2. Lee Fenomeni

Verilen bir yaş grubu için geri hesaplama boy değeri yaşlı bireylerde tespit edilen boy değerlerinden nispeten küçük olabilir. Bu durum birçok araştırmacı tarafından incelenmiştir. Bu kapsamda dört faktöre dikkat çekilmiştir.

1. Yanlış geri hesaplama yöntemi: yukarıda verilen balık boyu-pul boyu ilişkilerinden hangisinin uygun olduğuna dikkat edilmelidir.
2. Örneklemenin sağlıklı olmayışı: örneklemede belli bir yaş grubunun belli büyüklükteki bireyleri elde edilmiş olabilir. Bu da ortalama değerlerde sapmalara sebep olabilir.
3. Seçici doğal ölüm: belli bir yaş grubundaki küçük balıkların yaşama oranı daha büyük olabilir.
4. Seçici avcılık ölümü: belli bir yaştaki bireylerin büyüklerinin daha fazla avlanması.

Lee fenomeni geri hesaplanan boy değerlerinde her zaman görülmez ve tersi de olabilir. Ayrıca seçicilikten de ortaya çıkabilir (Bagenal ve Tesh, 1978).

7.5.6. Boy-Ağırlık İlişkisi

Büyüme oranları bulunurken boy veya ağırlık değerlerinden biri kullanılabilir. Ancak ölçümü daha kolay olan ve daha az varyasyon gösterdiği için büyümenin ifadesinde en çok boy değeri kullanılır (Çetinkaya, 1989).

Boy ile ağırlık arasındaki ilişkiden yararlanılarak boyu ağırlığa ya da tersine çevirmek mümkün olduğundan boy-ağırlık ilişkisi pratik bir değere sahiptir (Lagler, 1969). Balığın boyu ile ağırlığı arasında üstel bir ilişki vardır. Bu ilişki logaritmik transformasyonla doğrusal hale getirilir. Populasyonun boy-ağırlık ilişkisi örneklenen bireylerin boy ve ağırlık değerleri kullanılarak en küçük

kareler metoduyla belirlenir (Beverton ve Holt, 1957; Lagler, 1969; Ricker, 1975; Bagenal ve Tesch, 1978).

W=axL doğrusal hale getirildiğinde Log (W) = Log (a) + b x Log (L) olmaktadır.

Eşitliklerde W balık ağırlığı(g), L balık boyu (cm), a ve b katsayıları ifade eder. Logaritmik eşitlikte Log (a) doğrunun "Y" eksenini kestiği noktayı, b ise doğrunun eğimini ifade eder. a ve b katsayıları türden türe değiştiği gibi aynı türde yıllar, farklı habitatlardaki popülasyonlar, cinsiyetler, mevsimsel ve hayat dönemleri arasında da değişim gösterebilir (Çetinkaya, 1989).

Boy-ağırlık ilişkisinde yer alan "b" değeri balığın vücut şeklinin bir göstergesidir ve balığın yaşadığı habitatın özelliklerinden doğrudan etkilenir (Ricker,1975). b değeri yaklaşık 3 ise balığın boy büyümesine paralel olarak vücut ağırlığının ve şeklinin de değişmediğini gösterir ki buna izometrik büyüme adı verilir. Değerin 3'ten farklı olması boy büyümesine karşılık ağırlık artışının fazla veya az olduğu, vücut şeklinin de değişiklik gösterdiği anlamına gelir, bu tür büyümeye "allometrik büyüme" adı verilmektedir (Bagenal ve Tesch, 1978; Çetinkaya, 1989). Değerin 3'ten küçük olması ise tıknazlaştığını, boyuna oranla vücut derinliğinin, sırt yüksekliğinin ve bunun sonucu olarak ağırlığının daha fazla arttığını ifade eder (Anderson ve Gutreuter, 1989).

7.5.7. Kondisyon Faktörü (K)

Kondisyon faktörü (K) balıkların relatif besililik veya iyi durumda olmalarının seviyesini ifade etmede kullanılan bir parametredir, kondisyon katsayısı ve uzunluk-ağırlık faktörü gibi adlarla bilinir. K balıkta boy boyutu (cm) ile buna karşılık ağırlık boyutu (g) arasında kübik (n) (izometrik) bir ilişki olduğu esasına dayanır. Bu faktör ilk defa Fulton tarafından ortaya atıldığı için Fulton kondisyon faktörü olarak da anılır (Çetinkaya, 1989). Yüksek düzeyde enerji aldığında balıkta doku büyümesi olur ve daha ağır hale gelir. Ya da balık belirli periyotlarda besin yetersizliği veya başka nedenlerle boyunda kısalma olmaksızın ağırlık kaybeder. Bu değişimler rakamsal olarak K değerindeki değişmeye kendini gösterir. K değeri bazen büyüme oranının bir ölçüsü olarak yorumlanır (Sprague, 1990).

K analizi boy ve ağırlık verilerine dayanır (Bolger ve Connolly, 1989). K hesaplamalarında hangi boy değerinin (total, çatal, standart) kullanıldığı mutlaka belirtilmelidir (Çetinkaya, 1989).

Metrik sistemde kondisyon faktörü (K) aşağıdaki eşitlikte hesaplanır (Williams, 2000).

$$K = \frac{W}{L} \cdot 100$$

Eşitlikte K kondisyon faktörü, W balığın ağırlığı (g), L ise balığın boyunu (total, çatal veya standart boy, cm) ifade etmektedir. Kondisyon faktörü tür içinde cinsiyete, yaşa, mevsime, cinsel olgunluk durumu ve üremeye, beslenme şartları ve habitata göre değişim gösterir. Diğer şartlar aynı iken kondisyon faktörünün en yüksek olduğu habitat beslenme şartlarının en uygun olduğu yer olarak düşünülür. Kondisyon faktörünün karşılaştırılmasında ideal olan aynı boydaki fertlerin kondisyon faktörü değerlerinin karşılaştırılmasıdır (Çetinkaya, 1989; Williams, 2000). Farklı sularda yaşayan balıkların kondisyon faktörlerinin karşılaştırılması için ölçüm alınan bireylerin aynı tür, boy, yaş ve cinsiyette olması ve aynı periyotlar içinde (en azından aynı mevsimde) örneklenmiş olması gerekir. Aynı su kaynağından alınmış bireylerde kondisyon faktörü karşılaştırılıyorsa balıklar aynı tarihte örneklenmiş olmalıdır. Herhangi bir karşılaştırma yapılırken av aracı seçiciliğinin de etkisi göz önünde tutulmalıdır (Williams, 2000). Karşılaştırma gruplar arasında olabileceği gibi popülasyonlar arasında da olabilir. İkili karşılaştırmalar "student t testi", ikiden fazla gruba (yaş grubu, deneme grubu, kaynak vb.) ait K değerleri arasındaki karşılaştırmalar ise "varyans analizi" ile (F testi veya ANOVA) ile yapılmalıdır.

Kondisyon faktörü (K); a) besin yoğunluğu, iklim şartları gibi benzer veya farklı koşullarda yaşayan aynı tür balık popülasyonlarının karşılaştırılmasında, b) gonad olgunlaşma zaman ve süresinin belirlenmesinde, c) beslenme aktivitesi veya besin temininde uzun süreli değişen besinsel dengenin bir göstergesi olarak kullanılır (Bolger ve Connolly, 1989).

K değeri balığın oransal kuvvetliliğini vurgulamak için balıkçılık araştırmalarında geniş ölçüde kullanılır. Yaş ve büyüme çalışmalarında, ortalama seviyedeki bir bölge ile özel bir lokalite için değerin karşılaştırılması ile tür için bir çevrenin uygunluğu belirlenebilir. Hatta stoklama dahil çevresel gelişmelerin etkilerinin ölçülmesi için de kullanılabilir. K değerlerinin, yaşa bağlı olarak değişebilir. Özellikle biyolojik ömrün sonlarında K değerinde belirgin bir düşüş beklenebilir. Bazı türlerde cinsiyetler arası kondisyon farkı olabileceğinden cinsiyetler arasında K değerleri karşılaştırılmalıdır. Üremeden hemen önce ve hemen sonra kondisyonda büyük değişimler beklendiği için, bu dönemler göz önünde bulundurulmalıdır (Lagler, 1969).

8. SONUÇ

Balıklar soğukkanlı canlılardır ve vücut sıcaklıkları sabit olmayıp yaşadıkları ortam sıcaklığına eşittir. Sub-tropikal bölgelerle, soğuk iklim kuşağında yayılış gösteren balık stoklarının metabolik faaliyetlerini etkileyen ekolojik faktörler arasında su sıcaklığı ilk sıralardadır. Buna değişen mevsimlere bağlı olarak besin düzeyindeki iniş çıkışlar da eklendiğinde balıklar uygun periyotlar da hızlı, buna

karşılık olumsuz periyotlarda ise yavaş büyürler ve hatta bazı şartlarda büyümeleri neredeyse durma noktasına yaklaşır. Balığın hayatı boyunca tam anlamıyla gözlenen yıl içindeki bu değişim, vücudun bazı kemiksi yapılarına da yansır. Diğer bir değişle bu yapılar balığın büyüdüğü ve büyümediği mevsimler ile onların sebep olduğu değişiklikleri kaydeder. Bant seklinde kaydedilen bu değişiklikler balığın yasını belirlemek için analiz edilmektedir.

Yaş gruplarının yanlış belirlenmesi durumunda balık stoklarının dinamiği ile ilgili bilgiler ciddi şekilde etkilenmektedir. Özellikle ticari avcılığı yapılan, ekonomik öneme sahip balık türlerinin, büyüme ve ölüm oranı ya da stok bolluğu, buna bağlı olarak da av miktarının yanlış belirlenmesi, stokun yenilenme kapasitesini düşürür. Bu da telafisi mümkün olmayan ekonomik zararlara yol açar.

Balıkların geçmişlerine ait bilgiler, balıklardan maksimum verimin alınması, populasyondan çekilmesi gereken balık miktarları ve çevre faktörlerinin değerlendirilmesi balıkçılıkta karşılaşılan en önemli problemleri teşkil etmektedir. Ayrıca balıkların büyüme oranları, yumurtlama periyotları, yaşam süreleri, yakalanma çağları, yakalanan balıklardaki yaş kompozisyonu, üretim olanakları, stok hesaplamaları, deniz ya da akarsuya göç zamanları, kültür balıklarının nehir veya göllere bırakılma zamanında oluşan beslenme değişiklikleri ve ölüm oranları gibi bilgiler balıklardan yüksek verim almak için mutlaka bilinmesi gereken özelliklerdir. Balık populasyonlarından mümkün olan en yüksek verimin alınması ve bu esnada populasyonun üretkenliğinin düşürülmemesi, ancak populasyonun büyüme ve yenilenme kapasitesine uygun bir idare modelinin geliştirilmesi ile mümkündür. Bunun için populasyonda büyüme özelliklerinin belirlenmesi dolayısıyla yaş tayininin sağlıklı bir şekilde yapılması gerekir.

KAYNAKLAR

Anderson, R. O. ve Gutreuter, S. J. (1989). Lenght, Weight and Associated lndices in: Fisheries Technigues (Eds, L.A., Nielsen, D. L., Johnson) Amer. Fish. Soc., 283s.

Atay, D. (1989). Popülasyon dinamiği. Ankara üniv. Zir. Fak. Yay. No: 1154, A.Ü. Basımevi, Ankara, 306s.

Avşar, D. (1998). Balıkçılık biyolojisi ve Popülasyon Dinamiği Ders Kitabı No:5, Baki Kitap ve Yayınevi Yay No:20, Adana, 303s.

Aydın., R., Yüce, S., Şen, D., Çoban, M.Z., Birici, N., Uslu, A.A. ve Küçükyılmaz, M. (2015). Keban Baraj Gölü nde Yaşayan Tatlısu Kefali *Squalius cephalus* L 1758 nin Büyüme Özellikleri. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2, 59–69.

Bagenal, T. B. ve Tesch, F. W. (1978). Age and Growth. In: Methods for Assessment of Fish Production in Freshwatrs (Ed. T.B. Bagenal) (3rd Ed.) IBP Handbook No:3, Blackwell Sci. Pub. Oxford, London, Edinburg, Melbourne, pp. 101-136.

Beverton, R. J. H. ve Holt, S. J. (1957). On the Dynamics of Exploited Fish Populations. U.K. Ministry of Agriculture, Fisheries and Food, Fishery lnvestigations, Vol. XlX, London, 533s.

Bolger, T. ve Conolly., P.L. (1989). The Selection of Suitable lndices for the Measurement and Analysis of Fish Condition. J. Fish Biol. 34: 171-182.

Busacker, P.G., Adelman. l.R. ve Goolish. E.M. (1990). Growth. Ln: Methods for Fish Biology (Eds. C. B. Schreck ve P. B. Moyle), Am. Fish. Soc. Bethesda, Maryland, USA, pp. 363-387.

Çetinkaya, O. (1989). Balıkçılık Biyolojisi ve Populasyon Dinamiği (Ders Notları). Akdeniz Üniv. Eğirdir Su Ürünleri YO, Eğirdir, 65s.

Çoban, M.Z., Eroğlu, M. ve Düşükcan, M. (2021). Some biological properties of spiny eel (*Mastacembelus mastacembelus*, Banks & Solander, 1794) living in the Upper Euphrates River Basin, Turkey. *Scientific Reports*, 11, 11761.

Düşükcan, M., Eroğlu, M. ve Çoban, M.Z. (2022). Özlüce Baraj Gölü (Elazığ-Bingöl, Türkiye)'nde Yaşayan Alburnus sellal Heckel, 1843 Populasyonunda Bazı Morfometrik ve Meristik Özelliklerinin İncelenmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 18 (4), 486-494.

Erkoyuncu, İ. (1995). Balıkçılık Biyolojisi ve Populasyon Dinamiği. Ondokuz Mayıs Üniv., Sinop Su Ürünleri Fak. Yay. No: 95, Samsun, 265s.

Eroğlu, M., Düşükcan, M. ve Çoban, M.Z. (2018). Özlüce Baraj Gölü'nde Yaşayan *Capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nın Bazı Populasyon Parametreleri. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 21 (2), 229-238.

Francis, R. L. C. (1990). Back-calculation of fish length: a critical review. J. Fish Biol., 36: 883-902.

Gayanilo, F.C., Jr. Sparre, P. ve Pauly, D. (1994). The FAO-ICLARM Stock Assessment Tools (FİSAT) User's Guide. FAO Computerized lnformation Series (Fisheries) No:6 Rome 186s.

Gulland, J. A. (1975). Manual of Methods for fish Stock Assessment Part ll. Fish population Analysis, FAO Manuals in Fish. Sci. No:4 Rome, 154s.

Hoşsu, B., Korkut., A.Y. ve Fırat, A. (2003). Balık Besleme ve Yem Teknolojisi I (Balık Besleme Fizyolojisi ve Biyokimyası, 3. Baskı, Ege Üni., Su Ürünleri Fak. Yay.

Jobling., M. (2003). The Thermal Growth Coefficient Model of Fish Growth: A Cautionary Note, NFH University of Tromso, Norway. *Aquaculture Research*, 581-584.

Lagler, K. F. (1969). Freshwater Fishery Biology (Second Edition). WM. C. Brown Company Publishers, Lowa, 421s.

Lagler, K. F. (1978). Capture, Sampling and Examination of Fishes. pp. 7-47. In: Methods for Assessment of Fish Production in Freswaters (Ed. T.B. Bagenal) (3rd Ed.) lBP Handbook No: 3, Blackwell Sci. Pub. Oxford,, London, Edinburg, Melbourne.

Lizama, M. ve Ambrosio, M. A. (2002). Condition Factor in Nine Species of Fish of The Characidae Family In The Upper Parana Lİver Floodplain, Pg. 1-12, Brasil. Programa de Pos-graduaçao em Ecologia de Ambientes Aquaticos Continentais, Universidade Estadual de Maringa, Parana, Brasil.

Metailler, R. (1986). Experimentation in Nutrition. (FAO 1986), (Ed; Bruno, A., MEDRAP), Nutrition in Marine Aquaculture, Pg. 1- 11, Lisbon.

Nikolsyk, G.V. (1963). The Ecology of Fishes(Trans. From the russian by L. Birkett). Academic Press, London and New York, 352s.

Özcan, E.İ. (2020). Pülümür Nehri'nde Yaşayan *Acanthobrama marmid* Heckel 1843 Populasyonunun Bazı Büyüme Özelliklerinin Belirlenmesi. *NWSA Ecological Life Sciences*, 15 (4), 121-133.

Özcan, E.İ., Serdar, O. ve Aydın, R., (2017). Karasu Nehri Ndeki Erzincan-Erzurum *Squalius cephalus* Un L 1758 Boy-Ağırlık ve Boy-Boy İlişkileri. *Yunus Araştırma Bülteni*, 17 (1), 109-115.

Ricker, W. E. (1975). Linear Regression in Fishery Research. J. Fish. Res. Board Can. 30: 409-434.

Serdar, O., Özcan, E.İ. ve Aydın, R. (2017). Length-Weight and Length-Length Relationships of *Alburnus mossulensis* and *Acanthobrama marmid*

(Heckel, 1843) in Karasu River (Turkey). *Yunus Araştırma Bülteni*, 17 (2), 171-176.

Soderburg. (2006). Fish Calculation, www.thesolutionsite.comamd/Lesson3/handout2.pdf.

Spare, P. ve Venema, S.C. (1992). lnterpretation to Tropical Fish Stock Assessment. Part 1. FAO Fisheries Technical Paper No. 306.1, Roma, 376 p. ISBN: 92-5-103272-6

Sprague., D. (1990). Nutritional Bioenergetics and Estimation of Waste Production In Non-Salmonids, Pg. 1- 7, Fish Nutrition Laboratory Inra-Ifremer, France

Szumiec, M.V.A. (1999). Modelling the Growth of Varp in Ponds ln Carp Biology and Culture (Ed. R. Billiard) Springer-Praxis, Berlin london, 187-195.

Tıranşın, E.M. (1993). Balık Populasyonlarının Büyüme Parametrelerinin Araştırılması. Doğa Tr. J. Of Zoology, 17: 29-82.

Von Bertalanffy, L. (1957). Quantitative Laws in Metabolism and Growth, Q, Rev. Biol., 32 (3): 217-231.

Williams, J. E. (2000). The Coefficient of Condition of Fish ln Manual of Fisheries survey Methods II: with periodic updates(Ed. J. Scghneider) Michigan Department of Natural Resources, Fisheries Special Resort 25, Ann Arbor.

Yüce, S., Aydın, R., Gündüz, F., Demirol, F., Şeker, T., Çoban, M.Z. ve Şen, D. (2015). Keban Baraj Gölü nde Yaşayan *Chondrostoma Regium* Heckel 1843'un Büyüme Özellikleri. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 27 (2), 29-36.

Bölüm 6

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki Siraz (Capoeta umbla Heckel, 1843) Populasyonunda Otolit Morfometrisi[1]

Fahrettin YÜKSEL[2], Rahmi AYDIN[3]

[1] Bu çalışma Munzur Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir (Proje No: MFMUB017-12).
[2] Prof. Dr.; Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü. fahrettinyuksel@munzur.edu.tr Orcid No: 0000-0001-7015-4564
[3] Prof. Dr.; Munzur Üniversitesi Tunceli Meslek Yüksek Okulu. raydin@munzur.edu.tr Orcid No: 0000-0002-3002-0892

ÖZET

Siraz (*Capoeta umbla* Heckel, 1843) Uzunçayır Baraj Gölü'nde yaşayan ekonomik öneme sahip balık türlerinden biridir. Ticari olarak av verebilecek potansiyele sahiptir. Gerek Türkiye'de ve gerekse yurtdışında bu türün farklı populasyonları üzerine pek çok araştırma yapılmıştır. Fakat Uzunçayır Baraj Gölü'nde yaşayan sirazın otolit biyometrisi üzerine bir çalışmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle, yapılan bu çalışma ile siraz balığının Uzunçayır Baraj Gölü populasyonunda otolit biyometrisinin tespit edilerek, ilerde yapılacak olan çalışmalara katkı sağlaması amaçlanmıştır.

Bu tez çalışmasında Uzunçayır Baraj Gölü'nden yakalanan 44 dişi (%51,16) ve 42 erkek (%48,84) olmak üzere toplam 86 adet *C. umbla* bireyi incelenmiştir. Balıklar II-VII yaş grupları arasında dağılım göstermiştir. Dişi/Erkek oranı tüm yaş gruplarında 1:0,95 olarak tespit edilmiş olup, bu oranın istatistiki olarak 1:1 oranından farklı olmadığı görülmüştür.

Araştırma süresince incelenen toplam 86 adet *C. umbla* bireyinin total boyları 11,8 cm ile 39,7 cm, otolit genişlikleri 1,25 mm ile 3,02 mm, otolit uzunlukları 1,75 mm ile 3,72 mm, otolit ağırlıkları 0,0010 g ile 0,0074 g arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama total boy 28,09 cm, ortalama otolit genişliği 2,06 mm, ortalama otolit uzunluğu 2,80 mm ve ortalama otolit ağırlığı 0,0038 g olarak tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Siraz, *Capoeta umbla*, Uzunçayır Baraj Gölü, otolit

ABSTRACT

The Shiraz (*Capoeta umbla* Heckel, 1843) is one of the fish species have economic importance in the Uzunçayır Dam Lake. It has potential of commercial catching. Much research has been done on different populations of this species both in Turkey and abroad. But there is no study on otolith biometry of shiraz living in Uzunçayır Dam Lake. For this reason, in this study, it is aimed to determine the otolith biometry in the shiraz population of Uzunçayır Dam Lake and to make contributions to the future works.

In this research, a total of 86 *C. umbla* individuals, 44 females (51.16%) and 42 males (48.84%), which were captured from Uzunçayır Dam Lake, were investigated. Fish ranged between II-VII age groups. The female/male ratio was found to be 1: 0.95 in all age groups and this rate was not statistically different from 1: 1 ratio.

A total of 86 *C. umbla* individuals examined during the study had a total length of 11.8 cm to 39.7 cm, otolith widths of 1.25 mm to 3.02 mm, otolith lengths of 1.75 mm to 3.72 mm, otolith weights of 0.0010 g to 0.0074. The mean total length

was 28.09 cm, the mean otolith width was 2.06 mm, the mean otolith length was 2.80 mm and the mean otolith weight was 0.0038 g.

Keywords: Shiraz, *Capoeta umbla*, Uzunçayır Dam Lake, otolith

1. GİRİŞ

Kemikli balıklarda sagitta, asteriskus ve lapillus olarak isimlendirilen üç çeşit otolit bulunur. Teleost balıklarda her iki tarafta üç adet olmak üzere altı otolit vardır. Balıkların yaş tayininde iç kulağın sakkulusunda bulunan sagitta kullanılmaktadır. Bununla beraber lagena içindeki asteriskus, bazı mezopelajik balıkların yaşını belirlemede kullanılırken, utrikulus kesesindeki lapillustan hiç yararlanılmaz. Bunun en büyük nedeni de son iki tip otolitin kemikli balıklarda genel olarak çok küçük olmasıdır. Otolitlerin büyüklük ve şekilleri türden türe ve hatta bir türün ırklarında bile büyük değişiklikler gösterir. Bu yüzden yaş tayininde kullanıldığı gibi bazı tür ve ırkların ayrımında da kullanılmaktadır (Ekingen 1983; Avşar, 2005; Geldiay ve Balık, 2007).

Balık uzunluğu ile otolit uzunluğu arasındaki ilişkinin belirlenmesi iki sebepten dolayı önemlidir. Bunlardan birincisi; arkeolojik alanlarda ve predatör türlerin midelerinde elde edilen otolitlerin uzunluğundan balık büyüklüğünün tahmin edilebilmesi, ikincisi; otolitten yaş tespiti yapıldığında, beklenenin dışında bir değer çıktığında, balık uzunluğundan bunun doğrulanmasının yapılabilmesidir. Ayrıca, bazı balık türlerinde otolit ağırlığı ile balık yaşının belirlenebileceği bildirilmiştir. (Echeverria, 1978; Pawson, 1990; Mardinale vd., 2000).

Bölgemizde ve ilimizde bulunan iç sular, son yıllarda hızla artan nüfusumuza, tarımsal ve sanayi faaliyetlerine bağlı olarak kirlenme ve azalma baskısı altında olduğu bildirilmektedir. İç sularda yapılan tahripler, içinde barındırdığı biyolojik çeşitliliği de azaltmaktadır. Tüm bunların yanında ekosistem temelli balıkçılık yönetimi anlayışının gelişmemesi, av araçlarının hedef dışı av oranının yüksek olması, besin olarak tüketilmeyen balıkların da zarar görmesine sebep olmaktadır. Türlerin korunması için o türlere yönelik bilimsel çalışmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Birçok araştırmada deniz ve tatlı su balıkları otolitlerinin detaylı bir şekilde incelenmesi ve otolit atlaslarının hazırlanması suretiyle otolit morfolojisinin tanıtılması üzerinde durulmuştur. Otolit morfolojisi balık biyolojisine yönelik çok farklı alanlardaki çalışmalarda balık türlerinin anotomileri, yeni balık türlerinin tanımlanması, balık taksonlarının taksonomik revizyonları, filogenetik ilişkilerinin belirlenmesi, ekomorfoloji çalışmaları, balık büyümesi ile otolit büyümesi arasındaki ilişkilerin belirlenmesi, fosil olan balıklar ile günümüzde yaşayan balıkların büyümeleri arasındaki benzerliklerin tespiti gibi çalışmalarda

kullanılmaktadır (Bostancı vd., 2012; Yüce vd., 2015; Aydın vd., 2015; Serdar vd., 2017; Özcan vd., 2017; Eroğlu vd., 2018; Özcan, 2020; Çoban vd., 2021; Düşükcan vd., 2022).

Capoeta genusu (Familia: Cyprinidae) Güney Çin, Güney Hindistan, Türkmenistan, Aral Gölü, Ortadoğu ve Anadolu'da geniş bir şekilde dağılım gösterir (Türkmen vd., 2002). Bu genus Türkiye'de 18 tür (*C. angorae, C. antalyensis, C. baliki, C. banarescui, C. barroisi, C. bergamae, C. caelestis, C. damascina, C. ekmekciae, C. erhani, C. kosswigi, C. mauricii, C. pestai, C. sieboldi, C. tinca, C. trutta, C. Turani*, C. *umbla*) ve 1 alttür ile (*C.c. capoeta*) temsil edilir (Geldiay ve Balık, 2007).

Siraz balığının bulunduğu su kaynaklarından birisi de Fırat Nehir Sistemi'dir. 2009 yılında Uzunçayır Barajı'nın tamamlanması ve sonrasında su tutulması neticesinde oluşan baraj gölü balık faunası içerisinde de yer almıştır. Baraj gölünde ticari olarak değerlendirilebilecek potansiyele sahiptir.

Yurt içinde *Capoeta umbla hakkında* yapılan pek çok çalışma mevcuttur, aşağıda bunlardan kimilerine örnekler verilmiştir.

Şen vd., (2001) tarafından yapılan bir çalışmada, Hazar Gölü'ndeki *Capoeta umbla* populasyonunda balık boyu ile otolit boyu arasındaki ilişki incelenmiştir. Sonuç olarak bu iki kriter arasında güçlü bir ilişki bulunduğu tespit edilmiştir.

Hazar Gölü'nde bulunan *Capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nın sağ ve sol kemiksi yapıları arasındaki yaş farkını belirlemek için yapılan bir çalışmada (Aydın ve Şen, 2002), *Capoeta umbla*'ya ait 348 bireyin simetrik kemiksi yapılarının 28 adeti incelenmek için çıkarılıp temizlenmiş ve etiketlenmiştir. En az uyumun (%66,10) sağ suprakleitrum-sol suprakleitrum ile sağ rostral maksilla-sol rostral maksilla arasında; en fazla uyum (% 90,81) sağ suboperkulum-sol suboperkulum arasında olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada, *Capoeta umbla* populasyonun yaş grupları I-XVI arasında bulunmuş ve kemiksi yapılar arasındaki en fazla yaş farkı 5 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca, en iyi yaş halkaları otolitlerde gözlenmiştir.

İkizce Çayı'nda yapılan bir çalışmada (Dörtbudak ve Özcan, 2015) siraz balığının (*Capoeta umbla* Heckel, 1843) otolit boyu (OL) toplam boy (TL), otolit genişliği (OW)- toplam boy (TL) ve otolit boyu (OL) - otolit genişliği (OW) arasındaki ilişkiler incelenmiştir. Balık örnekleri Şubat ve Mart 2014 tarihleri arasında balık ağları ile İkizce Çayı'ndan (Şırnak) yakalanmıştır. Toplam 76 adet bireyin (15 dişi ve 61 erkek) otoliti analiz edilmiştir. Total boy ile otolit boyu arasındaki ilişki y=0,0565x +1,1008 (r=0,6602), total boy ile otolit genişliği arasındaki ilişki y=0,0651x + 0,4226 (r=0,6504) ve otolit boyu ile otolit genişliği arasındaki ilişki y=0,7614x + 0,0602 (r=0,8268) olarak tespit edilmiştir. Sağ ve

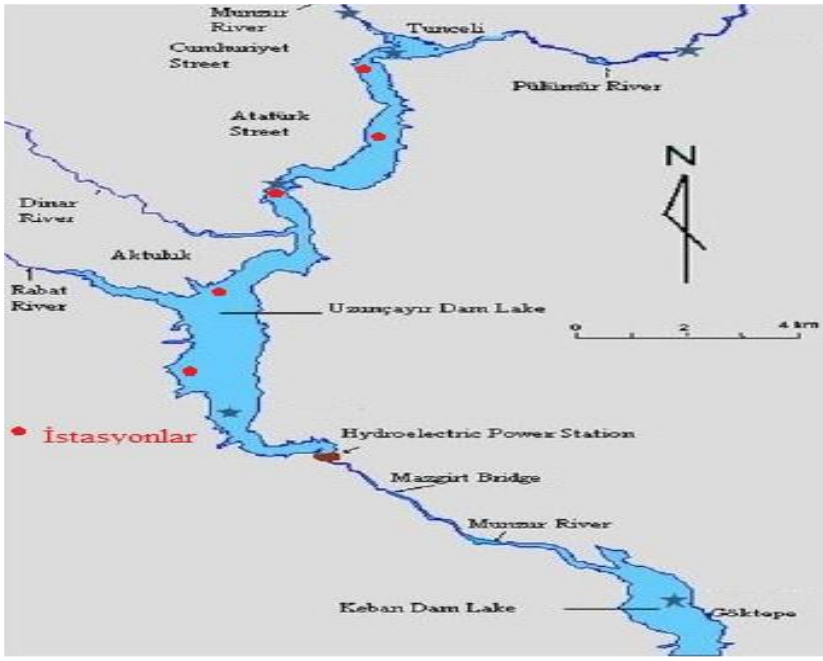
sol otolitlerin boyutları arasındaki farkın önemsiz olduğu (ANOVA $p>0,05$) bulunmuştur.

Uzunçayır Baraj Gölü'nde yapılan bir fauna çalışmasında *Capoeta umbla* türünün baraj gölünde bulunduğu bildirilmiştir (Çoban vd., 2013). Uzunçayır Baraj Gölü'nde yine bu tür ile ilgili yaş ve büyüme parametrelerinin belirlenmesine yönelik araştırmalar bulunmaktadır. Gerek Türkiye'de ve gerekse yurtdışında *C. umbla* populasyonları üzerine pek çok çalışma yapılmıştır. Ancak, Uzunçayır Baraj Gölü'nün de içinde olduğu Fırat Nehir Sistemindeki *C. umbla* türünün otolit biyometrisi üzerine yapılan herhangi bir araştırmaya rastlanılmamıştır. Bu nedenle yapılan bu çalışma ile Uzunçayır Baraj Gölü siraz populasyonunda otolit biyometrisinin tespit edilerek ilerde yapılacak olan çalışmalara katkı sağlanması amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Çalışma Sahası

Bu çalışma Uzunçayır Baraj Gölü'nde gerçekleştirilmiştir. Uzunçayır Barajı Tunceli İli sınırları içerisinde Munzur Akarsuyu üzerine enerji üretimi amacıyla kurulmuş olup, maksimum su kotunda göl alanı 13 km^2'dir (Şekil 2.1). Ticari avcılık faaliyetleri başlatılmış olan baraj gölünde 3 familyaya ait (Salmonidae, Cyprinidae ve Nemacheilidae) 12 takson [*Salmo trutta macrostigma* (Dumeril, 1858), *Acanthobrama marmid* Heckel, 1843, *Alburnus mossulensis* Heckel, 1843, *Alburnoides bipunctatus* (Bloch, 1782), *Barbus lacerta* Heckel, 1843, *Capoeta umbla* (Heckel, 1843), *Capoeta trutta* (Heckel, 1843), *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843), *Squalius cephalus* (Linnaeus, 1758), *Cyprinus carpio carpio* (Linnaeus, 1758), *Oxynoemacheilus angorae* (Steindachner, 1897), *Paracobitis tigris* (Heckel, 1843)] yaşamaktadır (Çoban vd., 2013).



Şekil 2.1. Uzunçayır Baraj Gölü (Ural vd., 2011)

2.2. Balık Örneklemesi

Örnekleme çalışmaları Haziran 2018 ile Mayıs 2019 tarihleri arasında ve tüm populasyonu yansıtacak şekilde göl ekosisteminin farklılık gösterdiği 5 farklı lokalitede yapılmıştır (Şekil 2.1). Araştırmada siraz (*Capoeta umbla* Heckel, 1843) avlamak için ağ göz açıklığı 36 mm ile 110 mm arasında değişen uzatma ağları kullanılmıştır. Aynı zamanda farklı büyüklükte balık elde edebilmek amacıyla balıkçılardan satın alınma yoluna da gidilmiştir. Araştırmada 42 erkek, 44 dişi olmak üzere toplam 86 adet balık numunesi incelenmiştir. Araziden temin edilen balıklar soğuk zinciri kullanılarak Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi laboratuarına getirilmiştir.

2.3. Balık Numunelerinin ve Otolitlerin İncelenmesi

Laboratuara getirilen balıkların tür teşhisi ilgili literatüre göre yapılmıştır (Geldiay ve Balık, 2007). Boyları 1 mm hassasiyetli ölçüm tahtasında, ağırlıkları ise 0,1 g hassasiyetli terazide belirlenmiştir. Balıkların cinsiyetleri gonatlarının makroskobik ve gerektiğinde mikroskobik olarak incelenmesi suretiyle tespit edilmiştir. Yaş tayinleri pullar kullanılarak yapılmıştır. Yaşlar pulların tek okuyucu tarafından farklı zamanlarda 3 kez okunup okunan değerlerin ortalaması alınarak belirlenmiştir. Sağ ve sol sagittal otolitleri çıkarmak amacıyla balığın başı gövdeden ayrılmış, daha sonra makas ile başın üst kısmı posteriordan

arteriora doğru kesilmiştir. Çıkarılan otolitler temizlendikten sonra üzerinde numarası yazılı olan zarflara koyulmuştur. Hesaplamalarda sadece sağ sagittal otolit kullanılmıştır. Otolitlerin ağırlığı 0,0001 g hassasiyetli dijital terazide, uzunluk ve genişlikleri görüntüleme sisteminde ve kalınlıkları ise dijital kumpasta belirlenmiştir.

2.4. Verilerin Değerlendirilmesi

Araştırmada, balık ve otolit büyüklüğü ile ilgili verilerin istatistiksel olarak değerlendirilmesi Microsoft Office Excel 2010 programı kullanılarak yapılmış ve elde edilen istatistik bilgiler Flowler ve Cohen'e (1992) göre yorumlanmıştır. Ayrıca elde edilen bulguların dişi ve erkek balıklara göre istatistiksel olarak önemli olup olmadığını belirlemek için student T- testi uygulanmıştır.

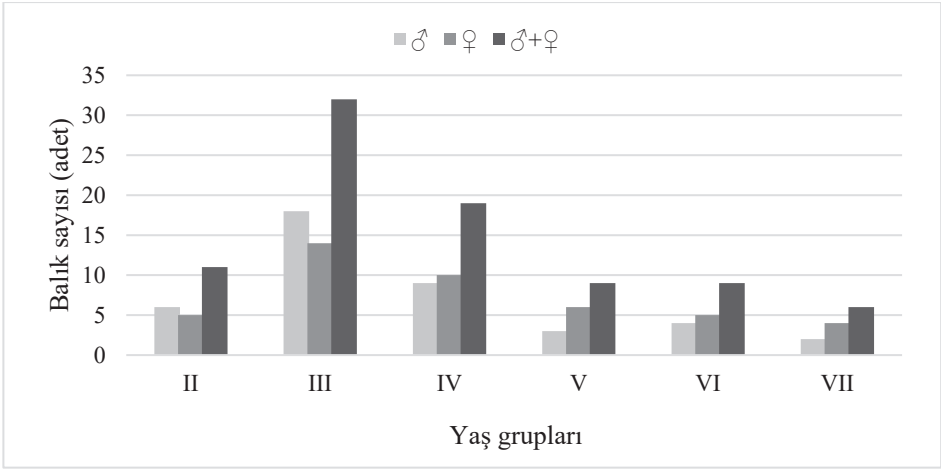
3. BULGULAR

3.1. Yaş Kompozisyonu ve Eşey Dağılımı

Araştırma süresince Uzunçayır Baraj Gölü'nden 44 dişi (%51,16) ve 42 erkek (%48,84) olmak üzere toplam 86 adet *C. umbla* bireyi yakalanmıştır. I. yaş grubundan numune temin edilememiştir. En fazla birey III. ve IV. yaş gruplarında yakalanmıştır. Bu balık numunelerinin yaş gurupları ve eşeylere göre dağılımları Tablo 3.1 ve Şekil 3. 1 de verilmiştir. Buna göre; balıklar II-VII yaş grupları arasında dağılım göstermiştir. Dişi/Erkek oranı tüm yaş gruplarında 1:0,95 olarak tespit edilmiş olup, bu oranın istatistiki olarak 1:1 oranından farklı olmadığı ($X^2_{0,02} < X^2_{3,84}$) görülmüştür.

Tablo 3.1. Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki *C. umbla* populasyonunun yaş ve eşey dağılımı

Yaş Grupları	D		E		D+E		D:E	x^2
	N	%	N	%	N	%		
II	5	5,81	6	6,98	11	12,79	1:1,20	0,05
III	14	16,28	18	20,93	32	37,21	1:1,29	0,25
IV	10	11,63	9	10,47	19	22,09	1:0,90	0,03
V	6	6,98	3	3,49	9	10,47	1:0,50	0,50
VI	5	5,81	4	4,65	9	10,47	1:0,80	0,06
VII	4	4,65	2	2,33	6	6,98	1:0,50	0,33
Toplam	**44**	**51,16**	**42**	**48,84**	**86**	**100,00**	**1:0,95**	**0,02**



Şekil 3. 1. C.umbla populasyonunun yaş ve eşey dağılım grafiği

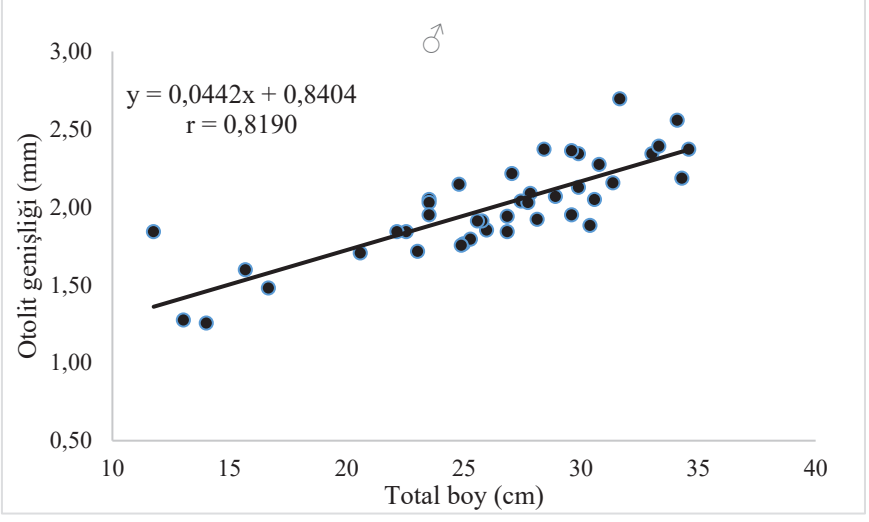
3.2. Otolit Büyüklüğü-Total Boy İlişkisi

Araştırma süresince incelenen toplam 86 adet *C. umbla* bireyinin total boyları 11,8 cm ile 39,7 cm, otolit genişlikleri 1,25 mm ile 3,02 mm, otolit uzunlukları 1,75 mm ile 3,72 mm, otolit ağırlıkları 0,0010 g ile 0,0074 g arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama total boy 28,09 cm, ortalama otolit genişliği 2,06 mm, ortalama otolit uzunluğu 2,80 mm ve ortalama otolit ağırlığı 0,0038 g olarak tespit edilmiştir. En düşük otolit genişliği değeri 16,2 cm total boya sahip balıkta, en yüksek otolit genişliği değeri 33,8 cm boyundaki balıkta, en düşük otolit uzunluğu değeri 18,5 cm total boydaki balıkta, en yüksek otolit uzunluğu değeri 20,5 cm total boya sahip balıkta, en düşük otolit ağırlığı değeri 11,8 cm boydaki balıkta ve en yüksek otolit ağırlığı değeri 36,7 cm total boya sahip olan balıkta saptanmıştır (Tablo 3.2).

Tablo 3.2. *C. umbla* populasyonunun otolit büyüklüğü (OG: Otolit genişliği, OU: Otolit uzunluğu, OA: Otolit ağırlığı) ve total boy (TB) değerleri

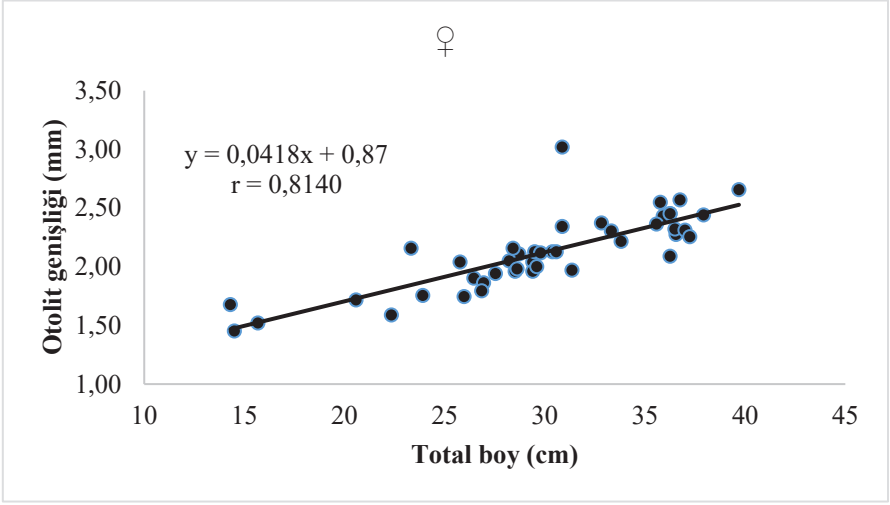
Eşey	Parametre	N	Minimum	Maksimum	Ortalama	SH
E	OG (mm)	42	1,25	2,70	2,00	0,0472
	OU (mm)		1,75	3,42	2,70	0,0531
	OA (g)		0,0010	0,0057	0,0035	0,0002
	TB (mm)		11,8	34,6	26,18	0,8741
D	OG (mm)	44	1,45	3,02	2,12	0,0479
	OU (mm)		1,81	3,72	2,89	0,0640
	OA (g)		0,0012	0,0074	0,0041	0,0002
	TB (mm)		14,3	39,7	29,91	0,9332
D+E	OG (mm)	86	1,25	3,02	2,06	0,0341
	OU (mm)		1,75	3,72	2,80	0,0427
	OA (g)		0,0010	0,0074	0,0038	0,0001
	TB (mm)		11,8	39,7	28,09	3,0184

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun erkek bireylerinin otolit genişliği ile total boy arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde çok yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,8190 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.2).



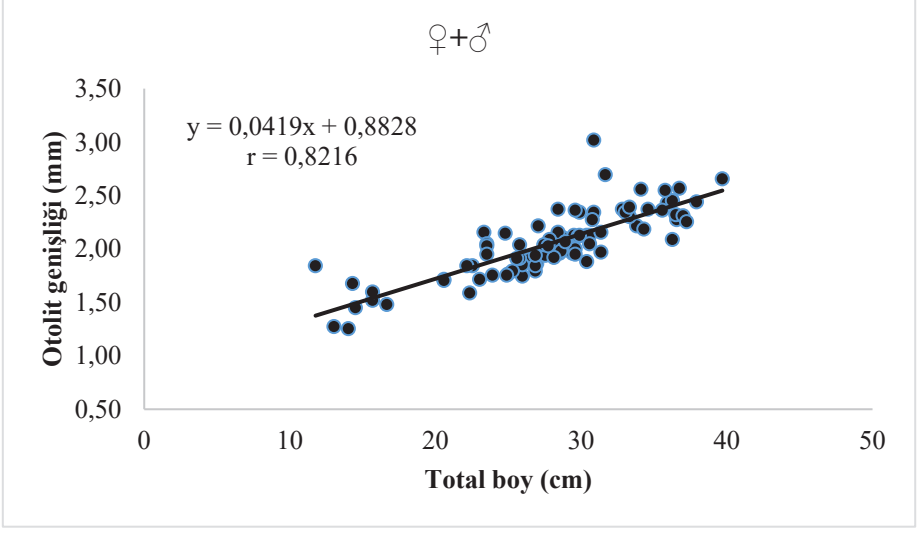
Şekil 3.2. Erkek bireylerde total boy ile otolit genişliği arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun dişi bireylerinin otolit genişliği ile total boy arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde çok yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,8140 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.3).



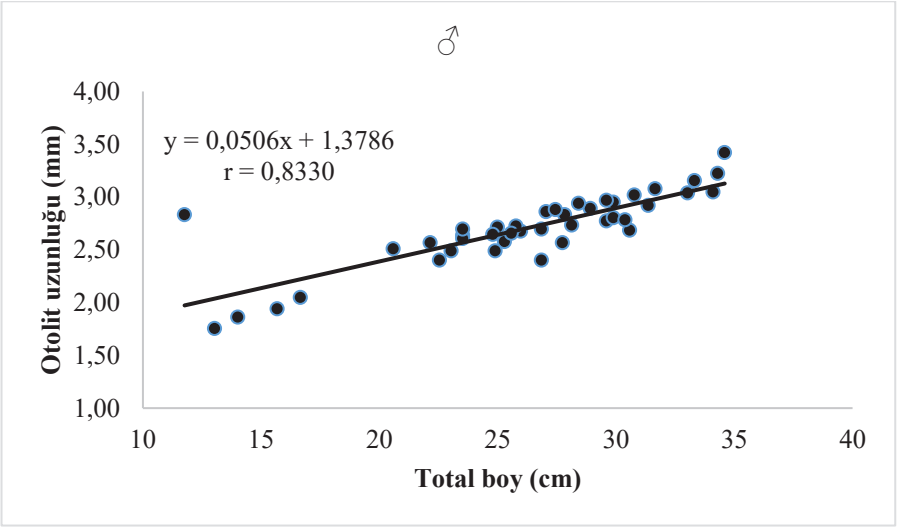
Şekil 3.3. Dişi bireylerde total boy ile otolit genişliği arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunda otolit genişliği ile total boy arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde çok yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,8216 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.4).



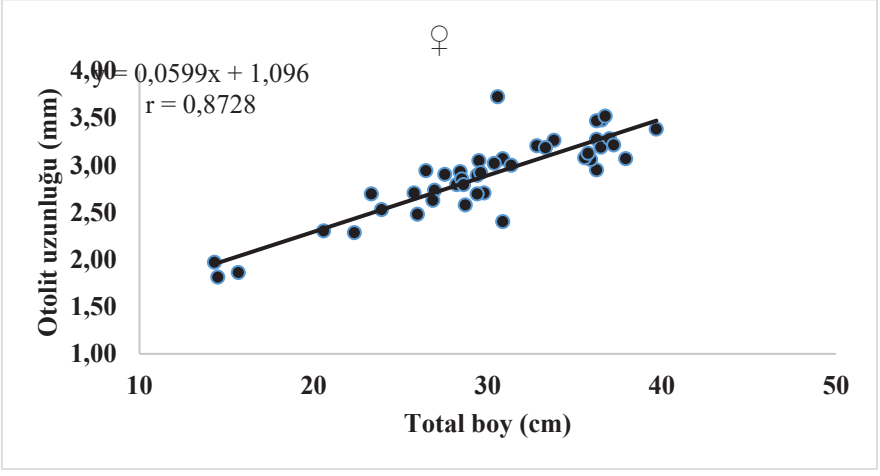
Şekil 3.4. Tüm populasyonda total boy ile otolit genişliği arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun erkek bireylerinin otolit uzunluğu ile total boy arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde çok yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,8330 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.5).



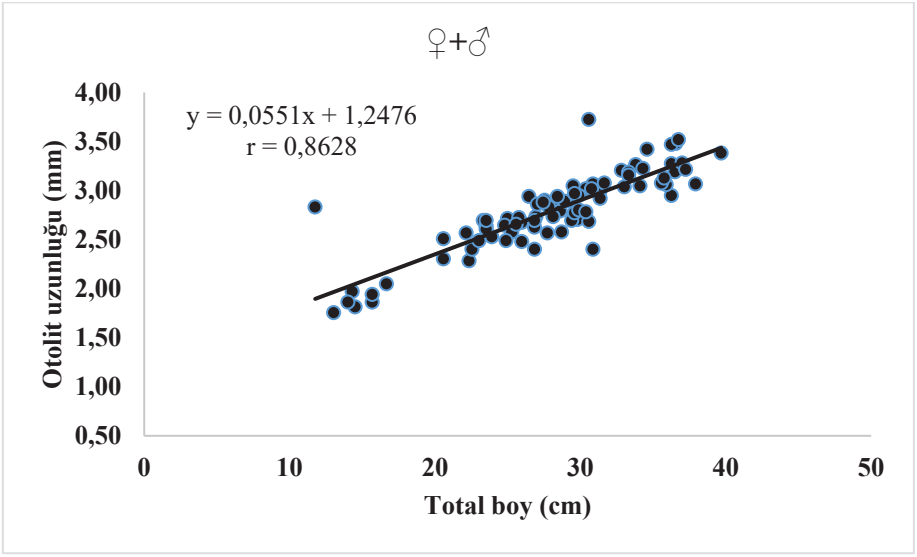
Şekil 3.5. Erkek bireylerde total boy ile otolit uzunluğu arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun dişi bireylerinin otolit uzunluğu ile total boy arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde çok yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,8728 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.6).



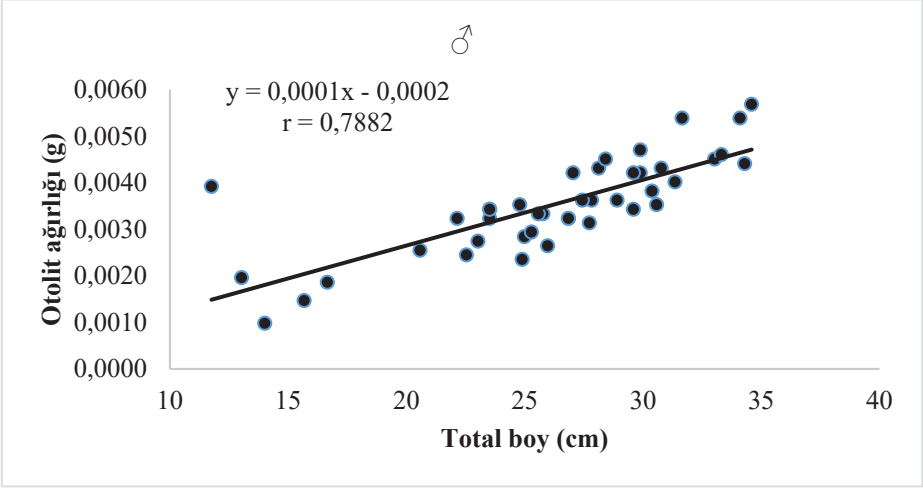
Şekil 3.6. Dişi bireylerde total boy ile otolit uzunluğu arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunda otolit uzunluğu ile total boy arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde çok yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,8628 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.7).



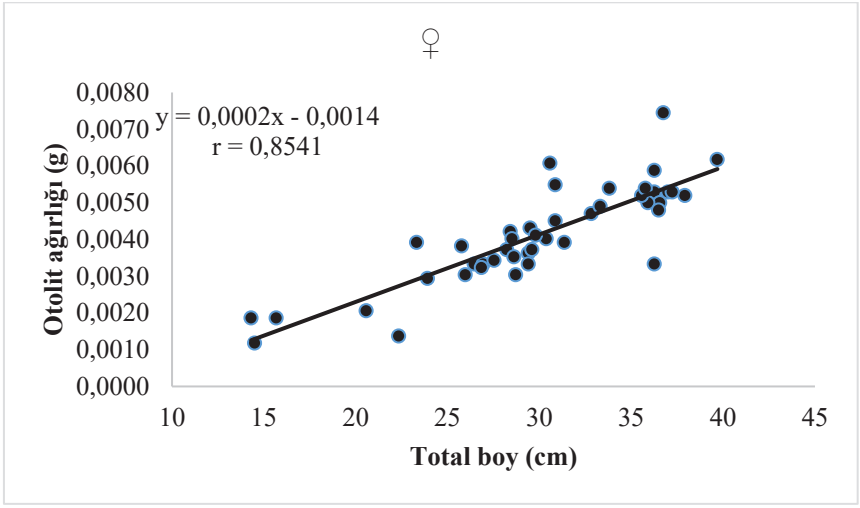
Şekil 3.7. Tüm popülasyonda total boy ile otolit uzunluğu arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun erkek bireylerinin otolit ağırlığı ile total boy arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,7882 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.8).



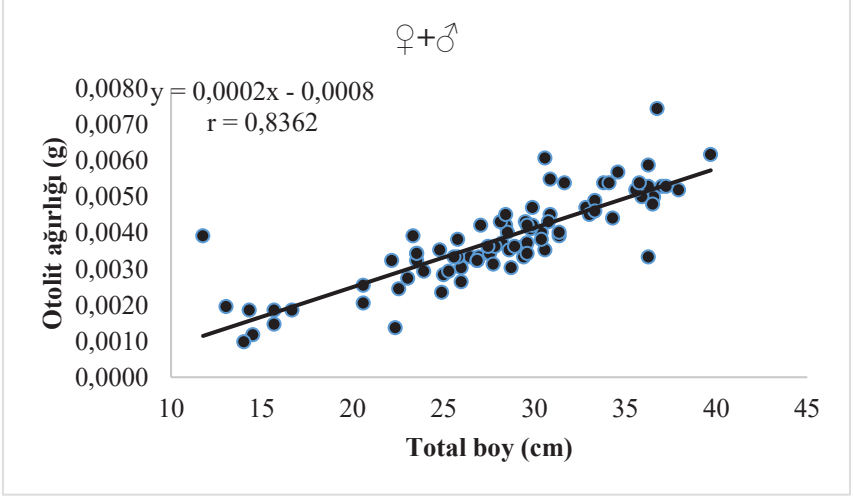
Şekil 3.8. Erkek bireylerde total boy ile otolit ağırlığı arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun dişi bireylerinin otolit ağırlığı ile total boy arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde çok yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,8541 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.9).



Şekil 3.9. Dişi bireylerde total boy ile otolit ağırlığı arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunda otolit ağırlığı ile total boy arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde çok yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,8362 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.10).

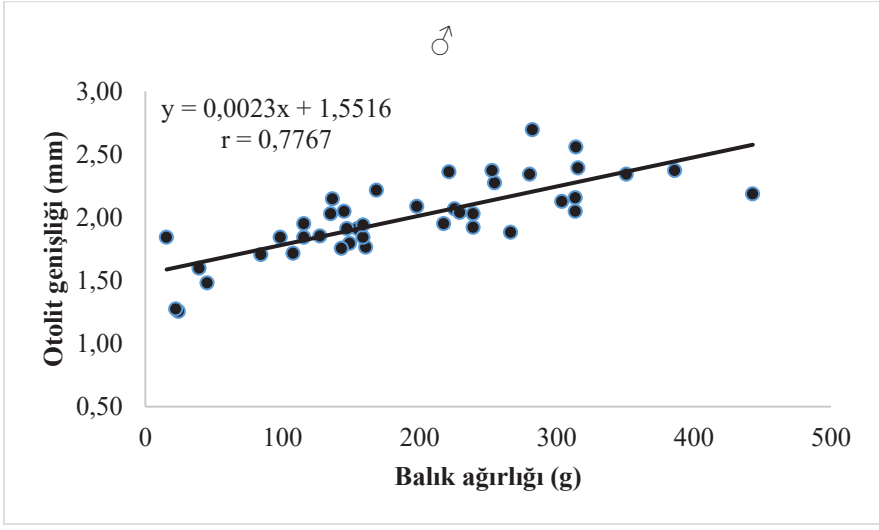


Şekil 3.10. Tüm populasyonda total boy ile otolit ağırlığı arasındaki ilişki

3.3. Otolit Büyüklüğü – Balık Ağırlığı İlişkisi

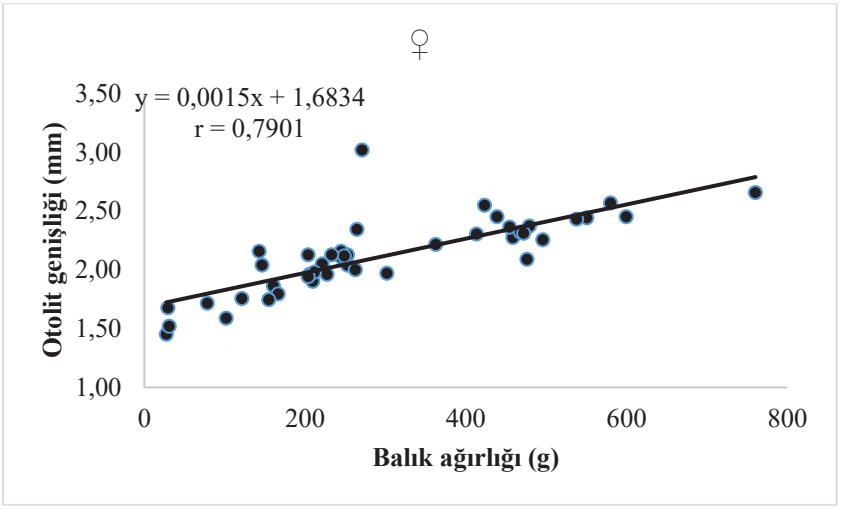
Araştırma süresince incelenen toplam 86 adet *C. umbla* bireyinin ağırlıkları 15 g ile 760 g arasında değişiklik göstermiştir. En düşük ağırlığa sahip balıkta otolit genişliği 1,84 mm, otolit uzunluğu 2,83 mm ve otolit ağırlığı 0,0039 g; en yüksek ağırlığa sahip balıkta ise otolit genişliği 2,66 mm, otolit uzunluğu 3,38 mm ve otolit ağırlığı 0,0062 g olarak ölçülmüştür.

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun erkek bireylerinin otolit genişliği ile balık ağırlığı arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,7767 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.11).



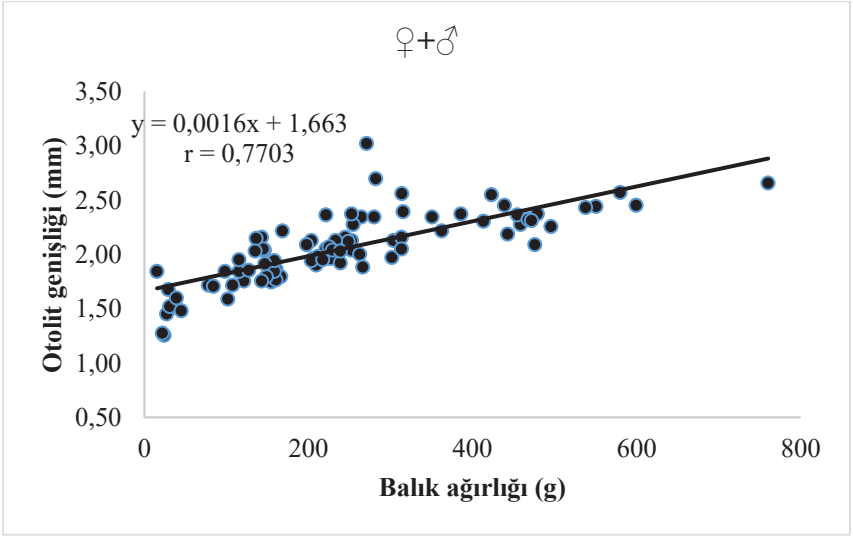
Şekil 3.11. Erkek bireylerde balık ağırlığı ile otolit genişliği arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun dişi bireylerinin otolit genişliği ile balık ağırlığı arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,7901 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.12).



Şekil 3.12. Dişi bireylerde balık ağırlığı ile otolit genişliği arasındaki ilişki

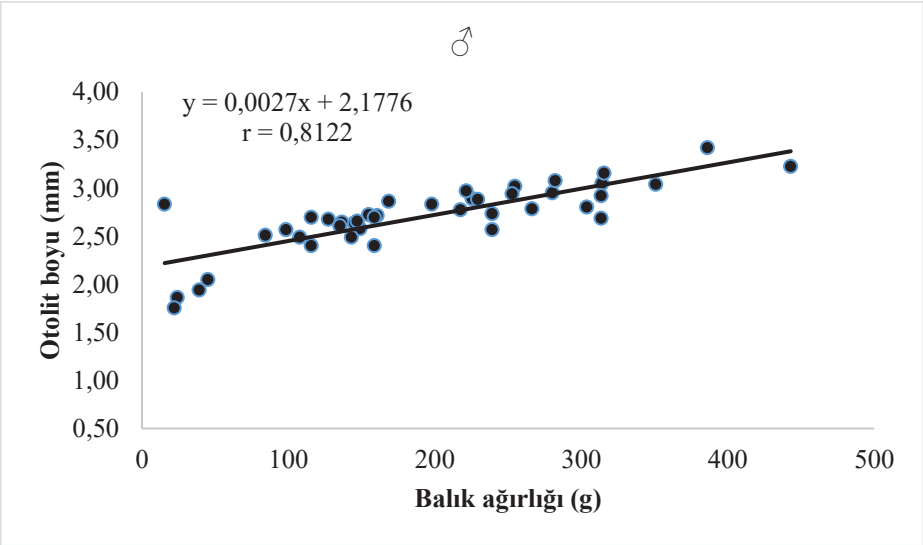
Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) popülasyonunda otolit genişliği ile balık ağırlığı arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,7703 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.13).



Şekil 3.13. Tüm popülasyonda balık ağırlığı ile otolit genişliği arasındaki ilişki

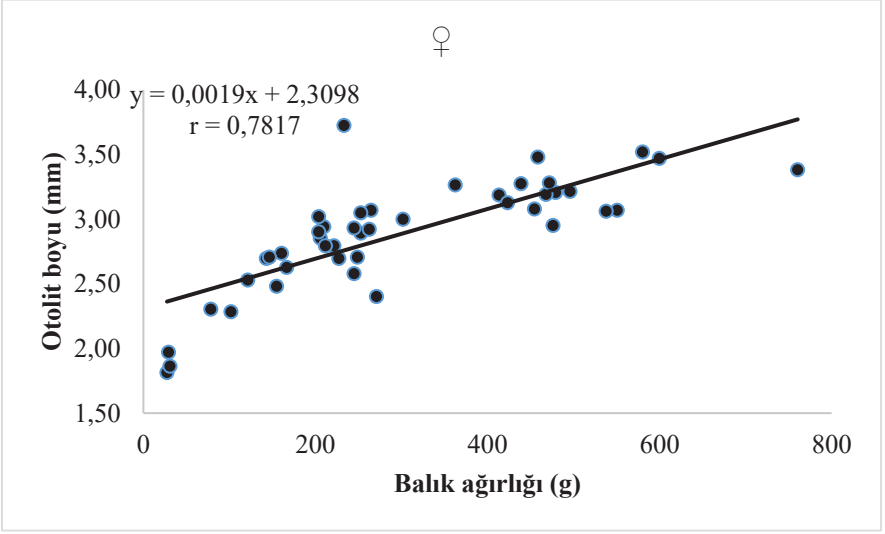
Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun erkek bireylerinin otolit uzunluğu ile balık ağırlığı arasında regresyon analizi

yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde çok yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,8122 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.14).



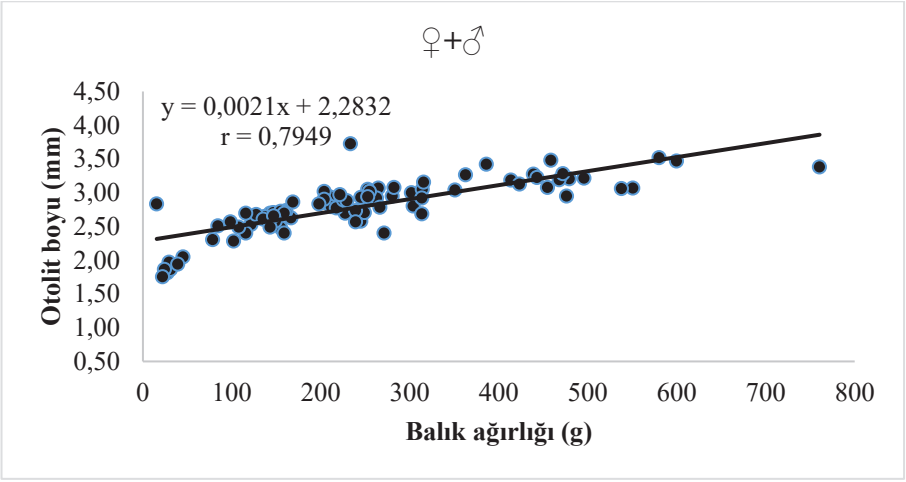
Şekil 3.14. Erkek bireylerde balık ağırlığı ile otolit uzunluğu arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun dişi bireylerinin otolit uzunluğu ile balık ağırlığı arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,7817 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.15).



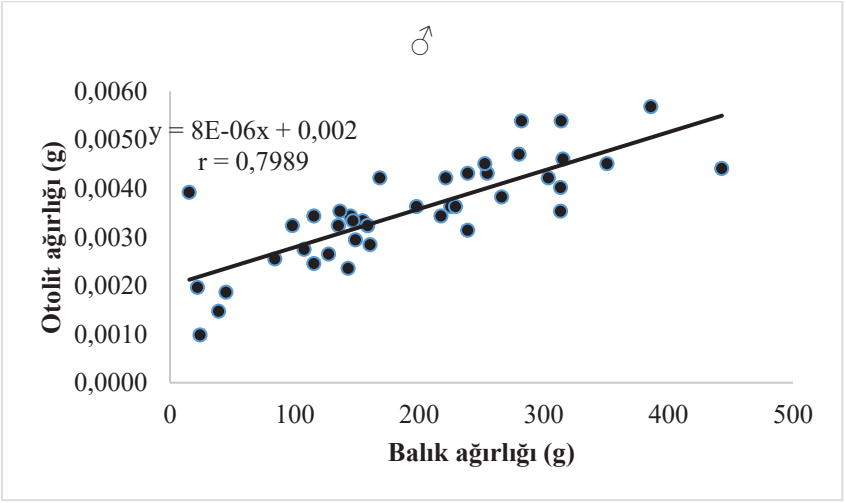
Şekil 3.15. Dişi bireylerde balık ağırlığı ile otolit uzunluğu arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunda otolit uzunluğu ile balık ağırlığı arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,7949 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.16).



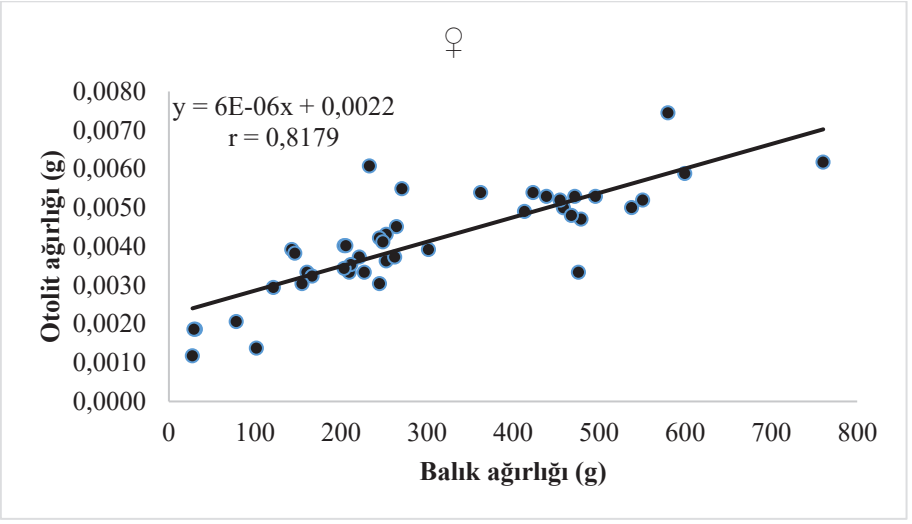
Şekil 3.16. Tüm populasyonda balık ağırlığı ile otolit uzunluğu arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun erkek bireylerinin otolit ağırlığı ile balık ağırlığı arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,7989 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.17).



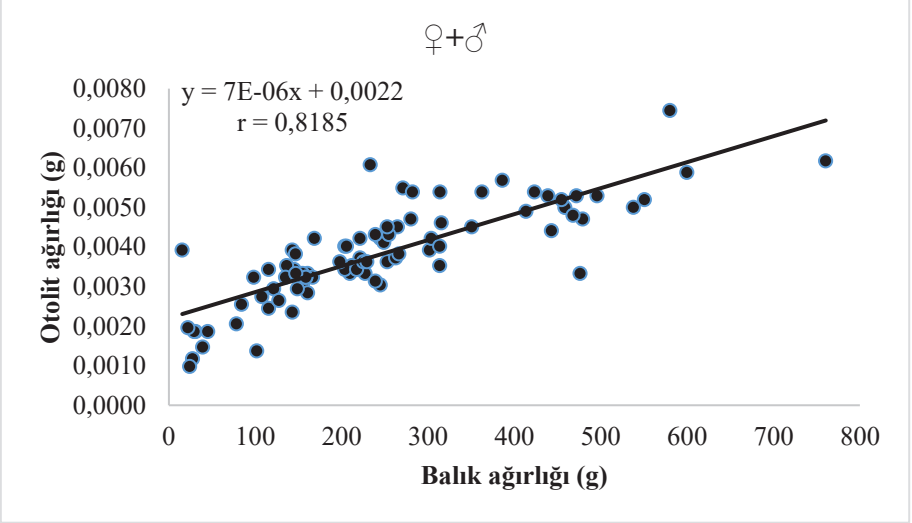
Şekil 3.17. Erkek bireylerde balık ağırlığı ile otolit ağırlığı arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun dişi bireylerinin otolit ağırlığı ile balık ağırlığı arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde çok yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,8179 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.18).



Şekil 3.18. Dişi bireylerde balık ağırlığı ile otolit ağırlığı arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunda otolit ağırlığı ile balık ağırlığı arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde çok yüksek bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,8185 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.19).

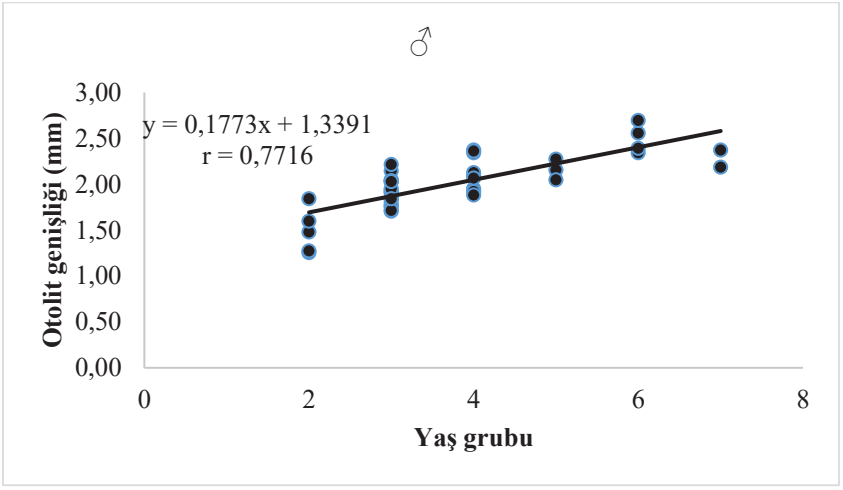


Şekil 3.19 Tüm populasyonda balık ağırlığı ile otolit ağırlığı arasındaki ilişki

3.4. Otolit Büyüklüğü Yaş Grubu İlişkisi

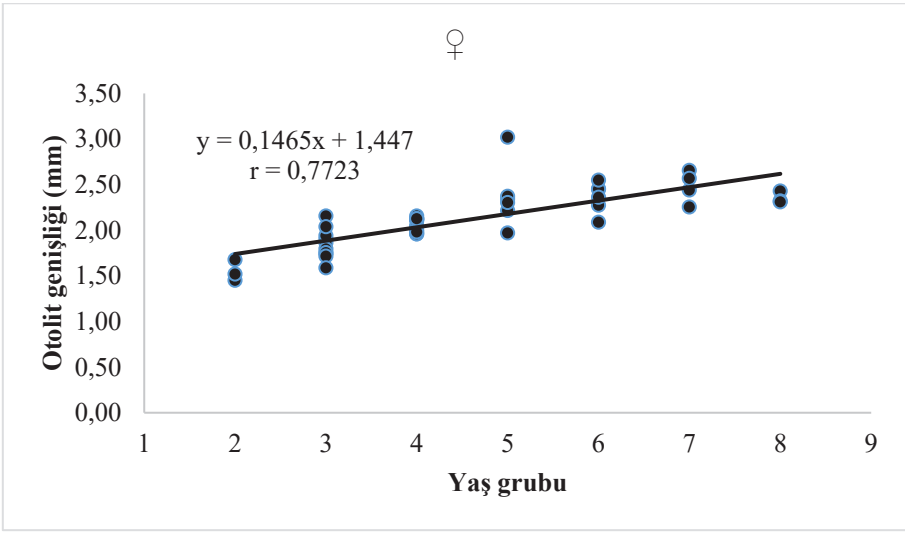
Araştırma süresince II ile VII yaş grupları arasında bireyler temin edilebilmiştir. Çoğunlukla yaş grubu arttıkça total boy ve vücut ağırlığı, buna bağlı olarak da otolit genişliği, otolit uzunluğu ve otolit ağırlığı da artış göstermiştir.

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun erkek bireylerinin otolit genişliği ile yaş grubu arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde yüksek düzeyde bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,7716 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.20).



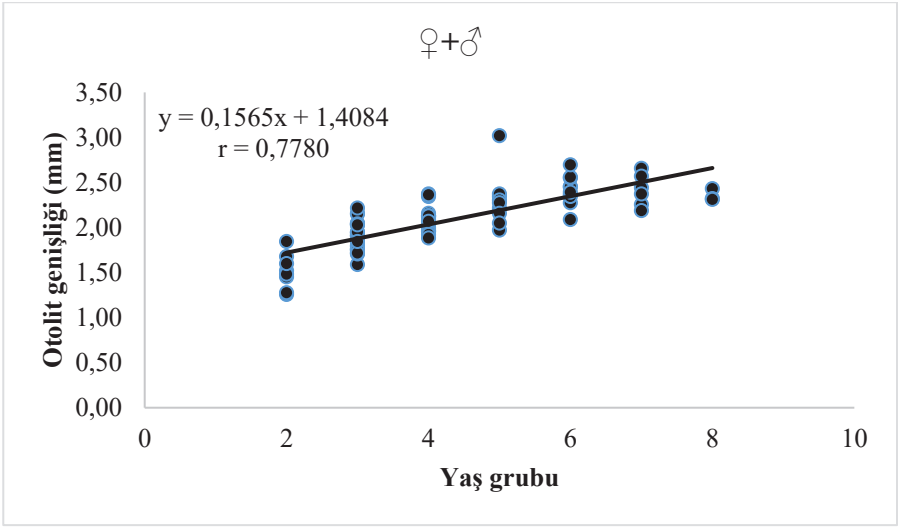
Şekil 3.20. Erkek bireylerde yaş grubu ile otolit genişliği arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun dişi bireylerinin otolit genişliği ile yaş grubu arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde yüksek düzeyde bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,7723 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.21).



Şekil 3.21. Dişi bireylerde yaş grubu ile otolit genişliği arasındaki ilişki

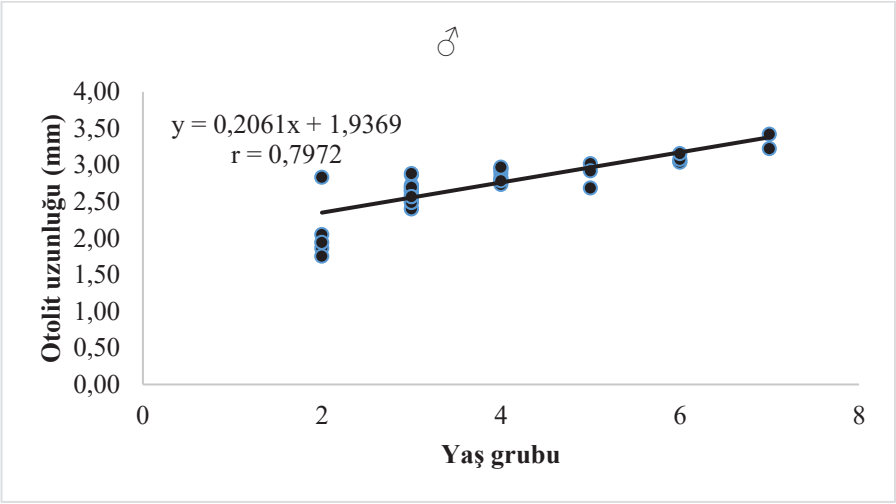
Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunda otolit genişliği ile yaş grubu arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde yüksek düzeyde bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,7780 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.22).



Şekil 3.22. Tüm popülasyonda yaş grubu ile otolit genişliği arasındaki ilişki

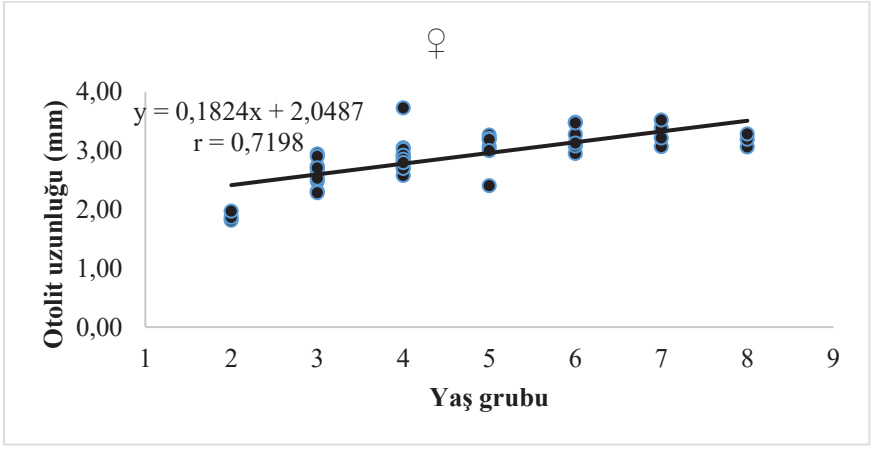
Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun erkek bireylerinin otolit uzunluğu ile yaş grubu arasında regresyon analizi yapılmıştır.

Buna göre pozitif yönde yüksek düzeyde bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,7972 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.23).



Şekil 3.23. Erkek bireylerde yaş grubu ile otolit uzunluğu arasındaki ilişki

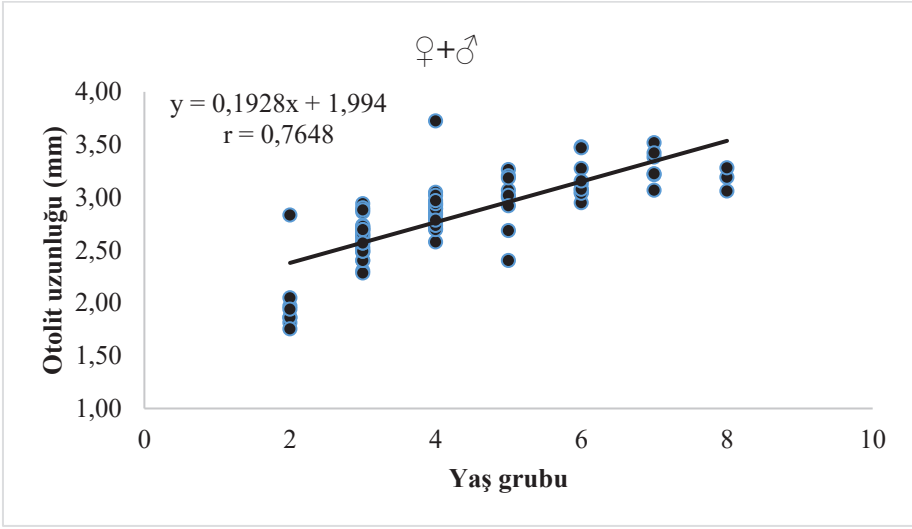
Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun dişi bireylerinin otolit uzunluğu ile yaş grubu arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde yüksek düzeyde bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,7198 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.24).



Şekil 3.24. Dişi bireylerde yaş grubu ile otolit uzunluğu arasındaki ilişki

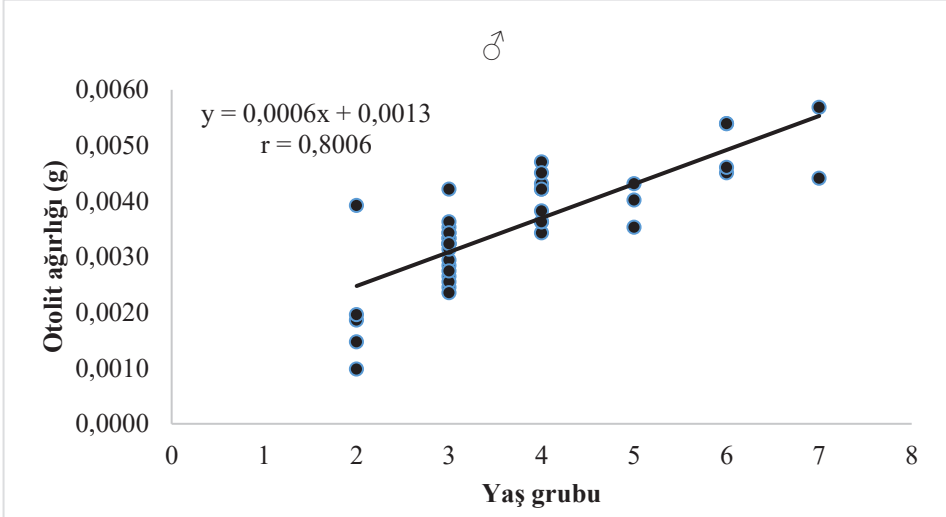
Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunda otolit uzunluğu ile yaş grubu arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde

yüksek düzeyde bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,7648 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.25).



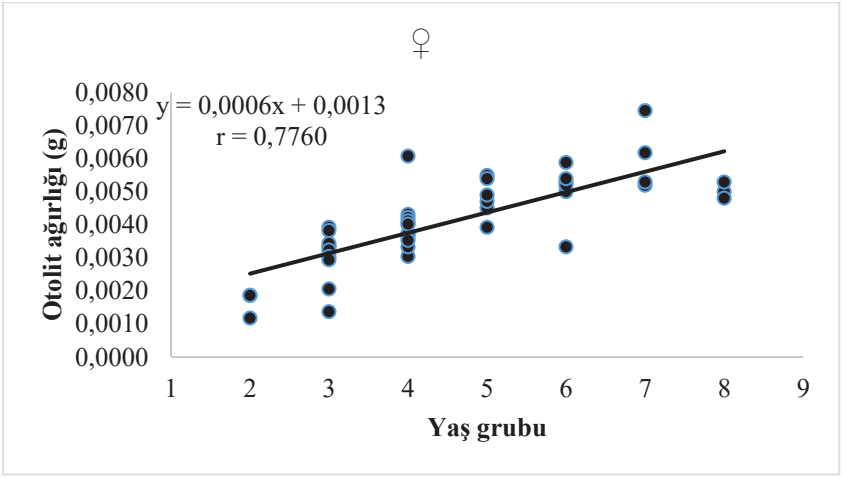
Şekil 3.25. Tüm populasyonda yaş grubu ile otolit uzunluğu arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun erkek bireylerinin otolit ağırlığı ile yaş grubu arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde çok yüksek düzeyde bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,8006 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.26).



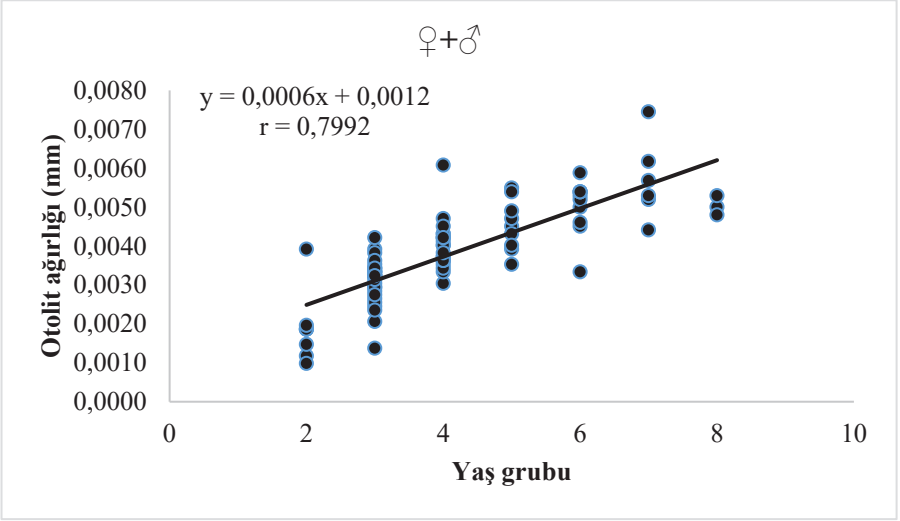
Şekil 3.26. Erkek bireylerde yaş grubu ile otolit ağırlığı arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun dişi bireylerinin otolit ağırlığı ile yaş grubu arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde yüksek düzeyde bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,7760 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.27).



Şekil 3.27. Dişi bireylerde yaş grubu ile otolit ağırlığı arasındaki ilişki

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunda otolit ağırlığı ile yaş grubu arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde yüksek düzeyde bir ilişki bulunduğu ve korelasyon katsayısının (r) 0,7992 olduğu belirlenmiştir (Şekil 3.28).



Şekil 3.28. Tüm popülasyonda yaş grubu ile otolit ağırlığı arasındaki ilişki

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada, Uzunçayır Baraj Gölü'nden yakalanan 44 dişi (%51,16) ve 42 erkek (%48,84) olmak üzere toplam 86 adet *C. umbla* bireyi incelenmiştir. Balıklar II-VII yaş grupları arasında dağılım göstermiştir. Dişi/Erkek oranı tüm yaş gruplarında 1:0,95 olarak tespit edilmiş olup, bu oranın istatistiki olarak 1:1 oranından farklı olmadığı ($X^2_{0,02} < X^2_{3,84}$) görülmüştür.

Araştırma süresince incelenen toplam 86 adet *C. umbla* bireyinin total boyları 11,8 cm ile 39,7 cm, otolit genişlikleri 1,25 mm ile 3,02 mm, otolit uzunlukları 1,75 mm ile 3,72 mm, otolit ağırlıkları 0,0010 g ile 0,0074 g arasında değişiklik göstermiştir. Ortalama total boy 28,09 cm, ortalama otolit genişliği 2,06 mm, ortalama otolit uzunluğu 2,80 mm ve ortalama otolit ağırlığı 0,0038 g olarak tespit edilmiştir.

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun otolit büyüklüğü ile total boy arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre total boy ile otolit uzunluğu, otolit genişliği ve otolit ağırlığı arasında pozitif yönde çok yüksek düzeyde bir ilişki bulunduğu saptanmıştır.

Araştırma süresince incelenen toplam 86 adet *C. umbla* bireyinin ağırlıkları 15 g ile 760 g arasında değişiklik göstermiştir. En düşük ağırlığa sahip balıkta otolit genişliği 1,84 mm, otolit uzunluğu 2,83 mm ve otolit ağırlığı 0,0039 g; en yüksek ağırlığa sahip balıkta ise otolit genişliği 2,66 mm, otolit uzunluğu 3,38 mm ve otolit ağırlığı 0,0062 g olarak ölçülmüştür.

Uzunçayır Baraj Gölü'ndeki siraz (*C. umbla*) populasyonunun otolit büyüklüğü ile balık ağırlığı arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre balık ağırlığı ile otolit uzunluğu ve otolit genişliği arasında pozitif yönde yüksek düzeyde bir ilişki, balık ağırlığı ile otolit ağırlığı arasında ise pozitif yönde çok yüksek düzeyde bir ilişki bulunduğu saptanmıştır.

Araştırma süresince II ile VII yaş grupları arasında bireyler temin edilebilmiştir. Çoğunlukla yaş grubu arttıkça total boy ve vücut ağırlığı, buna bağlı olarak da otolit genişliği, otolit uzunluğu ve otolit ağırlığı da artış göstermiştir. Yaş grupları ile otolit uzunluğu, otolit genişliği ve otolit ağırlığı arasında regresyon analizi yapılmıştır. Buna göre pozitif yönde kuvvetli düzeyde bir ilişki bulunduğu belirlenmiştir.

Bostancı (2009), Türkiye'de 4 farklı gölde (Bafra, Sarıyar, Çamlıdere, Topçam) 4 farklı tür için (*S. lucioperca, C. carpio, C. umbla, C. gibelio*) otolit biyometrisi ile ilgili araştırma yapmıştır. Bu türlerin çatal boyları ile otolit genişliği, otolit uzunluğu ve otolit ağırlığı arasındaki regresyon ilişkisinin istatistiki olarak önemli olduğunu belirlemiştir.

Zengin Özpiçak vd. (2018), yaptıkları araştırmada, Karadeniz Bölgesi'ndeki içsulardan (Abdal, Akçay, Terme, Yedikır) elde ettikleri tatlısu kefallerinde balık

büyüklüğü ile otolit büyüklüğü arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Buna göre; lokalitelere göre tüm veriler birlikte değerlendirildiğinde asteriskus ve lapillus otolitlerinin otolit enleri (*OB*) ve otolit boyları (*OL*) arasında bir farklılık bulunmamaktadır. Fakat dört lokalite birlikte değerlendirildiğinde lapillus otolit ağırlıkları arasında fark mevcuttur. Lokalitelere göre asteriskus otolit ağırlıkları bakımından bir farklılık mevcut değildir. *TL* ve *OB*, *OL* ile *OW* arasındaki ilişkiler power regresyon modeli kullanılarak belirlenmiştir. Terme (r^2=0,936) ve Yedikır için *OW* (r^2=0,912), Akçay ve Abdal Çayları için *OL* (r^2=0,973) değerlerinin *TB* ile en kuvvetli ilişkileri gösterdiği belirlenmiştir.

Bu çalışmadaki veriler ile yukarda yapılan çalışmalar karşılaştırıldığında; balık yaşı ile otolit ölçümleri arasındaki ilişkiler konusunda benzerlik vardır. Ancak total boy ve vücut ağırlığı ile otolit ölçümleri arasındaki ilişkiler bakımından karşılaştırıldığında aynı benzerlikten söz edilemez.

Sonuç olarak bu araştırmadaki verilere bakıldığında yaş grupları ile otolit büyüklüğü arasındaki ilişkinin istatistiki olarak önemli olduğu ($p<0,05$) görülmüştür. Eroğlu ve Şen (2012) yaptıkları çalışmada balık yaşı ile otolit ağırlığı arasında yüksek korelasyonun (r=0,97) olduğunu ve bu sonuca göre; özellikle yaş tespitinin kolayca yapılamadığı ileri yaşlardaki bireylerde otolit ağırlığından yararlanılabileceğini bildirmişlerdir.

4. KAYNAKLAR

Avşar, D. (2005). Balıkçılık Biyolojisi ve Populasyon Dinamiği. Nobel Kitapevi, Adana, 332s.

Aydın., R., Yüce, S., Şen, D., Çoban, M.Z., Birici, N., Uslu, A.A. ve Küçükyılmaz, M. (2015). Keban Baraj Gölü nde Yaşayan Tatlısu Kefali *Squalius cephalus* L 1758 nin Büyüme Özellikleri. *Yunus Araştırma Bülteni*, 2, 59–69.

Bostancı, D. (2009). Sarıkuyruk istavrit, *Trachurus mediterraneus* (Steindachner, 1868)'un otolit özellikleri ve bazı populasyon parametreleri. *Fırat Üniversitesi Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 1, 53-60.

Bostancı, D., İlhan D.U. ve Akalın S. (2012). Küçük pisi balığı, *Arnoglossus laterna* (Walbaum, 1792)'nın otolit özellikleri. *Karadeniz Fen Bilimleri Dergisi*, 6, 1-10.

Çoban, M.Z., Gündüz, F., Yüksel, F., Demirol, F., Yıldırım, T. ve Kurtoğlu, M. (2013). Uzunçayır Baraj Gölü (Tunceli) balık faunası. *Yunus Araştırma Bülteni,* 2, 35-44.

Çoban, M.Z., Eroğlu, M. ve Düşükcan, M. (2021). Some biological properties of spiny eel (*Mastacembelus mastacembelus*, Banks & Solander, 1794) living in the Upper Euphrates River Basin, Turkey. *Scientific Reports*, 11, 11761.

Dörtbudak, M.Y. ve Özcan, G. (2015). İkizce Çayı'ndaki (Şırnak) Siraz Balığının [*Capoeta umbla* (Heckel, 1843)] Otolit Biyometrisi - Balık Boyu Arasındaki İlişki, *Yunus Araştırma Bülteni*, 1, 67-72.

Düşükcan, M., Eroğlu, M. ve Çoban, M.Z. (2022). Özlüce Baraj Gölü (Elazığ-Bingöl, Türkiye)'nde Yaşayan Alburnus sellal Heckel, 1843 Populasyonunda Bazı Morfometrik ve Meristik Özelliklerinin İncelenmesi. *Acta Aquatica Turcica*, 18 (4), 486-494.

Echeverria, T.W. (1987). Relationship of otolith length to total length in rockfishes from Northern and Central California. *Fishery Bultein,* 85(2), 383-386.

Ekingen, G. (1983). Su Ürünleri ve Balıkçılık. Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Yayınları: 32, Ders Kitabı:14, Ankara Üniversitesi Basımevi, Ankara, 162s.

Eroğlu, M. ve Şen, D. (2012). Relationships between fish age and otolith size in spiny eel: *Mastacembelus mastacembelus* (Banks & Solander, 1794), *Journal of Science and Technology*, 2, 5-18.

Eroğlu, M., Düşükcan, M. ve Çoban, M.Z. (2018). Özlüce Baraj Gölü'nde Yaşayan *Capoeta umbla* (Heckel, 1843)'nın Bazı Populasyon Parametreleri. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 21 (2), 229-238.

Fowler, J. ve Cohen, L. (1992). Practical Statistics for Field Biology. John Wiley and Sons Inc., New York, 227s.

Geldiay, R. ve Balık, S. (2007). Türkiye Tatlısu Balıkları. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova-İzmir, 644s.

Mardinale, M., Arrhenius, F. ve Johnsson, B. (2000). Potential use of otolith weight for the determination of age-structure of Baltic cod (*Gadus morhua*) and plaice (*Pleuronectes platessa*). *Fisheries Research*, 45, 239-252.

Özcan, E.İ. (2020). Pülümür Nehri'nde Yaşayan *Acanthobrama marmid* Heckel 1843 Populasyonunun Bazı Büyüme Özelliklerinin Belirlenmesi. *NWSA Ecological Life Sciences*, 15 (4), 121-133.

Özcan, E.İ., Serdar, O. ve Aydın, R., (2017). Karasu Nehri Ndeki Erzincan-Erzurum *Squalius cephalus* Un L 1758 Boy-Ağırlık ve Boy-Boy İlişkileri. *Yunus Araştırma Bülteni*, 17 (1), 109-115.

Serdar, O., Özcan, E.İ. ve Aydın, R. (2017). Length-Weight and Length-Length Relationships of *Alburnus mossulensis* and *Acanthobrama marmid* (Heckel, 1843) in Karasu River (Turkey). *Yunus Araştırma Bülteni*, 17 (2), 171-176.

Pawson, M.G., 1990. Using otolith weight to age fish. *Journal of Fish Biology*, 36:521-531.

Şen, D., Aydın, R. ve Çalta, M. (2001). Relationships Between Fish Length And Otolith Length In The Populatıon Of *Capoeta Capoeta Umbla* (Heckel, 1843) Inhabiting Hazar Lake, Elazığ, Turkey. Archives of Polish Fisheries, 9 (2), 267-272.

Türkmen, M., Haliloğlu, H.İ., Erdoğan, O. ve Yıldırım, A. (2002). Aras Nehri'nde yasayan siraz (*Leuciscus cephalus orientalis*, Nordmann 1840)'nin büyüme ve üreme özellikleri üzerine bir araştırma, *Turkish Journal of Zoology*, 23, 355-364.

Ural, M., Yıldırım, N., Danabaş D., Kaplan, O., Yıldırım, N.C., Özcelik, M. ve Kürekci, E.F. (2011). Some heavy metals accumulation in tissues in *Capoeta umbla* (Heckel, 1843) from Uzuncayir Dam Lake (Tunceli, Turkey). *B Environ Contam Tox*., 88 (2), 172-176.

Yüce, S., Aydın, R., Gündüz, F., Demirol, F., Şeker, T., Çoban, M.Z. ve Şen, D. (2015). Keban Baraj Gölü nde Yaşayan *Chondrostoma Regium* Heckel 1843'un Büyüme Özellikleri. *Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 27 (2), 29-36.

Zengin Özpiçak, M., Saygın, S., Aydın, A., Hançer, E., Yılmaz, S. ve Polat, N. (2018). The relationships between otolith dimensions-total length of Chub (*Squalius cephalus*, L.1758) sampled from some inland waters of the Middle Black Sea Region. *Journal of Limnology and Freshwater Fisheries Research,* 4 (1), 17-24.

Bölüm 7

Kırsal Nüfusun Yaşlanması ve Kırsalda Sürdürülebilirlik

Hacer ÇELİK ATEŞ[1]

[2] Prof. Dr.; Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü,Türkiye
Email: hacerates@isparta.edu.tr, Orcid: 0000-0002-9391-6450

ÖZET

Nüfusun yaşlanması küresel bir sosyal ve ekonomik kalkınma sorunu haline gelmiştir ve zaman geçtikçe daha hızlı bir artma eğilimi göstermektedir. Yapılan tahminlere göre 2050 yılında 65 yaş ve üzeri dünya nüfusunun oranı daha da artarak toplam nüfus içinde %16,7'ye çıkacaktır. Nüfustaki bu yaşlanma en çok kırsal alanda etkisini göstermektedir. Kırsaldan sürekli gençlerin göçü kırsalda kalanların yaş ortalamasını arttırmaktadır. Bu durum ise tüm nüfusun beslenmesini ve gıda teminini sağlayan kırsal alanın sürdürülebilirliğinde büyük bir tehlike olmaktadır. Bu çalışmanın amacı kırsalda yaşayanlar içinde yaşlı nüfus oranın artması sorununu irdelemek ve kırsalın sürdürülebilirliğinin sağlamasında çeşitli öneriler geliştirmektir. Çalışmada ulusal ve uluslararası bu konularda yapılmış araştırma sonuçları, çeşitli kurumların verileri, raporları ve dokümanları ikincil veri kaynağı olarak kullanılmıştır. AB nüfusunun %30,6'sı kırsal alanlarda yaşamaktadır. Kırsal bölgeler, 50 yaşın altındaki yaş grupları arasında AB'nin nüfus payının en düşük olduğu bölgelerdir. 2015 yılında, OECD ülkelerinin nüfusunun neredeyse yarısı (%49) şehirlerde yaşamaktadır. Geriye kalan nüfusun %26'sı kasaba ve yarı yoğun bölgelerde, %24'ü ise kırsal bölgelerde yaşamaktadır. Türkiye'de ise 2007 de kırsalda 60+ yaş üzeri kişilerin oranı %12.70 iken, 2022'de %25.81 'e çıkmıştır. Bu artışın yıllar itibarı ile devam etmesi durumunda toplum beslenmesi, gıda güvenliği riske girecek ve kırsalın sürdürülebilirliği büyük bir tehlike altında olacaktır. Gençlerin ilgisini kırsal alana çekecek yeni girişimlerin teşvik edilmesi, gençlere finansman desteklerinin sağlanması, yeni konularda eğitimler yoluyla beceriler kazandırılması, gençlerin gereksinim duydukları konularda altyapıyı desteklemek (iletişim, ulaşım, internet vs), çeşitli kültürel ve sosyal faaliyetlerin kırsalda fuar, festival vs. şeklinde sunulması gibi önlemlerin alınması göçü bir ölçüde azaltacaktır.

Anahtar kelimeler: *Kırsal alan, kırsal nüfus, yaşlanma, sürdürülebilirlik, politikalar*

GİRİŞ

Bir ülkenin en önemli unsurlarından biri de nüfustur. Nüfus önemli bir insan sermayesi kaynağıdır. İkinci Dünya Savaşı'ndan sonra, insanların yaşam koşullarının sürekli iyileştirilmesi nedeniyle, küresel ortalama yaşam süresi 1950'lerin başında 46,5 iken 2015'te 71,4 yıla yükselmiştir. Aynı dönemde küresel toplam doğurganlık hızı 5,0'dan 2,5'e düşmüştür. Yaşam süresinin uzaması ve doğurganlık oranının azalmasının etkisi ile, 65 yaş ve üzeri insanların dünya toplam nüfusu içindeki oranı %5'in altından %8,5'e çıkmıştır (Liu et.al. 2021).

Nüfusun yaşlanması küresel bir sosyal ve ekonomik kalkınma sorunu haline gelmiştir ve zaman geçtikçe daha hızlı bir artma eğilimi göstermektedir. ABD Nüfus Sayım Bürosu'nun araştırma sonuçlarına göre, 2050 yılında 65 yaş ve üzeri dünya nüfusunun oranı daha da artarak 1,566 milyar toplam nüfus içinde %16,7'ye çıkacak ve bu nüfus içinde en büyük ve en hızlı büyümeyi gelişmekte olan ülkeler gösterecektir. 21. yüzyılın başı itibarıyla yaşlı nüfusları dört katına çıkacaktır. Giderek ağırlaşan yaşlanma durumu, ekonomiyi, toplumu, kültürü ve siyaseti her yönüyle derinden etkileyecek ve bir kriz haline gelecektir bu durum ise küresel sürdürülebilir kalkınma için büyük bir sorundur (Liu et.al. 2021). Nüfustaki bu yaşlanma en çok kırsal alanda etkisini göstermektedir. Kırsaldan sürekli gençlerin göçü kırsalda kalanların yaş ortalamasını arttırmaktadır. Bu durum ise tüm nüfusun beslenmesini ve gıda teminini sağlayan kırsal alanın sürdürülebilirliğinde büyük bir tehlike olmaktadır.

GELİŞMİŞ VE GELİŞMEKTE OLAN ÜLKELERDE KIRSALDA YAŞLI NÜFUS VE KIRSALIN DURUMU

Nüfusun yapısı ve yerleşim şekline göre dağılımı ise ülkelerin kalkınmışlık seviyesine göre değişiklik göstermektedir. Kırsalda yaşayan nüfus gelişmiş ülkelerde kentlere oranla oldukça azken, gelişmemiş veya gelişmekte olan ülkelerde biraz daha fazladır. Ancak tüm ülkelerde gerek kırsaldan göç gerekse diğer sosyal, ekonomik faktörlerin etkisiyle kırsalda yaşayan nüfusun gittikçe yaş ortalamasının artması sorunu bulunmaktadır.

Kırsal bölgelerde aynı zamanda demografik değişimler, yüksek yoksulluk riski ve temel olanaklara erişim eksikliği gibi birçok sorunlar bulunmaktadır. AB nüfusunun %30.6'sı kırsal alanlarda yaşamaktadır. Kırsal ve şehirden uzak bölgeler, 50 yaşın altındaki yaş grupları arasında AB'nin nüfus payının en düşük olduğu bölgelerdir, yani yaşlı nüfusun yoğun olduğu bölgelerdir. Yoksulluk ve sosyal dışlanma riski altındaki nüfus yüzdesi kırsal kesimde kasaba ve kentlere göre daha yüksektir (EU Rural Vision ,2023).

AB kırsal alanının durumu gelişmiş ülkeler örneği olarak ele alınabilir. “EU Vision for rural areas” verilerine göre AB’deki durum şöylece özetlenebilir;

Hizmetlere ve altyapıya erişim;

Temel hizmetlere ortalama yol mesafesi kırsal alanlara kıyasla kentsel alanlarda çok daha kısadır. Örneğin bir şehirde en yakın doktora ortalama yol mesafesi 3,5 km iken, uzak kırsal bölgelerde ortalama mesafe neredeyse 21,5 km'dir.

İstihdam ve eğitim; İstihdam oranı

AB düzeyinde istihdam oranı kırsal alanlarda şehirlere göre daha yüksektir. 2012'den bu yana, AB genelinde 20-64 yaş arası kişilerin kırsal alanlardaki istihdam oranı %68'den %73'e çıkmıştır. Ancak toplam çalışan sayısının artmaması, istihdam oranındaki artışın kırsal aktif nüfusun azalmasından kaynaklandığını ortaya koymaktadır.

Cinsiyetlere göre istihdam

AB'nin kırsal istihdam oranı 2019'da kadınlar için %67 ve erkekler için %80 dir; yüzde 13 cinsiyetlere göre istihdamda fark bulunmaktadır. Karşılaştırıldığında, şehirde istihdam oranı (20-64 yaş arası kişiler için) kadınlarda %68, erkeklerde ise %78 dir; yüzde 10 luk bir cinsiyetlere göre istihdam farkı vardır. Yani cinsiyetlere göre fark kırsalda daha fazladır.

Eğitim ve beceriler

Kırsal kesimde yükseköğretim mezunu olan 25-64 yaş arası nüfusun payı 2012'de %18'den 2019'da %22'ye çıkmıştır. Kırsal alanlarda yükseköğretim mezunu olanların payındaki genel artışa rağmen bu artış şehirlerde daha yüksek olmuştur. Sonuç olarak, kırsal alanlar ile şehirler arasındaki fark 2012'de yüzde 17 iken 2019'da yüzde 19'a yükselmiştir.

Dijital beceriler

AB'de, en azından temel dijital becerilere sahip kırsal kesimde yaşayanların payı, 2019'da şehirdekilerine göre 14 puan daha düşüktür (%48'e karşılık %62).

Ekonomik gelişme

2018 yılında kırsal bölgelerde kişi başına düşen ortalama GSYİH, AB ortalamasının yalnızca dörtte üçü kadardır.

Biyoekonomi

AB'deki biyoekonominin yıllık cirosu 2,2 trilyon Euro'dur ve yaklaşık 17,5 milyon kişiyi istihdam etmektedir. Tarım-gıda zincirinin tamamı AB'nin biyoekonomisindeki istihdamın %75'ini temsil etmekte ve cironun üçte ikisini oluşturmaktadır.

Turizm

AB düzeyinde, kırsal bölgelerde kişi başına düşen turizm gün sayısı kentsel bölgelere göre üç kat daha fazladır (EU Rural Vision,2023).

Gelişmekte olan ülkelerde de sorunlar benzerdir. Son 50 yıl içinde, OECD ülkelerindeki nüfus dağılımına bakıldığında nüfusun büyük ve yoğun olduğu

bölgelere odaklandığı görülmektedir. Bir ülke içinde nüfus yoğunluğu, ekonomik faaliyetlerin dağılımı ve kamu hizmetlerinin ya da olanaklarının varlığı gibi birçok faktörden etkilenir. 2015 yılında, OECD ülkelerinin nüfusunun neredeyse yarısı (%49), toplam OECD yüzey alanının yalnızca %6'sını temsil eden şehirlerde yaşamaktadır. Geriye kalan nüfusun %26'sı kasaba ve yarı yoğun bölgelerde, %24'ü ise kırsal bölgelerde yaşamaktadır. OECD ülkelerinde, farklı yerleşim tiplerine göre nüfus dağılımı oldukça dengesizdir. 2000 yılından bu yana, şehirlerde yaşayan nüfusun payı OECD genelinde yaklaşık olarak % 3 artmıştır, bu büyük ölçüde kırsal alanların aleyhine olmuştur. Bu dönemde, kasaba ve yarı yoğun bölgelerde yaşayan nüfusun payı ortalama olarak sırasıyla %1.3 ve % 1.5 puan azalmıştır. Şehirlerin göreceli büyümesi özellikle İzlanda, Yeni Zelanda ve Türkiye gibi ülkelerde yüksek olmuştur; bu ülkelerde nüfus payları 7'nin üzerinde artmıştır (OECD,2022).

3.1.Kırsal kalkınma ve sürdürülebilirlik politikaları

Kırsalda görülen yaşlılık soruna birçok ülke farklı önlemler almaktadır. AB, Ortak Tarım Politikası (OTP)(CAP) yoluyla kırsalı güçlendirmek ve zorluklara karşı dirençli yapacak çeşitli politikalar yürütmektedir. Örneğin Kırsal kalkınma politikası, sosyal içerikler, istihdam yaratma ve gelir çeşitlendirme ile daha geniş kapsamlı kırsal altyapıdaki gelişmeleri hedeflemektedir. Doğal ya da diğer özel kısıtlamalarla karşı karşıya olan bölgelerdeki çiftçilere yönelik ekstra destek, arazilerin terk edilmesinin olumsuz sosyo-ekonomik sonuçlarının hafifletilmesine yardımcı olurken, genç çiftçilere yönelik özel ödemeler de nesilsel yenilenmeyi ve kırsal nüfusun dayanıklılığını teşvik etmektedir (European Commission, 2023).

Ortak Tarım Politikası (OTP), AB'de sürdürülebilir bir tarım sistemine ulaşma yolunda sosyal, ekonomik ve çevresel yaklaşımları birleştirmektedir. Bu politikalar OTP (CAP), kırsal topluluklarda dayanıklılığın geliştirilmesine çeşitli şekillerde yardımcı olmaktadır. Politikaları şöylece özetleyebiliriz;

- Kırsal kalkınma politikası sosyal içerikleri, istihdam yaratmayı ve çeşitlendirmeyi ve geniş kapsama alanının büyütülmesi gibi kırsal altyapıdaki gelişmeleri hedeflemektedir;
- Kırsal kalkınma programları aynı zamanda kırsal toplulukları, karşılaştıkları zorluklarla yüzleşmek için yerel kalkınma stratejilerini hazırlamak ve yönetmek üzere bir araya getiren LEADER yöntemi yoluyla desteği de içermektedir;
- Doğal veya diğer spesifik kısıtlamalarla karşı karşıya olan bölgelerdeki çiftçilere yönelik ekstra destek, arazi terkinin olumsuz sosyo-ekonomik sonuçlarının hafifletilmesine yardımcı olurken, genç çiftçilere yönelik özel

ödemeler nesillerin yenilenmesini ve kırsal nüfusun dayanıklılığını teşvik etmektedir;

- Avrupa Birliği Komisyonu, ortak izleme ve değerlendirme çerçevesi (CMEF) aracılığıyla kırsal alanlara ilişkin kapsamlı sosyo-ekonomik göstergeler toplayarak nüfus azalması, yoksulluk ve işsizlik gibi önemli sosyal sorunlara veri odaklı çözümler sağlamaktadır (European Commission, 2023).

Gıda güvenliği AB'nin kalbinde yer almaktadır. AB'nin ilk ve en büyük politikalarından biri olan OTP (CAP)'ın ilk hedeflerinden biri, İkinci Dünya Savaşı sonrasında gıda güvenliğini sağlamaktır.Tarladan Çatala stratejisi, AB'de sürdürülebilir bir gıda sistemine giden yolu belirleyerek AB'nin ilk hedeflerini yansıtmaktadır. Bu sistem, artan nüfusun ihtiyaçlarını karşılayacak ve aynı zamanda gıdanın yüksek sağlık, çevre ve etik standartlarda üretilmesini sağlayacaktır.

Tarımın toplumun taleplerini karşılamasına yardımcı olmak için OTP(CAP), çiftçiler, tüketiciler ve çevre için maksimum getiri sağlayan verimli gıda üretimini aşağıdaki yollarla teşvik etmektedir:

- Tarım ilacı ve gübre kullanımını azaltmak ve doğaya dayalı, teknolojik ve dijital çözümlerden en iyi şekilde yararlanmak için üretim yöntemlerini ve yönetim sistemlerini dönüştürmek,
- Çiftçi gelirini güçlendiren ve rekabet gücünü artıran çok çeşitli destek eylemlerinin sağlanması,
- Tüketicileri, gıdalarının güvenli ve sürdürülebilir kaynağı olarak AB tarımı konusunda eğitmek için bilgi ve tanıtım faaliyetlerinin finansmanın sağlanması
- Dirençli kırsal toplulukların desteklenmesi (European Commission, 2023; EU Agriculture and Rural Development, 2023).

Tarım, AB genelinde kırsal toplulukların omurgası görevi görmektedir. Bu topluluklar, yaşlanan demografi ve az gelişmiş altyapının yanı sıra hizmet ve iş fırsatlarının eksikliği gibi bir dizi zorlukla karşı karşıyadır.Avrupa Komisyonu, ortak izleme ve değerlendirme çerçevesi (CMEF) aracılığıyla kırsal alanlara ilişkin kapsamlı sosyo-ekonomik göstergeler toplayarak nüfus azalması, yoksulluk ve işsizlik gibi önemli sosyal sorunlara veri odaklı çözümler sağlamaktadır. OTP(CAP) ayrıca kırsal topluluklar ile kırsal çevre arasındaki ilişkiyi tanımakta ve güçlendirmektedir. Doğayı, yaban hayatını, temiz hava ve nehirler gibi doğal kaynakları koruyan önlemler yalnızca tarıma ve çevreye yararlı olmakla kalmaz, aynı zamanda kırsal alanlardaki yaşam kalitesine de katkıda bulunur, aynı zamanda rekreasyonel faaliyetler ve turizm için fırsatlar

yaratmakta ve kırsal toplulukları daha fazla desteklemektedir (EU Agriculture and Rural Development, 2023) .

Kırsal bölgeler, büyük küresel fırsatların ortaya çıkarılmasında merkezi bir rol oynamaktadır. Bu durum, ihtiyaçlarımızı karşılayan yeni enerji kaynaklarının geliştirilmesini de içermektedir. İklim değişikliği, artan nüfus için gıda üretimindeki yenilikler ve bir sonraki üretim devrimini mümkün kılacak doğal kaynakların sağlanması kırsal bölgelerden olacaktır. Bazı kırsal alanlar bu konuda iyi performans göstermekte ve bu fırsatları yakalayabilecek konumdalardır. Diğer kırsal bölgeler ise o kadar başarılı olamamakla birlikte uyum sağlama kapasiteleri de daha düşüktür. Yapısal değişimler üretim ve doğal kaynaklara dayalı endüstriler, nüfus kaybı ve yaşlanma, bazı kırsal toplulukların geride kalması anlamına gelmektedir. Hükümetlerin bu zorlukları ve fırsatları etkili bir şekilde ele alma kapasitesi, gelecekteki ulusal uyum ve refahı etkileyecektir (OECD, 2018).

Bir dizi küresel değişimin, kırsal alanların daha karmaşık, dinamik ve zorlu bir ortamda nasıl başarılı olabileceğini etkilemesi muhtemeldir. 21. yüzyılda başarılı kırsal alanlar dışa dönük olacak ve uluslararası pazarlara giriş yapacaktır. Kırsal yerlerin gelecekteki refahını güvence altına almak için birbiriyle bağlantılı bir dizi zorluk ve fırsatın ele alınması gerekecektir. Bu mega trendler, yaşlanan nüfus, kentleşme, gelişmekte olan ekonomilerin yükselişi, iklim değişikliği ve çevresel baskılar, artan küreselleşme ve teknolojik atılımların etkileriyle ilgilidir.

Nüfus yaşlanması ve göçün, OECD ekonomileri genelinde kırsal bölgelerde daha belirgin olan genel yaşlanma eğiliminin devam edeceği tahmin edilmektedir. Kırsal toplulukların cazip bir teklif sunma ve yeni gelen göçmenleri entegre etme kapasitesi, yaşlanan ve azalan nüfusla mücadele etme kapasitelerini şekillendirecektir (OECD, 2018).

TÜRKİYE'DE KIRSAL YAŞLANMA

Türkiye'de de diğer ülkelerde olduğu gibi kırsaldan gençlerin göçü ile kırsal alanda kalanların yaşlıların oranı yıllar itibarıyla artmaktadır. Yıllara göre nüfusun il/ilçe merkezleri ile belde/köy nüfusu arasında yaş grupları itibarı ile dağılımı Tablo 1 de sunulmuştur.

Tablo 1.Yaş grubuna göre il/ilçe merkezi ve belde/köy nüfusu, 2007-2022

Yaş grupları	Toplam		İl/ilçe merkezi		Belde ve köyler	
	Sayı	%	Sayı	%	Sayı	%
2007	**70 586 256**	100,00	**49 747 859**	**100,00**	**20 838 397**	**100,00**
0-29	37 552 835	53,20	26 437 527	53,14	11 115 308	53,34
30-59	25 965 532	36,79	18 888 105	37,97	7 077 427	33,96
60+	7 067 889	10,01	4 422 227	8,89	2 645 662	**12,70**
2008	**71 517 100**	**100,00**	**53 611 723**	**100,00**	**17 905 377**	**100,00**
0-29	37 749 086	52,78	28 416 339	53,00	9 332 747	52,12
30-59	26 686 293	37,32	20 620 492	38,46	6 065 801	33,88
60+	7 081 721	9,90	4 574 892	8,54	2 506 829	**14,00**
2009	**72 561 312**	**100,00**	**54 807 219**	**100,00**	**17 754 093**	**100,00**
0-29	37 882 931	52,21	28 770 362	52,49	9 112 569	51,33
30-59	27 233 789	37,53	21 204 607	38,69	6 029 182	33,96
60+	7 444 592	10,26	4 832 250	8,82	2 612 342	**14,71**
2010	**73 722 988**	**100,00**	**56 222 356**	**100,00**	**17 500 632**	100,00
0-29	37 861 598	51,36	29 060 045	51,69	8 801 553	50,29
30-59	28 041 700	38,04	22 035 541	39,19	6 006 159	34,32
60+	7 819 690	10,60	5 126 770	9,12	2 692 920	**15,39**
2011	**74 724 269**	**100,00**	**57 385 706**	**100,00**	**17 338 563**	**100,00**
0-29	37 734 982	50,50	29 173 554	50,84	8 561 428	49,38
30-59	28 932 085	38,72	22 882 072	39,87	6 050 013	34,89
60+	8 057 202	10,78	5 330 080	9,29	2 727 122	**15,73**
2012	**75 627 384**	**100,00**	**58 448 431**	**100,00**	**17 178 953**	**100,00**
0-29	37 719 498	49,88	29 385 090	50,27	8 334 408	48,52
30-59	29 557 365	39,08	23 499 946	40,21	6 057 419	35,26
60+	8 350 521	11,04	5 563 395	9,52	2 787 126	**16,22**
2013	**76 667 864**	**100,00**	**70 034 413**	**100,00**	**6 633 451**	**100,00**
0-29	37 827 892	49,34	34 725 379	49,58	3 102 513	46,77
30-59	30 187 818	39,37	27 891 899	39,83	2 295 919	34,61
60+	8 652 154	11,29	7 417 135	10,59	1 235 019	**18,62**
2014	**77 695 904**	**100,00**	**71 286 182**	**100,00**	**6 409 722**	**100,00**
0-29	37 918 013	48,80	34 993 115	49,09	2 924 898	45,63
30-59	30 714 214	39,53	28 504 429	39,99	2 209 785	34,48
60+	9 063 677	11,67	7 788 638	10,92	1 275 039	**19,89**
2015	**78 741 053**	**100,00**	**72 523 134**	**100,00**	**6 217 919**	**100,00**
0-29	38 049 136	48,32	35 260 228	48,62	2 788 908	44,85
30-59	31 088 211	39,48	28 961 856	39,93	2 126 355	34,20
60+	9 603 706	12,20	8 301 050	11,45	1 302 656	**20,95**
2016	**79 814 871**	**100,00**	**73 671 748**	**100,00**	**6 143 123**	**100,00**
0-29	38 160 865	47,81	35 441 568	48,11	2 719 297	44,27
30-59	31 659 555	39,67	29 552 521	40,11	2 107 034	34,30
60+	9 994 451	12,52	8 677 659	11,78	1 316 792	**21,43**
2017	**80 810 525**	**100,00**	**74 761 132**	**100,00**	**6 049 393**	**100,00**
0-29	38 248 127	47,33	35 607 429	47,63	2 640 698	43,65
30-59	32 295 775	39,96	30 200 966	40,40	2 094 809	34,63
60+	10 266 623	12,71	8 952 737	11,97	1 313 886	**21,72**
2018	**82 003 882**	**100,00**	**75 666 497**	**100,00**	**6 337 385**	**100,00**
0-29	38 432 194	46,87	35 737 819	47,23	2 694 375	42,52
30-59	32 939 623	40,17	30 692 216	40,56	2 247 407	35,46
60+	10 632 065	12,96	9 236 462	12,21	1 395 603	**22,02**
2019	**83 154 997**	**100,00**	**77 151 280**	**100,00**	**6 003 717**	**100,00**
0-29	38 535 328	46,34	36 035 489	46,71	2 499 839	41,64

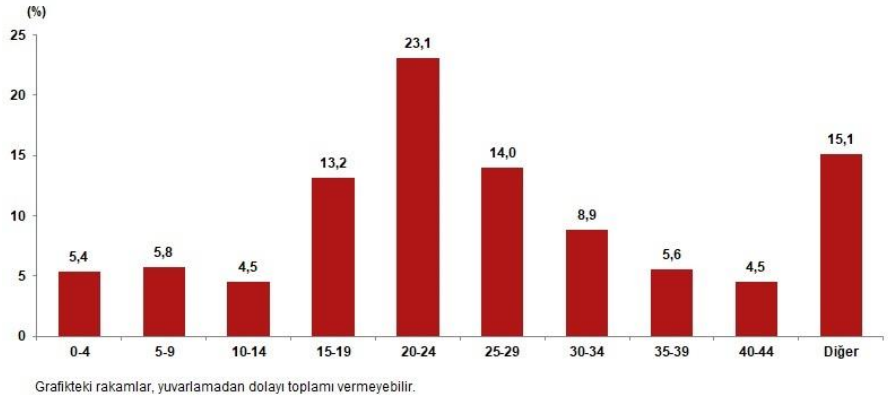
30-59	33 514 173	40,30	31 402 897	40,70	2 111 276	35,17
60+	11 105 496	13,36	9 712 894	12,59	1 392 602	**23,19**
2020	**83 614 362**	**100,00**	**77 736 041**	**100,00**	**5 878 321**	**100,00**
0-29	38 332 941	45,85	35 920 197	46,21	2 412 744	41,04
30-59	33 753 472	40,37	31 703 994	40,78	2 049 478	34,87
60+	11 527 949	13,78	10 111 850	13,01	1 416 099	**24,09**
2021	**84 680 273**	**100,00**	**78 908 631**	**100,00**	**5 771 642**	**100,00**
0-29	38 424 151	45,38	36 110 597	45,76	2 313 554	40,08
30-59	34 399 082	40,62	32 368 605	41,02	2 030 477	35,18
60+	11 857 040	14,00	10 429 429	13,22	1 427 611	**24,74**
2022	**85 279 553**	**100,00**	**79 613 279**	**100,00**	**5 666 274**	**100,00**
0-29	38 238 097	44,84	36 034 181	45,26	2 203 916	38,89
30-59	34 733 116	40,73	32 732 915	41,12	2 000 201	35,30
60+	12 308 340	14,43	10 846 183	13,62	1 462 157	**25,81**

Kaynak: TÜİK,2023.

Tablo 1'deki verilerden de görüldüğü gibi kırsal alanda özellikle 60+ üzeri yaşa sahip kişilerin oranı yıllar itibarı ile istikrarlı bir şekilde artmaktadır. Örneğin 2007 de kırsalda 60+ yaş üzeri kişilerin oranı %12.70 iken bu oran 2017'de %21,72 e, 2020 'de %24,09'ye ve 2022'de %25.81 'e çıkmıştır. Bu artışın yıllar itibarı ile devam etmesi durumunda toplum beslenmesi, gıda güvenliği riske girecek ve kırsalın sürdürülebilirliği büyük bir tehlike altında olacaktır.

Kırsal nüfus içinde yaşlıların oranının artmasının en önemli nedenlerinden biri de gençlerin kentlere göçmesidir. Göçün kuşkusuz birçok sosyal ve ekonomik nedenleri olabilir.

Türkiye'de, 2022 yılında büyüklük olarak en fazla göç hareketliliği, 643 bin 998 kişi ile 20-24 yaş grubunda (%23,1) gerçekleşmiştir (TÜİK,2023).



Kaynak: TÜİK,2023.

Şekil 1.Yaş gruplarına göre göç eden nüfus oranı, 2022

Şekil 1'den de anlaşılacağı gibi göç hareketliliği içinde en büyük grup 20-24 yaş arasıdır. Bu veriler gençlerin kırsaldan göçünün devam ettiğini göstermektedir. Bunu tamamen durdurmak çeşitli sosyolojik etkenler nedeniyle mümkün değilse de hızını yavaşlatmak veya bir bölümünün kırsalda kalmasını sağlamak çeşitli politikalarla olasıdır.

KIRSALDA SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK

Kırsal bölgelerde yaşlı nüfusun artması sorununun çözülmesi ve sürdürülebilirliğin sağlanmasında gençlerin kırsaldan göçüne engel olmak veya kırsalda kalmalarına ikna etmek gerekmektedir. Bu durum hem sosyal, hem demografik hem de ekonomik açıdan oldukça önemlidir. Kırsal alanda yaşlılık sorunun kırsalın sürdürülebilirliğine etkisini çeşitli açılardan şöylece özetleyebiliriz:

Ekonomik etkiler, azalan işgücü: Kırsal alanda yaşlı nüfus artışı çalışabilir aktif nüfusun azalması anlamına gelmektedir. Bu da kırsaldaki tarımsal üretimin azalması, verimliliğin azalması gibi sorunlar yaratacaktır. Tarımsal üretimdeki azalma diğer ekonomik sektörleri de etkileyecektir. Önemli konulardan bir de yetersiz tarımsal üretimin gıda güvenliğinin sağlanmasına engel olmasıdır.

Kırsal altyapı ve sosyal hizmetler: Yaşlı nüfusun artması bir yandan temel altyapı hizmetlerine, ulaşım, iletişim vs olan talebi artırırken (yaşlı nüfus için bazı bakım ve sağlık hizmetleri vs) diğer yandan bu hizmetlerin yetersizliği genç nüfusun göç sebebi olmaktadır. Genç nüfus göçü ise kırsalın sürdürülebilirliğe engel olmaktadır.

Toplumsal ve sosyal bağlar: Yaşlanan nüfusun artması, topluluk bağlarının zayıflamasına ve genç neslin kırsal alandan ayrılmasına yol açabilir. Bu da yerel kültür ve geleneklerin kaybına, kültür erozyonuna neden olabilmektedir (ENRD, 2019; Fonte et.al.2019).

Kırsal alanların sürdürülebilirliği, ekolojik, sosyal ve ekonomik faktörlerin bir denge içinde yönetilmesini gerektirir. Bu dengeyi sağlamak için yerel yönetimler, topluluklar, sivil toplum kuruluşları ve diğer paydaşlar arasında iş birliği önemlidir.

Kırsalın sürdürülebilirliği, ekolojik, ekonomik ve sosyal faktörlerin dengesini gözeterek, mevcut nesillerin ihtiyaçlarını karşılamakla birlikte gelecek nesillerin ihtiyaçlarını da tehlikeye atmamayı amaçlayan bir yaklaşımdır. Kırsal alanlarda sürdürülebilirlik, tarım, doğal kaynakların kullanımı, toplumsal yapı ve yerel ekonomi gibi birçok faktörü içermektedir.

Tarım ve Gıda Güvenliği: Kırsal alanlar genellikle tarım ve gıda üretiminin merkezidir. Sürdürülebilir tarım yöntemleri, toprak sağlığını ve verimliliğini korurken doğal kaynakların aşırı tüketimini engellemeye yardımcı olur. Gıda güvenliği, yerel üretim ve tüketimi teşvik ederek sağlanabilir.

Doğal Kaynak Yönetimi: Su, orman, toprak gibi doğal kaynaklar kırsal alanların temel unsurlarıdır. Sürdürülebilirlik, bu kaynakların aşırı kullanımını önlemeyi ve ekosistemleri korumayı içerir.

Enerji Verimliliği: Kırsal alanlarda enerji verimliliği sağlamak, sürdürülebilirliği artırabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına geçiş, enerji bağımlılığını azaltabilir ve çevresel etkileri minimize edebilir.

Ekonomik Çevre: Kırsal ekonomileri, sadece tarım üzerine değil, farklı sektörlere dayandırmak sürdürülebilirliği artırabilir. Turizm, el sanatları, alternatif enerji üretimi gibi alanlar ekonomik çeşitliliği destekleyebilir.

Toplumsal Katılım: Kırsal toplulukların sürdürülebilirliği, yerel halkın katılımını içermektedir. Karar alma süreçlerine katılma, topluluk ihtiyaçlarının ve görüşlerinin dikkate alınması sürdürülebilirliği güçlendirebilmektedir.

Eğitim ve Sağlık: Kırsal alanlarda eğitim ve sağlık hizmetlerine erişimin iyileştirilmesi, insan sermayesinin artırılmasını sağlamaktadır. Bu da toplumun genel refahını yükseltebilir.

Kültürel Miras ve Kimlik: Kırsal alanlar genellikle zengin kültürel mirasa sahiptir. Bu mirasın korunması ve değerlendirilmesi, toplumun kimliğinin ve aidiyet duygusunun güçlenmesine katkı sağlayabilir.

Altyapı Gelişimi: Ulaşım, enerji, su altyapısı gibi alanlarda yapılan yatırımlar, kırsal bölgelerin sürdürülebilirliğini artırabilir.

Kırsal Turizm: Doğal güzellikler, kırsal yaşam tarzı ve geleneksel kültürler, kırsal turizmi teşvik ederek ekonomik büyümeyi destekleyebilir (EU, 2023).

Tüm bunların yanısıra kırsalda yaşlılığın sebebi olan kırsal gençlerin göçü kırsalın sürdürülebilirliğine en büyük engellerden birisidir. Kırsaldan göçü önlemek tamamen mümkün olmasa da en az düzeyde tutabilmek için bazı girişimlerde bulunulabilir.

Gençlerin kırsalda kalmalarına yönelik bazı öneriler şöyledir (OECD,2019):

İstihdam Fırsatları: Kırsal bölgelerde gençlere çeşitli istihdam fırsatları sunmak, tarım dışı sektörlerde iş imkanlarını artırmak ve girişimcilik destekleri sağlamak gençlerin ilgisini çekebilir.

Eğitim ve Teknoloji: Kırsal bölgelerde eğitim kalitesini artırmak ve teknolojik altyapıyı güçlendirmek, gençlerin daha fazla fırsata erişmesini sağlayabilir.

Altyapı Geliştirme: Ulaşım, sağlık hizmetleri, kültürel etkinlikler gibi altyapı ve hizmetleri iyileştirmek, gençlerin yaşam kalitesini artırabilir.

Kırsal Kalkınma Projeleri: Gençleri kırsal alanlarda kalmaya teşvik edecek tarım dışı ekonomik fırsatların yaratıldığı kalkınma projeleri ve destek programları oluşturmak önemlidir.

Toplumsal Katılım: Gençleri yerel yönetim ve topluluk işlerine dahil etmek, onların kırsal bölgelerin yönlendirilmesine katkıda bulunmalarını sağlayabilir.

Eğlence ve Kültürel Aktiviteler: Gençlerin sosyal etkinlikler ve kültürel aktivitelerle bağlarını güçlendirmeleri teşvik edilebilir.

SONUÇ

Tüm dünyada olduğu gibi Türkiye'de de kırsal nüfus içinde yaşlı nüfus oranı her yıl artmaktadır. Verilere göre bu artışlar, gelişmiş ülkelere göre gelişmekte olan ülkelerde oransal olarak daha fazladır. Kırsal nüfusun yaşlanması beraberinde birçok sorun da getirmektedir. Bu sorunlar ekonomik, sosyal ve kültürel açıdan kırsalı etkilemektedir. Ekonomik açıdan kırsaldan gençlerin göçü, tarımsal üretim üzerinde verim, üretim miktarı ve ürün kalitesi üzerinde olumsuz etkisi olmaktadır. Tarımsal üretimin riske girmesi toplum beslenmesinin sürekliliğine olumsuz etkide bulunacak ve gıda güvenliği tehlikeye girecektir. Sosyal açıdan kırsalda yaşlanma gençlerin göçünü hızlandıran bir etkiye sahiptir. Yaşlılarda birarada olmak istemeyen gençlerin göç eğilimi artacaktır. Sosyal çevrede belli bir yaş grubun ağırlığı aynı zamanda sonraki nesillerle yaşlı nüfus arasındaki bağı da etkileyecek ve sürdürülebilirliği olumsuz etkileyecektir. Kültürel olarak da oluşmuş yerel kültürlerin genç nesillere aktarımı ve kültürel mirasın devamlılığı riske girecektir.

Tüm bu kırsaldaki yaşlı nüfusun artması sonucu ortaya çıkan sorunlar aynı zamanda kırsalın sürdürülebilirliğine de olumsuz etkide bulunmaktadır. Gerek kırsalın sürdürülebilirliğini sağlamada gerekse bu sorunları çözmede etkili

olabilecek bir konu da kırsaldaki gençlerin kentlere göçünü tamamen durdurmak mümkün olmasa da en az seviyeye indirecek önlemlerin alınmasıdır. Bunun için gelişmiş ülkelerde uygulanan ve başarılı olmuş politikalar yerel koşullara uyumu sağlayacak şekilde yeniden uyarlanarak ele alınması gerekmektedir.

Gençlerin ilgisini kırsal alana çekecek yeni girişimlerin teşvik edilmesi, gençlere finansman desteklerinin sağlanması, yeni konularda eğitimler yoluyla beceriler kazandırılması, gençlerin gereksinim duydukları konularda altyapıyı desteklemek (iletişim, ulaşım, internet vs), çeşitli kültürel ve sosyal faaliyetlerin kırsalda fuar, festival vs. şeklinde sunulması gibi önlemlerin alınması göçü bir ölçüde azaltacaktır.

Diğer yandan kırsalı daha da güçlendirecek önlemler ve politikalarla kırsalın güçlendirilmesi sağlanmalıdır. Tüm bunlar kırsal halkla beraber yerel örgütler, liderler, çeşitli kurum ve kuruluşların yerel örgütleri ve sivil toplum örgütlerinin beraberce ve iş birliği yaparak uygulanmalıdır.

Kaynaklar

European Commission, (2023). https://agriculture.ec.europa.eu/sustainability/socially-sustainable-cap_en#fosteringresilientruralcommunities Erişim tarihi 23.08.2023

EU Rural Vision,(2023). https://rural-vision.europa.eu/maps-data/rural-areas-numbers_en Erişim tarihi 28.08.2023

EU, (2023). Agriculture and Rural Development, https://agriculture.ec.europa.eu/sustainability/socially-sustainable-cap_en Erişim tarihi 28.08.2023

European Network for Rural Development (ENRD). (2019). "Supporting Young Farmers and Generational Renewal." https://enrd.ec.europa.eu/sites/default/files/policy-briefs-files/en/enrd-pp-2019-09_en.pdf

Fonte, M., & Gómez-Zará, D. (2019). "Aging in Rural Communities: A Call for Research in Rural Human-Computer Interaction." In Proceedings of the 2019 on Designing Interactive Systems Conference (pp. 1157-1169).

Liu J, Du S, Fu Z.2021. The Impact of Rural Population Aging on Farmers' Cleaner Production Behavior: Evidence from Five Provinces of the North China Plain. Sustainability. 2021; 13(21):12199. https://doi.org/10.3390/su132112199

OECD (Organisation for Economic Co-operation and Development). 2019. "The Future of Rural Youth in Developing Countries: Tapping the Potential of Local Value Chains." https://www.oecd.org/rural/rural-development-2019-87d814ec-en.htm

OECD ,2022. "Population growth across OECD cities and rural areas", in OECD Regions and Cities at a Glance 2022, OECD Publishing, Paris. http://dx.doi.org/10.1787/region-data-en.

OECD,2018. Rural 3.0. policy note a framework for rural development https://www.oecd.org/cfe/regionaldevelopment/Rural-3.0-Policy-Note.pdf Erişim tarihi 28.08.2023

TÜİK,2023. https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Ic-Goc-Istatistikleri-2022-49727 Erişim tarihi 25.08.2023

Bölüm 8

Kırsal Gençlik: Sorunlar ve Çözüm Önerileri

Hacer ÇELİK ATEŞ[1]

[1] Prof. Dr.; Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Ekonomisi Bölümü,Türkiye
Email: hacerates@isparta.edu.tr, Orcid: 0000-0002-9391-6450

ÖZET

Kırsal alanın sosyal, ekonomik ve kültürel açıdan birçok sorunu bulunmaktadır. Kırsalın sürdürülebilirliği de gıda güvenliği açısından oldukça önemlidir. Kırsaldan gençlerin göçü ise kalanların yaş ortalamasını arttırmakta ve kırsalın sürdürülebilirliğine tehdit olmaktadır. Bu çalışmada kırsalın sürdürülebilirliğinde önemli olan kırsal gençlerin sorunlarının ortaya konularak çözüm önerilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın verilerini ikincil kaynaklar oluşturmaktadır. Bu amaçla ulusal ve uluslararası çeşitli araştırma sonuçları, rapor ve dokümanlardan yararlanılmıştır. Kırsaldaki gençlerin karşılaştıkları güçlükler ve sorunlar arasında, gençlerin temel eğitimde yetersizlikleri ve bilgiye ulaşmadaki güçlükler başta gelmektedir. Kırsal alandaki gençlerin bir diğer sorunu da daha uzun yaşam ve miras kanunları nedeniyle daha geç mülkiyet arazisine sahip olmalarıdır. Gençlerin kredi ve finansmana ulaşmaları da oldukça zordur. Kırsal gençlerin bir başka sorunu da pazara erişimdir. Pazar olmadan gençler tarımsal girişimde bulunmayacaklardır. Örgütlenmiş ve pazara hâkim olan şirketlerin, süpermarket ve tedarik zincirlerinin standartları gençler için bir sorun olmaktadır. Kırsal gençlere girişimcilik eğitimi vermek ve kırsal ekonomiyi desteklemek için mikrofinans ve kredi programları oluşturmak, iş fırsatlarını artırabilir. Ayrıca tarım arazisi olmayan gençler için finansman destekleri gerekmektedir. Finans kuruluşları kırsaldaki gençlere kredi verme konusunda bazı programlar yapmalı ve devlet desteği ve teşviği ile bu sorunlar çözülebilir. Gençlerin krediye erişiminin kolaylaştırılması onların girişimci olmalarına, özgüvenlerinin artmasına ve kırsal alanda geçimlerini sağlayabilecekleri hissinin artmasına yardımcı olabilecektir. Pazara erişim sorununu çözmede yetişkin eğitimi ve beceri eğitimlerinde de yararlanılabilir. Pazar bilgilerine ulaşma, örgütlenme ve kooperatifleşme bu sorunun çözümüne katkı sağlayabilecektir. Bu girişimler, destekleyici bir ortam oluştuğunda gençlerin kendileri için bir gelecek yaratmanın yenilikçi yollarını bulabildiklerini ve ayrıca yaşadıkları toplumlara ve topluluklara katkıda bulunabildiklerini göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Kırsal gençler, göç, tarım, sorunlar, sürdürülebilirlik,

GİRİŞ

Kırsal gençlik gıda güvenliğinin de geleceğidir. Ancak dünya çapında çok az genç kendisi için tarımda veya kırsal alanda bir gelecek görmektedir. 2019 yılında İzmir ilinde yapılan bir araştırmaya göre (Yılmaz ve ark.,2020) çiftçilerin %75'i tarımla uğraşanların yaş ortalamasının arttığını ve bunun nedeninin de kırsaldan gençlerin göçü olduğunu belirtmiştir. Yine aynı araştırmada çiftçilerin %58'i çocukları veya yakınlarının kendilerinden sonra tarımsal üretime devam etmeyeceğini ifade etmiştir. Bu sonuçlar ise gençlerin kırsaldan göçü ile kırsalın sürdürülebilirliğinin tehlike altında olduğunu göstermektedir.

Dünyada genç (15-24 yaş arası) nüfusun 2050 yılına kadar 9 milyara çıkması beklenmektedir ki bu da toplam nüfusun yaklaşık yüzde 14'ünü oluşturmaktadır. Dünyadaki gençlik grubunun büyümesi beklenirken, diğer yandan özellikle gelişmekte olan ülkelerde yaşayan gençler için istihdam sorun olmaktadır. Ekonomik açıdan durgun olan kırsal alanlar – sınırlı, düşük ücret alan ve kalifiye olmayan işgücü sorunu devam etmektedir (OECD,2023).

2017 yılında Niğde'de yapılan bir araştırmaya göre (Berk ve Armağan,2019), kırsaldaki gençlerin beklentileri içinde en üst sırada gençlerin sorunlarının yeterince bilinmediği ifade edilmiştir. Bu sonuç kırsal gençlerin sorunlarının daha duyulur hale gelmesinin önemini göstermektedir.

Bu çalışmada kırsalın sürdürülebilirliğinde önemli olan kırsal gençlerin sorunlarının ortaya konularak çözüm önerilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaca yönelik olarak çeşitli ulusal ve uluslararası araştırma sonuçları ve raporlardan ikincil ver kaynağı olarak yararlanılmıştır.

KIRSAL GENÇLİK VE GÖÇ

Kırsal alanın sosyal, ekonomik ve kültürel açıdan birçok sorunu bulunmaktadır. Ancak bunlardan kırsala ait yapısal sorunlar genellikle kırsaldan kente göçü tetikleyen bir neden olabilmektedir. Örneğin kırsaldaki arazilerin çok parçalı ve küçük olması artık geçimini tarımdan sağlayamayan gençler için göç nedeni olabilmektedir. Göçün en önemli nedenlerinden biri ekonomiktir. Kırsaldan göçün en büyük grubunu ise gençler oluşturmaktadır.

Türkiye'de, 2022 yılında büyüklük olarak en fazla göç hareketliliği, 643 bin 998 kişi ile 20-24 yaş grubunda (%23,1) gerçekleşmiştir (TÜİK,2023). Bu veriler kırsaldan gençlerin göçü ile kalan kişilerin de yaş ortalamasının arttığını göstermektedir. Bu durum bir yandan kentlere göçte istihdam, barınma, çeşitli ekonomik, sosyal ve kültürel birçok sorunları da beraberinde getirirken, diğer yandan kırsal gençliğin tarımdan kaçması kırsalın sürdürülebilirliğine engel olmaktadır.

İç göçün birçok nedeni olmaktadır Bunlar (Anomim,2023);

- Kırsal alanlardaki toprak üzerinde nüfus baskısı
- Miras yoluyla tarım alanlarının küçülmesi nedeniyle geçimin sağlanamaması
- Tarım alanlarının, erozyonun artması, aşırı gübreleme ve sulama gibi nedenlerle verimsizleşmesi
- Tarımda makineleşmenin artması nedeniyle işgücünün azalması
- Kırsal kesimde istihdam olanaklarının sınırlı olması
- Ekonomik istikrarsızlık ve sosyal problemler
- Eğitim, sağlık hizmetlerinin yetersizliği
- Sosyal ve kültürel faaliyetlerin yetersizliği
- İklim ve coğrafi şekillerinin kırsal yaşama olumsuz etkileri
- Kentlerde gelişmiş sanayi nedeniyle istihdam olanaklarının fazlalığı
- Kentlerde ulaşım, eğitim, sağlık, kültürel hizmetlerinin daha iyi olması

Türkiye'deki kırsaldan göçü tetikleyen nedenlerden biri de kentlerdeki büyüme ve sanayileşme ile kentin daha çekici hale gelmesidir. Bu durum özellikle ekonomik gelişmeye bağlı olarak istihdam olanaklarının kentlerde artmasındandır. Kuşkusuz bu durum da dönemsel olarak zaman zaman ekonomik kriz dönemlerinde değişebilmektedir.

İç göçlerin sonuçları (Anomim,2023).

- Ülke genelinde nüfusun kırsal-kentsel dağılımında dengesizlik oluşmaktadır.
- Yatırımların dağılımı dengesizdir.
- Kırsal kesimde kalan yaşlılar nedeniyle kırsaldaki yatırımları verimsizdir.
- Kente göç kentleşmede sorunlar yaratmaktadır.
- Kentlerin büyümesi nedeniyle sanayi tesisleri kent içinde kalmakta, konut sıkıntısı çekilebilmektedir.
- Düzensiz yerleşimler nedeniyle alt yapı hizmetlerinde (yol, su, elektrik) yetersizlik görülmektedir.
- Kentlerdeki aşırı nüfus istihdam sorununu da yaratmaktadır.

Görüldüğü gibi kırsaldan gençlerin göçü hem kırsalı hem de kentleri olumsuz etkilemekte ve çift taraflı (kırsal-kentsel) yeni sorunlar yaratmaktadır. Bu sorunları oluştuktan sonra önlemektense, oluşmasına engel olmak daha doğru bir yaklaşım olacaktır. Bunun için ise kırsaldan gençlerin göçün önlenmesi için birçok önlem alınabilir.

KIRSAL GENÇLİK SORUNLARI ve ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Gençlerin kırsal alanlarda karşılaştığı birçok temel zorluklar ve sorunlar bulunmaktadır. Dünya hızla değişmekte ve dönüşmektedir. Bu değişim ve dönüşüm her açıdan olduğu gibi ekonomi açısından da gerçekleşmektedir. Tüm

bu değişim ve dönüşümlere uyum sağlayabilmek için çeşitli becerilere sahip ve üretken olmak gerekmektedir. Dijital devrim, iklim değişikliği, kentleşme ve beslenme konularında değişim ve dönüşüm gerçekleşmektedir. Bütün bunlar bugün daha hızlı olmaktadır. Bu nedenle, kırsalda modern ekonomide ihtiyaç duyulan takım çalışması ve sosyal ağlar gibi bilişsel ve bilişsel olmayan becerilere sahip olma konusunda birçok endişeler bulunmaktadır. Kırsal alandaki gençlerin sahip oldukları beceri ve eğitim düzeyleri bu değişim ve dönüşüme ayak uydurabilecek düzeyde bulunmamaktadır.

Kırsal alandaki gençlerin bir diğer sorunu da daha uzun yaşam nedeniyle daha geç miras arazisine sahip olmalarıdır. Gençlerin tarımsal üretim masraflarını karşılamak için kredi ve finansmana ulaşmaları da oldukça zordur (IFAD 2019)

Kırsaldaki gençlerin karşılaştıkları güçlükler ve sorunlar arasında, gençlerin temel eğitimde yetersizlikleri ve bilgiye ulaşmadaki güçlükler başta gelmektedir. Kırsal bölgelerde eğitim kurumlarına ulaşım sorunu yaşayan gençler, kaliteli eğitime erişimde zorluklar yaşayabilmektedir. Bu, onların kişisel ve mesleki gelişimlerini de sınırlayabilmektedir. Kırsal gençlik geçimini sağlamaya çalışırken birçok engellerle karşılaşmaktadır. Dünyanın birçok yerinde ekilebilir araziler üzerindeki baskı oldukça yüksektir ve bu da kırsalda gençlerin kendi işletmelerini kurmalarını zorlaştırmaktadır. Gençler genellikle krediye ve tarım için gerekli diğer birçok üretken kaynağa erişimden de yoksundur. Bu tür engeller ve zorluklar ise kırsal gençleri daha kolay yaşam olan kentlere yöneltmektedir. Ancak orada da ekonomik sorunlar ve istihdam sorunu bulunmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerde kırsal gençler kendilerini bir çıkmazın içinde bulmaktadır. Dünyadaki gıdanın çoğu, gelişmekte olan ülkelerdeki (yaşlanan) küçük çiftçiler tarafından üretilirken, yaşlı çiftçilerin tarımsal verimliliği sürdürülebilir bir şekilde artırmak ve sonuçta çevreyi korurken büyüyen dünya nüfusunu beslemek için gereken yeni teknolojileri benimseme olasılıkları daha düşüktür. Bu nedenle kırsal gençleri tarıma yeniden kazandırmak gerekmektedir (FAO,2014).

Kırsal gençler için bir diğer sorun da gençlerin tarım arazilerine sınırlı düzeyde sahip olmalarıdır. Her ne kadar tarım arazisi sahibi olmak tarımsal üretime başlama veya devam ettirme için temel olsa da, gençler için genellikle bu zor olabilmektedir. Özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki miras kanunları ve gelenekleri sıklıkla araziye ulaşmada sorun yaratmaktadır. Kırsal gençlerin önemli bir diğer sorunu da finansman desteklerinin olmaması veya yetersizliğidir. Kırsal genç girişimciler veya tarımsal üretime devam edecekler yeterli kredi desteğine sahip değildir. Finans kuruluşları öncelikle kredi karşılığı olarak teminat istemekte (arazi ipoteği vs) gençler ise bu teminatları verememektedir. Kırsal gençlerin bir başka sorunu da pazara erişimdir. Uygulanabilir ve

sürdürülebilir tarımsal üretim için ulusal ve uluslararası pazara erişilebilirlik önemlidir. Pazar olmadan gençler tarımsal girişimde bulunmayacaklardır. Örgütlenmiş ve pazara hâkim olan şirketlerin, süpermarket ve tedarik zincirlerinin standartları gençler için bir sorun olmaktadır (OECD,2023).

Kırsaldaki gençlerin çoğunluğu 15'ten 24 yaşına kadar tarımda çalışmakta, ancak ebeveynlerinin sahip olduğundan farklı bir tarım yapmak istemektedirler. Tarımsal faaliyetler için gereksiz işgücü ve emeği vermek istememektedir. Gençler tarımı daha çok verimli bir iş olarak, karlı olmasını ve farklı üretim yöntemlerini denemek istemektedir. Kırsal bölgelerde iş olanakları genellikle sınırlıdır. Gençler, iş bulma konusunda zorluklar yaşarlar ve bu da ekonomik güvencesizlikle sonuçlanabilir. İşsizlik sorunu, kırsal gençlerin göç etmeyi tercih etmelerine yol açabilmekte diğer bir ifadeyle göç nedeni olabilmektedir. Diğer bir göç nedeni de kırsal bölgelerde altyapı eksikliği, ulaşım, iletişim ve sağlık hizmetlerinin yetersizliği veya eksikliğidir. Bu da kırsal gençlerin yaşam kalitesini düşürebilmektedir.

Tüm bu sorunların çözümüne bazı öneriler şu şekilde özetlenebilir;

Gıda tüketim alışkanlıklarındaki değişiklikler ve katma değerli gıda ve tarım ürünlerine olan talepteki artış, gelişmekte olan ülkelerde yeni iş fırsatları yaratmaktadır. Bu tip işler ise kırsaldaki gençlere istihdam yaratabilecektir, örneğin, tarımsal işletmede işleme ve paketleme (süt ürünleri, meyve ve sebze işleme tesisleri, depolama vb.) veya çeşitli hizmetlerde (örneğin, makineleşme, yayım hizmetleri, bilgi ve iletişim teknolojileri (BİT'ler), vb.) Gibi serbest meslek veya ücretli işler olabilmektedir. Tüm kırsal gençlerin temel eğitim seviyesinin yükselmesi gerekmekte, kırsalda cinsiyet açısından ayrıca kızların eğitimden yoksun olmaları nedeniyle bu durum ayrıca önemli olmaktadır. Kırsal kesimdeki genç kadınların eğitime erişiminin sağlanması ve tarımsal becerilerin kırsal eğitime dahil edilmesi gerekmektedir. Eğitimler ayrıca tarımsal konuları da kapsayarak çeşitli beceriler kazandırabilmelidir. Bu da kırsal işgücü piyasalarının işgücü gereksinimini karşılayabilecektir.

Kırsal gençlere girişimcilik eğitimi vermek ve kırsal ekonomiyi desteklemek için mikro finans ve kredi programları oluşturmak, iş fırsatlarını artırabilir. Ayrıca tarım arazisi olmayan gençler için finansman destekleri gerekmektedir. Finans kuruluşları kırsaldaki gençlere kredi verme konusunda bazı programlar yapmalı ve devlet desteği ve teşviği ile bu sorunlar çözülebilir. Gençlerin krediye erişiminin kolaylaştırılması onların girişimci olmalarına, özgüvenlerinin artmasına ve kırsal alanda geçimlerini sağlayabilecekleri hissinin artmasına yardımcı olabilecektir. Pazara erişim sorununu çözmede yetişkin eğitimi ve beceri eğitimlerinde de yararlanılabilir. Pazar bilgilerine ulaşma, örgütlenme ve kooperatifleşme bu sorunun çözümüne katkı sağlayabilecektir. Bu girişimler,

destekleyici bir ortam oluştuğunda gençlerin kendileri için bir gelecek yaratmanın yenilikçi yollarını bulabildiklerini ve ayrıca yaşadıkları toplumlara ve topluluklara katkıda bulunabildiklerini göstermektedir (FAO,2014). Kırsal bölgelerde eğitim kaynaklarına erişimi artırmak için hükümetler ve sivil toplum kuruluşları, uzaktan eğitim ve mobil öğrenme gibi yenilikçi yöntemleri teşvik etmelidir.

Kırsal gençlerin bu sorunlarını çözmek için kamu politikaları, altyapı geliştirme, eğitim fırsatlarının artırılması ve istihdam olanaklarının genişletilmesi gibi çeşitli önlemler alınabilir. Ayrıca, kırsal gençlerin kendi topluluklarına katkıda bulunmalarını teşvik eden girişimler de önemlidir.

Kırsal gençlerle ilgili yapılabilecek işlerin ve politikaların daha geniş kalkınma stratejilerine, özellikle de kırsal kalkınmaya dahil edilmesi gerekmektedir (IFAD 2019).

SONUÇ

Kırsal gençlik, kırsal bölgelerin geleceği için kritik bir rol oynamaktadır. Sorunların üstesinden gelmek ve fırsatları değerlendirmek için eğitim, istihdam ve kırsal kalkınma konularında stratejik çözümler geliştirmek önemlidir.

Kırsaldaki gençlerin desteklenmesi kırsal kalkınma program ve desteklerinin bir parçasıdır. Nitekim, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı "Genç Çiftçi Projelerinin Desteklenmesi" şeklinde 2016 yılında 3 yıl süre ile kırsaldaki gençleri destekleme kararı almıştır. Desteklemenin amacı; tarımda sürdürülebilirliğin sağlanması, genç çiftçilerin girişimciliğinin desteklenmesi, tarımda gelir düzeyinin yükseltilmesi, gençler için alternatif gelir kaynaklarının oluşturulması ve kırsalda genç nüfusun istihdamına katkı sağlanmasıdır (Resmi Gazete, 2016).

Bu konuyla ilgili Tokat, Amasya, Samsun ve Çorum 'da yapılan bir araştırmaya göre (Altıntaş vd. 2019), göç etme eğiliminde olan gençlerin oranı %21 civarındadır. Araştırmada elde edilen sonuçlara göre, göçü tetikleyen en önemli neden eğitim olanaklarının yetersizliğidir, bunun ardından gençlerin yaşam standartlarının ve gelirinin düşüklüğü gelmektedir. Kırsaldaki eğitim olanaklarının yetersizliği ve kırsal gençlerin iyi bir yaşam ve gelir düzeyi beklentileri aynı zamanda gençleri nasıl kırsalda tutulacağının da yanıtları olmaktadır.

Kırsal gençlerin finansal olarak desteklenmesi ve girişimciliğinin desteklenmesi gençleri kırsalda tutmaya katkı sağlamaktadır. Altıntaş ve ark. (2019) yaptığı araştırmada Genç Çiftçi desteğinden yararlananların %65,83'ü hibe desteği sayesinde tarımsal üretime başlamıştır. Bu sonuç gençlerin önemli bir bölümünün destekle tarımsal üretime teşvik edildiğini göstermektedir.

Nitekim gençlerin %80'i, hibe desteği almasaydı, tarım alanında üretime ve yatırıma devam edemeyeceğini bildirmişlerdir.

Kuşkusuz sadece 3 yıllık bir destek programı gençleri kırsalda tutmaya yetmeyecektir. Kırsal kalkınma programlarında ve kırsalın sürdürülebilirliği için desteklerin de güncellenerek devamlılığı sağlanmalıdır. Kırsaldaki gençlerin sorunlarının çözümüne yönelik kamu politikaları, altyapı geliştirme, eğitim fırsatlarının artırılması ve istihdam olanaklarının genişletilmesi gibi çeşitli önlemler alınmadıkça kırsaldan göçü yavaşlatmak olası değildir.

KAYNAKLAR

Altıntaş, G., Altıntaş A., Bektaş H., Çakmak, E., Oruç E., Kızılaslan H., Birol D.2019. Effects of Young Farmer Project Support on The Tendency of Young Farmers to Stay in Agriculture: Case of TR83 Region, Turkey, Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 7(10): 1682-1693, 2019.

ANONİM,2023. Türkiye'de göçler, Coğrafya Dünyası, https://www.cografya.gen.tr/egitim/beseri/turkiye-de-gocler.htm Erişim tarihi 14.09.2023

Berk, A, Armağan S.2019. Kırsal Alanda Genç Çiftçilerin Sorunları ve Beklentileri; Niğde İli Örneği, alatarım 2019, 18 (1): 57- 64

FAO,2014. Youth and agriculture: key challenges and concrete solutions , Published by the Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) in collaboration with the Technical Centre for Agricultural and Rural Cooperation (CTA) and the International Fund for Agricultural Development (IFAD), (FAO) ISBN 978-92-5-108475-5 ,(FAO) E-ISBN 978-92-5-108476-2 (PDF) ,(CTA) ISBN 978-92-9081-558-7

IFAD (International Fund for Agricultural Development) 2016. https://www.ifad.org/en/web/latest/-/story/why-are-rural-youth-leaving-farming-?p_l_back_url=%2Fen%2Fsearch%3Fq%3Drural%2Byouth%26topics%3D39130771 Erişim tarihi 13.09.2023

IFAD 2019. Creating opportunities for rural youth https://www.ifad.org/en/web/latest/-/blog/creating-opportunities-for-rural-youth?p_l_back_url=%2Fen%2Fsearch%3Fq%3Drural%2Byouth%26topics%3D39130771

OECD (2023). Development Centre Studies, The Future of Rural Youth in Developing Countries, https://www.oecd-ilibrary.org/sites/9789264298521-6-en/index.html?itemId=/content/component/9789264298521-6-en Erişim tarihi 14.09.2023

RESMİ GAZETE,2016. www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2016/04/20160405-2.htm Erişim tarihi 15.09.2023

Yılmaz, E., Turğut U., Tosun, D.,Gümüş, S.2020. İzmir İlindeki Çiftçilerin Kırsal Nüfusun Yaşlanma Eğilimi ve Tarımsal Faaliyetlerin Devamlılığına İlişkin Görüşleri, Tarım Ekonomisi Dergisi 26(2),2020

Bölüm 9

Çeltik Yetiştiriciliğinde İnsanız Hava Araçlarının Kullanımı

Hakan NAR[1], Gökhan ÇAMOĞLU[2*]

[1] Ziraat Yük. Müh.; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. hakannar22@gmail.com ORCID No: 0000-0002-5354-6379
[2] (Sorumlu Yazar) Prof. Dr.; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. camoglu@comu.edu.tr ORCID No: 0000-0002-6585-4221

ÖZET

Teknolojinin hızla gelişmesiyle beraber İnsansız Hava Araçları (İHA) kullanılması çeltik yetiştiriciliğinde de kullanılmaya başlanmıştır. Başta ilaçlama olmak üzere, yabancı ot tespiti, hastalık/zararlı tespiti, verim tahmini gibi konularda İHA'lar kullanım alanı bulmaktadır. Günümüzde gelişen teknolojiyle beraber İHA'lara takılan kameralardan alınan görüntülerin yapay zekâyla işlenmesi konusu tarımda giderek yaygınlaşmaktadır. Çeltik yetiştiriciliği diğer tarla bitkilerine göre işçiliği daha zorlu ve ekonomik giderleri daha yüksektir. Birçok avantaj sağlayan İHA'ların kullanımı çeltik üreticileri tarafından hızla benimsenmiştir.

Bu derlemede, çeltik yetiştiriciliğinde İHA'lar aracığıyla yapılan uygulamalar açıklanmıştır. Ayrıca, görüntü işleme ve yapay zekâ uygulamalarının kullanımı; yabancı ot, hastalık ve verim tahminleri ile ilgili yapılmış çalışmalardan örnekler ile açıklanmıştır.

GİRİŞ

Günümüzde teknolojinin hızlı gelişimi ve yaygınlaşması ile beraber "Endüstri 4.0" kavramı 2011 yılında hayatımıza girmiş ve tarım sektörü de bu durumundan etkilenerek "Tarım 4.0" olarak adlandırılan tarımda yeni bir dönem başlamıştır (Şahin, 2022). Tarım 4.0 ile tarımsal verimliliğinin artışına yönelik ve üreticinin işini kolaylaştırıcı birçok yeniliğin ortaya çıkmasıyla beraber üreticiler için tercih sebebi olmuştur. Söz konusu teknolojik gelişmelerle tarımda sensör kullanımları (Camoglu vd., 2021a Camoglu vd., 2021b), uzaktan algılama (Camoglu vd., 2018), görüntü işleme gibi konuların kullanımı hızla artmıştır. Özellikle ülkemizdeki çeltik üreticileri teknolojiyi yakından takip etmekte ve ihtiyaçlarına yönelik ürünleri satın almaktadırlar. Günümüzde bu gelişen teknolojilerinden biri de İHA'lardır.

İHA'lar yüksek manevra kabiliyetine, GPS ve RTK gibi küresel konumlandırma sistemlerine sahip, otomatik uçuş kontrolü, gerçek zamanlı görüntü aktarımı, çoklu sensörler ve birçok sistem bileşenleri ile donatılmıştır. Özellikle İHA'lar çiftçiler tarafından ilaçlamada yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Edirne İli, İpsala İlçesi'nde, yaklaşık 40 adet İHA-1 ehliyeti ile kullanılan profesyonel ilaçlama İHA'ları, üreticilerin araç parkında yer almaktadır. Bunun yanı sıra bitkilerin hastalık-zararlı oranı, gübre eksikliği, su stresi durumu da incelenebilmektedir.

İHA'lar sayesinde bitkisel üretimde, karlılık, sürdürülebilirlik ve çevre korumayı en üst düzeye çıkarmak kritik zamansal ve mekânsal faktörleri belirlemek ve analiz etmek mümkün olmaktadır (Sinha, 2020).

İHA'ların alçak irtifada uçma yeteneği sayesinde bitkilerin yüksek uzamsal çözünürlüklü görüntülerinin elde edilmesine olanak sağlar. Ayrıca, İHA tabanlı izleme sistemleri, kullanıcının isteğine göre kullanılabildikleri için yüksek zamansal çözünürlüğe sahiptir (Tsouros vd., 2019; Akkamış ve Çalışkan, 2020).

İnsanız hava araçlarının çeltik yetiştiriciliğinde kullanım alanları

Geleneksel uzaktan algılama platformları, gereken uzamsal çözünürlük standartlarını karşılamaz ve ayrıca gerçek zamanlı veri akışı sağlaması konusunda sınırlı kapasiteye sahiptir (De Castro vd., 2013; Castillejo-Gonzalez vd., 2014; Sapkota vd., 2020). Ayrıca uydu görüntülerinin elde edilmesi zor ve maliyetlidir. Bu nedenle gerçek zamanlı konumlandırma sistemine ve sensörlere sahip insansız hava araçları, araştırmaların odağı haline gelmiştir (Akkamış ve Çalışkan, 2020).

İHA'ların tarımsal uygulamalarda kullanım alanı oldukça geniştir. Çeltik bitkisi, ülkemizde devamlı sulama yöntemi ile su içerisinde yetiştirilmektedir. Bundan dolayı daha öncesinde traktör ile yapılan uygulamaların yerine, kolay

bir şekilde yapılmasından dolayı İHA'lar üreticiler tarafından tercih sebebi olmuştur.

Bununla birlikte üreticilerin henüz kullanmadığı ve sadece araştırmacılar tarafından tarımsal üretime destek olacak görüntü işleme teknikleri ve yapay zekâ uygulamaları üreticinin hizmetine sunmak için geliştirilmektedir.

İlaçlama

Çeltik yetiştiriciliğinde yabancı otlar, zararlılar ve hastalıkların tespiti oldukça önemlidir. Kullanılan ilaçların çevreye, insan sağlığına ve hayvanlara verdiği zararları oldukça fazladır. Bundan dolayı tarımın sürdürülebilir olması gittikçe zorlaşmaktadır. Yabancı otlar her türlü yetiştirme sisteminde çeltiği önemli derecede baskılamaktadır. Kullanılan pestisitler de insanlığı sağlığı açısından oldukça zararlıdır. İlaçlama yapan kişiler her ne kadar koruyucu önemler alsalar dahi pestisitlerin zararlı etkilerine doğrudan maruz kalmaktadırlar.

İHA araçların geliştirilmesi ve bunun tarımda kullanılmasıyla beraber ilk olarak ilaçlama yapılmaya başlanmıştır (Şekil 1). Günümüzde İHA'lar saatte yaklaşık 21.3 ha'lık alanı ilaçlama yapabilmektedirler (DJI, 2023). Gelişen teknoloji ile beraber yük kaldırma kapasitelerinin ve batarya kullanım sürelerinin artmasıyla ilaçlama kapasitelerinin de artacağı öngörülmektedir. İHA ile ilaçlamanın faydaları;

- İlaç tasarrufu,
- Gelişmiş püskürtme doğruluğu,
- İlaçlama yapacak kişinin sağlığının korunması,
- İşçi ve donanım maliyetlerinin azalması,
- İlaçlanacak alanın çok daha hızlı yapılması,
- Amortisman giderlerinin düşük olması şeklinde sıralanabilir.



Şekil 1. İHA ile ilaçlama (DJI, 2023)

Garre ve Haris (2018) yaptıkları çalışmada, kendilerinin geliştirdikleri İHA sıvı püskürtme sistemi ile otonom uçuş kullanarak ilaçlama yapmışlardır. Bunun sonucunda uçuş yüksekliği, uçuş hızı ve püskürtme miktarına bağlı olarak %90'a varan ilaçlama maliyetin düşüşün meydana geldiğini bildirmişlerdir.

Gübreleme

Gübrelerin etkili kullanılması, gıda üretimi güvenliği ve tarımsal verimlilikte önemli bir rol oynayan ürün verimini ve kalitesini artırmaktadır. (Balafoutis vd., 2017; Yinya vd., 2018; Su vd., 2022). Çeltik yetiştiriciliğinde gübre kullanımı diğer tarla bitkilerine göre çok daha fazladır. Bu sebeple çeltik tavalarına sık sık gübre atmak için özel tekerleklere sahip traktörlerle girilmektedir. Bunun sonucunda bitkilere ciddi zararlar verilmekte ve bunun sonucunda bitki kayıpları oluşmaktadır. İHA ile yapılan gübreleme ile bunun önüne geçilmektedir. Aynı zamanda küresel uydu navigasyon sistemleri kullandığından gübreleme işlemi tarlanın her yerine homojen şekilde yapılmaktadır (Şekil 2). Bunun sonucunda üreticinin giderlerini azaltmakta zaman ve işçilikten tasarruf sağlamaktadır.



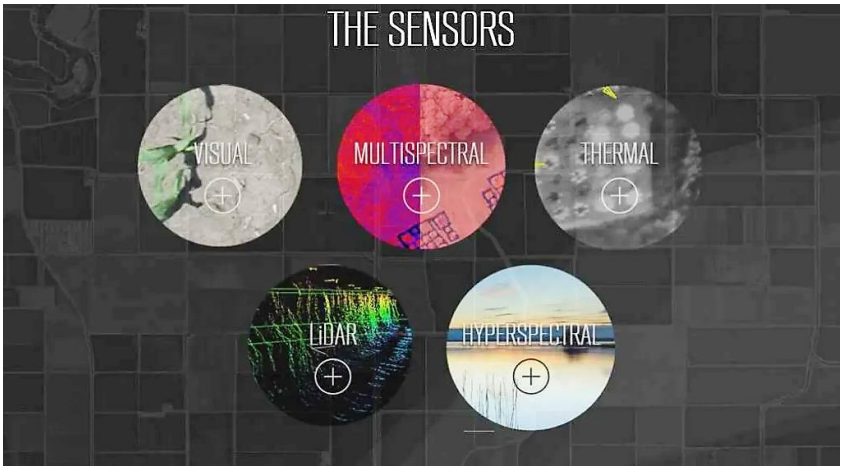
Şekil 2. İHA ile gübreleme (Agrdrone, 2023)

Su vd. (2022) İHA gübreleme sistemleri ile geleneksel yöntemleri karşılaştırmışlardır. İHA'lar ile uygulanan gübre miktarının etkili bir şekilde kontrol edildiğini ve bununda üreticilere ve tarımsal üretime geleneksel yöntemlere göre daha fazla fayda sağlayacağını bildirmişlerdir.

Görüntü işleme teknikleri ve yapay zekâ uygulamalarının kullanımı

Günümüzde İHA'lar aracığıyla, farklı tip sensörlerden dijital formatta görüntüler elde edilmektedir. Gelişmiş sensör teknolojileri ve mevcut sensörler

Şekil 3'de verilmiştir. Bu görüntülere çeşitli algoritmalar uygulayarak işlendikten sonra amaca uygun olarak veri elde edilmesi görüntü işleme olarak tanımlanır. Söz konusu yöntem ve teknikler tarımın sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir.



Şekil 3. Kullanılan sensör tipleri (Reich, 2016).

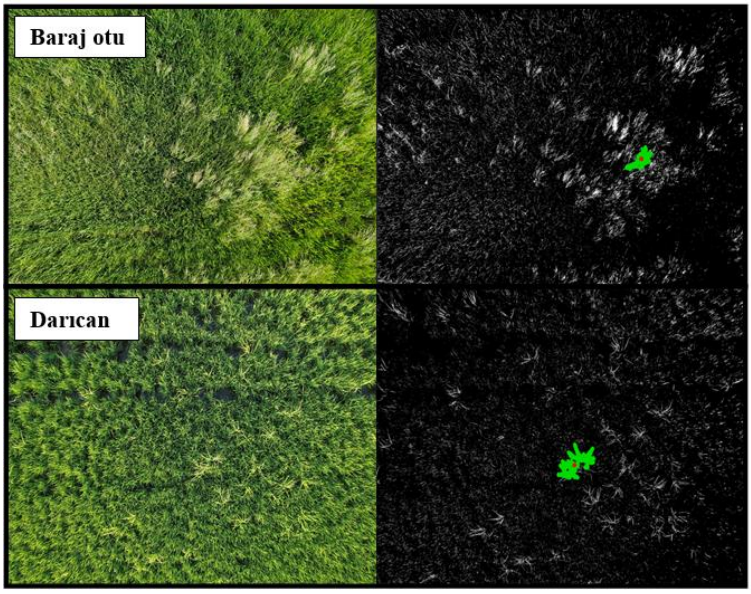
Günümüzde görüntü işleme tekniğinde yapay zekâ uygulamaları kullanılması oldukça ön plandadır. Yapay zekânın tarımın içerisinde yer alması tarımsal uygulamaları kolaylaştırıcı ve sorunları çözüm noktasına taşımakta önemli araç durumuna gelmiştir. İHA'lar ve görüntü işleme tekniklerine dayalı uygulamalar, özellikle yabancı ot, zararlı, su, gübre, pestisit ve arazi kullanımı gibi tarımsal girdilerde etkinliğin arttırılmasında önemli katkılar sağlamaktadır (Ağın ve Malaslı, 2016; Köksal vd., 2022).

Yabancı ot ve hastalık tespiti

Çeltik yetiştiriciliğini büyük ölçüde etkileyen önemli bir sorun yabancı otlardır. Yabancı otlardan kaynaklanan çeltik kayıpları genellikle böcekler ve hastalıkların sebep olduğu zarardan fazladır. Başta darıcan türleri (Echinochloa spp.), baraj otu (Diphlachne fusca), kızotu (Cyperus difformis) gibi yabancı otlar en yaygınları olarak görülmektedir (Uludağ vd., 2021). Ülkemizde en çok görülen yabancı otlar Genel olarak çeltik yetiştiriciliğinde yabancı otlardan kaynaklanan verim kayıplarının %70-80 olduğu bildirilmektedir (Hussain vd., 2008; Mahajan vd., 2009; Singh vd., 2007). Yabancı otların İHA'lardan alınan görüntüler işlenerek tespit edilmesine yönelik çalışmalar hız kazanmıştır.

Ülkemizde yapılan bir çalışmada, İHA'dan alınan RGB formatındaki görüntülerin RGB mask, thershold segmentasyon gibi filtreler ile işlenerek

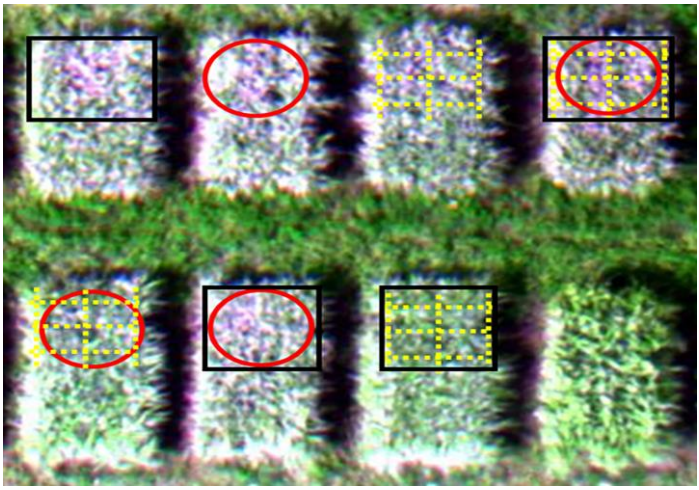
çeltikte darıcan ve baraj otunun alansal olarak tespit edilme potansiyelinin olduğu bildirmiştir (Şekil 4) (Çamoğlu vd., 2022).



Şekil 4. Baraj otunun ve darınca otunun alansal olarak tespit edilmesi (Çamoğlu vd., 2022)

Barrero ve Perdomo (2018) çeltik tarlasında gramineae otu, multispektral ve RGB sensör ile donatılmış İHA ile birçok ücretli ve ücretsiz yazılım kullanılarak tespit etmişlerdir. Söz konusu çalışmada, yapay sinir ağlarını kullanılmış ve NGRDI (normalize edilmiş yeşil kırmızı fark indeksi) indeksler arasında en iyi performansı göstermiştir. RGB ile NGRDI görüntüyü üst üste bindirme işlemi sonrasında %85'lik doğruluk oranına ulaştıklarını bildirmişlerdir.

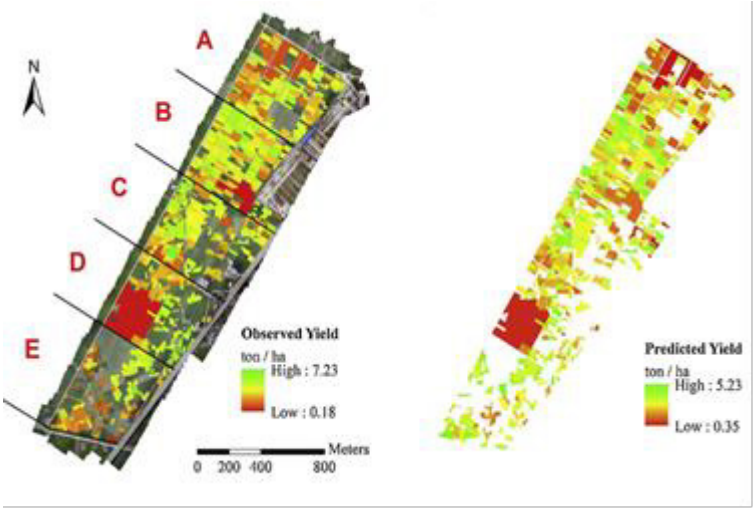
Çeltik yetiştiriciliğinde, dünyada görülen en başlıca hastalık çeltik yanıklığıdır (*Pyricularia oryzae*). Hastalık etmeni fungusdur. Çeltiğin yaprak, yakacık, kın, boğum, başak ve başak sapında zarar yapar. Zhang ve vd., (2018) de dünya çapında büyük bir hastalık olan bu çeltik yanıklığı hastalığını multispektral sensör kullanarak NDVI (Normalized Difference Vagetation Index) indeksi üzerinden %63'lük bir doğruluk ile tespit ettiklerini belirtmişlerdir (Şekil 5).



Şekil 5. Dikdörtgen alan örneklemesi (siyah dikdörtgen), dairesel alan örneklemesi (kırmızı daire), herbolog tarafından yapılan sürvey (sarı kesikli çizgiler) (Zhang vd., 2018)

Verim tahmini

Hasat öncesinde verimin tahmin edilmesi, mahsul yönetimi, gıda güvenliği değerlendirmesi, gıda ticareti ve politika oluşturma açısından önemlidir. Yang vd., (2019)'da verim tahmini için 160 ha (hektar)'lık bir alan da İHA üzerine yerleştirilen RGB ve multispektral sensörlerden gelen verileri CNN (Convolutional Neural Network) mimarisi kullanılarak işlemişler ve ortmozoik harita oluşturmuşlardır (Şekil 6). Bunun sonucunda indekslere göre R^2 değerleri 0,46 ile 0,51 arasında değişmiştir.



Şekil 6. Verim tahmini haritası (Yang vd., 2019)

SONUÇ

Günümüzde, dünya nüfusunun hızlı artışına bağlı olarak nüfusun artması ve buna karşılık kırsaldan kentlere göçlerin artması gıda güvenliğinde risk oluşturmaktadır. Tarım sektöründe çalışacak kişilerin giderek azalması ve maliyetlerin artışından dolayı teknolojinin kullanımı bir ihtiyaç değil zorunluluk halini almıştır.

İnsansız hava araçlarının, teknolojik olarak sürekli gelişmesiyle beraber kullanım verimi artmakta ve ucuzlamaktadır. Bundan dolayı hızlı bir şekilde tercih sebebi olmaya başlamıştır. Çeltik yetiştiriciliğinde kullanımı günümüzde üreticiler tarafından ilaçlama ve gübreleme uygulamaları için yaygın olarak kullanılmaktadır. Çeltik üreticisi özelinde, dünyada üreticimiz teknolojiyi kullanım bakımında Amerika ve İtalya ile aynı seviyede yer almaktadır. Ancak yabancı ot, hastalık ve verim gibi parametreleri İHA'ları ve sensörleri kullanarak tespit etmekte bir bilgi sahibi değildirler. Özel firmalar tarafından geliştirilen, pahalı ücretli görüntü işleme uygulamaları üretici kullanımına sunulmuştur. Ancak çok azı bunu kullanabilmektedir. Günümüzde, yapay zekâ destekli görüntü işleme uygulamalarının gerçek zamanlı olarak İHA'ların üzerine yerleştirilen geliştirme kartları ile gerçekleştirilmesinin gerekli olduğu düşünülmektedir.

Kaynaklar

Agrdrone, (2023). Hangzhou qifei intelligent technology co., ltd. Zhejiang geographic information industry Park, China.

Ağın, O., Malaslı, M.Z. (2016). Görüntü işleme tekniklerinin sürdürülebilir tarımdaki yeri ve önemi: literatür çalışması. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi, 12(3), 199-206.

Akkamış, M., Çalışkan, S. (2020). İnsansız hava araçları tarımsal uygulamalarda kullanımı. Türkiye İnsansız Hava Araçları Dergisi, 2(1), 08-16.

Balafoutis, A., Beck, B., Fountas, S., Vangeyte, J., Van der Wal, T., Soto, I., Eory, V. (2017). Precision agriculture technologies positively contributing to GHG emissions mitigation, farm productivity and economics. Sustainability, 9(8), 1339.

Barrero, O., Perdomo, S.A. (2018). RGB and multispectral UAV image fusion for Gramineae weed detection in rice fields. Precision Agriculture, 19, 809-822.

Castillejo-González, I.L., Pena-Barragán, J.M., Jurado-Expósito, M., Mesas-Carrascosa, F.J., López-Granados, F. (2014). Evaluation of pixel-and object-based approaches for mapping wild oat (Avena sterilis) weed patches in wheat fields using QuickBird imagery for site-specific management. European Journal of Agronomy. 59, 57-66.

Camoglu, G., Demirel, K., Genc, L. (2018). Use of infrared thermography and hyperspectral data to detect effects of water stress on pepper. Quantitative InfraRed Thermography Journal. 15(1), 81-94.

Camoglu, G., Demirel, K., Kahriman, F., Akcal, A., Nar, H., Boran, A., Eroglu, I., Genc, L. (2021a). Discrimination of water stress in pepper using thermography and leaf turgor pressure probe techniques. Agricultural Water Management. 254, 106942. https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.106942

Çamoğlu, G., Kızıl, Ü., Demirel, K., Aksu, S., Nar, H., Genç, L. (2021b). Bazı ekonomik toprak nem sensörlerinin hassasiyetlerinin belirlenmesi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi. 7(2), 247-254. https://doi.org/10.24180/ijaws.846464

Çamoğlu, G., Kızıl, Ü., Demirel, K., Aksu, S., Nar, H., Altınbilek, H.F. (2022). "Çeltik alanlarında yabancı otları sınıflandırılmasında insansız hava aracı kullanılması. II. Küresel İklim Değişikliği Kongresi, e-kitap (s. 4-6). Çanakkale.

De Castro, A., López-Granados, F., Jurado-Expósito, M. (2013). Broad-scale cruciferous weed patch classification in winter wheat using QuickBird

imagery for in-season site-specific control. Precision Agriculture. 14, 392-413.

DJI, (2023). AgrasT40. Dà-Jiāng innovations science and technology co. ltd., China. https://www.dji.com/global/t40 adresinden 2 Eylül 2023 tarihinde alınmıştır.

Garre, P., Harish, A. (2018). Autonomous agricultural pesticide spraying uav. IOP Conference Series: Materials Science Engineering, 455.

Hussain, S., Ramzan, M., Akhter, M., Aslam, M. (2008). Weed management in direct seeded rice. Journal of Animal and Plant Science. 18, 23.

Köksal, E.S., Tunca, E., Taner, S.Ç. (2022). Irrigation management by using digital technologies. Water and Wastewater Management: Global Problems and Measures, 247-267.

Mahajan, G., Chauhan, B. S., Johnson, D.E. (2009). Weed management in aerobic rice in Northwestern Indo-Gangetic Plains. Journal of Crop Improvement. 23(4), 366-382.

Reich, L. (2016). Breakdown of drone remote sensing sensors. https://geoawesomeness.com/author/l-reich/ adresinden 15 eylül 2023 tarihinde alınmıştır.

Sapkota, B., Singh, V., Cope, D., Valasek, J., Bagavathiannan, M. (2020). Mapping and estimating weeds in cotton using unmanned aerial systems-borne imagery, Agri. Engineering. 2(2), 24.

Singh, S., Ladha, J. K., Gupta, R. K., Bhushan, L., Rao, A. N., Sivaprasad, B., Singh, P.P. (2007). Evaluation of mulching, intercropping with sesbania and herbicide use for weed management in dry-seeded rice (Oryza sativa L.). Crop Protection. 26(4), 518-524.

Sinha, J. P. (2020). Aerial robot for smart farming and enhancing farmers' net benefit. Indian Journal of Agricultural Sciences, 90, 258-267. https://doi.org/10.56093/ijas.v90i2.98997

Su, D., Yao, W., Yu, F., Liu, Y., Zheng, Z., Wang, Y., Xu, T., Chen, C. (2022). Single-Neuron PID UAV Variable Fertilizer Application Control System Based on a Weighted Coefficient Learning Correction. Agriculture, 12(7). https://doi.org/10.3390/agriculture12071019

Şahin, H. (2022). Dijital tarım, tarım 4.0, akılı tarım, robotik uygulamalar ve otonom sistemler. Tarım Makinaları Bilimi Dergisi. 18 (2), 68-83. https://dergipark.org.tr/tr/pub/tarmak/issue/72329/1092086

Tsouros, D.C., Bibi, S., Sarigiannidis, P.G. (2018) A Review on uav-based applications for precision agriculture. Information; 10(349): 1-26.

Uludağ A., Göktepe O., Serim A.T., Üremiş İ. 2021). bugünden yarına çeltik yabancıot mücadelesi. Netafim Çeltik Bülten. 1,18-21.

Yang, Q., Shi, L., Han, J., Zha, Y., Zhu, P. (2019). Deep convolutional neural networks for rice grain yield estimation at the ripening stage using UAV-based remotely sensed images. Field Crops Research, 235, 142-153. https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.02.022

Yinyan, S., Zhichao, H., Xiaochan, W., Odhiambo, M. O., & Weimin, D. (2018). Motion analysis and system response of fertilizer feed apparatus for paddy Variable-Rate fertilizer spreader. Computers and Electronics in Agriculture. 153, 239-247.

Zhang, D., Zhou, X., Zhang, J., Lan, Y., Xu, C., Liang, D. (2018). Detection of rice sheath blight using an unmanned aerial system with high-resolution colour and multispectral imaging. PLOS ONE, 13(5), 1-14. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0187470

Bölüm 10

Toprak Solarizasyonu Uygulamasının Etki ve Esasları -Yeni Yaklaşımlar-

Hasan ÖZ[1]

[1] Doç. Dr.; Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. hasanoz@isparta.edu.tr ORCID No: 0000-0002-7135-1372

Özet

Bu çalışma kapsamında toprak solarizasyonu ile ilgili ayrıntılı bilgiler derlenmiş ve solarizasyon uygulamasında yeni yaklaşımlar hakkında bilgiler verilmiştir. Toprak solarizasyonu, güneş enerjisi yardımıyla nemli toprağın ısıtılması yoluyla toprak kökenli zararlıların yok edilmesini amaçlayan, üretim yapılmayan yılın en sıcak aylarında bir veya iki ay süreyle nemli toprağı polietilen örtü malzemeyle kaplanarak sıcaklığa dayanımı hassas olan zararlılarla mücadelede çevreci bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Solarizasyon uygulamasını etkileyen faktörler olarak; kullanılan örtü malzemesi, toprak nem içeriği, toprağın yapısı, işlenme durumu ve uygulama zamanı ve süresi hakkında bilgiler verilmiştir. Toprak solarizasyonu uygulaması ile elde edilecek kazanımlar ise; toprak özellikleri ve bitki besin maddelerine etkisi, toprak kökenli hastalık zararlı ve nematodlara etkisi, yabancı otlara etkisi, bitki büyüme ve verime etkisi başlıklarında değerlendirilerek araştırıcıların elde ettiği bilgiler sunulmuştur. Solarizasyon uygulamasının etkileyen faktörler ve bu faktörlerden kaynaklı etkilerin solarizasyon uygulamasında yeni yaklaşımlarla elde edilen kazanımlar hakkında bilgiler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Toprak solarizasyonu, sıcaklık, hastalık ve zararlılar, bitki besin maddesi, nematod

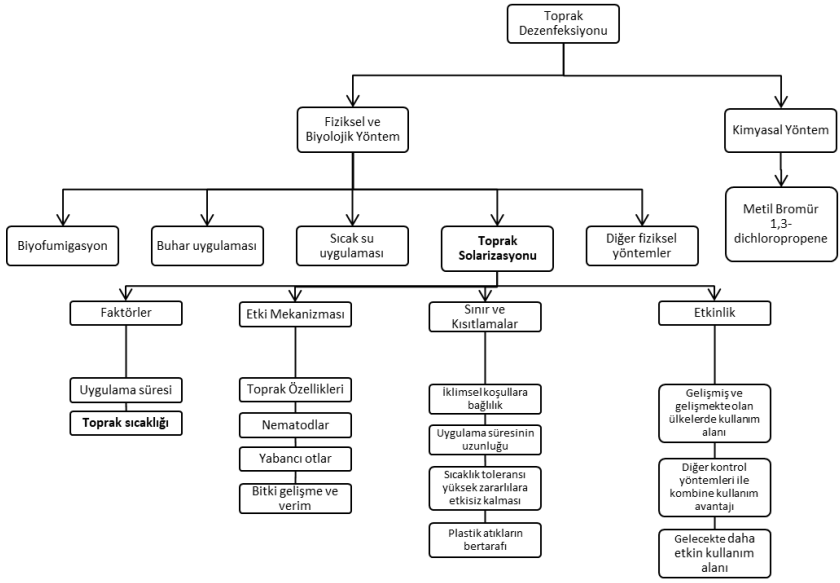
GİRİŞ

Toprak fumigantları, toprak kaynaklı hastalıkları kontrol etmek için kullanılan en yaygın yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Bunlar arasında metil bromür (MeBr) 1960'lardan itibaren popülerlik kazanmıştır. Metil bromür ile toprak dezenfeksiyonu yabancı otların tohumlarını, toprak kaynaklı bakterilerin, mantarların ve nematodların görülme sıklığını azaltmanın bir yolu olarak yoğun bir şekilde kullanılmıştır. 1980'lerde kullanımı önemli ölçüde artış göstermiştir. 1991 yılında dünya çapında 60.000 tondan fazla MeBr üretilmiştir (Dai vd., 2016). Ancak bu kimyasalın hem insan hem de hayvan sağlığı için tehlikeli olduğu ve atmosferik ozon tabakasına zarar verdiği bilinmektedir. MeBr'in olumsuz etkilerinden dolayı; Montreal protokolü çerçevesinde 1997 yılında düzenlenen toplantıda alınan karar ile 2005 yılına kadar gelişmiş ülkelerde bu fumigantın üretilmemesi ve kullanımdan kaldırılması öngörülmüştür. Gelişmekte olan ülkelerde ise 2015 yılı itibari ile yasaklanması kararlaştırılmıştır. Toprağın kimyasal dezenfeksiyonu hem yararlı hem de zararlı mikroorganizmayı ortadan kaldırarak, tipik olarak zararlı patojenler tarafından doldurulmaya uygun bir alan oluşmaktadır. Sonuç olarak, uygulamadan sonraki durum uygulama öncesinden daha kötü hale gelebilmektedir (Mauromicale vd., 2010).

Araştırıcılar, doğal ekosisteme uygun sürdürülebilir bir çevre için yeni yöntemler arayışına girmektedir. Bu yöntemlerin en önemlisi ve eskiden beri uygulana gelen, doğal ekosisteme uygun toprak dezenfektan yöntemi "Toprak Solarizasyonu"dur. Toprak solarizasyonu, güneş enerjisi yardımıyla nemli toprağın ısıtılması yoluyla toprak kökenli zararlıların yok edilmesini amaçlayan, üretim yapılmayan yılın en sıcak aylarında bir veya iki ay süreyle nemli toprağı polietilen örtü (PE) malzemeyle kaplanarak sıcaklığa dayanımı hassas olan zararlılarla mücadelede çevreci bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır (Öz, 2013). Güneş enerjisi tarımda uygun maliyetli ve çevre dostu bir enerji kaynağıdır. Bu nedenle, özellikle dünyanın az gelişmiş ve gelişmekte olan bölgelerindeki çiftçiler için vazgeçilmez bir doğal ve temiz enerji kaynağıdır (Gatea, 2010; Al-Shammary vd., 2020) Toprak dezenfeksiyon yöntemleri ve toprak solarizasyonunun etki mekanizması Şekil 1'de gösterilmiştir.

Solarizasyon uygulamasında kullanılan malç malzemesinin toprak sıcaklığını artırdığı bilinmektedir. Güneşten gelen ışınlar malçtan geçerek malcın altındaki havayı ve toprağı doğrudan ısıtır ve daha sonra ısı "sera etkisi" ile hapsedilir. Plastik malç altındaki toprak sıcaklığı, gelen güneş radyasyonuyla ilişkili ve kullanılan malzemenin termal özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Al-Shammary vd., 2016). Pek çok araştırıcı solarizasyon uygulamasının toprak sıcaklığını uygulama yapılmayan parseller göre 8-13 °C

artırdıkları bildirmişlerdir. Sıcaklık artışı toprak profil derinliğiyle birlikte azalma göstermektedir.



Şekil 1: Toprak dezenfeksiyonu yöntemleri ve toprak solarizasyonun etkileri (Dai vd., 2016)

Toprak sıcaklığı, toprak solarizasyonu sürecindeki en önemli faktördür. Solarizasyon süresi boyunca, güneş radyasyonunun yaklaşık %85-95'i malç örtüsüne temas eder ve toprağı ısıtır. Toprak sıcaklığı, seranın tamamen kapalı olmasından, seranın içi ve dışı arasındaki sıcaklık farklarından ve solarizasyon işlemi süresince dış iklim koşullarından etkilenir. Ayrıca, polietilen (PE) malcın rengi, kalınlığı, toprağın yapısı ve nem içeriği de toprak sıcaklığındaki değişimi doğrudan etkilemektedir. Bu faktörlere bağlı olarak, topraktaki sıcaklık artışı; seranın kapalı kalma süresi uzadıkça iç ve dış ortam arasındaki sıcaklık farkının artacağı ve bunun da yüksek toprak sıcaklığına neden olabileceği bilinmektedir. Bu yüzden solarizasyon süresi için en az 4-6 hafta yapılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra sera içerisinde yapılan solarizasyon uygulaması ile oluşacak termal seviyelerin açık alandan çok daha yüksek olmaktadır. Seraların iç ve dış ortam sıcaklıkları arasında günlük maksimum sıcaklık farklarının, yüksek günlük toprak sıcaklığıyla eş zamanlı olarak 10 °C'den fazla değerlere ulaşmaktadır.

SOLARİZASYONU ETKİLEYEN FAKTÖRLER

1. Örtü Malzemesi

Solarizasyonda kullanılan plastik filmler, toprak solarizasyonunun etkinliğinde kilit bir role sahiptir. Plastik, tarımda kullanılan en önemli sentetik malzemelerden biridir. Toprak solarizasyonu için kullanılan çok çeşitli plastik malzemeler arasında, düşük yoğunluklu polietilen (LDPE) ve etilen-vinil asetat (EVA) genellikle en iyi solarizasyon malç örtüsü olarak tanımlanmıştır. Bunun yanı sıra, plastik atıkların bertarafının zor ve maliyetli ve çevreye olumsuz etkilerinden dolayı, toprak mikroorganizmaları tarafından zamanla kademeli olarak parçalanabilen biyolojik olarak bozunabilir malzemeler de solarizasyon uygulamalarında kullanılmaktadır. Plastik bir malcın toprak sıcaklığı, yüzey sıcaklığı ve radyasyon dengesi üzerindeki etkisi öncelikle malzemenin optik özellikleri tarafından belirlenir. Malçlar, her dalga boyunda gelen radyasyonun bir kısmını iletebilir, emebilir veya yansıtabilir. Örneğin, plastik bir malç bir dalga boyundaki radyasyonun neredeyse tamamını geçirirken, başka bir dalga boyundaki radyasyonu güçlü bir şekilde emebilir veya yansıtabilir. Kullanılan PE malç malzemesinin sıcaklık artışına etkisi malzemenin kalınlığı ve rengi ile değişkenlik göstermektedir. İnce PE malç malzemesinin kullanılması, taşınması ve uygulanması kolaylığının yanı sıra daha ucuz olması ve güneş radyasyonu daha fazla geçirmesi nedeniyle kalın PE örtülere göre daha etkili olduğu bilinmektedir. Plastik filmin rengi, elde edilen güneş ışınımını yönetmede ve uzun dalga radyasyonun geri dönüşünü azaltmada önemli bir parametredir. Siyah, opak veya yarı saydam plastikler solarizasyon için uygun değildir. Çünkü güneş ışınlarının geçmesine ve alttaki toprağı ısıtmasına izin vermek yerine, güneş enerjisi malzeme tarafından emilir ve yüzey toprağının sadece hafif ısınmasıyla havaya geri yayılır. Bundan dolayı solarizasyon için en uygun plastik malç; ince ve şeffaf olanlarıdır.

2. Toprak Nemi

Toprak nemi de toprak solarizasyonunda kritik bir faktördür. Toprağın, solarizasyon uygulaması sırasında ıslak veya nemli tutulması gerektiği bilinmektedir. Nem, topraktaki organizmaları daha hassas duruma getirmenin yanı sıra sıcaklık nem yardımıyla toprak profilinde daha alt katmanlara taşınmaktadır. Bu sayede solarizasyon uygulamasının etkinliği artış göstermektedir.

Al-Karaghouli ve Al- Kayssi (2001) yaptıkları çalışmada toprak sıcaklığı ile toprak neminin ilişkisini araştırmışlardır. Toprak solarizasyonu sırasında farklı toprak nem içeriği ile maksimum toprak sıcaklıklarının ve toprak solarizasyonunun verimliliği artan toprak nem içeriği ile azaldığını

bildirmişlerdir. Toprak nemi aracılığı ile sıcaklığının toprak alt katmanlarının taşınmasının olumlu etkisine karşın, toprak neminin; ulaşılacak maksimum sıcaklık değerlerinde düşüşe neden olduğu söylenebilir. Araştırıcılar, solarizasyon uygulamasında toprak neminin, üst bölgelerde tarla kapasitesinin yaklaşık %70'i kadar ve en az 60 cm derinliğe kadar nemli olması gerektiğini belirtmişlerdir (Stapleton ve DeVay, 1995).

3. Toprak Yapısı ve Toprağın İşlenmesi

Solarizasyon uygulaması yapılan toprakların biyolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri uygulamanın etkinliğinde önemli bir faktördür. Koyu renkli topraklar açık renkli topraklara göre daha fazla güneş radyasyonu emer, bu da farklı topraklarda elde edilen yüksek sıcaklıklarının değişken olmasını açıklamaktadır. Geleneksel toprak işleme, korumalı toprak işleme ile karşılaştırıldığında toprak termal verimliliğini artırarak olumlu etkiler göstermektedir. Bunun nedeni, toprağın sürülmesinin yüzey katmanındaki toprak yapısında değişikliklere yol açmasıdır. Yüzey toprak katmanında daha az yoğun bir yapı oluşturarak toprak yoğunluk değerinin daha derin toprak katmanlarına kıyasla azalmasında önemli bir rol oynar (Al-Shammary vd., 2016).

4. Uygulama Zamanı ve Süresi

Toprak solarizasyonunun etkinliği önemli düzeyde güneş enerjisine bağlıdır ve bu da temel olarak hem iklim hem de hava koşullarından etkilenir. Solarizasyon uygulaması çoğunlukla yüksek yaz hava sıcaklıkları ile karakterize edilen Akdeniz ve tropikal iklime sahip bölgelerde uygulanmaktadır. Uygulama sırasında bulutluluk ve yağış solarizasyon etkinliğini azaltmaktadır. Bu durumda, uygulama süresinin uzatılması önerilmektedir. Dai vd., (2016) yeterli dezenfeksiyon süresi olarak en az 18-33 gün (ortalama 24 gün) süren bir uygulama süresi bildirmişlerdir. Bununla birlikte, toprak gerekenden daha uzun süre ısıtılırsa, yararlı bakteriler oksijen eksikliğinden ve uzun süre yüksek sıcaklığa maruz kalması çoğalmalarını engelleyecektir.

Kısacası, iyi bir dezenfeksiyon etkisi elde etmek için, sadece uygulama süresini sağlamak değil, aynı zamanda yerel iklim koşullarına göre uygun dezenfeksiyon süresini seçmeye dikkat etmek, bunun yanı sıra toprak nemi, seranın hava geçirmez durumu ve malç malzemeleri de önemlidir.

SOLARİZASYONUN ETKİLERİ

1. Toprak Özellikleri ve Bitki Besin Maddelerine Etkisi

Toprak solarizasyonu, solarize edilen toprağın fiziksel-kimyasal ve biyolojik özelliklerinde değişikliklere neden olmaktadır. Toprak yapısını iyileştirerek artan

sıcaklıklarla birlikte organik maddenin hızlı bir şekilde ayrışmasını sağlayarak mineral besin maddelerinin kullanılabilirliğini artırmaktadır. Amonyum (NH_4^+) ve nitrat (NO_3^-) gibi çözünebilir besin elementi miktarının artışı solarizasyon uygulaması yapılan alanlarda daha yüksek olduğu pek çok araştırmada belirlenmiştir (Grünzweig vd., 1999; Öz vd., 2017a; Seman-Varner vd., 2008; Stapleton vd., 1985) Solarizasyonun etkinliğinde azot formlarının belirlenmesi, bitki yetiştiriciliğinde önemli bir parametredir. Genellikle toprak dezenfeksiyonunda kullanılan diğer yöntemler (biyositlerle fumigasyon) amonyum içeriğini artırırken, buhar uygulanan yöntemlerde nitrat konsantrasyonunu azalttığı belirlenmiştir (Stapleton vd., 1985). Solarizasyon uygulamalarında her iki azot formunun da toprakta artış gösterdiği belirlenmiştir.

Solarizasyon uygulamasında amonyum ve nitrat azotu konsantrasyonun etkinliği toprak tekstürüne göre değişiklik göstermektedir. Stapleton ve DeVay, (1995) yaptıkları araştırmada 15 cm toprak derinliğinde nitrat ve amonyum konsantrasyonun kumlu ve siltli-killi topraklarda sırasıyla 26-177 kg ha^{-1} olarak belirlemişlerdir.

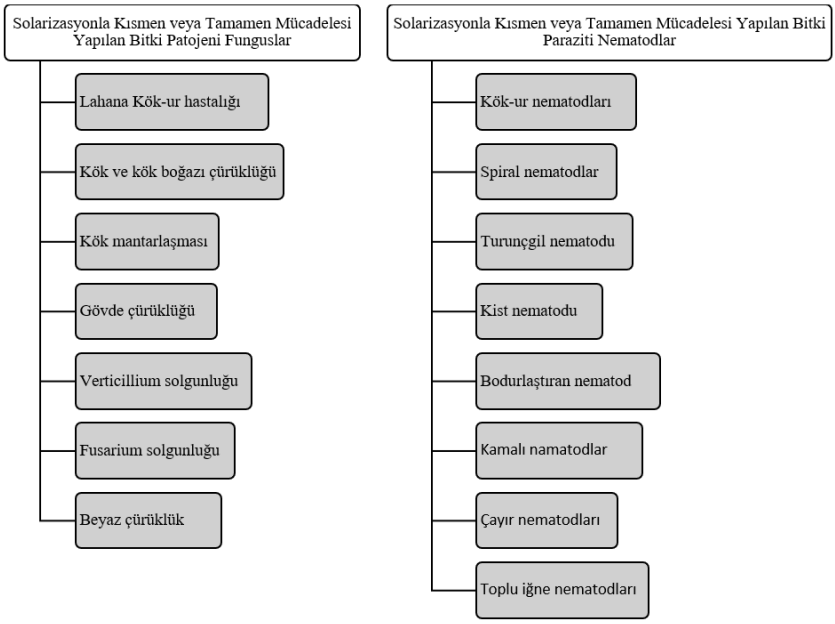
Kalsiyum, magnezyum, fosfor, potasyum ve diğer çözünebilir mineral besin maddelerinin konsantrasyonunda artış belirlenmiştir (Grünzweig vd., 1999; Öz vd., 2022). Solarizasyondan sonra toprak pH'sının, toprak baz doygunluğunun, değişebilir K^+ ve Mg^{2+} değerlerinin daha yüksek olduğu başka çalışmalarda da rapor edilmiştir (Chen vd., 1991)

Öz vd., (2016) yaptıkları çalışmada, araştırma öncesi belirlenen toprak organik madde içeriğinin, solarizasyon uygulaması yapıldıktan sonra parsellerde organik madde miktarının azaldığını belirlemişlerdir. Solarizasyon uygulamasıyla toprak organik maddesinin parçalanarak bitkiler için yarayışlı forma dönüştüğü sonucuna ulaşmışlardır. Solarizasyon uygulamasının toprakta agregasyon oranında etkili olup agregasyonun artışı solarizasyon uygulaması ile daha yüksek bulunmuştur. (Alaboz ve Öz, 2020) yaptıkları çalışmada, solarizasyonda kullanılan materyallerin; toprakların katı, sıvı, gaz formları ile ilgili fiziksel özellikler üzerine etkisi belirlenememiş, ancak kimyasal ve biyolojik süreçlerden de etkilenen toprak özellikleri üzerine etkisinin önemli olduğunu vurgulamışlardır.

2. Toprak Kökenli Hastalık Zararlı ve Nematodlara Etkisi

Toprak solarizasyonu, toprak kaynaklı patojenleri ve diğer toprak kaynaklı zararlıları kontrol etmek için başarıyla kullanılmaktadır. Bitki patojenlerinin termal ölümü 50 °C'nin üzerindeki sıcaklıklarla gerçekleşse de araştırıcılar 45 °C'nin altındaki sıcaklıklarda uzun süre maruz kalması durumunda toprak kaynaklı patojenleri öldürebileceğini göstermiştir (Chen vd., 1991; Dai vd., 2016;

Stapleton ve DeVay, 1995). Solarizasyon uygulaması ile mücadelesi yapılan bitki patojeni fungus ve nematodlar Şekil 2'de gösterilmiştir. Toprak solarizasyonu sırasında artan sıcaklıklara rağmen, topraktaki bazı termofilik veya termotoleranslı mikroorganizmalar hayatta kalabilir. Bu mikroorganizmalar patojen mikroorganizmaların ölümü sonucu oluşan bölgede kolonize olurlar. Solarizasyon sonucunda patojenik ve faydalı organizmaların dengesi faydalı organizmalar lehine değişir; bu nedenle uzun vadeli olumlu etki ortaya çıkmaktadır. Solarizasyondan sonra teşvik edilen mikroorganizmaların çoğu biyolojik kontrolü ve bitki gelişimini destekleyen faydalı mikroorganizmalardır (Öz vd., 2017b).

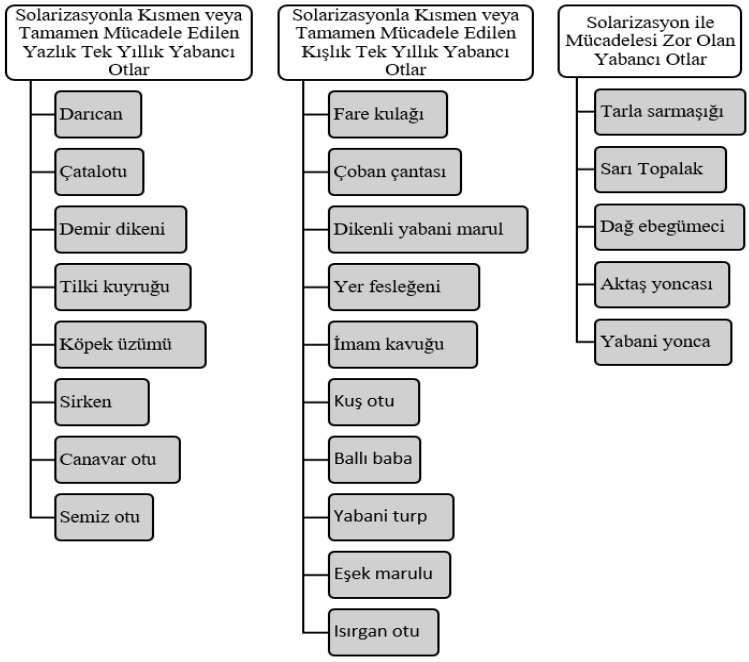


Şekil 2: Solarizasyon uygulaması ile mücadelesi yapılan bitki patojeni fungus ve nematodlar (Yücel vd., 2016)

3. Yabancı Otlara Etkisi

Yabancı ot kontrolü için toprak solarizasyonu uygulaması, yabancı ot tohumlarına ısıl işlem uygulamak için güneş radyasyonundan yararlanan eski Hint medeniyetine kadar uzanmaktadır (Katan, 2015). Solarizasyon uygulaması ile artan sıcaklıklar yabancı ot tohumlarında termal ölüme neden olarak yabancı ot çıkışını en aza indirmektedir. Toprak solarizasyonundan kaynaklanan sıcaklık toprak yüzeyinde maksimumdur ve toprak derinliği ile etkinlik azalmaktadır. Bu nedenle, toprak solarizasyonundan sonra yabancı ot tohumlarının çimlenmesi üst toprak katmanında azalırken, alt toprak katmanında ise solarizasyon

uygulamasının etkinliği azalmaktadır. Genel olarak, tek yıllık yabancı otlar, toprak solarizasyonu ile çok yıllık yabancı otlardan daha etkili bir şekilde kontrol edilmektedir (Chase vd., 1998). Solarizasyon uygulaması ile mücadelesi yapılan tek yıllık yabancı ot ve solarizasyon uygulaması ile mücadele edilemeyen yabancı otlar Şekil 3'te gösterilmiştir.



Şekil 3: Solarizasyon uygulaması ile mücadelesi yapılan tek yıllık yabancı ot ve solarizasyon uygulaması ile mücadele edilemeyen yabancı otlar (Yücel vd., 2016)

4. Bitki Büyüme ve Verime Etkisi

Solarizasyon uygulamasında bitki büyümesi ve verimi üzerindeki olumlu etkiler esas olarak toprak kökenli zararlıların biyolojik kontrolüne, toprak yapısını iyileştirip, azot ve diğer temel bitki besin maddelerinin kullanılabilirliğini artırması sayesinde gerçekleşmektedir.

Araştırıcılar yaptıkları çalışmada, farklı bitki çeşitlerinde solarizasyonun verime etkisini incelemişlerdir. Öz, (2018) yaptığı çalışmada solarizasyon uygulanan parsellerde marul yetiştiriciliğinde kontrol parsellerine göre %100 verim artışı bildirmiştir. Candido vd., (2008) domates ve kavunda yaptıkları çalışmada domateste % 284, kavun da ise % 162 verim artışı elde etmişlerdir. Ashrafi vd., (2008) yaptıkları çalışmada kontrol uygulamasına göre salatalık bitkisinde %133 ile %258 daha yüksek verim elde etmişlerdir.

TOPRAK SOLARİZASYONUNDA YENİ YAKLAŞIMLAR

Toprak solarizasyon, teknik olarak uygulanması çok eski yıllara dayanmasına rağmen araştırıcılar uygulamanın etkinliğini artırmak için yeni çalışmalar yapmaktadır.

Öz vd., (2017a) solarizasyon örtü malzemesinin etkinliğini artırmak amacıyla balonlu sulu solarizasyon adını verdikleri yeni bir malç malzemesi ile çalışmışlardır (Şekil 4). Bu çalışmada, çift katlı baloncuklu malç malzemesinin içerisine su koyarak, gelen güneş ışınlarına mercek etkisi yaparak toprağı daha fazla ısıtabileceklerini öngörmüşlerdir. Yaptıkları çalışma sonucunda, derinlikle birlikte azalan toprak sıcaklığı, geleneksel solarizasyon malç malzemesine göre daha yüksek belirlemişlerdir.



Şekil 4: Balonlu sulu solarizasyon malç malzemesinin hazırlanması (Öz vd., 2017a)

Yukarıda da belirtildiği gibi solarizasyon uygulamasında en etkin malç malzemesi şeffaf renkli malç malzemesidir. Öz, (2018;2023) yaptığı çalışmalarda, solarizasyon uygulamasının etkinliğini artırmak amacıyla parsellere biochar uygulaması yapmıştır. Çalışmada amaç, siyah rengin ısıyı tuttuğu bilindiğinden şeffaf örtü malzemesinden geçen güneş ışınları toprak yüzeyine ince bir tabaka şeklinde serilmiş olan biochar maddesine ulaşmakta bu sayede siyah renk olan biochar maddesi ısıyı daha fazla tutabileceği öngörülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre geleneksel solarizasyon uygulamasına göre biochar uygulaması yapılan solarizasyon uygulamasında sıcaklık artışı daha fazla kaydedilmiştir.

Al-Kayssi ve Al-Karaghouli, (2002) Parafin-balmumu emülsiyonlu malç uygulaması kullanarak PE malç malzemeye göre etkinliğini belirlemişlerdir. Denenen yeni teknik ile toprağı PE malçtan daha verimli bir şekilde ısıttığını bildirmişlerdir. Bunun nedeni, parafin-balmumunun yalıtkan görevi gören hava boşlukları oluşturmadan toprak yüzeyine mükemmel bir şekilde kaplanmasıdır. Ayrıca, malç malzemesi olarak parafin-balmumu kullanımı, toprağın

solarizasyonundaki yüksek verimliliğinden ziyade taşıma, nakliye ve uygulamada kolaylık sağladığını bildirmişlerdir.

SONUÇ

Toprak solarizasyonu, herhangi bir toksik madde kullanımını önleyen, tarım arazisini kirletmeyen ve organik tarım veya diğer düşük girdili tarım sistemlerine uygun olan basit, kimyasal olmayan, tehlikesiz bir yöntemdir. Ancak bu yöntemin MeBr'ün yerine evrensel bir alternatif olarak kabul edilmesi için önemli sorunları ve kısıtlamaları da vardır. Toprak solarizasyonu, yüksek hava sıcaklığının olduğu yaz aylarında ve toprağın ısıtılması için uzun günlerin olduğu iklim ve hava koşulların uygun olduğu yerlerde etkin şekilde kullanılabilmektedir. Sıcaklığa toleranslı toprak kaynaklı hastalık ve zararlılara karşı mücadele etmekte yeteri kadar etkin değildir. Bunun yanı sıra yaz aylarında 3 ile 6 hafta sürecek uygulama tarımsal üretimin durmasına neden olacaktır. Bu da üreticiler tarafından çok istenen bir durum olmamaktadır. Atık yönetiminde de en önemli sorun olarak karşımıza çıkan tarımda kullanılan plastiklerin bertarafı yine solarizasyon uygulaması ile kullanılan malç örtülerinin plastik atıklar ortaya çıkarması nedeniyle önemli bir sorun olarak karşımıza çıkmaktadır.

Toprak solarizasyonunun üreticiler için önemi, zararlılarla mücadelesinin kapsamı ve öngörülebilirliği, ürün kalite ve verimi üzerindeki etkisi, ekonomik maliyet/fayda olmak üzere çeşitli faktörlerle değerlendirilmekte ve buna uygun tercih edilmektedir.

Son yıllarda yapılan yeni çalışmalarla çevre dostu solarizasyon uygulamasında etkinliği artıran teknikler, üreticiler ve tüketiciler için daha sağlıklı ürün ve çevre olarak sürdürülebilir üretime destek olmaya devam edecektir.

REFERANSLAR

Al-Karaghouli, A., ve Al-Kayssi, A. (2001). Influence of soil moisture content on soil solarization efficiency. *Renewable Energy,* 24(1), 131-144.

Al-Kayssi, A., ve Al-Karaghouli, A. (2002). A new approach for soil solarization by using paraffin-wax emulsion as a mulching material. *Renewable Energy,* 26(4), 637-648.

Al-Shammary, A. A. G., Al-Sadoon, J. N. A., ve Lahmod, N. R. (2016). Influence of the soil solarization management and fertilizer on soil temperature under different soil tillage systems. *Journal of Agricultural Science*, 8(2), 98.

Al-Shammary, A. A. G., Kouzani, A., Gyasi-Agyei, Y., Gates, W., ve Rodrigo-Comino, J. (2020). Effects of solarisation on soil thermal-physical properties under different soil treatments: A review. *Geoderma,* 363, 114137.

Alaboz, P., ve Öz, H. (2020). Biyokömür ve solarizasyon uygulamalarının bazı toprak fiziksel özellikler üzerine etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 35 (2), 208-214.

Ashrafi, Z., Alizadeh, H., ve Sadeghi, S. (2008). Effect of soil solarization on the control of Egyptian broomrape (Orobanche aegyptiaca) and yield improvement of cucumber (Cucumis sativus) grown in greenhouse. *Bulgarian J. Agric. Sci,* 14(6), 583-591.

Candido, V., d'Addabbo, T., Basile, M., Castronuovo, D., ve Miccolis, V. (2008). Greenhouse soil solarization: effect on weeds, nematodes and yield of tomato and melon. *Agronomy for Sustainable Development*, 28, 221-230.

Chase, C. A., Sinclair, T. R., Shilling, D. G., Gilreath, J. P., ve Locascio, S. J. (1998). Light effects on rhizome morphogenesis in nutsedges (Cyperus spp.): implications for control by soil solarization. *Weed Science,* 46(5), 575-580.

Chen, Y., Gamliel, A., Stapleton, J. J., ve Aviad, T. (1991). *Chemical, physical, and microbial changes related to plant growth in disinfested soils*. Soil solarization, 1, 103-129.

Dai, Y., Senge, M., Yoshiyama, K., Zhang, P., ve Zhang, F. (2016). Influencing factors, effects and development prospect of soil solarization. *Reviews in Agricultural Science*, 4, 21-35.

Gatea, A. A. (2010). Design, construction and performance evaluation of solar maize dryer. *Journal of Agricultural Biotechnology and Sustainable Development.* 2, 39-46.

Grünzweig, J. M., Katan, J., Ben-Tal, Y., ve Rabinowitch, H. D. (1999). The role of mineral nutrients in the increased growth response of tomato plants in solarized soil. *Plant and Soil,* 206, 21-27.

Katan, J. (2015). Soil solarization: the idea, the research and its development. *Phytoparasitica,* 43(1), 1-4.

Mauromicale, G., Monaco, A. L., ve Longo, A. (2010). Improved efficiency of soil solarization for growth and yield of greenhouse tomatoes. *Agronomy for Sustainable Development*, 30, 753-761.

Öz, H. (2013). *Seralarda solarizasyon uygulamasında farklı plastik örtülerin ve biofumigasyonun toprak sıcaklığına etkinliğinin araştırılması.* Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.

Öz, H., Coşkan, A., ve Atılgan, A. (2016). Effect of different plastic cover materials and biofumigation to soil organic matter decomposition in greenhouse solarization. *Scientific Papers. Series A. A. Agronomy*, 59, 127-129.

Öz, H., Coskan, A., ve Atilgan, A. (2017a). Determination of effects of various plastic covers and biofumigation on soil temperature and soil nitrogen form in greenhouse solarization: new solarization cover material. *Journal of Polymers and the Environment*, 25, 370-377.

Öz, H., Coşkan, A., ve Atılgan, A. (2017b). Air bubbled or water filled bubbled solarization sheet was further effective on number of soil microorganisms, CO_2 production as well as microbial biomass carbon. *A. Agronomy,* 60, 137-141.

Öz, H. (2018). A new approach to soil solarization: Addition of biochar to the effect of soil temperature and quality and yield parameters of lettuce (Lactuca sativa L. Duna). *Scientia Horticulturae,* 228, 153-161.

Öz, H., Türkan, Ş. A., ve Erdal, İ. (2022). Farklı solarizasyon uygulamalarının marulun (Lactuca sativa L. Duna) mineral beslenmesi üzerine etkisi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi,* 27(1), 136-144.

Öz, H. (2023). Improvement of soil solarization efficiency and lettuce yield by using different mulching materials and biochar. *Gesunde Pflanzen,* 75(4), 1347-1354. doi:10.1007/s10343-022-00749-5

Seman-Varner, R., McSorley, R., ve Gallaher, R. (2008). Soil nutrient and plant responses to solarization in an agroecosystem utilizing an organic nutrient source. *Renewable Agriculture and Food Systems,* 23(2), 149-154.

Stapleton, J., ve DeVay, J. (1995). Soil solarization: a natural mechanism of integrated pest management. *Novel Approaches to Integrated Pest Management*, 309-322.

Stapleton, J., Quick, J., ve DeVay, J. (1985). Soil solarization: effects on soil properties, crop fertilization and plant growth. *Soil Biology and Biochemistry*, 17(3), 369-373.

Yücel, S., Yıldız, N., ve Aksoy, E. (2016). *Toprak Solarizasyonu.* Ankara: T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı.

Bölüm 11

Tarla Pülverizatörlerinde Traktör Kuyruk Mili Dönüş Hızının Uygulama Debisi ve Basıncı Üzerindeki Etkilerinin İncelenmesi Üzerine Bir Araştırma

Hayrettin KARADÖL[1],Ali AYBEK[2]

[1] Dr. Öğr. Üyesi.; Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü. hayrettinkaradol@gmail.com ORCID No: 0000-0002-5062-0887

[2] Prof. Dr.; Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü. aaybek@ksu.edu.tr ORCID No: 0000-0003-3036-8204

GİRİŞ

Tarımsal ürünlerin çoğunluğunun fiyatları pazarın arz ve talebine bağlı olarak değişmektedir. Çiftçilerin karlılığını artırmanın tek yolu, ürün verimini tehlikeye atmadan üretim maliyetlerini azaltmaktır. Hassas tarım, makineleri ve girdileri daha etkin kullanarak verimliliği artırmayı, karlılığı ve çevresel etkiyi azaltmayı amaçlamaktadır (Schieffer ve Dillon, 2015). Hassas tarımın çalışma alanlarından biri de tarımsal üretim süreçlerinde yoğunlukla kullanılan pestisitlerin doğru zamanda ve doğru dozda uygulanması, zararlı popülasyonlarının etkin bir şekilde kontrol altında tutulması ve kimyasal tüketiminin azaltılmasına olanak sağlamaktır (Dağ ve ark., 2000; Matthews, 2004; Tanış, 2019; Karadöl ve ark., 2020).

İlaçlama makinalarında uygulama süresince operatörün görevi; pülverizatör organlarını hassas bir şekilde kalibre etmek ve uygulanan kimyasalların hedef yüzeye homojen bir şekilde uygulanmasını sağlamaktır. Burada temel hedef, minimum maliyet ve çevre kirliliği ile bitki korumada gerekli (maksimum) verimliliğinin elde edilmesini sağlamaktır (Višacki ve ark., 2016:341). Bir pülverizatör sisteminde birçok özelliğin bulunması gerekmektedir. Bunlar; (i) depo içerisindeki ilaçlı sıvının homojen bir şekilde karışması, (ii) değişken arazi şartlarında püskürtme basıncının sabit kalması, (iii) ilerleme hızıyla doğru orantılı verdi sağlayan sistemlerin oluşturulması, (iv) bum kanatlarındaki titreşimlerin sönümlenmesi, (v) geniş bum kolunun arazi eğimine duyarlı olması ve (vi) püskürtme yüksekliğinin uygulama süresince sabit kalması. Gelişen teknolojiye paralel olarak bu kapsamda üretilen pülverizatörlerde elektronik denetleyicilerin başarılı bir şekilde kullanıldığı görülmektedir. İlerleme hızının operatör kontrolünde olduğu makinalarda (pülverizatörlerde) çoğunlukla hedef yüzeyde homojen bir dağılım sağlanamamaktadır. Bu amaçla kullanılan denetleyiciler operatör hatalarını minimize ettiği gibi değişken arazi şartlarına uyum sağlayarak etkili maddenin birim alana sabit dozda minimum hata ile taşınmasını sağlamaktadır (Atçıoğlu, 2006).

Pülverizasyon sürecinde akışkanın pompadan püskürtme memelerine taşınmasında etkili olan donanımlar sırasıyla; traktör kuyruk mili, pompa, regülatör ve püskürtme memeleridir. Bu donanımların beklentilere cevap vermesi uygulama doğruluğu açısından önemlidir. Kuyruk mili devrinde oluşan değişimler akış kontrol sistemlerinin bulunmadığı pülverizatör sistemlerinde uygulama hacminin de doğrudan değişmesine neden olmaktadır.

Bu araştırmada, atölye ortamında pülverizatör pompası hızı invertör ile ayarlanabilen bir elektrik motoru ile tahrik edilerek, farklı kuyruk mili devirlerinde (520, 530, 540, 550 ve 560 min^{-1}) püskürtme memelerinden uygulanan sıvı debileri ölçülmüştür. Araştırmanın amacı, kuyruk mili devir

sayısındaki sapmaların, püskürtme memelerinin debi değerleri üzerindeki etkilerinin incelenmesidir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Biyosistem Mühendisliği laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Pülverizasyon testleri, bir tarla pülverizatörü üzerinde oluşturulan sistemdeki deney seti kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Pülverizatör; piston membranlı pompaya (71 L/min, max 50 Bar), 400 L depo kapasitesine ve 10 m bum kanat uzunluğuna sahiptir. Bum kanatları üzerinde 50 cm aralıklarla monte edilmiş 20 adet farklı debi değerlerine sahip 3'lü yelpaze hüzmeli meme grubu (sarı, mavi ve kırmızı renk kodlarına sahip) (Agroer, DPM 300) bulunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Pülverizatör sistemine ait bum kanadı ve püskürtme memeleri

Ayrıca pülverizatör üzerinde akış kontrol sistemi (Arag Bravo 180S) bulunmaktadır. Ancak araştırmada akış kontrol sisteminin kullanılmaması nedeniyle sistem manuel modda çalıştırılmış olup, tüm bölüm valfleri ve oransal valf %100 açık konumda tutulmuştur. Pülverizatör sisteminin pompası, devir sayısı invertör (Cumark ES580) ile değiştirilebilen bir asenkron motora (3 Faz, 15 HP, 1000 min-1) kayış kasnak sistemiyle bağlanarak tahrik edilmektedir. Kuyruk mili devirleri her bir testin başlangıcında takometre (PeakTech 2795) ile ölçülmüştür (Şekil 2 a, b, c ve d).

Püskürtme memelerine gönderilen sıvı basıncı, akış kontrol sisteminin girişinde bulunan ana valf ile ayarlanarak bölüm valfleri sonunda bulunan analog manometre üzerinden okunmuştur.Araştırmada tüm testler su kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Her bir püskürtme memesinden uygulanan sıvı,

kovalara toplandıktan sonra 10 mL hassasiyete sahip beherlerle ölçülerek kaydedilmiştir.



(a) (b) (c) (d)

Şekil 2. Pülverizatör sistemi (a), invertör (b), elektrik motoru pompa bağlantısı (c) ve kuyruk mili devrinin ölçülmesi (d)

BULGULAR VE TARTIŞMA

Her bir püskürtme testi için elektrik motoru devri, pompa mili devri ve püskürtme memelerine gönderilen sıvının farklı kuyruk mili devrindeki basınç değerleri Tablo 1'de görülmektedir. Manometre basıncı akış kontrol sistemi girişinde bulunan ana valf ile başlangıçta 3 bar olarak ayarlanmış ve diğer tüm testlerde bu valfin açıklık oranı değiştirilmemiştir.

Tablo 1. Elektrik motoru ve pompa mili devirlerine göre püskürtme memelerine gönderilen sıvı basınç değerleri

Elektrik motoru devri (min^{-1})	Kuyruk mili devri (min^{-1})	Basınç (Bar)		
		Püskürtme memesi		
		Sarı	Mavi	Kırmızı
900	520	3.0	2.6	1.8
918	530	3.1	2.8	1.9
940	540	3.3	2.9	2.0
959	550	3.5	3.0	2.1
978	560	3.6	3.1	2.2

Tablo 2' de sarı renk koduna sahip püskürtme memesinin debi değerleri ve bu değerlerin ortalama ve standart sapma değerleri görülmektedir. Standart sapma değerlerinin yaklaşık olarak 99 -127 arasında değiştiği görülmektedir. Kullanılan her üç püskürtme memesi tipi için basınç değerlerinin 2-5 bar aralığında olması durumunda farklı debi değerlerinin üretileceği belirtilmektedir (Agroer, 2023). Ancak debi değeri diğer meme türlerine kıyasla daha düşük olan (3 bar, 800 mL–5 bar, 1030 mL) sarı renk koduna sahip püskürtme memesinin testler sonucunda 3-3.6 bar basınç değerleri aralığında, ortalama debi değerlerinin ise 961-1053 mL min-1 aralığında değiştiği görülmektedir. Artan kuyruk mili devir sayısının basınç değerini kabul edilebilir sınır değerler içerisinde bir miktar arttırdığı ancak ortalama püskürtme memesi debi

değerinin, katalogda belirtilen maksimum debi değerinden yukarı yönde uzaklaşmasına neden olduğu görülmektedir. Sabit kuyruk mili devrinde basıncın değiştirilmesi, debi değerini sınırlı seviyede etkilerken kuyruk mili devir sayısındaki değişim, pompa çıkış debisini önemli ölçüde etkilemektedir (Muntean ve ark., 2014).

Tablo 2. Farklı kuyruk mili devirlerinde sarı püskürtme memesine ait debi değerleri

Püskürtme memesi	Kuyruk mili devrine göre debi (L min^{-1})				
	520 min^{-1}	530 min^{-1}	540 min^{-1}	550 min^{-1}	560 min^{-1}
1	880	910	920	940	970
2	850	880	900	830	940
3	880	900	910	930	950
4	810	940	950	980	1000
5	960	1000	1000	1030	1050
6	1000	1020	1030	1060	1080
7	990	980	1020	1020	1040
8	1000	1000	1040	1100	1100
9	900	920	920	930	950
10	1020	1020	1040	1080	1100
11	1080	1090	1110	1120	1150
12	870	880	900	930	970
13	1020	1100	1150	1120	1140
14	880	920	960	960	990
15	980	1020	1100	1060	1080
16	1020	1060	1120	1110	1120
17	1040	1060	1050	1070	1100
18	980	1020	1090	1060	1080
19	1040	1060	1110	1120	1140
20	1020	1050	1100	1110	1120
Ortalama	961	991.5	1021	1028	1053.5
Standart S.	98.99495	98.99495	127.2792	120.2082	106.066

Tablo 3'te mavi renk koduna sahip püskürtme memesinin debi değerleri ve bu değerlerin ortalama ve standart sapma değerleri görülmektedir. Mavi renk koduna sahip püskürtme memesinin katolog bilgisinde 3 bar basınç değerinde 1190 mL debi üreteceği belirtilmektedir. Bu püskürtme memesinin standart sapma değeri yaklaşık olarak 14-35 arasında değişmiştir. Ortalama debi değerleri ise 1137–1238 arasında değişmiştir. Testlerde kuyruk mili devir sayısındaki değişimin, püskürtme memelerinin debisini daha az etkilediği görülmektedir. Bu durum, püskürtme memelerine gönderilen sıvı basıncının, optimum basınç değeri çevresinde değişim göstermesinden kaynaklandığını göstermektedir.

Tablo 3. Farklı kuyruk mili devirlerinde mavi püskürtme memesine ait debi değerleri

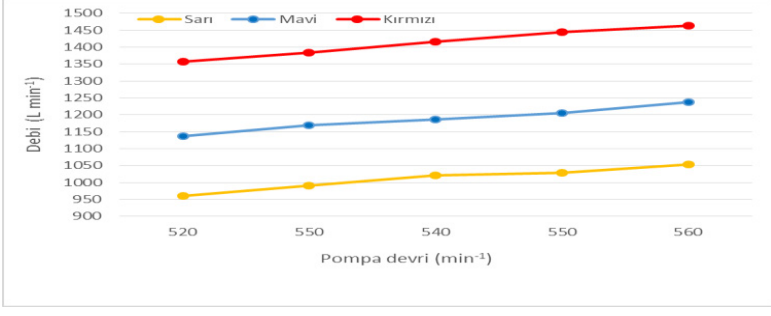
Püskürtme memesi	Kuyruk mili devrine göre debi (L min^{-1})				
	520 min^{-1}	530 min^{-1}	540 min^{-1}	550 min^{-1}	560 min^{-1}
1	1140	1180	1200	1200	1280
2	1060	1100	1110	1120	1130
3	1100	1160	1160	1210	1250
4	1140	1200	1200	1220	1280
5	1080	1160	1150	1170	1240
6	1140	1180	1220	1230	1300
7	1180	1200	1220	1250	1300
8	1060	1110	1130	1130	1170
9	1140	1160	1200	1220	1250
10	1120	1150	1160	1180	1200
11	1120	1170	1210	1220	1240
12	1140	1170	1200	1200	1250
13	1100	1140	1180	1220	1210
14	1180	1230	1220	1260	1280
15	1220	1170	1210	1210	1240
16	1240	1250	1240	1250	1280
17	1150	1160	1180	1200	1180
18	1060	1070	1100	1120	1150
19	1200	1240	1230	1250	1270
20	1180	1200	1220	1250	1260
Ortalama	1137,5	1170	1187	1205,5	1238
Standart S.	28,28427	14,14214	14,14214	35,35534	14,14214

Tablo 4' te kırmızı renk koduna sahip püskürtme memesinin debi değerleri ve bu değerlerin ortalama ve standart sapma değerleri görülmektedir. Kırmızı renk koduna sahip bu püskürtme memesinin debi değeri (2 bar, 120 mL- 2.5 bar, 1444 mL) sarı ve mavi renk koduna sahip püskürtme memelerinden daha fazladır. Testler sonucunda püskürtme memesinin ortalama debi değerlerinin 1357 mL- 1464 mL arasında değiştiği görülmektedir. Püskürtme memesinin katolog bilgilerinde belirtilen minumum basınç değeri çevresinde çalıştırılması sonucunda standart sapmanın (98-120) artmasına neden olduğu düşünülmektedir.

Tablo 3. Farklı kuyruk mili devirlerinde kırmızı püskürtme memesine ait debi değerleri

Püskürtme memesi	Kuyruk mili devrine göre debi (L min^{-1})				
	520 min^{-1}	530 min^{-1}	540 min^{-1}	550 min^{-1}	560 min^{-1}
1	1440	1480	1520	1550	1570
2	1220	1250	1280	1300	1340
3	1330	1360	1390	1410	1440
4	1330	1350	1390	1420	1440
5	1460	1510	1530	1600	1590
6	1350	1350	1370	1430	1460
7	1340	1360	1380	1400	1440
8	1440	1400	1520	1550	1540
9	1340	1360	1380	1400	1430
10	1300	1360	1360	1380	1400
11	1350	1380	1400	1420	1460
12	1340	1390	1400	1420	1440
13	1400	1400	1440	1480	1500
14	1310	1360	1390	1370	1400
15	1320	1380	1400	1420	1430
16	1460	1500	1560	1560	1580
17	1360	1380	1420	1450	1460
18	1480	1450	1500	1540	1580
19	1280	1320	1340	1400	1390
20	1300	1340	1360	1380	1400
Ortalama	1357,5	1381,5	1416,5	1444	1464,5
Standart S.	98,99495	98,99495	113,1371	120,2082	120,2082

Şekil 3' te pompa mili devrinin artmasıyla her üç püskürtme memesi için ortalama debi değerlerindeki artış daha açık bir şekilde görülmektedir. Bu durum, sabit bir püskürtme memesinin sabit bir basınç ve debi değerine sahip olabilmesi için kuyruk mili devrinin de sabit bir değere sahip olması gerektiğini göstermektedir.



Şekil 3. Farklı pompa mili devirlerinde püskürtme memelerine ait ortalama debi değerleri

SONUÇLAR

Bu çalışmada, kuyruk mili hızında oluşan sapmaların püskürtme memelerindeki debi ve basınç değerleri üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla, laboratuvar koşullarında elektrik motoru ile tahrik edilen bir tarla pülverizatör sistemi üzerinde testler gerçekleştirilmiştir. Üç farklı renk kodlu farklı debi değerlerine sahip püskürtme memeleriyle 520, 530, 540, 550 ve 560 min-1 kuyruk mili devirlerinde gerçekleştirilen testlerde, sarı, mavi ve kırmızı püskürtme memelerinin ortalama debi değerleri sırasıyla; 961-1053.5, 1137-1238 ve 1357-1464 değerleri arasında değişmiştir. Püskürtme memelerinden uygulanan sıvı debisinin değişimi hem pülverizasyon karekteristiğini hem de uygulama normunu doğrudan etkileyeceği düşünüldüğünde pülverizasyon uygulaması esnasında kuyruk mili devrinin sabit bir değerde tutulması gerektiği görülmektedir.

REFERANSLAR

Agroer, (2023). Damla Kesicili Plastik Tarla Memesi (Üçlü) Paralel. http://agroer.com.tr/?product=damla-kesicili-plastik-tarla-memesi-u%cc% 88c%cc%a7lu%cc%88- paralel adresinden 5 Ağustos 2023 tarihinde alınmıştır.

Atçıoğlu, T. (2006). Yerli yapım bir tarla pülverizatörüne elektronik kontrol sisteminin uygulanması ve etkinliğinin saptanması (Yüksek lisans tezi). *Çukurova Üniversitesi. Türkiye*.

Dağ, S.S., Aykaç, V.T., Gündüz, A., Kantarcı, M., ve Şişman, N. (2000). Türkiye'de tarım ilaçları endüstrisi ve geleceği. Kongre 2000 Kitabı, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası Yayınları, Ankara.

Karadöl, H. (2023). Flow And Pressure Control Of A Field Sprayer Using PID Controller. *JAPS: Journal of Animal And Plant Sciences*, *33*(3), 562-570

Matthews, G.A. (2004). How was the pesticide. Applied Crop Protection. 23: 651-653.

Muntean, M. V., Marian, O., Drocaş, I., ve Ranta, O. (2014). The Infuluance Of PTO (Power Take Off) Speed On Pressure And Flow Variation On The Spraying Machines. Agricultura-Revistă de Știință și Practică Agricolă, (1/2), 49-52.

Schieffer, J. ve Dillon, C. The economic and environmental impacts of precision agriculture and interactions with agro-environmental policy. Precis. Agric. 16 (1), 46–61.

Tanış, M. (2019). Bitkisel ilaçlamada sprey karakteristiklerinin taguchi yöntemi ile optimizasyonu. (Yüksek Lisans Tezi) Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.

Višacki, V. V., Sedlar, A. D., Gil, E., Bugarin, R. M., Turan, J. J., Janic, T. V., & Burg, P. (2016). Effects of sprayer boom height and operating pressure on the spray uniformity and distribution model development. *Applied Engineering in Agriculture*, *32*(3), 341-346.

Bölüm 12

Balıklarda Biyolüminesans

İbrahim CENGİZLER[1], Selçuk DUMAN[2]

[1]Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Adana, TÜRKİYE.
icengiz@cu.edu.tr. orcid: 0000-0003-0929-7640
[2]Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, İmamoğlu Meslek Yüksekokulu, Su Ürünleri Bölümü, Adana, TÜRKİYE.
sduman@cu.edu.tr. orcid: 0000-0002-6771-3385

ÖZET

Zamanımızdan, yaklaşık beş yüz milyon yıl önce görülmeye başlanan balıklar, tamamen su ortamında yaşayabilmektedirler. Çok farklı su ortamlarında yaşayan balık türleri, yaşamsal uzun bir evrim sürecinden geçmişlerdir. Derin denizlerde ve okyanuslarda karanlık ortamlarda yaşayanlar çoğunlukta olmak üzere, diğer omurgalılarda olmayan bir özellik olarak, parlama bezleri geliştirmişlerdir. Bu bezler sayesinde, karanlık ortamlarda, süresi ve yoğunluğunun ortama, türe ve aktiviteye göre değişen oranlarda Işık yaymaktadırlar. Işık ya içsel olarak lusiferin maddesinin lusiferaz enzimiyle okside olmasından ya da simbiyotik bakterilerin üretimi sonucu ortaya çıkmaktadır. Üretilen Işık, avlanma, savunma ve tür içi iletişimde kullanılmaktadır. Işığın üretimi ve yayımı, hormonal veya nöral olmaktadır.

Anahtar Sözcük; balık, biyolüminesans, lusiferin, lusiferaz

GİRİŞ

Balıklar biyolojik yapılarının uygunluğu nedeniyle, tamamen su ortamında yaşayabilen, omurgalı hayvanlardır. Su ortamında yaşamanın gereği olarak, onların şekilsel, yapısal ve fizyolojik olarak uygun özelliklere sahip olmaları kaçınılmazdır. Bu uygun özelliklere sahip olmak uzun bir evülosyon sürecini gerektirmiştir. Zamanımızdan yaklaşık beş yüz milyon yıl önce görülmeye başlanan balıklar, omurgalı hayvanların en kalabalık grubunu oluştururlar. Dünyada dikey olarak yaklaşık (4.000 metre yükseklikten, 11.000 metre derinliğe kadar) 15 kilometrelik bir derinlik alanı içerisinde yaşarlar (Sarıhan ve Cengizler, 2006). Çok farklı yaşama alanları onlara gerekli donanımları gereksindirir. Deniz seviyesinden 11 kilometrelik aşağıdaki derinlikte bile yaşayabilen balıklarda değişik donanımlar oluşması doğal bir süreçtir. Diğer omurgalı hayvanlarda bulunmayan bu donanımlardan bir tanesi de; *parlama bezleri*dir. Balıklarda deri içerisinde, epidermiste oluşturulmuş ve ışık demetlerinin yansıtan bu bezlere aynı zamanda *parlama organı* adı da verilir(Sarıhan ve Cengizler 2006). Bu organlar daha çok ışığın ulaşamadığı derin denizlerdeki balıklarda bulunur. Tatlı su balıklarında parlama organları yoktur. İlk çağlardan beri bitki ve hayvanların Işık yayması insanların dikkatini çekmiştir. Paulo pançeri bazı yayınlarında değişik tipteki ışık saçan organizmaların anatomi ve histolojilerinden bahsetmiştir. Işığın kimyasal oluşumunun açıklanmasında önemli bir yer tutan lusuferin ve lusiferaz Raphael Dubois tarafından keşfedilmiştir. 1916 yılında ise Harvey ilk kez BİYOLÜMİNESANS sözcüğünü kullanmıştır (Shimomura,2012) biyolüminesans tam olarak canlı bir organizmadan ışık üretimi ve bu ışığı saçılması anlamına gelmektedir. Omurgalılar arasında sadece balıklarda biyolüminesans görülür *Chondrichtyes, Actinopterygii* gruplarında gözlenirken *Sarcopterygii*'lerde rastlanmamıştır. Deniz balıklarının 11 ordosunda biyolüminesans varlığı ortaya konmuştur (Davis ve Ark.2016). Biyolüminesans özellikli balıkların avcılığı yaygın değildir. Ancak çoğu, özellikle balık ve kümes hayvanları için gıda olarak sunulabilir. Bazı balık türlerinin*(Anomalops* spp. *Monocentris* spp. gibi) akvaryumlarda görsel amaçlı yetiştirmeleri uygundur. Bazı fener balığı türleri de Umman Denizi açıklarında ve Güney Afrika'da ticari olarak avlanılmaktadır.

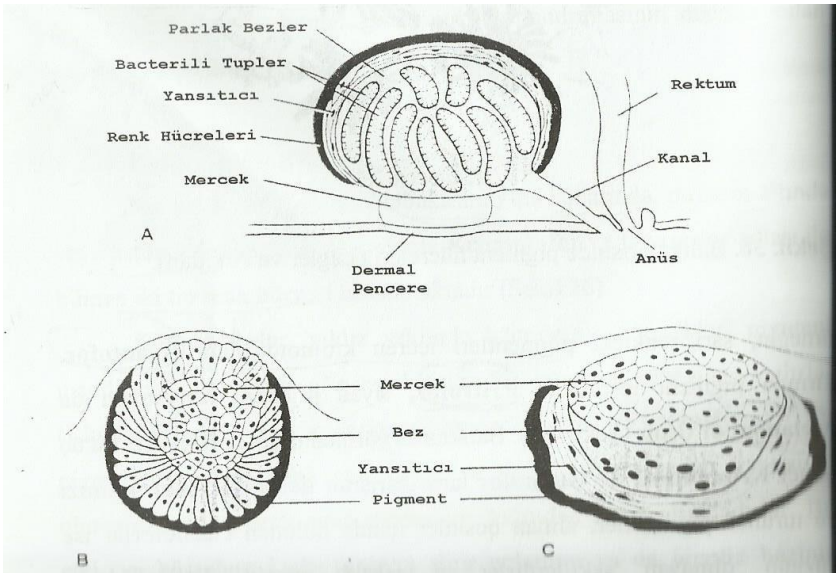
Yapılan bu derleme çalışmada, balıklar için oldukça ilginç olan bu biyolojik yapı ve fizyolojik olayın mekanizması, anatomisi hakkında bilgiler verilmeye çalıştıracaktır.

Balıklarda Biyolüminesansın Fonksiyonu nedir?

Balıklar değişik mekanizmalar aracılığıyla ürettiği ışığı genellikle savunma, tür içi veya türler arası iletişim, saldırı amaçlı kullanabilmektedirler. Fakat en yaygın amaç savunmadır. Zira McAllister'e göre biyolüminesansli balık familyalarının %69'u, fotojenik organlarına venral bölgede sahiptir (Paitio ve Oba, 2023) Organın ventral bölgede olması aslında bir tür kamuflaj olmanın bir biçimidir. Özellikle balığın bulunduğu su kütlesinin alt kısmındaki düşmanlarına kendi silüetini belli etmez. Üretilen Işık parlak flaşlar şeklinde de kullanılarak, savunma yapılabilir. Özellikle fener balıkları, midilli balıkları, Stomiidler gibi gruplarda düşmanlarından kaçmadan önce, ışık flaşlarıyla, onları korkuttukları, hatta geçici körlük yarattıkları bildirilmiştir. Bir fener balığı türü olan Diapoz'un kafa bölgesinde bulunan fotoforlar aracılığıyla, avını flaş ışıklarla sersemletip, kolaylıkla yakaladığı öne sürülmektedir (Haddock vd., 2010). Parlama organlarından elde edilen ışık aynı zamanda avlanmada yem olarak da kullanılmaktadır. Stomiid'ler bıyıklarını bu amaç için kullanabilmektedirler (O'day, 1974). *Siphamia versicolor* gibi bazı balık türleri de zooplaktonik organizmalar çekmek için lüminesans yeteneğini kullanmaktadır. Alaca karanlıkta resif bentozundan zooplantonu ışıkla cezbederek beslenebilir (Dunlap ve Makamura, 2011). Balıklardaki biyolüminesansın diğer bir fonksiyonu da tür içi iletişimdir. Bu iletişim kapsamında sürü oluşumu alan belirleme, cinsel albeni yaratma gibi sosyal sinyaller verilir. Hint- Pasifik'te yaşayan ve bir fener balığı türü olan *Anomalops katoptron'ın* gözaltında bulunan biyolüminesans organında yer alan, simbiyotik bakteriler aracılığıyla ürettiği ışığı, kısa sürelerle, açıp kapama yaparak, sosyal bir sinyalizasyon aracı olarak kullanır. Karanlık ortamda bu sinyallerin gücü ve süresi ,balıklar arası mesafeyi, sürü davranışını ve diğer tür içi davranışlara yön vermektedir (Jager vd.,2021). Kullanılan ışığın, balığın kendisi tarafından üretilmesi ve kontrollü bir şekilde kullanılması, hayatta kalma, beslenme ve üreme gibi yaşamsal öneme sahip faaliyetlerin gerçekleştirilmesinde önemli bir yer tutmaktadır. Balıklarda biyolüminesans odakları, kemikli balıklarda, kakırdaklı balıklara göre daha yaygındır. Biyolüminesans özelliği taşıyan üç köpek balığı familyası bilinmektedir. Bunlar Etmopteridae, Dalatiidae, Somniosidae. Bu familya üyelerinin çoğunda ışık organları ventralde bulunur. Ancak Dalatiid türlerinde sırt bölgesinde rastlanır. Aslında bu familyanın üyeleri içsel ışık üreten ve fotofor olarak adlandırılan dış konumlu ışık organlarına sahiptirler (Paito vd., 2016). Kemikli balıklarda durum daha karmaşıktır. Bu karmaşıklık, çeşitlilik ve fonksiyonel yapılanmaya neden olur. Işık organlarının yapısı ve konumu türe özgü bir oluşumdur. Bu nedenle, diagnostik bir özellik olarak kullanılabilir. En yaygın biyolüminesanslı kemikli balık familyalar arasında; Anomalopidae, Leigognathhidae, Platyroctidae, Mycophidae,

Lophidae, Gadidae, Stomitidae sayılabilir. Ancak bu familyaların bütün üyeleri biyolüminesansant değildir. Yeryüzünde yaklaşık 1.500 tür balığın biyolüminesans özelliği taşıdığı sanılmaktadır (kemikli balıkların en azından 11 Ordu'dan 43 familyası). Bu da tüm balık türlerinin yaklaşık %8'ine tekabül etmektedir. Balıklardaki ışık üretiminin genel olarak iki şekilde oluştuğu bilinir. Bunlardan birincisi*, içsel üretim*dir içsel üretime bakıldığında; temelinde kimyasal bir madde olan lusiferinin, lusiferaz enzimiyle oksidasyonu sonucu Işık üretilir. Bu işlem fotosit adı verilen özel yapıdaki ışıma hücrelerinde gerçekleştirilir. Bu hücreler parlama bezi diyebileceğimiz, epidermal kökenli organlarda konumlanmışlardır. Bu Işık üreten organa *fotofor* adı verilir (Patio ve Oba, 2023). Fotoforlarda sadece fotositler yoktur, aynı zamanda mercek, pigmentli manto ve reflektörler de bulunur (Sarıhan ve Cengizler, 2006). Mercekler lentiküler tip hücre gruplarınca oluşturulur. Bir kas grubunun kasılması ve gevşemesi yoluyla ışık yönetimi sağlanır. Yayılan ışığın rengi genellikle yeşil veya mavi –yeşildir. Çünkü okyanus ortamında ışığın tüm renkleri eşit şekilde iletilmez. Mavi- yeşil renk okyanus ortamında en iyi iletilen renklerdir. Böylelikle üretilen ışık ortamda emilmeden ve dağılmadan net bir şekilde ortaya konabilir. Üretilen ışık, çok iyi organize olmuş bir sistemle, amaca en uygun şekilde salınır ve korunur. Reflektör üretilen ışığın tamamını dışarı yansıtırken, pigmentli bir manto ışığın balığın kendi dokularına geçmesine engel olur (şekil 1). Ancak Leigognathhidae, Opisthoproctidae gibi bazı balık türlerinde, gövdenin içinde, ama şeffaf kaslarla korunan ve görülebilen organlar da mevcuttur (Paitio ve Oba 2023). İçsel ışık üreten balıklar biyolüminesans balıkların yüzde 58'ini oluştururlar (Paitio ve Oba 2023).

Balıklarda biyolüminesansın diğer bir türü ise simbiyotik bakterilerden kaynaklanan parlamadır. Simbiyotik karakterdeki ışık yayan bakterilerden, *Photobakterium* ve *Aliivibrio* türleri fakültatif ve obligatif olabilirler.



Şekil 1: Balıklarda parlama organları (Bond,1996). a-dışsal üretici, b-içsel üretici organ tipi.

Çoğu balık türü ışık organlarında birden çok ışık yayan bakteri türü taşıyabilir. Bu bakteri türlerinin bazıları balıklar için patojen özellik taşıyabilir (Urbanczyk vd., 2011). Biyolüminesans bakteriler ile balıklar arasında tür seçiciliği, türlere göre değişiklik göstermektedir. Bu bakterilerle simbiyotik yaşam sergileyen balıklarda, aynı içsel üretim yapan balıklar gibi, ışığın odaklanması, yayılması ve kısıtlanması için birtakım mekanizmalar geliştirilmiştir. Işığın verimli kullanımı için anatomik adaptasyonlar önemlidir. Balıklarda biyolüminesans bakterilerin tümü Vibrioanales ordosu, Vibrionacea familyasına aittir. Biyolüminesans bakteri bulunduran birçok balık türü Beryciformes ve Acanthuriformes ordosuna aittirler. Bu iki Ordonun çok sayıda tür içermesi dikkat çekicidir (Davis vd., 2016). Simbiyotik biyolüminesans bakterilerden kaynaklanan bu üretim biçimine dışsal biyolüminesans adı verilmektedir. Balığın ışık üretiminde bakteriye olan bağımlılığının yanı sıra, bakterilerin barınması için optimal koşullarının sağlanması gerekmektedir (Dunlap vd., 2007). Balığın ışık saçan simbiyotik bakteriyi seçerek, diğer bakteri kolonilerinin yerleşmesine engel olduğu bildirilmiştir. Yapılan bir araştırmada simbiyotik bakteriler aracılığıyla yapılan biyolüminesans tüm biyolüminesansın yaklaşık %48'ini oluşturur ve en az 17 kez evrimleştiği öne sürülmüştür (Davis vd., 2016).

Balıklarda Biyolüminesans Yönetimi

İletişimde önemli bir rol oynayan Işık organlarında üretilen ışığın yoğunluğu ve ışıma süresinin kontrolü şarttır. Hem içsel hem de dışsal Işık üretiminde ve yansıtılmasında kontrol mekanizmaları süregelen evrim sürecinde oluşturulmuştur. İçsel ışık üretimi yapan balıklarda, kontrol daha çok sinirsel ve hormonaldir. Bilindiği gibi omurgalı hayvanlarda, organlar arası koordinasyonda sinir ve endokrin sistem etkilidir. Endokrin sistem kanalsız bezlerin özel salgılarını ifade eder. Hormonlar da bu kanalsız bezlerde sentez edilen ve vücudun belli doku ya da organına etmek amacıyla kan ile taşınan kimyasal maddelerdir (Geldiay,1981). Dış fotoforlar Myctophiformes ve Stomiiformes gruplarında sinirsel kontrol altındadır. Squaliform köpek balıklarında hormonal ve nöral kontrollüdür. Bu konuyla ilgili yapılan çalışmalar ne yazık ki oldukça azdır. Batrachoididae familyasına ait kurbağa balığında, omiriliğine elektrik uyarısı verildiğinde, fotoforların parladığı görülmüştür. Aynı zamanda adrenalin ve noradrenalin enjeksiyonları da uyarıcı olarak rol yapmışlardır. Yapılan immünokimyasal araştırmalar, mercek etrafındaki hücrelerde adrenalin bulunduğunu ortaya koymaktadır. Noradrenalin ise, daha iç katmanlarda ve miyelensiz sinir uçlarında görülmektedir (Mallafet ve Anctil, 1992). Myctophidae grubunda, ışık üretimi ve yoğunluğunda, kontrol sinirseldir. Araştırmalar, fotoforların, sempatik sinir sisteminin kontrolü altında olduğunu göstermiştir (Anctil ve Case, 1977). İçsel ışık yönetimi ve yayılımında sinir ve endokrin sistem etkili iken, dışsal yani simbiyotik bakterilerce üretilebilen ışığın üretimi ve yayımında sinir ve endokrin sistem etkili değildir. Bu tip balıklardaki kontrol mekanizması, ancak balık tarafından geliştirilen anatomik adaptasyonlarla sağlanmaktadır.

SONUÇ

Biyolüminesanslı balıkların çoğu derin denizlerde yaşamaktadırlar. Bu hayvanlara ulaşım ve yakalama oldukça zordur. Ulaşılsa bile, uygun koşullarda laboratuvara getirme ve bakımları neredeyse olanaksızdır. Bu nedenle bu balıklar üzerine yapılan çalışmalar oldukça azdır. Sığ sayılabilecek alanlardaki balıklara ise genellikle su altı mağaralarında rastlanılmaktadır. Özellikle uzun bir evrim sürecinden geçen bu balıkların, araştırmaları birçok bilimsel soruya açıklık getirecektir. Biyolüminesans özellikli balıklarda, hormonal kontrol ve gen aktarımı konuları oldukça bakir alanlardır. Günümüzde derin denizlerin, fiziki koşullarını laboratuvarlarda oluşturmak ve balıklar üretmek ve incelemek olanaklı görünmemektedir. Ancak yeryüzünün 2/3 suyla kaplı olduğunu ve bunun da %97.5' nun deniz ve okyanus olduğunu göz önüne alırsak, en büyük yaşam alanı olduğu ortaya çıkar. Bu nedenle biyolojik yaşam ve enerji kaynakları için çalışmaların okyanuslarda yoğunlaşması beklenebilir.

KAYNAKLAR

1-Anctil, M. and Case, J.F. (1977), The caudal luminous organs of lanternfishes: General innervation and ultrastructure. *Am. J. Anat*., 149: 1-21. https://doi.org/10.1002/aja.1001490102

2-Ast, J.C. and Dunlap, P.V. (2005), Phylogenetic resolution and habitat specificity of members of the *Photobacterium phosphoreum* species group. *Environmental Microbiology*, 7: 1641-1654. https://doi.org/10.1111/j.1462-2920.2005.00859.

3-Bond C E., (1996), Biology of Fishes, Second Edition, Sounders College Puplishing, P.303 , Oregon

4-Catul, V., Gauns, M. & Karuppasamy, P.K. A., (2011) Review On Mesopelagic Fishes Belonging To Family Myctophidae. *Rev Fish Biol Fisheries* 21, 339–354.Https://Doi.Org/10.1007/S11160-010-9176-4

5- Davis MP, Sparks JS, Smith WL., (2016) Repeated and Widespread Evolution of Bioluminescence in Marine Fishes. *PLoS ONE* 11(6): e0155154. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155154.

6-Dunlap, P. V., & Nakamura, M. (2011). Functional morphology of the luminescence system of Siphamia versicolor (Perciformes: Apogonidae), a bacterially luminous coral reef fish. *Journal of morphology*, 272(8), 897-909.

7-Dunlap, P.V., Ast, J.C., Kimura, S., Fukui, A., Yoshino, T. and Endo, H. (2007), Phylogenetic analysis of host–symbiont specificity and codivergence in bioluminescent symbioses. *Cladistics*, 23: 507-532. https://doi.org/10.1111/j.1096-0031.2007.00157.

8-Geldiay,S.,(1981).Karşılaştırmalı Endokrinoloji,Ege Üniversitesi Fen Fakültesi Yayınları ,İzmir.

9-Haddock, S. H., Moline, M. A., & Case, J. F., (2010). Bioluminescence in the sea. *Annual review of marine science*, 2, 443-493.

10-Jägers, P., Wagner, L., Schütz, R., Mucke, M., Senen, B., Limmon, G. V., Herlitze, S., & Hellinger, J., (2021). Social signaling via bioluminescent blinks determines nearest neighbor distance in schools of flashlight fish Anomalops katoptron. Scientific reports, 11(1), 6431. https://doi.org/10.1038/s41598-021-85770-w.

11- Mallefet ,J., and Anctil,M.,(1992), Immunohistochemical detection of biogenic amines in the photophores of the midshipman fish Porichthys notatus. *Canadian Journal of Zoology*. 70(10): 1968-1975. https://doi.org/10.1139/z92-267

12-O'Day, W. T., (1974). Bacterial luminescence in the deep-sea angler-fish *Oneirodes acanthias* (Gilbert, 1915). Nat. Hist. Mus. Los Angeles County Contr. Sci. 255, 12 pp.

13-Paitio, J., & Oba, Y., (2023). Luminous fishes: Endocrine and Neuronal Regulation Of Bioluminescence. Aquaculture and Fisheries. https://doi.org/10.1016/j.aaf.2023.04.003

14-Paitio, J., Oba, Y., & Meyer-Rochow, V. B. (2016). Bioluminescent Fishes and their Eyes. *InTech.* doi: 10.5772/65385

15-Sarıhan E, Cengizler İ., (2006). Temel Balık Anatomisi ve Fizyolojisi, Çukurova Üniversitesi,Su Ürünleri Fakültesi Yayınları ,Nobel Kitabevi ,Adana.

16-Shimomura, O., (2012). Bioluminescence: Chemical Principles And Methods. World Scientific.468p.

17- Urbanczyk H., Jennifer C. Ast, Paul V. Dunlap, (2011) Phylogeny, genomics, and symbiosis of Photobacterium, FEMS Microbiology Reviews, Volume 35, Issue 2, Pages 324–342, https://doi.org/10.1111/j.1574-6976.2010.00250.

Bölüm 13

Çinko Biyoyarayışlılığı Bakımından Fitik Asit-Çinko İlişkisi ve Çinko Gübrelemesinin Önemi

İbrahim ERDAL[1]

[1] Prof. Dr.: Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü. ibrahimerdal@isparta.edu.tr ORCID No: 0000-0001-8177-948X

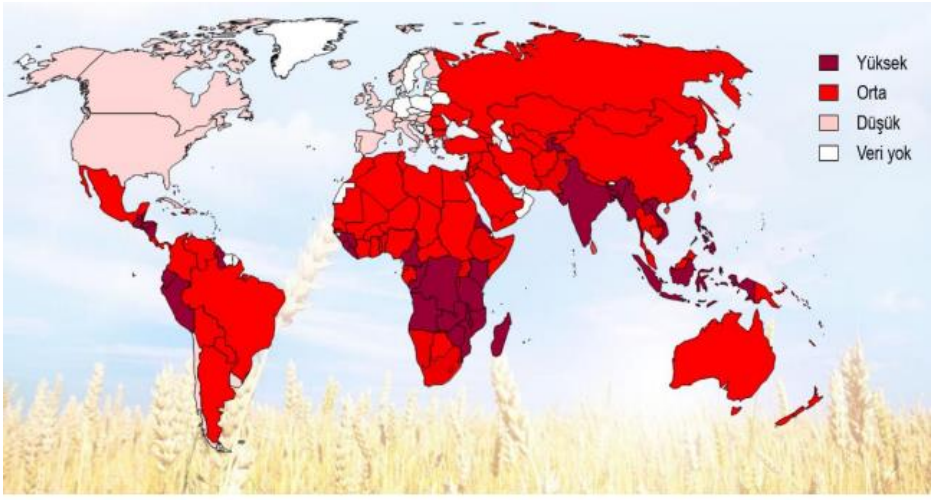
ÖZET

Çinko (Zn) eksikliğine bağlı beslenme sorunları dünyada ve ülkemizde yaygın olarak rastlanan bir durumdur. Yapılan araştırmalar dünya nüfusunun yaklaşık 1/3 ü'nün Zn eksikliğine bağlı sağlık sorunlarıyla karşı karşıya olduğunu göstermektedir. Bu durumun başlıca nedeni, Zn bakımından yetersiz olan gıdalarla beslenmedir. Özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde daha sık rastlanılan Zn eksikliği sorununun temel nedenlerinden birisi, bu ülkelerdeki insanların daha çok tahıla dayalı beslenmeleridir. Tahıllar bir taraftan Zn alma yeteneği daha az, diğer taraftan da Zn biyoyarayışlılığını (emilimini) olumsuz etkileyen bileşenlerce daha zengindir. Fitik asit (FA), tahıllarda bol miktarda bulunan ve Zn biyoyarayışlılığını olumsuz etkileyen yapılardan birisidir. Yapılan araştırmalar, Zn'nin biyoyararlı olabilmesi için gıdalardaki FA/Zn molar oranının 25'in altında olması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bunun için, FA'yı parçalayarak Zn bağlanmasını azaltmaya yönelik girişimler veya bazı ürün işleme teknikleri başvurulan yollardandır. Fitik asit/Zn oranını düşürmede etkili bir diğer yol ise gıdadaki Zn miktarını artırmaktır. Bunun en başarılı yollarından birisi de Zn gübrelemesidir. Çinko gübrelemesi, bir yandan özellikle Zn eksikliği olan topraklarda bitkilerin verimini ve kalitesini artırırken, diğer taraftan da tanedeki Zn konsantrasyonunu artırarak FA/Zn oranının azalmasına neden olmaktadır.

Anahtar kelimeler: Biyoyarayışlılık, çinko, gıda, tahıl, FA/Zn oranı

GİRİŞ

Çinko (Zn) eksikliği dünya ve Türkiye topraklarında çok sık rastlanan bir mikro element sorunudur. Yapılan araştırmalarda dünyada kültür altındaki toprakların % 30'u, Türkiye topraklarının ise yaklaşık % 50' si yarayışlı Zn bakımından eksiktir (Sillanpää, 1982; Eyüpoğlu vd., 1994). Toprakların yarayışlı Zn yönünden fakir olması, bitkilerde Zn noksanlığına neden olması ve buna bağlı olarak bitkisel üretimde düşüş göstermesi yanında, temelde tahıla dayalı beslenmenin hakim olduğu alanlarda bir dizi sağlık sorununa da davet çıkarmaktadır. Beslenmeye bağlı Zn eksikliği, gelişmekte olan ülkelerde önde gelen hastalık nedeni açısından beşinci sırada yer almaktadır (WHO 2002). Gerçekten de dünya genelinde özellikle geri kalmış ve gelişen ülkelerde yaşayan insanlarda Zn eksikliği oldukça yaygın olup yaklaşık 3 milyar insanda Zn eksikliği görülmektedir (Şekil 1). Gelişmekte olan ülkelerde günlük Zn alım düzeyinin birey başına 9-11 mg arasında değişmekte olduğu ve bu değerlerin yetişkin bireyler için önerilen 15-20 mg değerinin oldukça altında olduğu bildirilmektedir (Shrimpton, 1993).



Şekil 1. Dünyada insanlarda Zn eksikliği dağılımı (http://www.izincg.org/)

İnsanların Zn beslenme düzeyi, temelde tüketmiş olduğu bitkinin yeterince Zn alabilmesiyle ilişkilidir. Tahıllar gibi genelde bitkisel ürünlere dayalı beslenmenin yaygın olduğu ülkelerde Zn beslenmesi, üzerinde daha fazla durulması gereken bir konudur. Çinko beslenmesi bakımından dezavantajlı durumda olan buğday, çeltik ve mısırın dünya gıda tüketimi içindeki payı % 54 iken, gelişmekte olan ülkelerde bu oran % 90'lara ulaşmaktadır (Graham ve Welch, 1996). Tahıl kökenli gıdalar bir yandan Zn'ce fakir iken, diğer yandan da

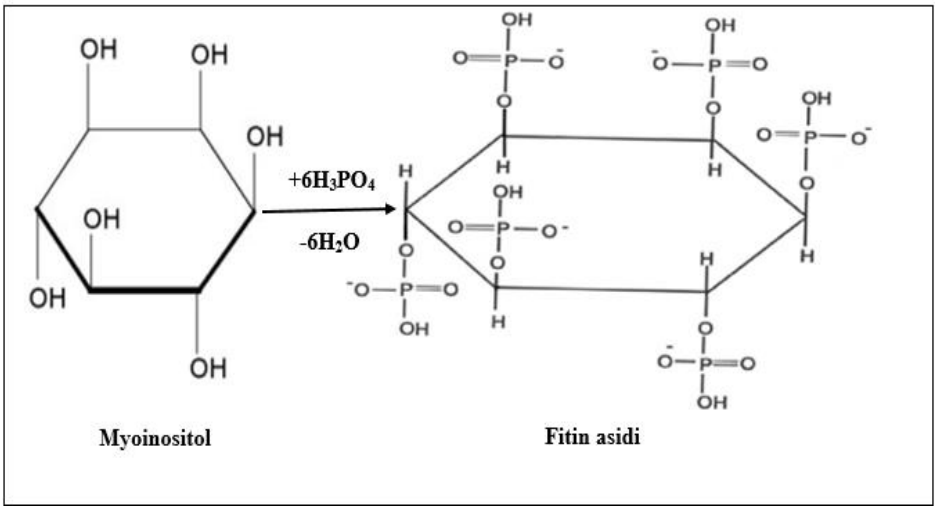
Zn'nin insan ve hayvan hücrelerinde kullanılabilirliğini (Biyolojik yarayışlılığını) sınırlandıran maddelerce zengindir. Çinkonun biyolojik yarayışlılığını olumsuz etkileyen bitkisel faktörlerin başında genellikle bitkilerin destek dokusunu oluşturan sellüloz, hemisellüloz, lignin, pektin gibi maddeler gelirken, bunların dışında ***fitik asit*** (FA) Zn biyoyararlılığını olumsuz etkileyen önemli bir başka maddedir. Fitik asit, gelişmekte olan tohum için fosfat deposu ve enerji rezervi görevi görür. Bu besin deposu, fide kök sistemini kurana ve topraktan besinleri almaya başlayana kadar bitkinin erken büyüme ve gelişmeyi desteklemesini sağlar. Bunun yanında FA, bitkinin çeşitli metobolik işlevlerinde kullanılacak P için önemli bir kaynaktır. Bu nedenle FA, kendisi zararlı olmasa da, güçlü şelatlayıcı özellikleri nedeniyle Zn, Ca, Fe ve Mg gibi temel mineralleri güçlü bir şekilde bağlayarak oların yarayışsız hale gelmelerine neden olur. İnsanların Zn beslenmesi bakımından tüketilen gıdalardaki Zn miktarı önemli bir ölçüt olmakla beraber, tahıllar gibi FA bakımından zengin ürünlerde gıdadaki Zn konsantrasyonundan öte, FA'nın Zn'ye olan molar oranın önemli olduğuna vurgu yapılmaktadır. Yapılan araştırmalar FA/Zn molar oranının 20 ila 30'un üzerinde olması durumunda hayvanlarda Zn emiliminin önemli derecede gerilediği ve buna bağlı olarak hayvanın büyümesini azaldığı rapor edilmiştir (Oberleas ve Harland 1981, Solomons 1982). Tanedeki FA miktarı üzerine en etkili faktörlerden birisi tane P içeriğidir. Yapılan araştırmalar, tane P konsantrasyonu ile tane FA içeriği arasında oldukça güçlü pozitif bir ilişkinin olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum P miktarı arttıkça FA miktarının da artacağını, azaldıkça azalacağını göstermektedir. Ancak, P'nin bitki metabolizması üzerindeki sayısız etkisi yanında, bitki gelişimi, tane verim ve kalitesi üzerine olan etkileri de düşünüldüğünde, FA miktarını azaltmak amacıyla ihtiyaç duyulan P gübrelemesini azaltmak doğru bir yaklaşım değildir. Bunun için, bir yandan ihtiyaç olan P gübrelemesini yaparken diğer yandan da tanedeki FA/Zn oranını da azaltacak önlemler almak gereklidir. Bu önlemlerden birisi, tane Zn konsantrasyonunu artırarak FA'nın Zn ye oranını düşürmektir.

Bu çalışmada, tahıl tanelerindeki FA ile Zn arasındaki karmaşık ilişkiyi, bunun insan sağlığı üzerindeki etkilerini ve FA'nın Zn biyoyararlanımı üzerindeki olumsuz etkilerini hafifletmeye yönelik stratejilerden olan tane Zn konsantrasyonunun artırılmasına yönelik araştırmaları incelemek amaçlanmıştır.

FİTİK ASİT NEDİR?

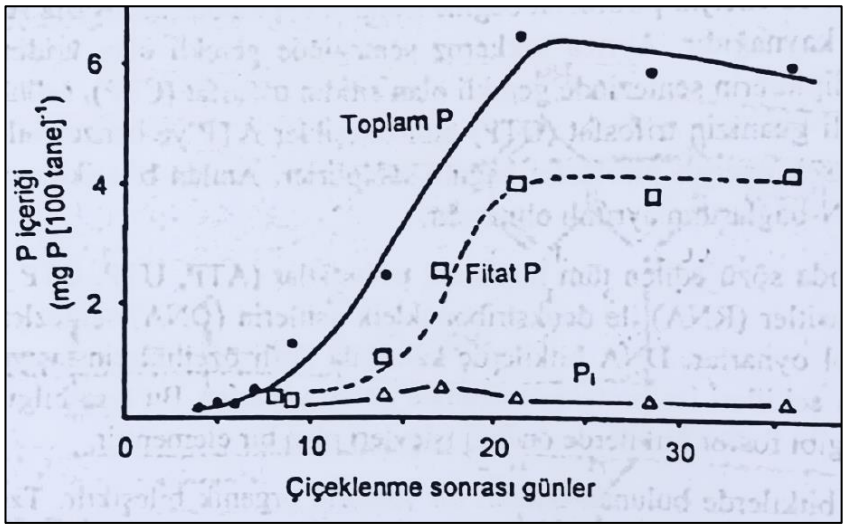
Fitik asit (*myo*-inositol l,2,3,4,5,6-hexakisphosphate, IP6), baklagil ve tahıl tanelerinde, tohumlarda, ceviz ve fındık gibi ve sert kabuklu meyvelerde bol miktarda bulunan fosforun bir depo formudur. Bir başka ifadeyle, FA, tohumlarda P'nin, gerektiğinde kullanılmak üzere organik bir bileşik halinde

depolandığı formdur. Fitik asit, bazı durumlarda fitin asid veya sadece fitat şeklinde de ifade edilmekte olup, alkol myoinositoldeki hidroksil gruplarının fosfat grupları ile esterleşmesi sonucunda oluşmakta ve aşağıdaki gibi formüle edilmektedir (Şekil 2). Fitik asidinin az çözünen Ca ve Mg tuzlarına ***fitin*** adı verilir. Tahıl ve baklagillerde bulunan temel fitatlar K, Ca, ve Mg tuzlarıdır ve bitkideki miktarları bitki türü ve çeşidine ve tohumdaki lokasyona göre değişmektedir (Ogawa vd., 1979). Baklagil tohumlarında bulunan fitatlar daha çok FA'nın K-Mg tuzu şeklindedir.



Şekil 2. Alkol myoinositoldeki hidroksil guruplarının fosfat guruplarıyla esterleşmesi ve fitik asit oluşumu

Fitik asidin molekül molekül formülü $C_6H_{18}O_{24}P_6$ dır. Formülden de görüldüğü üzere, bünyesinde 6 molekül fosfor bulunduran FA'nın molekül ağırlığı 660 (12x6 + 1x18+ 16x24 + 31x6) tır. Bu durumda 660 g FA içerisinde 186 g P'nin bulunduğu anlaşılmakta olup, bu durumda FA'nın % 28' i nin P olduğu ortaya çıkmaktadır. Tahıl ve baklagilllerde tohum oluşumunun erken evrelerinde FA miktarı nisbeten düşüktür. İlerleyen aşamalarda ise bu miktar giderek arta ve ileri oldunluk düzeyinde en yüksek seviyesine çıkarak (Bregitzer ve Raboy, 2006) tohumdaki toplam fosforun %50-80 lik kısmını olşturacak duruma gelir. Şekil 3'te çeltikte tane oluşumunun ilerleyen dönemlerde FA (fitat P olarak) miktarındaki artış görülmektedir (Ogawa vd. 1979). Tohum gelişimi sırasında FA'nın sentezi diğer tohum depolama bileşiklerinin sentezi ile koordine edilir. Birikim, "hücre bölünmesi aşaması" sonrasında önemli ölçüde artar ve "hücre genişleme aşaması" sonunda en üst seviyeye ulaşır (Hatzack vd., 2000; Coelho vd., 2005)



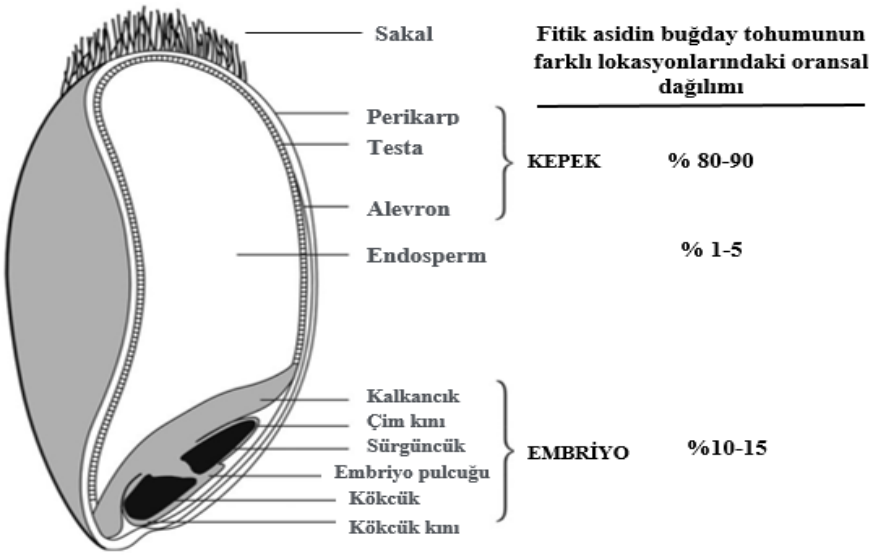
Şekil 3. Çeltikte tane oluşum dönemlerine göre organik P (fitat P) ve inorganik P (Pi) miktarlarının değişimi (Kacar ve Katkat 2010' dan alınmıştır)

BAZI BİTKİLERDE VE ÜRÜNLERDE FİTİK ASİT MİKTARLARI

Yağlı tohumlarda, tahıllarlarda, baklagillerde ve sert kabuklularda toplam tohum ağırlığının yaklaşık % 1-5 lik kısmını FA oluşturur (Vats ve Banerjee, 2004). Yapılan çalışmalara göre, toplam P içerisindeki fitat fosforu oranı, baklagil tanelerinde yaklaşık % 50, tahıl tanelerinde % 60-80 ve unda % 86 olarak belirlenmiştir (Lolas vd.,, 1976). Bitki türüne göre FA'nın tohumdaki miktarı ve dağılımı değişken olabilir. En çarpıcı farklılıklar tahıl tanelerinde görülür. Örneğin arpa, buğday ve pirinçte (>%80) FA büyük miktarda alevron (Alevron tabakası aslında endospermin dış kısmını oluşturmakla beraber kepeğin bir parçasıdır) ve kepekte depolanırken yalnızca sınırlı bir miktar embriyoda birikir (Reddy vd., 1982). Tahıl kepeklerindeki FA miktarlarım belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada kepekteki FA miktarının tanedeki FA miktarından daha fazla olduğu belirlenmiş ve buna neden olarakta öğütme sırasında kepeğe karışan alevron tabakası gösterilmiştir (Erdal vd., 1997). Şekil 4'te buğday tanesinde, Çizelge 1'de ise bazı tohumlardaki FA'nın oransal dağılımları görülmektedir (Reddy vd., 1982).Yapılan çeşitli çalışmalarda FA miktarı tahıllarda (parlatılmış pirinç hariç) % 0.50 ila % 1.89 arasında, baklagillerde % 0.40 ila %2.06 arasında, soya fasulyesi ve yer fıstığı dışındaki yağlı tohumlarda %2.00 ila %5.20, protein ürünlerinde ise bu oran %0.40 ila %7.50 arasında değiştiği ifade edilmiştir. Bir başka sınıflamada ise tahıllarda ve baklagillerde FA içeriği %0.14 ila %2.05 arasında değiştiği ve bu da toplam P'nin %18 ila %88'ini oluşturduğu vurugulanmaktadır (Reddy vd., 1982). Aşağıda çeşitli araştırmacıların bazı gıda

ürünlerinde ve bazı bitkilerde belirledikleri FA miktarları görülmektedir (Çizelge 2, Çizelge 3).

Tohumda alevron tabakası, botanik açıdan endospermin dış tabakası olarak adlandırılan, FA'nın en fazla bulunduğu, Ca ve Mg gibi mineraller yanında yağ ve proteince zengin kısmıdır. Buğday tanesinin yaklaşık % 7'si ni oluşturur. Ancak proteini teknolojik açıdan önemli olmadığı için tohum kabuğuyla birlikte öğütme sırasında kepek olarak ayrılır. Fitatın dağılımı mısır tohumlarında farklıdır. fitatın %80'i embriyo ve skutellum (kalkancık)) da, fasulye gibi baklagil tohumlarında tohum FA'nın %95'ten fazlası kotiledonlar birikirken turpgiller familasına ait bazı türlerde FA çoğunlukla embriyoda birikmektedir (O'Dell vd., 1972, Otegui vd., 2002, Ariza-Nieto vd., 2007). Fitatlar'ın tahıl ve baklagil taneleri dışında havuç, enginar ve kaba yoncanın köklerinde de bulunduğu ve bu miktarın toplam P içerisinde % 15-20 lik bir yer aldığı yapılan araştırmalarla belirlenmiştir (Compbell vd., 1991).



Şekil 4. Buğdayda FA'nın tohum içerisindeki oransal dağılımı

Çizelge 1. Bazı bitki tohumlarıda FA'nın oransal dağılımı

Bitki	Tohum kısmı	FA dağılımı (%)
Mısır (hibrit)	Endosperm	3.2
	Embriyo	88
	Kabuk	0.4
Buğday	Endosperm	2.2
	Embriyo	12.9
	Alevron (kepek)	87.1
Çeltik	Endosperm	1.2
	Embriyo	7.6
	Perikarp (kepek)	80.0

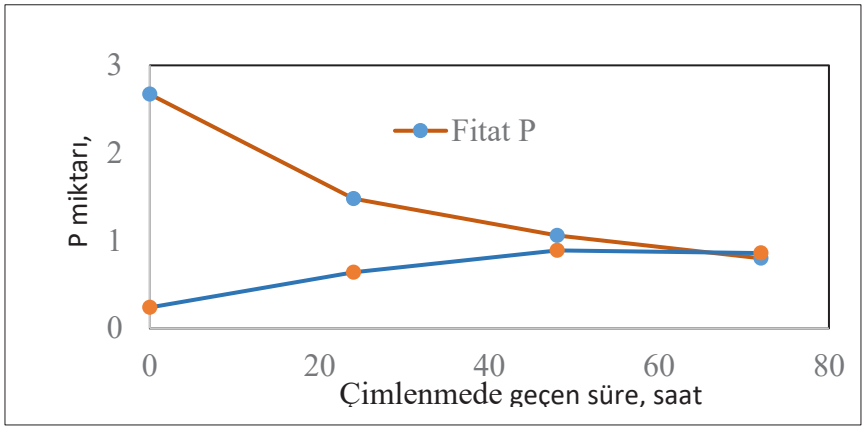
Çizelge 2. Bazı tahıl ürünlerinde FA miktarları

Ürün	FA (%)	
Buğday kepeği (kaba)	1.2-1.8	Erdal vd. (1997)
Buğday kepeği (İnce)	0.82-1.75	
Bisküvi	0.08-0.16	
Bulgur	0.3-0.46	
Buğday unu	0.12-0.22	
Çeltik kepeği		Gargari vd. (2007)
Çeşitli ekmekler	0.18-1.7	
Buğday unu	0.263	
Tam buğday ekmeği	0.32-0.73	Greiner ve Konietzny (2006)
Mayalanmamış buğday ekmeği	0.32-1.06	
Tam çavdar ekmeği	0.19-0.43	
Mısır ekmeği	0.43-0.82	
Mayalanmamış mısır ekmeği	1.22-1.92	
Yulaf kepeği	0.21-0.73	
Fransız ekmeği	0.02-0.04	

Çizelge 3. Bazı tahıl, baklagil, yağlı tohumlar ve sert kabuklu yemişlerde FA ve P içerikleri

Tane/tohum	FA (%)	Fosfor (%)	
Çeltik (kabuklu)	0.82-2.62	0.33-0.49	Bi vd. (2013), Kumar vd. (2017)
Kuş yemi	0.59	0.30	Nestares vd. (1999), Bhagyawant vd. (2018)
Yem bezelyesi	0.51-1.03	0.4-0.48	Ologhobo ve Fetuga (1984), Farinu ve Ingrao (1991)
Sorgum	0.56-0.62	0.44-0.62	Nour vd. (2010), Azeke vd. (2011)
Arpa	0.39		Dai vd. (2007), Raboy vd. (2014)
Yulaf	0.25		Steiner vd. (2007)
Çavdar	0.18		Mikulski ve Klosowski (2015)
Buğday tohumu	0.89	0.31	Egli vd. (2003), Mikulski ve Klosowski (2015)
Mısır	0.23		
Mercimek	0.13-0.6	0.3-0.4	Gad vd. (1982), Elhardallou ve Walker (1994), Thavarajah vd. (2009)
Yer fıstığı	0.14-0.49	0.34	Kumar vd. (2013), Lazarte vd. (2015), Unigwe vd.(2018)
Susam	0.23-0.44		Deme vd. (2017)
Niger	0.3-0.52		
Ayçiçeği	1.52	0.66	Egli vd. (2002), USDA (2018)
Hardal	0.24	0.73-0.81	Deosthale (1981)
Nohut	0.52-0.83	0.32-0.44	Kaya vd. (2009)
Soya	1-1.5	0.95-1	Yasothai (2016)
Ekmeklik buğday	0.87-1.27	0.38-0.48	Erdal (1998)
Makarnalık buğday	0.97-1.17	0.30-0.35	
Arpa	0.77-1.2	0.26-0.33	
Çavdar	0.78	0.30	
Tritikale	0.93	0.36	
Yulaf	1.10	0.48	
Fasulye	0.55-0.90		Hídvégi ve Lásztity (2002)
Börülce	0.29-0.42		
Bezelye	0.72-1.02		
Fıstık	0.17-4.47		Gupta vd. (2015)
Badem	0.35-9.42		
Ceviz	0.2-6.69		
Kaju	0.19-4.98		

Fitatlar aynı zamanda bitkilerin kök, polen, yumru, tomurcuk, truion (bir tür year altı tomurcuğu) gibi çeşitli orhanlarında da bulunmakla birlikte bulunur. Hatta FA'nın bazı tuzlarına toprakta bile rastlamak mümkündür. Tohumlarda P, gerektiğinde kullanılmak üzere P'li organik bir bileşik olan fitin (fitik/fitin asit) şeklinde depo edilir. Tahıl tanelerde özellikle tohumun alevron tabakasında daha yoğun halde bulunmaktadır. Fitik asit miktarı, tohum türüne, çevre koşullarına, topraktaki fosfor miktarına, gübrelemeye, iklime ve toprağın kalitesine bağlı olarak aynı gıdada bile büyük farklılıklar gösterir. Bu şekilde depo edilen fosfor tohumun çimlenmesi ve fide oluşum evresinde fitaze enzimi aracılığıyla serbestlenir ve bitki tarafından kullanılır (Chen ve Pan 1977). Şekil 5'te de görüldüğü üzere çeltik tohumunun çimlenmesi sırasında organik P formu azalırken inorganik P formu artış göstermiştir.



Şekil 5. Çeltikte tohumun çimlenmesi sırasında organik P (fitat P) ve inorganik P miktarlarının değişimi (Mukherji vd., 1971'den uyarlanmıştır)

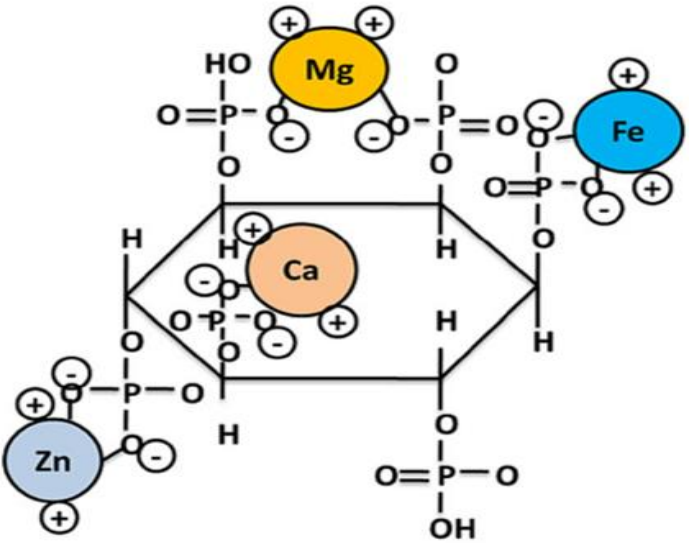
BİTKİLERDE FİTİK ASİDİN BAZI İŞLEVLERİ

Fitik asit, tohumun çimlenmesi sırasında, çeşitli hücre duvarı polisakkaritlerinin ve bitki büyüme düzenleyicilerinin biyosentezinde rol oynar (Raboy vd., 2000). Ayrıca fitin fosforu, bitkilerdeki inorganik fosfat düzeyini kontrol etmesi açısından da önemlidir. Fitik asit, P depolamadaki rolünün ötesinde, farklı düzenleyici süreçlerde yer alan çok önemli bir sinyal molekülüdür (Shears, 2001). Aynı zamanda FA, tohumlarda oksidatif strese karşı koruyucu rol oynayan güçlü bir doğal bitki antioksidanı olduğu bildirilmektedir (Kumar vd., 2021).

FİTİK ASİDİN ANTİ-NUTRİENT ÖZELLİĞİ

Fitik asidin depo fosforu olarak üstlenmiş olduğu çeşitli faydaları yanında, bazı minerallerin biyolojik yarayışlılığını azaltması nedeniyle, insanlar ve

hayvanlar için önemli bir anti-nutrient olarak değerlendirilmektedir. Anti-nutrient, besinlerin emilimini engelleyen doğal veya sentetik bileşiklere verilen isimdir. Fitik asitteki 12 değiştirilebilir hidrojen iyonunun varlığı ve yüksek negatif yük yoğunluğu, FA'ya pozitif yüklü iki değerlikli Fe, Zn, Ca, Cu ve Mg gibi mineral katyonlarını şelatlaması bakımından oldukça yüksek bir yetenek sağlar (Şekil 6). Bu durum gıda sindirimi sırasında bu minerallerin bağırsaktaki emilimlerini azaltır. Fitatın minerallerin biyoyararlanımı üzerindeki etkisi sadece diyetlerdeki fitat ve mineral miktarına değil, aynı zamanda fitat/mineral oranına da bağlıdır. Bu nedenle fitat/mineral molar oranları, gıda ve diyetteki minerallerin biyoyararlanımı üzerindeki engelleyici etkisini tahmin etmek için kullanılır (Weaver ve 2001). Fitat/Fe molar oranının >1 olması, demir biyoyararlılığının zayıf olduğunun göstergesi olarak kabul edilir (Hallberg vd., 1989). Fitat/kalsiyum molar oranının >0.24 olması kalsiyumun biyoyararlanımını bozacaktır (Morris ve Elli 1985)



Şekil 6. Fitik asidin Ca^{+2}, Mg^{+2}, Fe^{+2} ve Zn^{+2} gibi iki değerlikli katyonlarla oluşturuduğu şelatlayıcı etkisi

FİTİK ASİDİN ÇİNKO YARAYIŞLILIĞINA ETKİSİ

Ağızdan alınan Zn ince bağırsaktan belirli taşıyıcılar aracılığıyla kana karışır ve işlevini yerine getirir. Bu süreç "biyoyararlılık" olarak tanımlanır. Çinko biyoyararlılığının azalması, insanların ve hayvanların Zn eksikliğinden kaynaklanan bir takım sağlık sorunlarıyla karşı karşıya kalmasına neden olmaktadır. Bilindiği üzere Zn eksikliği, büyüme geriliği, hipogonadizm (erkekte

ve kadında cinsiyete özgü hormonlarının azalması), dermotolojik bozukluklar, iştahsızlık, boy kısalığı, seksüel olgunlaşmanın gerilemesi, bağışıklık yeteneğinde azalma, yara iyileşmesinde gecikme, tat duygusu azalması, karanlığa adaptasyon mekanizmasının bozulması gibi bir dizi sağlık sorunlarına neden olmaktadır (Baysal, 1997). Ülkemiz gibi beslenmesi genelde bitkisel ürünlere ve özellikle tahıla dayalı ülkelerde Zn beslenmesi daha da önem taşımaktadır. Çinko ve diğer mikro element eksikliklerinin özellikle gelişmekte olan ülkelerde çok daha çarpıcı boyutlarda olduğu bilinmektedir. Dünya gıda tüketiminde buğday, çeltik ve mısırın payı % 54 iken gelişmekte olan ülkelerde bu oranın % 90 lara ulaştığı tahmin edilmektedir (Graham ve Welch, 1996). Bu durum Zn beslenmesinde tahıl kökenli gıdaların olumsuz etkisini açıkça göstermektedir. Tahıl kökenli gıdalar, Türkiye'de olduğu gibi bir yandan Zn'ce fakir, diğer yandan da Zn'nin biyolojik yarayışlılığını sınırlandıran maddelerce zengindir. Fitin asidi, Zn'nin biyolojik yarayışlılığını olumsuz etkileyen bu faktörlerden birisidir. Diyetlerdeki FA miktarını azaltarak, parçalayarak veya nötralize ederek Zn yarayışlılığını artırmak FA nın olumsuz etkisini azaltmada kullanılan yollardan birisidir. Tahılların FA içeriği, pişirme ve işleme yöntemlerine bağlı olarak azaltılabilir. Örneğin, tahılların suda bekletilmesi veya fermente edilmesi, FA'nın bir kısmını etkisiz hale getirebilir.

Bunların yanında Zn alımını artırmak için aşağıdaki yollara başvurulabilir. Bunlar:

1:Fermente gıdalar tüketmek: Fermente gıdalar, FA'yı bir miktar parçalayarak Zn emilimini artırabilir.

2:Çinko içeriği yüksek gıdaları tercih etmek: Et, süt ürünleri, kabuklu deniz ürünleri gibi Zn açısından zengin gıdaları tüketmek, Zn alımını artırabilir.

3:Fitik asit miktarını azaltmak: Tahıl ürünlerini, baklagilleri ve tohumları yıkayarak veya işleyerek FA miktarı azaltılabilir

4:Dengeli beslenmek: Dengeli bir diyet, Zn eksikliği riskini azaltabilir.

5:FA/Zn molar oranını düşürmek

Tahıl bazlı beslenmenin yoğun olarak uygulandığı bölgelerde, besin eksiklikleriyle mücadele etmek ve genel sağlığı geliştirmek için FA'nın Zn'ye olan yüksek molar oranının ele alınması zorunludur. Daha önce de belirtildiği gibi Zn'nin FA'nın olmsuz etkisinden kurutularak yarayışlı halde olabilmesi için

gıdalardaki FA/Zn oranının 15-25 in altında olması gereklidir. Bunun için izlenmesi gereken bazı stretejiler aşağıda sıralanmıştır.

GIDALARDA FA/Zn ORANINI AZALTMA YOLLARI

Gıdalardaki FA/Zn oranını azaltarak Zn biyoyararlılığını artırmaya yönelik uygulamaların bazılar aşağıda verilmiştir. Bunlar;

1: Gıda işleme teknikleri:

Gıdalardaki FA/Zn molar oranını azaltmanın en etkili yollarından biri çeşitli gıda işleme teknikleridir. Bazı yaygın yöntemler arasında tahılların, baklagillerin ve tohumların ıslatılması, filizlenmesi ve fermente edilmesi yer alır. Bu teknikler FA'nın parçalanmasına ve bağlı Zn'nin serbest bırakılmasına yardımcı olarak Zn'yi insan sindirim sisteminde emilim için daha uygun hale getirebilir. Örneğin, tahılları veya baklagilleri belirli bir süre suda bekletmek, FA'yı parçalayan enzimleri aktive edebilir ve böylece Zn emilimi üzerindeki olumsuz etkisini azaltabilir.

2: Fitaz enziminin aktivasyonu:

Fitaz, FA'yı düşük inositol fosfatlarına parçalayan ve sonuçta Zn ve diğer mineralleri açığa çıkaran bir enzimdir. Gıda işleme sürecine eklenebilir veya fermantasyon yoluyla doğal olarak kullanılabilir.

3: Bitki Islahı ve genetik uyarlama

Bitki ıslahı ve genetik modifikasyon teknikleri, FA içeriği azaltılmış mahsuller geliştirmek için kullanılabilir. Bu yaklaşım, orijinal mahsulün besinsel ve tarımsal özelliklerini korurken, doğal olarak daha düşük düzeyde FA içeren çeşitler yaratmayı amaçlamaktadır. Mahsullerdeki doğal FA seviyelerinin azaltılması, diyetlerdeki FA/Zn molar oranını doğrudan etkileyebilir.

4: Diyet çeşitliliği

Diyet çeşitliliğini teşvik etmek aynı zamanda belirli gıdalardaki yüksek FA içeriğinin olumsuz etkilerini hafifletmeye de yardımcı olabilir. Bireyler çeşitli gıdaları tüketerek besin alımlarını dengeleyebilir ve FA'nın Zn emilimi üzerindeki etkisini azaltabilir. Et, deniz ürünleri ve süt ürünleri gibi hayvansal bazlı Zn kaynaklarının diyete dahil edilmesi, özellikle bitki bazlı beslenmenin baskın olduğu bölgelerde faydalı olabilir.

5: Gıdadaki Zn miktarını artırmak

GIDADAKİ Zn MIKTARINI ARTIRARARAK FA/Zn ORANINI AZALTMAK

Bu yöntem, en kolay, en uygulanabilir ve en etkili yöntemlerden birisidir. Böyle FA miktarını azaltmaya yönelik önlemler aynında FA/Zn oranını düşürmek ya da düşmesine katkı sağlamak mümkündür. Böylece bir taraftan Zn 'nin biyoyararllığı artırılmış olacak bir taraftan da artan Zn' ye bağlı olarak ürün miktarı ve kalitesi artacaktır. Gıdalardaki Zn miktarını artırmanın en kolay yolu, bitkileri Zn ile beslemek yani Zn gübrelemesi yapmaktır. Zaman zaman gıdalara dışarıdan Zn ilavesi yaparak diyetteki Zn miktarını artırmaya yönelik fikirler ve girişimler olsa da, en doğal yol bitki besleme yöntemleriyle Zn miktarının artırılmasıdır. Böylelikle, hem bitki gelişimine katkı yapılmış olacak hem de tanedeki Zn miktarı artrırılarak FA/Zn oranı aşağıya çekilmiş olacaktır. Nitekim ülkemizde yapılan çalışmalara göre Zn uygulanmayan alanlarda 120 olan FA/Zn oranının Zn uygulamasıyla çok hızlı bir şekilde düştüğü ve 50 'nin altına kadar indiği görülmüştür. Tabi her koşulda tanedeki Zn düzeyini arzu edilen seviyelere çıkarmak mümkün olmamaktadır. Bunun için bir taraftan Zn alım yeteneği yüksek ürünlerin ıslah edilmeye çalışılırken, taraftan da bitkilerin Zn alımını artırıcı farklı uygulama yöntemleri geliştirilmeye çalışılmaktadır. Konuya yönelik çok sayıda araştırmada Zn gübrelemesinin tanedeki FA/Zn oranlarını azaltmadaki rolü açıkça ortaya konmuştur. Aşağıda Zn gübrelemesinin tane Zn konsantrasyonuna ve FA/Zn molar oranlarına etkilerine yönelik bazı araştırma sonuçları aşağıda verilmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Farklı Zn uygulamalarıyla çeşitli bitkilerde FA/Zn oranlarının azaltılmasına yönelik çalışmaları

Uygulama şekli ve dozu	Tanede Zn (mg/kg)		Tanede FA/Zn		Kaynak
	-Zn	+Zn	-Zn	+Zn	
Topraktan: 0, 300, 600, 900, 1200, 1500 kg/ha $ZnSO_4$ 7 H_2O olarak	31.9	94.1	>30	<10	Wang vd., (2015)
Topraktan: 0 ve 23 kg/ha Zn ($ZnSO_4$ 7 H_2O formunda)	8.8	16.7	126	45	Erdal vd., (2002)
Topraktan: 0, 7, 14 kg/ha Zn ($ZnSO_4$ 7 H_2O formunda)	33.3	38.7, 40.7	24.9	18.6,16.5	Kaya vd., (2009)
Yapraktan: 0 ve1.5 kg/ha Zn	22.8	61.9	45	20	Zhao vd., (2022)
Yapraktan: 0 ve 2.5 kg/ha $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ olarak	33	46.9	25.5	15.8	Xi-wen vd., (2011)
Yapraktan: 0 ve 0.44 g Zn/l (süt olum)	18.8	44	25.6	10.4	Esfandiari vd., (2016)
Yapraktan: 0, ve % 0.4 Zn, (440 g Zn/ha)	9.83	9.83	126	107	Erdal (1998)
Tohuma: 1 lt %30'luk Zn SO_4 7H_2O solüsyonu 10 kg tohum üzerine uygulanmış, karıştırılmış ve kurutularak tohumla kaplanmış	9.83	23.5	126	46	
Toprak+yaprak: 23 kg Zn/ha+ %0.4 Zn yaprak	9.83	35	126	29	
Tohum+yaprak: 1 lt %30'luk Zn SO_4 7H_2O solüsyonu 10 kg tohum üzerine uygulanmış, karıştırılmış ve kurutularak tohumla kaplama + %0.4 Zn yaprak	9.83	23	126	39	
Topraktan: 20 kg/ha ($ZnSO_4$ 7 H_2O formunda) Toprak+yaprak: 20 kg/ha ($ZnSO_4$ 7 H_2O formunda) + % 0.5 Zn yaprak	≈30	≈35, ≈60	28	22	Saha vd., (2020)

Topraktan: 0, 10 kg/ha $ZnSO_4$ 7 H_2O	14	35	21	4	Akram vd., (2019)
Topraktan: Zn0: Zn1: 500 g Zn da-1 ekimle birlikte, Zn2: 250 g Zn/da ekimle birlikte + 250 g Zn/da üst gübreleme döneminde, Zn3: 500 g Zn/da üst gübreleme döneminde	17.9	19,5, 20,5, 22,4	42,1	38,5, 35,5, 32,5	Akça (2020)
Yapraktan: % 0.02 Zn ($ZnSO_4$ 7H2O, Zn metiyonin, Zn Poliol, Zn EDTA)	17,3	19.9, 20.9, 18.8, 20.8	43.2	36.7, 34.7, 39.9, 35.8	
Topraktan: 0, 0.5 ve 1.0 kg Zn/da	15.5	18.6,19.4	39.2	33.0, 26.5	Özcan (2004)

SONUÇ

Fitik asidin Zn'ye molar oranının azaltılması, besin biyoyararlanımını iyileştirmek ve bitki bazlı diyetlere dayanan toplumlarda Zn eksikliğiyle mücadele etmek için gereklidir. Gıda işleme teknikleri, fitaz enzimlerinin kullanımı, bitki ıslahı ve diyet çeşitliliğinin desteklenmesi gibi çeşitli stratejiler bu hedefe ulaşılmasına katkıda bulunabilir. Ancak bu oranı azaltmada bazen destekleyici bazen de tek başına yetebilen önemli ve daha uygulanabilir bir yol daha bulunmaktadır. O da Zn gübrelemesidir. Çinko gübrelemesi, özellikle Zn bakımından yetersiz toprakların hakim olduğu alanlarda bir taraftan bitkisel üretim miktarını ve elde edile üründeki kaliteyi artırırken, diğer taraftan da tüketilen tahıl ve tahıl ürünlerindeki Zn miktarının artmasını sağlamaktadır. Artan Zn konsantrasyonu, gıdada FA/Zn oranı da azaltırken, Zn biyoyarayışlılığının artmasına neden olacaktır

KAYNAKLAR

Akça, H. (2020). *Ekmeklik buğdayda çinko ile zenginleştirme stratejilerinin geliştirilmesi*, Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü

Akram, M. A., Depar, N., ve Irfan, M. (2019). Zinc application improves productivity and biofortification of core rice hybrids: Nuclear Institute of Agriculture, Tandojam, Pakistan. *Pakistan Journal of Agriculture, Agricultural Engineering and Veterinary Sciences*, 35(2), 72-80.

Ariza-Nieto M., Blair M., Welch R., Glahn R. (2007). Screening of iron bloavallability patterns in eight bean (Phaseolus vulgaris L.) genotypes using the Caco-2 cell in vitro model. *J. Agric. Food Chem*. 55:7950–7956. doi: 10.1021/jf070023y.

Azeke MA, Egielewa SJ, Eigbogbo MU, Ihimire IG (2011). Effect of germination on the phytase activity, phytate and total phosphorus contents of rice (Oryza sativa), maize (Zea mays), millet (Panicum miliaceum), sorghum (Sorghum bicolor) and wheat (Triticum aestivum). J Food Sci Technol 48:724–729

Baysal, A. (1997). Gıdaların çinko içerikleri ve diyet çinkosunun biyoyararlılığı. *1. Ulusal Çinko Kongresi (Tarım ve Sağlık).* Eskişehir.

Bhagyawant SS, Bhadkaria A, Gupta N, Srivastava N (2018). Impact of phytic acid on nutrient bioaccessibility and antioxidant properties of chickpea genotypes. *J Food Biochem* 42:1–9.

Bi J, Liu Z, Lin Z et al (2013). Phosphorus accumulation in grains of japonica rice as affected by nitrogen fertilizer. *Plant Soil* 369:231–240.

Bregitzer, P., ve Raboy, V. (2006). Effects of four independent low-phytate mutations on barley agronomic performance. *Crop Science*, 46(3), 1318-1322.

Campbell, M., Dunn, R., Ditterline, R., Pickett, S., and Raboy, V. (1991). Phytic acid represents 10 to 15% of total phosphorus in alfalfa root and crown. *Journal of Plant Nutrition*, 14(9), 925-937.

Chen LH, Pan SH. (1977). Decrease of phytates during germination of pea seeds(pisum sativa). *Nutr Rep Int.* 16(1):125

Coelho, C. M. M., Tsai, S. M., and Vitorello, V. A. (2005). Dynamics of inositol phosphate pools (tris-, tetrakis-and pentakisphosphate) in relation to the rate of phytate synthesis during seed development in common bean (Phaseolus vulgaris). *Journal of plant physiology*, 162(1), 1-9.

Dai, F., Qiu, L., Xu, Y., Cai, S., Qiu, B., ve Zhang, G. (2007). Genotypic and environmental variation in phytic acid content and its relation to protein content and malt quality in barley. Food Chem. 105:606–611.

Deme T, Haki GD, Retta N et al (2017) Mineral and anti-nutritional contents of niger seed (Guizotia abyssinica (l.f.) cass., linseed (*Linum usitatissimum* l.) and sesame (*Sesamum indicum l*.) varieties grown in Ethiopia. Foods 6,1–10.

Deosthale, Y.G (1981). Trace element composition of common oilseeds. *J Am Oil Chem Soc* 58:988–990.

Egli I, Davidsson L, Juillerat MA et al (2002). The influence of soaking and germination on the phytase activity and phytic acid content of grains and seeds potentially useful for complementary feedin. *J Food Sci* 67:3484–3488.

Egli I, Davidsson L, Juillerat MA et al (2003). Phytic acid degradation in complementary foods using phytase naturally occurring in whole grain cereals. J Food Sci 68:1855–1859.

Elhardallou SB, Walker AF (1994) Phytic acid content of three legumes in the raw, cooked and fibre forms. Phytochem Anal 5:243–246.

Erdal İ. (1998). *Orta Anadolu Bölgesi'nde farklı çinko uygulamalarının tahıl türleri ve buğday çeşitlerinde tanede çinko ve fitin asidi kontsantrasyonunun etkisi*. Doktora Tezi, Ankara Ünv. Fen Bil. Enst.

Erdal, İ., Çakmak, İ., Kalaycı, M., Helaloğlu, C., ve Hatipoğlu, F. (1997). GAP ve Orta Anadolu Bölgelerinde yetiştirilen buğday çeşitlerinde çinko uygulamasının fitin asiti/çinko oranına etkisi. *I. Ulusal Çinko Kongresi,* 12-16. Eskişehir.

Erdal, I., Yilmaz, A., Taban, S., Eker, S., Torun, B., ve Cakmak, I. (2002). Phytic acid and phosphorus concentrations in seeds of wheat cultivars grown with and without zinc fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 25(1), 113-127.

Esfandiari, E., Abdoli, M., Mousavi, S. B., and Sadeghzadeh, B. (2016). Impact of foliar zinc application on agronomic traits and grain quality parameters of wheat grown in zinc deficient soil. *Indian Journal of Plant Physiology*, 21, 263-270.

Eyüpoğlu, F., Kurucu, N., ve Talaz, S (1998). *Türkiye topraklarının bitkiye yarayışlı mikro element bakımından genel durumu*. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara.

Farinu, G.O., ve Ingrao, G. (1991). Gross composition, amino acid, phytic acid and trace element contents of thirteen cowpea cultivars and their nutritional significance. *J Sci Food Agric* 55:401–410.

Gad. S.S., Mohamed, M.S., El-Zalaki, M.E., ve Mohasseb, S.Z. (1982). Effect of processing on phosphorus and phytic acid contents of some Egyptian varieties of legumes. *Food Chem* 8:11–19.

Gargari, B. P., Mahboob, S., ve Razavieh, S. V. (2007). Content of phytic acid and its mole ratio to zinc in flour and breads consumed in Tabriz, Iran. Food Chemistry, 100(3), 1115-1119.

Graham, R. D., ve Welch, R. M. (1996). Breeding for staple food crops with high micronutrient density (Vol. 3). Intl Food Policy Res Inst.

Greiner, R., Konietzny, U., ve Jany, K. D. (2006). Phytate-an undesirable constituent of plant-based foods?. *Journal für Ernährungsmedizin*, 8(3), 18-28.

Gupta, R. K., Gangoliya, S. S., ve Singh, N. K. (2015). Reduction of phytic acid and enhancement of bioavailable micronutrients in food grains. *Journal of Food Science and Technology*, 52, 676-684.

Hallberg, L., Brune, M., ve Rossander, L. (1989). Iron absorption in man: Ascorbic acid and dose-dependent inhibition by phytate. *Am. J. Clin. Nutr*. 49, 140-144.

Hatzack F., Johansen K., ve Rasmussen S. (2000). Nutritionally relevant parameters in low-phytate barley (Hordeum vulgare L.) grain mutants. J. Agric. *Food Chem*. ;48:6074–6080.

Hatzack, F., Johansen, K. S., and Rasmussen, S. K. (2000). Nutritionally Relevant Parameters in Low-Phytate Barley (Hordeum v ulgare L.) Grain Mutants. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 48(12), 6074-6080.

Hídvégi, M., ve Lásztity, R. (2002). Phytic acid content of cereals and legumes and interaction with proteins. *Periodica Polytechnica Chemical Engineering*, 46(1-2), 59-64.

Kacar, B., ve Katkat, V. A. (2010). *Bitki besleme*. Nobel Yayın No: 849. Fen Bilimleri, 30(5).

Kaya, M., Küçükyumuk, Z., ve Erdal, I. (2009). Phytase activity, phytic acid, zinc, phosphorus and protein contents in different chickpea genotypes in relation to nitrogen and zinc fertilization. *African Journal of Biotechnology,* 8(18), 4508-4513.

Kumar, A., Lal, M. K., Kar, S. S., Nayak, L., Ngangkham, U., Samantaray, S., ve Sharma, S. G. (2017). Bioavailability of iron and zinc as affected by phytic acid content in rice grain. Journal of Food Biochemistry, 41(6). e12413.

Kumar, A., Singh, B., Raigond, P., Sahu, C., Mishra, U. N., Sharma, S., and Lal, M. K. (2021). Phytic acid: Blessing in disguise, a prime compound required for both plant and human nutrition. *Food Research International,* 142. 110193

Lazarte, C. E., Carlsson, N. G., Almgren, A., Sandberg, A. S., ve Granfeldt, Y. (2015). Phytate, zinc, iron and calcium content of common Bolivian food,

and implications for mineral bioavailability. *J Food Compos Anal 39:111–119.*

Lolas, G.M., Palamidis, N. ve Markakis, P. (1976). The phytic-acid total phosphorus relationship in barley, oats, soybeans and wheat. *Cereal Chem*. 53, 867-870.

Mikulski, D., ve Klosowski, G. (2015). Phytic acid concentration in selected raw materials and analysis of its hydrolysis rate with the use of microbial phytases during the mashing process. *J Inst Brew* 121:213–218.

Morris, E. R., ve Ellis, R. (19859. Bioavailability of dietary calcium-effect of phytate on adult men consuming nonvegetarian diets. In ACS Symposium Series 275: Nutritional BioaVailability of Calcium; Kies, C., Ed.; Amerian Chemical Society: Wagenington, DC,; p 63

Mukherji, S., Dey, B., Paul, A. K., ve Sircar, S. M. (1971). Changes in phosphorus fractions and phytase activity of rice seeds during germination. *Physiologia Plantarum*, 25(1), 94-97.

Nestares, T., Barrionuevo, M., Urbano, G, Lo´pez-Frı´as, M. (1999). Effect of processing methods on the calcium, phosphorus,and phytic acid contents and nutritive utilization ofchickpea (Cicer arietinum L.*). J Agric Food Chem. 47:2807–2812.*

Mohamed Nour, A. A., Mohamed Ahmed, I. A., Babiker, E. E., ve Yagoub, A. E. A. (2010) Investigations on winter season Sudanese sorghum cultivars: effect of sprouting on the nutritional value. *Int J Food Sci Technol. 45*(5), 884-890.

O'Dell B.L., de Boland A.R., ve Koirtyohann S.T. (1972). Distribution of phytate and nutritionally important elements among the morphological components of cereal grains. *J. Agric. Food Chem*. 20:718–721.

Oberleas, D., ve Harland, B. F. (1981). Phytate content of foods: effect on dietary zinc bioavailability. *Journal of the American Dietetic Association,* 79(4), 433-436.

Ogawa, M., Tanaka, K., ve Kasai, Z. (1979). Phytic acid formation in dissected ripening rice grains. *Agricultural and Biological Chemistry,* 43(10), 2211-2213.

Ologhobo AD, Fetuga BL (1984) Distribution of phosphorus and phytate in some nigerian varieties of legumes and some effects of processing. *J Food Sci* 49:199–201.

Otegui M., Capp R., ve Staehelin L. (2002).Developing seeds of Arabidopsis store different minerals in two types of vacuoles and in the endoplasmic reticulum. Plant Cell. 14:1311–1327.

Özcan, H. (2004). *Çinko uygulamasinin bazi çeltik çeşitlerinde verim ile tanede çinko, fosfor ve fitin asidi konsantrasyonuna etkisi*. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü

Raboy, V., Gerbasi, P. F., Young, K. A., Stoneberg, S. D., Pickett, S. G., Bauman, A. T., ... ve Ertl, D. S. (2000). Origin and seed phenotype of maize low phytic acid 1-1 and low phytic acid 2-1. *Plant physiology,* 124(1), 355-368.

Raboy, V., Cichy, K., Peterson, K., Reichman, S., Sompong, U., Srinives, P., ve Saneoka, H. (2014). Barley (Hordeum vulgare L.) low phytic acid 1-1: an endosperm-specific, filial determinant of seed total phosphorus. *Journal of Heredity*, *105*(5), 656-665.

Reddy, N. R., S. K. Sathe, ve D. K. Salunkhe (1982). Phytates in legumes and cereals. Advances in food research 28, 1-92.

Saha, B. N., Saha, S., Saha, S., Roy, P. D., Bhowmik, A., ve Hazra, G. C. (2020). Zinc (Zn) application methods influences Zn and iron (Fe) bioavailability in brown rice. *Cereal Research Communications*, 48, 293-299.

Shears S. (2001). Assessing the omnipotence of inositol hexakisphosphate. *Cell. Signal*. 13:151-158.

Shrimpton, R. (1993). *Zinc deficiency: is it widespread but under-recognized*. SCN news, 9, 24-27.

Sillanpää, M. (1982). *Micronutrients and the nutrient status of soils*: a global study (Vol. 48). Food and Agriculture Org.

Solomons, N. W. (1982). Factors affecting the bioavailability of zinc. Journal of the *American Dietetic Association*, 80(2), 115-121.

Steiner T, Mosenthin R, Zimmermann B et al (2007) Distribution of phytase activity, total phosphorus and phytate phosphorus in legume seeds, cereals and cereal by-products as influenced by harvest year and cultivar. *Anim Feed Sci Technol* 133:320–334

Thavarajah P, Thavarajah D, Vandenberg A (2009) Low phytic acid lentils (*Lens culinaris* L.): a potential solution for increased micronutrient bioavailability. *J Agric Food Chem* 57:9044–9049.

Unigwe, A. E., Doria, E., Adebola, P., Gerrano, A. S., & Pillay, M. (2018). Anti-nutrient analysis of 30 Bambara groundnut (Vigna subterranea) accessions in South Africa. *J Crop Improv* 32:208–224.

USDA (2018). *Nutrient Lists from Standard Reference Legacy* (2018) | Food and Nutrition Information Center| NAL |USDA.

Vats, P., ve Banerjee, U. C. (2004). Production studies and catalytic properties of phytases (myo-inositol hexakisphosphate phosphohydrolases): an overview. *Enzyme and Microbial Technology*, 35(1), 3-14.

Wang, Z., Liu, Q., Pan, F., Yuan, L., ve Yin, X. (2015). Effects of increasing rates of zinc fertilization on phytic acid and phytic acid/zinc molar ratio in zinc bio-fortified wheat. *Field Crops Research*, 184, 58-64.

Weaver, C. M., ve Kannan, S. (2001). *Phytate and mineral bioavailability*. In Food phytates (pp. 227-240). CRC Press. http://www.who.int/whr/2002/en/whr02_en.pdf.

WHO. (2002). World Health Report 2002: Reducing risks, promoting healthy life.

Xi-wen, Y., Xiao-hong, T., Xin-chun, L., William, G., ve Yu-xian, C. (2011). Foliar zinc fertilization improves the zinc nutritional value of wheat (Triticum aestivum L.) grain. *African Journal of Biotechnology*, 10(66), 14778-14785.

Yasothai, R. (2016). Antinutritional factors in soybean meal and its deactivation. *International Journal of Science, Environment and Technology*, 5(6), 3793-3797.

Zhao, A. Q., Tian, X. H., Cao, Y. X., Lu, X. C., ve Liu, T. (2014). Comparison of soil and foliar zinc application for enhancing grain zinc content of wheat when grown on potentially zinc-deficient calcareous soils. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 94(10), 2016-2022.

Bölüm 14

Türkiye Sürdürülebilir Orman Yönetimi Kriter ve Gösterge Setinin Gelişim Aşamaları

Ayşe Esra HAKVERDİ[1], Ayhan AKYOL[2], Ahmet TOLUNAY[3]

[1] Öğr. Gör.: Yozgat Bozok Üniversitesi Boğazlıyan Meslek Yüksekokulu Ormancılık Bölümü.
a.esra.hakverdi@bozok.edu.tr ORCİD No: 0000-0002-1783-6475
[2] Doç. Dr.: İzmir Katip Çelebi Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü.
ayhan.akyol@ikcu.edu.tr ORCİD No: 0000-0001-6442-0256
[3] Prof. Dr.: Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü.
ahmettolunay@isparta.edu.tr ORCİD No: 0000-0001-9028-9343

ÖZET

Ormanlar, insanlık için tarih boyunca en kritik kaynaklardan biri olmuştur. Bu yaşamsal kaynağın sürdürülebilir bir şekilde korunması ve gelecek nesillere aktarılması, günümüzün en hayati meselelerinden birini oluşturmaktadır. Bu çalışmada, Orman Genel Müdürlüğü tarafından hazırlanan Sürdürülebilir Orman Yönetimi Kriter ve Gösterge setinin günümüze kadar olan süreçte hangi aşamalardan geçtiği açıklanmıştır. Orman kaynaklarının ülke düzeyindeki dağılımındaki farklılıklar ve farklı ekolojik, ekonomik ve sosyal koşullar nedeni ile kriter ve göstergelerin farklılaşması muhtemel olmaktadır. Sürdürülebilir Orman Yönetimi konusu tüm dünyada önemli bir konu olmakla birlikte ülkemizde de önemli bir konudur. Gelecek nesillere aktarılacak doğal kaynakların yönetiminin iyi planlanması ve yönetilmesi gerekmektedir. Hem ülkemizde hem de dünyada kriter ve gösterge seti belirleme ve geliştirme çalışmaları halen devam etmektedir. Hazırlanan son setin kapsamının genişlediği, sete yeni göstergeler eklendiği (ölü odun, sertifikalı orman, karbon stoku, iklim değişikliklerinin izlenmesi… gibi) görülmektedir.

Anahtar kelimeler: Kriter ve gösterge, Ormanlar, Sürdürülebilir orman yönetimi, Ulusal set.

GİRİŞ

Ormanlarla insanların arasındaki etkileşim, günün ilk değişiminden itibaren sürekli bir değişim ve evrim göstermiştir. İnsanlar başlangıçta ormanları barınma, beslenme ve avcılık amacıyla kullanırken daha sonra ağaç kesimi, tarım ve hayvancılık için bir rezerv alanı olarak görmüşlerdir. Bu süreçte, orman kaynaklarından yararlanma yaklaşımı egemen olmuştur. Yapılan bu tahribatlar, toplumun ormanların korunması gerekliliği fikrinin öne çıkmasının nedeni olmuştur (Daşdemir, 1996; Özdönmez vd., 1996; Türker vd., 2002; Güngör, 2010). Yine orman alanlarında doğal olarak yetişen biyolojik çeşitlilik içerisinde özellikle endemik ve hassas türlerin büyük ölçüde kullanılması türlerin yok olma eğiliminde olmasına sebep olmuş, bu türlerin devamlılığının sağlanması için yerinde kullanılması, korunması, geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır (Kaytanlıoğlu vd., 2021; Kaytanlıoğlu vd., 2023a; Kaytanlıoğlu vd., 2023b). Orman kaynaklarının diğer yenilenebilir kaynaklardan daha önemli olduğu bununla birlikte sürdürülebilirliğin odak noktasında da yer aldığı düşünülmektedir (Geray, 1998; Görücü, 2002; Türker 2003).

"Sürdürülebilir Orman Yönetimi" (SOY) yaklaşımı, ormanların bugünkü nesillerin sosyal, ekonomik, ekolojik, kültürel ve manevi ihtiyaçlarını karşılamasının yanı sıra gelecek kuşakların ihtiyaçlarını da göz önünde bulundurmayı amaçlayan bir kavramdır (Türker, 2003). Bu anlayış, ormanların topluma ve çevreye sağladığı doğrudan faydaları artırarak ormansızlaşmayı ve orman bozulmasını engellemeyi hedeflemektedir. Sürdürülebilir orman yönetiminin başarılabilmesi için, bölgesel koşullara uygun bir tanım yapılması, ölçütler ve göstergelerin belirlenmesi, bu ölçütler ve göstergelere dayalı olarak orman kaynaklarının izlenmesi ve şeffaf bir şekilde raporlanması gerekmektedir. Kriterler ve göstergeler, ormanların sürdürülebilir yönetimini tanımlamanın, kolaylaştırmanın, uygulanmasının ve gelişiminin izlenmesi için vazgeçilmez araçlardır (Otrakçıer, 2006).

Ülkemizde sürdürülebilir orman yönetimi uygulamalarına bakıldığında, Orman Genel Müdürlüğü'nün bu stratejiyi benimseyerek ölçüt ve göstergelere dayalı çok amaçlı kullanımı teşvik etmeye başladığı gözlemlenmektedir (OGM, 2009). Açıkça ifade edilmese de, sürdürülebilirlik ilkesini ülkemizin ormancılık mevzuatında, anayasasında, yönetmeliklerinde ve ulusal ormancılık programlarında bulmak mümkündür (Ok, 2008).

Türkiye'de sürdürülebilir orman yönetimi uygulamaları, uluslararası süreçlere katılım ve anlaşmalar çerçevesinde 1999 yılında başlamıştır (Akyol ve Tolunay 2005; Alkan vd., 2010). Bu süreçte, Helsinki ve Yakın Doğu süreçlerine dâhil olan Türkiye, "Sürdürülebilir Orman Yönetimi (SOY) Kriter ve Göstergelerinin Belirlenmesi, İzlenmesi, Değerlendirilmesi ve

Raporlanması" çalışmalarına odaklanmıştır. Bu amaçla, Yakın Doğu Süreci ve Helsinki Süreci kriter ve göstergeleri birleştirilerek başlangıç bir set oluşturulmuş, bu set 3 yıl süren test aşamasının ardından Bursa'da yapılan bir çalıştayda, 11 sivil toplum örgütü temsilcisi ve diğer ilgili kuruluşların katılımıyla geliştirilmiştir (OGM, 2004). Daha sonra, OGM 2006 ve 2008 yıllarında sivil toplum örgütleri, üniversiteler, araştırma kurumları, köy muhtarları ve öğrenciler gibi birçok paydaşla il düzeyinde çalıştaylar düzenlemiş ve raporlar yayınlamış, böylece ormanların genel durumunu değerlendirmiştir. 2010 yılında ise Isparta'da "Türkiye'de Sürdürülebilir Orman Yönetimi: Mevcut Durum ve Gelecek Ulusal Çalıştayı" düzenlenmiş ve "Isparta Deklarasyonu" adını taşıyan 14 maddeyi içeren bir belge yayınlanmıştır (SOY, 2010). Son olarak, 25-26 Temmuz 2018 tarihinde Ankara'da gerçekleşen ulusal çalıştayda, Orman Genel Müdürlüğü, Bakanlık, diğer kamu kurumları, sivil toplum örgütleri, üniversiteler ve özel sektörden toplam 281 katılımcı ile birlikte 6 kriter, 39 gösterge ve 119 alt gösterge içeren Türkiye Ulusal SOY Kriter ve Göstergeleri seti oluşturulmuştur (OGM, 2018).

SÜRDÜRÜLEBİLİR ORMAN YÖNETİMİ KRİTER VE GÖSTERGELERİ

Küresel orman kaynakları, biyolojik çeşitliliğin, su ve toprak kaynaklarının korunmasının yanı sıra ahşap ve odun dışı orman ürünlerine olan ihtiyacımızın karşılanması için de gereklidir. 1992 yılında Rio de Janeiro'daki Dünya Zirvesi olarak adlandırılan Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda (UNCED) dünya liderleri, dünya ormanlarını korumaya yönelik yönergeleri ve araçları özetleyen 17 maddeden oluşan bağlayıcı olmayan bir Orman İlkeleri Bildirisi geliştirmişlerdir. O tarihten bu yana, dünyanın her yerindeki ülkeler, sürdürülebilir orman yönetimine ulaşmadaki başarıyı ölçebilecek ve izleyebilecek bölgesel ve uluslararası kriterler ve göstergeler geliştirmiştir. Geliştirilen kriterler: (1) biyolojik çeşitliliğin korunması; (2) üretken ekosistemlerin üretim kapasitesinin sürdürülmesi; (3) orman ekosistemi sağlığının ve canlılığının sürdürülmesi; (4) toprak ve su kaynaklarının korunması ve bakımı; (5) ormanların karbon döngülerine katkısının sürdürülmesi; (6) toplumların ihtiyaçlarını karşılamak için uzun vadeli sosyo-ekonomik faydaların sürdürülmesi ve geliştirilmesi ve (7) ormanların korunması ve sürdürülebilir yönetimi için yasal, kurumsal ve ekonomik çerçevenin geliştirilmesidir (Siry vd., 2005).

Ulusal Kriter ve Gösterge Seti

Orman Genel Müdürlüğü, Avrupa için belirlenen gösterge seti ile ülkemizin de üyesi olduğu FAO-UNEP Yakın Doğu Süreci'nde belirlenen gösterge setini incelemiş ve kendi görev ve yetki alanına uygun göstergeleri seçerek ulusal düzeyde kullanılabilecek bir set oluşturmuştur. SOY temel kriterlerini değerlendirebilmek için ölçülebilir göstergelerin belirlenmesi gereklidir. Göstergeler, bölgeden bölgeye veya ülkeden ülkeye değişebileceğinden, bu göstergelerin uygulama düzeyinde belirlenmesi, ölçülmesi ve değerlendirilmesi son derece önemlidir. Bu açıdan SOY'nin en önemli noktasını teşkil etmektedir Başlangıç seti, ilgili tarafların görüşleri alınarak revize edilmiş ve Bursa Çalıştayı'nda son şeklini alarak ulusal set 6 kriter ve 28 göstergeden (Çizelge 1) oluşmuştur. Fethiye'de düzenlenen bir eğitim programında kriter ve göstergeler düzenlenmiş ve 2005 yılında bölgesel düzeyde test edilmek üzere uygulamaya geçilmiştir. 2006 yılında il düzeyinde yaygınlaştırılarak yapılmaya başlanmıştır (OGM, 2022)

Çizelge 1. Ulusal kriter ve gösterge seti

Kriter	**Gösterge**
1. Orman kaynakları	1.1. Orman Alanı
	1.2. Odun Serveti ve Karbon Miktarı
	1.3. Yıllık Artım
	1.4. Amenajman Planları
	1.5. Kadastro Durumu
2. Biyolojik Çeşitlilik	2.1. Ormanların Dağınıklık Durumu
	2.2. Silvikültürel Bakımlar
	2.3. Gençleştirme Güvenilirliği
	2.4. Tohum Kaynakları
3. Ormanların Sağlığı, Canlılığı ve Bütünlüğü	3.1. Doğal Faktörlerden Etkilenen Alanlar
	3.2. Başarılı Tabii Gençleştirme Alanı
	3.3. Açma Yerleşme
	3.4. Yakacak Odun Tüketimi
	3.5. Orman Yangınları
	3.6. Otlatma Zararı
	3.7. İzin ve İrtifaklar
4. Ormanların Üretim Kapasitesi ve Fonksiyonları	4.1. Entegre Amenajman Planları ile Yönetilen Alanlar
	4.2. Odun Üretimi
	4.3. Artım ve Üretim Dengesi
	4.4. Odun Dışı Orman Ürünleri Üretimi
5. Koruyucu ve Çevresel Fonksiyonlar	5.1. Koruyucu Özelliği Nedeniyle Korunan Ormanlar
	5.2. Su Havzalarını Koruma Alanları
	5.3. Toprak Muhafaza Alanları
6. Sosyo-Ekonomik Fonksiyonlar	6.1. Üretilen Odun Ürünün Değeri
	6.2. Üretilen Odun Dışı Orman Ürünlerinin Değeri
	6.3. Yaratılan İstihdam
	6.4. Orman Köyleri ve Sivil Toplum Örgütleri
	6.5. İşlenen Orman Suçları

Kaynak: (OGM, 2022)

OGM Sürdürülebilir Orman Yönetimi Kriter ve Göstergeleri 2008 Yılı Raporu

2008 yılı raporu ile amaçlanan, ülkemiz ormanlarının durumunu ortaya koymak ve OİM düzeyinde bu kriterler üzerinden değerlendirmek, takibinde olmak ve her bir kriteri oluşturan göstergeleri şeffaf bir şekilde kamuoyuna duyurmaktır. Bu sayede hem ormanlarımız hem de ormancılığımız konusunda toplum bilgilendirilmiş olacak ve SOY amaçları doğrultusunda OGM'nin yönetim kapasitesi geliştirilecektir. 2008 yılında OGM tarafından yapılan SOY Kriter ve Göstergeleri Raporu (Çizelge 2) sonucuna göre; 19 göstergenin olumlu, 3 göstergenin olumsuz ve 6 göstergenin ise istenilen düzeyde olmadığı raporlanmıştır.

Çizelge 2. OGM SOY kriter ve göstergeleri 2008 yılı raporu

K1G1	Orman Alanı	Olumlu
K1G2	Odun Serveti ve Karbon Miktarı	Olumlu
K1G3	Yıllık Artım	Olumlu
K1G4	Amenajman Planları	Olumlu
K1G5	Kadastro Durumu	İstenilen düzeyde değil
K2G1	Ormanların Dağınıklık Durumu	Olumsuz
K2G2	Silvikültürel Bakımlar	Olumlu
K2G3	Gençleştirme Güvenilirliği	Olumlu
K2G4	Tohum Kaynakları	Olumlu
K3G1	Doğal Faktörlerden Etkilenen Alanlar	Olumsuz
K3G2	Başarılı Tabii Gençleştirme Alanı	Olumlu
K3G3	Açma Yerleşme	Olumlu
K3G4	Yakacak Odun Tüketimi	Olumlu
K3G5	Orman Yangınları	Olumsuz
K3G6	Otlatma Zararı	Olumlu
K3G7	İzin ve İrtifaklar	İstenilen düzeyde değil
K4G1	Entegre Amenajman Planları ile Yönetilen Alanlar	İstenilen düzeyde değil
K4G2	Odun Üretimi	Olumlu
K4G3	Artım ve Üretim Dengesi	Olumlu
K4G4	Odun Dışı Orman Ürünleri Üretimi	İstenilen düzeyde değil
K5G1	Koruyucu Özelliği Nedeniyle Korunan Ormanlar	Olumlu
K5G2	Su Havzalarını Koruma Alanları	Olumlu
K5G3	Toprak Muhafaza Alanları	Olumlu
K6G1	Üretilen Odun Ürünün Değeri	Olumlu
K6G2	Üretilen Odun Dışı Orman Ürünlerinin Değeri	Olumlu
K6G3	Yaratılan İstihdam	İstenilen düzeyde değil
K6G4	Orman Köyleri ve Sivil Toplum Örgütleri	İstenilen düzeyde değil
K6G5	İşlenen Orman Suçları	Olumlu

Kaynak: (OGM, 2022)

OGM, 2009 yılında OİM düzeyinde SOY kriter ve göstergelerinin geliştirilmesi aşamasına geçmiştir. Hazırlanan set OİM gönderilmiş ve kendi yöresel özelliklerine göre geliştirilmesi istenmiştir. Bunun sonucunda 217 OİM,

2008 yılı kriter ve gösterge raporları sunmuştur. OGM, 2009 yılında ülke genelinde toplam 54 çalıştay yapmış ve çalıştaya katılım 2342'si kurum dışı ve 1192'si kurum içi olmak üzere toplam 3534 katılım sağlanmıştır. 2008 ve 2009 yılı raporları değerlendirilmiş ve nihai rapor hazırlanarak SOY kriter ve göstergeleri (Çizelge 3) hazırlanmıştır.

Çizelge 3. Çizelge 3.3. OGM SOY kriter ve göstergeleri 2008 yılı raporu seti

KRİTER 1. ORMAN KAYNAKLARI	
1.1	Ormanlar ve diğer ağaçlık alanlar
1.2	Dikili servet, biyokütle ve karbon stoğu
1.3	Artım
1.4	Amenajman Planı Olan Orman Alanı
1.5	Kadastrosu Yapılan Orman Alanı
KRİTER 2. BİYOLOJİK ÇEŞİTLİK	
2.1	Ormanların Parçalılık Durumu
2.2	Silvikiültürel Bakımlar
2.3	Gençleştirme Güvenilirliği
2.4	Tohum Kaynakları
KRİTER 3. ORMANLARIN SAĞLIĞI, CANLILIĞI VE BÜTÜNLÜĞÜ	
3.1	Doğal Faktörlerden Etkilenen Ormanlar
3.2	Başarılı Tabii Gençleştirme Alanı
3.3	Açma Yerleşme
3.4	Yakacak Odun Tüketimi
3.5	Orman Yangınları
3.6	Otlatma Zararı
3.7	İzin İrtifaklar
KRİTER 4. ORMANLARIN ÜRETİM KAPASİTESİ VE FONKSİYONLARI	
4.1	Entegre Amenajman Planları İle Yönetilen Ormanlar
4.2	Odun Üretimi
4.3	Artım ve Üretim Dengesi
4.4	Odun Dışı Orman Ürünleri Üretimi
KRİTER 5. ORMANLARIN KORUYUCU VE ÇEVRESEL FONKSİYONLARI	
5.1	Koruyucu Özelliği Nedeniyle Muhafaza Edilen Alanlar
5.2	Su Havzalarını Koruma Alanları
5.3	Toprak Muhafaza Alanları
KRİTER 6. ORMANLARIN SOSYO-EKONOMİK FONKSİYONLARI	
6.1	Üretilen Odun Ürününün Değeri
6.2	Odun Dışı Orman Ürünlerinin Değeri
6.3	Yaratılan İstihdam
6.4	Orman Toplulukları ve Sivil Örgütler
6.5	İşlenen Orman Suçları

Kaynak: (OGM, 2022)

SOY Kriter ve Göstergeleri Ulusal Set Geliştirme Süreci

Kasım 2017 tarihinde, 2018 yılında revize edilecek SOY kriter ve göstergeleri seti için revizyon hazırlık raporu yayınlanmıştır. Bu raporda sürecin nasıl işleneceğine dair bilgiler yer almaktadır. 22 Mayıs 2018 tarihinde OGM genel müdür yardımcısı başkanlığında, çalışma grupları başkanları, başkan yardımcıları, raportörler, teknik ve bilim danışmanları, UNDP (Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı) temsilcileri ve koordine birim temsilcileriyle birlikte toplantı yapılmış ve toplantı sonucunda bazı kararlar alınmıştır. Devam eden çalışmalar kapmasında, oluşturulan 6 çalışma gruplarından 140 üyenin katıldığı toplam 13 adet çalışma toplantısı yapılmıştır. Bu toplantı sonucunda 6 kriter altında 39 gösterge belirlenmiş (Çizelge 4) ve son raporları ve ekleri hazırlanmıştır. Çalışma grubu başkan, başkan yardımcıları, raportörler ile UNDP temsilcisi ve teknik danışmanlık görevini üstlenen orman mühendisi ve SGDB şube müdürünün katılımıyla ön değerlendirme toplantıları yapılmış ve yapılacak olan toplantı öncesinde hazırlıklar gözden geçirilmiştir. Toplantı yönetimi ve uygulanacak yöntem konusunda ortak karar sağlanmıştır. 6 kriter için 39 adet öneri gösterge belirlenmiş ve göstergelerin uygulanması, ölçülmesi, izlenmesi, raporlanması ve değerlendirilmesi konuları analiz edilmiştir.

Çizelge 4. Türkiye SOY ulusal kriter ve gösterge seti

Kriter 1	**ORMAN KAYNAKLARI ve KÜRESEL KARBON DÖNGÜSÜ**
K1.G1	Ormanlık ve diğer ağaçlık alanlar
K1.G2	Dikili ağaç serveti ve artımı
K1.G3	Karbon stoku
K1.G4	Orman kadastrosu
K1.G5	Orman alanlarının yönetimi
Kriter 2	**ORMANLARIN SAĞLIĞI, CANLILIĞI VE BÜTÜNLÜĞÜ**
K2.G1	Doğal faktörlerden etkilenen ormanlar
K2.G2	Silvikültürel faaliyetler
K2.G3	İnsan kaynaklı zararlar
K2.G4	Otlatma zararı
K2.G5	İzin ve irtifaklar
K2.G6	Ormanlarda hava kirliliği iklim değişikliği etkilerinin izlenmesi
K2.G7	Orman yolları ve tesisleri
Kriter 3	**ORMANLARIN ÜRETİM KAPASİTESİ VE FONKSİYONLARI**
K3.G1	Artım ve üretim
K3.G2	Odun dışı orman ürünleri ve hizmetler

K3.G3	Sertifikalı orman
Kriter 4	**BİYOLOJİK ÇEŞİTLİLİK**
K4.G1	Ağaç tür çeşitliliği
K4.G2	Gençleştirme
K4.G3	Doğallık
K4.G4	Tanıtılan ağaç türleri
K4.G5	Ölü odun
K4.G6	Gen kaynakları
K4.G7	Ormanın parçalara ayrılması
K4.G8	Tehdit altındaki orman türleri
K4.G9	Korunan ormanlar
K4.GA	Yaygın orman kuş türleri
K4.GB	Yaygın memeli hayvan türleri
Kriter 5	**ORMANLARIN KORUYUCU FONKSİYONLARI**
K5.G1	Toprak koruma ormanları
K5.G2	Su koruma ormanları
K5.G3	Doğal afetler ve altyapı koruma ormanları
Kriter 6	**SOSYOEKONOMİK FONKSİYONLAR**
K6.G1	Ormancılık sektörünün GSYH'ye katkısı
K6.G2	Orman ürünleri arz-talep dengesi
K6.G3	Ormancılık sektöründe istihdamın büyüklüğü ve niteliği
K6.G4	Ormancılığın finansal dengesi
K6.G5	Devlet bütçesinden ormancılık sektörüne ayrılan pay
K6.G6	Ormana bağımlı toplumun büyüklüğü
K6.G7	Rekreasyon hizmetlerinden faydalananlar
K6.G8	Ormancılık sektöründen orman köylüsüne gelir transferi
K6.G9	Araştırma, geliştirme, yayım ve eğitim çalışmaları
K6.G10	Ormancılıkla ilgili STK'ların faaliyetleri
K6.G11	Orman-toplum uyuşmazlıkları

Kaynak: (OGM,2022)

25-26 Temmuz 2018 tarihinde Ankara'da yapılan ulusal çalıştayda grupların belirlemiş olduğu 39 gösterge ele alınmıştır. Çalışma grubunda oylamaya sunulan Kriter 4 başlığı altında bulunan gösterge 4A: Yaygın Orman Kuş Türleri başlığı altına 'Gösterge 4B: Yaygın Memeli Hayvan Türleri' eklenmesi daha uygun olacağı önerisi sunulmuş ve oturum başkanı tarafından yapılan oylama sonucu gösterge oy çokluğu ile kabul edilmiştir. Türkiye SOY Ulusal

Kriter ve Gösterge seti 6 kriter 40 gösterge ile son şeklini almıştır. Çalıştay ile birlikte ulusal setin geliştirilmesinin yanında, bu sete dayalı izleme, değerlendirme ve raporlama süreçlerinin de geliştirilmesi hedeflenmiştir.

TARTIŞMA VE SONUÇ

Sürdürülebilir orman yönetiminin kapsamı, her biri belirli yerel ihtiyaçlara ve durumlara uygulanabilen bir dizi kriter ve göstergeyle tanımlanmıştır. Aynı zamanda, orman yönetimine ilişkin halkın beklentisi de değişmekte ve sürekli olarak yeni göstergeler önerilmektedir. Çoğu durumla ilgili olması muhtemel bir dizi göstergeyi belirlemek için farklı kriterler ve gösterge şemaları tarafından temsil edilen uzmanlıktan yararlanmak mümkündür (Gough vd., 2008).

Sürdürülebilir orman yönetiminin değerlendirilmesi amaçlanan girişimler 1992 yılında Rio de Janeiro'da düzenlenen konferanstan bu yana önemli ölçüde artmıştır. Çok sayıda ülke ve bölgede SOY ilkeleri, kriterleri ve göstergelerini içeren standartlar uygulamaya konulmuştur. Daha sonra bu durum uluslararası bir girişim çerçevesinde gerçekleşmiştir (Holvoet ve Muys, 2004).

SOY, orman ekosistemini bütünsel bir yaklaşımla ele alan ve kriterler ile göstergelerin ayrılmaz bir şekilde bir arada değerlendirilmesi gereken önemli bir kavramdır. Bu çalışmaların, ulusal seviyede belirlenen kriterlerle birlikte bölgesel veya orman yönetim birimi düzeyinde oluşturulan kriterler ve göstergelerle uyumlu bir şekilde yürütülmesi, SOY hedeflerine ulaşmak için büyük bir öneme sahiptir (Akyol, 2010). Orman varlığı odun ve odun dışı ürünlerin üretildiği önemli bir hammadde kaynağının olmasıyla birlikte aynı zamanda önemli ekolojik fonksiyonlara da sahiptir. Ormanların hem çevresel koşullara uygun hem de sosyal ve ekonomik açılardan topluma fayda sağlayıcı bir şekilde yönetilmesi gerekmektedir (Türkoğlu, 2011). Dünya genelinde, doğal kaynakların korunması ve verimliliklerinin artırılması amacıyla yürütülen çalışmalar çok eski zamanlara dayanmaktadır. Orman kaynaklarının sadece odun hammaddesi değil, çok yönlü kullanımı uzun yıllar ormancılığın temel ilkesi olmuştur. Ancak artan çevre bilinci, insanların odun dışı ürünlerden faydalanma isteği, teknolojinin ilerlemesi ve doğanın sunduğu fırsatlar, orman kaynaklarının yönetiminde yeni yaklaşımların geliştirilmesini kaçınılmaz kılmıştır (Yıldırım ve Velioğlu, 2006).

SOY kriterleri; hem yerel hem de daha yüksek planlama düzeylerinde uygulanabilir. Ancak bu durum göstergeler için geçerli değildir. Bazı göstergeler farklı düzeylerde ortak olabilir fakat bazıları ise yerel düzeyde daha anlamlı olmaktadır (Lanly, 1982). Kriter ve göstergeler orman yönetiminin sürdürülebilirliğini ölçmek için bir çerçeve sağlamaktadır (Prabhu vd., 1996).

Kriter ve göstergeler üç farklı seviyede uygulanmaktadır: bu seviyeler; ulusal, alt-ulusal ve orman yönetim birimidir. SOY'u teşvik etmek için her düzeyde uygulama önemlidir. Şu ana kadar tüm önemli süreçlerin odak noktası ulusal düzeyde olmuştur. Ülkelerin SOY'a yönelik ilerlemeyi en iyi şekilde tespit edebilecekleri seviyenin bu seviyede olduğu göz önüne alınmıştır. Ancak kriter ve göstergeler tek başına bir ülkenin ormanlarını sürdürülebilir bir şekilde yönetip yönetmediğini göstermez. Üzerinde anlaşmaya varılan sürdürülebilirlik seviyelerini gösteren göstergelere değer atamak da gereklidir. Toplumun değerlerinin zaman içinde değiştiği göz önüne alındığında, bir anda belirlenen sürdürülebilirlik düzeyleri daha sonraki bir tarihte kabul edilebilir olmayabilir. Bu nedenle önemli olan varış noktası değil, yolculuktur (Wijewardana, 2008).

AÇIKLAMA

Bu makale, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Orman Mühendisliği Anabilim Dalında hazırlanan "Sürdürülebilir Orman Yönetimi Kriter ve Göstergelerinin Uygulanmasındaki İlerleme Ve Zorlukların Analizi (Batı Akdeniz Örneği)" isimli doktora tezinden üretilmiştir.

AÇIKLAMA

Yazar Öğr. Gör. Ayşe Esra HAKVERDİ, Sürdürülebilir Ormancılık tematik alanında YÖK 100/2000 Doktora öğrencisidir.

REFERANSLAR

Akyol, A. (2010). *Sürdürülebilir Orman Yönetimi Ölçüt ve Göstergelerinin Türkiye Modeli*. (Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Akyol, A., & Tolunay, A. (2005). Eğirdir yöresi korunan orman alanlarının sürdürülebilir orman yönetimi ölçüt ve göstergeleri açısından durumu. *Korunan Doğal Alanlar Sempozyumu*, *8*(10), 1-12.

Alkan, H., Korkmaz, M., Eker, M., (2010). Sürdürülebilir Orman yönetiminde yaşanan gelişmeler, karşılaşılan sorunlar ve çözüm önerileri: Isparta Orman Bölge Müdürlüğü örneği. *III. Ulusal Karadeniz Ormancılık Kongresi,* 20-22 Mayıs, Trabzon, s. 56-65.

Daşdemir, İ. (1996). Orman İşletmelerinin Başarı Düzeylerinin Belirlenmesi (Kuzeydoğu Anadolu ve Doğu Karadeniz Bölgesi Örneği). Doğu Anadolu OAE Teknik Bülten No: 1, 162 s.

Geray, U. (1998). *Ulusal Çevre Eylem Planı, Orman Kaynaklarının Yönetimi,* Devlet Planlama Teşkilatı Yayını, Ankara.

Gough, A. D., Innes, J. L., & Allen, S. D. (2008). Development of common indicators of sustainable forest management. *Ecological indicators*, *8*(5), 425-430.

Görücü, Ö. (2002). *Sürdürülebilir Ormancılık İspanya'daki Uygulamalar ve Türkiye İle Karşılaştırılması.* Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Yayın No:90, Ders Kitapları Yayın No:12, Kahramanmaraş.

Güngör, E. (2010). *Orman Kaynaklarının Bütünleşik İşlevsel Yönetim Planlaması*. (Doktora Tezi, Bartın Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Holvoet, B., & Muys, B. (2004). Sustainable forest management worldwide: a comparative assessment of standards. *International Forestry Review*, *6*(2), 99-122.

Kaytanlıoğlu, E. H. T., Akyol, A., & Fakir, H. (2023a). Isparta ve Burdur illerinde salep bitkisinin sürdürülebilir kullanimina yönelik değerlendirmeler. *Ziraat, Orman ve Su Ürünleri Alanında Uluslararası Araştırmalar.* (ss. 55-72)

Kaytanlıoğlu, E. H. T., Küçük, M., & Fakir, H. (2023b). Isparta yöresindeki Orchidaceae (Orkidegiller) familyasına ait bitki taksonlarının fenolojik özellikleri ve iklim parametreleri ile ilişkisi. *Artvin Çoruh Üniversitesi Orman Fakültesi Dergisi*, *24*(1), 54-63.

Kaytanlıoğlu, E. H. T., Fakir, H., & Aydemir, A. N. (2021). Onikişubat (Kahramanmaraş) yöresinde gıda olarak tüketilen bazı doğal bitki taksonlarına ait yöresel tarifler. *Turkish Journal of Forestry*, *22*(2), 83-90.

Lanly, J. P. (1982). *Les ressources forestières tropicales* (Vol. 30). Food & Agriculture Org..

OGM, (2004). Türkiye Ulusal Ormancılık Programı. https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/Dokumanlar/Ulusal_Ormancilik_Programi_2004_2023.pdf, Erişim: 29.08.2023.

OGM, (2009). OGM Sürdürülebilir Orman Yönetimi Kriter ve Göstergeleri 2008 Yılı Raporu, Orman Genel Müdürlüğü, Ankara.

OGM, (2018). Ulusal Sürdürülebilir Orman Yönetimi Kriter ve Göstergeleri Çalıştayı. Orman Genel Müdürlüğü, 25-26 Temmuz, Ankara. https://www.ogm.gov.tr/ekutuphane/SurdurulebilirOrmanYonetimi/Forms/AllItems.aspx?RootFolder=%2Fekutuphane%2FSurdurulebilirOrmanYonetimi%2F2018%20%C3%87ALI%C5%9ETAY%2F%C3%87ALI%C5%9ETAY%20TEMMUZ%202018&FolderCTID=0x0120007E12F5C08D099A4CAE87DB5788334AF3&View={AC0C3E3B-3CD3-44E2-9A26-3C2F50E74821}, Erişim: 03.09.2023.

OGM (2022). Orman Genel Müdürlüğü E-Kütüphane Merkezi, https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/kitaplik/surdurulebilir-orman-yonetimi, (Son erişim tarihi: 28.08.2023)

Ok, K. (2008). Sürdürülebilir Kalkınmanın Sektörel Politikalara Entegrasyonu.

Otrakçıer, T. (2006). Sürdürülebilir orman yönetimi kriter ve göstergeleri kavram notu. *OGM Strateji Geliştirme Dairesi, Ankara*.

Özdönmez, M., İstanbullu, T., Akesen, A., & Ekizoğlu, A. (1996). Ormancılık Politikası, İÜ Yayın No: 3968. Orman Fakültesi Yayın, (435).

Prabhu, R., Colfer, C. P., Venkateswarlu, P., Tan, L. C., Soekmadi, R., & Wollenberg, E. (1996). Testing criteria and indicators for the sustainable management of forests: Phase 1 final report.

Siry, J. P., Cubbage, F. W., & Ahmed, M. R. (2005). Sustainable forest management: global trends and opportunities. *Forest policy and Economics*, *7*(4), 551-561.

SOY, (2010). Isparta Deklarasyonu, Türkiye'de Sürdürülebilir Orman Yönetimi: Mevcut Durum ve Gelecek Ulusal Çalıştayı. http://ormanweb.isparta.edu.tr/soy/deklarasyon.htm, Erişim: 01.09.2023.

Türker, M. F. (2003). Sürdürülebilir orman kaynakları yönetimi ile orman sınırları dışına arazi çıkarma uygulamaları arasındaki etkileşim: mevcut durum, yaşanan darboğazlar ve çözüm önerileri. *Orman Kanununun, 2.*

Türker, M. F., Öztürk, A., Pak, M., Durusoy, İ. (2002). Orman Kaynağından Geleneksel ve Çağdaş Yararlanma Şekilleri: Dünya ve Ülkemizdeki Durum. *Kırsal Çevre Yıllığı'2002*.

Türkoğlu, T. (2011). *Türkiye'deki Orman Endüstrisi İşletmelerine Sürdürülebilir Orman Yönetimi Çerçevesinde Odun Hammaddesi Tedariki ve Orman Ürünlerinin Sertifikasyonu.* (Doktora Tezi, Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)

Wijewardana, D. (2008). Criteria and indicators for sustainable forest management: The road travelled and the way ahead. *Ecological indicators*, *8*(2), 115-122.

Yıldırım, H., & Velioğlu, N. (2006). Sürdürülebilir orman yönetiminde kriter ve göstergelerin irdelenmesi. *Journal of the Faculty of Forestry Istanbul University*, *56*(1), 129-140.

Bölüm 15

Akvaryum Balıklarında Stres Faktörleri

Muhammet Kürşat DURNA[1] , Engin ŞEKER[2], Nermin KARATON KUZGUN[3]

[1] Yüksek Mühendis
[2] Doç. Dr., Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi
[3] Doç. Dr., Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi

Giriş

Su ürünleri sektörünü incelediğimiz zaman balık tüketiminin yanı sıra en çok aklımıza gelen bir diğer konu akvaryum balıkları yetiştiriciliği ve rengârenk şekillerde dizayn edilmiş akvaryumlar olmaktadır. Akvaryum balıklarının birden fazla türü olması ise çeşitliliği artırmakta, türe göre beslenme ve bakım gerektirmektedir ve en önemli konulardan biri de balıklara ev sahipliği yapan akvaryumlar olmaktadır. Bu akvaryumların dizayn edilmesi ve balıkların ihtiyaç duyduğu su hacminin belirlenmesi, İçine bırakılacak balıkların belirlenmesi ve son olarak ta bakım ve uygulama takvimi hazırlamakta ve gerekli notlar alınmalıdır. Normal olarak kurulan bir akvaryum da bahsedilen gereç ve uygulamalarla yapılmalı ancak bilgi birikimi olmadan, araştırma yapılmadan kurulan akvaryumlar balıkları doğrudan veya dolaylı olarak çeşitli faktörlerde strese sokmakta ve balıkların girdiği bu etkiyle yaşamsal faaliyetler kötü etkilenmekte ve balıkların hastalıklara karşı olan direncini etkilemekte bu sebeple Akvaryum kurulumu ve akvaryum balıkları bir takım disiplinle kurulmalı ve seçilmelidir (Wıschnath, 1993; Alpbaz, 2010).

Yetiştiricilik ortamlarında ise, aşırı stoklama, taşıma, uygun elleme, olmayan su koşulları gibi birçok stres etkeni mevcuttur ve su sıcaklığındaki değişimler balık da en önemli stres etkenlerden birisidir. Bunun için su düzeylerine ve stok yoğunluğuna oldukça dikkat edilmelidir (Konıngs, 1993; Newman, 2000).

Kırmızı kan hücresi ve hematokrit oranları ise streste yüksek miktarda enerji ihtiyacında oksijen taşıma kapasitesinin artmasından dolayı sayıca yükselebilmektedir. Stres bütün vücut sistemleri, hormonal ve sinirsel sistem üzerinde olumsuz ve yıkıcı etkiye sahip olabilmektedir (Wantland, 1956; Alpbaz, 1984).

Stres faktörü bütün canlıların tamamında bulunmakta ve benzer şekillerde etki etmektedir. Sebebi değişse bile sonuç hep aynı olmaktadır. Stres kelimesi esasen sıkıntı, istememe gibi kelimelerle de çağrışmakta akvaryumda bulunan yetersiz oksijen ya da su hacmine göre bulunan fazla balık sayısı akvaryum balıklarında karşılaşılan başlıca stres faktörleri olmakta balıklara etki eden bu stresler önce balığın zayıflamasına daha sonra ise bağışıklık sisteminin çökmesine kadar ilerleyebilir (Newman, 2000; Buchmann, 2007).

Stres kelimesi tarihte ilk kez 17. yüzyılda elasti olan nesne ve onlara uygulanan dış güçle olan ilişkiyi aydınlığa kavuşturmak üzere Fizikçi Robert Hook tarafından kullanılmıştır. Diğer bir fizikçiye göre de stres; kişinin kendi içerisinde veya çevresinde olumlu ya da olumsuz yönlerde değişiklikler meydana geldiği anda kişinin bu değişiklikleri algılayabilmesi sonucu gösterdiği psikolojik ve fizyolojik tepkilere verilen addır (Roskies, 1994; Altunay, 2006).

Sadece akvaryum balığıyla değil kültürü yapılan ya da kendi ekosisteminde dolaşımda olan herhangi bir balık ya da canlıda da karşılaşılabilen ve çoğunlukla da akarı bulunmayan balık yetiştiriciliğinde kullanılan havuz ya da hobi olarak kullanılan akvaryumlar da çok daha fazla rastlanılmakta kış aylarının bitişi ile başlayan yaz ayların da ya da tam tersi olarak yaz aylarının bitişi ile başlayan kış aylarında su sıcaklığının değişimi de bir stres faktörüdür (Newman, 2000; Durborow, 2003).

Akvaryum içine aktarılacak olan suyun dinlendirilmeden konulması ve akvaryumda filtreleme tertibatının hava değişim tertibatının olmaması ve balıkların serbest ve kontrolsüz bir akvaryuma bırakılması aynı şekilde kültürü yapılan balıkların yemlenmemesi, ilgilenmemesi sonucu da ilk olarak karşılaşılacak olan balık hareketlerinin yavaşlaması ters yüzmesi gibi vb. belirtiler gözümüze çarpacaktır (Segers, 2004; Alpbaz, 2010).

Su ürünleri yetiştiriciliğinde sektörel olarak en büyük sorunlardan biri balıkların çeşitli sebeplerle ölmeleridir. Balık ölümlerinde ise sıkça karşımıza çıkan hastalık etkenleri balığın stres faktörüyle doğru orantılıdır. Çeşitli önlemler ve bir dizi çalışmalarla yani oksijen miktarının düzenli kontrolü, planlı yemleme, düzenli su değişimi ve çeşitli uygulamalarla balıkların strese girmesi ve stres dolaylı bağışıklık sisteminin çökmesi engellenebilir. Dolayısıyla daha az maliyetle yüksek maliyete kurulan akvaryum ve içinde barındırdığı balıklar hem sağlıklı hem de stresten uzak bırakılabilir (Noga, 1996; Newman, 2000).

Akvaryum balıkları

Balık; omurgalılardan suda yaşayan solungaçları ile solunum yapan, soğukkanlı vücudu pullarla kaplı ve çoğunlukla yumurtlayarak üreyen canlılardır. Akvaryum**;** denizde ya da tatlı su yaşayan canlıları bulundurmak için kullanılan kap veya camdan yapılmış araçlardır. Akvaryumlar suda yaşayan canlıların yaşadığı ortam olduğu için bütün yüzeyinin suyu sızdırmayan, sudan etkilenmeyen ve görünümü engellemeyecek durumdaki materyallerden yapılmış olması gerekir (Wantland, 1956; Alpbaz, 1984).

Akvaryum balıkları; cam veya farklı materyallerle etrafı çevrelenmiş ve su geçirmezliğe sahip bir akvaryum içinde bulunan ve doğal ortamında sahip olduğu su ve yem ile yaşamını sürdüren çoğunlukla adı süs balığı olarak bilinen canlılardır. Doğal ortamında avcı ya da av olabilen bu balıklar akvaryuma alındıktan sonra bireye bağımlı halde beslenmesini sürdürür. Akvaryum içinde bulunan farklı tür balıklar ise etçil, otçul olarak kombine olarak aynı akvaryuma konulmamalıdır. Ya da bir başka deyişle av-avcı aynı sistemin içine entegre edilmemelidir akvaryum balıkları ya kendi türünden ya da geçinebileceği bir tür ile aynı akvaryuma konmalıdır (Konıngs, 1993; Yanar, 2009).

Akvaryum balıklarının birçok sınıf ve türü mevcuttur. Ama bizim sürekli karşılaştığımız genellikle bilindik türler olmaktadır. Balık türünün özelliklerine göre seçilen akvaryumda yine akvaryum balıklarının doğal ortamlarında bulunan canlı bitkilerle çevrelenebilir ve buna göre dekore edilebilir. Ama akvaryum balıklarının hareket alanını ve dolaşımını kısıtlamayacak şekilde konumlandırılmalıdır (Stoskopf, 1993; Hekimoğlu, 2008).

Akvaryum balıklarının tarihsel gelişimi; Koi, yüzyıllardır Çin ve Japonya'da dekoratif amaçlar için havuzlarda bulundurulur. Yapay ve kapalı ortamlarda balık bulundurulması, tarihi çok eskilere dayanan bir uygulamadır. Antik uygarlık dönemlerinden Sümerler, avladıkları balıkları yemek öncesinde havuzlarda tuttukları bilinir. Japon ve Koi balığının sazan balığının bir türevi olarak üretilmesine yaklaşık 2000 yıl öncesinde başladığı sanılmaktadır. Mısır'da *Oxyrhynchus* kazı alanlarında rastanılan kalıntılarda Eski Mısır sanatı ile ilgili, dikdörtgen şekilli tapınakta bulunan havuzlar içerisinde kutsal balıklar beslendiğine dair çizimlere rastlanılmıştır. Birçok kültürün tarihi incelendiğinde hem dekoratif hem de işlevsel nedenler ile balık beslendiğine rastlanmaktadır. Çinliler, Song hanedanı döneminde büyük seramik kaplar kullanıp Japon balıklarını iç ortamda yetişirmişlerdir (Alpbaz, 1984; May, 1989).

Canlı doğuran akvaryum balıkları

Günümüzde ise en çok yetiştiriciliği yapılan ve en yaygın bilinen canlı doğuran balıklar akvaryum balıklardır. Canlı olarak doğuran balıklar denince akla ilk kılıçkuyruk, plati, moli ve lepistes gibi balıklar gelmektedir. Canlı olarak doğuran akvaryum balıklarında yumurtalar dişinin üreme açıklığı olan bölgede mevcut olan bir kesede döllenir. Kuluçka dönemi mevcut alanda tamamlandıktan sonra burada yumurtaların açılma işlemi gerçekleşir ve yavrular dışarıya çıkarılır. Bu şekilde üreme gerçekleştiren akvaryum balıklarına "canlı doğuran akvaryum balıkları" adı verilir (Welcomme, 2003; Carleton, 2009).

Lepistes

Akvaryum balıklarında en çok bilinen türü olup, bu kadar yaygın bir şekilde olmalarının pek çok sebebi bulunmaktadır. İlk olarak bakımı kolay olan bir balık türüdür ve diğer bir önemli özelliği ise üretiminin çok kolay gerçekleşmesidir. Lepistes'ler dişli sazan ailesine munsuptur. Amerika Kıtası orjinli olup, çok renkli balık türlerinden biridir. Şekil 1'de bu balık türünün mavi olanı gösterilmiştir.

Özellikle erkek olanlarının kuyrukları renk ve şekil bakımından akvaryum balıkları dünyasındaki en renkli ve güzel canlılardır. Mevcut zenginliklerinden dolayı çok tutulan ve çok yaygın bir balıktır. 1908 yıllarında Avrupa'ya ilk kez

akvaryum balığı olarak getirilmiştir. 70–80 yıl öncesi akvaryum dünyasına girmiş olmasına rağmen çabuk üretilebilmelerinden dolayı 200 civarında varyasyonu geliştirilmiştir. Erkek balılar gonopodium denilen üreme organına ve çok güzel renklere sahiptir, ayrıca döllenme işlemi dişi balığın üreme açıklığında bulunan keseden gerçekleştirilmektedir. Üretim amacıyla iyi özellikli erkek ve dişilerin seçilmeleri gereklidir (Ekinci, 2006). Balıklara kondisyon kazandırmak için iyi bir yemleme yapılmalıdır. Üretim için çiftleşmede kullanılan akvaryumlar kullanılır. Seçilmiş dişi ve erkekler aynı akvaryuma bırakılır. Sıcaklık 24–26°C civarında olmalıdır ve çiftleşmeden önce erkek ve dişi beraber gezer, sonrasında erkek ile dişi çiftleşir ve spermalar bir torba içerisinde dişiye aktarılır. Dişinin yumurtaları dölleme işleminden sonra ortalama 28 gün sonrasında yavruların doğumu gerçekleşir. Sonrasında dişinin bir aylık süre sonrasında aralıklar ile yumurtlamaya devamı gerçekleşir. Sıcaklık düşmeye devam ettikçe yavrulama aralığında uzama olur.

Doğum hemen sonrasında yavrular dibe çökerler. Kısa bir müddet dipte kalır ve bir müddet sonrasında ise yem arama işlemine başlarlar. İlk yavrusunu bırakan bir balık, 10–15 tane yavru doğumu gerçekleştirebilir. Yaş aldıkça yavrularda verim 100–200 civarında olabilir ve normal verimde ise 70–75 civarı olur (Alpbaz, 1993; Ekinci, 2006).



Şekil 1. Lepistes Balığı (URL-1, 2014).

Kılıç Kuyruk

Kuyruğunun kılıca benzer bir yapı gibi uzaması nedeni ile bu isim ile anılır. Şekil 2 de görüldüğü gibi kuyruk kısmı kılıç gibi uzundur. Kılıçkuyruk'un, doğal yaşam alanı akıntının olduğu ve Orta Amerika'daki nehirler gibi ve yaklaşık olarak10–12 cm boyuna ulaşabilen bir tatlı su balığıdır. 20–30°C'lik su sıcaklığında yaşayabilirler (Alpbaz, 1984; Türkmen, 2001). Tüm canlı doğuran türlerinde olduğu gibi ideal sıcaklık, 26–28°C aralığıdır. Dişiler erkeklerden daha iri bir halde olur ve erkeğin kuyruğunda kılıca benzeyen uzantı cinsiyet ayrımını

kolaylaştırmaktadır. Bu balık türü 1909 yılından itibaren akvaryum balığı şeklinde incelenmeye başlamıştır ve doğal ortamda 10-12 cm'ye kadar uzayabilen bu balık türü akvaryumda 5-6 cm uzunluğa kadar erişebilmektedir. Pek çok balık türünün birlikte tutulduğu akvaryumlarda uyum göstererek yaşar (Carleton, 2009; Iwanowıcz, 2011).

Dişi bireylerde kuyruk uzamamaktadır ve erkek bireylerde ise kuyruklarının alt kısmından bir kılıç gibi hemen hemen balığın vücudunun uzunluğu kadarında uzama gösterir. Ek olarak erkeklerde çiftleşme organı gonopodium olması nedeni ile erkek, dişi ayrılması çok kolay yapılabilir. Yavrularını tüketen bir tür olduğu için üreme esnasında yavruların ve annenin hemen birbirinden uzaklaştırılması gerekir (Kallman, 2006). Bol oksijenli, açık alanlara sahip olan akvaryumlarda severek yaşar ve kılıçkuyruklar akvaryumdaki diğer üyelere karşı problem oluşturmaları sıradan bir durum değildir. Genelde karma olan akvaryumlarda uyum sağlar ve diğer canlı doğurabilenler gibi çok eşli olurlar, ek olarak bulundukları akvaryumlarda dişi miktarı en az iki ve üzerinde olmalıdır (Saygı, 2009; Alpbaz, 2010).



Şekil 2. Kılıç kuyruk balığı (URL-2, 2019).

Moli

Ana yurdu Orta Amerika'daki tatlı ve az tuzlu sulardır. Akvaryumlarda hareketli davranış halleriyle dikkat çeken, orta-üst kesimlerini dolduran, tropikal balıklardır. Yem açısından seçicilerdir ve kayalarda bulunan bitkilerden oluşan yosunları tüketirler. Cinsiyet ayrımı yapılırken, balıkların alt kısımlarında mevcut olan anal yüzgecine bakılarak yapılır. Alt kısmında ince uzun çıkıntıları (gonopodları) bulunanlar erkek, karın bölgesinde ise üçgen şeklinde alt yüzgeç

bulunanlar ise dişidir. Soğuğa ve ani meydana gelebilecek sıcaklık değişimlerine fazla dayanıklı değildirler. Yaşanacak sorunların en başında mantar ve beyaz benek bulunur ve akvaryumun suyuna 50 litre için bir çay kaşığı tuz atmak direnç kazanmaları açısından yardımı olacaktır. Moli grubu içinde pek çok ünlü balık vardır ve bunlardan ay kuyruk moli, molinezya, siyah moli (*black molly*) vs. şeklinde sayılabilir (Wıschnath, 1993; Mılls, 2008).

Siyah Moli

Lepistesten sonra aranılan, sevilen ve yaygın olan bir türdür. Siyah moliler sakindir ve diğer balıklar ile beraber uysal bir şekilde yaşar. Şekil 3'de siyah moli balığı gösterilmiştir. Diğer canlı doğuran balıklara oranla az proteinli ve alg bakımından zengin gıdaları sever. Ayrıca akvaryum içerisinde üreyen yeşil yosunları yediği için akvaryumun temiz tutulması açısından bir dereceye kadar yardımcı olabilmektedir, ek olarak tübifeks, su piresi gibi diğer canlı yemlerin sürekli verilmesi gerekmektedir. Devamlı yem alması gereken bir tür olduğu için üretim amaçlı yetiştirilen balıkların sıklıkla yemlenmesi gereklidir. Bu grupta olan balıklar tuzlu sularda da yaşayabilmeleri nedeniyle akvaryumlar içerisine bir iki çay kaşığı tuz atılmasının faydalı olduğu kabul edilmiştir (Mılls, 2008; Iwanowıcz, 2011).



Şekil 3. Siyah moli balığı (URL-3, 2017).

Ay Kuyruk Moli

1954 yılında Singapur'da seleksiyon sonucu siyah moliden üretilmiş olup Siyah moli ile farkı kuyruğunun ay biçiminde bir yapıya sahip olması şeklindedir. Şekil 4'te ismini aldığı kuyruk kısmı gösterilmiştir. Bu grup içerisine giren

balıklar dip kısmı çamurlu ve toprak havuzlarda ticari olarak yetiştiriciliği yapılabilir. Bazı durumlarda ise balık yaş aldıkça kuyruk şekli kaybolabilir. Özellikle bir yaşından itibaren bu durum sıklıkla izlenebilir ve kırmızı renkli moliler bazen kırmızı renkli platiler ile karıştırılabilmektedirler. Kırmızı renkli moliler albino olduklarından dolayı gözleri ise renksiz bir haldedir, fakat kırmızı platilerin gözleri koyu renge sahiptir (Segers, 2004; Ekinci, 2006).



Şekil 4. Ay kuyruk moli balığı (URL-4, 2017)

Molinezya

Doğal şartlarda 10 cm'ye civarına büyüyebilen, acı suda yetişebilenleri ise iri yapılı olabilen ve doğumda yavruları siyah renk olarak doğsa da iki hafta sonrasında rengi açılmaya başlayan bir balık türüdür. Tatlı suda yaşayanları ise az asitli ve yumuşak suları sevmektedir. Şekil 5'de molinezya balığı gösterilmiştir. En iri olan varyete olan "*Mollienesia petenensis"*dir ve 15 cm kadar boya kadar sahip olabilmektedir ve üretimleri nispeten kolay olan bir varyetedir. Bazı varyetelerinde üretim zor olabilmektedir. Öncelikle geniş olan akvaryumlarda üretim için daha uygun olabilmektedir. Yumuşak balık eti su piresi ve tubifeks gibi hayvansal orijinli yemlerle beslenmesinin yanında, bitkisel gıdalar ile de beslenmelidir (Deaton, 2009; Edmondson, 1991). Bu balıkların konulduğu akvaryumlarda üst kısmlar iyi kapatılmalıdır, aksi durumda zıplayarak dışarıya düşebilmektedirler. Çoğu moli balıkları grubuna girenler için su içinde bir miktar deniz suyu eklenebilir ve bulundukları akvaryumun suyu 1/4'ünün her hafta aynı yoğunluktaki su ile değiştirilmesi daha iyi sonuçlar elde edilebilmektedir (Alpbaz, 1984; May, 1989).



Şekil 5. Molinezya balığı (URL-5, 2007).

Velifera

Moli'lerin yakın akrabası olan velifera, aslında çok irice bir cins moli gibidir. Bazı karaterleri ile moliler'den ayrılabilmektedir. Anavatanı Orta Amerika'nın yarı tuzlu ve tatlı suları olan veliferanın, ırmakların denize döküldüğü ortamlarda yaşarlar ve bu yüzden tuzlu suya da adaptasyon sağlamışlardır. Bu sebeple bulundukları akvaryum suyuna 10 litreye 2–3 çay kaşığı tuz (kaya tuzu) atılması daha uygundur (Alpbaz, 1984; Alpbaz, 1993). Gonopodları ile erkekler dişilerden ayrılır ve ayrıca erkek bireylerinin gösterişli bir yelken gibi sırt yüzgeçleri mevcuttur. Bu mevcut sırt yüzgeçlerinin düzgün gelişme göstermesi açısından en az 40 cm lik akvaryuma ihtiyaç duyulur. Aksi durumda sırt yüzgeçleri düzgün gelişme kaydedemez. Bol akıntısı olan suları severler ve en az 80 litrelik, 40 cm ve üzerindeki yüksekliğe sahip bir akvaryumda olmaları uygundur (Ekinci, 2006; Hekimoğlu, 2008).

Bol bitkiye sahip akvaryumlardan hoşlanır. Şekil 6'da veliferanın bitkilerin içinde yüzdüğü görülmektedir ve en az 5–6 bireye sahip bir grup olarak bakılmaları önerilmektedir. Ancak bakımı için tecrübeli olunması gereken bu balığın üretilmesi, kolay olmasına rağmen diğer poecilidae üyelerine oranla daha zordur. Velifera, bitkisel ağırlıklı besinlerle beslenir ve bir molinin beslenmesine benzer şekilde spiriluna yosunu başta olmak üzere pek çok yosunu severek tüketir. Ayrıca yemlenme bakımından sıkıntı teşkil etmez ve bunlara da yosun bulunmadığı zamanlarda haşlama yapılmış ıspanak yaprağı da verilebilmektedir (Mılls, 2008; Deaton, 2009). Bunun haricinde kaliteye sahip kuru yemleri de tüketebilmektedir. Dişiler iki ayda bir yaklaşık olarak 10–50 civarında yavru dünyaya getirebilmektedir ve yavruları ise oldukça iri yapılıdır. Kendi yavrusuna zararı dokunmaz ve ayrıca bulundukları akvaryumlarda başka türe ait balıklar yoksa doğum yapması için dişiyi ayırma işlemi gerekmemektedir. Fakat mevcut akvaryumda başka türe mensup balıklar varsa doğum yapmakta olan dişi balığı 20 litrelik bir hacmindeki tanka almak gerekir. Veliferaların çok çeşitli

varyasyonları geliştirilmiş olup bunlardan başlıcaları; dalmaçya, turuncu, balon velifera, altın (sarı), gümüş cinsleridir. Erkekler bireyler hemcinslerine karşı oldukça saldırgan bir tavır sergileyen veliferaların akvaryumda bir tane erkek bulundurulmalıdır. Aksi durumda baskın olan erkek balık diğer erkek balıkları hırpalar ve sonrasında ölümlerine sebep olabilmektedir. Akvaryum 100 litreden daha fazla, bol bitkiye sahip olduğu durumda ise birden fazla erkek akvaryuma bırakılabilir (Hekimoğlu, 2008; Carleton, 2009). O esnada şiddetin dağılabilmesi için dört tane erkek bulundurulabilir ve yakın akrabaları olan bazı balıklarla melezleştirilebilir, sonrasında yavrunun alınması söz konusudur. Plati, lepistes, moli, kılıçkuyruk, gibi Poeciliidae üyeleri ile bir arada akvaryuma bakılabilir (Mılls, 2008; Saygı, 2009).



Şekil 6. Velifera balığı (URL-6, 2014).

Yumurtayla çoğalan akvaryum balıkları

Yumurtayla çoğalan akvaryum balıkları, genel olarak üreme dönemi yaklaşan erginliğe ulaşmış bir balıkta ovaryumlar kahverengimsi veya açık sarı halde bir renk alır ve daneli bir görünüşe sahip olur. Derisinin yüzey kısmında bol miktarda kılcal kan damarlarına sahiptir ve ovaryumlarında gelişen yumurtalar ise genelde oviduct adı verilen bir yumurta kanalı vasıtasıyla vücudun dışına atılırlarsa da bazı balıklarda bu yumurta kanalı tamamıyla körelmiş olup, spermler ve yumurtalar sadece bir delik vasıtasıyla dışarı atılabilir. Testisler ise erkek üreme organı olup, genellikle bütün tatlı su balıklarında çifttir ve büyüklükleri üreme mevsimiyle ilgili olarak çok değişim gösterir. Erginleşmiş bir balığın, üreme döneminde testislerinin rengi beyazımsı olup, lekesiz dümdüz bir görünüşe sahiptir. Üstündeki kılcal kan damarları gözlemlenmez. Ağırlıkları da ovaryuma

nispeten daha az olur ve ergin durumda iken en fazla vücut ağırlığının %12'si civarında olabilirler (Mılls, 2008; Saygı, 2009).

Genel olarak bir çift bez durumundaki ovaryumlar, granül halindeki bir görüntüde olur ve hava kesesi bulunan balıklarda bu keseye yapışık vaziyette bulunurlar. Yumurtlama mevsimi yaklaştığında ovaryumların büyüklüğü giderek artar, bu sayede visceral boşluğu doldurur ve olgunlaşmış haldeki yumurtalar gözle görülebilecek kadar birbirlerinden ayrılmış vaziyettedir. Yumurtaların büyüklüğü tipe göre değişir ve balık büyüklüğü ile ilgili değildir. Bununla birlikte, yumurtanın büyüklüğü yumurta sayısı ile ilgili olup yumurta ne kadar küçük ise sayısı o nisbette fazla olur. Örnek olarak Dere Kayası diye tanınan Çöpçü balığı, *Nemacheilus'*in yumurtalarındaki büyüklük, "*Cyprinus carpio"* gibi çok iri vücut yapısına sahip balıklarınkinden dahi daha büyüktür. Döllenme dışı olan balıklarda, döllenmeye uğramış yumurtanın gelişmesi su içine, bırakıldığı yerde oluşur. Embriyonik gelişim esnasında genel olarak şeffaf olan yumurta içerisindeki yavrular, dışarıdan rahatlıkla izlenebilir (Walker, 1962; Saygı, 2009). Yumurtlama ile çoğalan akvaryum balıkları oldukça geniş bir perspektife sahiptir, fakat günümüzde akvaryumculuk alanında çokça tercih edilen; Japon balığı, Zebra balığı, Melek balığı, Çiklet balığı ve Beta balığıdır.

Japon balığı

Japon balığı, sazangiller familyasından bir balık türüdür. Çok sık olarak kalitesiz ve düzensiz yemlemele kabız hastalığına yakalanmalarından dolayı haftada bir olarak mutlaka ıspanak yaprağı (haşlanmış) ile ve haşlanmış bezelye ile beslenmelidir. Ayrıca bezelyelerin haşlanma işleminden sonra kabuğundan arındırılmalıdır. Bu balıklar beslenilecek bir akvaryumun içerisinde Japon Balıklarının başına en az 20 lt su hacmi düşmelidir ve Japon balığı için pond türü yemler risk grubundadır, çünkü balıkta hava kesesi problemine yol açabilmektedir. Japon balıkları için genelde pul ve granül türü yemler tercih edilmelidir ve Japon balıklarındaki diyet bitkisel olması daha uygundur. Gerekli şartlar sağlandığı zaman Japon balıkları 25 yaşına kadar yaşayabilme eğilimindedir. Üreme yaşları minimum 1-1,5 yaşlarındadır ve cinsiyetlerinin belirlenmesi için uygulanacak en iyi yöntem yumurta bırakmalarını beklemek ve gözlemlemektir. Dişiler erkek balıklar tarafından kovalanır ve erkek balık dişinin karın kısmına vurarak yumurtaları dökmesine olanak sağlar (Walker, 1962; Ekinci, 2006).



Şekil 7. Japon balığı (URL-7, 2019).

Zebra balığı

Zebra Balığının sazangiller familyasına ait (*Cyprinidae*) ve doğal yaşam alanı Asya olan, 4–6 cm boylarında, yumurtalarıyla çoğalan tropikal bir balık türüdür (Şekil 8). Genellikle 80 -180 civarında yumurta bırakırlar ve yumurtalarınada kendisi bakar. Diğer akvaryum balıkları ile beraber barışçıl olarak yaşayabilir, fakat çiftleşme döneminde geçimsiz davranışlar gösterebilir. Genetik araştırmalar ile kullanılan ve oldukça hareketli, ayrıca barışçıl bir balık türüdür. Akvaryumlarda kolaylıkla çoğaltılabilir. Yüzecek geniş alan bulunan, bitkili akvaryumlarda severek yaşar. Zebra balıkları sürü balıklardır ve akvaryumlarda grup halinde yemlenmesi gerekmektedir. Hepçildirler ve Danio rerio ya da Brachydanio rerio, zebra danio veya zebra balığı olarak da bilinirler. Popüler akvaryum balıklarındandır ve balık beslemek isteyenler için kolay bir tercihdir. Zebra balığı, Doğu Hindistan'ın Ganj Bölgesi'nde, Güneydoğu Himalayalar' da, Bangladeş'te, Pakistan'da, Myanmar'da ve Nepal'de görülür. Çoğunlukla pirinç tarlaları, küçük akıntılar, kanallar gibi düşük debili veya durgun sularda yaşamayı severler. Avustralya ve Japonya 'da akvaryumlarda sıklıkla kullanılır. Kolombiya'da doğal ortamlarda rastlanmıştır fakat bunun sebebi büyük ihtimalle bir akvaryumdan bırakılmış ya da kaçmış olmasıdır (Segers, 2004).



Şekil 8. Zebra balığı (URL-8, 2019).

Melek balığı

Melek balığı *Cichlidae* (çiklitgiller) ailesinden olan ve doğal yaşam alanı Peru, Amazon Nehri havzası Kolombiya, Essequibo nehri Guyana, Oyapack nehri Fransız Guyanası, Brezilya olan bir balık türüdür (Şekil 9). Neredeyse 10 cm boy uzunluğuna erişebilen melek balığı, tatlı sudalarda yaşayabilen bir balık türüdür ve bitki örtüsünün çok yoğun olduğu alanlarda, bataklıklarda yaşamlarını sürdürürler. Doğal yaşamında su koşulları 24-30°C sıcaklıklarda, 6-8 pH'da, 5-13 dH sertlik derecesine sahip alanlarda yaşarlar. Yüzgeçleri uzun olduğu için yüksek akvaryumlar içerisine bakılması önerilir. Genellikle üreme dönemlerinde kendi türleri ile ve diğer tür balıklarına karşı agresif davranış sergilerler. Yiyebileceği kadar küçüklükteki balıklarla (neon tetra), kuyrukları uzun ve sakin olan balıklarla (lepistes, japon balığı) ve ayrıca bağışıklıklarına yabancı mikrobik canlıların bulaştırabilmesi durumundan dolayı diskuslarla da beslenmesi tavsiye edilmemektedir (Alpbaz, 2010; Fricke, 2019).

Soyunun kalitesine ve beslenmesine göre 6-12 ay içerisinde cinsel olgunluğuna ulaşır. Cinsiyetinin ayrımının yetişkin boyuna gelmeden yapılması zor olmaktadır ve erkek cinslerinin kafaları hörgüç şekillidir. Ek olarak üreme mevsimlerinde erkeklerin üreme tüpü sivri ve ince, dişilerin ise nispeten daha yuvarlak ve kalındır. Dik alanlarda (cam, koni yumurtalık) ve sert, geniş yapraklı bitkilere yumurtalarını bırakırlar. Dişinin soyuna, yaşına, sağlığına, kondisyonuna bağlı olarak 100-1200 sayıda yumurta yumurtlayabilirler. Yumurtalarını anne-baba birlikte korurlar ve beslenmeleri için canlı yem (yetişkinlere su piresi, tubifeks, yavrulara ise artemia,) verilmesi ihmal edilmemelidir çünkü hepçildirler (Alpbaz, 1984; Segers, 2004).



Şekil 9. Melek balığı (URL-9, 2019).

Stres tanımı ve kavramı

Stres, hayatımızda var olan kaçınılmaz bir gerçektir. Günümüz koşullarında ve çağında insanlarda ve hayvanlarda; çeşitlilik, rekabet, hızlı değişim gibi koşullara ayak uydurmaya çalışabilmekte bu da zaten var olan stres sınırını daha da yükseltmektedir. Günlük yaşamımızda herkes tarafından kullanılan bir kavram olan stres, son zamanlarda üzerinde yapılan çalışmaların artmasına rağmen insanoğlunun varolduğu günden itibaren varlığını devam ettiren bir durumdur (Altunay, 2006; Başal, 2007).

Latin kökene sahip bir kelime olan Stres, estrictia sözcüğünden gelmiştir. 17. yüzyılda dert, felaket, keder, musibet, bela gibi anlamlarda da kullanılagelmiştir. 18 -19. yüzyıllarda ise bir nesnenin yada insanın, var olan bir tür gücün etkisi aracılığı ile biçiminin bozulması, çarpıtılması karşısında oluşturulan direnç anlamında da kullanılagelmiştir. Geçmiş zamanlardan günümüze kadar stresle alanında yapılan araştırmalar birbirlerinden farklılık göstermektedir. Bilim adamları strese sebep olan olayların stres belirtileri ve stres sonucu oluşan durumlara göre stresin tanımlarını farklılaştırmaktadır. Stres sözcüğü ilk kez 17. yüzyılda elastik yapılı nesne ve ona uygulanabilen dış gücün aralarındaki ilişkiyi açıklamak adına Fizikçi Robert Hook tarafından dile getirilmiştir. Farklı bir fizikçiye göre ise stresin tanımı; ‘‘*Kişinin kendi içinde ya da çevresinde olumlu ya da olumsuz yönde değişiklikler meydana geldiği zaman kişinin bu*

değişiklikleri algılaması sonucu gösterdiği fizyolojik ve psikolojik tepkilere '' olarak tanımlanmaktadır. Stres, ''*kişinin içinde bulunduğu ortam ve iş koşullarının onu etkilemesi sonucunda, vücudunda özel biyokimyasal salgılar oluşarak kişinin zihinsel ve bedensel sağlığını olumsuz yönde etkileyen psikolojik bir durum*'' olarak da tanımlanabilir (Ackerman, 1999; Altunay, 2006).

Stres; vücudun dengesini bozabilen çeşitli ve zararlı anormal durumlarla karşılaşıldığında vücudun gösterdiği tepkidir ve dışarıdan uygulanacak herhangi bir etki sonucunda vücudun gösterdiği dirençtir. Bireylerde dengesizlik ve gerilimin ortaya çıkmasında etkili olan psikolojik veya fiziksel bir tepkidir. Stres, kişileri psikolojik yönden etkilediği gibi; aynı zamanda bu etkinin fiziksel sonuçları da görülmektedir. Keith Davis tarafından stres şu şekilde tanımlamıştır: Stres bir şahsın duygusunda, düşüncesindeki süreçlerde ya da fiziksel şartlardaki gerilim durumudur. Stresin şahıslar üzerinde yaptığı negatif etkinin yanı sıra motive edici ve olumlu bir yönü de mevcuttur. Bu anlamda ise; stres yaşamamızı renklendiren etkili bir güdüleyici olabilmektedir. Ne olimpiyatlarda başarılı olan atletler normal şekilde antrenman yaparken rekor kırabilir, ne de bir aktör sahne öncesinde hazırlandığı provalarda yüksek düzeydeki başarısını yakalayabilmektedir. Onlar da hepimizde olduğu gibi, en yüksek performansı, heyecanlı seyircilerinin önüne çıkarken ki verdiği stres aracılığıyla kavuşurlar. Bir olguyu kavramanın sebeplerinden biri, onun zıt anlamını ortaya çıkarmaktır. Bundan dolayı, stresin ne olduğu konusundaki olgunun tam anlamıyla anlaşılması için, ne olmadığının anlaşılması gereklidir (Deaton, 2009; Yanar, 2009).

Stres, sadece sinirsel bir gerilim olmadığının öncelikle anlaşılması gereklidir. Stres daima belli olmayan bir hasar sonucu meydana gelmez. Stres kaçınılabilecek bir şey değildir ve stresten tamamıyla kurtulmak ancak ölümle mümkün olabilir. Stres hakkındaki tanım ve açıklamalar ile aşağıdaki verilere ulaşıla bilinir:

-Stres, insanların fiziksel ve sağlık durumlarını etkileyerek onlarda duygusal bir gerginlik yaratan bir süreçtir.
-Stres, insanın bedeninin çevresin yardımıyla gelebilen zorlayıcılara karşı uyum sağlamasının yanında normal bir insan bedeninde oluşan bir süreçtir.
-Streste tehlike vardır ve bu tehlikede önem algılanmalıdır.
-Stres, insanı harekete geçirir.
-Stres, çevre ve kişinin etkileşimi sonucu meydana gelir.

Stresör kavramının anlamı

Stresör, strese neden olan her bir etmendir. Şahıslar için bazı stresörler daha anlamlıdır ve bu anlamda şahsın aile yaşamı ve çevresiyle bağlantılıdır. Strese

nedeni olan etmenler, şahsın uyum kapasitesini değişime uğratan, stres yaşamasına neden olan dış veya iç ortamdan kaynaklı etkenlerdir. Stres sebebi olan etmenler çevre ya da şahsın kendi içinden gelen talep ya da baskılarıdır. Strese sebep olan etmenler (Güçlü, 2001; Çatlı, 2010).

-Kimyasal etkenler.

-Fiziksel etkenler.

-Çevresel etkenler

-Şok etkenlerdir.

Balıkların stresten uzak tutabilmesi amacıyla kültür şartlarının (oksijen, ışık, sıcaklık, stok yoğunluğu vb.) optimum düzeyde sağlanması, uygun yemlerin kullanılması, su kalitesinin yüksek tutulması, gereksiz kimyasal ve ilaç kullanımından uzaklaşılması ve gürültü koşullarının minimum düzeye indirilmesi gibi şartlara azami bir şekilde özen gösterilmesidir. Şekil 10. da belirtilen genel uyum sendromu ise oluşan aşamaları incelemiştir (Warren, 1978; Deaton, 2009).

Çeşitli stresörlere maruz bırakılan farklı balık türlerinde stresörün etkisi

Stresör kavramı yapay su alanlarında ve doğada yaşayan balıklarda belli parametrelerin eksikliği veya aşırı yüksekliği ile karşımıza çıkabilmektedir.

Oksijen yetmezliği

Kanal kedi balığı, plati, Afrika çikletleri üzerinde yapılan oksijen düzeyine bağlı olarak stres balıkları şu şekillerde etkilemiştir. Solungaç, karaciğer, dalak ve böbrekte; histopatolojk nekroz, hiperemi, ödem, kanama, hiperplazi, Arka böbrekte glamerüler kan toplaması, hemoraji ve ödem, Solungaç lamellerinde uzama ve solungaç hücrelerinde aşırı büyüme görülmüştür (Scoot, 1980)

Besin yetersizliği

Atlantik morinası üzerinde yapılan besin testlerinde morina balığına yetersiz ve kısıtlı besin verilmiş ve sonuç olarak karaciğerde depolanan glikojenin azalmasıyla enerji tüketimi artmıştır (Küçük, 2008; Alpbaz, 2010).

Stok yoğunluğu

Çipura, tilapya, Gökkuşağı alabalığı ve mücevher balığı üzerinde yapılan stok yoğunluğu testleri sırasında kanda glikoz ve kortizon düzeylerinde artış, kas dejenerasyonu, klorid hücrelerinde çoğalma ve son olarak beynin önemli bir bölümü olan optik tektumda bulunan sinir hücrelerinde hem nitel hem de nicel yapıda değişimler gözlemlenmiştir (Burgess, 1982).

Sıcaklık değişimi

Sazan balıkları üzerinde uygulanan deneyde sıcaklık farklılıklarının olduğu bir uygulama izlenmiş ve bu uygulama sırasında farklı sıcaklıklar verilmiş ve vücut fonksiyonları izlenmiş uygulama sonucunda sazan balıklarında Akyuvarların savunma mekanizmalarının harekete geçmesi zorlaşmış ya da durmuştur (Kurata, 1995).

Kirletici maddeler

Doğada bulunan balıkların koşulsuz en savunmasız oldukları yer çevreleridir. Bu çevrede onları en çok rahatsız eden ve strese maruz bırakan ise kirlilik ve kirletici maddelerin varlığıdır. Kirletici maddeler çeşitli şekillerde balığa rahatsızlık verebilir. Solungaçlarını tıkayabilir ya da balığın ağzına kaçabilir. Tatlı su balıkları üzerinde uygulanan kirletici madde testi sonucunda mukus ve klorid hücrelerinde artış, solungaç lamellerinde artış, kılcal damarlarda genişleme ve ödem tespit edilmiştir (Adams, 1997).

AKVARYUM BALIKLARINDA STRES FAKTÖRLERİ

Akvaryum balıklarını etkileyen ve stres oluşumu sağlayan birden fazla sebep vardır. Akvaryumun yapısının balık yaşam ve hayat döngüsüne elverişli olmaması kullanılan suyun yapısının balığın biyolojik yapısına uygun olmaması ve kirli olması, akvaryuma kullanılan materyallerin uygun şartlarda kullanılmaması ve gelişigüzel olarak akvaryum sistemine entegre edilmesi, oluşan hastalık veya hastalıklar sonucu gerekli tedavinin uygulanmaması yada verildikten sonra önlem alınmaması ve stresör etkenlerinin tespit edilememesi gibi bakımdan sorumlu kişilerin hataları da balıklarda stresör etmenler oluşturabilir (Aşkar, 2007).

En basitinden akvaryum kurulumu yapılan alanın yanlış seçilmesi ve ışık ayarının yeterince yapılmaması akvaryum içinde bulunan bakteri florasının aşırı üremesine yol açarak suyun kokmasını ve bozulmasını sağlar. Fiziksel etmenler, kimyasal etmenler ve diğer etmenler olmak üzere stresör kavramı çeşitlilik göstermektedir. Stres faktörünün devamı halinde ise öncelikle fizyolojik ve immünolojik olarak vücut bir karşı tedbir mekanizmasını devreye alır, karşı koymaya çalışır ama stresör devam ettiği sürece vücut sistemi yeterli tepkiyi oluşturamadığını düşünüp alarm aşamasına geçmekte ve yeterli tepkiyi oluşturmaya çalışır. Stres faktörü devamı halinde ise son aşama olan tükenme aşamasına geçerek stresör ile mücadele etmeyi bırakır (Nazır, 2003).

Elde edilen bulgulara göre balıkların ışık lümenindeki değişiklik ile bile strese girebildiği ve bu stresle doğurganlığı azaldığı ve su yüzeyinde hareketsiz kaldığı gözlemlenmiştir. Stres sürekli olacaktır. Ancak basit şekilde dizayn edilmiş

akvaryumların ve doğal bir taklit haline gelmesiyle de beşerî stres faktörleri azaltılabilir (Ekinci, 2006; Yanar, 2009).

Akvaryumdan Kaynaklı Stres faktörleri

Akvaryumlar su altında yaşayan balıkların dünyasını keşfetmemize olanak sağlamaktadır. Ancak bunu yaparken doğal ortamlarından uzaklaştırılan bu canlılar yanlış yöntem ve besleme tercihiyle balıkların ait olduğu dünyadan bir anda kopartılıp adapte olması uzun bir süreç olan akvaryumlara aktarılması bu canlıları çeşitli stres etmenlerine maruz kalmalarına sebep olmaktadır (Alpbaz, 1984; Fox, 2007).

Akvaryumun hacmi

Balıkların yaşamını sürdürebilmesi için gerekli olan en mühim ihtiyaç koşulsuz sudur. Akvaryumda bulunan balıkların, balık başına su ihtiyacı hesaplanmalı ve buna göre akvaryumun toplam litresi belirlenmelidir. Şekil 10 da kalabalık bir akvaryum görülmektedir. Basit bir örnek verecek olursak 20 adet balığın su ihtiyacını balık başına 10 litre olarak baz alıp hesaplarsak bize gerekli olan 200 litrelik bir akvaryumdur. Ancak balıkların ilerde büyümelerini de baz alırsak 250 litrelik bir akvaryum yeterli olacaktır (Öğüt, 2005; Küçük, 2008). Kalabalık bir hacminden fazla balık atarsak su içindeki balıkların oksijen seviyeleri bundan ilk etkilenecek olan olacaktır. Ardından balıklar sürekli bir yerlere ya da birbirlerine çarparak birbirlerinin stresörü olacaklardır (Alpbaz, 2010).



Şekil 10. Kalabalık bir akvaryum (URL-7, 2013).

Akvaryumun konumu

Akvaryumun konulacağı yer belirlenirken akvaryumun çok ışık alabilen ve devamlı güneş görecek bir yere yerleştirilirse ve uygun bir fıltrasyon düzeni kurulmaz ise yeşil alglerin çabuk üremesi nedeni ile akvaryumun içi kısa zamanda yeşil bir su hâline bürünür. URL-8, 2019. Da ise özel tasarlanmış bir akvaryum gösterilmektedir. Eğer pencereye çok yakın yerleştirilir ise dışarıdaki hava değişiklikleri direkt akvaryuma etki eder akvaryumdaki doğal dengenin bozulmasına neden olur. Bu durum çok hassas bir termostat ile güçlü bir ısıtma sistemi kullanma zorunluğudur. Eğer akvaryumlar belirli şekillerde ve balıkların strese gireceği şekillerde konuşlandırılırsa ortamlarda bulunan hava, ışık ve vb. çeşitli stresör kavramları balıkları strese sokabilir (Yaman, 2003; Kallman, 2006).

Akvaryumların yerleştirilmesi sırasında önceden belirli bir düzen ve disiplin gereklidir ve akvaryumlar yerleştirilmeden belirli faktörlere dikkat edilmelidir (Hekimoğlu, 2008).

Akvaryum yerleştirilirken dikkat edilecek hususlar.

- Akvaryum günde ancak 2–3 saatten fazla güneş almayan bir yere konulmalı.
- Pencereye çok yakın olmamalı.
- Hava akımının kapalı olduğu yerlerde olmamalı
- Yapay ışık balıklara zarar verecek kadar parlak olmamalı
- Elektrik tesisatına çok uzak olmamalı
- Oturma yerine yakın olmalı.
- Başka evcil hayvan kafesleri varsa bunlara yakın olmamalı
- Oturuş hâlinde rahatça izlenebilmeli.
- Su sirkülasyonu için su tesisatlarına çok uzak olmamalı
- Akvaryumun yerden yüksekliği 90–100 cm'yi geçmemelidir. Böylece oturulan yerden dik bir görüş açısı ile akvaryumu izlemek mümkün olur.



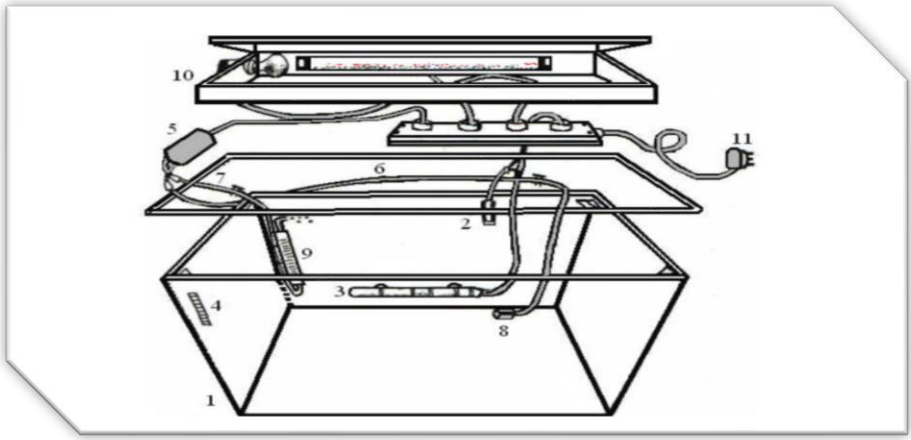
Şekil 11. Geniş alana konumlandırılmış akvaryum (URL-8, 2019).

Akvaryumun kurulumundan kaynaklı sebepler

Akvaryumun kurulması da oldukça önemli bir mekanizmadır. Yanlış kurulan bir akvaryum düzeni balıkları strese sokabilir. Buradaki kum, taş, çakıl, havalandırma sistemlerinin gücünün yanlış hesaplanması ve çeşitli birçok sebebi kapsar (Hekimoğlu, 2008; Saygı, 2009).

Basit bir akvaryum şöyle kurulur:

- Termostatı akvaryumun üst kenarına ve termostatın ayar kısmı suya girmeyecek şekilde yerleştirilir.
- Akvaryumun dibine kum, çakıl serilir.
- Birisini hava taşına diğerinde süngerli filtreye takılır.
- Termostat ısıtıcıya takılır ve ısıtıcı akvaryumun dip kısmına yerleştirilir.
- Termometre camın yan kenarına lastik vantuzu ile tutturulur.
- Üçlü grup prize ışıklandırma, hava pompası ve termostat fişleri takılır.
- Hava pompasından gelen boruyu hava dağıtıcısına bağlanır. Dağıtıcıdan 2 hortum çıkarılır.



Şekil 12. Akvaryum kurulum şeması (Alpbaz, 2010)

Şekil 12 de' ki şemada bir akvaryumun sağlıklı şekilde nasıl kurulması gerektiğini belirtir ve gösterir. Üç numarada yer alan hava sirkülasyon pompasının yerini su yüzeyine yakın bir yere yerleştirirsek suyun sirkülasyonu balıkların hareketlerini etkiler ve sağlıklı yüzmesini engellemektedir. Bunun için en çok dikkat edilecek konu akvaryumun kurulumundan önce dikkatlice davranmak olacaktır (Segers, 2004; Beyazıt, 2007; Alpbaz, 2010).

Akvaryumda bulunan çeşitli malzemeler

Günümüzde en çok talep edilen şey dekorasyondur. Bunun için su ürünlerine av sahipliği yapan akvaryumlarda daha loş bir görünüm ve kalite için balıkları etkileyebilecek çeşitli dekoratif malzemelerle donatılmaktadır. Bazen suyun akışıyla yıpranan bu malzemeler önce aşınmakta ardından da aşınan malzemeler suya karışmakta ve suyun kalitesini bozmakta bazen ise bu parçalar balıklar tarafından yem sanılarak tüketilmekte ya da balıklara zarar vermektedir (May, 1989).

En çok karşılaşılan ise akvaryumun diplerine serilen boncuk şeklindeki taşların balıkların ağızlarına takılması ve bu şekilde hayati olarak balıkları etkilemekte ve zarar vermektedir. Bu sebeple akvaryumda yer alan malzemeler dikkatli ve özenle seçilmelidir. Akvaryumda kullanılan taşlar balıkların yutamayacağı büyüklükte olmalı ve ayrıca kesici ya da ucu sivri şekillerde balıkların derilerini yırtmayacak şekilde olmalıdır. Akvaryumların camını kirletebilecek ve balıkların yine yem olarak algılayacağı kum ve toz benzeri yapıdaki aksesuarlar tercih edilmemelidir (Segers, 2004; Hekimoğlu, 2008).



Şekil 13. Deniz kumu içeren bir akvaryum (URL-9, 2016).

Akvaryumların içericinde yer alan ve yine dekoratif amaçlı kullanılan yapay bitkilerde kullanılmamalı gerekli şart ve koşullar optimize olduktan sonra canlı bitkiler kullanılmaya çalışılmalıdır. Kullanılan yapay bitkiler; balıkların derilerini yırtabilir, otçul balıkların bu bitkileri yemeye çalışması sonucu balık zarar görebilir. Ardından da vücudunda oluşan yangılar sonrası strese girebilmektedir. Buradaki amaç stresör kavramını benimsemek ve balıkları strese sokan etmenleri uzaklaştırmak olmalıdır (Wantland, 1956; Alpbaz, 1984; Alpbaz, 2010).

Fiziksel parametrelerden kaynaklı stres faktörleri

Canlıları etkileyen beşerî faktörlerin yanında en çok etkili stres faktörleri ışık, hava, su vb. çeşitli fiziksel etmenlerdir. Buradaki stres faktörleri çoğunlukla yeri sabit olan akvaryumlar için uzun süreli ve hayati stres faktörleridir. Bu sebeple en çok dikkat kesilmesi gereken ve üzerinde durulması gereken konulardan biridir. Fiziksel stres parametrelerini inceleyecek olursak.

Işık faktörü

Doğal ya da yapay olarak karşımıza gelen ışık kaynakları balıkların biyolojik saatlerinde önemli bir yere sahiptir. Balıkların üremesinden büyümesine kadar son derece etkili bir konudur. Akvaryumların kapağına floresan lambalarının takılması en yaygın kullanılan ışıklandırma sistemidir. Bunun haricinde, halojen (HQI) ve cıva buharlı (HQL) lambalar da akvaryum aydınlatması için tercih edilirler. Gücü olan ışık ve spektrum özellikli halojen lambalar daha çok deniz akvaryumları için tercih edilir. Akvaryumlar, 10–12 saat boyunca her gün aydınlatılma yapılmalıdır. En ideal ışıklandırma sistemi, otomatiğe bağlanarak yapılan ışıklandırmanın düzenli olmasını sağlamaktır (Lobel, 1998).

Akvaryumun taban kısmına kadar yeterli bir ışıklandırma istenen bir durumdur ve ışık kaynağının gücü akvaryumun yüksekliğine göre ayarlanmalıdır. Bitkilerin türlerüne göre ışık gereksinimleri farklı olabilmektedir. Genellikle bitkiler, düşük ışık ile yetinenler, orta şiddet ve yüksek şiddette ışık şiddeti gereksinim duyanlar diye üç grupta toplanırlar. Herhangi bir bitki türü tanıtılırken bu gruplardan hangisi içerisine girdiğinin altı çizilir ve ışık şiddeti lux birimi ile ifade edilir (Lobel, 1998; Ekinci, 2006).

Buradaki temel stresör ışık kaynağının gücü ve balık türünün ışık hassasiyetidir. Gölgede yaşamayı seven bir türe yüksek şekilde ışık verilirse adaptasyon sağlanamayacak ve balık bulunduğu yeri yadırgayacaktır.

Isı faktörü

Akvaryum balığının yetiştiriciliği yapılırken en önemli konulardan birisidir ve Isıtıcı-termostatın amacı akvaryumun sıcaklığını istenen sıcaklıkta olabildiğince sabit tutmaktır. Isıtma sisteminde oluşabilecek ve fark edilmeyecek hatalar neticesinde balıklarda hasar bazen de ölümler meydana gelebilir. Su sıcaklığı yükseldikçe su içerisindeki erimiş oksijende de azalma meydana gelir. Bu nedenle su sıcaklığı yükseldikçe havalandırma hususuna da dikkat edilmelidir. Çok kalabalık olmayan akvaryumlarda elektrik kesilmesi nedeni ile 4–5 saat hava verilememesi balıklara çok büyük zarar vermez (Tavolga, 2002; Ekinci, 2006).

Isıtıcının gücü akvaryumun büyüklüğüne göre hesaplanmalıdır ve genel anlamda 1 lt hacim için 1 watt ısının yeterli oladuğu kabul edilir. Örneğin 50 lt'lik

bir akvaryum için 50 watt'lık, 100 lt'lik bir akvaryum için 100 watt'lık ısıtıcı konulmalıdır. Fakat bu oran oda ısısına da bağlı olarak değişim gösterebilir (Ekinci, 2006; Alpbaz, 2010).

Akvaryum ısıtması yapılırken akvaryumun her yerini her zaman eşit bir şekilde ısıtılmasını sağlamak amacıyla yapılabilmektedir. Bunun içinde ısıtıcının akvaryum da dip kısımlara yerleştirilmesi ve eğimli bir biçimde taban kısımlarına kum ve çakıl yerleştirilmeli ve sonra ısıtıcı en çukur olan yere yerleştirilmelidir. Bu sayede ısınan suyun üste yükselmesi sağlanır, ayrıca hava, balıkların hareketi ile sıcaklık her yere dağılım gösterecektir. Akvaryumun bulunduğu oda içerisinde sıcaklık koşulları ısıtmayı önemli derecede etkiler ve ayrıca kaloriferli odalarda dahi gece yarısı kaloriferin söndürülmesi nedeni ile ısı değişiklikleri de olabilmektedir. Bu sebeple kullanılabilecek ısıtıcı düzeninin gücü en soğuk zamanda bile akvaryumda 23–27 ℃ sıcaklıkta olmalıdır (Ekinci, 2006).



Şekil 14. Akvaryum ısıtıcısı düzeneği (Alpbaz, 2010).

Isıtıcı ve termostatın ayarı oldukça önemlidir. Bu işlem aşağıdaki sıralamadaki gibi yapılmalıdır:

- Önce ısıtıcıyı akvaryumun dibine yakın yerleştirilir.
- Termostatı üst kısmı suya girmeyecek şekilde akvaryumun kenarına asılır.
- Isıtıcının fişini termostatın fişine takılır.
- Termostatın fişi prize takılır.
- Termometre ile suyun sıcaklığını ölçülür.

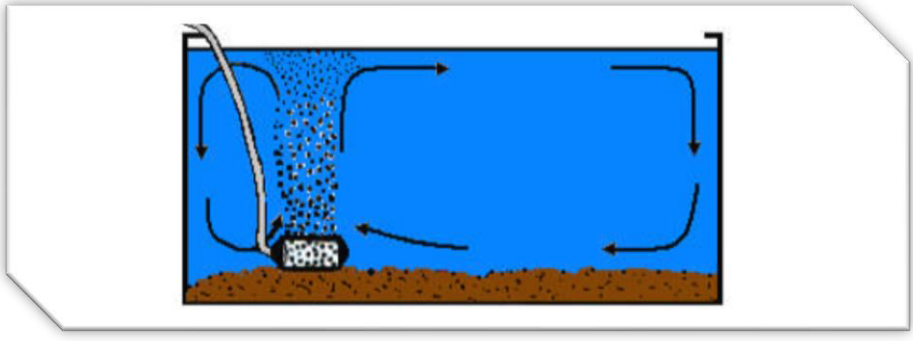
5.2.3 Akvaryumun havalandırılması ve filtrasyon faktörü

Akvaryumdaki hava miktarı sudaki balıklar açısından çok önemli bir stres faktörüdür. Su içerisinde bulunan çeşitli gazlar ise bakteriler için çok önemlidir bu sirkülasyonu sağlayacak havalandırma sistemi stresör kavramlarını azaltmak adına çok önemlidir.

Akvaryumun havalandırılmasında hava pompalarından yararlanmaktadır. Su içerisinde erimiş hâlde bulunan oksijenden yararlanarak yaşamlarını sürdürürler. Su içerisinde oksijenini erimiş olarak bulunması ancak suyun hava ile temas etmesi hâlinde mümkündür. Genel olarak akvaryumların içindeki suyun hava ile temas eden üst düzeyinde bu alışveriş az miktarda olur (Alpbaz, 1984; Fox, 2007).

Hava pompaları titreşimli ve pistonlu veya devamlı döner fanlı şekilde imal edilirler. Hava pompaları hangi sistemle çalışırsa çalışsın sessiz olarak hava verenleri seçilmelidir. Verimli bir şekilde havalandırılamayan akvaryumlar oksijen düzeyinden fakir olurlar ve balıkların yaşaması için gerekli olan su atmosferine sahip olamazlar. Hava pompalarının mümkün ise akvaryumdan biraz yüksek bir yerde tutulmalıdır (Popper, 2009; Alpbaz, 2010). Biyolojik filtrasyon ile süzmede özellikle ayrışan maddelerden meydana gelen amonyağın giderilmesi önemlidir. Çünkü balıkların artıklarıyla ve artıklarından oluşan amonyağın uzaklaştırılması gerekir. Bu bakımdan amonyağın zararsız nitrat bileşiklerine dönüştürülmesi için bir grup yararlı bakteri görevlendirilir. Bu bakteriler çakılların üst katmanlarına yerleşirler, bunların oksijence zengin bir ortamda kalması hâlinde (aerobik) takviye edilip güçlendirilmeleri lazımdır (Noga, 1996). Şekil 16 da' ki görselde filtrasyon sistemi gösterilmiştir. Genelde istenilen Filtrasyon döngüsü ve havalandırma da bu şekildedir.

Su içerisine verilen hava sudan çok hafif olduğundan hemen su yüzeyine çıkar. Eğer hava 1 cm çaplı bir borudan verilecek olursa hava kendisi ile birlikte alttan aldığı suyu da yukarı doğru taşır ve üstten bir çeşme gibi su verir. Böylece alttaki suyu çekerek üste verdiği gibi boru içinde su hava su ile yükselirken aynı zamanda da havalanmış olur. Bu prensipten faydalanarak çeşitli filtrasyon sistemleri kurulabilir (Ekinci, 2006; Mılls, 2008).



Şekil 15. Akvaryum filtrasyon döngüsü (Mılls, 2007).

Suyun kimyasal yapısından kaynaklı faktörler

Genel anlamda akvaryum için ideal bir su önerisi pek mümkün olmamakla beraber, her balık kendisine özel su özellikleri isteyebilmektedir. Akvaryumların birbirine benzer özellikler yaşayan balıklar yetiştirildiği anda su bakımından her hangi bir problem teşkil etmemektedir. Çeşme suyu bu amaçla kullanım alanı bulabilmektedir. Civarında lağım ile bağlantısı olabilen kuyu suları kullanılmamalı ve şehir şebeke sularının da akvaryum suyu olarak kullanılabilmesi açısından bir sakınca olmadığı belirlenmiştir. Ancak klorlu olduklarından balıklar için zararlıdır. Bu nedenle şehir şebekesinden alınan su kullanılacak ise bu suya balık bırakmadan önce mutlaka 24 saat veya daha fazla bekletmek gerekir. Böylece sudaki klor uçarak su kullanılabilir hâle gelecektir (Segers, 2004; Mılls, 2008).

Ekonomik açıdan pahalı olmasına rağmen evlerde içme suyu olarak kullanan damacana sular akvaryumlar için daha uygundur. Farklı durumlarda ise dinlendirme yapılmış yağmur suları da akvaryumlar açısından uygunluk teşkil eder. Akvaryumlar içerisindeki su kullanıldıkça buharlaşma gösterir. Buharlaşmanın sonucunda akvaryumlara yeni su ilavesi gerekmektedir. Yapılan incelemeler kaloriferli olan odalar da 80–100 lt'lik bir akvaryum içerisinde iki hafta 8–10 lt'lik suyun buharlaştığı belirlenmiştir. Fakat her seferinde biraz sert yapıda olan çeşme suyu ilave edildiği zaman 3–4 ay içinde akvaryumda ki suyun sertliği iki katı olabilmektedir. Bunu engellemek için ek yapılan suyun yumuşak yağmur suyu, memba suyu, saf su yada kaynatılmış su tercih edilmesi daha faydalı olacaktır. Bunlar genelde uygulama yapılmadığı için, akvaryum suyunun l/3'ü ayda bir değiştirilmek açısında yararlı olacaktır. Hatta akvaryumun çok kirlendiği durumlarda suyu değiştirmek gerekmektedir ve suyun yarısından fazlası değiştirilmemeli, ek olarak eski suyun yarısı mutlaka akvaryum içerisinde bırakılmalıdır (Alpbaz, 1984; Dalmo, 2005).

Her ne kadar akvaryum suyunun tümünün değişmesinin uygun olmadığı belirtilmiş ise de bu durum normal durumlar için geçerlidir. Eğer akvaryumda bir hastalık çıkmış ise suyun hepsini değiştirmek gerekebilir. Bu durumda balıklar ve tüm gereçler dezenfekte edildikten sonra zorunlu olduğu için yenilenmiş su ile çalışılabilir. Bunu zorunlu durumlar tayin edecektir. Akvaryumların suları gerekmedikçe değiştirilmemelidir. Bir akvaryum suyunun tümünü bir defada temizlenme maksadıyla değiştirilmesi uygun değildir (Mılls, 2008; Popper, 2009).

- Başarılı bir akvaryumculuk için su bakımından şunlara dikkat edilmelidir
- Su sıcaklığı sabit tutmalı.
- Temiz su kullanılmalı.
- Dinlendirilmiş su kullanılmalı.

- Yemleme hiçbir zaman aşırı yapılmamalı.
- Klorlu su havalandırarak (bekleterek) kullanılmalı.
- Tüm akvaryum suyu değiştirmemeli.
- Ayda bir 1/3—1/4'ünü değiştirmek yeterlidir.
- Fazla balık konulmamalı.
- Gereksiz ilaç ve kimyasal madde kullanılmamalı.
- Su kalitesi incelenmeli
- Bitkilendirme de akvaryumun doğal dengesini bozmayacak şekilde olmalıdır

Akvaryumda balıklarının uyuşmazlığından kaynaklı stres faktörleri

Akvaryum içinde bulunan balıkların birbiriyle uyum içinde yaşamaları son derece önemlidir. Birbiriyle uyumsuz ve geçimsiz olan balıklar saldırgan özellik gösterecektir. Örnek gösterilecek olursak beta balığı çiftleşme dönemleri hariç dişini bile istemeyerek yalnız yaşamakta ve kendisinden farklı bir türle aynı alanda bulunması sonucu son derece saldırgan bir tutum izlemektedir (May, 1989; Çatlı, 2010).

Canlı doğuran balıkların tümünde doğan yavruların korunması ve zayi edilmemesi en önemli konulardan biridir. Yeni doğan yavrular genellikle bir süre sonra ışıktan kaçma eğilimi gösterir. Böylece akvaryumun en karanlık yerlerinde toplanma eğilimindedir. Eğer akvaryumda yeterli bitki var ise en az ışıklı yaprak altlarına saklanarak kendisini yiyebilecek diğer balıklardan kurtulabilir (Bejerano, 1984; Alpbaz, 2010).

Bu ortam yok ise diğer balıklara yem olabilir. Bu durumda yavruluklar kullanılır. Daha önceki bölümlerde verildiği gibi yavruların kaçabileceği aralıkları bulunan bir yere alınan gebe balığın yavruları kolayca dışarı çıkarak kurtulabilir. Genelde iyi beslenmiş analar kendi yavrularını yemez. Bazı akvaryumcular ise kepçe ile yavruları toplayarak akvaryumun kenarına iliştirdikleri yavruluk içerisine alır (Yaman, 2003; Iwanowıcz, 2011).

Akvaryum balıklarında stres sonucu oluşan olumsuzluklar

Stresin balıklar üzerine etkileri stresörlerin devamı üzerine gelişmekte ve canlıyı çeşitli şekillerde etkilemekte ve ölüme kadar götürebilmektedir.

Balık hastalıkları

Hastalık: Canlı organizmanın normal fizyolojik fonksiyonlarını ve biyokimyasal işlevlerini yerine getirememesi haline hastalık=enfeksiyon denir.

Bağışıklığı zayıflayan balıklar hastalıklara karşı savunmasız olabilir ve vücudu göstermesi gereken tepkiyi üretemez ve balık hastalıklara yakalanabilir. Bakterilerin hastalık yapabilmesi için canlının vücuduna girmesi gerekir ve bu açıdan organizmanın vücuduna giriş yollarının en önemlileri burun, ağız, larinx, yutak, trachea, genital organlar, akciğer (balıkta; solungaçlar), sindirim sistemi, göz konjunktivası ve deridir (Ellis, 1996).

Mikroorganizmaların birçok toksit maddeler (toksik substanslar, endotoksin, ekzotoksin, enzimler vs.) meydana getirirler. Bunlar da organizmanın hastalanmasına neden olurlar. Sudaki oksijenin az veya çok olması da hastalık meydana getirebilmektedir. Alabalıklar için sudaki serbest O_2 miktarı 8-9 mg/l olmalı, 4 mg/l solunum güçlüğüne, 3 mg/l'da yavaş, 2 mg/l'de hızlı ölüm meydana gelmektedir. Sudaki O_2 seviyesinin 90 mm Hg basıncının altına düşmesi sonucu hypoxia oluşur. Bu durumda su ile solungaç lameller kapillar damarlarda bulunan kan arasında O_2 değişimi gerçekleşemez. Oksijenin solungaçlardaki kapillar (kılcal) damarlar üzerindeki tersiyer basıncı sudan yüksek olursa sudaki çözünmüş oksijen ozmotik basınç etkisiyle kılcal damarlarda toplanarak ''Gaz Kabarcığı'' hastalığının şekillenmesine neden olur (Bejerano, 1984; Yaman, 2003).

Organizmada hastalık meydana gelebilmesi için pek çok etkenin bir araya gelmesi gerekir. Hastalıklar kökenlerini iç ya da dış etkenlerden alır, bu nedenle balıklarda hastalık oluşumunda çevresel etkenler diğer hayvanlara oranla daha önemlidir. Balıklar sucul ortamda yaşamalarından dolayı suyun kimyasal, fiziksel ve biyolojik etmenlerindeki değişikliklerden çabuk etkilenirler. Bu da balıkların strese girmesine sebep olur. Ayrıca kimyasal atıklar suda çok hızlı yayılması sonucu balıklar zehirlenip toplu ölümlere de sebep olmaktadır (Yaman, 2003; Alpbaz, 2010).

Balıklar içinde yaşadıkları akuatik ortamdaki stres faktörleri nedeni ile beyne gelen iç ve dış uyarımlar hipotalamustan CRFH (Cortikotrofin Releasing Faktör Hormon) un salgılanmasına sebep olur. CRFH'nu ise hipofizin ön lopundan ACTH (Adreno Cortiko Trofik Hormon) salgılanmasına sebep olur ve bu ise böbrekler arası hücrelerden kortikosteroidlerin salgılanmasına yol açar. Diğer açıdan da bu hormonun uyarmasıyla, kromoffin hücreleri etkileyerek ketaşolaminlerin salgılanmasına yol açar ve stresin ilk etkisi olarak da isimlendirilen bu değişiklikler sonucunda oluşan bir dizi biyokimyasal, fizyopatolojik ve davranışla ilgili değişikliklere yol açar (Edmondson, 1991).

Balıklarda stres sonucunda kortikosteroidler ve ketaşolaminler kanın vücuttaki dağılımı üzerine etki ederler ve dalaktaki kan miktarı azalır, solunum ve kalbin atış sayısı artar, kanın pıhtılaşma süresi azalır. Kandaki laktik asit miktarı artar. Kandaki lökosit değerleri ve lökositteki büyük granolosit değerleri

artar. Kanın kortizol değeri artar ve akut streslerde interrenal dokuda hypertrofi, kronik streste ise dejenerasyon meydana getirir ve sonuç olarak; vücudun sıvı-elektrolit dengesi bozulur. Balıklar da bu zor şartlara ya adapte olurlar veya ölürler. Adapte olan balıklarda bağışıklık sistemi baskılandığından dolayı balıklar her türlü enfeksiyona açık hale gelmiş olurlar (Saroglia, 1986). Hastalık sonucunda doku ve organların morfolojik yapısında değişiklikler meydana gelir. Vücuttaki doku sıvılarının kimyasal yapısında; kanda şeker, idrarda üre ve diğer azot bileşiklerinin artması gibi değişiklikler meydana gelir. Vücudun doku ve organlarında solunum sayısı artışı veya ishal gibi sindirim siteminde fonksiyon bozukluğu görülebilir (Warren, 1978; Timur, 2003).

Balık hastalıklarının tedavisinde sadece ilaç kullanılması yeterli değildir; aynı zamanda stres faktörlerini ortadan kaldırmak, uygun su koşullarını sağlamak, uygun yemlerle beslemek, yem içerisine vitamin ve mineral maddeler ilave etmek gerekir. Ilaçların balık vücudunda etkili olabilmesi için doğrudan vücutla temasa girmesi gerekir. Deride oluşan lezyonlar dış parazit veya mantar kaynaklı ise ilaçlar doğrudan deri ile temasa girecek şekilde kullanılmalıdır. Bu amaçla malaşit yeşili, formaldehit, antibiyotik veya nitrofuran gibi ilaçlar ve anestetik maddeler suda eritilerek banyo şeklinde uygulanır. Hastalık iç organlarda ise tedavi için verilecek ilaç, vücudun doku hücrelerine kadar ulaşmalıdır. Böyle durumlarda ilaç, aşılama yolu ile (kas ya da karın zarından) verilebilir. Ilaçların ağız yolu ile kullanımında toz veya sıvı hâldeki ilaçlar, yemin içine katılarak balıklara verilebilir. Bu yöntem daha çok antibiyotik, sülfonamid, nitrofuran gibi ilaçlar ile iç hastalıkların tedavisinde kullanılır (Ekinci, 2006; Beyazıt, 2007).

Kilo verme

Balıklar tıpkı insanlar gibi günlük olarak belirli bir kaloriye ihtiyaç duymaktadır. Genellikle yemleme ile bu kaloriyi yemden alır. Ancak balığın bazı durumlarda yem almaması veya yeme ulaşamamasının sebepleri arasında stres faktörü, çevresel faktörler, yemden kaynaklı sebepler ya da hastalıklar olabilir. Stresin doğrudan veya dolaylı olarak kilo verme üzerine büyük etkisi vardır. Balıkların dar bir ortamda ve sayıca fazla bulunması yemleme yapıldıktan sonra balığın yeme ulaşmasını engelleyebilir. Ya da balığın zayıflamış bağışıklık sistemi hastalıklara yakalanmış ve balığı etkisi altına almış olabilir (Alpbaz, 2010).

Yüzme hareketlerinin yavaşlaması

Bazı çevresel faktörler özellikle stres ya da hastalıkların ilk belirtileri olarak balıklarda yüzme hareketleri yavaşlamaktadır. Stres sonucu balıklar kendine bir alan belirleyebilir ve oranın dışına çıkmayabilir. Örnek olarak yüksek kapasiteli

bir hava pompası balıklara kuvvetli su basıncı vereceğinden dolayı balıklar suyun çok diplerine inerek orada kalabilir. Dolayısıyla bu şekilde de yüzme hareketleri yavaşlar ve çoğunlukla bu şekilde devam eden stres faktörü belirli bir süre sonra balıklarda farklı sonuçlar ortaya çıkarabilir. Balıkların yüzme hareketlerinin yavaşlaması suyun kimyasal yapısından yeterli oksijenin olmaması da etmen olabilir. Eğer suda yeteri oksijen yoka balıklar kafalarını su yüzeyine çıkararak ve dalarak suda kendilerine az da olsa yetebilecek oksijen transferini suya entegre edebilir (Ekinci, 2006).

Balığın saldırganlaşması

Balıklar belli fizyolojik ya da çevresel etkiler sonucu normal davranışlarına uyum sağlayamayabilir ve değişiklik göstererek saldırganlaşabilir. Burada balığın yeme ulaşamaması diğer balıkların çevresel olarak rahatsızlığı gibi etmenler temel sebeptir. Balıkların büyük bir bölümü stres altında saldırgan özellik gösterir temel sebeplerine bakacak olursak

- Balığın aç kalması
- Balığın diğer canlılar tarafından rahatsız edilmesi
- Kalabalık akvaryumlar
- Yetersiz oksijen seviyesi
- Suyun kimyasal yapısısın bozulması
- Oksijensiz kalması
- Hastalıklar ve diğer sebepler

Adaptasyonun sağlanamaması

Yeni alınmış bir balığın alındığı yerdeki akvaryum sıcaklığı örnek olarak 20 derece olursa ve koyulan yeni akvaryumun su sıcaklığı 3 derece olursa balık düşük sıcaklığa hemen adapte olamaz ve çeşitli tepkiler verir ve yoğun stres yaşar.

Adaptasyon son derece dikkat edilmesi gereken bir konudur. Oksijen düzeyleri, suyun kimyası, su sıcaklığı gibi temel yaşam parametrelerine uyum sağlayamayan balıklar belirli bir süre sonra çoğunlukla yaşamını yitirir.

Adaptasyon sağlanması için yeni alınan bir balığın bulunduğu mevcut koşullar göz önüne alınmalı ve yeni akvaryumda suyun sıcaklığına uyum için su üstünde belirli bir süre bekletilmeli oksijen düzeyleri ayarlanmalıdır (Alpbaz, 1984; Alpbaz, 2010).

Stresin metabolizma ve kas yapısına etkileri

Canlı organizmalar doğal yaşam içerisinde çeşitli sebeplere bağlı olarak beklenmeyen durumlar ile karşılaştığında metabolik faaliyetleri değişebilir ve biyokimyasal, fiziksel, fizyolojik vb. aksaklıklara maruz kalmaktadırlar. Stresin etmenleri organizmanın savunma metabolizması arasındaki karşılıklı etkileşimlerdir ve hayvanların vücudu sabit iç dengesini (homeostasi) tehdit eden stres faktörleri iç veya dış kaynaklı olaylardır (Koyuncu, 2012).

Genel olarak karşılaşılan stres kaynakları; balığın uygun bulunulmayan şekilde avlanmması ve elle muamele edilmesi ve su sıcaklığının değişimi, oksijen azlığı gibi faktörlere bağlıdır. Diğer açıdan biyolojik stres faktörler içerisinde cinsiyet, stok yoğunluğu, mikro ve makro canlılar, diğer genetik geçmiş, balık türleri ve yaşam evresi de yer alabilmektedir (Küçük 2008).

Bağışıklık sisteminin hasar görmesi

Hastalık etmenlerinin yoğun olarak bulunduğu su ortamlarında bulunan balıklar güçlü bağışıklık sistemi yardımıyla pek çoğunu bertaraf etmektedirler. Balıklar da bağışıklık sistemi, insanlar ve diğer memelilerdeki bağışıklık sistemlerine benzerlik gösterebilmektedir. İmmün organların ve hücrelerin çoğu aynı yapı ve işleve sahiptir ve ancak sıcak kanlıların aksi olarak balıklar içinde yaşadığı su ortamında sahip olduğu çözünmüş O2 miktarları pH, sıcaklık, tuzluluk gibi kimyasal ve fiziksel etmenkler, balığın bağışıklık sistemi üzerine direkt etkisi olabilmektedir (Altunay, 2006).

Kirlilik gibi bir stresör ya da sudaki ani ısı değişiklikleri balığın bağışıklık sistemi hücreleri tarafından algılanır ve doğrudan tehdide cevap verir. Ancak oluşan stresin büyüklüğü ile orantılı olarak bağışıklık sistemi yanıt vermeyi kesebilir ve balığa hastalık yapıcı patojenleri alabilir. Sürekli antibiyotik kullanımı ise bağışıklık sisteminin ürettiği antikorların sayısını azaltabilir. Dışarıdan sürekli verilen antibiyotiklerde belirli bir süre sonra karşımıza bir stres faktörü olarak çıkabilir (Lichtman, 2007).

SONUÇ

Bu çalışmada amaçlanan; akvaryum balıklarında stres olgusunu açıklamak, balıklarda stres kaynaklarını belirleyerek, stresin sonuçlarını ve yöntemlerini saptamaktır. Altı başlıktan oluşan bu çalışmayla balıklardaki temel stres kaynaklarının açıklanması hedeflenmiştir.

Strese neden olan her bir etmene stresör denmektedir. Strese neden olan etkenler, organizmanın uyum kapasitesini değiştiren, stres yaşamasına neden olan iç ya da dış ortamdan kaynaklanan uyarılardır. Strese neden olan etkenler

çevreden veya Balığın kendi içinden gelen baskı veya talepleridir. Bu talepler sonrası balık talebi karşılayamayacağından çeşitli olarak bundan etkilenecektir.

Balıklarda meydana bazı tepkiler sonucu balıklar çeşitli canlılardakine benzer tepkileri verir. Aç kalınca saldırganlaşması ve balık hareketlerinin yavaşlaması gibi etkiler söz konusu olabilmektedir. Stresör denilen bu etkiler çevreye ve anlık duruma göre değişiklik gösterebilmektedir.

Direnç aşamasındaki stres kaynakları ve yoğunluk dereceleri azalmadığı ya da artış gösterdikleri durumlarda vücudun adaptasyon kapasitesi zorlanır, davranışlarda ciddi derecede sapmaların yaşandığı bir evreye girilir. Alarm safhasındaki tepkiler ve kronik stres belirtileri tekrardan ortaya çıkar. Strese neden olan olay ciddi ise ve uzun süre devam ederse balık tükenir ve balıklarda kalıcı izler meydana gelir. Stresin devam etmesi vücutta sistematik yıpranmalara, hasarlara, hastalıklara ve ölüme neden olur (Ekinci, 2006).

Akvaryumdan ve diğer sebepler olarak tanımlayabileceğimiz suya bağlı parametreler, sıcaklık, ışık faktörü ve bazı diğer faktörler balıkları ve su canlılarını hedef alarak bağışıklık sistemini bozmakta ve hastalıklara yakalanmalarına neden olmaktadır. Akvaryuma ve akvaryum balıklarına düzenli bakım ve gerekli ortamın hazırlanılması bir zorunluluk olmaktadır. Sistematik bir ilerleyişe sahip bu parametrelerde meydana gelebilecek ufak bir değişim sistemli bir etkiye dönüşebilmektedir. Akvaryumlar ise strese sebep olan şartları barındıran ana taşıyıcıdır. Akvaryumda balıkların gezinebileceği alan dekoratif aksesuarların olduğu ve son olarak havalandırma, ışık ve varsa ısı aksesuarları 3 katman olacak şekilde dizayn edilmelidir. Balıkların çeşitli elektrik malzemelerine erişimi varsa engellenmelidir. Akvaryumda bulunan kum ve taşlar balıkların yutamayacağı büyüklük ve enimde olmalıdır. Stres ve stres faktörlerinin diğer canlılarda olduğu gibi balıklarda da fizyolojik veya biyolojik olarak birçok şekilde balığı etkiler bağışıklık sistemi zayıflayarak hastalık veya hastalık yapıcı etkenlere mahsur kalır stok yoğunluğunun artmasıyla beraber balığın oksijen düzeylerinin azalmasına ve balığın yeme ulaşmasının zorluğu ile zayıflayan bünye ve artan stres mekanizmaları balığın günlük normal hareketlerinin değişerek daha önce izlenmemiş yeni hareketler kazanmasına sebep olur. Stres faktörlerinin eşiklerine karşı balıkların farklı tepkiler vermesi ise balığın bünye yapısıyla alakalı olabilir. Genel olarak geniş bir çerçeve içerisinden bakıldığında ise diğer canlıları da göz önüne alıp bir sonuç değerlendirmesi yapacak olursak balıkların ortamlarında ani değişiklik yapılmamalı, yemleme zamanı ve yoğunluğunda ani değişiklik yapılmamalı, Balıkların stok yoğunluğunda ani değişiklik yapılmamalı ve stres kavramı iyi anlaşılmalı ve bunu engelleme yollarına başvurulmalıdır. Oksijen yetmezliği, sıcaklık değişimi, stok yoğunluğu, kirletici maddeleri, yüksek tuzluluk, amonyak

ve besin maddelerinin balıklar için elverişsiz olması ortam şartlarında bulunan genel stres kaynaklarıdır. Bu seminerde stresin balıklar üzerine olan etkileri ile beraber balıkların sıklıkça maruz kaldığı stresörler incelenmiştir. Esas sonuç olarak sebep sonuç ilişkisi stresle balık arasında kurulmalı ve ortamda maruz kalınan stres faktörleri sırasıyla kaldırılmalı ve balık üzerindeki etkileri incelenmeli ani ve sürekli sıcaklık değişimine, yemdeki oran ve besin değerinin sabit kalmasına, sudaki kimyasal parametrelerin stabil tutulmasına akvaryum balıkları yetiştiriciliğinde akvaryumun kültür balığı yetiştiriciliğinde ise yetiştiricilik yapılan havuzun veya kafesin stok yoğunluğunun belirlenmiş olan hesaplama formülleri kullanılarak stok yoğunluğunun hesaplanması ve aşırıya kaçılarak fazla balık atılmamasına dikkat edilmelidir. Stres sonucu ya da hastalık yapıcı etkenlerden kaynaklı hastalık oluştuysa antibiyotikler dikkatli ve su ürünleri mühendislerinin gözetimi altında uygulanmalı ve balığa antibiyotik direnci kazandırılmamalı oluşan antibiyotik direnci ile balığı koruyamaz ve hastalıklara karşı tedbir uygulayamaz hale getirebilir.

KAYNAKLAR

Ackerman, P., 1999. Heat shock protens and physologcal stress fish. amercan zoologst, 39(6): 901-909.

Adams, S., 1997. İstopathologc bomarkers n feral freshwater fish populatons exposed to dfferent types of contamnant stress. aquat. toxcol., 37: 51-57.

Alpbaz. A., 1984. Akvaryum tekniği ve balıkları (kitap). s.450, mas yayıncılık, İzmir.

Alpbaz, A., 1993. Akvaryum tekniği ve balıkları, ege üniversitesi. Su ürünleri fakültesi, İzmir, 403s.

Alpbaz, A., 2010. Akvaryum tekniği ve balıkları, ege üniversitesi su ürünleri fakültesi yayınları no: 55 Bornova/İzmir.

Altunay, S., 2006. Kesik köprü baraj gölü'nde bir kafes işletmesinde yetiştirilen gökkuşağı alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss walbum*, 1792) ektoparazitolojik olarak incelenmesi. Yüksek lisans tezi. Ankara üniv., fen bilimleri enstitüsü. Ankara. 42 s.

Aşkar, T., 2007. Isı şok protenler ve fizyolojk roller. Kafkas Üniversitesi. veteriner fakültesi. dergisi., 13 (1): 109-114.

Başal, A., 2007. Stres yapmayan stres kitabı, İstanbul, , s.23.

Bejerano, I., 1984. Detection and control of stres conditions in warm water aquaculture. pp.73-92.

Beyazıt, A., 2007. Veteriner kontrol ve araştırma enstitüsü parazitoloji bölümü, 2008.

Buchmann, K., 2007. An introduction to fish parasitological methods- classical and molecular techniques. biofolia press, frederiksberg, pp130. içinde

Burgess, J., 1982. Effects of chronc crowdng stress on mdbran development: changes n dendrtc spne densty and morphology n jewel fsh optc tectum. developmental psychobology 15:5 (461-470).

Carleton, k., 2009. Cichlid fish visual systems: mechanisms of spectral tuning. ıntegrative zoology, 4:75-86.

Çatlı, T., 2010. Kalkan balığı (*Psetta maeotica, pallas*.1814) yetiştiriciliğinde müziğin büyüme ve et kalitesi üzerine etkisi. Muğla üniversitesi fen bilimleri enstitüsü, yüksek lisans tezi.

Dalmo, R., 2005. Ontogeny of humoral immune parameters in fish. fish shellfish ımmunol. 19, 429–439 pp.

Deaton, R., 2009. Effects of a parasitic nematode on male mate choice in a live bearing fish with a coercive mating system (*Western mosquitofish, Gambusia affinis*). behavioral processes p. 1-6.

Durborow, R., 2003. Protozoan parasites. Srac publication, no. 4701. içinde

Edmondson, I., 1991. Enviroment and fish healt. medrap II. training project in disease and prevention for technicans working in aquakulture. fisheries researches institute.

Ekinci, F., 2006. . İstanbul üniversitesi. Su ürünleri fakültesi su ürünleri bölümü ders notları, İstanbul, s.78-89.

Ellis, A., 1996. Salmonid disease menagement, stres management, in principles of salmonid culture, elsevier, amsterdam capter 13. pp 759-824.

Eroğlu, F., 1998. Davranış bilimleri, İstanbul, s.437-438.

Fox, J., 2007. Diseases and parasites of aquatic organisms.

Fricke, R., 2019. "Poeciliidae cins" . Balık kataloğu . California bilimler akademisi.

Güçlü, N., 2001. "Stres yönetimi", gazi üniversitesi eğitim fakültesi dergisi, cilt:21, sayı:1, Ankara, s.94.

Güney, S., 2011. Örgütsel davranış, İstanbul, s.407-408.

Hekimoğlu, M., 2008. Akvaryum teknolojisi, ege üniversitesi yayınları , s.83.

Iwanowıcz, D., 2011. Overview on the effects of parasites on fish health. ın: Proceedings of the third bilateral conference between russia and the united states, 12-20 july, 2009, held in shepherdstown, west virginia. landover, maryland, usa. khaled bin sultan living oceans .

Jobling, M., 1995. Environmental biology of fishes, 1steiled. chapman & hall, cornwall, 455 pp.

Kallman, K., 2006. "Meksika ve orta Amerika'da balık cinsleri": 271-285.

Kırel, Ç., 1993. "Örgütsel stres yönetimi", Anadolu üniversitesi iibf dergisi, c:11, s:1, Eskişehir, s.56.

Konıngs, A., 1993. Malawian cichlids: a revision of the cins sciaenochromis eccles & trewavas, 1989 (pisces, cichlidae). the cichlids yearbook 3: 28-36.

Koyuncu, M., 2012. Derleme. çiftlik hayvanları ve stres. hayvansal üretim. uludağ üniversitesi ziraat fakültesi zootekni bölümü, görükle, Bursa. sayfa 27, 28, 29.

Kurata, O., 1995. Accommodaton of carp natural kllerilke cells to envronmental temperatures. aquaculture, 129: 421-424.

Küçük, E., 2008. Balık yetiştiriciliğinde stres. Yunus araştırma bülteni, 8:2, sayfa 4-8.

Lichtman, A., 2007. Temel immünoloji, İstanbul medikal yayıncılık, editörler: Prof. Dr. Yıldız Camcıoğlu, Prof. Dr. Günnur Deniz. 1–223 s.

Lobel, P.,1998. Possible species specific courtship sounds by two sympatric cichlid fishes in lake malawi, africa. environmental biology of fishes, (52): 443-452.

May, I., 1989. Epizoic and parasitic rotifers. hydrobiologia, 186: 59-67.

Mılls, D., 2008. Akvaryum bakımı, türkçe çeviri, kütevin, inkılâp kitabevi.

Nazır, A., 2003. Heat shock response envromental montorng. journel of bochemcal and molecular toxlocy, 17(5): 249- 254.

Newman, S., 2000. Management and prevention of stress in aquaculture with a focus on farmed shrimp. fourth latin american aquaculture congress and seafood trade show, oct 25-28,.

Noga, E., 1996. Fish disease diagnosis and treatment. mosby-year book, inc 367 pp. st louis, missouri.

Öğüt, H., 2005. Balıklarda stres, balık biyolojisi araştırma yöntemleri, (editör: M., KARATAŞ), nobel yayıncılık, 498s.

Popper, A., 2009. The effects of anthropogenic sources of sound on fishes. journal of fish biology, (75): 455–489.

Roskies, E., 1994. Stresle başa çıkmada kendimizle olumlu diyalog, (çeviri;.N.H.ŞAHİN), Ankara, s.2.

Saroglia, M., 1986. Stres avoidance under ıntensive culture conditions efficiency in aquaculture production: disease control. proceeding of the 3rd ınternational conference on aquafarming "aquaculture 486" pp.87-107. e.grimaldi and h. rossental (eds). verano –İtalya, october.

Saygı, T.,2009. Akvaryum balıklarından sarı prensesin (*Labidochromis caeruleus, fryer*, 1956) üretilmesi üzerine bir araştırma. yüksek lisans tezi, E. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, su ürünleri anabilim dalı. kod. no: 504.04.01.

Scoot, A., 1980. Histologcal effects of prolonged sublethal hypoxa on channel catfsh "*Ictalurus punctatus"* (raf nesque). j. fsh ds., 3: 305-316.

Segers, H., 2004. Rotifera: Monogononta. ın: freshwater ınvertebrates of the malaysian region, yule cm and yong hs (eds), academy of sciences malaysia and monash university, Malaysia, Kuala lumpur. pp 112-116. içinde

Stoskopf, K., 1993. Fish medicine. saunders company. London. 883 p.

Şahin, N., 1994. Stres nedir? ne değildir? stresle başa çıkma, Ankara, , s.14.

Tavolga, R., 2002. Signal/noise ratio and critical band in fishes. journal of the acoustical society of Amerika, 55(6): 1323-1333.

Timur, G., 2003. Balık hastalıkları, İstanbul üniversitesi rektörlük yayım no. 4426.

Türkmen, G., 2001. Türkiye'ye ithal edilen akvaryum balıkları ve sonuçları üzerine araştırmalar. Ege üniversitesi. Su ürünleri dergisi, 18(3-4):483-493.

Url-1., 2014. http://www.akvaryumblog.com/wp-content/uploads/2014/03/lepistes.jpg

Url-2., 2019. http://balik.maydanozakvaryum.com/image/cache/catalog/canlidoguran/kilic-albino2-500x500.jpg

Url-3., 2017. http://www.akvaryum.market/wp-content/uploads/2017/03/siyah-moli-baligi-640x425.jpg

Url-4., 2017. https://i.ytimg.com/vi/58xwS0VOr6w/hqdefault.jpg

Url-5., 2007. http://www.atillaalpbaz.com/userfiles//20(2).jpg

Url-6., 2014. http://www.akvaryumblog.com/wp-content/uploads/2014/03/velifera1.jpg

Url-7., 2019. https://st1.myideasoft.com/shop/ar/09/myassets/blogs/goldfish.JPG

Url-8., 2019. https://www.neoldu.com/d/other/zebra-001.jpg

Url-9., 2019. https://petsozluk.com/wp-content/uploads/2019/08/melek-800x445.jpg

Url-10., 2013. http://foto.akvaryum.com/fotolar/21810/15_1_2013_14_21_49_1.jpg

Url-11., 2019. https://surahotels.com/blog/wp-content/uploads/2019/11/ıstanbul-activities-guide-amusements-park.jpg

Url-12., 2016.https://www.dekorasyonrehberi.net/wpcontent/uploads/2016/09/kosebentsiz-akvaryum-modeli-200x134.jpg

Van H., 2003., The physiology of juvenile turbot (scophthalmus maximus, rafinesque) and atlantic, halibut, under different stres conditions, phd thesi, p.189.

Walker, R., 1962. Fine structure of lymphocystis disease virus of fish. virology 1962; 18: 503-505.

Wantland, W., 1956. Effect of various concentrations of sodium fluoride on parasitic and free-living protozoa and rotifera. j.dental research, 35(5): 763- 772.

Warren, J., 1978. Diseases of hatchery fish. minnesota: united states fish and wildlife service; 1978. p. 94.

Welcomme, R., 2003. The impacts of introductions and stocking of exotic species in the mekong basin and policies for their control. mekong river commission technical paper no 9, 35 pp.

Wıschnath, L., 1993. Atlas of livebearers of the world. t. publications, ıncıl., United States of America. 336 p.

Yaman, F., 2003. Ağ kafeslerde yetiştiriciliği yapılan çipura (*Sparus aurata*) ve levrek (*Dicentrarchus labrax*) balıklarında vibriosis ve pasteurellosis 'in araştırılması. orlab on-line mikrobiyoloji dergisi 2003; 01: 1-36.

Yanar, M., 2009. Akvaryum balıkları ve yetiştiriciliği ders notları. Çukurova üniversitesi su ürünleri fakültesi, Adana, 59s.

Bölüm 16

Sodyum Borhidrür'ün Sisal (*Agave sisalana*) Kâğıt Hamuru Verimine ve Selüloz Kristalitesine Etkisi

Nasır NARLIOĞLU[1], Nihat Sami ÇETİN[2], Nilgül ÇETİN[3]

[1] Doç. Dr.; Katip Çelebi Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü. nasir.narlioglu@ikcu.edu.tr ORCID No: 0000-0002-1295-6558
[2] Prof. Dr.; Katip Çelebi Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü. nihats.cetin@ikcu.edu.tr ORCID No: 0000-0003-2510-057X
[3] Prof. Dr.; Katip Çelebi Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Endüstri Mühendisliği Bölümü. nilgul.cetin@ikcu.edu.tr ORCID No: 0000-0003-4797-0824

ÖZET

Bu çalışma, kraft yöntemine göre kâğıt hamuru üretiminde pişirme çözeltisine ilave edilen $NaBH_4$'ün (Sodyum borhidrür), kâğıt hamur verimi ve selülozun kristalitesi üzerindeki etkisinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bu amaçla ilk önce, Sisal (*Agave sisalana*) lifleri kağıt hamuru üretimi için uygun boyutlara getirilmiş, ardından kontrol (%0 $NaBH_4$) denemeleri yapılarak optimum pişirme parametreleri belirlenmiştir. Optimum pişirme parametreleri ile aynı parametrelerde pişirme çözeltisine farklı oranlarda (%0.3-0.5-0.7) $NaBH_4$ ilave edilerek $NaBH_4$'lü pişirmeler yapılmış ve sonrasında kâğıt hamurları elde edilmiştir. Ayrıca, kontrol ve %0.7 $NaBH_4$'lü kâğıt hamurlarından alfaselülozlar elde edilmiştir. Pişirmeler sonrasında en yüksek hamur verimi %0.7 $NaBH_4$'lü pişirmede %79.19 olarak, en düşük hamur verimi ise kontrol pişirmesinde %68.39 olarak hesaplanmıştır. XRD (X-Işını Kırınımı) ve FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi) spektroskopileri kullanılarak kâğıt hamurları ve alfaselülozların kristaliteleri incelenmiştir. XRD spektroskopisine göre, pişirme çözeltisine $NaBH_4$ eklenmesi sonucunda kâğıt hamurlarının kristalitesinin azaldığı görülmüştür. XRD spektroskopisi ile tespit edilen birim kristalit tipinin %0.7 $NaBH_4$'lü kâğıt hamuru hariç diğer kâğıt hamurlarında monoklinik olduğu belirlenmiştir. Diğer yandan, pişirme çözeltisine $NaBH_4$ eklenmesi genel olarak FTIR kristalite indekslerinde artış sağlamıştır. FTIR spektroskopisi kullanılarak kâğıt hamurları ve alfaselülozların birim kristalit tipinin monoklinik yapıda olduğu tespit edilmiştir. Bunlara ek olarak, TGA (Termogravimetrik Analiz) yardımıyla kâğıt hamurlarının ve alfaselülozların termal analizleri yapılmıştır. TGA analizi sonuçlarına göre, pişirme çözeltisine %0.7 $NaBH_4$ eklenmesi kâğıt hamuru ve alfaselülozların termal stabilitesini arttırmıştır.

Anahtar kelimeler: Kâğıt hamuru, Sodyum borhidrür, Kristalite, Sisal

GİRİŞ

İnsan nüfusu ve tüketim artışı sebebiyle düşük maliyetli ve doğa dostu malzemelerin üretimi birçok endüstri tarafından amaçlanmaktadır. Bu endüstrilerden biri de hiç şüphesiz kâğıt endüstrisidir. Kâğıt endüstrisinde hammaddenin optimum değerlendirilebilmesi için üreticiler yoğun çaba sarf etmektedirler. Kâğıt hamuru üretim süreçlerinde hammadde yapısına zarar vermeden verim artışı sağlamak birçok üreticinin hedefleri arasındadır. Kâğıt hamuru üretimi teknikleriyle selülozun izole edilmesi esnasında selülozun yapısında meydana gelebilecek herhangi bir olumsuzluk nihai ürün kalitesi ve maliyeti üzerinde doğrudan veya dolaylı olarak etki yapmaktadır (Narlıoğlu, 2012).

Selüloz, tabiatta bol miktarda bulunan, bitki kütlesinin yaklaşık yarısını teşkil eden doğal bir polimerdir. Selüloz; gıda ve ilaç sektörü dahil birçok sektörde geniş kullanım alanı bulunan bir hammaddedir. Çoğunlukla kâğıt ve tekstil sektörü için vazgeçilmez bir hammadde olan selüloz, diğer hammaddelere (plastik, cam vd.) kıyasla daha düşük maliyetle üretilir ve daha yüksek direnç özellikleri sergiler. Selüloz, bitki türlerine göre değişmekle beraber bitkilerin gövde, dal ve yapraklarında farklı oranlarda bulunmaktadır. Selülozun bitkilerde bulunma oranı ağaç türlerine göre yaklaşık %43 oranında iken bu oran pamukta %96'ya kadar çıkmaktadır (Rowell, 2000; Rowell vd., 2005).

Tek ve çok yıllık bitkilerden selülozun elde edilmesi için bu bitkilere çeşitli mekanik, kimyasal ve biyolojik yöntemler uygulanmaktadır. Birçok araştırmacı bitkisel kitleden (odun, lif vd.) selülozun izole edilmesi esnasında, selülozun kristal yapısına zarar vermeden en yüksek verimle selüloz elde etmeyi hedeflemektedirler. Selüloz, yenilenebilir bir hammadde olmakla beraber biyo-bozunur malzeme üretimi için de önemli bir hammaddedir. Bunun yanı sıra, yüksek kristalite özellikleri sergileyen selülozdan üretilmiş malzemelerin mukavemet özellikleri önemli derecede yüksektir.

Bu çalışmada, Sisal (*Agave sisalana*) liflerinden Kraft yöntemi ile kimyasal kâğıt hamuru elde edilmiştir. Diğer yandan, kâğıt hamuru üretimi esnasında soyulma reaksiyonları sebebiyle selülozun yapısında oluşabilecek hasarın önlemesi amacıyla pişirme çözeltisine farklı oranlarda $NaBH_4$ (Sodyum borhidrür) eklenmiştir. Kraft pişirmesi sonrasında elde edilen kâğıt hamuru ve alfaselülozların kristal yapısının incelenmesi amacıyla spektroskopik yöntemler kullanılarak kristal yapı incelemesi yapılmıştır. Bunlara ek olarak, termal analiz yöntemi ile kâğıt hamuru ve alfaselülozun termal özellikleri incelenmiştir.

MALZEME

Bu çalışmada kullanılan Sisal (*Agave sisalana*) lifi Bangladeş menşeili olup, ithalatçı firmadan satın alma yoluyla temin edilmiştir. Kâğıt hamuru üretiminden önce Sisal lifleri makas ile kesilerek 10-15 mm uzunluğa kısaltılmıştır.

Pişirme çözeltisi için kullanılan; Sodyum sülfür (Na_2S), Sodyum hidroksit (NaOH), Sodyum karbonat (Na_2CO_3) ve Sodyum borhidrür ($NaBH_4$) Merck firmasından temin edilmiştir.

YÖNTEM

Kraft Kâğıt Hamuru Üretim Yöntemi

Kâğıt hamuru üretimi için uygun boyutta kısaltılan Sisal liflerinin rutubet miktarları belirlendikten sonra, 1 kontrol, 3 $NaBH_4$ ilaveli (%0.3-0.5-0.7), toplam 4 pişirme yapılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1: Pişirme kodları ve $NaBH_4$ oranları

Pişirme Kodu	$NaBH_4$ (%)
1 (Kontrol)	0
2	0.3
3	0.5
4	0.7

Kâğıt hamuru üretiminde 15 lt kapasiteli, 25 kg/cm^2 basınca dayanıklı ve 2 d/d dönüş hızına sahip laboratuvar tipi pişirme kazanı kullanılmıştır. Pişirmelerin tamamında; aktif alkali %18, sülfidite %25, lif/çözelti oranı 4/1, sıcaklık 170 °C, süre 120 dk olarak sabit tutulmuştur. Pişirmeler sonrasında hamurlar bol su ile siyah çözeltisi uzaklaşıncaya kadar yıkanmıştır. Yıkama sonrasında kümelenmiş liflerin birbirlerinden ayrılması için hamurlar disintegratör kullanılarak ayrıştırılmıştır. Ayrıştırma işleminden sonra lifler, yarık açıklığı 0.15 mm olan sarsıntılı yıkama eleğinde elenerek pişmeyen kısımları uzaklaştırılmıştır. Pişmeyen kısımlar kurutulup tartıldıktan sonra toplam elek artığı miktarları hesaplanmıştır.

Yıkama, ayrıştırma ve eleme işlemleri sonrasında elde edilen elenmiş hamurlar yeterince suyundan uzaklaştırıldıktan sonra ayrı ayrı plastik torbalara aktarılmış ve torbaların ağzı sıkıca bağlanmıştır. Plastik torbalardaki hamurların rutubetlerinin dengelenmesi için 24 saat beklenmiştir. Daha sonra, her bir torbadan 3 farklı numune alınarak hamurların ortalama rutubet oranları tespit edilmiştir. Ortalama rutubet miktarları ile toplam hamur miktarlarının birbirlerine oranlanması sonucunda elenmiş hamur verimleri ayrı ayrı hesaplanmıştır.

Alfaselüloz Üretimi

Alfaselüloz üretimi için TAPPI T 203 OS-71 standardı kullanılmıştır. 1 (Kontrol) ve 4 (%0.7 $NaBH_4$) numaralı pişirmeler sonrasında elde edilen yıkanmış, elenmiş ve kurutulmuş liflerden alfaselülozlar elde edilmiştir.

FTIR (Fourier Dönüşümlü Kızılötesi) Spektroskopisi Kullanılarak Kristalite Özelliklerinin Belirlenmesi

FTIR analizleri için yaş haldeki lifler önce 103±2 °C'ye ayarlanmış bir fırında tam kuru ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Daha sonra, lifler laboratuvar tipi öğütücüde 0.25 mm boyutunda öğütülmüştür. Öğütülmüş ve tam kuru hale getirilmiş lifler, KBr (Potasyum bromür) ile 1/100 (lif/KBr) oranında karıştırılmıştır. Ardından, FTIR cihazının özel presi yardımıyla preslenerek lif/KBr peletleri elde edilmiştir. FTIR spektrumları, 400-4000 cm^{-1} dalga boyu aralığındaki Shimadzu FTIR 8400s spektrofotometresi kullanılarak alınmıştır.

FTIR spektroskopisi sonuçlarından yararlanılarak kâğıt hamuru ve kâğıt hamurlarından elde edilen alfaselülozların kristalite özellikleri belirlenmiştir. FTIR spektroskopisi kullanılarak kristalite hesapları için Richter vd., (1991) tarafından belirlenen 1370 cm^{-1} ve 670 cm^{-1} dalga sayısındaki piklerden yararlanılmıştır. Diğer FTIR kristalite belirleme yöntemleri ise 1429 cm^{-1} ve 897 cm^{-1} ile 1372 cm^{-1} ve 2900 cm^{-1} dalga sayılarındaki pik yüksekliklerinin birbirlerine oranlarıdır. Bunlara ek olarak, FTIR spektroskopisi kullanılarak birim kristalit kafes tiplerinin belirlenmesi için 710 cm^{-1} ve 750 cm^{-1} dalga sayılarındaki pik alanlarından faydalanılmıştır. Kağıt hamuru ve kağıt hamurlarından elde edilen alfaselülozların birim kristalit kafes tiplerinin belirlenmesi için Rondeau-Mouro vd., (2003) tarafından kullanılan eşitlik (Eşitlik 1) referans alınmıştır. Lignoselülozik maddelerin FTIR spektrumlarının 710 cm^{-1} dalga sayısındaki pikin monoklinik (Iβ) yapıyı, 750 cm^{-1} dalga sayısındaki pikin ise trikilinik (Iα) yapıyı temsil ettiği belirtilmiştir.

$$\% I\beta = A710/(A710+A750) \quad \text{(Eşitlik 1)}$$

XRD (X Işını Kırınımı) Spektroskopisi Kullanılarak Kristalite Özelliklerinin Belirlenmesi

XRD spektroskopisi ile birçok organik ve inorganik maddenin kristal yapıları incelenebilmektedir. Kâğıt hamurları ve alfa selülozların XRD spektrumları Philips X`Pert PRO cihazı kullanılarak, 10° – 80° arası 2θ derecesinde oda sıcaklığında alınmıştır. Kâğıt hamurlarının ve alfaselülozların XRD spektroskopisi sonuçlarından elde edilen veriler kullanılarak kristalite hesapları

yapılmıştır. XRD spektroskopisinden kristalite hesabı için Segal vd., (1962) tarafından kullanılan deneysel eşitlik (Eşitlik 2) referans alınmıştır.

$$Xcr = \frac{\mathrm{I\,(002)-I\,(amorf)}}{\mathrm{I\,(002)}}\ x\ 100 \qquad \text{(Eşitlik 2)}$$

Burada, Xcr; Kristalite derecesi, I(002); Kristal kısmın kırınım şiddeti (yaklaşık 22.5, 2θ derecesi), I(amorf); Amorf kısmın kırınım şiddeti (yaklaşık 18, 2θ derecesi)

XRD Spektroskopisi Kullanılarak Kristalit Boyutunun Hesaplanması

Kâğıt hamurları ve alfaselülozların kristalit boyutlarının hesaplanması için Scherrer eşitliği (Eşitlik 3) kullanılmıştır. Scherrer eşitliği kullanılarak yapılan kristalit boyutu hesaplama yöntemi, kristal bölgelerdeki X ışınının yansımasıyla oluşan piklerin genişliğini esas alan bir yöntemdir (Ahtee vd., 1983). Bu çalışmada, 002 düzlemindeki sayısal değerler kullanılarak kâğıt hamurlarının ve alfaselülozların kristalit boyutları hesaplanmıştır.

$$D(hkl) = \frac{k\,\lambda}{B(hkl)\ Cos\ \theta} \qquad \text{(Eşitlik 3)}$$

Burada, D(hkl); Kristalit boyutu, k; Scherrer sabiti (0,84), λ; X ışını dalga boyu, B(hkl); Kristal kısımların yansımasından elde edilen pikin yarı genişliği (FWHM), θ; Bragg açısı

TGA (Termo Gravimetrik Analiz) Yöntemi

Kâğıt hamurlarının ve alfaselülozların termal özelliklerinin belirlenmesi için TGA cihazı kullanılarak termal analizler yapılmıştır. Termal analizler için öğütülmüş ve tam kuru haldeki numuneler kullanılmıştır. Termal analizler, Shimadzu TGA-50 marka cihaz kullanılarak yapılmıştır. TGA cihazı 20 ml/dk azot gazı akış hızı ve 10 °C/dk ısıtma hızına ayarlandıktan sonra analizler 25-800 °C sıcaklık aralığında yapılmıştır.

BULGULAR

Kâğıt hamuru verimleri, holoselüloz ve alfaselüloz oranları Tablo 2'de verilmiştir. Pişirilmeler sonrasında; kontrol pişirmesi (%0 $NaBH_4$) hamur verimi %68.39 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, aynı pişirme koşullarında pişirme çözeltisine %0.3-0.5-0.7 oranlarında $NaBH_4$ ilave edilerek yapılan pişirmeler sonrasında hamur verimleri sırasıyla %74.79, %77.14 ve %79.19 olarak hesaplanmıştır. Bunlara ek olarak, pişirme çözeltine $NaBH_4$ eklenmesi

sonucunda holoselüloz ve alfaselüloz oranlarında kontrol pişirmesine kıyasla önemli artış görülmüştür. Kontrol pişirmesi sonucunca holoselüloz oranı %92.58 olarak, %0.3-0.5-0.7 oranlarında $NaBH_4$ ilaveli pişirmeler sonrasında holoselüloz oranları sırasıyla %94.75, %94.97 ve %95.26 olarak hesaplanmıştır. Kontrol pişirmesi sonucunca alfaselüloz oranı %46.53 olarak, %0.3-0.5-0.7 oranlarında $NaBH_4$ ilaveli pişirmeler sonrasında holoselüloz oranları sırasıyla %49.65, %58.84 ve %56.98 olarak hesaplanmıştır. Sisal liflerinden soda ve soda modifikasyon yöntemleri kullanarak yapılan bir çalışmada (Hurter, 1997), kâğıt hamuru verimlerinin %67-70 arasında olduğu bildirilmiştir. Sisal lifi kullanarak kâğıt hamuru ve kağıt hamurlardan holoselüloz elde edilen diğer bir çalışmada (Marques vd., 2010) ise holoselüloz içeriğinin %95 oranında olduğu belirtilmiştir.

Tablo 2: Sisal kâğıt hamuru verimleri, holoselüloz ve alfaselüloz oranları

Pişirme Kodu	$NaBH_4$ oranı (%)	Hamur verimi (%)	Holoselüloz (%)	Alfaselüloz (%)
1 (Kontrol)	0	68.39	92.58	46.53
2	0.3	74.79	94.75	49.65
3	0.5	77.14	94.97	58.84
4	0.7	79.19	95.26	56.98

Kraft yöntemi ile kâğıt hamuru üretimi esnasında hammadde yapısında meydana gelen karbonhidrat bozunma reaksiyonları; soyulma, hidroliz ve oksidasyon reaksiyonları olmak üzere üç gruba ayrılmaktadır (Kırcı, 2000). Kimyasal yöntemle kâğıt hamuru üretiminde pişirme çözeltisine $NaBH_4$ eklenmesi sonucunda karbonhidrat bozunma reaksiyonlarının azaldığı ve bunun sonucunda kâğıt hamuru veriminin arttığı bazı araştırmacılar (Pettersson ve Rydholm, 1961; Khaustova vd., 1971; Diaconescu ve Petrovan, 1976; Narlıoğlu, 2012) tarafından rapor edilmiştir. Bu çalışmada, pişirme çözeltisi içerisine $NaBH_4$ ilave edilmesi sonucunda hamur verimi ve holoselüloz oranlarındaki artışlar; sıcaklık ve basınç sebebiyle pişirme esnasında görülen soyulma reaksiyonlarının olumsuz etkilerinin azaltılmasına bağlanmıştır.

Kâğıt hamurları ve alfaselülozların kristalite yüzdeleri XRD spektroskopisi sonuçlarına göre hesaplanmıştır (Tablo 3). Pişirme çözeltisine $NaBH_4$ eklenmesi sonucunda kâğıt hamurlarının kristalite yüzdelerinde azalma görülmüştür. Kristalite yüzdesi kontrol kâğıt hamurunda %94.01 olarak, %0.3-0.5-0.7 $NaBH_4$'lü pişirmelerde ise sırasıyla; %79.57, %87.18 ve %80.46 olarak hesaplanmıştır. Kâğıt hamurlarının kristalite yüzdelerinde görülen azalışın aksine $NaBH_4$'lü kâğıt hamurundan elde edilen alfaselülozun kristalite yüzdesinde ise artış görülmüştür. $NaBH_4$'süz kâğıt hamurundan elde edilen alfaselülozun

kristalitesi %58.7 olarak, $NaBH_4$'lü kâğıt hamurundan elde edilen alfaselülozun kristalitesi ise %62.01 olarak hesaplanmıştır.

Tablo 3: Sisal kâğıt hamurları ve alfaselülozlarının XRD kristalite değerleri

Kod	2θ (°)	(002) FWHM (nm)	(002) (nm)	d1 (nm)	d2 (nm)	d3 (nm)	Xcr (%)	Birim kristalit tipi
1 (K)	22.28	0.1574	51.78	0.542	0.518	0.399	94.01	Iβ
2	22.62	0.3149	25.79	0.612	0.561	0.393	79.57	Iβ
3	22.71	0.1181	69.04	0.588	0.559	0.391	87.18	Iβ
4	22.88	0.2362	34.43	0.748	0.691	0.388	80.46	Iα
1 (AS)	22.15	0.3149	25.79	0.723	0.671	0.404	58.70	Iα
2 (AS)	22.33	0.1574	51.78	0.703	0.681	0.396	62.01	Iα

(K); $NaBH_4$'süz kâğıt hamuru, 2; %0.3 $NaBH_4$'lü kâğıt hamuru 3; %0.5 $NaBH_4$'lü kâğıt hamuru 4; %0.7 $NaBH_4$'lü kâğıt hamuru, 1 (AS); $NaBH_4$'süz kâğıt hamuru alfaselülozu, 2 (AS); %0.7 $NaBH_4$'lü kâğıt hamuru alfaselülozu, (002) FWHM: Pik yarı genişliği, (002): Kristalit boyutu

Kristalit boyutu hesaplama sonuçlarına göre, $NaBH_4$'süz kâğıt hamurunun kristalit boyutu 51.78 nm olarak, %0.3-0.5-0.7 $NaBH_4$'lü kâğıt hamurlarının kristalit boyutları ise sırasıyla; 25.79 nm, 69.04 nm ve 34.43 nm olarak hesaplanmıştır. Kâğıt hamurlarından elde edilen alfaselülozların kristalit boyutları ise $NaBH_4$'süz kâğıt hamuru alfaselülozunda 25.79 nm, %0.7 $NaBH_4$'lü kâğıt hamuru alfaselülozunda ise 51.78 nm olarak hesaplanmıştır.

Kâğıt hamurları ve alfaselülozların kristalit tiplerinin belirlemesi sonucunda; $NaBH_4$'süz kâğıt hamuru ile beraber %0.3 ve %0.5 $NaBH_4$'lü kâğıt hamurlarının birim kristalit tiplerinin monoklinik olduğu, %0.7 $NaBH_4$'lü kâğıt hamurunun birim kristalit tipinin ise triklinik olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, $NaBH_4$'süz alfaselüloz ve %0.7 $NaBH_4$'lü alfaselülozların birim kristalit tipinin triklinik olduğu belirlenmiştir.

Kâğıt hamurları ve alfaselülozların FTIR kristalite indeksleri ve birim kristalit tipleri Tablo 4'te verilmiştir. FTIR spektroskopisine göre kristalite indeksi hesaplamalarında A1370/A670 oranı; $NaBH_4$'süz kâğıt hamurunda 0.35 olarak, %0.3-0.5-0.7 $NaBH_4$'lü kâğıt hamurlarında sırasıyla 0.66, 1.38 ve 1.19 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca, A1370/A670 oranı; $NaBH_4$'süz alfaselülozda 1.17 olarak, %0.7 $NaBH_4$'lü alfaselülozda 0.20 olarak hesaplanmıştır. Burada, pişirme çözeltisine $NaBH_4$ eklenmesi sonucunda kâğıt hamurlarının kristalite indekslerinde artış görülmüştür. Bu sonuçlardan farklı olarak, $NaBH_4$'lü alfaselülozun A1370/A670 oranında ise önemli azalış görülmüştür.

Tablo 4: Kâğıt hamurları ve alfaselülozların FTIR kristalite indeksleri ve birim kristalit tipleri

Kod	FTIR Kristalite indeksi			Kristal kafes tipi	
				Triklinik (%)	Monoklinik (%)
	A1370/A670	H1429/H897	H1372/H2900	Iα(750)	Iβ(710)
1 (K)	0.35	1.15	1.03	46	54
2	0.66	1.19	0.99	45	55
3	1.38	1.16	1.03	46	54
4	1.19	1.09	1.03	47	53
1 (AS)	1.17	1.12	0.96	46	54
2 (AS)	0.20	1.10	0.94	47	53

(K); $NaBH_4$'süz kâğıt hamuru, 2; %0.3 $NaBH_4$'lü kâğıt hamuru 3; %0.5 $NaBH_4$'lü kâğıt hamuru 4; %0.7 $NaBH_4$'lü kâğıt hamuru, 1 (AS); $NaBH_4$'süz kâğıt hamuru alfaselülozu, 2 (AS); %0.7 $NaBH_4$'lü kâğıt hamuru alfaselülozu

Diğer FTIR kristalite indeksi (H1429/H897 ve H1372/H2900) değerlerinin genel olarak $NaBH_4$ ilavesinden etkilenmeyerek birbirine yakın değerler sergiledikleri görülmüştür. Bunlara ek olarak, FTIR spektroskopisi kullanılarak yapılan birim kristalit tipleri belirlemelerine göre, kâğıt hamurlarının ve alfaselülozların kristal kafes yapısının monoklinik olduğu tespit edilmiştir.

Kâğıt hamuru ve alfaselülozların termal analiz (TGA) sonuç değerleri Tablo 5'te verilmiştir. $NaBH_4$'lü kâğıt hamuruna ait 1. ve 2. aşama bozunma sıcaklıklarının $NaBH_4$'süz kâğıt hamurununkinden daha yüksek değer sergilemesi $NaBH_4$'ün termal kararlılıkta artış sağlamasına bağlanmıştır. Diğer taraftan, $NaBH_4$'lü kâğıt hamurunun 1. aşama ağırlık kaybı oranının $NaBH_4$'süz kâğıt hamurununkinden daha fazla olduğu ancak 2. aşama ağırlık kaybı oranlarının ise tam tersi sonuç sergilediği görülmüştür. Bunlara ek olarak, 1. aşama ortalama bozunma sıcaklığı en yüksek olan alfaselülozun $NaBH_4$'süz kâğıt hamuru alfaselülozu olduğu, 1. aşama en düşük ağırlık kaybı oranının ise $NaBH_4$'lü kâğıt hamuru alfaselülozu olduğu görülmüştür. Diğer yandan, 2. aşama ortalama bozunma sıcaklığı en yüksek $NaBH_4$'lü kâğıt hamuru alfaselülozunda, 2. aşama en düşük ağırlık kaybı ise $NaBH_4$'süz kâğıt hamuru alfaselülozunda tespit edilmiştir.

Tablo 5: Kâğıt hamuru ve alfaselülozların TGA değerleri

Kod	1. aşama ortalama bozunma sıcaklığı (°C)	1.aşama ağırlık kaybı (%)	2. aşama ortalama bozunma sıcaklığı (°C)	2. aşama ağırlık kaybı (%)	Kül oluşum sıcaklığı (°C)
1 (K)	359.88	71.92	521.56	18.94	614.39
4	360.56	77.32	524.21	15.76	609.93
1 (AS)	356.01	71.52	490.48	18.40	541.98
4 (AS)	352.99	68.60	555.53	20.81	670.92

(K); $NaBH_4$'süz kâğıt hamuru, 4; %0.7 $NaBH_4$'lü kâğıt hamuru 1 (AS); $NaBH_4$'süz kâğıt hamuru alfaselülozu, 2 (AS); %0.7 $NaBH_4$'lü kâğıt hamuru alfaselülozu

SONUÇLAR

Sisal lifleri kullanılarak $NaBH_4$'süz ve %0.3-0.5-0.7 $NaBH_4$'lü kâğıt hamurları ve alfaselülozların üretildiği bu çalışma sonucuna:

- Kraft pişirme çözeltisine eklenen $NaBH_4$'ün selülozun soyulma reaksiyonlarını önlemesi sebebiyle kâğıt hamuru veriminde artış görülmüştür.
- $NaBH_4$'lü kâğıt hamuru alfaselülozunun XRD kristalite yüzdelerinin ve kristalit boyutunun $NaBH_4$'süz alfaselüloza kıyasla daha fazla olduğu görülmüştür.
- XRD spekstroskopisine göre, %0.7 $NaBH_4$'lü kâğıt hamuru hariç diğer kâğıt hamurlarının birim kristalit tiplerinin monoklinik yapıda olduğu, %0.7 $NaBH_4$'lü kâğıt hamuru ve alfaselülozlarınkinin ise triklinik yapıda olduğu görülmüştür.
- FTIR spektroskopisine göre, kâğıt hamurları ve alfaselülozların birim kristalit tiplerinde monoklinik yapının baskın olduğu görülmüştür.
- Kraft pişirme çözeltisine ilave edilen $NaBH_4$'ün kâğıt hamurlarının termal özelliklerini genel olarak geliştirdiği görülmüştür.

TEŞEKKÜR

Bu çalışma, ''Kimyasal Kâğıt Hamuru Üretiminde Sodyum Borhidrür'ün Verim ve Kristalite Üzerine Etkisi'' isimli Yüksek lisans çalışmasından türetilmiş olup, aynı zamanda Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından (BAP 2011/3-28 YLS) desteklenmiştir.

REFERANSLAR

Ahtee, M., Hattula, T., ve Paakkari, T. (1983). An X-Ray diffraction methopd for determination of crystallinity in wood pulp. *Paperi ja Puu*, 8, 475-480.

Diaconescu, V., ve Petrovan, S. (1976). Kinetics of sulfate pulping with addition of sodium borohydride. *Cellulose Chem. Technol*, 10(3), 357-378.

Hurter, R. W., ve Eng, P. (1997). TCF bleached sisal market pulp: Potential reinforcing fiber for commodity papers-part 1. In TAPPI Pulping Conference, pp. 501-512.

Khaustova, L. G., Ioffe, G. M., Pen, R. Z., ve Ignat'eva, N. I. (1971). Pulp from larchwood: kraft cooks of larchwood with liquors containing reducing agents and sulfur. *Izv. VUZ, Lesnoi Zh*, 14(3), 101-106.

Kırcı, H. (2000). Kâgıt hamuru endüstrisi ders notları. KTÜ, Trabzon, 269s.

Marques, G., Gutiérrez, A., del Río, J. C., ve Evtuguin, D. V. (2010). Acetylated heteroxylan from Agave sisalana and its behavior in alkaline pulping and TCF/ECF bleaching. *Carbohydrate Polymers*, 81(3), 517-523.

Narlıoğlu, N. (2012). Kimyasal kâğıt hamuru üretiminde sodyum borhidrür'ün verim ve kristalite üzerine etkisi. Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kahramanmaraş.

Pettersson, S. E., ve Rydholm, S. A. (1961). Hemicelluloses and paper properties of birch pulps, Part 3. *Svensk Papperstidning*, 64(1), 4-17.

Richter, U., Krause, T., ve Schempp, W. (1991). Untersuchungen zur alkalibehandlung von cellulosefasern. Teil 1. Infrarotspektroskopische und röntgenographische beurteilung der änderung des ordnungszustandes. Die Angewandte Makromolekulare Chemie: *Applied Macromolecular Chemistry and Physics*, 185(1), 155-167.

Rondeau-Mouro, C., Bouchet, B., Pontoire, B., Robert, P., Mazoyer, J., ve Buléon, A. (2003). Structural features and potential texturising properties of lemon and maize cellulose microfibrils. *Carbohydrate Polymers*, 53(3), 241-252.

Rowell, R. M., Han, J. S., Rowell, J. S. (2000). Characterization and Factors Effecting Fiber Properties, In: Frollini E, Leão AL, Mattoso LHC (eds), *Natural Polymers and Agrofibers Composites*. Pub. Embrapa Instrumentaçâo Agropecurâria, Sâo Carlos. Brasil. pp 115-134

Rowell, R. M., Pettersen R, Han J. S., Rowell J. S., Tshabalala M. A. (2005). Wood chemistry and wood composites. Chap. 3: *Cell Wall Chemistry*. Taylor and Francis Group. Boca Raton, London, New York, Singapore, by CRC Press

Segal, L. G. J. M. A., Creely, J. J., Martin Jr., A. E., ve Conrad, C. M. (1959). An empirical method for estimating the degree of crystallinity of native cellulose using the X-ray diffractometer. *Textile Research Journal*, 29(10), 786-794.

Bölüm 17

Meyve Ağaçlarında Döllenme, Kısırlıklar ve Uyuşmazlıklar

Özgün KALKIŞIM[1], Mehmet Zahit AYDIN[2]

[1] Prof. Dr. ; Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü.
ozgun.kalkisim@erdogan.edu.tr ORCID No: https://orcid.org/0000-0002-6129-8539
[2] Arş. Gör. ; Recep Tayyip Erdoğan Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü.
mehmetzahit.aydin@erdogan.edu.tr ORCID No: https://orcid.org/0000-0002-7833-521X

ÖZET

Meyve ağaçlarının döllenme biyolojisinin bilinmesi verimlilik açısından oldukça önemlidir. Her ne kadar bazı meyve türlerinde tozlanma ve döllenme olmadan çekirdekli ve çekirdeksiz meyve teşekkülü oluşabiliyorsa da, bir çok meyve türünde meyve tutumunun gerçekleşmesi için tozlanma ve döllenme şarttır. Polen tüpü bazen şalazadan (chalazagamy), bazen integümentlerden (aporogamy) olmakla birlikte genellikle microphylden (porogamy) geçerek embriyo kesesine ulaşır. Daha sonra taşıdığı generatif çekirdekleri embriyo kesesine boşaltır. Polen kesesinin uç kısmında bulunan embriyo kesesi eriyerek kaybolur. Erkek gametlerden biri yumurta hücresinin çekirdeği ile birleşerek diploid (2n) zigotu oluşturur. İkinci gamet ise diploid yapıdaki polar çekirdek ile birleşerek triploid (3n) endosperm çekirdeğini oluşturur. Bu şekilde çift döllenme meydana gelmiş olur. Meyve türlerine ait çeşitlerin çiçeklerinde; erkek veya dişi gametlerin ya da diğer organlarının teşekkülünde meydana gelen anormallikler nedeniyle döllenmenin gerçekleşememesi durumunda kısırlıklar ortaya çıkar. Meyve türlerine ait çeşitlerin çiçeklerinde; erkek ve dişi gametler ile diğer organlarında herhangi bir genetik, fizyolojik veya morfolojik eksiklik ya da anormallik olmamasına rağmen döllenmenin gerçekleşmemesi durumunda da uyuşmazlıklar söz konusu olur.

Bir çok meyve türüne ait çeşitlerde ortaya çıkan kısırlık ve uyuşmazlık olaylarının bilinmesi ve meyve bahçesi tesisinde dikkate alınması meyveciliğin yüksek kalite ve verimliliğinin sürdürülebilirliği açısından önem arz etmektedir.

Anahtar Kelimeler *– Kısırlık, uyuşmazlık, döllenme, gamet, tozlanma*

GİRİŞ

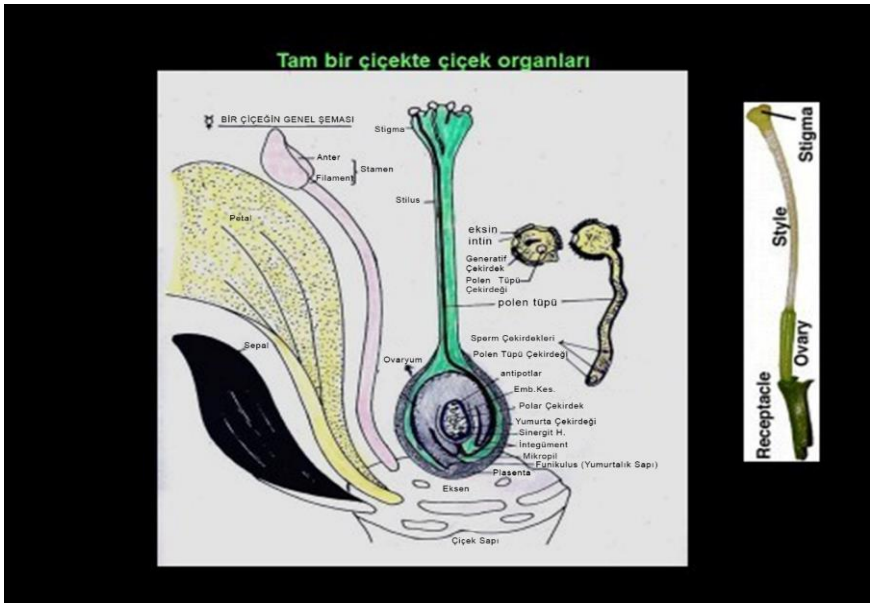
Meyve ağaçlarında uyuşmazlık ve kısırlık konusunun tam anlamıyla kavranabilmesi için konunun önemi iyi anlaşılmalıdır. Bu bağlamda meyve ağaçlarında çiçek yapısı, tozlanma ve döllenme olayları süreçlerinin açıklanması gerekir. Kendine verimli olan bazı meyve türlerinde her ne kadar tozlayıcı çeşit bulundurmadan meyve oluşumu gerçekleşiyor olsa da genellikle ekonomik bir verim ve kaliteli ürün için tozlanma ve döllenme şarttır. Dolayısıyla birim alandan elde edilen verimi önemli sayılabilecek düzeyde artıran tozlayıcı çeşitlerin; gerek kendine verimli olan ve gerekse kendine kısır veya uyuşmaz olan tür ya da çeşitlerden müteşekkil bahçelerin tesisinde mutlaka planlama dahilinde dikkate alınması gerekmektedir. Ayrıca fındık, ceviz, badem, kestane ve Antep fıstığı gibi tohumu yenen sert kabuklu meyve türlerinde ise döllenme olmadan meyve oluşumu mümkün olmamaktadır. Bu meyve türlerinden oluşan bahçe tesisinde tozlayıcı çeşit planlamasında çok daha dikkatli olunması gerekir. Diğer yandan triploid çeşitlerin tozlama ve dölleme kabiliyetleri yok denecek kadar azdır, dolayısıyla bu tür ya da çeşitler tozlayıcı çeşit olarak kesinlikle planlanmamalıdır. Triploid çeşitler ana çeşit olarak kullanılacaksa mutlaka kullanılması gereken tozlayıcılar diploid yapılı olmalıdır.

Döllenme olmadan çekirdeksiz meyve teşekkülü (partenocarpi) bazı türlerde verimliliği tamamen ortadan kaldırarak ticari değeri sıfırlayabilmekte, diğer bir kısım türlerde ise ticari değer artışı sağlamak suretiyle avantaj oluşturabilmektedir. Muz gibi bazı meyve türlerinde tozlanma ve döllenme olmadan tamamen partenokarpik olarak meydana gelen meyveler mevcuttur. Bunun yanında Portakal, Armut ve Üzüm gibi bazı meyve türlerinde de döllenme olmadan çekirdeksiz meyve teşekkül etmekte ve bu durum meyvelerin ticari değerini artırmaktadır. Ayrıca döllenme olmadan çekirdekli meyve teşekkülü de (Apomixis) meydana gelebilmektedir. Bu şekilde oluşan tohumlar tamamen vegetatif karakterli olup ana bitkinin kalıtsal özelliklerini aynı şekliyle taşırlar. Burada döllenmenin öneminden bahsederken, döllenmenin meydana geldiği generatif bir organ olan çiçeğin yapısını ve döllenme olayının mekanizmasını göz ardı etmemek gerekir.

ÇİÇEK

Çiçek, bitki neslinin devamını sağlayan, üzerinde cinsiyet organlarını taşıyan üreme organdır. Meyve ağaçlarının çiçekleri; renk, şekil, büyüklük, koku ve yapı bakımından ortak yanları olduğu gibi birbirinden oldukça farklılıkları da vardır. Çiçekler genel olarak üzerinde çiçek organlarının bulunduğu bir eksene sahiptirler. Çiçek sapı (peduncle) denen bu yapının uç kısmının farklı şekillerde

gelişmesi sonucu çiçek tablası (receptacle, torus) oluşur. Kapalı tohumlu bitkilerde çiçek dört kısımdan oluşmaktadır. Bunlar çiçek tablasının üst kısmında içten dışa doğru dişi organ ya da organlar, erkek organlar, taç yapraklar ve çanak yapraklar olarak adlandırılır (Şekil 1). Bu organların her birinin farklı bir yapısı ve fonksiyonu mevcuttur.



Şekil 1: Tama bir çiçeğin genel yapısı

1.1 *Çanak yapraklar* (*Sepal*)

Çanak yapraklar çiçeğin iç kısmında bulunan diğer organların korunmasında fonksiyonel bir yapıya sahiptir. Çiçek tablası üzerinde en dış kısımda halka şeklinde dizili olarak bulunan yaprak benzeri organlardır. İlk iki halkada bulunan bu yapraklar irilik, şekil ve renk yönünden farklılık göstermektedir. En dış halkadaki yapraklar genellikle yeşil renkli olup her bir yaprağa sepal veya çanak yaprak, sepallerin bütününe ise calyx ya da çanak halkası denir. Bazı çilek çeşitleri gibi bazı bitkilerde çanak yaprakların alt kısmında ikinci bir çanak halkası bulunabilir. Bu yapıya epicalyx veya dış çanak yapraklar denilmektedir. Çanak yapraklar serbest olabildiği gibi bitişik ya da kaynaşmış halde de olabilirler (Çilek, üzüm v.b.).

1.2. *Taç yapraklar (Petal)*

Meyve ağaçlarında; bazılarında parfüm bezleri de bulunan taç yaprakları güzel, gösterişli olan ve özellikle böcekleri cezbedici özellikte bulunanlar

entomofil olarak adlandırılır. Dıştan içe doğru ikinci halkada yer alan taç yaprakları bu özellikleri ile davetçi olarak tozlanmada rol oynarlar. Bu meyve ağaçları özellikle arılar fonksiyonel olmak üzere böceklerle tozlanırlar. Taç yaprakların oluşturduğu halkaya taç (Corolla) denir. Corolla'yı oluşturan taç yapraklar birbirinden ayrı ise chorypetalous, birleşik ise synpetalous olarak adlandırılırlar. Taç yaprakları bulunmayan dişi çiçeklere sahip fındık, ceviz gibi meyve türleri *anemofil* olarak adlandırılır ve rüzgarla tozlanırlar. Corolla kısmı bulunmayan bu çiçekler *apetalous* olarak adlandırılır.

Perianth denen çiçek örtüsünü çanak (*calyx*) ve taç yapraklar (*corolla*) birlikte oluştururlar ve iç kısımda bulunan erkek ve dişi organları muhafaza ederler. Bazı bitkilere ait çiçeklerde çanak ve taç yapraklar aynı özelliktedir. Bu çiçeklerin çiçek örtüsüne *perigone perigon*'u oluşturan her bir yaprağa *tepal* denir. Taç ve çanak halkası bulunmayan çiçeklere çıplak çiçekler (aehlamydeous) denir. Sadece çanak ya da taç yaprağı olan çiçeklere *monochlamydeous*, çanak ve taç yaprakları olan çiçeklere de *dichlamydeous* çiçek denir.

1.3. *Erkek organ (stamen, microsporophyll)*

Çiçeğin, erkek eşey hücrelerini (***microgamete***) üreten dıştan içe doğru 3. ve 4. halkasında bulunan önemli bir organıdır. *Stamen*; başçık (*anther*) ve sapçık (*flament, sporangiophore*) olmak üzere iki kısımdan oluşur. Başcık kısmı; ikişer adet çiçek tozu (polen) kesesi (loculus) içeren iki *teka*'dan oluşmuştur. İki teka connective denen bir doku ile birleşmiştir. Polen kesesi içerisinde erkek eşey hücrelerini oluşturacak olan çiçek tozu ana hücreleri (microsporocyte) oluşmaktadır. Türlere göre şekil, büyüklük ve sayı bakımından farklılık gösteren bir çiçeğe ait erkek organların tümüne *androecium* denir. Meyve türlerinin erkek organ sayıları genellikle 15-30 adet arasında değişim gösterse de zeytin gibi iki adet erkek organa sahip olan meyve türü olduğu gibi fındık, ceviz gibi çok sayıda erkek organı olan türlerde vardır. Böceklerle tozlanan çiçeklerde genellikle erkek organlarla taç yapraklar arasında olmak üzere, bazı çiçeklerde de erkek organ ile dişi organ arasında bulunan balözü (netar) çıkaran bezler (nectary) bulunur.

1.4**.** *Dişi organ (pistil, megasporophyl, macrosporophyll)*

Çiçeğin en iyi korunan merkez kısmında oluşan en önemli organıdır. Meyve veya tohum oluşumu için bulunması zorunlu olan organdır. Dişi organ tepecik (stigma), dişicik borusu (style) ve yumurtalık (ovary) olmak üzere üç kısma ayrılır. Stigma dişicik borusunun değişime uğrayarak gelişmiş pürüzlü bir yapıya sahip olan en uç kısmıdır. Dişicik tepesi böceklerle tozlanan türlede salgı

bezi dokusuna sahiptir. Tozlanması rüzgarla olan türlerde ise dişicik tepesi çok parçalı ya da geniştir. Dişi organ döllenme olgunluğuna geldiğinde yapışkan bir sıvı salgılayarak çiçek tozlarının çimlenmesi için uygun bir ortam hazırlar. İçerisi dolu ya da kanallı bir yapıya sahip olan stil stigma ile ovaryum arasında uzanan ve çiçek tozu çim borusunun geçişini sağlayan bir yapıya sahiptir. Dişi organın en önemli kısmı olan yumurtalık tek veya birden fazla meyve yapraktan (carpel) oluşmaktadır. Yumurtalığın iç yüzünde placenta denen bazı bölgelere, göbek bağı (funicle) ile bağlanmış tohum taslakları (ovule) bulunur. Yumurta hücresinin oluştuğu embriyo kesesi tohum taslaklarında oluşmaktadır. Bir çiçekteki dişi organların hepsinr *gynoccium* denir.

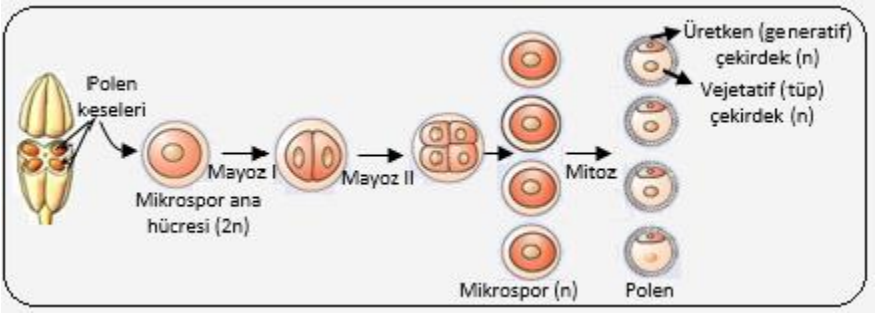
Bir çok meyve türünde bir adet dişi organ bulunurken, bazı türlerde çok sayıda dişi organ bulunabilmektedir. Sert çekirdekli meyve türlerinde tek karpel bulunur ve bu karpel içerisinde iki adet tohum taslağı bulunmaktadır. Yumuşak çekirdekli meyve türlerinde ise beş karpel bulunur ve her karpelde iki tohum taslağı ya da bazılarında ondan fazla tohum taslağı bulunabilir.

Çanak ve taç yapraklar ile erkek ve dişi organların hepsine sahip olan çiçeklere tam çiçek, bunlardan bir veya daha fazlası olmayan çiçeklere de eksik çiçek denir. Çanak ve taç yaprakları olmadığı halde, sadece erkek ve dişi organları olan çiçeklere kusursuz çiçek denir. Sadece erkek veya dişi organı bulunan çiçeklere de kusurlu çiçekler denir. Hem erkek hemde dişi organı bulunan çiçekler erselik çiçekler denir. Bu çiçekler; erkek organ fonksiyonel değil ise morfolojik erselik fizyolojik dişi, dişi organları fonksiyonel değil ise morfolojik erselik fizyolojik erkek çiçek olarak adlandırılırlar. Bunların yanında sadece erkek organı taşıyan çiçek erkek çiçek, sadece dişi organı taşıyan çiçek ise dişi çiçek olarak adlandırılır. Eşey organlarından sadece birine sahip olan bu kusurlu çiçeklere tek eşeyli (*diclin*) çiçekler denir. Erkek ve dişi çiçekler aynı bitki üzerinde bulunuyorsa bir evcikli (*monoic*) bitkiler, farklı bitkiler üzerinde bulunuyorsa iki evcikli (*dioic*) bitkiler olarak adlandırılırlar. Bunun yanında erselik çiçeklerle, erkek veya dişi çiçekler aynı bitki üzerinde farklı yerlerde bulunabilir ki bu bitkilere *polygamous* bitkiler denir. Erkek çiçeklerin erselik çiçeklerle bir arada bulunduğu bitkilere *andromonoecious* bitkiler, dişi çiçeklerin erselik çiçeklerle bir arada bulunduğu bitkilere ise *gynomonoecious* bitkiler denir.

2.DÖLLENME

Tohumlu bitkilerin üremesini sağlayan iki gametten biri erkek gamet veya microgamettir. Microgamet erkek organların anterlerinde bulunan çiçek tozu keselerinde oluşurlar. Olgunlaşan erkek organların anterlerinde bulunan polen keselerinde çiçek tozu ana hücreleri (*microsporocyte*) oluşur. Bu hücrelerin

diploid (2n) yapılı çekirdekleri önce mayoz, sonra mitoz olmak üzere iki kez bölünerek 4 çekirdek oluşur. Bu çekirdeklerin üzerinde hücre zarları oluşarak bir ana hücreden habloid kromozom sayısına sahip dört adet hücre (*tetrat*) oluşur. Microsporlar polen keselerinin içerisinde gelişmeye başlar hücre zarları kalınlaşır ve çekirdekleri mitoz bölünerek iki çekirdekli çiçek tozları oluşur (Şekil2). Bu çekirdeklerden iri olanı çiçek tozu borusunun gelişmesinde fonksiyonel olan vegetatif çekirdek, küçük olanı ise döllenme için gerekli olan generatif çekirdektir.

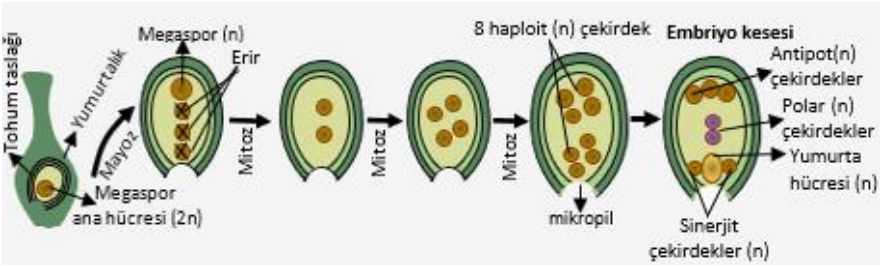


Şekil 2. Erkek gamet (mikrospor) oluşumu

İki çekirdekli polenlerde generatif çekirdeğin çimlenmiş polen tüpü içerisinde bölünmesi ile erkek gametler oluşur.

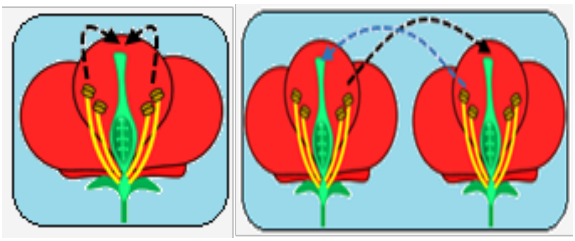
Tohumlu bitkilerin üremesinde rol alan ikinci gamet ise dişi gamet veya macrogamettir. Macrogametler dişi organın yumurtalığında (*ovary*) bulunan tohum taslaklarında oluşurlar. Genellikle her tohum taslağında bir adet yumurta ana hücresi (*megasporocyte*) oluşur. Diploid nusellus hücrelerinden, micropil kısmına yakın olan bir hücre diğerlerine göre daha fazla gelişerek yumurta ana hücresini oluşturur. Bu ana hücre de ilk bölünme mayoz olmak üzere iki kez bölünmek suretiyle habloid (n) kromozom sayılı 4 adet hücre oluşturur. Bunların her birine megaspor (gon) denir. Micropyl tarafındaki üç megaspor dejenere olur, 4. megaspor nusellus içinde gelişerek embriyo kesesini oluşturur. Dolayısıyla bu megaspora embriyo kesesi ana hücresi (*megagamet*) denir. Megagamet hacim olarak genişlerken çekirdeği ikiye bölünür ve her biri ayrı kutuplara çekilir. Bu çekirdekler de ikişer kez mitoz bölünerek her kutupta 4'er adet olmak üzere 8 çekirdekli embryo kesesi meydana gelir. Kutuplardaki 4'er çekirdekten birer tanesi embryo kesesinin ortasına hareket eden polar çekirdeklerdir (Şekil 3). Bu iki çekirdek bir zaman sonra birleşip kaynaşarak diploid yapılı endosperm çekirdeğini oluştururlar ve döllenme gerçekleşinceye kadar çekirdek halinde kalırlar. Kutuplardaki çekirdeklerin etrafında stoplazma toplanır ve zarları oluşarak hücreye dönüşürler. Micropile yakın olan

hücrelerden iç taraftaki yumurta hücresi (oosphor) olarak gelişir ve diğer iki hücre sinergid hücreleridir. Karşı kutupta bulunan hücreler ise antipot hücreleridir. Bu hücreler döllenmenin biraz öncesinde kaybolurlar. Bu aşamalardan geçen embryo kesesine sahip olan dişi organlar artık döllenme olgunluğuna gelmiş demektir. Bu aşamaya gelmiş olan dişi organların stigmaları üzerinde bazı türlerde çiçek tozlarının çimlenmeleri için şeker içerikli bir sıvı salgılanır. Bu durum çiçeğin tozlanma zamanının geldiğinin belirtisidir.



Şekil 3. Dişi gamet (makrospor) oluşumu

Döllenmenin ilk aşaması tozlanmadır. Anter kısmında olgunlaşan polen tozlarının stigma üzerine taşınmasına tozlanma denir. Bir dişi organın aynı çeşide ait çiçek tozlarıyla tozlanmasına kendine tozlanma, aynı ya da başka bir türe ait farklı bir çeşidin çiçek tozlarıyla tozlanmasına da yabancı tozlanma denir.

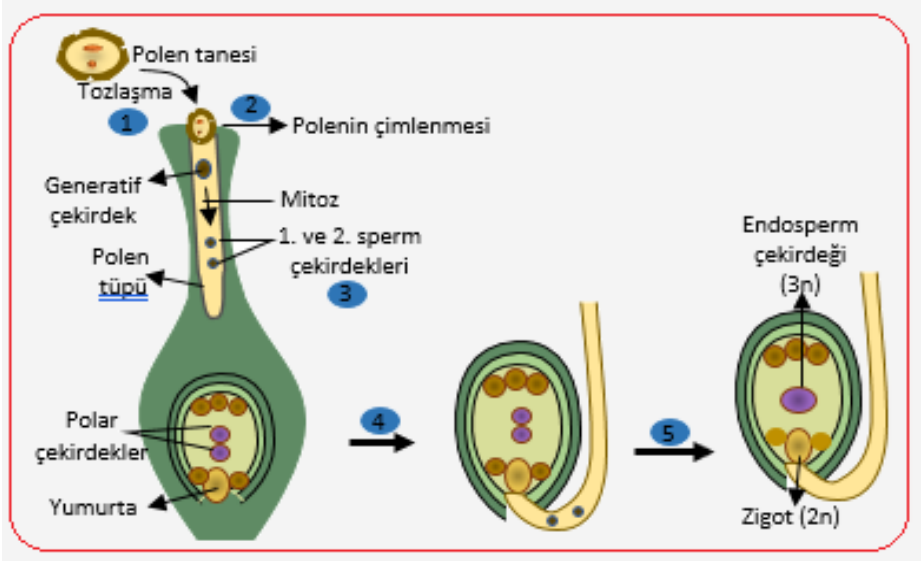


Şekil 4. Kendine tozlanma
Şekil 5. Yabancı tozlanma

Erkek ve dişi organların aynı zamanda olgunlaşmasına homogamy, farklı zamanda olgunlaşmasına dichogamy denir. Dichogamy görülen bitkilerde dişi organların erkek organlardan daha önce olgunlaşması olayına protogeny, erkek organların dişi organlardan daha önce olgunlaşması olayına da protandry denilmektedir. Monoic ve dioic meyve türlerinde dichogamy yaygın olarak görülen bir durumdur. Bazı sert kabuklu meyve türlerinde hem protogeny hem de protandry görülebilmektedir, buna heterodichogamy denilmektedir. Bu meyve türlerindeki döllenme problemlerini gidermek ve ürün alabilmek için ana

çeşidin çiçekleri ile aynı dönemde çiçek açan başka çeşitlerin de yetiştirilmesi gerekir. Bu amaçla yetiştirilen çeşitlere tozlayıcı çeşit denilir.

Yukarıda tanımlayıcı bilgi verilen erkek ve dişi gametlerin birleşmesine döllenme denir. Olgunlaşmış ve reseptif duruma gelmiş dişi organın stigması üzerine gelen polen tozları stigma üzerindeki salgıyı absorbe ederek çimlenirler. Polenlerin üzerinde bulunan porların birinden polen tüpü gelişir ve salgıladığı kütilaz enzimi ile stigmanın kütikül ile kaplı epidermis hücrelerini eriterek stil içerisine girer, burada stil dokusu tarafından beslenerek ve stil dokusunu eriterek ovaryuma doğru yol alır. İki çekirdekli polenlerde vegetatif çekirdeğin arkasından polen tüpüne geçen generatif çekirdek bölünerek iki adet generatif çekirdek ortaya çıkar. Generatif ve vegetatif çekirdekleri taşıyan polen tüpü uzayarak tohum taslağına ulaşır. Polen tüpü bazen şalazadan (chalazagamy), bazen integümentlerden (aporogamy) olmakla birlikte genellikle microphylden (porogamy) geçerek embriyo kesesine ulaşır. Daha sonra taşıdığı generatif çekirdekleri embriyo kesesine boşaltır (Şekil 6).



Şekil 6. Meyve ağaçlarında çift döllenme oluşumu

Polen kesesinin uç kısmında bulunan embriyo kesesi eriyerek kaybolur. Erkek gametlerden biri yumurta hücresinin çekirdeği ile birleşerek diploid (2n) zigotu oluşturur. İkinci gamet ise diploid yapıdaki polar çekirdek ile birleşerek triploid (3n) endosperm çekirdeğini oluşturur. Bu şekilde erkek gametlerin polar çekirdek ve dişi gamet ile birleşmesi olayına çift döllenme denir.

3.KISIRLIKLAR

Meyve türlerine ait çeşitlerin çiçeklerinde; erkek veya dişi gametlerin ya da diğer organlarının teşekkülünde meydana gelen anormallikler nedeniyle döllenmenin gerçekleşememesi olayına kısırlık denir. Meyve ağaçlarında normal döllenme olayları olduğu gibi bunun yanında döllenme olayının farklı nedenlerden dolayı gerçekleşmediği de görülür. Bu durumun önemli sebeplerinden biri de kısırlıklardır. Özellikle meyve bahçeleri tesis edilirken uzun yıllar telafisi mümkün olmayacak hataların yapılmasına mahal vermemek için kısırlık şekillerinin bilinmesi çok önemlidir. Aksi durumda gerek ekonomik açıdan önemli zararlar ortaya çıkabileceği gibi zaman kaybı da yaşanacaktır. Meyve ağaçlarında başlıca 2 tip kısırlık kendini göstermektedir.

- Morfolojik kısırlık,
- Gamet kısırlığı,
  a.Stolojik kısırlık
  b.Fizyolojik kısırlık.

3.1 *Morfolojik kısırlık*

Meyve türlerinde erkek veya dişi gametlerin ya da diğer eşey organlarının teşekkülünde ortaya çıkan anormalliklerden kaynaklanan kısırlık şeklidir. Bu şekilde erkek organların normal teşekkül etmemesi sonucunda dişi formlar, dişi organların teşekkül etmemesi sonucunda da erkek formlar ortaya çıkar. Meyve yetiştiriciliği pratiğinde dişi formlar tozlayıcı çeşitlerle önlem alınması halinde her zaman kullanılabilirler. Çavuş üzümü, Osmanlı çileği, J.H. Hale ve June Elberta şeftali çeşitleri gibi örnekler verilebilir. Dişi eşey organlarının anormal teşekkül etmesi durumunda meydana gelen erkek formlar, meyve yetiştiriciliği bakımından önemini yitirmiş olurlar. Bu erkek formlar artık sadece süs bitkisi olarak değer bulabilirler.

3.2 *Gamet kısırlığı*

Gamet kısırlığı erkek veya dişi eşey hücresinin herhangi bir nedenle dölleme ya da döllenme fonksiyonlarını kaybetmesi olayıdır. Bu kısırlık stolojik ve fizyolojik olmak üzere 2 nedenle ortaya çıkabilir.

3.2.1 *Sitolojik kısırlık*

Stolojik kısırlık şekli kromozom sayılarındaki anormalliklerden kaynaklanmaktadır. Meyve türlerine ait çeşitlerin çiçeklerinde teşekkül eden erkek veya dişi gametler çeşitlere özgü habloid kromozom sayılarını temsil etmezler. Bu olay erkek ve dişi gametlerdeki hücre bölünmesi sürecinde meydana gelen mayoz bölünme aşamasında kromozomların eşit bölünmemesi

dolayısıyla ortaya çıkmaktadır. Stolojik kısırlık genellikle türe ait habloid kromozom sayısının 3 katı kromozom sayısına sahip olan triploid çeşitlerde ortaya çıkmaktadır. Bu çeşitlerde kromozomların eşit sayıda bölünememesi sonucu ortaya çıkan farklı sayılarda kromozomlara sahip olan polen tozları genellikle normal bir şekilde çimlenemezler ve çim borularının gelişimleri yeterli olmadığından dölleme kabiliyetinde de değildirler. Bu özellikleri dolayısıyla meyve türlerine ait triploid çeşitler meyve bahçesi plantasyonlarında tozlayıcı çeşit olarak kesinlikle kullanılmazlar. Meyve bahçesi tesisinde triploid sayıda kromozom taşıyan çeşitler ana çeşit olarak kullanılacaksa, tozlayıcı çeşitler ana çeşit ile aynı zamanda çiçek açan diploid çeşitlerden seçilmelidir. Tozlanma aşaması meyve tutumunun iyi olması için önemli bir aşama olması dolayısıyla tozlayıcı çeşitlerin birden fazla olması, özellikle sisli ve yağışlı bölgelerde oransal olarak daha fazla sayıda tozlayıcı çeşit bulundurulması ve bahçede arı kovanı bulundurulması gibi ek tedbirlerin alınması büyük önem arz etmektdir. Dişi eşey hücrelerinin oluşumu aşamasında da ilk etapta mayoz bölünmesi gerçekleşmektedir. Triploid meyve türlerine ait çeşitlerde meydana gelen dişi eşey hücrelerindeki kromozomlar da mayoz bölünme esnasında eşit bölünmediğinden, normal bir döllenme gerçekleşmez ve ancak içi boş çekirdekler oluşabilir. Bu kısırlık tipi, gamet hücrelerine ait çekirdeklerin teşekkülü ile ilgili olması dolayısıyla stolojik kısırlık olarak adlandırılmıştır. Stolojik kısırlık genetik olarak kalıtsaldır ve hiçbir teknik ve kültürel tedbirle düzeltilemez.

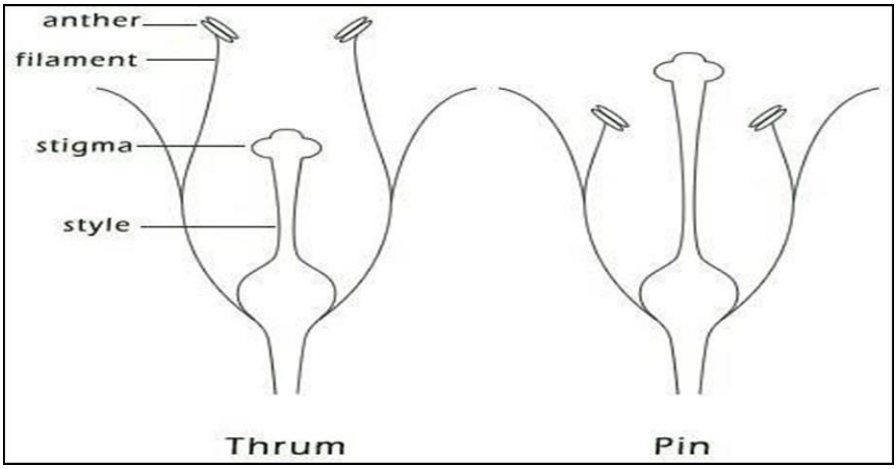
3.2.2 *Fizyolojik kısırlık*

Fizyolojik kısırlık meyve ağaçlarının beslenmesinde meydana gelen anormallikler veya beslenme yetersizliklerinden kaynaklanmaktadır. Meyve ağaçlarının değişik nedenlerle yetersiz beslenmesi; gerek yumurtalığın iyi gelişememesi ve gerekse polen tozlarının çimlenme kabiliyetlerinin azalması dolayısıyla kısırlık ortaya çıkmaktadır. Beslenme eksikliği dolayısıyla yumurtalığın iyi gelişememesi, döllenme kabiliyetine sahip olan yumurta hücrelerinin gelişememesine ve dolayısıyla döllenmenin gerçekleşememesine sebep olmaktadır. Diğer taraftan yetersiz beslenme sonucunda erkek eşey hücrelerini taşıyan polen tozlarının çimlenme kabiliyetlerinin azalması da döllenmede aksaklıklara sebep olmaktadır. Bu durum yaşlı ve bol çiçek açan meyve ağaçların dan alınan çiçek tozlarıyla, orta yaşlı iyi beslenme şartlarında bulunan bir meyve ağacından alınan çiçek tozlarının çimlendirilerek mukayese edilmesi şeklinde kolayca tespit edilebilir. İyi beslenme şartlarında bulunan meyve ağaçlarından alınan çiçek tozlarının daha yüksek çimlenme oranlarına sahip olduğu yapılan çalışmalarda belirlenmiştir. Ayrıca bir meyve dalı

üzerinde bulunan çiçeklerden; dalın dip kısmına yakın olanlardan alınan çiçek tozlarının çimlenme yüzdeleri, dalın uç kısmına doğru alınan çiçek tozlarının çimlenme yüzdeleriyle kıyaslandığında, çimlenme oranlarının bariz bir şekilde azaldığı tespit edilmiştir. Bu olay değişik yerlerde bulunan çiçek tozlarının beslenme şartları ve içerdikleri besin maddeleri ile ilgilidir. Fizyolojik kısırlık şekli beslenme şartlarının iyileştirilmesi sonucunda büyük ölçüde düzeltilebilir.

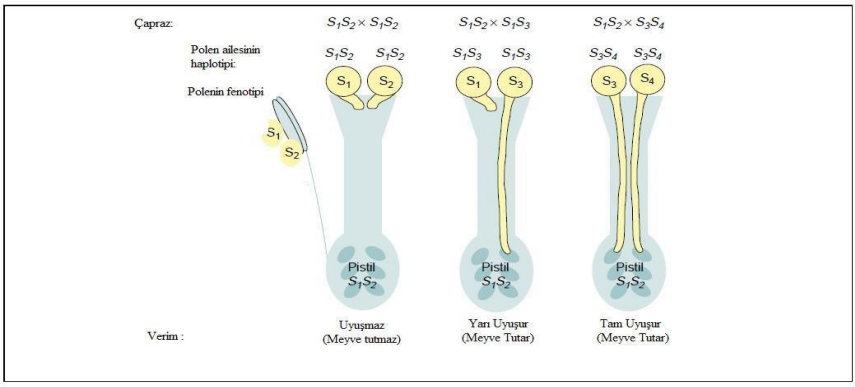
4.UYUŞMAZLIKLAR

Meyve türlerine ait çeşitlerin çiçeklerinde; erkek ve dişi gametler ile diğer organlarında herhangi bir genetik, fizyolojik veya morfolojik eksiklik ya da anormallik olmamasına rağmen döllenmenin gerçekleşmemesi olayına uyuşmazlık denir. Başka bir ifade ile, türlere ait çiçeklerin tohum veya meyve oluşturabilme yeteneğinde olmasına rağmen polen tozları ile stigma veya stilin karşılıklı olarak etkileşimi sonucunda döllenmenin gerçeklememesi olayı uyuşmazlık olarak tanımlanabilir. Sonuçta polen tozu stigma üzerinde şartlar uygun olsa da çimlenememekte, bazen çimlense bile sitil içerisinde sınırlı bir ilerleme olmakta ve yumurtalığa ulaşamamakta ve döllenme gerçekleşememektedir. Bir meyve türüne ait çeşidin çiçek tozları aynı bitki üzerinde bulunan çiçeklerin veya aynı çeşide ait olan farklı bitkilerin dişi çiçeklerini dölleyemiyorsa burada kendisi ile uyuşmazlık (self-incompatibility) söz konusudur. Bir meyve türüne ait bir çeşidin çiçek tozları aynı türe ait başka bir çeşidin çiçeklerini dölleyemiyorsa buna da karşılıklı uyuşmazlık (cross-incompatibility) denmektedir (Ağaoğlu ve ark., 2019). Kendine uyuşmazlıkta bir çiçekte eşey organları ve eşey hücreleri sağlıklı geliştikleri halde, kendi çiçek tozlarıyla tozlanmaları sonucunda döllenmenin gerçekleşmemesi durumudur. Bu durum tamamen genetiksel kaynaklıdır ve uyuşmazlık genleri (S genleri) tarafından kontrol edilir (Eti ve ark., 1990). Uyuşmazlıklar heteromorfik ve homomorfik uyuşmazlık olmak üzere iki kısma ayrılır. Homomorfik uyuşmazlık ta kendi içerisinde gametofitik ve sporofitik uyuşmazlık olmak üzere ikiye ayrılır. Anter ve stigmanın farklı boyutlarda olması ve biri birilerinden uzak olması dolayısıyla heteromorfik uyuşmazlık tipini ortaya çıkarmaktadır. Bunun da Pin ve Thrum tipi olarak iki tipi mevcuttur (Şekil 1). Gametofitik tipi kendine uyuşmazlık en yaygın uyuşmazlık tipi olarak bilinmektedir.



Şekil 1. Heteromorfik uyuşmazlık (pin ve thrum tipi uyuşmazlıklar)

Gametofitik uyuşmazlıkta; tam uyuşmazlık, yarı uyuşurluk ve tam uyuşurluk olmak üzere üç tip bulunmaktadır (Şekil 2), (Şehirali ve Özgen, 2002). Kendine uyuşmazlık genellikle polen ve pistil tarafından kodlanan multialelik bir S lokusunca yönetilmektedir. S1 aleli taşıyan bir polen tozu S1 aleline sahip bir pistille muhatap olduğunda uyuşmazlık durumu ortaya çıkmaktadır. Polenin taşıdığı S aleli, pistilin taşıdığı S alelinden farklı ise uyuşmazlık meydana gelmemektedir. S1S2 alellerine sahip bir bitki tarafından üretilen polenlerin yarısı S1, diğer yarısı ise S2 genotipine sahip olur. S1 ya da S2 aleli taşıyan polen S1S2 alellerini içeren pistil tarafından reddedilecek ve uyuşmazlık söz konusu olacaktır. S1S3 aleli taşıyan bir bitkiden taşınacak olan S1 ve S3 alellerine sahip polenlerden S1 uyuşmazlık gösterirken S3 uyuşur olacaktır. Böylece yarı uyuşma durumu ortaya çıkmış olacaktır. S3S4 alellerini içeren bir bitki ise S3 veya S4 polenleri üretecek ve bu polenlerin her ikisinde de uyuşmazlık söz konusu olmadığından tam uyuşma durumu meydana gelecektir. Sporofitik uyuşmazlıkta ise polenin uyuşmazlık özelliği polenin üretildiği bitki tarafından belirlenmektedir. Gametofitik uyuşmazlıktaki gibi tek bir lokustaki alel gen serisi tarafından yönetilmektedir. Burada aleller dominans veya bağımsız etki gösterebilmektedirler. Sporofitik uyuşmazlık gametofitik uyuşmazlığa göre daha ender görülmektedir. Uyuşmazlık durumunda polen tüpleri stil içerisinde bir süre ilerledikten sonra ya uçları şişmekte ya da boru ucu patlamaktadır.



Şekil 2. Gametofitik uyuşmazlık tipleri

Rosaceae familyasına ait bazı meyve türleri de kendi polenini reddetmeye neden olan ve genetiksel olarak kontrol edilen ribonükleaz enzim temelli gametofitik kendine uyuşmazlık göstermektedir (Halasz ve ark., 2007). Kayısının genelde kendine verimli bir meyve türü olduğu bilinmektedir (Ülkümen, 1938). Bazı çeşitlerde gametofitik uyuşmazlık görülmektedir. Mısırlı ve ark. (2006)'nın Malatya'nın ünlü çeşitleri olan Çataloğlu, Hacıhaliloğlu, Hasanbey, Kabaaşı ve Soğancı'da yaptıkları kendileme çalışmalarında değerlerin %5'in altında bulunmasından dolayı bu çeşitleri kendisine verimsiz çeşitler olduğunu bildirmişlerdir. Bademde kendine verimli çeşitlerin varlığına rağmen, genel olarak kendine uyuşmazlık söz konusudur. Bu durum meyve tutumu için yabancı tozlanmayı zorunlu kılar. Badem plantasyonlarının kurulmasında aynı zamanda çiçek açan ve birbirini tozlayan çeşitlerin kullanılması zorunludur (Akçay ve Tosun, 2005). Fındıkta sporofitik uyuşmazlık tipi vardır ve yabancı tozlanma gösterir (Yılmaz, 2009). Turunçgiller ise gametofitik uyuşmazlık göstermektedir (Boncuk, 2011). Armut için triploid çeşitlerin çiçek tozlarının çimlenme oranları oldukça düşük olduğundan bu çeşitler tozlayıcı olarak önerilmezler. Triploid çeşit kullanılarak kurulan armut bahçelerinde en az 2 diploid tozlayıcı kullanılmalıdır. Bazı armut çeşitleri kısmen kendine verimli olarak bilinirse de yüksek bir meyve tutumu ve verimlilik sağlamak için karşılıklı tozlaşma şarttır. Armut çeşitlerinde karşılıklı melezlemelerde uyuşmazlık yaygın olmasa da bazı uyuşmaz kombinasyonlar mevcuttur. Bu bakımdan armut çeşitlerinde 2 uyuşmazlık grubu görülmektedir.

KAYNAKLAR

Ağaoğlu, Y.S., Çelik, H., Çelik, M., Fidan, Y., Gülşen, Y., Günay, A., Halloran, N., Köksal, A.İ., ve Yanmaz, R. (2019). Genel Bahçe Bitkileri. Ankara Üniversitesi Basımevi, ISBN: 978-605- 136-377-6, Ankara.

Akçay, M.E., ve Tosun, İ. (2005). Bazı geç çiçek açan yabancı badem çeşitlerinin Yalova ekolojikkoşullarındaki gelişme ve verim davranışları. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*,36(1), 1-5.

Boncuk, M. (2011). Klemantin mandarininde eşeysel uyuşmazlık mekanizmasının cDNA AFLP yöntemiyle araştırılması. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, Türkiye.

Eti, S., Kaşka, N., Kurnaz, Ş., ve Kılavuz, M. (1990). Bazı Yerli Yenidünya (Eriobotrya japonica Lindl) Çeşitlerinde Çiçek Tozu Üretim Miktarı, Canlılık Düzeyi ve Çimlenme Yeteneği ile Meyve Tutumu Arasındaki İlişkiler. *Doğa Türk Tarım ve Ormancılık Dergisi* 14, 421-430.

Halasz, J.A., Pedryc, A., ve Hegedus, A. (2007). Origin and dissemination of thepollen- partmutated SC-haplotyp ethatconfers self- compatibility in apricot (*Prunus armeniaca L.*). *New Phytologist*, 176, 793–803.http://www.biyolojiportali.com/konu-anlatimi/12/25/bitkilerde-eseyli-ureme-ve-cimlenme

Mısırlı, A., Sağlam, H., Gülcan, R., Ölmez, H.A., ve Sahin, M. (2006). Investigation on fertilization biology of important dried apricot cultivars. ISHS Acta Horticulturae, 701, 159-162.

Şehirali, S., ve Özgen, M. (2002). Bitki ıslahı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No: 1553, ISBN: 975-482-569-6, s67-68, Ankara.

Ülkümen, L. (1938). Malatya'nın mühim meyve çeşitleri üzerinde morfolojik, fizyolojik ve biyolojik araştırmalar. Doktora Tezi, Ankara Yüksek Ziraat Enstitüsü, Ankara.

Yılmaz, M. (2009). Bazı fındık çeşit ve genotiplerinin pomolojik, morfolojik ve moleküler karakterizasyonu. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana.

Bölüm 18

Su Ürünlerinin Gastronomideki Yeri ve Önemi

Pınar OĞUZHAN YILDIZ[1], Nilay KIZILOĞLU[2]

[1] Doç. Dr ; Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi
pinaroguzhan@atauni.edu.tr ORCID No: 0000-0002-9892-7925
[2] L.Ü Öğrencisi ; Atatürk Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi
nilay.kiziloglu17@ogr.atauni.edu.tr ORCID No: 0009-0004-6497-280X

GİRİŞ

Beslenme, vücut için gerekli olan temel besin öğelerinin yeterince alınması olarak tanımlanmakta olup, sağlığın ve yaşamın devamı için elzem olan insanoğlunun vazgeçemediği temel ihtiyaçların başında gelen tüketim durumudur. Son zamanlarda insanlar dengeli beslenmenin ne kadar önemli olduğunu kavramışlardır. İnsanoğlunun sağlıklı olabilmesi vücudun ihtiyaç duyduğu tüm besin gruplarından yeterli miktarlarda alması ile olmaktadır. Besin öğelerinin gereğinden az veya çok miktarda alınması büyüme ve gelişmeyi olumsuz etkileyerek sağlığın bozulmasına sebep olabilmektedir. Özellikle de Covid19 salgınından sonra sağlıklı ve dengeli beslenmenin önemi daha da anlaşılmış ve en önemli konularından birisi olmuştur. Sağlıklı beslenmede hayvansal gıdaların tüketimi oldukça önemli olup, hayvansal protein ihtiyacının önemli bir kısmını karşılayan su ürünleri, insan beslenmesinde önem arz etmektedir. Bu bağlamda mutfaklarda su ürünlerinin haftada en az 1-2 kez yer alması sağlıklı beslenme açısından önemlidir (Şahin, 2019).

Gastronomi Yunanca "gaster" (mide) ve "nomas" (yasa) sözcüklerinden türemiştir (Güzel Şahin ve Ünver, 2015). Hatta Oxford sözlüğünde Yunan bir şairin yiyecek ve yemenin zevki konusunda yazdığı şiirin başlığı olarak ta verilmiştir (Dikel ve Demirkale, 2019). Gastronomi gıdaların hijyen/sanitasyon kurallarına uygun şekilde hazırlanıp hem göze hem de damağa hitap edecek şekilde sunulan yemek kültürü veya sanatıdır' (Özdemir ve Dülger Altıner, 2019).

Gastronominin temel amacı en iyi beslenme ile insanların korunması ve hayattan zevk alabilmesinin sağlanmasıdır (Dikel ve Demirkale, 2019). Gastronomi işlevi ise temel ilkeler baz alınarak yiyecek olarak kullanılabilecek tüm unsurları arayan, temin eden ve hazırlayarak sunan herkese yol göstermek olarak ifade edilebilir (Acar, 2021).

Su ürünleri gastronomi bakımından oldukça önemlidir. Zengin su ürünleri varlıkları, besin içeriği ve damak tatlarına hitap etmesi bakımından da ayrıcalıklara sahiptir. Eski zamanlardan bu yana mutfakların vazgeçilmez bir parçası olmuştur. Ayrıca geçim sıkıntısı çeken insanların da geçim kaynağı olmuştur. Tüm dünyada ve ülkemizde yöresel mutfaklarda bir şekilde deniz ürünleri yer almıştır. Gerek denizlerimizden gerekse iç sularımızdan yakalanan su ürünleri ile hazırlanan çeşitli yemekler Türk mutfağının geleneksel lezzetlerini ortaya çıkarmıştır. (Beyter, 2020).

Türk mutfağı, dünya mutfakları arasında ilk üçte yer almakta olup, zengin yemek kültürünü içinde barındıran köklü mutfağa sahiptir (Solmaz ve Dülger Altıner, 2018). Gastronomi açısında bu bağlamda Türk mutfağının yeterince çekicilik unsurlarını bulundurduğu görülmektedir (Cömert ve Özkaya, 2014).

Osmanlı mutfağında balık yemeklerinin çokca yer aldığı ve hatta balıktan her çeşit yemeğin yapıldığı bilinmektedir. Bu durumun da Bizans İmparatorluğu ile yaşanılan etkileşimden kaynaklı olduğu sanılmaktadır (Çakar ve Erol 2022).

Dünyanın hemen hemen her ülkesinde (Alaska'dan Avustralya'ya kadar) mutfaklarında su ürünleri ile hazırlanan pek çok yöresel ve geleneksel yemek tarifleri bulunmaktadır. Bulunduğumuz zaman içerisinde dünyanın hemem hemen her yerinde suşi bulunmakta ve yapılmaktadır. yapmak olasıdır. Bu açıdan su ürünleri sektörünün büyümesinde gastronominin payı da oldukça önem arz etmektedir (Dikel ve Demirkale, 2019).

Su Ürünlerinin Besin Değeri ve Sağlık Açısından Önemi

Günümüzde dünyada ve ülkemizde ölümcül ve kronik hastalıklardaki artış tüketiciyi doğru ve sağlıklı beslenmeye doğru itmiştir. Bu bağlamda su ürünleri oldukça önemli bir besin kaynağıdır. Su ürünlerinin yapısında bulunan protein, çoklu doymamış yağ asitleri, esansiyel aminoasitler, mineral maddeler ve vitaminler sağlıklı ve dengeli beslenmede su ürünlerini daha da değerli hale getirmektedir (Hosomi ve ark., 2012; Bilgin ve Ertan, 2015).

Balık eti %75 ile %85 oranında su, % 15-20 oranında protein, sodyum, fosfor, bakır, potasyum, demir, kobalt kalsiyum, magnezyum, çinko, flor ve iyot minerallerini ve bol miktarda yağda eriyen vitaminleri (A, D, E, K) önemli miktarlarda içermektedir. Ayrıca diğer besinlerde bulunmayan fakat deniz ürünlerinin hepsinde bulunan 2 önemli yağ asidi (eikosapentaenoik asit (EPA) ve dokosaheksaenoik asit (DHA) olan omega-3 yağ asitleri içerikleri oldukça yüksek olan gıdalardır (Turan ve ark., 2006; Sirot ve ark., 2008; Larsen ve ark., 2011; Reames, 2012; Lund, 2013).

Omega-3 yağ asitleri de özellikle kanser, kalp-damar, Alzheimer, eklem romatizması, depresyon ve astım, gibi hastalıkların gerek önlenmesinde gerek tedavisinde ve bebeklerde retina ile beyin gelişiminde önemli role sahiptirler (Kocatepe ve ark., 2021).

Su ürünleri dünya nüfusunun %70'ini kapsayan kıyı ve ada sakinleri için de dünya çapında önemli bir diyet protein kaynağıdır. Yüksek protein içeren deniz ürünleri dünya protein ihtiyacının %40'ını karşılayabilmektedir. Ayrıca önemli düzeyde uzun zincirli omega-3 çoklu doymamış yağ asitlerini (PUFA) içermektedir (Valfré ve ark., 2003; Torusdağ ve Meral, 2021).

Günümüzde ucuz protein ve enerji kaynağı gereksinimdeki artışa paralel olarak balık etinin önemi de artmaktadır. Dünya gıda üretiminde balık eti %1 oranında olup toplam protein üretiminin %5'ini hayvansal proteinin ise %14'ünü oluşturmaktadır (Korkut, 2016).

Besin değeri yönünden balık eti çiftlik hayvanları etleri ile kıyaslandığında protein ve mineral açısından yüksek, yağ miktarı açısından düşüktür. Bu bakımdan da balık eti, çiftlik hayvanları etlerine kıyasla daha avantajlıdır (Arman Karabulut ve Yandı, 2006).

Son yıllarda beslenmeden kaynaklı hastalık sayılarında önemli artışlar gözlemlenmiş olup, bu hastalıkların kaynağının toplumun düzenli beslenmemesi ve sağlık açısından gerekli olan temel gıdaları da yeterince tüketmediğinden kaynaklı olduğu bildirilmiştir. İnsan sağlığı açısından son derece önemli olan balık etinin içeriği günümüz hastalıkları üzerinde pek çok olumlu etkiler sergilediği yapılan çalışmalarda da vurgulanmış ve bu bağlamda su ürünleri ağırlıklı beslenen kişilerde kalp-damar, eklem romatizması, sinir ve bağışıklık sistemi, hipertansiyon, çarpıntı, şeker hastalığı, kalp ritmi bozukluğu, depresyon, beyin fonksiyonları ve kanser gibi hastalıklarda önemli etkileri olduğu ortaya konmuştur (Manus ve ark., 2012; Arslan ve Oğuzhan Yıldız, 2021).

Su Ürünlerinin Gastronomideki Yeri ve Önemi

Gastronomi, sağlığa uygun olarak gıdaların belli bir düzen de hazırlanıp sunulduğu yemek kültürü/sanatıdır (Solmaz ve Altıner, 2018).

Gastronominin temel amacı; mümkün olabilen en iyi beslenmeyle insanların korunması ve hayattan zevk alabilmelerinin sağlanmasıdır (Dikel ve Demirkale, 2019).

Su ürünleri gastronominin önemli bir parçası haline gelmiş ve gerek gelişen teknoloji gerekse tüketim alışkanlıkları, sadece mevsimsel değil aynı zamanda mevsim dışında da su ürünlerinin tüketilmesi ile birlikte gastronomi açısından daha da önemli bir hale gelmiştir (Acar, 2021).

Su ürünleri dengeli ve sağlıklı beslenmede önemli bir yere sahip olması gastronominin ilgi alanı içerisinde de önemli bir yer tutmasına neden olmuştur. Su ürünleri tüm dünya mutfaklarında yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Hatta hemen hemen bütün dünya mutfaklarının yöresel ve geleneksel yemek tariflerinde su ürünleri karşımıza çıkmaktadır (Acar, 2021).

Hatta geleneksel mutfaklardan modern mutfaklara geçiş boyunca da beklenen ilgiyi üzerine çekmektedir. Deniz ürünleri gerek etnik zevklerin endüstrileşmesinde gerekse butik özelliklerden dolayı yaygın tüketim teknolojisine kadar geniş bir alana yayılmıştır. Gastronomi alanında su ürünleri, sadece mevsimsel olarak değil aynı zamanda dünyanın hemen hemen her yerinde istenildiği zaman bulunabilme özelliğine sahip olduktan sonra sofralardaki yerini daha da sağlamlaştırmıştır (Dikel ve Demirkale, 2019).

Ülkemiz su ürünleri mutfağı incelendiğinde Türkiye'ye özgü yemeklerin birbirinden değerli ve lezzetli olduğu, özellikle ait olduğu bölgenin su ürünlerinden hazırlandığı ve tüketime sunulduğu dikkati çekmektedir (Ünal Şengör ve Ceylan, 2018).

Dünya Mutfağında Su Ürünleri

Avrupa mutfaklarında yüzyıllardır su ürünleri tüketilmiş ve toplumun beslenmesinde temel besin kaynaklarından birisi olmuştur. Ringa balığı Ortaçağ Avrupa'sında en çok sevilen ve tüketilen balık türü olmuştur. Yine morina balıkları İrlanda kıyılarında avlanarak tuzlu ve kurutulmuş şekilde mutfaklarda hazırlanıp, tüketilmektedir. İrlanda mutfak kültüründe ayrıca somon önemli bir yere sahipken, deniz ürünleri ve tatlı su balıklarının çeşitliliği (ringa, mezgit, alabalık, kalkan, yılan balığı, midye, istiridye, yengeç, ıstakoz, karides) dolayısıyla su ürünleri tüketimi oldukça fazladır. Finlandiya mutfağında özellikle Noel gecelerinde geleneksel kurutulmuş balık yemekleri mutfaklardaki yerini almıştır. Çeşitli balık türleri, kerevitler ve istiridyeler Avusturalya mutfağında özellikle sokaklarda satışa sunularak satılan gıdalardır. Meksika mutfağında kalamar, karides, istiridye, köpekbalığı, deniz tarağı, deniz anası ve deniz salatalığı sıkça yer almakta olup, pazarlarda satışa sunulmaktadır (Koç ve Uçkan Çakır, 2018).

Somon balığı Almanya ve Fransa mutfaklarında sıklıkla yer almıştır. Fransız mutfağında ayrıca morina, kalkan, fener balığı, dil balığı, deniz tarağı, istiridye, deniz kestanesi, karides, kerevit, ıstakoz, yılan balığı, kalamar ve ahtapot ağırlıklı olarak yer almıştır. Midyelerde Fransız mutfağında oldukça popüler olan deniz ürünleridir (Yıldız ve ark., 2018).

Avrupa mutfaklarında mersin balığı yumurtalarından elde edilen havyarlar da sıkça yer almıştır. Orta çağ Avrupa mutfağında sazan, turna, alabalık, kerevit ve yılanbalığı avcılığı ve tüketimi yapılmıştır. Ayrıca kurbağalar ve salyangozlarda Avrupa mutfağında talep gören diğer su ürünleridir (Karaimamoğlu, 2019).

İtalya mutfağında en çok tercih edilen balık türleri orfoz, ton balığı, sardalya olup, kalamar, ahtapot, midye ve karides gibi deniz ürünleri de oldukça fazla tüketilmektedir. Kuzey Amerika'da özel günlerde deniz ürünleri ve haşlanmış kerevit sıklıkla tüketilmektedir (Yıldız ve ark., 2018).

Karayip mutfağında ıstakoz ve istiridye sıklıkla tüketilmektedir. Çin mutfağında da balık önemli bir yere sahip olup, özellikle taze balık ve istiridye tüketimi kendine önemli bir yer bulmuştur. Deniz ürünleri de Japonların beslenmesinde önemli bir rol oynamakta olup, taze balık ve ahtapot genellikle canlı şekilde yenmektedir. Kore mutfağında da başta ahtapot sofralardaki yerini

almış olup hem deniz ürünleri hem de balık tüketimi önemli bir yer bulmuştur (Dilsiz, 2010; Fabinyi, 2012; Fabinyi, 2016; Koç ve Uçkan Çakır, 2018; Crona ve ark., 2020; Issifu ve ark., 2022).

Amerika'da en çok tüketilen türler karides, somon, konserve ton balığı, yayın balığı, tilapiya ve pangasiusdur. Somon, morinayı taze, işlenmiş, dondurulmuş veya konserve şeklinde tüketmektedirler (Shamshak ve ark., 2019).

Afrika, İspanya, Rusya, İskandinav, Norveç, Hollanda, Portekiz, İngiltere ve Yunanistan mutfaklarında da önemli bir rol oynamaktadır (Ivoninskii, 2016; Koç ve Uçkan Çakır, 2018).

Türk Mutfağında Su Ürünleri

Ülkemizde balık kültürünün geçmişi Bizans imparatorluğuna kadar dayanmakta olup, özellikle İstanbul'da kıtlık dönemlerinde balık sıklıkla tüketilmiştir (Koç ve Uçkan Çakır, 2018).

Türk mutfağı dünya mutfakları arasında lezzet yarışında ilk akla gelen mutfaklardandır. Bir toplumun mutfağında deniz kültüründen bahsedebilmek için öncelikli olarak denize kıyısının bulunması önem arz etmektedir. Türk mutfağında deniz ürünleri önemli bir yere sahip olup, Türk mutfağında deniz kültürünün ortaya çıkması, Osmanlı'nın, Akdeniz, Ege ve Karadeniz'e komşu olmasından sonra olmuştur (Bucak ve Taşpınar, 2014).

Türk mutfağının vazgeçilmez deniz ürünleri hamsi, palamut, lüfer, levrek, uskumru ve çipuradır (Solmaz ve Dülger Altıner, 2018).

Karadeniz'de en fazla tüketilen ve sevilen hamsi balığı, Ege'de levrek, çipura, Marmara Denizi'nde hamsi, uskumru, lüfer, kalkan, sardalya, pisi, palamut, barbunya, tekir, kalamar, ahtapot, Akdeniz'de ise lahos, sinarit ve karagöz balıklarıdır (Ünal Şengör ve Ceylan, 2018).

Türk mutfağının su ürünleri ile hazırlanan ve servise sunulan kendine özgü pek çok yemeği bulunmaktadır. Hamsikuşu, mumlu kefal balığı havyarı, uskumru dolması ve sazan balığı dolması bunlar arasında yer alan yemeklerimizdendir (Beyter, 2020).

Ayrıca Van Gölü'nden bulunan inci kefali ile hazırlanan yemekler (balık köftesi, bostaniye, tuzlu balık, inci kefali dolması) tüketilen lezzetlerdir (Ünal Şengör ve Ceylan, 2018).

Trabzon'da olarak hamsi buğulaması, hamsili pilav, moraliya, hamsi kuşu, hamsi tava, hamsi kuşu, hamsili pilav, hamsili pilaki, hamsi ekşilisi, hamsi çığırtısı, hamsi salamura ve hamsi çorbası gibi birçok ana yemek mutfaklarda oldukça geniş yer kaplamaktadır (Kahraman, 2019).

Çanakkale'de mutfağında tüketilen su ürünleri midye dolma, kalamar tava, midye tava, kalamar dolma, iskorpit balığı çorbası, ahtapot salatası, kalamar kokoreç, karides salatası, karides güveç, ahtapot güveç, istavrit tava, kılıç şiş, asma yaprağında sardalya, levrek fırın, fener buğulama geleneksel yemeklerdir (Yılmaz ve Berik, 2022).

Kuşadası'nda sebzeli balık çorbası, Adana ve Mersin'de bulgur pilavının yanında kefal balığı ve Elazığ'da Fırat nehrinin ünlü şabut balığı sofralardaki yerini almaktadır (Kahraman, 2019).

Karadeniz mutfağında ise hamsi balığı ile yapılan sevilerek tüketilen lezzetler arasında hamsili pilav, hamsili kaygana, hamsikuşu, hamsi tava yer almaktadır. Yine Marmara Denizi'nde torik ile hazırlanan palamut köftesi ve lakerda diğer yöresel lezzetlerimizdendir. Akdeniz mutfağında da su ürünleri ile hazırlanan yemeklere rastlanılmaktadır (Ertaş ve Gezmen Karadağ, 2013; Ünal Şengör ve Ceylan, 2018).

Osmanlı mutfak kültüründe kalkan, yılan balığı, sazan, kılıç balığı, balık yumurtası, lakerda, havyarın tüketildiği, balık tuzlama, balık çorbası gibi yemeklerin de saray mutfağında sıklıkla yapıldığı kayıtlar arasındadır (Ünal Şengör ve Ceylan, 2018). Hatta pilaki, yahni ve pilavların ana malzemesi olarak ta balıkların kullanıldığı bilinmektedir (Çakar ve Erol, 2022).

SONUÇ

Sonuç olarak; sağlıklı beslenmede balık ve su ürünleri önemli gıdaların başında yer almaktadır. Mutfaklara su ürünlerinin yer alması gerek bu kültürün topluma kazandırılması gerekse daha sağlıklı bireylerin yetişmesinde oldukça önemlidir. Bu açıdan Türk mutfak kültüründe su ürünlerine daha fazla yer verilmesi önem arz etmekte olup, bu sayede ne yazık ki su ürünleri tüketimi oldukça düşük olan ülkemizde tüketimin arttırılması da sağlanmış olunacaktır. Ayrıca su ürünleri ile hazırlanan yemeklerimizin korunup, gelecek nesillere aktarılması durumu da oldukça önem arz etmektedir.

KAYNAKLAR

Acar, İ. (2021). *Tütsüleme Tekniğinde Kullanıla Farklı Katkı Maddelerinin Duyusal Özelliklere ve Tüketici Beğenisine Etkisi: Somon Fileto Örneği.* Yüksek Lisans Tezi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Kocaeli

Arıman Karabulut, H., ve Yandı, İ. (2006). Su Ürünlerindeki Omega-3 Yağ Asitlerinin Önemi ve Sağlık Üzerine Etkisi. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi,* 23(1/3): 339-342

Arslan, G., ve Oğuzhan Yıldız, P. (2021). *Balık Eti Besin Kompozisyonunun İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri.* Su Ürünleri ve Hayvancılık, Yücel Banu, Tolon Mustafa Tolga, Editör, Akademisyen Kitabevi A.Ş., Ankara, ss. 29-42.

Beyter, N. (2020). Deniz Ürünlerinin Sağlık Açısından Önemi ve Gastronomideki Yeri. *Uluslararası Antalya Bilim Üniversitesi Sosyal Bilimler Dergisi*, 47-61.

Bilgin, S., ve Ertan Ö. (2015). Bazı Deniz Balıklarının Aminoasit- Yağ Asidi içerikleri ve Beslenme Açısından Önemi. *Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 11(2): 45-49

Bucak, T., ve Taşpınar, O. (2014). Türk mutfağında deniz kültürünün yeri ve önemi. *International Journal of Human Sciences*, 11 (1), 551-568

Çakar, S., ve Erol, G. (2022). Türk mutfak kültürünün dönemsel olarak incelenmesi ve günümüz restoran menüleri üzerine bir değerlendirme: İstanbul örneği. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies*, 10 (1), 671-691

Cömert, M., ve Özkaya, F. D. (2014). Gastronomi turizminde Türk mutfağının önemi. *Journal of Tourism & Gastronomy Studies*, 2(2), 62-66.

Crona, B., Wassenius, E., Troell, M., Barclay, K., Mallory, T., Fabinyi, M., Zhang, W., Lam, V. W. Y., Cao, L., Henriksson, P. J.G., ve Eriksson, H. 2020. China at a crossroads: an analysis of China's changing seafood production and consumption. *One Earth*, 3(1), 32-44.

Dikel, S., ve Demirkale, İ. (2019). Su Ürünlerinde Gastronomi. *International Science and Research Congress (SR Congress)* 08-10 February, Antalya.

Dilsiz, B. (2010). *Türkiye'de gastronomi ve turizm (İstanbul Örneği).* İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Turizm İşletmeciliği Anabilim dalı, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul.

Ertaş, Y., ve Gezmen-Karadağ, M. (2013). Sağlıklı Beslenmede Türk Mutfak Kültürünün Yeri. *Gümüşhane Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi,* 2(1): 117-136.

Fabinyi, M. (2012). Historical, cultural and social perspectives on luxury seafood consumption in China. *Environmental Conservation*, 39(1), 83-92.

Fabinyi, M. (2016). *Sustainable seafood consumption in China*. Marine Policy, 74, 85-87.

Güzel Şahin, G., ve Ünver, G. (2015). Destinasyon pazarlama aracı olarak "gastronomi turizmi": İstanbul'un gastronomi turizmi potansiyeli üzerine bir araştırma. *Journal of Tourism and Gastronomy Studies,* 3(2), 63-73.

Hosomi, R., Yoshida, M., ve Fukunaga, K. (2012). Seafood consumption and components for health. *Global Journal of Health Science*, 4(3), 72.

Issifu, I., Deffor, E. W., Deyshappriya, N. P. R., Dahmouni, I. ve Sumaila, U., R. (2022). Drivers of Seafood Consumption at Different Geographical Scales. *Journal of Sustainability Research*, 4(3).

Ivoninskii, V. (2016). *Examining barriers to seafood consumption among young adults in Norway and Russia*. Master's thesis, UiT The Arctic University of Norway.

Kahraman, T. (2019). *Trabzon'da Hamsi Kültürünün Gastronomideki Yeri.* Yüksek Lisans Tezi, Gaziantep Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü.

Karaimamoğlu, T. (2019). Ortaçağ Avrupa Mutfak Kültüründe Tahıl, Balık ve Sütün Yeri. *Turkish Studies-Historical Analysis*, 14(3), 607-625.

Kocatepe, D., ve Büyükkol, D., Öztürk, G. (2021). Selenyum, Su Ürünleri ve Sağlık. *Sinop Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 6(2), 162-173.

Koç, P., ve Uçkan Çakır, M. (2018). *Balık kültürü, gastronomi ve turizm*. Detay Yayıncılık, Ankara.

Korkut, A. Y. (2016). Balık Yemi ve Sektörün Projeksiyonu. *IV. Su Ürünleri Yetiştiriciliği Çalıştayı*, 25-27 Şubat, İzmir.

Larsen, R., Eilertsen, K. E., ve Elvevoll, E. O. (2011). Health benefits of marine foods and ingredients. *Biotechnology advances*, 29(5), 508-518.

Lund, E. K. (2013). Health benefits of seafood; is it just the fatty acids? *Food Chemistry*, 140(3), 413-420.

McManus, A., Hunt, W., Howieson, J., Cuesta-Briand, B., McManus, J., ve Storey, J. (2012). Attitudes towards seafood and patterns of consumption in an Australian coastal town. *Nutrition Bulletin*, 37(3), 224-231.

Özdemir, G., ve Altıner, D. D. (2019). Gastronomi kavramlari ve gastronomi turizmi üzerine bir inceleme. *Erzincan Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi,* 12(1), 1-14.

Reames, E. (2012). *Nutritional benefits of seafood*. Southern Regional Aquaculture Center.

Shamshak, G. L., Anderson, J. L., Asche, F., Garlock, T., ve Love, D. C. (2019). US seafood consumption. Journal of the World Aquaculture Society, 50(4), 715-727.

Sirot, V., Oseredczuk, M., Bemrah-Aouachria, N., Volatier, J. L., ve Leblanc, J. C. (2008). Lipid and fatty acid composition of fish and seafood consumed in France: CALIPSO study. *Journal of Food Composition and Analysis,* 21(1), 8-16.

Solmaz, Y. ve Altıner, D. D. (2018). *Türk mutfak kültürü ve beslenme alışkanlıkları üzerine bir değerlendirme*. Safran Kültür ve Turizm Araştırmaları Dergisi, 1(3), 108-124.

Şahin, K. (2019). *Su Ürünleri ve Sağlık*. II. Gıda ve Sağlıklı Beslenme Sempozyumu Raporu. Türkiye Bilimler Akademisi Yayınları, TÜBA Raporları No: 31, Ankara

Torusdağ, G., ve Meral, R. (2021). *Su ürünleri besin değeri*. Detay Yayıncılık, Ankara.

Turan, H. Kaya, Y., ve Sönmez, G. (2006). Balık Etinin Besin Değeri ve İnsan Sağlığındaki Yeri. *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi,* 23(3), 505-508.

Ünal Şengör, G. F. Ü., ve Ceylan, Z. (2018). Türk Mutfağında Su Ürünleri Kültürü ve Önemi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14(4), 386-398.

Valfré, F., Caprino, F., ve Turchini, G. M. (2003). The health benefit of seafood. *Veterinary Research Communications*, 27, 507.

Yıldız, E., Sarıışık, M., Doğdubay, M., Kurnaz, A., Güldemir, O., Mil, B., ve Durlu Özkaya, F. 2018. *Dünya Mutfakları I.* T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 3309 Açıköğretim Fakültesi Yayını No: 2171, Eskişehir.

Yılmaz, D. K., Berik, N. (2022). Çanakkale Mutfağında Su Ürünlerinin Yeri. *Çanakkale Onsekiz Mart University Journal of Marine Sciences and Fisheries*, 5(Special Issue), 86-95.

Bölüm 19

Sucul Ortamlarda Kullanılan Biyoindikatör, Biyobelirteç, Serbest Radikal ve Antioksidanlar

Rahmi AYDIN[1], Ayşe Nur AYDIN[2]

Osman SERDAR[3]

[1] Munzur Üniversitesi Tunceli MYO
[2] Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi
[3] Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi

ÖZET

Birçok canlı türü çevresel değişimlere karşı çok çabuk bir hassasiyet göstermektedirler. Bu nedenle bu tür canlılar çeşitli şekillerde ortaya çıkan bu çevresel değişiklikler ile bir etkileşim içerisindedirler. Başka bir ifadeyle sucul bir ekosistemde meydana gelen olumlu ya da olumsuz bir değişiklik ekosistemin tamamını aynı şekilde etkilemektedir. Bu etkileşim, özellikle sucul ortamlarda bireylerin sayılarında artma ya da azalmalar şeklinde ortaya çıkabildiği gibi biyolojik toplulukların yapısında değişimlere de neden olmaktadır. Popülasyon yapılarında azalmalar olduğu gibi biyoçeşitlilikte de azalmalar gözlenmiş ve hatta bazı türlerin tamamen ortamdan yok olduğu birçok araştırmacı tarafından tespit edilmiştir. Bu nedenle su kirliliğinin belirlenmesinde ve kontrol edilmesinde çeşitli canlı türleri birer indikatör tür olarak kullanılmaktadır. Bu canlı türlerine bentik canlıları, algleri, balıkları, kabukluları, parazitleri, bakterileri (indikatör bakterileri) ve planktonları örnek olarak verebiliriz. Bu canlıların davranışsal tepkilerinin yanı sıra doku, organ ve hücre gibi çeşitli vücut yapılarının çevre kirliliğine karşı verdiği tepkilerin biyolojik analizleri de su kirliliğinin derecesi hakkında bizlere bilgi vermektedir. Bu tepkiler; biyolojik, mikrobiyal, genotoksik ve histopatolojik olabilmektedir. Bu tür çalışmalar yapılırken dikkat edilmesi gereken en önemli husus uygun biyobelirteç parametrelerinin doğru seçilmesidir. Yapılan bu derleme çalışma ile bu tür canlıların verdiği davranışsal tepkiler araştırılmış ve literatür taraması yapılmıştır. Yapılan araştırma neticesinde biyoindikatör, biyobelirteç, serbest radikal ve antioksidanlar hakkında detaylı bilgiler verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: biyoindikatör, biyobelirteç, Serbest radikal, antioksidan

SUMMARY

Many living organisms are very sensitive to environmental changes. Therefore, such creatures are in an interaction with these environmental changes that occur in various ways. In other words, a positive or negative change in an aquatic ecosystem affects the entire ecosystem positively or negatively. This interaction can occur as an increase or decrease in the number of individuals, especially in aquatic environments, and also cause changes in the structure of biological communities. As there are decreases in population structures, decreases in biodiversity have also been observed, and it has even been determined by many researchers that some species have completely disappeared from the environment. Because of that, various living species are used as indicator species in the determination and control of water pollution. Examples of these creatures are benthic organisms, algae, fish, crustaceans, parasites, bacteria (indicator bacteria) and plankton. Besides the behavioral responses of

these creatures, the biological analysis of the responses of various body structures such as tissues, organs and cells to environmental pollution also gives us information about the degree of water pollution. These reactions can be biological, microbial, genotoxic and histopathological. The most important issue to be considered while conducting such studies is the correct selection of the appropriate biomarker parameters. With this compilation study, the behavioral responses of such creatures were investigated and a literature review was created. As a result of the study, detailed information about bioindicators, biomarkers, free radicals and antioxidants was given.

Key words: bioindicator, biomarker, free radical, antioxidant

Giriş

İnsanlık tarihine baktığımızda ilk insan Adem'den günümüze kadar insanoğlu sürekli bir gelişim halindedir. Avcı-toplayıcı yaşam tarzından yerleşik hayata geçtikten sonra tarım ve hayvancılık devri başlamış ve daha sonraları sanayi dönemine geçiş ile tarım ve hayvancılık aletlerinin kullanılmaya başlaması bu gelişime büyük bir hız kazandırmıştır. Daha fazla tarımsal ürün elde edebilmek için çeşitli zirai ilaçlar (pestisit) kullanılmaya başlanmış ve birçok tarım arazisi yerleşim alanlarına dönüştürülmüş, sucul ekosistemler kirletilerek insanoğlunun besin kaynağı alanları tahrip edilmiştir. İşte bu gelişmeye bağlı olarak insanlar yaşadığı çevrelerinin doğal yapısını sürekli etkilemekte ve doğal ekosistemi bozmaktadırlar. Tarım ve hayvancılıkta kullanılan pestisitlerin hedef olmayan diğer canlılar üzerinde olumsuz etkileri ve ekosistemin doğal yapısının bozulması çok yoğun ve sürekli bir çevre kirliliği baskısının oluşmasına neden olmaktadır. Özellikle sanayi ve endüstriyel gelişime bağlı olarak toprak, hava ve su kaynakları geri dönüşümü mümkün olmayacak bir şekilde yoğun ve sürekli olarak kirletilmektedir. Bu kirlenme doğal ekosistem içerisinde yaşayan canlıların hayatlarını olumsuz bir şekilde etkilediği gibi, cansız öğelerin de yapısını bozmaktadır. Ekosistem bir bütün olarak değerlendirildiğinde gerek canlı ve gerekse cansız çevrenin bozulması ve hızla artan insan nüfusuna bağlı olarak besin kaynaklarında sürekli bir azalma görülmesi çevre kirlenmesinin önemini bir kez daha ortaya koymaktadır. Yerkürede meydana gelen bu kirliliği günümüz modern alet ve araçlarıyla çok rahat bir şekilde tespit etmek mümkündür. Ancak, yeryüzünün her bir noktasını kontrol altında tutmak hem çok zor, hem çok masraflı ve hem de çok zaman alacağından dolayı sucul ekosistemlerde çeşitli canlı türleri temizlik ya da kirlilik göstergesi (indikatör) olarak kullanılmaktadır. Bu amaçla çeşitli balık türleri, algler, kabuklular ve bakteriler indikatör tür olarak kullanılmaktadır. Bu canlıların doku, organ, hücre gibi çeşitli vücut bölümlerinin çevre kirliliğine karşı oluşturduğu yanıtlar su

kirliliği hakkında bilgi vermektedir. Bu yanıtlar; biyolojik, mikrobiyal, genotoksik ve histopatolojik olabilmektedir.

"Su hayattır" sözü her zaman geçerli olan bir ifadedir. Zira su, içme, temizlenme, evsel, tarımsal, endüstriyel olarak hayatın her alanında önemli ve vazgeçilemez bir yere sahiptir. Ancak, dünyanın hemen her yerinde bilinçsizce endüstriyel ve sanayi atık suları göl, gölet, akarsu ve denizlere boşaltılmaktadır. Çoğu zaman yasaların yaptırım güçleri bunu engelleyememektedir. Bu nedenle insanoğlunun kullandığı su kaynakları her geçen gün fiziksel, kimyasal ve biyolojik olarak sürekli kirlenmekte ve kullanılan su kaynakları azalmaktadır. Su kirliliğine neden olan etkenlerin ekosisteme hangi ölçüde zarar verdiği kirleticinin türüne, miktarına, maruz kalma süresine, kirlenen sucul ortamının fiziksel, kimyasal ve biyolojik yapısına, sucul ortamdaki canlıların tür ve büyüklüklerine bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Çünkü, sucul bir ortamdaki canlı toplulukları o ortamın geçmiş ve gelecekteki bir çeşit arşivini oluşturmaktadır. Kirlenmeye bağlı olarak bazı türlerin ortadan kalkması ya da ortama yeni türlerin gelmesi, mevcut canlıların yapılarında meydana gelen değişmeler, kirlilik derecesi gibi durumlar bu fikri desteklemektedir.

Yapılan bu derleme çalışma ile sucul ortamların kirlenmesine neden olan insan kaynaklı çevresel faktörlerin etki derecelerinin ortaya konulması, bu etkilere karşı sucul ortamlarda bulunan canlı türlerinin davranışsal hareketleri ile ilgili yapılan bilimsel çalışmalar araştırarak suların kirlilik düzeylerinin belirlenmesi, alınması gereken tedbirlerin tespit edilmesi, gerekli öneri ve uyarıların yapılması amaçlanmıştır.

BİYOİNDİKATÖR

Biyoindikatör, bir çevre ya da bir ekosistemin sağlık durumunu kontrol etmek için o bölgede yaşayan canlı türlerinin bir gösterge olarak kullanılmasıdır. Biyoindikatör, herhangi bir ortamda yaşayan ve çevresel değişimlere hassasiyet gösteren bazı özel türleri içerirken, biyobelirteçler bu canlıların doku ve organlarına ait bazı biyokimyasal, fizyolojik ve histolojik parametreleri kapsamaktadır. Özellikle sucul ortamların doğal yapısında oluşan değişiklikler ile kirlilik araştırmaları çoğunlukla geleneksel yöntemler dediğimiz fiziksel ve kimyasal parametrelerle ölçülmektedir. Halbuki doğal ortamın yerleşik türlerinin biyoindikatör olarak seçimi ve incelenmesi hem kimyasal kirliliği hem de ekosistemde oluşan değişiklikleri göstermesi açısından diğer yöntemlere göre daha yararlıdır (Dönmez ve Yılmaz, 2015).

Biyoindikatör türler

Biyoindikatörler, yukarıda da ifade edildiği gibi bir çevrenin ya da ekosistemin sağlık durumunu izlemek için o ortamda doğal olarak yaşayan canlı türlerinin kullanılmasıdır. Bu canlılar ekosistemde meydana gelen değişikliklere hassasiyet gösteren spesifik türlerdir. Bu türler, içinde yaşadıkları çevre ya da ekosistem bütünlüğünün ne derecede sağlıklı ya da sağlıksız olduğunu gösterirler. Bu canlılar yaşadıkları ortamlarda fiziksel, kimyasal, biyolojik ve davranışsal olarak izlendiğinde ekosistemlerinde meydana gelen bozulmaları tespit etmek mümkündür. Biyoindikatörler, ekosistemlerde çeşitli kirleticilerin birikmesiyle oluşan bozulmalar hakkında bilgi verdiği gibi, o ekosistemde yapılan fiziksel ve kimyasal testlerle sorunların ne zamandan beri sürdüğünün tespit edilmesine de yardımcı olurlar. Biyoindikatör seçimi hem kimyasal kirliliğin hem de sucul ortamda oluşan değişikliklerin tespit edilmesi açısından oldukça önemlidir. Organizmalarda oluşan stres ve biyolojik değişimleri belirlemek için tek bir tür üzerinden değerlendirme yapılmak çoğu zaman yanılmalara neden olmaktadır. Bu nedenle, tek bir tür yerine o çevre veya bölgeye özgü sorunları temsil edecek tür gruplarının tercih edilmesi daha doğru bilimsel sonuçların elde edilmesini sağlar (Holt and Miller, 2011).

İyi bir biyoindikatör organizma, içinde yaşadığı ortamda meydana gelen çevresel değişikliklere karşı hassasiyet göstermelidir. Ayrıca, çalışma yapılan alanı temsil edebilmesi için organizmanın belli bir alanda yayılış göstermesi ve konak canlılarının da tanımlanmış olması gerekir. Bu özelliklere ilave olarak, organizmanın yapılacak analizler için kullanılmaya uygun büyüklükte, kolaylıkla toplanabilen ve tanımlanabilen özellikte olması gerekmektedir. Biyoindikatör organizmaların biyolojik yapısı bilinmeli, mevsimsel değişimleri takip edilmeli ve üreme özellikleri çalışılmış olmalıdır. Aynı şekilde organizmaların yaşamı boyunca kirleticilere maruz kalma süresine bağlı olarak kirleticileri vücutlarında biriktirebilen bir yapıda olmaları gerekmektedir (Sures, 2004).

Sucul biyoindikatör türler; algler, makrofitler, zooplanktonlar, protozoalar, krustesealar, amfipod, kopepodlar, insektler, çift kabuklu yumşakçalar, gastropodlar, balıklar ve amfibiler olduğu bildirilmiştir (Zhou et al., 2008).

Monogenean, balıkların solungaçlarında yaşamını sürdüren ve çevresel kirliliğin tespit edilmesinde kullanılan parazitler de indikatör tür olarak kullanılmaktadır. Bu parazit hem dış ortam hem de canlı balıkla temas halinde olduğu için önemli bir kirlilik indikatörü olarak kullanılmaktadır (Turgut ve Özgül, 2009).

Biyoindikatör olarak kullanılan organizmaların büyük bir çoğunluğunu su tabanına bağlı olarak yaşayan ya da çok yavaş hareket eden bentik canlılar oluşturmaktadır. Bu canlıların bentik ortamlarda yaşaması ve yavaş hareket

etmesi çevresel değişimlere daha uzun süre ve daha yoğun maruz kalmasına neden olmaktadır. Bununla beraber diğer canlı grupları arasında da indikatör türlere rastlanmaktadır. Bunlar arasında özellikle bazı algler ve sucul çiçekli bitkiler kirlilik indikatörü olarak bilinirler. Bentik canlılar kadar olmasa da nektonik ve planktonik organizmalar da su kalitesi hakkında bir gösterge olarak bilgi vermektedir. (Başçınar, 2009).

BİYOBELİRTEÇ KAVRAMLARI

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) biyobelirteç terimini, canlı organizmaların doku ve organlarında ortaya çıkan hastalıkların etkilerini veya sonuçlarını tahmin etmek için vücutta ölçülebilen her bir madde, yapı veya süreçler olarak tanımlamaktadır. Biyobelirteç terimi başlangıçta tıp ve veteriner hekimliği alanında kullanılmıştır. Daha sonraları sucul ortamlar ve bu ortamlarda yaşayan ve çoğunluğu omurgasız ve çift kabuklu yumuşakça türlerinden oluşan canlıların biobelirteç parametreleri de kullanılmaya başlanmıştır (Dönmez ve Yılmaz, 2015).

Ekosistemde yaşayan canlı organizmalar kirlenmenin etkilerini çok iyi yansıttıkları için biyobelirteçler, biyolojik analiz olarak da tanımlanmaktadır. Biyobelirteçler, toksikolojik bileşiklerin akut etkilerinin yanı sıra, kronik etkilerini de rahatlıkla tanımlamaya imkan sağlamaktadır (Maggioni et al., 2012). Bir kirletici sucul ortama girdikten sonra moleküler düzeyden başlayarak ekolojik düzeye kadar değişiklikler meydana getirmektedir (Kuniyoshi and Braga, 2010).

Biyobelirteç ve Laboratuvar Kullanımları

Asetilkolinesteraz (AChE)

Asetilkolin sinir ve kasların çakıştığı yerlerde, iç organ motor sistemlerindeki lenf bezlerinde ve merkezi sinir sisteminin çeşitli bölgelerinde bulunan sinir hücresi ileticisidir. Asetilkolin, asetilkolinesteraz enzimi ile kolin ve asetik asite hızlıca ayrılır. AChE tipik olarak sinir, kas ve bazı kan ile ilgili hücrelerde sentezlenir. Enzim, uyarılabilen dokularda, sinir ve kasların hücre dışında yerlerinde de lokalize olmuştur. AChE inhibitörleri, Alzheimer hastalığı, glokom, düz kas zaafiyeti ve otonom sinir sistemi fonksiyonlarının çeşitli bozukluklarının tedavisinde kullanılır. AChE'ın katalitik aktivitesi çok yüksek olmakla birlikte saniyede 25.000 ACh molekülünü kolin ve asetik asite dönüştürür. Oluşan kolin, yeni ACh moleküllerini oluşturmak üzere tekrar sinir merkezlerine aktarılır (Gürsoy ve Gürsoy, 2017).

Asetilkolinesteraz sinir dokusunda, eritrosit membranlarında ve iskelet kaslarında mevcuttur. Asetilkolin maddesi, sinir uçları-organ ve nöron-nöron arasından uyartı taşımasının yanı sıra, sinir ve kas lifleri boyunca elektriksel bir

akımın oluşturulmasında görev alan kritik öneme sahip olan bir esterdir. (Kirby et al., 2000). Asetilkolinesteraz enzimi asetilkolini hidroliz ederek inaktif formuna dönüştürmektedir (URL 1).

Malondialdehid (MDA)

Hücre zarlarında çeşitli yapılarda yağlar bulunmaktadır. Bunlar fosfolipit, gliserit, glikolipit vb. yağ çeşitleridir. Serbest radikaller bir organizmada lipit peroksidasyon sürecini oluşturur. Malondialdehit (MDA), hücrelerde çoklu doymamış yağ asitlerinin peroksidasyonunun son ürünlerinden biridir. Serbest radikallerdeki artış MDA'nın aşırı üretimine neden olur. Serbest radikaller tarafından bu membran lipidlerinin yıkılmasına lipid peroksidasyonu adı verilmektedir. Lipit peroksitlerin yıkılmasının ardından biyolojik açıdan aktif olan aldehitler ortaya çıkmaktadırlar. Yukarıda da ifade edildiği gibi üç veya daha fazla çift bağa sahip olan yağ asitlerinin peroksidosyonu esnasında, tiyobarbitürik asidin de etkisi ile birlikte ortaya çıkan ara ürüne malondialdehit (MDA) denir. Özellikle hücre membranındaki doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu sonucunda oluşan malondialdehid (MDA) seviyelerinin ölçülmesi ile biyolojik sistemlerde lipid peroksidasyonunun değerlendirilmesi yapılabilmektedir (Niki, 2009; Sreejai and Jaya, 2010; Zervos et al., 2011).

Histopatolojik biyobelirteçler

Histopatolojik incelemeler sucul organizmalarda yapılan çalışmalarda organizmanın solugaç, karaciğer, böbrek ve dalak gibi dokularından alınan örneklerin histopatolojik olarak incelenmesi sonucunda elde edilen verilerden oluşmaktadır.

Moleküler biyolojik biyobelirteçler

Akuatik organizmalar içinde yaşadıkları ortama kimyasal, fiziksel veya biyolojik kirleticilerin aşırı yüklenmesi ve bu kirleticilere uzun süre maruz kalması sonucunda hücre yapılarında genetik değişikliklere ve karsinogeneze neden olabilir (Osman ve ark.,2012). Bu çevresel etkenlerin biyolojik yöntemlerle etki derecelerinin izlenmesi hem doğal ortamda yaşayan canlı topluluklarının genetik çeşitliliğin korunup varlığını sürdürmesi açısından hem de kirleticilerden kaynaklanana bozuk genetik çeşitliliğe yol açan mutasyonlar açısından oldukça önemlidir (Anderson and Wild, 1994; Jha et al., 2000). Toksik maddeye uzun süre maruz kalma canlı hücrelerin DNA' sına zarar verebilir. Bozulan bu DNA yapıları tamir edilmediği takdirde hücreyi, hücre morfolojisini, organizmayı ve daha sonra bütün organizma topluluğunu etkileyecek biyolojik sonuçlara neden olur (Lee and Steinert, 2003). Ayrıca suda yaşayan

organizmaların sağlığının değerlendirilmesi insan sağlığı açısından da önemlidir. Çünkü, gıda zincirine kanserojenlerin girmesi insan sağlığı açısında da çok büyük bir tehlike arz etmektedir (De Flora et al., 1991).

Hibridizasyona Dayalı Moleküler Belirteçler:

RFLP (Restriksiyon Parça Uzunluk Polimorfizmi)

Moleküler belirteçlerin ilk uygulanan mekanizması RFLP tekniğidir. DNA molekülünün restriksiyon enzimi kullanılarak farklı büyüklükteki fragmentler elde edilmesi ve oluşan farklı boyutlardaki DNA parçalarının jel elektroforezi yöntemi ile görüntülenmesi işlemine dayanır. RFLP tekniği polimorfizm çalışmalarında kolay ve anlaşılabilir bir yöntem olduğu için oldukça avantajlıdır. Ancak, bu metodun bazı dezavantajları da vardır. Özellikle kaliteli ve yüksek miktarda DNA'ya ihtiyaç duyulması ve ekonomik yönden oldukça maliyetli olması bu tekniğin dezavantajı olarak kabul edilmektedir (Kolören ve ark., 2017).

Polimeraz Zincir Reaksiyonuna (PCR) Dayalı Moleküler Belirteçler

DNA'nın çoğaltılması esasına dayanan polimeraz zincir reaksiyon (PCR) tekniği ilk defa 1985 yılında Kary Mullis isimli bir araştırmacı tarafından keşfedilmiştir (Kahya ve ark., 2013). Tekniğin temelini bir bakteri türü olan *Thermus aquaticus*'tan izole edilen Taq polimeraz isimli enzim oluşturmaktadır. Bu enzim yüksek sıcaklığa dayanıklı olması nedeniyle DNA çoğaltma işlemleri in vitro ortamda gerçekleşmektedir.

Bu moleküler belirteçlere ilave olarak; STS (Sequence Tagged Site), SRAP (Sequence Related Amplified Polymorphism), CAPS (Cleaved Amplified Polymorphic), SCAR (Sequence Characterized Amplified Regions), ALP (Amplicon Length Polymorphism) polimorfizm belirlenmesinde kullanıldığı gibi bunlara ilaveten DNA sekanslamasına dayalı SNP (Single Nucleotide Polymorphism) belirteçleri, MP-PCR (Microsatellite Primed Polymerase Chain Reaction), AP-PCR (Arbitrarily Primed Polymerase Chain Reaction), AS-PCR (Allele Specific Polymerase Chain Reaction), DAF (DNA Amplification Fingerprinting) gibi belirteçler de polimorfizm belirlenmesinde sıklıkla kullanılmaktadır (Yorgancılar ve ark., 2015).

Genotoksik Biyobelirteçler

Genotoksisite testleri ya da diğer bir ifadeyle genetik toksisite testleri son 50 yıldan beri bitki ve hayvan hücrelerinde oluşan hasarların tespit edilmesinde kullanılan bir test tekniğidir. Toksikolojinin bir alt dalı olarak kabul edilir. Normal biyolojik işleyişini sürdüren bir organizmanın yapısında meydana gelen

fiziksel, kimyasal ve biyolojik etkenlere bağlı olarak DNA da meydana gelen indirekt değişiklikleri inceler (Şekeroğlu ve Şekeroğlu, 2011).

Mikronükleus ve Mikronükleus Testi

Mikronükleus, mitoz bölünme sırasında telofazın tamamlanmasında anafazdan ayrılma sırasında iğ ipliklerine tutunmayıp serbest kaldıklarından dolayı esas çekirdeğe dahil olmayan DNA parçalarıdır. MN'ler kökenini tam kromozom veya asentrik kromozom parçalarından alırlar (Hathaway, 1980; Şekeroğlu ve Şekeroğlu, 2011). Mikronukleusu (MN) ilk kez Howell tarafındn eritrositlerde tespit edilmişlerdir. Daha sonraları Jolly tarafından bugünkü ismini almıştır. MN ile hem kromozom kaybı hem de kromozom kırıklarının tespiti yapılabilmektedir. Organizmanın çeşitli mutajenik ve klastojenik ajanlara maruz kalması ile meydana gelen DNA hasarı sonucunda MN oluşmaktadır (Fenech and Crott, 2002; Fenech, 2010). MN testi teleostlar ve diğer sucul organizmalar üzerindeki genotoksik hasarın değerlendirilmesinde sıklıkla kullanılan bir tekniktir. Teleostlardaki kromozomların sayıca çok ve küçük olması MN testini sucul organizmalarda bu denli yaygın yapan etmenler arasındadır (Anderson and Wild, 1994; Campana et al., 2003). Moleküler ve kromozomal düzeyde olabilen genotoksisite testleri, mitoz bölünme geçiren tüm hücre tiplerinde in vivo veya in vitro olarak uygulanabilmektedir (Jena et al., 2001). Genotoksisite testleri ile üreme hücreleri ya da organizmanın diğer somatik hücrelerinde oluşan mutasyonlar tespit edilerek gelecek kuşaklardaki kalıtsal hastalıklara neden olan etkenler tespit edilebilir. Özellikle üreme yeteneğini olumsuz yönde etkileyen nedenler ile kanser riskinin tahmin edilmesinde kullanılan önemli bir biyoizleme testidir. Genotoksisite testleri günlük hayatta maruz kaldığımız her türlü kimyasal maddelerin, kirleticilerin ve her türlü zirai ve tıbbi ilaçların etkileri neticesinde oluşabilecek hasarların tespit edilmesinde kullanılan güvenilir ve geçerli bir testtir. Bu çalışmalar sayesinde belirlenen mutasyonlar, DNA iplikçiğindeki kırılmalar ve çeşitli kromozom hataları genotoksisitenin varlığını göstermektedir. Genotoksisite testleri moleküler ve kromozomal düzeylerde yapılmaktadır. Moleküler düzeyde olan genotoksisite testleri, DNA'da oluşan hasarın direkt olarak belirlenebilmesi için yapılan komet, ames ve drosophila testleridir. Kromozomal düzeyde olan genotoksisite araştırmalarında ise kardeş kromatid değişimi (KKD), kromozom aberasyonları (KA) ve mikronukleus (MN) analiz yöntemleridir (Doğan, 2008; Kurtoğlu, 2010; Şekeroğlu ve Şekeroğlu, 2011).

SSR (Basit Dizi Tekrarları) / VNTR

Ökaryotik genomlarda bulunan rastgele ardışık tekrarlanan ve düzenleyici görevleri olduğu düşünülen DNA üzerindeki nükleotit diziler kromozomal

sentromeri çevreledikleri için mikrosatellit (uydu) adı verilmiştir. Tekrarlanan bir dizi klonlanır ve bu tekrarlanan diziyi çevreleyen nükleotidler belirlenir. 11-60 bazlık tekrarlara çeşitli sayıda takip eden tekrarlar (Variable Number Tandem Repeats: VNTR) denir. SSR lokusu özellikle tek bir lokusu temsil edecek şekilde düzenlendiği için analitik olarak basittir. Genom boyunca homojen olarak dağılmıştır. Bu belirteç, az miktarda DNA' ya gereksinim duyar. Her SSR lokusu bir çift primer ile tanımlanır. Bu primer yapılar popülasyonlar arasında kullanılabildikleri gibi tür içerisindeki bireylerin genotiplerinin belirlenmesinde de kullanılabilirler. SSR lokusuna bağlanan primerlerin PCR yardımıyla farklı uzunlukta parça çoğaltılması esasına dayanmaktadır ve ard arda tekrarlanan zincir elemanlarının sayısındaki değişiklikler sonucunda oluşan SSR'lar bireyler arasındaki farklılıkları belirler Bu nedenle ebeveyn tayininde, gen haritalarının çıkarılmasında, genetik varyasyon tahminlerinde, popülasyonlar arasındaki benzerlikler ve farklılıkların tespit edilmesinde sıklıkla kullanılan bir yöntemdir (Weising, et al., 1995; Ayrım, 2006; Ağaoğlu ve Ertuğrul, 2010). Mikrosatellitlerin etrafındaki DNA dizileri primer olarak işaretlenir ve PCR yöntemi ile çoğaltılır. Böylelikle lokuslarda bulunan farklı allellerin tespit edilmesi sağlanır. Lokuslara ait primer dizilerinin bilinmesi gerektiği için uygulanması zor bir tekniktir (Yorgancılar ve ark., 2015).

ISSR (Basit Dizi Tekrarları Arası Polimorfizm)

Bu teknik, mikrosatellitler arasında kalan gen bölgelerinin çoğaltılması esasına dayanır (Pradeep Reddy et al., 2002). Zıt yönde yönlendirilmiş aynı mikrosatellit arasındaki DNA'nın amplifikasyonunu sağlamak için, 16-25 bp uzunluğundaki primerler kullanılmaktadır (Vijayan, 2005). Primerlerin bağlanması sonucu oluşan PCR ürünlerinin jelde yürütülüp çıkan bantların büyüklüğüne göre sonuçlar değerlendirilir (Gülşen ve Mutlu, 2005).

SERBEST RADİKALLER

Serbest radikaller, dış yörüngelerinde çok az bir süre için bile olsa çiftlenmemiş bir adet elektron bulunduran yüksek enerjili atom veya moleküllerdir. Serbest radikaller tek elektrona sahip oldukları için sürekli çiftlenme eğilimindedirler. Bu nedenle oldukça reaktifdirler ve sürekli organizmaya karşı bir atak halindedirler. Bu radikaller hücre içerisinde aerobik metabolizma sırasında sürekli oluşurlar ve belli patolojik durumlarda üretimleri artar. Atom veya molekülde bulunan elektronlar genel olarak çiftler (eşlenik) halinde bulunmaları durumunda stabildirler. Ancak, atom veya molekülde bir elektron kaybı olduğunda ya da bir elektron ilave edildiğinde onları reaktif hale getirir. Kimyasal reaksiyonların çoğunda molekülleri oluşturan atomlar arası

kovalent bağlar parçalanır. Serbest radikaller bu parçalanmaların sonucu olarak oluşur (Çiğremiş, 1997). Serbest radikaller endojen veya eksojen kaynaklı olabilirler. Endojen kaynaklı olanların en önemli üretim yerleri mitokondrilerdir. Eksojen kaynaklar ise UV ışınlar, alkol, sigara, çevresel kirlilikler, orman yangınları ve özellikle tarımsal alanlarda kullanılan çeşitli kimyasal maddelerdir. Serbest radikaller organizmada düşük düzeylerde bulunduğu zaman organizmaya yararlı olabilir ancak yoğunlukları artığı durumlarda hücre duvarı, lipitler, proteinler ve nükleik asitler üzerinde yapısal bozukluklara neden olduğu için zararlı olmaktadırlar. DNA yapısına zarar verdikleri için kanser, alzheimer, damar sertliği gibi hastalıklara neden olurlar. Aerobik organizmaların yaşamları için oksijenin gerekliliği hayati bir önem taşımaktadır. Organizmalar soludukları oksijenin yaklaşık % 95'ini mitokondrilerde hücrelerin temel enerji birimi olan ATP üretiminde kullanılırken, geriye kalan %5 'lik kısım ise son yörüngelerinde eşlenmemiş elektron bulunan serbest radikallere dönüşmektedir. Serbest radikaller oksijen ve nitrojen kaynaklı olabilir. Oksijen kaynaklı olanlar reaktif oksijen türleri (ROS) ve nitrojen kaynaklı olanlar reaktif nitrojen türleri (RNS) olarak isimlendirilir (Şener ve Yeğen, 2009; Karabulut ve Gülay, 2016 a).

Süperoksit radikali ($O_2^{\cdot-}$)

Oksijen molekülüne bir elektron ilavesiyle oluşan ve serbest radikal olmasına rağmen yüksek derecede reaktif olmayan yapılardır. Süperoksit radikali organizmalara doğrudan zarar vermez. Bu radikal düşük pH değerlerinde daha çok tepkimelere girme eğiliminde olurlar. Süperoksit radikali perhidroksi radikali ile reaksiyon girdiğinde moleküler oksijen ve hidrojen peroksit meydana gelir (Muller et al., 2004; Karabulut ve Gülay, 2016 a).

Lipit peroksit radikali (LOO•)

Serbest radikaller hücre zarında bulunan yağlardan bir elektron aldığı zaman lipit peroksit serbest radikali oluşur. Yağ asidi radikali çoklu doymamış yağ asitlerinin oksidasyonu (Poly Unsaturated Fatty Acids – PUFA) sonucunda oluşur. Plazma lipid hidroperoksitlerinin (LOOH) ölçümü çeşitli tekniklerle yapılabildiği gibi piyasada ticari olarak satılan mevcut kitlerle de yapılabilir. Ancak ticari kitler ile yapılan ölçümlerin hassasiyeti diğer tekniklere göre doğruluk payı daha azdır (Tekkes, 2006).

Hidrojen peroksit (H_2O_2)

Hidrojen peroksit, yapısında paylaşılmamış elektron içermediğinden dolayı serbest radikal değildir. Halk arasında oksijenli su olarak da bilinir. Özellikle

yaraların temizlenmesi için dezenfaktan olarak kullanılır. Bunun yanı sıra temizlik ve kağıt sanayinde de çok kullanılmaktadır. Biyolojik membranlardan kolayca geçebilir. Hidrojen peroksit, nötrofillerin fagozomlarında bulunan ve bir enzim olan miyeloperoksidaz tarafından hipokloröz asite (HOCl) dönüştürülür.

Bu sırada geçiş metallerinin oksidasyonu yoluyla da $OH^{\cdot}$ oluşmasına neden olarak ROS moleküllerinin üretilmesinde bir aracı olarak rol oynar. Hidrojen peroksidin bir diğer önemli fonksiyonu da hücre içi sinyal molekülü rolünü yerine getirmektir (Karabulut ve Gülay, 2016 a).

Hipokloröz asit (HOCl)

Hipoklorik asit mikroorganizmalar üzerindeki yıkıcı ve parçalayıcı etkilerinden dolayı aktif klor olarak da adlandırılır. HOCl, bakteri ve virüslere karşı koruyucu ve iyileştirici bir özelliği vardır. Bazı durumlarda özellikle sebze ve meyvelerde en çok görülen patojen mikroorganizmalardan korunmada kullanılır. Temizlik ve dezenfeksiyon işlerinde de kullanılmaktadır. HOCl, istilacı bakteri, mantar ve virüslere karşı etkili olan bir bileşiktir (Ateş, 2020).

Nitrik oksit (NO•)

Nitrik oksit (NO) insan vücudunda doğal olarak üretilen, birçok biyolojik olayda önemli bir görevi olan ve insan sağlığını koruyan bir moleküldür. NO fizyolojik konsantrasyonlarda, hemen hemen tüm organ sistemlerde değişiklik biyolojik etkilere sahiptir. Özellikle gastrointestinal sistem, solunum yolları, kavernöz dokulardaki vasküler düz kasların gevşemesinde önemli bir mediyatördür. Kalp ve diyabet hastalarında nitrik oksit üretimi çok azdır. Su ve oksijenli ortamlarda 3-20 saniyelik bir yarı ömürleri olduğu için kolayca oksitlenirler. Bu nedenle sürekli yenilenmeleri gerekmektedir. Organizmanın sağlığını korumak için nitrik oksit düzeyinin dengede olması oldukça önemlidir. Bu nedenle hava kirliliği olan yerlerde fazla durulmamalı, sigara kullanılmamalı ve bol bol egzersiz yapılarak nitrik oksit düzeyi artırılabilir. NO• (:N: :O:); Azot monoksit veya nitrik oksit olarak adlandırılır (Çekmen ve ark., 2001).

ANTİOKSİDANLAR

Reaktif oksijen türlerinin oluşumunu engellemek, bu maddelerin meydana getirdiği hasarları önlemek ve detoksifikasyonu sağlamak üzere vücutta görev yapan savunma sistemlerine "antioksidan savunma sistemleri" ya da "antioksidanlar" adı verilir (Karabulut ve Gülay, 2016 b).

Antioksidanların Genel Etki Mekanizmaları

Antioksidanlar bağışıklık sistemini güçlendirici etkiye sahiptirler. Bunun yanında serbest radikalleri nötralize ederek oksidatif stresi azaltırlar. Çünkü, oksidatif stres, vücutta serbest radikallerdeki artış veya antioksidanlardaki azalma nedeniyle hücrelerde bir dengesizlik olması durumunda ortaya çıkmaktadır. Antioksidanlar hücrelerde oluşabilecek DNA hasarlarını önlemeye de yardımcı olurlar. Antioksidanlar dört ayrı şekilde etki ederler;

1) Temizleyici ve toplayıcı etkisi: Antioksidanlar serbest oksijen radikallerini etkileyerek onları tutması veya daha zayıf yeni bir moleküle çevirerek etkisiz hale getirmesi. Antioksidan enzimler bu şekilde etki gösterirler.
2) Bastırıcı etkisi: Antioksidanlar serbest oksijen radikalleriyle etkileşime girip onlara bir hidrojen aktararak aktivitelerini azaltır veya inaktif şekle dönüştürür. Vitaminler ve flavanoidler bu tarz bir etkiye sahiptirler.
3) Zincir kırıcı etkisi: Serbest oksijen radikallerini bağlayarak zincirlerini kırıp fonksiyonlarını engelleyici etki antioksidanların zincir kırıcı etkisidir. Hemoglobin, seruloplazmin ve mineraller zincir kırıcı etki gösterirler.
4) Onarıcı etkisi: Serbest radikallerin oluşturdukları hücresel düzeydeki hasarın onarılması veya bazı hastalıkların önüne geçmesi antioksidanların onarıcı etkisidir (Bragadottir, 2001; Altınışık, 2006; Şener ve Yeğen, 2009; Aslankoç ve ark., 2019).

Antioksidanların Sınıflandırılması

İnsan vücudunun serbest radikaller tarafından oluşturulabilecek oksidatif stresi ortadan kaldırmak için en önemli silahı antioksidanlardır. Antioksidanlar, serbest radikalleri süpürüp temizleyebilen ve hücre hasarlarını onarıp onların korunmasını sağlayabilen maddelerdir. Canlılarda bulunan antioksidanlar ya vücut tarafından doğal olarak üretilen endojen kaynaklı ya da dışarıdan ilave olarak alınan eksojen kaynaklıdır. Antioksidanlar ister endojen isterse eksojen kaynaklı olsun her ikisi de organizmada serbest radikalleri süpürücü ve temizleyici olarak görev yaparlar. Bundan dolayı savunma sisteminin etkisini artırarak hastalık riskini de azaltırlar. Antioksidanlar, normal hücre metabolizmasının toksik yan ürünü olan serbest radikalleri etkisiz hale getirerek koruyucu etki gösterirler. Reaktif oksijen türlerinin oluşumunu engellemek, bu maddelerin meydana getirdiği hasarları önlemek ve detoksifikasyonu sağlamak üzere vücutta görev yapan savunma sistemlerine "antioksidan savunma sistemleri" ya da "antioksidanlar" adı verilir. Antioksidanlar, radikallerle oldukça hızlı bir şekilde reaksiyona girerek otooksidasyon/peroksidasyonun ilerlemesini önleyen maddelerdir. Antioksidanların rolleri arasında serbest radikallerin fazlasını etkisizleştirmek, radikallerin toksik etkilerine karşı hücreleri korumak,

hücrede meydana gelen hasarları onarmak ve hastalıkları önlemede katkı sağlamak sayılabilir. Antioksidanlar, endojen ve eksojen olmak üzere iki grup altında toplanabilir. Antioksidanların sınıflandırılması Tablo 1'de verilmiştir (Karabulut ve Gülay, 2016 b; Aslankoç ve ark., 2019).

A-) Endojen Antioksidanlar

Canlılar, antioksidanları hem dışarıdan aldıkları besin maddelerinden elde ederler hem de kendi vücutlarındaki hücresel sentezler neticesinde elde edebilirler. Organizma tarafından üretilen antioksidanlar endojen antioksidan olarak isimlendirilmiştir. Bu antioksidanlar enerji üretim metabolizması sonucu oluşan hücresel atık maddelerin ve serbest oksijen radikallerinin etkisiz hale getirilmesinde görev alır. Endojen ve eksojen antioksidanların en yaygın olarak bilinenleri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1: Antioksidanların sınıflandırılması (Karabulut ve Gülay, 2016 b).

ENDOJEN ANTİOKSİDANLAR		
ENZİMATİK ANTİOKSİDANLAR	**NONENZİMATİK ANTİOKSİDANLAR**	
Süperoksit dismutaz (SOD)	Glutatyon	Koenzim Q 10
Katalaz (CAT)	Melatonin	Selenyum
Glutatyon peroksidaz (GPx)	Ürik asit	α-lipoik asit
Glutatyon redüktaz (GR)	Bilirubin	Transferrin
	Albümin	Seruloplazmin
EKSOJEN ANTİOKSİDANLAR		
VİTAMİN EKSOJEN ANTİOKSİDANLAR	**İLAÇ OLARAK KULLANILAN EKSOJEN ANTİOKSİDANLAR**	
α-Tokoferol (Vitamin E)	Ksantin oksidaz inhibitörleri (allopürinol, oksipürinol, pterin aldehit, tungsten)	
β-karoten (Vitamin A)	NADPH oksidaz inhibitörleri (adenozin, lokal anestezikler, kalsiyum kanal blokerleri, nonsteroid antiinflamatuvar ilaçlar)	
Askorbik asit (Vitamin C)	Rekombinant süperoksit dismutaz	
Folik asit (Vitamin B9)	Trolox-C (vitamin E analoğu)	
	Endojen antioksidan aktiviteyi artıranlar (GPx aktivitesini artıran ebselen ve asetilsistein)	
	Nonenzimatik serbest radikal toplayıcılar (mannitol, albümin)	
	Demir redoks döngüsü inhibitörleri (desferroksamin)	
	Nötrofil adezyon inhibitörleri	
	Sitokinler (TNF ve IL-1)	
	Barbitüratlar	
	Demir şelatörleri	

Enzim olan endojen antioksidanlar

Süperoksit dismutaz (SOD)

Süperoksit dismutaz (SOD), reaktif oksijen türlerine ve süperoksit anyon radikallerine karşı en önemli antioksidan savunma sistemidir. SOD bir süperoksit radikalini O_2 molekülüne yükseltgeyip, diğer bir süperoksit radikalini ise daha az reaktif bir molekül olan hidrojen perokside (H_2O_2) indirgenmesini katalize eder. İnsanlarda süperoksit dismutaz hücre sıvısında Çinko (Zn) ve bakır (Cu) formunda bulunurken, manganez (Mn) içeren formu genellikle mitokondi ve hücre dışı sıvıda bulunur (Aslankoç ve ark., 2019).

$$O_2\bullet^- + O_2\bullet^- + 2H^+ \xrightarrow{SOD} O_2 + H_2O_2$$

Katalaz (CAT)

Katalaz, hemen hemen her canlı tarafından üretilen ve özellikle eritrosit, karaciğer, böbrek ve kemik iliği gibi çeşitli organ ve dokularda bulunan bir enzimdir. Dokularda ve özellikle karaciğerde bulunan hidrojen peroksidi yıkıma uğratarak su ve oksijene dönüştürülmesini sağlar. Böylece hidrojen peroksiti uzaklaştırarak hücresel bileşiklere zarar vermesini engelleyen ve aynı zamanda koruyucu özelliği olan bir enzimdir (Altınışık, 2006).

$$2\,H_2O_2 \xrightarrow{CAT} 2H_2O + O_2 \text{ (Katalitik Aktivite)}$$

$$ROOH + AH_2 \xrightarrow{CAT} H_2O + ROH + A \text{ (Peroksidatif Aktivite)}$$

Glutatyon peroksidaz (GSH-Px)

Glutatyon peroksidaz hücre içi sıvıda bulunan ve hidrojen peroksitten kaynaklanan oksidatif hasarı önleyici bir enzimdir. Aktivitesi daha çok selenyumun varlığına bağlı olarak değişmektedir. Tetramerik yapıda, 4 selenyum atomu ihtiva eden sitozolik bir enzimdir. Glutatyon; glutamik asit, sistein ve glisin amino asitlerini içeren bir tripeptittir. İşlevi en fazla olan ve vücudun doğal hücre yapısında bulunan aminoasit bileşikleridir. Özellikler karaciğer, böbrek ve kalpte çok aktif olarak görev yapmaktadır. Serbest oksijen radikallerini direk veya enzim aracılığıyla yakalar. Glutatyon peroksidaz, hidrojen peroksitin dışındaki peroksitlerinde etkisini ortadan kaldırarak zar lipidlerini ve hemoglobini peroksitlerin yükseltgemelerine karşı koruyabilmektedir (Altınışık, 2006; Yalçın, 2007; Karabulut ve Gülay, 2016 b).

$$\text{Gulutamat} + \text{Sistein} + ATP \xrightarrow{\gamma\text{- glutamil sistein senteaz}} \gamma\text{- glutamil sistein} + ADP + P_i$$

$$\gamma\text{- glutamil sistein} + \text{Glisin} + ATP \xrightarrow{\text{Glutatyon senteaz}} GSH\ ADP + P_i$$

Glutatyon Redüktaz (GR)

Glutatyon redüktaz, yapısında flavin adenin dinükleotid (FAD) içeren flavoprotein bir enzimdir (Karabulut ve Gülay, 2016 b). Hücre ortamındaki indirgenmiş glutatyon (GSH)/okside glutatyon (GSSG) oranını korumada merkezi bir role sahiptir. Antioksidan özelliğini yitirmiş glutatyona okside glutatyon (GSSG) denir. Fakat daha sonra kendini yenileyip antioksidan özelliğini geri kazanabilir. Bu oran alyuvar hücrelerinde yaklaşık olarak 500/1'dir. Bu oranın düşmesi halinde eritrosit hücreleri parçalanıp içindeki hemoglobinlerin dışarıya çıkması ile hemolize olmaktadır (Temel ve ark., 2017).

Glutatyon S-Transferazlar (GST)

Glutatyon-S-transferazlar; GSTs birçok farklı eksojen ve endojen bileşiğin detoksifikasyonunu sağlayan çok işlevli enzimlerdir. Glutatyonun (GSH) tiyol grubunun ikinci bir substratın elektrofilik bölgesine konjugasyon reaksiyonlarını katalizlerler. Oluşan glutatyon konjugatı daha az toksiktir ve çözünür formda vücuttan atılırlar (Çağlar ve Bilgin, 2018). Glutatyon S-transferazlar (GST) her biri iki alt birimden oluşmuş bir enzim ailesidir. Glutatyon S-transferazlar, başta araşidonik asit ve lineolat hidroperoksitleri olmak üzere lipid peroksitlerine karşı selenyum-bağımsız glutatyon peroksidaz aktivitesi göstererek bir antioksidan savunma mekanizması oluştururlar (Altınışık, 2006).

Mitokondriyal sitokrom oksidaz

Solunum zincirinin son enzimi olan mitokondriyal sitokrom oksidaz genellikle süperoksiti detoksifiye eder. Reaksiyon fizyolojik şartlarda sürekli oluşan normal bir olaydır. Bu yolla besin maddelerinin oksidasyonu tamamlanır ve bol miktarda enerji üretimi (ATP) sağlanır. Ancak çoğu zaman süperoksit üretimi mitokondriyal sitokrom oksidaz enziminin kapasitesini aşar ve bu durumda diğer antioksidan enzimler devreye girerek süperoksitin zararlı etkilerine engel olurlar (Altınışık, 2006).

Enzim olmayan endojen antioksidanlar

Melatonin (MEL) (Epifiz hormonu)

Melatonin insan vücudunda doğal olarak üretilen ve uyku düzenini sağlayan beynin hemen altında bulunan pineal ya da diğer ismiyle epifiz bezi tarafından salgılanan bir hormondur. Melatonin esas olarak karaciğerde metabolize edilir ve idrar ile dışarıya atılır. Melatonin özellikle Amerika'da ilaç olarak bulunabilen ve en çok 'jetlag'için kullanılan bir maddedir. Bununla beraber, melatoninin kanseri önleyici etkileri, hücresel hasarın onarımındaki rolü ve bağışıklık sistemini destekleyici etkileri olduğu da gösterilmiştir. Melatonin lipit çözünürlüğünün

yüksek olması nedeniyle hücrelere rahatça girebilmektedir. Son çalışmalar melatoninin hücre çekirdeğinde yüksek konsantrasyonda bulunduğunu ve melatonin için spesifik bağlanma noktalarının olduğunu göstermiştir. Melatonin güçlü bir radikal süpürücüsü olduğu gibi, radikaller üzerinde dolaylı etkilere de sahiptir. Gece karanlıkta pineal bezden salgılanan, uyku düzeni, mevsimsel üreme dürtüleri ve bağışıklık sistemi gibi pek çok biyolojik olayların düzenlenmesinde önemli rol oynayan bir hormondur. Melatonin, epifiz bezinde yer alan pineolasit hücreleri tarafından havanın kararmasına bağlı olarak üretilir. Ana madde olan triptofan amino asidinden serotonine dönüştürülür. Aynı zamanda hidroksil serbest radikalini ortadan kaldıran çok güçlü bir antioksidandır (Blanc et al., 2003; Yazıcı ve Köse, 2004; Şener ve Yeğen, 2009).

Seruloplazmin ve Transferrin

Seruloplazmin, karaciğerde üretilen ve kandaki bakırı bağlayan bir proteindir. Seruloplazmin tarafından bağlanmış olan bakır karaciğer tarafından safra kanalına gönderilir ve oradan da vücuttan atılır. Transferrin ise organizmanın gıda maddeleri ile beraber aldığı demiri kandan hücrelerin içerisine taşıyan bir proteindir.

Seruoplazmin bakır metabolizmasında görev aldığı gibi demir metabolizmasında da görev alan bir antioksidandır. Transferrin yanlızca belli bir miktarda demir taşıyabilir. Seruloplazmin +2 değerlikli demiri (Fe^{+2}) +3 değerli demire (Fe^{+3}) yükseltgeyerek Fenton prosesi sonucu oluşan hidroksil radikali inhibe eder (Gürer, 2005; Gökhan, 2007; Karabulut ve Gülay, 2016 b).

Glutatyon (GSH)

Glutatyon, ökaryotik hücrelerin tamamına yakın kısmında merkezi sinir sistemindeki sinir hücrelerinde ve karaciğerde sentezlenip vücutta doğal olarak bulunan tripeptitdir. Bundan dolayı vücutta yüksek yoğunluklarda bulunur. Glutatyon bir antioksidan olarak hareket ettiği gibi hücrenin redoks tepkimesinde indirgenme-yükseltgenme dengesini korumada, detoksifikasyon sisteminin çalışmasında, hücre sinyal mekanizmasının düzenlenmesinde, gen ekspresyonunda ve apoptozis hücre ölümlerinde antioksidan olarak faaliyet gösterir (Piner, 2005; Karabulut ve Gülay, 2016 b).

Koenzim Q10

Koenzim Q10 (KoQ10, ubikinol-10 ve/veya ubikinon-10) yağda çözünebilen vitamin benzeri ve antioksidan özelliği olan ve vücutta sentezlenebilen bir bileşiktir. "Ubikinol" veya "ubikinon" latince her yerde bulunan, her yerde olan anlamına gelmektedir. Koenzim Q10 hücre membran stabilitesinin sağlanmasında, hücre enerji dönüşümünde ve ATP üretiminde rol oynar. Ayrıca önemli bir antioksidandır. Suda zayıf çözünürlüğü ve büyük moleküler kütleye sahip olmaları nedeniyle biyoyararlılığı biraz düşüktür. Koenzim Q10 mitokondride solunum zincirinin elektron taşıyıcısı olarak görev almanın yanı sıra elektron transfer zincirinde yükseltgenme-indirgenme tepkimelerinde de kompleks bir görevi vardır (Ercan ve El, 2010).

Ürik asit

Yediğimiz yiyeceklerin sindirim sisteminde sindirilmesi ve vücutta normal olarak bulunan pürinin parçalanması sonucunda ürik asit ortaya çıkar. Vücutta farklı bölgelerde bulunan pürin, kana karışarak karaciğere ulaşır ve karaciğer tarafından ürik asite dönüştürülür. Diğer organlar tarafından da az miktarda ürik asit üretilir. Bu yüzden ürik asitin üretildiği en önemli organ karaciğer olarak bilinir. Ürik asitin küçük bir bölümü, intersitinal salgılar ile bağırsağa ulaşır ve bağırsak florası tarafından yıkandıktan sonra dışkı olarak vücut dışına atılır. Ancak ürik asitin en önemli atılım yeri böbreklerdir. Üriner sistem ya da farklı bir deyişle boşaltım sisteminin bir parçası olan böbrekler, dolaşım sistemindeki kanı sürekli olarak süzerek, faydalı maddeleri tekrar dolaşıma bırakırken; ürik asit gibi atık maddelerin, idrar yoluyla vücut dışına atılmasını sağlar (URL 2).

Bilirubin

Bilirubin, kandaki alyuvarların yıkımı sonucu ortaya çıkan bir maddedir. Kandaki biluribin karaciğer tarafından işlenir ve safraya karıştırılır. Safra içeriği ile birlikte bağırsağa geçen biluribin gaita yoluyla vücuttan dışarıya atılır. Karaciğer fonksiyonlarında meydana gelen bozulmaya veya aşırı alyuvar yıkımına bağlı olarak bilirubin değerlerinde artış meydana gelebilir. Bilirubin aynı zamanda etkili bir antioksidandır ve peroksil radikallerini etkileyerek zincir kırıcı etki gösterir Bilirübin, süperoksit ve hidroksil radikali toplayıcısı, albümin ise LOOH ve HOCl toplayıcısıdır (URL 3).

Albumin

Karaciğer tarafından sentezlenen bir protein türüdür. Albuminin suda zor çözünen yağ asitlerinin kan yoluyla taşınmasını sağlar. Vücudun asit-baz dengesinin korunmasında önemli rolü vardır. Bu protein yüksek derecede

çözünebilir ve insan plazmasında 35-50 mg/ml arasında bulunur. Albumin birçok fizyolojik ve farmakolojik öneme sahiptir. Vücut içerisindeki farklı bölümler arasındaki sıvının dağılımında ve ozmotik basıncın düzenlenmesinde kilit bir proteindir. Genel olarak, albümin plazmadaki en önemli ve en etkili antioksidanlardan biridir (URL 4; Karabulut ve Gülay, 2016 b).

Hemoglobin

Hemoglobin kemik iliğinde üretilen ve kana kırmızı rengini veren demir bakımından oldukça zengin karmaşık yapılı bir moleküldür. Bu kırmızı kan hücrelerinin temel görevi akciğere gelen oksijeni vücudun her bir hücresine taşımaktır. Hemoglobin, oksijeni taşırken aralarında tam bir tutunma bağı oluşmaz. Oksijeni bir maşa gibi gevşek bir şekilde tutarak oksijen seviyesinin düşük olduğu kılcal damarlara kolayca bırakır. Kandaki hemoglobin seviyesinin düşük çıkması doğrudan oksijen seviyesi ile bağlantılıdır. Bu durumda demir eksikliğinin olduğu söylenebilir (Altınışık, 2006).

Selenyum

Selenyum doğada toprak, hava ve suda normal şartlarda bulunmaktadır. Selenyum vücut tarafından sentezlenemeyen ve organizmanın dışarıdan besin maddeleri ile alması gereken mineral bir maddedir. Selenyum enzimlerin yapısında bir kofaktör olarak görev yapar. Yani düzenleyici bir rolü vardır. Selenyum E vitamini ile birlikte güçlü bir antioksidan olarak görev yapar ve lipit peroksitlere karşı birbirlerinin etkilerini artırırlar. Selenyum glutatyon peroksidaz (GSH-Px) enzimini aktif durumda tutar (Gökhan, 2007).

Eksojen Antioksidanlar

Folik asit (Vitamin B9)

Folik asit suda çözülebilen bir vitamin B gurubunun bir üyesidir. Hücre bölünmesi sırasında RNA ve DNA sentezinde ve kırmızı kan hücrelerinin üretiminde önemli rol oynar. İnsan ve diğer hayvanlar folik asit sentezleme yeteneğine sahip olmadıkları için gerekli olan folik asiti dışarıdan özellikle yeşil yapraklı bitkilerden alırlar. Vücuttaki oluşan yaraların iyileşme süreçleri ve sindirim sistemi fonksiyonlarının devam etmesi, vücuttaki folik asit miktarına bağlı olarak değişim göstermektedir (Bragadottir, 2001; Gökhan, 2007). Balıklarda folik asit yetersiz olduğu durumlarda eritrosit sayısında azalma ve şekil bozuklukları görüldüğü bildirilmektedir. (Sarı ve Çakmak, 1996).

E vitamini (α-tokoferol)

E vitamin dördü tokoferol ve dördü tokotrienol olmak üzere alfa, beta, gama ve delta şeklinde yağda çözünen sekiz farklı stereoizomeri olan asimetrik bir vitamin gurubudur. İnsanlarda en biyoaktif formu α-tokoferoldür. Bu form hücre membranlarını serbest radikallerin hasarlarından korur ve lipit peroksidasyonuna karşı bir antioksidan olarak temel fonksiyonlarını yerine getirir. E vitamin serbest radikalleri sabit hale getirerek peroksidasyon zincirini kırar. E vitamini, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesinde etkili olduğu gibi beyin, göz, deri ve dolaşım sistemi için de gerekli olan önemli bir besin bileşiğidir. E vitamini damar tıkanıklığını koruyucu etkisinin yanı sıra kanın pıhtılaşmasında görevli olan proteinlerin yapımında da önemli rolleri vardır. Antioksidan karakteri nedeniyle E vitamini aktif radikallerle reaksiyona girerek oksidasyona duyarlı moleküler yapıların istenmeyen oksidasyonlarının önlenmesinde ya da azaltılmasında etkili olur. E vitamini bulunduğu biyolojik ortamlardaki serbest radikal türlerini toplayarak peroksidasyonun erken döneminde zar fosfolipitlerindeki çoklu doymamış yağ asitlerini korumada oksidatif strese karşı ilk savunma hattını oluşturur. E vitamini karaciğer ve yağ dokularında depo edilir. Depolama miktarı yaşa ve cinsiyete göre değişir. Çünkü yaş arttıkça depolama kapasitesi artmaktadır. Bunu yanı sıra dişi hayvanların birçok organında erkeklere göre daha yüksek miktarda E vitamin içerdiği tespit edilmiştir (Gökhan, 2007; Karabulut ve Gülay, 2016 b).

Vitamin C (Askorbik asit)

C vitamini (askorbik asit) organizmada birçok hidroksilasyon reaksiyonunda indirgeyici ajan olarak görev yapan ve suda çözünen bir vitamindir. Demirin emiliminde enzimatik olmayan bir yol ile indirgeyici olarak rol oynar, midede ferri demiri ferro demire indirger. Bağışıklık ve yaraların iyileşmesinde etkilidir. Askorbik asit, güçlü indirgeyici aktivitesinden dolayı aynı zamanda güçlü bir antioksidandır. Süperoksit radikali ve hidroksil radikali ile reaksiyona girerek onları ortamdan temizler. Askorbik asit antioksidan etkisinin yanında oksidan etki de gösterir. Askorbik asit proteine bağlı ferri demiri uzaklaştırarak ya da doğrudan ferri demiri indirgeyerek Fenton reaksiyonunda hidrojen peroksit ile etkileşmeye ve sonunda hidroksil radikali oluşturmaya uygun ferro demire dönüştürür. Bu özelliğinden dolayı C vitamini, serbest radikal reaksiyonlarının önemli bir katalisti veya bir prooksidan olarak değerlendirilir. C vitamininin fagositoz için de önemli olduğu gösterilmiştir (Gökhan, 2007).

β-karoten

Beta karoten, bir karotenoid grubu olup, A vitamininin öncül maddesidir. Vücutta ihtiyaç duyulduğunda A vitaminine dönüştürülür. A vitamini bir ucunda β-iyonon halkası diğer ucunda bir alkol grubu bulunan hidrokarbon zinciridir.

A vitamini, retinol, retinal, retinoik asit ve β-karoten gibi biyolojik molekül gurubuna verilen isimdir. Bunlardan yalnızca retinol tam bir A vitamini aktivitesine sahiptir. β-karoten, karotenoidlerin yağda çözünen bir üyesi olup, aktif A vitaminine dönüşebildikleri için provitamin olarak tanınırlar. Beta karotenin aşırı derecede tüketilmesi sağlık açısından zararlı değildir. Sadece cildi sarı ya da turuncu renge dönüştürür. Beta karoten seviyesi düşünce cilt normal rengine gelir (Bragadottir, 2001; Gökhan, 2007).

Flavonoidler

Flavonoidler yağlarda çözünen antioksidan sınıfında yer alırlar. Bitkilerdeki kırmızı, mavi ve sarı renk pigmentlerini oluşturan, çimlenme ve tozlaşmaya yardımcı canlıları çekmek için etkili olan pigmentlerdir. Çeşitli bitkilerden karekterize edilen 5000'den fazla doğal olarak oluşan flavonoid tespit edilmiştir. Bunlar kimyasal yapılarına göre sınıflandırılırlar. Bir çok sebze, meyve, hububat gibi bitkilerde, kırmızı şarapta bol miktarda bulunmaktadır. Bu yapının önemi antioksidan aktiviteye sahip olması ve serbest radikalleri tutmasıdır (Kahraman ve ark., 2002; Gökhan, 2007).

4. SONUÇ ve ÖNERİLER

Sucul ekosistemler, insanlık tarihinin başından beri kirletilmektedirler. Bu kirlilik baskısının yoğunluğu başlangıçta hafif olmasına rağmen gelişen teknolojiye bağlı olarak giderek şiddetini artırmıştır ve günümüzde de bu etki çok yoğun bir şekilde devam etmektedir. Özellikle sanayi ve teknoloji devriminden sonra yoğunluğunu artıran bu kirlilik kaynakları sadece sucul ortamları kirletmekle kalmamış toprak ve hava kirliliğine de neden olmuştur. Kirliliğin yoğun olduğu bölgelerde canlı popülasyonu ve çeşitliliğinde azalmalar tespit edilmiştir. Bu bilimsel tespitler ışığında, çok yakın bir gelecekte insanlığın gıda kaynaklarının sağlandığı toprak, hava ve sucul ortamların giderek kullanılmaz bir duruma dönüşeceği ve gıda kıtlıklarına neden olacağını tahmin etmek hiç de zor değildir.

Bu nedenle oluşan kirliliğin önlenmesi ve gerekli tedbirlerin alınması için toprak, hava ve sucul ortamlarda yaşayan canlıların ve bu canlıların yaşadıkları ekosistemlerin takip edilerek izlenmesi gerekmektedir. Bunun için ise en güvenli yöntem ekosistem içerisindeki biyoindikatör türlerin seçilmesi ve

uygun biyobelirteç parametreleri ile kirlilik düzeylerinin belirlenmesidir. Sucul ekosistemlerde birçok canlı türü çevre kalitesinin değerlendirilmesinde yaygın olarak kullanılmakta ve çevre kirliliğinin biyoindikatörü olarak kabul edilmektedirler.

Kirlenen bölgelerde, balığın ksenobiyotiklere maruz kalması bu kimyasallar ile biyolojik sistemler arasında bir etkileşime neden olarak biyokimyasal parametrelerde olumsuz değişimlerle sonuçlanmaktadır (Gül ve ark., 2004). Biyolojik sistemlerde hücresel antioksidan savunma sistemi, çevresel kirleticilere maruz kalındığında ise bozulmakta, ama canlı organizmalarda antioksidan seviyeleri oksidatif stresin neden olduğu dengesizliği düzeltmek için artmaktadır. Antioksidan enzimlerin seviyeleri, organizmanın antioksidan durumunun bir indikatörü ve oksidatif stresin biyobelirteci olarak kullanılabilmektedir (Barim ve Karatepe, 2010).

Günümüzde sanayi, endüstri ve evsel atıkların neden olduğu çevre kirliliği önemli bir sorun haline gelmiştir. Bu atıkların göl, gölet, akarsu ve denizlere bırakılması ile bozulan ekosistemin geri kazanımı çok maliyetli olacak ve belki de sonuçsuz kalacaktır. Bu sebeple su ekosistemlerinin kirlilikten korunması, halk sağlığı ve çevre sağlığı açısından büyük önem arz etmektedir. Günümüzde kirletilmiş su sistemlerinin ve bunları kirleten kaynakların karakterizasyonu ve iyileştirme yöntemleri konusunda birçok bilimsel araştırma yapılmış ve sonuçları yayınlanmıştır. Bu tür bilimsel çalışmalarda su kalitesini belirlemek için çalışmaların ana materyali olarak birçok canlı türü biyoindikatör olarak kullanılmış ve su kirliliği hakkında bilgi vermiştir.

Biyoindikatörler, su kalitesi hakkında bilgi verirken, aynı zamanda sulardaki kirliliğin önlenmesi konusunda da uyarılar vermektedir. Biyobelirteçler ise ortama karışan kirleticinin canlı vücudunda ne derece etki ettiğini ve ne derece kalıntı bıraktığını belirlemede ve çevrede oluşabilecek kirliliğin etki düzeyini tespit etmede uyarıcı bir görev yaptığı bilinmektedir.

Normal şartlar altında ve canlı metabolizma sağlıklıyken serbest radikaller ile antioksidanlar bir denge halindedir. Ancak, çevre kirliliği ya da başka bir sebepten dolayı canlı organizmada bu denge bozulduğunda ve serbest radikal seviyesi arttığında oksidatif stres kaynaklı hastalıklar ortaya çıkmaktadır. Oksidan düzeyinin artması canlı için hayati bir önem taşımaktadır. Çünkü oksidan seviyesi canlı organizmada meydana gelen bir çok hastalıkla doğrudan ilişkilidir. Bu tür oksidatif stres kaynaklı bozuklukları önlemek için ya vücudun kendisinin ürettiği antioksidanlara ya da dışarıdan verilen antioksidanlara ihtiyaç vardır.

Sucul ortamlarda uygun biyoindikatör türlerin seçilmesi ya da uygun biyobelirteçlerin kullanılması biyoizleme çalışmalarında bir çeşit erken uyarı sistemi olarak kullanılmaktadır.

Yapılan bu çalışmada, su kirliliğinin belirlenmesinde kullanılan biyoindikatör ve biyobelirteç parametreleri hakkında araştırma yapılmış ve bilinçli çevre yönetimi için yasal düzenlemelerin yeniden gözden geçirilmesinin gerekli olduğu vurgulanmıştır. Bu nedenle daha iyi değerlendirmeler yapabilmek için farklı biyoindikatör tür ve biyobelirteçlerin kullanılmasının yasal düzenlemeler ile zorunlu hale getirilmesi önerilmektedir.

KAYNAKLAR

Ağaoğlu, Ö. K. ve Ertuğrul, O., 2010. Mikrosatellitlerin Önemi ve Kullanım Alanları, Vet Hekim Der Derg 81(1): 39-43.

Altınışık, M. 2006, Serbest oksijen radikalleri ve antioksidanlar, A.D.Ü. Tıp Fakültesi Biyokimya AD eğitim semineri, Aydın.

Anderson, S.L. , Wild, G.C. 1994. Linking Genotoxic Responses to Reproductive Success in Ecotoxicology. Environmental Health Perspectives, 102: 9-12.

Aslankoç R, Demirci D, İnan Ü, Yıldız M, Öztürk A, Çetin M, Savran EŞ, Yılmaz B. The Role Of Antioxidant Enzymes İn Oxidative Stress - Superoxide Dismutase (Sod), Catalase (Cat) And Glutathione Peroxidase (Gpx). Med J SDU 2019; 26(3): 362-369.

Ateş, F. M. 2020. Su, Tuz, Hipokloröz Asit ve Enfeksiyonlardan Korunma, Bayburt Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 3, 2, 154-160.

Ayrım, A., 2006. Türkiye'de Bulunan Bazı *Ramalina* (Ach.) Türlerinin rDNA ITS Bölgesi Dizi Analizi İle Filogenetik Analizi, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek lisans Tezi, 70 s.

Barim, O.,Karatepe, M. 2010. The effects of pollution on the Vitamins A, E, C, BCarotene contents and oxidative stress of the freshwater crayfish, Astacus leptodactylus. Ecotoxicology and Environmental Safety, 73:138-142.

Başçınar, N. S., 2009. Bentik canlılar ve biyoindikatör tür. *Aquaculture Studies*, *2009* (1), 5-8

Blanc, A., Vivien-Roels, B., Pevet, P., Attia, J. and Buisson, B., 2003, Melatonin and 5- methoxytryptophol (5-ML) in nervous and for neurosensory structures of a gastropod mollusc (Helix aspersa maxima); synthesis and diurnal rhythms, General and Comparative Endocrinology, 131: 168-17.

Bragadottir, M. 2001, Endogenous antioxidants in fish, master of science in food science, Department of Food Science University of Iceland 59 p.

Campana MA, Panzeri AM, Moreno VJ, Dulour FN. 2003. Micronuclei induct ion of Rana catesbeiana Tadpoles by the pyrethroid insecticide Lambda-Cyhalothrin. Genet Mol Biol, 26(1): 99- 103.

Çağlar, M.K ve Bilgin, R. 2018. Glutatyon-S-Transferaz Enziminin Epiklorohidrin Ara Kolu Üzerinden Magnetik Demir Nanopartiküllere Kovalent İmmobilizasyonu Ve Karakterizasyonu, Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi, (36) 5, 9-16.

Çekmen, M.B., Turgut, M., Türköz, Y., Aygün, A.D., Gözükara, E.M., 2001., Nitrik Oksit (NO) ve Nitrik Oksit Sentaz (NOS)'ın Fizyolojik ve Patolojik Özellikleri, Turkiye Klinikleri J Pediatr, 10 (4), 226-236.

Çiğremiş, Y. 1997. Sigara Tiryakilerinde Eritrosit içi Süperoksid Dismutaz, Katalaz, ve Glutatyon Peroksidaz Aktivite Düzeyleri. İnönü Üniversitesi, Fen Blimleri Enstitüsü, Yükseklisans Tezi, 110 s.

De Flora, S., Bagnasco, S., Zanacchi, M., 1991. Genotoxic, Carcinogenic and Teratogenic Hazards in the Marine Environment, with Special Reference to the Mediterranean Sea. Mutation Research, 258: 285-320.

Doğan, E. 2008. Bazı Flavanoidlerin Drosophila melanogaster'de Antigenotoksik Aktivitesi ve Antioksidan Etkilerinin Araştırılması. Doktora tezi, İnönü Üniversitesi, Malatya.

Dönmez, A.E., Yılmaz, D., 2015. Sucul Ortamlarda Biyoindikatör ve Biyobelirteçler. Yunus Araştırma Bülteni 2015 (3): 53-64.

Ercan, P., El., S.N., 2010. Koenzim Q10'un Beslenme ve Sağlık Açısından Önemi ve Biyoyararlılığı, TÜBAV Bilim **3**(2), 48-56.

Fenech M, Crott WJ. 2002. Micronuclei, nucleoplasmic bridges and nuclear buds induced in folic acid deficient human lymphocytes-evidence for breakage-fusion-bridge cycles in the cytokinesis-block micronucleus assay. Mutat Res, 504: 131-136.

Fenech, M. 2010. The lymphocyte cytokinesisblock micronucleus cytome assay and its application in radiation biodosimetry. Health Phys, 98(2): 234-243.

Gökhan,H.,B. 2007. Balıklarda Serbest Radikaller ve Antioksidan Savunma Sistemi. Fırat Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Su Ürünleri Yetiştiriciliği. Doktora Tezi.

Gül, S., Belge-Kurutaş, E., Yıldız, E., Sahan, A., Doran, F. 2004. Pollution correlated modifications of liver antioxidant systems and histopathology of Fish (Cyprinidae) Living in Seyhan Dam Lake, Turkey.EnvironmentInternational, 30:605-609.

Gürer, R. 2005, Idiopatik Parkinson hastalığı etyopatogenezinde seruloplazminin yeri ve proton mr spektroskopi ile verifikasyonu, Uzmanlık Tezi, T.C.Sağlık Bakanlığı, Göztepe Eğitim Ve Araştırma Hastanesi, Nöroloji Kliniği, İstanbul, 74s.

Gülşen, O., ve Mutlu, N. 2005. Bitki biliminde kullanılan genetik markırlar ve kullanım alanları. *Alatarım*, *4*(2), 27-37.

Gürsoy, S. Ş. ve Gürsoy, O., 2017. Pestisit Analizlerinde Asetilkolinesteraz İnhibisyonuna Dayalı İletken Polimer Esaslı Biyosensörler, Akademik Gıda 15(4), 426-435.

Hathaway, S.W. 1980 "Toxic compounds in household wastewater." U.S. EPA Report, No. EPA/600/2-80-128, Cincinnati, 1980.

Holt, E. A. and Miller, S. W. (2011) Bioindicators: Using Organisms to Measure Environmental Impacts. Nature Education Knowledge 2(2):8

Jena, G.B., Kaul, C.L., Ramarao, P. 2002. Genotoxicity testing, a regulatory requirement for drug discovery and development: impact of ICH guidelines. Indian J. Pharmacol. 34: 86-99.

Jha, A.N., Cheung, V.V., Foulkes, M.E., Hill, S.J., Depledge, M.H., 2000. Detection of Genotoxins in the Marine Environment: Adoption and Evaluation of an Integrated Approach Using the Embryo-Larval Stages of the Marine Mussel, Mytilusedulis. Mutation Research, 464 (2), 213-228.

Kahraman, A., Serteser, M., Köken, T., 2002. Flavonoidler, Afyon Kocatepe Üniversitesi, Kocatepe Tıp Dergisi, 3, 1-8.

Kahya, S., Buyukcangaz, E., & Carlı, K. T. 2013. Polimeraz zincir reaksiyonu (PCR) optimizasyonu. *Uludağ Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, *32*(1), 31-38.

Karabulut H. , Gülay M. Ş. 2016 a. Serbest Radikaller. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Sağlık Bilimleri Enstitüsü Dergisi. 4(1): 50-59.

Karabulut H. , Gülay M. Ş. 2016 b. Antioksidanlar, Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi, Veteriner Fakültesi Dergisi, 1 (1), 65-76

Kirby, M., S. Morris, M. Hurst, S. Kirby, P. Neall, T. Tylor and A. Fagg., 2000. The use of cholinesterase activity in flounder (Platichthys flesus) muscle tissue as a biomarker of neurotoxic contamination in UK estuaries. Marine pollution bulletin, 40(9), 780-791.

Kolören, Z., Elif, Ç. İ. L., Emine, A. Y. A. Z., & Karaman, Ü. 2017. RFLP Yönteminin Parazitolojide Uygulama Alanları. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, *7*(2), 215-225.

Kuniyoshi, L. S., and Braga, E. D. S. 2010. Cytogenetic disruption in fishes as bioindicator of the environmental quality in two estuarine systems under different exposition to anthropogenic influences. In Proceedings of Safety, Health and Environment World Congress (Vol. 10). Sao Paulo, Brazil, 93-96.

Kurtoğlu, E.L. 2010. Takrolimus'un Genotoksik Etkilerinin Araştırılması. Yüksek lisans tezi. İnönü Üniversitesi, Malatya.

Lee, R., Steinert, S., 2003. Use of the Single Cell Gel Electrophoresis/Comet Assay for Detecting DNA Damage in Aquatic (Marine and Freshwater) Animals. Mutation Research/Reviews in Mutation Research, 544: 43-64.

Maggioni, T., Hued, AC, Monferrán, MV, Bonansea, RI, Galanti, LN ve Amé, MV., 2012. Bioindicators and Biomarkers of Environmental Pollution in the Middle-Lower Basin of the Suquı´a River (Co´rdoba, Argentina), *63* (3), 337-353. DOI 10.1007/s00244-012-9785-0

Muller FL, Liu Y, Van Remmen H. 2004. Complex III releases superoxide to both sides of the inner mitochondrial membrane. J Biol Chem. 279(47), 49064-49073.

Niki, E., 2009. Lipid peroxidation: physiological levels and dual biological effects. Free Radical Biology and Medicine, 47(5), 469-484.

Osman, A.G., Abuel-Fadl, K.Y., Kloas, W., 2012. In Situ Evaluation of the Genotoxic Potential of the River Nile: II. Detection of DNA Strand-Breakage and Apoptosis in Oreochromis niloticus niloticus (Linnaeus, 1758) and Clarias gariepinus (Burchell, 1822). Mutation Research, 747: 14-21.

Piner, P. 2005, Fenthion içeren ortamda BSO ve NAC'nin Oreochromis niloticus'da beyin dokusunda glutatyon metabolizması, lipid peroksidasyonu ve asetilkolinesteraz aktivitesine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Biyoloji Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ad ana. 112 s.

Pradeep Reddy, M., Sarla, N., and Siddiq, E. A. 2002. Inter simple sequence repeat (ISSR) polymorphism and its application in plant breeding. *euphytica*, *128*, 9-17.

Sarı, M. ve Çakmak M.N. 1996, *Balık Besleme*. Fırat Üniversitesi Yayınları, Yayın No: 37,

Elazığ.

Sreejai, R. and D. Jaya., 2010. Studies on the changes in lipid peroxidation and antioxidants in fishes exposed to hydrogen sulfide. Toxicology International, 17(2), 71-77.

Sures, B., 2004. Environmental parasitology: relevancy of parasites in monitoring environmental pollution. Trends in Parasitology, 20, 170-177.

Şekeroğlu, V. ve Şekeroğlu, Z. A. 2011. Micronucleus test for determining genotoxic damage, Türk Hijyen ve Deneysel Biyoloji Dergisi, 68(4): 241-252.

Şener G, Yeğen Berrak Ç. 2009. İskemi Reperfüzyon Hasarı. Klinik Gelişim Dergisi.; 22: 5-13. (https://klinikgelisim.org.tr/kg22_3/2.pdf).

Tekkes, Y. 2006, Streptozotosin ile diabet oluşturulmuş farelerde aspirin ve E vitaminin dokularda lipid peroksidasyonu ve antioksidan sisteme etkisinin araştırılması, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kimya Anabilim Dalı, Kahramanmaraş, 66s.

Temel, Y., Bozkuş, T. , Karagözoğlu, Y., Çiftci, M., 2017. Glutatyon Redüktaz (GR) Enziminin Japon Bıldırcın (*Coturnix coturnix japanica*)

Eritrositlerinden Saflaştırılması ve Karakterizasyonu, Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. 7(3): 143-150.

Turgut, E., Özgül, G., 2009. Sucul Ekosistemin İzlenmesinde Kirlilik Biyoindikatörü Olarak Balık Parazitlerinin Kullanılması. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Su Ürünleri Bolümü, 60240 Tokat. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 2009, 26(1), 13-18.

URL 1. https://tr.wikipedia.org/wiki/Asetilkolinesteraz_inhibit%C3%B6r%C3%BC (Erişim Tarihi: 23.08.2023)

URL 2. https://www.medicalpark.com.tr/urik-asit/hg-2187 (Erişim tarihi 23.08.2023)

URL 3. https://www.medicalpark.com.tr/bilirubin-nedir/hg-2510 (Erişim Tarihi: 23.08.2023)

URL 4. https://www.memorial.com.tr/tani-ve-testler/albumin-nedir (Erişim Tarihi: 23.08.2023)

Vijayan, K. 2005. Inter Simple Sequence Repeat (ISSR) Polymorphism and Its Application in Mulberry Genome Analysis, International Journal of Industrial Entomology, *10* (2), 79-86.

Weising, K. Nybom, H., Wolff, K. and Meyer, M. 1995. DNA fingerprinting in plants and Fungi. CRC pres, Boca Raton.

Yalçın, M. 2007. Hepatitli hastalarda antioksidan enzimlerinin süperoksit dismutaz (SOD), glutatyon peroksidaz (GSH-px) ve katalaz (CAT) aktivite düzeylerinin incelenmesi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yükseklisans Tezi, 41s.

Yazıcı, C. ve Köse, K. 2004, Melatonin: Karanlığın Antioksidan Gücü Melatonin (The Antioxidant Power Of Darkness), Erciyes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Dergisi (E.Ü. Journal of Health Sciences) 13(2) 56-65.

Yorgancılar, M., Yakışır, E., & Erkoyuncu, Mt., 2015. Moleküler Markörlerin Bitki Islahında Kullanımı. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi* , *4* (2), 1-12.

Zervos, I. A., E. Nikolaidis, S. N. Lavrentiadou, M. P. Tsantarliotou, E. K. Eleftheriadou, E. P. Papapanagiotou, D. J. Fletouris, M. Georgiadis and I. A. Taitzoglou., 2011. Endosulfan-induced lipid peroxidation in rat brain and its effect on t-PA and PAI1: ameliorating effect of vitamins C and E. The Journal of toxicological sciences, 36(4), 423-433.

Zhou, Q., Zhang, J., Fu, J., Shi, J., & Jiang, G., 2008. Biomonitoring: an appealing tool for assessment of metal pollution in the aquatic ecosystem. *Analytica chimica acta*, *606*(2), 135-150.

Bölüm 20

Önemli Bir Avcı Olan *Anthocoris spp'*nin 'Kitle Üretimi ve Salımdaki' Etkinliği ve Zeytinde Kullanım Olanakları

N. Sıray KARAKOYUN[1]

[1] *Dr., Zeytincilik Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, İzmir, Türkiye*

GİRİŞ

Zeytin (*Olea europea L.*), Akdeniz uygarlığının sembolü olarak görülen ve dünyada sadece Akdeniz ülkelerinde ekonomik olarak tarımı yapılabilen önemli bir bitkidir. Akdeniz iklimine sahip ülkelerde yoğun olarak yetiştirilen zeytin, ülkemizde özellikle Ege ve Akdeniz bölgelerinin kıyı kesimlerinde yoğun olarak bulunmaktadır. Zeytin ağacının anavatanı Mardin, Hatay, Kahramanmaraş, Suriye, Filistin ve Kıbrıs adasını içerisine alan bölgedir (Özkaya vd.,. 2006). Ülkemizde ise, Aydın, Manisa, İzmir, Muğla, Hatay, Mersin, Balıkesir, Bursa, Çanakkale, Gaziantep ve Kilis illerinde yoğun olarak zeytin üretimi yapılmaktadır. Ülkemizde; zeytin ve zeytinyağı üretimi ekonomik öneme sahiptir. Son yıllarda dünyada sağlıklı ve dengeli beslenme alışkanlıklarının önem kazanması, katı yağ tüketimin zararlarının ortaya konması ve insanların sağlık konusunda daha çok bilinçlenmesi zeytin ve zeytinyağı tüketimini daha da arttırmıştır. Toplam tüketilen sıvı yağlar arasında %3 lük bir orana sahip olan zeytinyağı, tarım sektöründe rekabet gücü olan ürünlerdendir. Diğer taraftan, üretilen zeytin ve zeytinyağı önemli ihracat ürünlerindendir. Türkiye, dünya da zeytin ekim alanında 6.sırada, üretim açısından 4. sırada yer alırken, verim açısından ise 30. sırada yer almaktadır (Anonim, 2023a).

Türkiye ekonomisinde çok önemli bir yer tutan zeytin ürünlerinin elde edilmesi sırasında; gübrelemenin ve budamanın uygun şekilde yapılmaması hastalık ve zararlının yanı sıra periyodisite de ürün ve ağaç kayıplarına neden olmaktadır. Ürün kayıplarındaki artışa bağlı olarak, artan kimyasal kullanımı zararlılarda dayanıklılığın artmasına, potansiyel zararlıların ekonomik zararlı durumuna geçmesine ve doğal düşman populasyonun azalmasına neden olduğundan, kimyasal mücadeleye alternatif mücadele yöntemlerine geçilmesini zorunlu hale getirmiştir. Entegre mücadele çalışmalarıyla; bilinçli budama ve gübreleme yapılarak ekonomik ve ekolojik yönden uygun zeytin üretimi sağlanmış olacaktır. Günümüzde entegre mücadele programları kapsamında; biyolojik mücadele ajanlarından faydalanma, feromon ve tuzakların kullanılması, ilaçların düşük dozlarda kullanılması,yararlı organizmaları mümkün olduğu kadar az etkileyecek ilaçların kullanılması gibi konular üzerinde durulmaktadır. Bu yöntemler içerisinde üzerinde en çok durulan yöntem, entegre mücadele yönetiminin önemli bir parçası olan“Biyolojik Mücadele” dir. Biyolojik mücadele (Debach ve Rosen, 1991). Doğal düşman olarak adlandırılan canlı grupları biyolojik mücadelede değişik yöntemlerle uygulanmaktadır (Bulaştırma salımları ve doğal düşmanların kitle halinde üretilerek salınması).

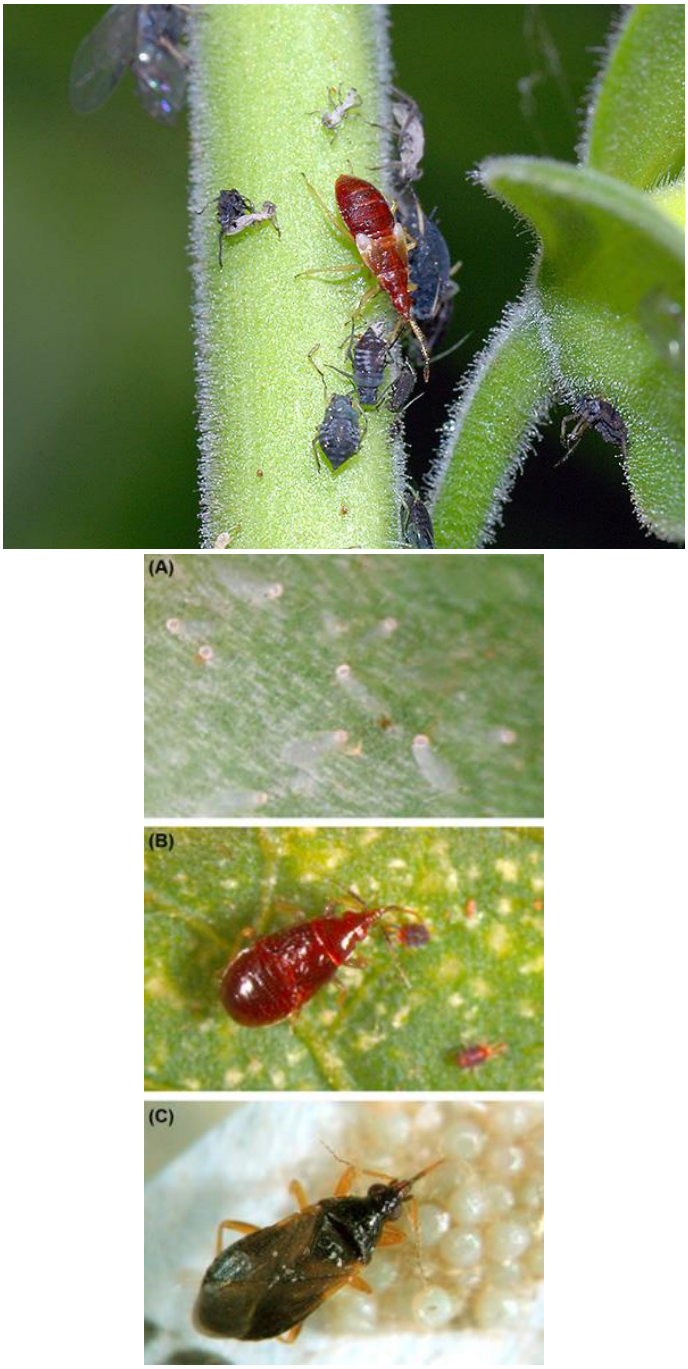
Doğal düşmanların kitle halinde üretilerek salınması; doğada var olan doğal düşmanlar; zararlıyı baskı altına alabilecek populasyon yoğunluğunda değilse, doğal düşmanlar kitle halinde üretilerek gerekli zamanlarda ve yeterli sayıda

zararlının bulunduğu alana salınmaktadır. Bu amaçla entomopatojenler sık sık kullanılmaktadır. Bu yöntem 100 yıldan fazla zamandır kullanılmakta olup, 200'den fazla doğal düşman türünün 100'den fazla zararlı türe karşı kullanıldığı bilinmektedir (Van Lenteren vd. 2006). Ülkemizde bu konuda çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Örneğin, *Trichogramma evanescens'in* kitle halinde üretimi yapılarak bağda *Lobesia botrana*'ya karşı; *Bracon hebetor* ise elma ve cevizde zararlı olan *Cydia pomonella'*ya karşı yapılan periyodik salımlar ile mücadelede etkili bir şekilde kullanılmaktadır (Atay ve Özkan 2017).

Bulaştırma salımları, belli aralıklarla az miktarlarda mücadele etmeninin bölgeye salınarak çoğalmasına olanak sağlayıp uzun vadede zararlıyı baskılamayı amaçlarken, kitle salımları ise, çok sayıdaki doğal düşmanın kısa sürede zararlı populasyonunu etkisiz hale getirmesi umuduyla salınmayı amaçlamaktadır. Belirli aralıklarla parazitoit *Encarsia formosa*'nın salınması sera beyazsineğini, avcı akar *Phytoseiulus persimilis* salınması ise iki noktalı kırmızı örümceğin biyolojik mücadelesinde etkili bir şekilde kullanılmaktadır.

Biyolojik mücadelede; kitle halinde üretilip, başarılı bir şekilde salımı yapılan gruplarından birisi de *Hemiptera* takımının *Anthorocoridae* familyasına bağlı türlerdir. Bunlar; thrips, yaprakbiti ve psillid gibi küçük arthropod'ların önemli doğal düşmanları arasındadır (Lattin, 1999). *Anthocoridae*'ler, av yoğunluğundaki değişikliklere hızlı tepki vermeleri ile ön plana çıkmaktadır (Shaltiel ve Coll, 2004). *Anthocoris* türleri arasında, *Anthocoris minki* Dohrn özellikle yaprakbitlerinin (Almatni ve Khalil, 2008), *Anthocoris nemoralis* (F.) ise Armut psillidi'nin biyolojik mücadelesinde kullanılan en önemli predatörlerden birisidir. Her iki türde Zeytin pamuklubiti'nin predatörleri arasında yer almaktadır (Anonim, 2011). Avrupa'da Armut psillidi (*Cacopsylla pyri* (L.))'nin mücadelesinde armut bahçelerinde *Anthocoris* türlerinden yararlanılmakta ve kitle üretimleri yapılarak salınmaktadır (Fauvel vd., 1994; Rieux vd., 1994; Unruh ve Higbee, 1994; Sigsgaard vd., 2006 a,b). Adı geçen iki türün ülkemizde *Euphyllura spp*.'nin bulunduğu zeytin bahçelerinde yaygın olarak bulunduğu yapılan çalışmalar ile tespit edilmiştir. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde (Adıyaman, Gaziantep, Mardin ve Şanlıurfa) *A. nemoralis* ile *A. minki*'nin (Kaplan vd., 2011); Adana, Antalya ve Mersin illerinde *A. nemoralis* 'in (Tüfekli ve Ulusoy, 2011; Başar 2015); İzmir ve Aydın'da *A. nemoralis* 'in en yaygın ve bol bulunan predatör türler olduğu saptanmıştır (Kaptan, 2018). *Anthocoris nemoralis* kışı ergin olarak geçirdikten sonra ilkbaharda yaprak epidermisinin altına yumurtalarını bırakmaya başlar. Beş nimf dönemi geçirerek ergin olur (Durlu vd., 2013). İlk dönem nimfleri açık sarı renkli, ileri dönemlerde abdomen kırmızımsı siyah renktedir. Hem nimf hem de yumurta ile beslenen bir

predatördür. Yapılan çalışmalarda özellikle predatörün ergin ömrü boyunca yaklaşık 300 psillid nimfi tükettiğini göstermiştir (Yanık, 2003) (Şekil 1.1)



Şekil 1.. *A. nemoralis'in* yumurta, nimfi ve ergini (Anonim, 2023)

1. *Anthocoris spp'nin* 'Kitle Üretimi ve Salımdaki Etkinliği'

Hemiptera takımının *Anthorocoridae* familyasına bağlı türler; thrips, yaprakbiti ve psillid gibi küçük arthropod'ların önemli doğal düşmanları arasındadır (Lattin, 1999). *Anthocoridae*'ler, yüksek arama kabiliyeti, güçlü kümeleşme davranışı ve av yoğunluğundaki değişikliklere hızlı tepki vermeleri ile karakterize edilmektedir (Shaltiel ve Coll, 2004). *Anthocoris* türleri arasında, *Anthocoris minki* Dohrn özellikle yaprakbitlerinin (Almatni ve Khalil, 2008), *Anthocoris nemoralis* (F.) ise Armut psillidi'nin biyolojik mücadelesinde kullanılan en önemli predatörlerinden birisidir. Her iki türde Zeytin pamuklubiti'nin predatörleri arasında yer almaktadır (Anonim, 2011). Avrupa'da Armut psillidi (*Cacopsylla pyri* (L.))'nin mücadelesinde armut bahçelerinde *Anthocoris* türlerinden yararlanılmakta ve kitle üretimleri yapılarak salınmaktadır (Fauvel vd., 1994; Rieux vd., 1994; Unruh ve Higbee, 1994; Sigsgaard vd., 2006 a,b).

Bu konu ile ilgili İtalya'da yapılan bir çalışmada; insektisit kullanılmamış birkaç armut bahçesinde*; Cacopsylla pyri* (L.) (Hom., Psyllidae) ve predatörü *A. nemoralis*'in populasyon değişimleri incelenmiştir. Haziranın son iki haftasında her 10 sürgünde *A. nemoralis*'in 2-3 bireyi olduğunda, *C.pyri*'nin önemli ölçüde kontrol altına alındığı bildirilmiştir (Pezzi, 1982). Benzer sonuçlar; İtalya'nın Venedik bölgesinde yapılan çalışmalarda da görülmüş olup; *Anthocoris spp.*'nin yılda 2 veya 3 kez hektara 200-300 adet salınması *C.pyri*'nin yumurta ve nimflerini baskılamada yeterli olduğu gözlenmiştir (Mori ve Sancassani 1984). Aynı şekilde Güneydoğu Fransa'da yapılan çalışmada da; *A. nemoralis*'in *C.pyri*'yi baskılamada oldukça başarılı olduğu; özellikle erken dönemde (zararlının yumurta döneminde) yapılan salımlarda, zararlı populasyonun kontrol parseli ile kıyaslandığında; yumurta populasyonunda %50-75 oranında azalma olduğu gözlenmiştir (Rieux vd. 1994).

Antocoris nemoralis'in *C. pyri*'yi baskılamadaki bu başarısı, yapılan çok sayıdaki araştırma ile de desteklenmiştir. Amerika'da yapılan bir çalışmada; *Cacopsylla pyricola* (Foerster) (Hemiptera: Psyllidae)'ya karşı salımı yapılan *A. nemoralis*'in ilk salımdan 10 gün sonra zararlının nimf populasyonunu %50 oranında, ikinci salım sonrasında ise %85 oranında azalttığı ve salımdan sonra zararlının yumurta yoğunluğunun da çok düşük seviyede olduğu belirlenmiştir (Unruh ve Higbee, 1994).

Armut bahçesinde *C. pyri*'nin predatörlerinin etkinliklerinin araştırıldığı çalışmada, *A. nemoralis*'in psyllid populasyonunu azaltmada % 61'lik oranla en etkili predatör olduğu ve *A. nemoralis'i*n bir erginin, ömrü boyunca yaklaşık olarak 300 adet *C. pyri* nimfi tükettiği saptanmıştır (Souliotis ve Broums 2008; Civolani, 2012). Sigsgaard vd. (2006a) tarafından 2002-2004 yıllarında yapılan

çalışmalarda; *A. nemoralis* ve *A. nemorum*'un *C.pyri*'yi kontrol altına almasını değerlendirmişlerdir. Salım yapılan ilk yıl, *A. nemoralis* sadece iki günde psillid populasyonunu %54, *A. nemorum* ise %31 oranında azaltmıştır. Psillid populasyonu kontrole göre %72-92 oranında azalmıştır. İkinci yılda *A. nemoralıs* salımı yapılan dallarda psillid populasyonu %94-95 oranında azalırken, kontrolde zararlı oranı 4-5 hafta içerisinde %89-90'a çıkmıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar Armut psillidi ile mücadelede, *A. nemoralis* nimflerinin üretiminin erginlere göre daha ucuz olması, erginlerin dağılma özelliğinin bulunması nedenleriyle nimf salımlarının ergin salımlarına göre daha pratik ve ekonomik olacağını göstermiştir. Bu düşünceyi destekleyen çok sayıda araştırıcı mevcuttur. Araştırıcıların bu konuda yaptıkları çalışmada da; nimf salımının, ergin bireylerin salınmasından daha etkili sonuçlar verdiği, bunun nedeninin de dağılma sorunun daha az olmasından kaynaklanıyor olabileceği kanısına varılmıştır (Faivre-D'Arcier vd.,2001; Sigsgaard vd. 2004).

Anthocoris nemoralis'in av tüketimindeki başarısı Ülkemizde yapılan çalışmalarla da kanıtlanmış ve benzer sonuçlar elde edilmiştir. Er ve Uğur (1999)'un, Ankara ilinde *C.pyri*'nin doğal düşmanları ve populasyon değişimlerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada, *A.nemoralis*'in *C. pyri* populasyonları üzerinde en çok bulunan avcı tür olduğu saptanmışlardır. Benzer sonuçlar; Gencer ve Kovancı (2000) tarafından yapılan çalışmalarda da elde edilmiş olup, Bursa'da armut ağaçlarının ana zararlısının *C. pyri* olduğu ve *A. nemoralis* nimf ve erginlerinin *C. pyri*'nin yumurta ve nimfleri üzerinde beslenen en önemli predatör tür olduğunu bildirmişlerdir.

2004 yılında *C. pyri* ile yapılan bir başka çalışmada; ise *A. nemoralis*'in ve *A. nemorum*'un ikinci, üçüncü ve dördüncü dönem nimfleri; armut psillidinin yoğun olarak bulunduğu 3 adet armut bahçesine salınmıştır. Yapılan denemeden elde edilen sonuçlar, *Anthocoridae*'lerin ergin ve nimflerinin, tüm denemelerde armut psyllidlerinin sayısını etkili bir şekilde azalttığını göstermiştir. Kitle salımından sonra yapılan kontrollerde; *A. nemoralis* salımının, psyllid populasyonunu %54 oranında azalttığı; *A. nemorum* salımında ise bu sayının %31 olduğu görülmüştür. Yapılan çalışma ile; etkili bir kontrol sağlamak için hektar başına 1500 kadar ergin bireyin salınmasının yeterli olduğu belirlenmiştir. Salımı yapılan erginlerin yarısının dişi olduğu ve her dişinin bir aylık ömrü boyunca yüz yumurta bıraktığı düşünülürse, 1500 ergin bireyin salınması 75.000 nimfin üretilmesiyle sonuçlanmalıdır. Bu, hektar başına 2500 ağaçlık bir ağaç yoğunluğunda, ağaç başına 30 *A. nemoralis* yumurtası yoğunluğu anlamına gelmektedir. Ayrıca, yapılan bu çalışma ile, tekrarlanan salımların; predatör popülasyonunun etkinliğini arttırdığı gözlenmiştir. Denemenin son haftalarında, tüm

uygulamalarda psillid populasyonunun arttığı, bu da üçüncü bir salınımın haklı olabileceği düşüncesini desteklemiştir. (Sigsgaard vd., 2006).

Anthocoris türlerinin; Antepfıstığı psillidi (*Agonoscena pistaciae*) mücadelesinde de oldukça başarılı olduğu görülmüştür. Yanık ve ark.(2007) tarafından yapılan çalışmada da; *Anthocoris minki*'nin laboratuvar koşullarında kitlesel üretimini gerçekleştirerek Antepfıstığı psillidi, *Agonoscena pistaciae* (Burck ve Laut) (Hemiptera: Psyllidae)'ye karşı doğa koşullarında salımı yapılmıştır. Çalışma sonucunda yapılan kontrollerde, *A. minki*'nin Antepfıstığı psillidi populasyonunu yaprak başına 175.6 adet nimf yoğunluğundan 31.3 adet nimf seviyesine düşürdüğü belirlenmiştir.

2. *Anthocoris spp'*nin Zeytinde Kullanım Olanakları

Zeytin bahçelerinde ise zeytin pamuklubitinde en yoğun bulunan doğal düşman; doğal düşman sayısının %49'unu oluşturan *Anthocoris nemoralis* (Hemiptera: Anthocoridae)'dir (Gharbi vd., 2012). Bu bulgu, başka araştırıcılar tarafından da desteklenmektedir (Gharbi vd. 2012). Spesifik bir pamuklubit avcısı olarak bilinen (Anderson, 1962; Solomon ve diğerleri, 2000), bu predatör, uçucu maddeler yoluyla pamuklubit istilasını tespit etme yeteneği, yüksek arama verimliliği ve ve güçlü sayısal tepki ile karakterize edilmektedir (Drukker vd., 1995; Scutareanu vd., 1997; Brunner ve Burts, 1975; Trapman ve Blommers, 1992; Gharbi vd., 2011). *A. nemoralis*'in mart ayının başında, zeytin ağaçlarında çok nadir bulunduğu ve mart ortasından itibaren kademeli olarak artmaya başladığı ve *E. olivina*'nın populasyonundan çok az bir süre sonra, nisan sonunda zirveye ulaştığı tespit edilmiştir. *Anthocoris nemoralis*, geç bir dönemde ve başlangıçta az sayılarla ortaya çıkmaktadır bu nedenle zeytin pamulubitini, ürüne zarar vermeden önce kontrol altına alamamaktadır (Chermiti, 1989, 1992). Bu nedenle, *A. nemoralis*'in göç etmeleri nedeniyle, sayısal tepkileri pamulubitlerin neden olduğu zararı önlemek için genellikle yetersiz kalmaktadır (Sarasua vd., 1994; Vilajeliu vd., 1998; Scutareanu vd., 1999; Erler, 2004).

Naceur isimli araştırıcı 2021 yılında, *Euphyllura olivina* Costa'nın (Hemiptera: Psyllidae) mücadelesinde *Anthocoris nemoralis* (Hemiptera: Anthocoridae)'in etkinliğini araştırmıştır. Uygulamalardan birinde düşük sayıda salım yapılırken (10 *A. nemoralis* nimf/ağaç salımı), diğerinde ise yüksek sayıda (40 *A. nemoralis* nimf/ağaç salımı) salım yapılmıştır. İlk uygulama 3 Mart'ta ve ikincisi 17 Mart'ta yapılmıştır. Uygulanan bu yöntem; İlkbaharda *E. olivina*'nın populasyon artışının kontrol altına alınmasında en etkili yöntem olmuştur. Bu yöntem ile *A. nemoralis* populasyonu kademeli olarak artış göstermiş ve nisan ayının sonlarına doğru pik yapmıştır. Kontrol parsellerinde ve düşük salım yapılan parsellerde, *Anthocoris* populasyonlardaki önemli artışa rağmen zararlı

populasyonu baskı altına alınamamıştır. Ancak ikinci salımdan sonra, yüksek sayıda salım yapılan parsellerde; zararlı yoğunluğunda önemli düzeyde bir azalma kaydedilmiştir. (Sigsgaard vd., 2006; Yanık ve Ünlü 2015), yukarıdaki bulgulara benzer şekilde; meyve bahçelerinde yüksek predatör populasyonunu sürdürmek için birden fazla salınımın gerekli olduğunu öne sürmektedirler.

Ayrıca yapılan çalışmada; *A. nemoralis'*in olgunlaşmamış aşamalarının (2. ila 4. evredeki nimf karışımı) *E. olivina'*nın yoğunluğu üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Uğur böceklerinde daha önce yapılan salım çalışmalarında olduğu gibi (Iperti, 1999); salım yapılan alandan göç riskini azaltmak için *Anthocoris* erginleri yerine *Anthocoris* nimfleri salınmıştır. Nimfler aktiftir ancak uçamazlar ve salındıkları zeytin ağaçlarını bırakıp diğer ağaçlara geçme eğiliminde olan *Anthocoris* erginlerinden farklıdırlar. İki salım arasındaki süre iki hafta olmuştur, (bu süre; *A. nemoralis*'in ikinci dönem nimflerinin yetişkinliğe ulaşması için gereken ortalama süredir (22°C'de 12 ila 15 gün) (Gharbi vd., 2011). Çalışmadan elde edilen sonuçlar, kontrol ve düşük uygulama parsellerinde kaydedilen *E. olivina* yoğunluklarında bir fark olmadığını; sezonun sonunda tüm parsellerde pamuklubit yoğunluklarında belirgin bir azalma olduğu göstermiştir. Ayrıca, yüksek sayıda yapılan salımın; pamuklubit populasyon yoğunluklarını azaltmada, az sayıda yapılan salıma oranla daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuç başka araştırıcılar tarafında da kanıtlanmış olup; Zeytin bahçelerinde yapılan düşük sayıda *A. nemoralis* (20 nimf/ağaç) salımının zeytin pamuklubitini kontrol etmek için yetersiz kaldığını, yüksek sayıda yapılan salımın ise (80 nimf/ağaç) zeytin pamuklubitini kontrol altına alabildiğini göstermişlerdir (Sigsgaard vd., 2006). Yapılan bir diğer çalışma ile de bu sonuçlar desteklenmiş olup, palmiyelerde zararlı bir tür olan, *R. indica*'nın yumurtasının ve hareketli dönemlerinin en fazla azaldığı dönemin; *A. largoensis*'in en yüksek salınımın yapıldığı dönem olduğu ve diğer tüm salınım oranlarından önemli ölçüde farklılık olduğunu göstermiştir (D. Carrillo vd., 2014). Ayrıca zeytin bahçelerinde başarılı bir biyolojik mücadele için salımların erken dönemde (çiçeklenme döneminde) yapılmasının daha uygun olduğu saptanmıştır. Aynı şekilde Güneydoğu Fransa'da yapılan çalışmada da; *A. nemoralis*'in *C.pyri*'yi baskılamada oldukça başarılı olduğu; özellikle erken dönemde (zararlının yumurta döneminde) yapılan salımlarda, zararlının yumurta populasyonunda %50-75 oranında azalma olduğu gözlenmiştir (Rieux vd., 1994).

Salım uygulamalarında, Zeytinde *A. nemoralis'*in hangi biyolojik döneminin daha etkili olduğunu belirlemek için de çalışmalar yapılmıştır. *Anthocoris nemoralis*'in yumurtalarının salındığı bir uygulamada; ağaç başına 100-200 *A. nemoralis* yumurtası yerleştirildiğinde başarılı sonuçlar elde edilmiş ancak, yumurtalar hassas olduğu için kayıplar olmuştur, ayrıca ergin salımına kıyasla

daha yoğun bir çalışma gerektirdiği tespit edilmiştir (Rieux vd., 1994). Benzer sonuçlar; Fransa'da *A. nemoralis*'in yumurtalarının salındığı çalışmada da elde edilmiş olup, yumurta salımında başarılı sonuçlar elde edilmiş olup, aynı şekilde yüksek oranda yumurta kayıpları gözlenmiştir (Rieux vd., 1994). ABD'de yapılan bir diğer çalışmada ise; nimf salımında da başarılı sonuçlar elde edilmiş, ancak yüksek bir başarı için ağaç başına 300 adet nimf salımının gerekli olduğu belirlenmiştir (Unruh ve Higbee, 1994). Aynı şekilde dağılma riskini azaltmak için nimf salımının daha uygun olduğunu destekleyen araştırıcılarda mevcuttur (Dreistadt ve Flint, 1996). Faivre-D'Arcier ve arkadaşları (2001)'da yaptıkları çalışmalar ile, *Anthocoris*'lerin ergin bireylerinin salınmasının şu anda mücadelede kullanılan etkili bir yöntem olduğunu ve biyokontrol şirketlerinin tek bir uygulama için tavsiye ettiği sayının üç katından fazlasının kullanılması gerektiğini tespit etmişlerdir. Ayrıca, nimf salımları, yetişkin bireylerin salımları ile kıyaslandığında dağılmanın sınırlı olması avantajına sahip olduğunu ve yumurta salınımında yaşanan zorluklar nedeniyle, nimflerin salınımının yumurta salınımına kıyasla daha avantajlı olduğunu belirtmişlerdir.

Ayrıca; Serin iklimlerde, içerisinde karabuğday kabukları bulunan karton kutular şeklinde ek gıda ve barınak sağlanması, yararlıların hayatta kalması için önemli olabilmektedir (Şekil 3.1).

Salımın başarılı olması için gerek predatör sayısı; zararlı türe bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Biocontrol şirketleri zeytin bahçelerinde, hektar başına 5-6 salım noktasında 1000-1500 *A. nemoralis* ergininin salınmasını ve gerekirse ilkbaharda salımın tekrarlanmasını önermektedir. İtalya'da yapılan salım çalışmalarında ise; hektar başına, 500 veya 1000 *Anthocoris nemoralis* ergini salınmış ancak uygulama yapılmayan bahçeler ile salım yapılan bahçeler arasında önemli bir fark bulunmamıştır (Beninato ve la Morella, 2000). Hollanda'da yapılan bir ön çalışmada (36 salınım noktasında 1200 yetişkin/ha) kontrol bahçesiyle karşılaştırıldığında psillid populasyon yoğunluğunda herhangi bir fark görülmemiştir. Güney Fransa'da hektar başına 17.000-24.000 *A. nemoralis* ergininin salındığı çalışmada, kontrole kıyasla armut psillidi popülasyonunda önemli oranda azalma görülmüştür (Faivre-D' Arcier vd., 2001). İlkbahar da hektar başına 1300-9000 yetişkin ve yaz başında ha başına 5500 yetişkininin salındığı çalışmada; başarılı bir kontrol sağlandığı ancak başarı oranının uygulama zamanına bağlı olarak değiştiği ve etkin bir başarı için kimyasal kullanımından kaçılması gerektiği belirlenmiştir (Faivre-D' Arcier vd., 2001).



Şekil 2.1. Zeytin Pamuklubiti (*Euphyllura Phillyreae)*'nde yapılan *Anthocoris nemoralis* salımı (Karakoyun, 2023).

2.SONUÇ

Yapılan araştırmalar ışığında, *Anthocoris spp'*nin kitle üretimi ve salım çalışmalarındaki etkinliği ayrıca zeytinde kullanım olanakları ayrıntılı bir biçimde incelenmiştir.

Kitle üretimi ve salım ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; *Anthocoris spp'*nin bu çalışmalarda etkin bir biçimde kullanıldığı ve oldukça başarılı sonuçlar alındığı görülmüştür. Yapılan araştırmalar ışığında; *Anthocoris spp*'nin armut, antepfıstığı ve zeytin bahçelerinde zaten var olduğu ancak mücadelede etkin bir biçimde kullanılabilmesi için populasyonun yapılan salımlar ile desteklenmesi gerektiği belirlenmiştir. Bunun yanında *Anthocoris minki*'nin özellikle yaprakbitlerinin, *Anthocoris nemoralis*'in ise, Armut psillidi'nin ve Zeytin pamuklubitinin biyolojik mücadelesinde aktif olarak kullanıldığı tespit edilmiştir. Yapılan bu çalışma ile; *Anthocoris spp'*nin; yılda 2 veya 3 kez hektara 200-300 adet salınması *C.pyri*'nin yumurta ve nimflerini baskılamada yeterli olduğu belirlenmiştir. Ayrıca zeytin pamuklubiti ile mücadelede; yüksek sayıda yapılan salımın; pamuklubit populasyon yoğunluklarını azaltmada, az sayıda yapılan salıma oranla daha etkili olduğu, etkin bir mücadele için ağaç başına ort. 50 adet ergin/80 adet nimf salımının başarılı sonuçlar verdiği tespit edilmiş olup, ancak etkili bir için kimyasal kullanımından kaçılması gerektiği belirlenmiştir. Bununla birlikte meyve bahçelerinde yüksek predatör populasyonunu sürdürmek için birden fazla salınımın yapılması gerektiği sonucuna varılmıştır.

Yapılan literatür çalışmaları sonucunda; *Anthocoris'*lerin ergin bireylerinin dağılma risklerinin daha fazla olması ve nimflerinin ergin bireyler ile kıyaslandığında, üretim maliyetlerinin daha düşük olması nedeniyle, *Anthocoris*

nimflerinin salınmasının, ergin bireylerin salınmasından daha pratik ve uygun maliyetli olduğu tespit edilmiştir.

Yapılan bu derleme ile, *Anthocoris spp'*in kitle üretimi ve salımda oldukça önemli bir yere sahip olduğu, zararlılar ile mücadelede kimyasal kullanımına önemli bir alternatif olarak zararlılarla mücadelede etkin bir başarı sağlayacağı düşünülmektedir.

Bu araştırma; önemli bir avcı tür olan *Anthocoris spp'*nin biyolojik mücadelede kullanım olanaklarının araştırılması konusunda, gelecekte yapılacak olan daha ayrıntılı çalışmalara ışık tutacaktır.

KAYNAKÇA

Anonim, 2011. Zeytin Entegre Mücadele Teknik Talimatı, T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Bitki Sağlığı Araştırmaları Daire Başkanlığı, Ankara, 107 s.

Anonim, 2020a. Food and Agriculture Organization (FAO) of The United Nations Statistics Division. Web: http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC/visualize (Erişim Tarihi: 07.07.2020).

Anonim,2023.www.flickr.com/photos (Erişim Tarihi: 10.10.2023).

Almatni W, Khalil N (2008) A primary survey of aphid species on almond and peach, and natural enemies of Brachycaudus amygdalinus in As-Sweida, Southern Syria. In: Proc Ecofruit 13th Int Conf on Cultivation Techniques and Phytopathological Problems in Organic Fruit-Growing, Weinsberg, Germany, 18–20 Feb 2008, pp 109–115. Available from http://orgprints.org/13654/(Erişim Tarihi: 12.08.2023).

Anderson N. H. 1962: Growth and fecundity of Anthocoris spp. reared on various prey (Heteroptera: Anthocoridae). — Entomol. Exp. Appl. 5: 40–52.

Atay, İ and Özkan C. 2017. A Sustainable Solution with Biological Control for Pesticide Residue Problemin Raisin Export. 2nd INTERNATIONAL BALKAN AGRICULTURE CONGRESS. 16.05.2017-18.05.2017Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Türkiye *(PDF) Current Situation and Future of Biological Control Applications*. Available from:https://www.researchgate.net/publication/338652763_Current_Situation_and_Future_of_Biological_Control_Applications [accessed Oct 13 2023].

Başar M., ve Yaşar B., 2015. Antalya ili zeytin bahçelerinde saptanan parazitoit ve predatör türler. Türk. Biyo. Mücadele Derg. 2018, 9 (2): 82-101

Beninato, S., la Morella, S., 2000. Control of Cacopsylla pyri with massive releses of Anthocoris nemoralis in pear orchards. GF-2000. Atti, Giornate Fitopatologiche, Perugia, 16-20 Aprile, 2000, volüme primo. pp. 367-372.

Brunner J.F. & Burts E.C. 1975: Searching behavior and growth rates of Anthocoris nemoralis (Hemiptera: Anthocoridae), a predator of the pear psylla, Psylla pyricola. — Ann. Entomol. Soc. Am. 68: 311–315.

Carrillo, D., De Coss, M. e., Hoy, M. a., and Peña, j. e. 2012c. Variability in response of four populations of Amblyseius largoensis (Acari: Phytoseiidae) to Raoiella indica (Acari: Tenuipalpidae) and Tetranychus gloveri (Acari: Tetranychidae) eggs and larvae. Biol. Control 60(1): 39-45.

Civolani, S., 2012. The Past and Present of Pear Protection Against the Pear Psylla, Cacopsylla pyri L., Insecticides-Pest Engineering, pp. 385-408, Italy.

Chermiti B. 1989: Dynamique des populations du psylle de l'olivier Euphyllura olivina, en conditions méditerranéennes. PhD thesis, Université Aix Marseille, 165 pp.

Chermiti B. 1992: Approche d'évaluation de la nocivité du psylle de l'olivier Euphyllura olivina (Costa) (Homoptera, Aphalaridae). — Olivae 43: 34–42.

D'Arcier F.F., Millot P., Belzunces L.P. 2001. Lâchers inoculatifs d'Anthocoris nemoralis F en verger de poiriers. Phytoma 544: 76-78.

DeBach P, Rosen D 1991. Biological control by natural enemies. Cambridge University Press, Cambridge

Dreistad, S.H., Flint, M.L., 1996. Melon aphid (Homoptera:Aphididae) control by inundative convergent lady beetle (Coleoptera:Coccinellidae) release on chrysanthemum. Environmental Entomolgy 25, 668-697.

Drukker B., Scutareanu P. & Sabelis M.W. 1995: Do anthocorid predators respond to synomones from Psylla-infested pear trees under fi eld conditions? — Entomol. Exp. Appl. 77: 193–203.

Durlu M., Ali B. ve Uğur A., 2013. Armut Zararlısı Psillidae türlerine karşı biyolojik mücadele imkanları. Türkiye 5. Organik Tarım Sempozyumu, Samsun.

Er, H. ve Uğur, A. 1999. Ankara ilinde *Cacopsylla pyri* (Homoptera: Psyllidae)'nin doğal düşmanları ve populasyon değişimleri üzerine araştırmalar. Türkiye IV. Biyolojik Mücadele Kongresi, s. 295-307, Ankara.

Erler F. 2004: Natural enemies of the pear psylla Cacopsylla pyri in treated vs untreated pear orchards in Antalya, Turkey. — Phytoparasitica 32: 295–304.

Fauvel G, Rieux R, D'arcier FF, Lyoussoufi A (1994) Biological control trial of Cacopsylla pyri (L.) in pear orchards by experimental release of Anthocoris nemoralis F. eggs. I. Materials and methods. SROP/WPRS Bull 17:81–85.

Gençer, N.S. ve Kovancı, B. 2000. Bursa ilinde armutlarda zararlı *Cacopsyllia pyri* (L.) (Homoptera: Psyllidae)'nin biyolojisi. Türkiye IV. Entomoloji Kongresi, s.101-110, Aydın.

Gharbi N., Debo A. & Dhouıb H. 2011: Effets des régimes alimentaires sur certains paramètres biologiques de la punaise prédatrice Anthocoris nemoralis (Fabricus) 1794 (Hemiptera: Heteroptera, Anthocoridae). — Rev. Inst. Nat. Agron. Tunis 26: 31–41.

Gharbi N., Debo A. & Ksantini M. 2012: Observation of arthropod populations during outbreak of olive psyllid Euphyllura olivina in tunisian olive groves. — Tunis. J. Plant Prot. 7: 35–42.

Iperti G. 1999: Biodiversity of predaceous coccinellidae in relation to bioindication and economic importance. — Agric. Ecosyst. Environ. 74: 323–342.

Kaplan, C., Büyük , M., ve Eren, S., 2011. Güneydoğu Anadolu Bölgesi zeytin bahçelerinde saptanan zararlı ve faydalı böcek türleri. Bitki Koruma Bülteni, 51(3):267-275

Kaptan S., Akşit T. ve Spodek M., 2019. Zeytin pamuklubiti (*Euphyllura* spp., Hemiptera: Psyllidae) türlerinin İzmir ve Aydın illerinde yayılışı ve bulaşıklık oranları. Bitki Koruma Bülteni / Plant Protection Bulletin, 2019, 59 (3) : 53-58

Lattin JD (1999) Bionomics of the Anthocoridae. Annu Rev Entomol 44:207–231.

Lenteren, J.C. van, Bale, J., Bigler, F., Hokkanen H.M.T. ve Loomans, A.J.M., 2006. Assessing risks of releasing exotic biological control agents of arthropod pests. Annual Review of Entomology, 51, 609-34.

Mori, P. And Saccassani, G.P. 1984. Essai de lutte integree contre le psylle du poirier (psylla pyri ev Venitie. SROP/WPRSBull., 7(5);354-357.

Özkaya, M.T., Çakır, E., Gökbayrak, Z., Ercan, H. and Taşkın, N. 2006. Morphological and Molecular Characterization of Derik-Halhalı Olive (Olea europaea L.) Accessisions Grown in Derik-Mardin Province of Turkey. Scientia Horticulturae, 108 (2) 205-209

Pezzi, A. 1982. Observations on the population fluctuations of *Psylla pyri* L. and of its predator *Anthocoris nemoralis* (F.). Informatore Fitopatologico, 32:3, 51-53.

Rixeus, R., Fauvel, G., D'arcier, F.F., Fourgane, G. And Lyoussoufi, A. 1994.Biological control fof Cacopsylla pyri (L.) ina pear orchord by experimental release of Anthocoris nemoralis (F.) eggs. Results and discussion. SROP/WPRS Bull., 17(2); 120-124

Sarasua M.J., Sola N., Artigues M. & Avilla J. 1994: The role of Anthocoridae in the dynamics of Cacopsylla pyri populations in a commercial orchard without pesticides. — IOBC/ WPRS Bull. 17: 138–141.

Scutareanu P., Lingeman R., Drukker B., Bruin J. & Sabelis M.W. 1997: Volatiles from psylla-infested pear trees and their possible involvement in attraction of anthocorid predators. — J. Chem. Ecol. 23: 2241–2260.

Scutareanu P., Lingeman R., Drukker B., Bruin J. & Sabelis M.W. 1999: Cross-correlation analysis of fl uctuations in local populations of pear psyllids and anthocorid bugs. — Ecol. Entomol. 24: 354–362.

Shaltiel, L., Coll, M., 2004. Reduction of Pear Psylla Damage by the Predatory Bug Anthocoris nemorslis (Hemiptera:Anthocoridae): The importance of Orchard Colonization Time and Neighboring Vegetation. Biocontrol Science and Technology (December2004), Vol.14, No.8, 811/821

Sigsgaard L. 2004. Oviposition preference of Anthocoris nemorum and A-nemoralis for apple and pear. ENT. EXP. APPL. 111: 215-223.

Sigsgaard L., Esbjerg P. & Phillılıpsen H. 2006: Experimental releases of Anthocoris nemoralis F. and Anthocoris nemorum (L.) (Heteroptera: Anthocoridae) against the pear psyllid Cacopsylla pyri L. (Homoptera: Psyllidae) in pear. — Biol. Contr. 39: 87–95.

Sigsgaard L, Esbjerg P, Philipsen H (2006a) Controlling pear psyllids by mass-releasing Anthocoris nemoralis and A. nemorum (Heteroptera: Anthocoridae). J Fruit Ornam Plant Res 14:89–98

Sigsgaard L, Esbjerg P, Philipsen H (2006b) Experimental releases of Anthocoris nemoralis F. and Anthocoris nemorum (L.) (Heteroptera: Anthocoridae) against the pear psyllid Cacopsylla pyri L. (Homoptera: Psyllidae) in pear. Biol Control 39:87–95.

Solomon M.G., Cross J.V., Fitzgerald J.D., Campbell C.A.M., Jolly R.L., Olszak R.W., Niemczyk E. & Vogt H. 2000: Biocontrol of pests of apples and pears in Northern and Central Europe-3, Predators. — Biocontr. Sci. Technol. 10: 91–128

Soulotis, C. and Broumas, T. 2008. Study of the population Dynamics of the Cacopsylla pyri (L.) (Homoptera: Psyllidae) and its predators in Eastern Attiki. Annales de l'Institut Phytopatholoqique Benaki,18:2, 97-109.

Trapman M. & Blommers L. 1992: An attempt to pear sucker management in the Netherlands. — J. Appl. Entomol. 114: 38–51.

Tüfekli M., Ulusoy M.R., 2011. Adana ve Mersin illeri zeytin bahçelerinde zararlı Zeytin pamuklubiti [*Euphyllura straminea* Loginova (Hemiptera: Psyllidae)]'nin popülasyon değişimi. Bitki Koruma Bülteni, 51 (3), 215-230.

Unruh, T.R. and Higbee, B.S., 1994. Releases of laboratory reared predators of pear psylla demonstrate their importancein pest suppression. SROP/WPRS. Bull, 17(2); 146-150.

Yanık, E., 2003. *Anthocoris nemoralis* (F.) (Heteroptera:Anthocoridae)'nin avı Cacopsylla pyri (L.) (Homoptera:Psyllidae) ile biyolojik ilişkileri üzerinde araştırmalar. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Ankara, 108 s.

Yanık E., Ünlü L. ve Yücel A. 2007. Antepfıstığında *Agonoscena pistaciae* Burck. and Laut. (Hom.:Psyllidae)‟ nın biyolojik mücadelesinde *Anthocoris minki* Dohrn (Het.: Anthocoridae)‟ nin kitle üretimi ve salımı. Türkiye II. Bitki NKoruma Kongresi Bildirileri, 27-29 Ağustos 2007, Isparta, s.10. (Özet)

Yanık E. & Unlü L. 2015: Initial study of rearing and release of Anthocoris minki Dohrn (Hemiptera: Anthocoridae) for biological control of Agonoscena pistaciae Burckhardt and Lauterer (Hemiptera: Psyllidae) in pistachio orchards. — Agric. Forest. 61: 347–358.

Bölüm 21

İklim Değişikliğinin Sucul Ortamlar Üzerine Etkisi İklim Değişikliğinin Sucul Ortamlar Üzerine Etkisi

Selçuk DUMAN[1], İbrahim CENGİZLER[2]

[1] Doç. Dr., Çukurova Üniversitesi, İmamoğlu Meslek Yüksekokulu, Su Ürünleri Bölümü, Adana, TÜRKİYE.
sduman@cu.edu.tr. orcid: 0000-0002-6771-3385
[2] Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Adana, TÜRKİYE.
icengiz@cu.edu.tr. orcid: 0000-0003-0929-7640

ÖZET

İklim değişikliği sucul ekosistemlerde sıcaklık, dolaşım, tabakalaşma, besin girdisi, oksijen içeriği ve okyanus asitlenmesindeki eş zamanlı değişimlerle ve potansiyel olarak daha geniş kapsamlı biyolojik etkilerle ilişkilidir. İklim değişikliği sucul ortamlardaki karbon dinamikleri dahil, besin ağı yapısı, biyolojik çeşitlilik, birincil ve ikincil besin zinciri üretimi ve ayrıca suda yaşayan canlıların dağılımını ve habitatını etkileyebilmektedir.

Anahtar Sözcük; iklim değişikliği, sucul canlılar, habitat, ekosistem

GİRİŞ

Birçok bilim insanı iklim değişikliklerinin dünya gezegenindeki tüm canlıların varlığına yönelik artan küresel tehdidinin araştırılmasında önemli bir rol üstlenmiştir. İklim değişikliklerinin suda, karada ve havada yaşayan hayvanların biyolojisi, doğurganlığı, büyümesi ve biyolojik çeşitliliği üzerindeki zararlı etkileri bir süredir bilinmektedir (Cochrane ve ark., 2009). Tatlı su ekosistemlerindeki değişimin başlıca nedenleri arasında havzaların değiştirilmesi ve kullanılması; su kaynaklarının insan kaynaklı kirlenmesi, değiştirilmiş hidroloji; ve istilacı türler bulunabilmektedir. Balıkçılık kaynaklarının aşırı kullanımı, kirlilik ve iklim değişikliği deniz ekosistemlerindeki büyük değişimin örnekleridir. Karasal çevre, toprak bileşenindeki küresel iklim değişikliğinin en yıkıcı modelini temsil eden arazinin çoğunlukla tarımsal kullanıma dönüştürülmesinden en çok etkilenmiştir (Hughes ve ark., 2005; Nelson ve ark., 2006; Vitousek, 1994). Deniz ekosistemleri gezegenin biyolojisi açısından merkezi bir öneme sahiptir, ancak antropojenik iklim değişikliğinin bunları nasıl etkilediğine dair kapsamlı bir anlayış yeterince gelişmemiştir (Hoegh-Guldberg ve Bruno, 2010). Son araştırmalar, hızla artan sera gazı konsantrasyonlarının, okyanus sistemlerini milyonlarca yıldır görülmeyen koşullara doğru sürüklediğini ve bununla bağlantılı olarak temel ve geri dönüşü olmayan bir ekolojik dönüşüm riski oluşturduğunu göstermektedir. Antropojenik iklim değişikliğinin şu ana kadarki etkileri arasında okyanus üretkenliğinin azalması, gıda ağı dinamiklerinin değişmesi, habitat oluşturan türlerin bolluğunun azalması, tür dağılımlarının değişmesi ve hastalık vakalarının artması yer almaktadır (Hoegh-Guldberg ve Bruno, 2010).

İklim değişikliğinin okyanuslar, nehirler, göller ve diğer su kütlelerindeki deniz yaşamı da dahil olmak üzere suda yaşayan canlılar üzerinde önemli ve geniş kapsamlı bir etkisi vardır. Bu etkiler öncelikle sıcaklıktaki değişiklikler, okyanus asitlenmesi, deniz seviyesinin yükselmesi ve değişen hava koşullarından kaynaklanmaktadır. İklim değişikliğinin suda yaşayan canlılar üzerindeki temel etkilerinden bazıları şunlardır:

Sıcaklık Değişiklikleri:

Artan küresel sıcaklıklar, su sıcaklığında değişikliklere neden olabilir ve bu da suda yaşayan türlerin dağılımını ve davranışını etkileyebilir. Bazı türler daha soğuk sulara uyum sağlayabilir veya göç edebilir, bazıları ise sıcaklık stresinden, üreme başarısının azalmasına veya hastalıklara karşı artan hassasiyette sahip olabilir. Gözlem kayıtları ve iklim projeksiyonları, tatlı su kaynaklarının hassas olduğuna ve insan toplumları ve ekosistemler üzerinde geniş kapsamlı sonuçlar doğuracak şekilde iklim değişikliğinden güçlü bir şekilde etkilenme

potansiyeline sahip olduğuna dair çok sayıda kanıt sağlamaktadır (Bates ve ark., 2008). Hari ve ark. 2006, yirmi beş yıllık kapsamlı su sıcaklığı verileri, Alp nehirlerinde ve akarsularında tüm rakımlarda bölgesel olarak tutarlı bir ısınmanın meydana geldiğini ve bölgesel hava sıcaklığındaki değişiklikleri yansıttığını bildirmiştir. Ayrıca kahverengi alabalık popülasyonları için ısınma, termal habitatta yukarı doğru bir kaymaya neden olmuş ve bu durum, habitatın alt sınırında sıcaklığa bağlı Proliferatif Böbrek Hastalığı vakasındaki artışla hızlandırmıştır.

Okyanus Asitlenmesi:

Atmosferdeki artan karbondioksit (CO_2) seviyeleri aynı zamanda okyanuslarda daha yüksek CO_2 konsantrasyonlarına yol açarak okyanus asitlenmesine neden olur. Bu, mercanlar, yumuşakçalar ve bazı plankton türleri gibi kalsiyum karbonat kabukları veya iskeletleri olan deniz organizmalarına zarar verebilir ve onların koruyucu yapılarını inşa etmelerini ve korumalarını zorlaştırabilir (Findlay ve Turley, 2021). Okyanus asitlenmesi resif büyümesini yavaşlatır, rekabetçi etkileşimleri değiştirir ve popülasyonun yenilenmesine zarar verir. Okyanusun ısınması ve asitlenmesi, resif dayanıklılığını aşındırması ve aynı zamanda resif dayanıklılığı talebini arttırması nedeniyle neredeyse paradoksal bir zorluk teşkil ediyor. Yönetimsel çabalar, sınırlı bir ölçüde ve sınırlı bir zaman dilimi içinde küresel değişim karşısında mercan resiflerinin azalan direncini telafi edebilir (Anthony, 2016).

Değişen Okyanus Akıntıları:

Okyanuslar mavi gezegenimizin üçte ikisinden fazlasını kaplıyor. Sular, ince yoğunluk farklılıklarının yönlendirdiği ve büyük miktarda ısı taşıyarak küresel bir dolaşım sistemi içinde hareket ediyor. Okyanus dolaşımı bu nedenle küresel iklim oyununda aktif ve oldukça doğrusal olmayan bir oyuncudur. Giderek daha açık hale gelen kanıtlar, Grönland'da 5-10 °C düzeyindeki ani sıcaklık değişiklikleri ve buzdağlarının Kuzey Atlantik Okyanusu'na büyük dalgalanmaları gibi ani ve dramatik iklim değişimlerinde okyanus dolaşımının rol oynadığını gösteriyor (Rahmstorf, 2002). Isınma nedeniyle okyanus akıntılarında meydana gelen değişiklikler, yiyecek veya üreme için belirli akıntılara bağımlı olanlar da dahil olmak üzere deniz türlerinin dağılımını ve bolluğunu etkileyebilir. Bu akımlardaki değişimler ekosistemleri ve besin ağlarını bozabilir (Przeslawski ve ark., 2008; Pörtner ve Peck, 2010).

Habitat Kaybı:

İklim değişikliği nedeniyle yükselen deniz seviyeleri ve artan kıyı erozyonu, mercan resifleri, mangrov ormanları ve tuzlu bataklıklar gibi suda yaşayan canlılar için önemli habitatların kaybına yol açabilir. Bu habitatlar çok çeşitli deniz yaşamı için barınak, üreme alanları ve besin kaynakları sağlar (Roy ve ark., 2023). Antropojenik küresel ısınma deniz yaşamını önemli düzeyde etkileyebilir ve çeşitli potansiyel yok olma mekanizmalarıyla tropikal bentik omurgasızları tehdit edebilir. Termal optimumları 21°C'den daha sıcak olan cinsler, artan yok olma olasılığını gösterirken, optimumları 11°C'nin altında olan cinsler için yok olma olasılıkları sürekli olarak artmaktadır (Reddin ve ark., 2022).

Okyanus Deoksijenasyonu:

Oksijen, dünyadaki aerobik yaşam için en önemli ve temel bileşenlerden biridir. Örneğin fotosentez, redoks reaksiyonları ve hava-deniz transferi gibi olaylardan etkilenen bu temel unsur, aktif ve çeşitli biyolojiyi barındıran bir gezegen olarak Dünya'nın özelliklerini tanımlar (Petsch, 2003). İklim değişikliği okyanusun bazı kısımlarında oksijen seviyelerinin azalmasına neden olabilir. Bu, hayatta kalmak için oksijene ihtiyaç duyan deniz organizmalarına zarar verebilir ve çok az türün gelişebileceği, oksijeni tükenmiş "ölü bölgelerin" genişlemesine yol açabilir (Li ve ark., 2020).

Aşırı Hava Olayları:

İklim değişikliğiyle ilişkili daha sık ve şiddetli fırtınalar, kasırgalar ve şiddetli yağış olayları, su ekosistemlerini bozabilir, habitat tahribatına, tortu akışına ve su sıcaklığı ve tuzluluğunda değişikliklere neden olabilir (Michener ve ark., 1997).

Tür Dağılımındaki Değişimler:

Su sıcaklıkları değiştikçe ve habitatlar değiştikçe, bazı türler yeni alanlara taşınarak yerel ekosistemleri etkileyebilir ve potansiyel olarak diğer türlerle çatışmalara yol açabilir. Bu aynı zamanda balıkçılığı ve onlara bağımlı olan insanların geçim kaynaklarını da etkileyebilir (Poff ve ark., 2002).

Hastalık Yayılımı:

Daha sıcak sular, balıklar ve mercanlar da dahil olmak üzere suda yaşayan canlılar arasında hastalıkların yayılmasını kolaylaştırabilir. Yüksek sıcaklıklar nedeniyle artan stres, bağışıklık tepkilerini zayıflatarak türleri patojenlere karşı daha duyarlı hale getirebilir (Goreau ve Hilbertz, 2005; Vezzulli ve ark., 2013).

Balıkçılık Üzerindeki Etki:

İklim değişimi sonucu balık ve diğer deniz ürünleri türlerinin dağılımı ve bolluğundaki değişiklikler küresel balıkçılığı etkileyebilir. Bazı türler daha az bulunabilir hale gelebilir veya farklı bölgelere göç edebilir, bu da potansiyel olarak balıkçılığa bağımlı topluluklar için ekonomik ve gıda güvenliği sorunlarına yol açabilir (Lam ve ark., 2016; Sumaila ve ark., 2011).

Genel Ekosistem Bozulması:

klim değişikliği su ekosistemlerinin hassas dengesini bozabilir ve besin ağlarında kademeli etkilere yol açabilir. Bu, belirli türlerin azalmasına veya yok olmasına neden olabilir ve su ortamlarının genel sağlığını ve işleyişini etkileyebilir (Ullah ve ark., 2018).

SONUÇ

İklim değişikliğinin su ekosistemleri üzerindeki etkisini tespit edebileceğimiz daha fazla değerlendirme metodu geliştirmek, hem ekolojik izleme açısından hem de öngörülerimizi bu veriler ışığında modelleme yolu ile çözüm önerileri geliştirmemiz açısından oldukça önemlidir. Ayrıca sera gazı emisyonlarının azaltılması, kritik yaşam alanlarının korunması ve eski haline getirilmesi ve sürdürülebilir balıkçılık yönetiminin uygulanması gibi iklim değişikliğini hafifletmeye ve uyum sağlamaya yönelik çabalar, iklim değişikliğinin suda yaşayan canlılar ve ekosistemleri üzerindeki olumsuz etkilerinin en aza indirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

Anthony, K. R. (2016). Coral reefs under climate change and ocean acidification: challenges and opportunities for management and policy. *Annual Review of Environment and Resources*, 41, 59-81.

Bates, B., Kundzewicz, Z., & Wu, S. (2008). *Climate change and water*. Intergovernmental Panel on Climate Change Secretariat.

Cochrane, K., De Young, C., Soto, D., & Bahri, T. (2009). Climate change implications for fisheries and aquaculture. *FAO Fisheries and aquaculture technical paper*, 530, 212.

Findlay, H. S., & Turley, C. (2021). Ocean acidification and climate change. *In Climate Change* (pp. 251-279). Elsevier.

Goreau, T. J., & Hilbertz, W. (2005). Marine ecosystem restoration: costs and benefits for coral reefs. *World resource review*, 17(3), 375-409.

Hari, R. E., Livingstone, D. M., Siber, R., BURKHARDT-HOLM, P. A. T. R. I. C. I. A., & Guettinger, H. (2006). Consequences of climatic change for water temperature and brown trout populations in Alpine rivers and streams. *Global Change Biology*, 12(1), 10-26.

Hoegh-Guldberg, O., & Bruno, J. F. (2010). The impact of climate change on the world's marine ecosystems. *Science*, 328(5985), 1523-1528.

Hughes, T. P., Bellwood, D. R., Folke, C., Steneck, R. S., & Wilson, J. (2005). New paradigms for supporting the resilience of marine ecosystems. *Trends in ecology & evolution*, 20(7), 380-386.

Lam, V. W., Cheung, W. W., Reygondeau, G., & Sumaila, U. R. (2016). Projected change in global fisheries revenues under climate change. *Scientific Reports*, 6(1), 32607.

Li, C., Huang, J., Ding, L., Liu, X., Yu, H., & Huang, J. (2020). Increasing escape of oxygen from oceans under climate change. *Geophysical Research Letters*, 47(11), e2019GL086345.

Nelson, G. C., Bennett, E., Berhe, A. A., Cassman, K., DeFries, R., Dietz, T., & Zurek, M. (2006). Anthropogenic drivers of ecosystem change: an overview. *Ecology and Society*, 11(2).

Michener, W. K., Blood, E. R., Bildstein, K. L., Brinson, M. M., & Gardner, L. R. (1997). Climate change, hurricanes and tropical storms, and rising sea level in coastal wetlands. *Ecological applications*, 7(3), 770-801.

Petsch, S. T. (2003). *The global oxygen cycle*. In H. D. Holland & K. K. Turekian (Eds.), Treatise on Geochemistry (pp. 515–555). Oxford: Pergamon.

Pörtner, H. O., & Peck, M. A. (2010). Climate change effects on fishes and fisheries: towards a cause-and-effect understanding. *Journal of fish biology*, 77(8), 1745-1779.

Przeslawski, R., Ahyong, S., Byrne, M., Woerheide, G., & Hutchings, P. A. T. (2008). Beyond corals and fish: the effects of climate change on noncoral benthic invertebrates of tropical reefs. *Global Change Biology*, 14(12), 2773-2795.

Poff, N. L., Brinson, M. M., & Day, J. W. (2002). *Aquatic ecosystems and global climate change*. Pew Center on Global Climate Change, Arlington, VA, 44, 1-36.

Rahmstorf, S. (2002). Ocean circulation and climate during the past 120,000 years. *Nature*, 419(6903), 207-214.

Reddin, C. J., Aberhan, M., Raja, N. B., & Kocsis, Á. T. (2022). Global warming generates predictable extinctions of warm-and cold-water marine benthic invertebrates via thermal habitat loss. *Global Change Biology*, 28(19), 5793-5807.

Roy, P., Pal, S. C., Chakrabortty, R., Chowdhuri, I., Saha, A., & Shit, M. (2023). Effects of climate change and sea-level rise on coastal habitat: Vulnerability assessment, adaptation strategies and policy recommendations. *Journal of Environmental Management*, 330, 117187.

Sumaila, U. R., Cheung, W. W., Lam, V. W., Pauly, D., & Herrick, S. (2011). Climate change impacts on the biophysics and economics of world fisheries. *Nature climate change*, 1(9), 449-456.

21- Ullah, H., Nagelkerken, I., Goldenberg, S. U., & Fordham, D. A. (2018). Climate change could drive marine food web collapse through altered trophic flows and cyanobacterial proliferation. *PLoS biology*, 16(1), e2003446.

Vezzulli, L., Colwell, R. R., & Pruzzo, C. (2013). Ocean warming and spread of pathogenic vibrios in the aquatic environment. *Microbial ecology*, 65, 817-825.

23- Vitousek, P. M. (1994). Beyond global warming: ecology and global change. *Ecology*, 75(7), 1861-1876.

Bölüm 22

Programlanabilir Lojik Kontrolör (PLC) Tabanlı Otomasyon Sistemi Tarafından Yönetilen Bir İklim İstasyonu Geliştirilmesi

Selçuk USTA[1]

[1] *Dr. Öğr. Üyesi; Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Van Meslek Yüksekokulu İnşaat Bölümü. susta@yyu.edu.tr*
ORCID No: 0000-0001-8970-7333

ÖZET

Bu çalışmada, kırsal bölgelerde kullanılabilecek PLC kontrollü bir iklim istasyonunun geliştirilmesi amaçlanmıştır. Öncelikle güç kaynağı, PLC ve analog – dijital modüllerle birlikte, rüzgâr hızı, solar radyasyon, sıcaklık, nem, rüzgâr yönü ve yağış sensörleri bir araya getirilerek iklim istasyonu donanımı oluşturulmuştur. Daha sonra donanımı PLC ile kontrol edebilmek için CODESYS programlama dili kullanılarak bir yazılım hazırlanmış ve PLC'ye yüklenmiştir. PLC bir günlük sürelerde sensörler vasıtasıyla her saat başı sıcaklık ve nemi, yarım saatte bir solar radyasyon ve rüzgâr hızını ölçerek kaydetmiştir. Gün sonunda bu verilerin ortalamalarını belirlemiştir. Yağış sensörünün yağışla dolup boşalan toplam kefe sayısını kefe hacmi ile çarparak elde ettiği yağış hacmini sensörün yüzey alanına bölerek, yükseklik cinsinden günlük yağışı belirlemiştir. Gün sonunda verileri üzerindeki SD karta kaydettikten sonra, kendisini sıfırlayarak sonraki günler için aynı işlemleri döngü halinde tekrarlamıştır. PLC kontrollü iklim istasyonu kullanılarak 2019 yılı Haziran – Ekim dönemi boyunca Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesinde ölçülen günlük veriler 10 km mesafedeki Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsünde aynı dönemde ölçülen verilerle karşılaştırılmıştır. Karşılaştırma kriteri olarak dikkate alınan ortalama mutlak göreceli hata oranı (MAPE) sıcaklık, yağış ve solar radyasyon için sırasıyla %2.53, %5.31 ve %10.74 ile çok düşük sevilerde gerçekleşirken, nem ve rüzgâr hızı için sırasıyla %17.46 ve %30.14 ile kabul edilebilir (MAPE= %20 – 50) sınırlar içerisinde gerçekleşmiştir. Her iki bölgede ölçülen veri gruplarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır ($p>0.05$). PLC kontrollü iklim istasyonu ile yapılan günlük sıcaklık, yağış ve solar radyasyon ölçümlerin yüksek, nem ve rüzgâr hızı ölçümlerinin ise kabul edilebilir düzeyde tutarlılık ve hassasiyete sahip olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Anahtar Kelimeler – Codesys, İklim istasyonu, Otomasyon, PLC, Sensör.

GİRİŞ

Tarım sektörü meteorolojik olaylara bağımlılığı çok yüksek düzeylerde olan bir çalışma alanıdır. Bir bölgede yetiştirilecek bitki türünün seçimi, toprağın işlenmesi, ekim, dikim, sulama, budama, çapalama, gübreleme ve hasat gibi kültürel işlemleri yönlendiren en önemli etkenlerin başında meteorolojik olaylar gelmektedir. Bununla birlikte sera, ahır, ağıl, kümes ve yem deposu gibi tarımsal üretim yapılarının iklim özellikleri ile uyumlu olacak şekilde projelendirilmeleri gereklidir. İklim özellikleri dikkate alınmadan yapılan yatırımların bir bölümü daha sonra atıl kalabilmektedir. Bu durum ekonomik kayıplara ve hedeflenen verimin elde edilememesine neden olmaktadır (Karaoğlu, 2018).

Bitki su tüketimi ve sulama suyu ihtiyacı bitki, toprak ve iklim özelliklerine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bitki türü, gelişim evresi ve vejetasyon periyodu gibi bitkiye has özellikler ile nem içeriği, tuzluluk oranı ve toprak yönetimi gibi toprağa has özellikler üreticiler tarafından kontrol edilerek, ıslah edilebilmektedir. Hava sıcaklığı, oransal nem, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü, solar radyasyon ve yağış gibi üreticilerin kontrolü dışında gerçekleşen iklim parametrelerinin ise devamlı ve düzenli olarak takip edilmesi gereklidir. Bununla birlikte ekonomik değeri yüksek bitkilerin yetiştirildiği bölgelerde don riskinin izlenerek erken uyarı yapılması, bitki hastalık ve zararlılarına karşı mücadelede en uygun dönemin belirlenmesi gibi çalışmalar kapsamında da yine yukarıda belirtilen iklim parametrelerine ihtiyaç duyulmaktadır (Şimşek ve ark., 2015).

İklim parametreleri daha çok yerleşim yeri merkezlerinde bulunan meteoroloji yer gözlem istasyonları tarafından devamlı ve düzenli olarak ölçülebilmektedir. Tarımsal üretim faaliyetleri ise daha çok kırsal alanlarda yürütülmektedir. İklim parametreleri bitki örtüsü, topografya ve rakıma bağlı olarak değişkenlik gösterdiğinden dolayı, yerleşim yeri merkezlerinde ölçülen iklim verileri kırsal alanları yeterli düzeyde temsil etmemektedir. Bu durum kırsal alanlarda portatif iklim istasyonlarının kullanılmasını zorunlu hale gelmektedir. Ancak, bu istasyonların maliyetleri üreticilerin satın alma gücünün çok üzerindedir. Bu nedenle ilk kurulum, işletme ve bakım giderleri düşük, iş gücü ve zaman kullanımını en aza indiren otomasyon kontrollü iklim istasyonlarının geliştirilmesine ve kullanımlarının yaygınlaştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu doğrultuda birçok çalışma yapılmıştır. Soe ve ark. (2014), Musa ve Bashir (2018), Kelebekler (2019) sırasıyla nem, sıcaklık, solar radyasyon, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü ve hava basıncı sensörlerini bir araya getirerek mikrodenetleyici tabanlı iklim istasyonları geliştirmişlerdir. Otomasyon sistemleri ile kontrol edilen bu iklim istasyonlarındaki analog ve dijital çıkışlı sensörlerin sırasıyla %0 – 100, -55 – 125^{o}C, 0 – 2000 Watt m^{-2}, 0 – 50 m s^{-1}, 0 – 360^{o} ve 15 – 115 kPa aralıklarında ölçtükleri iklim parametreleri için mA, µV veya V cinsinden

ürettikleri çıkış sinyalleri analog – dijital sinyal modülleri üzerinden mikrodenetleyiciye iletilmektedir. Mikrodenetleyici bu sinyaller için önce sayısal değerler üretmekte ve daha sonra önceden hazırlanarak üzerine yüklenen otomasyon programını kullanıp, sayısal değerleri gerçek iklim verilerine dönüştürmektedir. Son olarak SD karta kaydettiği verileri aynı anda bir web arayüzüne iletmektedir. Kullanıcılar bu arayüz üzerinden gerçek zamanlı verilere ulaşabilmektedir.

Amerika Birleşik Devletleri California'da su kaynaklarının daha verimli kullanılması ve sulama konusunda üreticilere rehberlik yapılması amacıyla, California Üniversitesi ve California eyaleti Su Kaynakları Birimi (DWR) tarafından California Sulama Yönetim Bilgi Sistemi (California Irrigation Management Information System-CIMIS) oluşturulmuştur. CIMIS ile eyalet genelinde iklim parametrelerinin ölçülmesi, bu parametrelere bağlı olarak günlük referans evapotranspirasyon (ET_o) miktarlarının tahmin edilmesi ve üreticilere sunulması hedeflemiştir. Bu kapsamda günlük hava sıcaklığı, oransal nem, solar radyasyon, rüzgâr hızı ve yağış parametrelerini ölçmek amacıyla eyaletin farklı yerlerine 145 adet iklim istasyonu kurulmuş ve bir entegre iklim istasyonu ağı oluşturulmuştur. İklim istasyonları dakika bazında yaptıkları ölçümler ile günlük ortalama iklim verilerini belirlemekte ve bu verileri kullanarak da günlük ET_o miktarlarını hesaplayabilmektedirler. DWR merkezindeki bir ana bilgisayar aracılığı ile ağ üzerinden tüm iklim istasyonlarına ulaşılarak, günlük iklim verileri ve ET_o miktarları CIMIS'ta depolanmaktadır. Üreticiler ağ üzerinden CIMIS'a bağlanarak günlük iklim verilerine ve ET_o miktarlarına ulaşabilmektedir (CIMIS, 1982). Bu çalışmalara benzer şekilde Kahramanmaraş ilinde gerçekleştirilen bu çalışmada PLC cihazı tabanlı otomasyon sistemi tarafından yönetilen bir iklim istasyonunun geliştirilmesi ve yöre koşullarında test edilerek, kullanılabilirlik düzeyinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

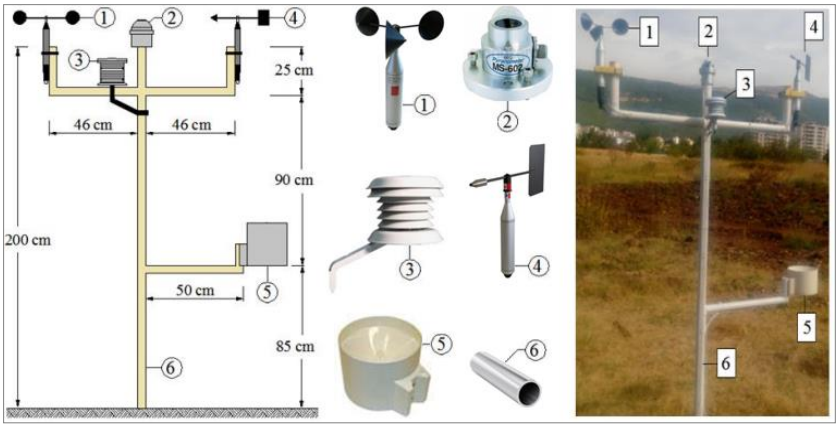
MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi (KSÜ) Ziraat Fakültesi Uygulama Bahçelerinde oluşturulan araştırma alanında, 2019 yılı Haziran – Ekim döneminde yürütülmüştür. Araştırma alanının rakımı 508 metre olup, 37° 35' 36" kuzey enlemi ve 36° 49' 20" doğu boylamı arasında yer almaktadır. Çalışma kapsamında öncelikle iklim istasyonunun donanımı oluşturulmuştur. Daha sonra CODESYS-ST programlama dili kullanılarak bir yazılım hazırlanmış ve PLC'ye yüklenmiştir. Araştırma alanında kurularak PLC – donanım konfigürasyonu yapılan iklim istasyonu ile 2019 yılı Haziran – Ekim dönemi boyunca günlük hava sıcaklığı, oransal nem, rüzgâr hızı, solar radyasyon ve yağış ölçümleri gerçekleştirilmiştir. Ölçülen verilerinin doğruluk ve tutarlılık düzeyleri, 10 km

mesafedeki Doğu Akdeniz Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsünde (DAGTEM) bulunan iklim istasyonu tarafından ölçülen veriler kullanılarak test edilmiştir. Her iki bölgede aynı dönemde ölçülen günlük iklim verileri karşılaştırılmıştır.

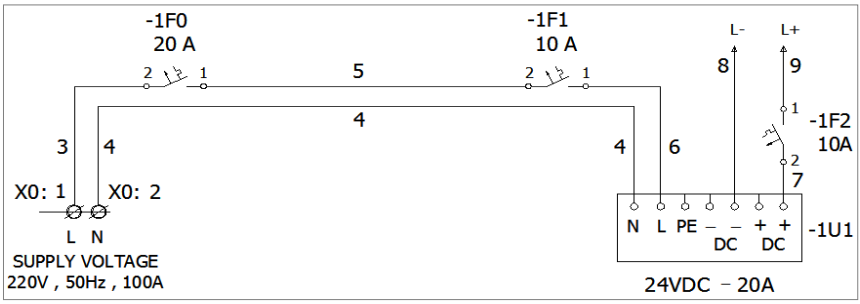
2.1. İklim İstasyonu Donanımının Oluşturulması

İklim istasyonu donanımı; bir pano içerisine yerleştirilen güç kaynağı, PLC, analog modül ve dijital modül ile birlikte rüzgâr hızı (1), solar radyasyon (2), hava sıcaklığı – oransal nem (3), rüzgâr yönü (4) ve yağış (5) sensörlerinden oluşturulmuştur. Sensörler 40 mm çaplı çelik boru profilden imal edilen bir platform (6) üzerine monte edilmiştir (Şekil 1).



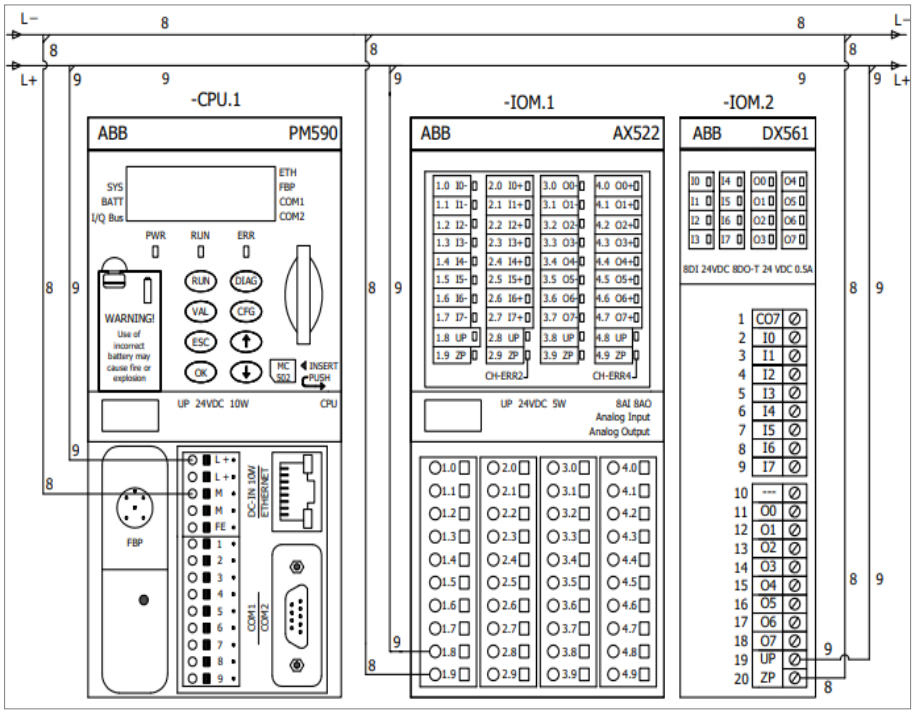
Şekil 1: PLC Kontrollü İklim İstasyonu

İklim istasyonu panosu için bir proje hazırlanmış ve bu projeye uygun pano oluşturulmuştur. Elektrik kesintilerinde istasyonuna enerji sağlamak amacıyla bir güç kaynağı (1U1) kullanılmıştır. Güç kaynağının girişi 100/240 VAC, 50/60 Hz, 6.10 Amperdir. Çıkışı ise 24 VDC ve 20 Amperdir (OMRON, 2018). Panoda üç adet sigorta (1FO, 1F1, 1F2) kullanılmıştır. Pano enerji girişi ve güç kaynağı bağlantısı Şekil 2'de gösterilmiştir.



Şekil 2: Pano Enerji Girişi ve Güç Kaynağı Bağlantısı

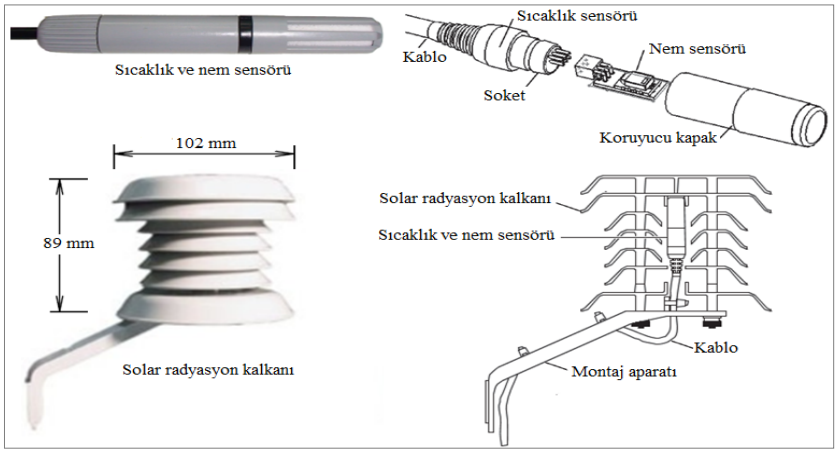
İklim istasyonu merkezi işlem birimi (CPU) olarak PM 590 ETH PLC kullanılmıştır. Bu PLC (CPU.1) 2 MB program hafızasına, RS 232/485 seri haberleşme protokolüne, ethernet, SD kart ve gerçek zamanlı saat (Real Time Clock-RTC) modüllerine sahip olup, üzerinde 2 GB hafızalı bir SD kart bulunmaktadır. PLC'nin giriş voltajı 24 VDC ve çıkışı 0.20 Amper olup, 0^{o}C ile +60^{o}C hava sıcaklığı aralığında çalışabilmektedir. Maksimum 10 analog modül ve 10 dijital modül eklenebilen PM 590 ETH PLC, sensörler tarafından kendisine iletilen 4-20 mA veya 0-10 V aralığında değişen giriş sinyallerine karşılık 1-27648 aralığında değişen sayısal değerler (NV) üretmektedir (ABB, 2018a). Analog çıkışlı rüzgâr hızı, solar radyasyon, hava sıcaklığı – oransal nem ve rüzgâr yönü sensörlerinin PLC ile haberleştirilmesini sağlamak amacıyla PLC'ye bir adet AX522 analog modül (IOM.1) eklenmiştir. Benzer şekilde dijital çıkışlı yağış sensörünün PLC ile haberleştirilmesini sağlamak için PLC'ye bir adet DX561 dijital modül (IOM.2) eklenmiştir. Analog modül 8 analog giriş (AI) ve 8 analog çıkışa (AO), dijital modül ise 8 dijital giriş (DI) ve 8 dijital çıkışa (DO) sahiptir. Modüllerin her ikisinin de girişi 24 VDC olup, 0^{o}C ile +60^{o}C hava sıcaklığı aralığında çalışabilmektedirler (ABB, 2018a). PLC, analog modül ve dijital modülün genel görünümleri Şekil 3'de gösterilmiştir.



Şekil 3: PLC, Analog Modül ve Dijital Modül Bağlantısı

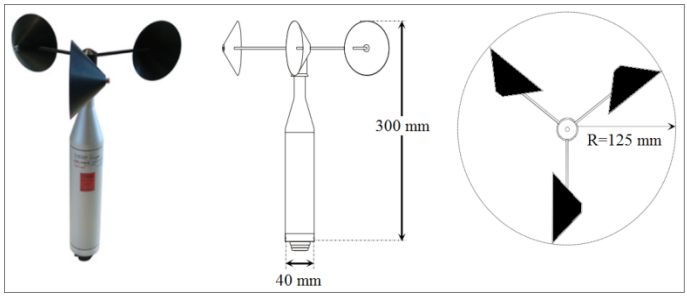
Şekil 3'de görüleceği üzere PM590 PLC'ye güç sağlamak amacıyla 24 VDC enerji girişi L+ kontağına, 0 VDC uç ise M kontağına bağlanmıştır. Benzer şekilde AX522 analog modülüne ve DX561 dijital modülüne güç sağlamak için 24 VDC enerji girişleri modüllerin üzerlerindeki UP kontağına, 0 VDC uçlar ise ZP kontağına bağlanmıştır.

Hava sıcaklığı ve oransal nemi ölçmek amacıyla Şekil 4'de verilen sensörler kullanılmıştır. Bu sensörler sırasıyla 0 – 50 °C ve %10 – 90 aralığında ±0.21 °C ve ±%2.50 hassasiyetle ölçüm yapabilmektedirler. Giriş gerilimleri 24 VDC olup, ölçtükleri değerleri için 4 – 20 mA aralığında değişen çıkış sinyalleri üretmektedirler. Her ikisi de analog çıkışlı olup, çıkışları PLC'ye giriş olarak bağlanmıştır (ONSET, 2018).



Şekil 4: Hava Sıcaklığı ve Oransal Nem Sensörleri

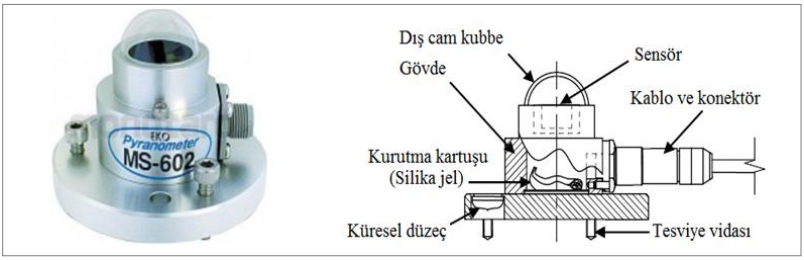
Rüzgâr hızı ölçümlerinde Şekil 5'de verilen sensör kullanılmıştır. Üç adet konik kupaya sahip olan bu sensör, kupa çukur yüzeylerine tümsek yüzeylere oranla daha fazla rüzgâr kuvvetinin etki etmesi prensibiyle çalışmaktadır. Rüzgâr kuvveti etkisiyle düşey eksen etrafında dönen kupaların ürettiği dönme enerjisi, sensör içerisine yerleştirilen manyetik transdüser vasıtasıyla önce elektrik enerjisine ve daha sonra elektrik akımına çevrilerek rüzgâr hızının ölçülmesi sağlanmaktadır (Oral ve Behçet, 2015). Sensör 0.28 – 50 m s^{-1} aralığında 0.10 m s^{-1} hassasiyetle ölçüm yapabilmektedir. Giriş gerilimi 10 – 28 VDC aralığında olup, ölçtüğü rüzgâr hızı değerleri için 0 – 10 V aralığında çıkış sinyalleri üretmektedir. Sensör analog çıkışlı olup, çıkışı PLC'ye giriş olarak bağlanmıştır (NESA, 2018).



Şekil 5: Rüzgâr Hızı Sensörü (Anemometre)

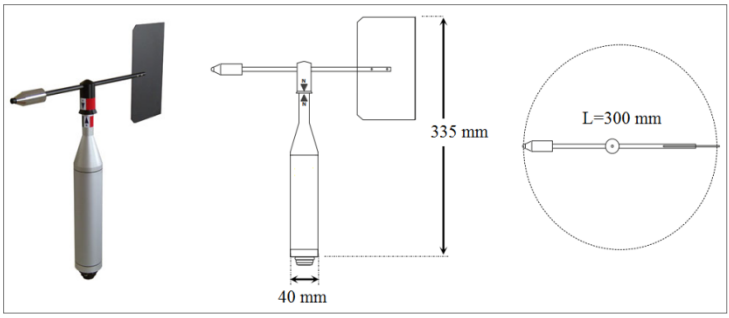
Solar radyasyon ölçümlerinde Şekil 6'da verilen analog çıkışlı sensör (Piranometre) kullanılmıştır. Bu sensör, çift katlı camdan yapılan bir yarım küre ve bu kürenin altına yerleştirilmiş konstantan içeren siyah renkli bir metalden

oluşmaktadır. Konstantan, içerisinde %45 nikel ve %55 bakır bulunan bir ısıl çift (termoçift) alaşımdır. Isıl çiftin sıcak eklemleri siyah metal yüzeyin alt tarafına, soğuk eklemleri ise solar radyasyonu almayacak şekilde daha alt tarafına yerleştirilmiştir. Siyah yüzeyin gelen radyasyonu emmesiyle birlikte sıcak eklemler soğuk eklemlerden daha yüksek sıcaklığa ulaşmaktadır. Isıl çiftteki sıcaklık değişimi nedeniyle oluşan potansiyel farkın belirli bir zaman aralığında integrali alınarak, gerilim cinsinden solar radyasyon miktarı belirlenmektedir (Kökey, 2013; KIPP&ZONEN, 2018). Solar radyasyon sensörü 0 – 2000 Watt m^{-2} aralığında 7.00 µV $Watt^{-1}$ m^{-2} hassasiyetle ölçüm yapabilmektedir. Giriş gerilimi 12 – 24 VDC aralığında olup, ölçtüğü radyasyon değerleri için 0 – 10 V aralığında çıkış sinyalleri üretmektedir. Çıkışı PLC'ye giriş olarak bağlanmıştır (EKO, 2018).



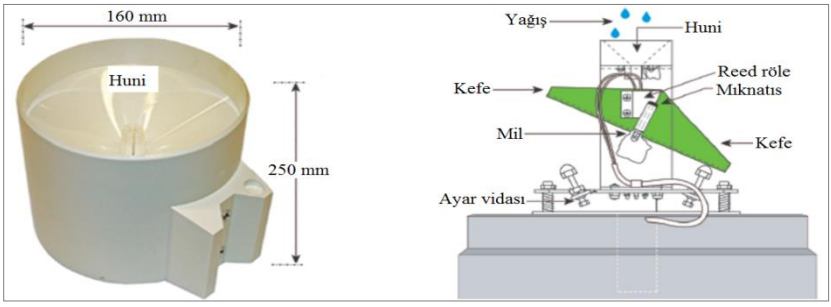
Şekil 6: Solar Radyasyon Sensörü (Piranometre)

Rüzgâr yönünü belirlemek amacıyla Şekil 7'de verilen sensör kullanılmıştır. Rüzgâr kanadı ve ona bağlı bir potansiyometrik transdüserden oluşan bu sensör rüzgâr yönünü 0 – 360° aralığında ±1° hassasiyetle tayin edebilmektedir. Rüzgâr kanadı döndüğünde ona bağlı potansiyometredeki çubuk da dönmeye başlayarak, farklı açısal değerlerdeki rüzgâr yönleri için farklı gerilim değerleri üretmektedir. Sensörün girişi 10 – 28 VDC aralığında olup, 0 – 10 V aralığında çıkış sinyalleri üretmektedir (NESA, 2018).



Şekil 7: Rüzgâr Yönü Sensörü

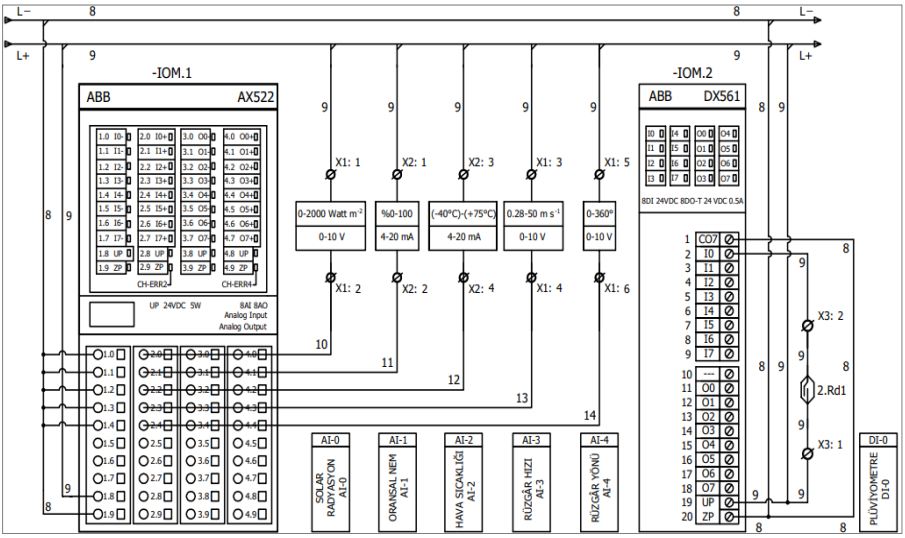
Günlük yağış miktarının ölçülmesi amacıyla Şekil 8'de verilen kefeli plüviyometre kullanılmıştır. Bu plüviyometre, silindir biçimli bir gövde içerisine yerleştirilen eşit hacimli iki kefe ve bunların ortasına yerleştirilmiş bir reed (dil) röleden oluşmaktadır. Plüviyometre gövdesinin yağışı alan üst yüzeyi huni biçimli olup, ağız çapı 160 mm ve yüzey alanı 20096 mm^2 büyüklüğündedir. Kefelerin her birinin hacmi 4448 mm^3 olup, huni biçimli konik yüzeyden gövde içerisine giren yağış ile dolarak devrilebilmektedirler. Belirli bir zaman aralığında yağış ile dolup boşalan (devrilen) toplam kefe sayısı, kefe hacmi ile çarpılarak yağış hacmi belirlenmektedir. Bu hacim plüviyometre yüzey alanına bölünerek, yükseklik cinsinden yağış miktarı elde edilmektedir. Plüviyometrenin giriş ve çıkış gerilimleri 24 VDC olup, dijital çıkışlıdır. Çıkışı PLC'ye giriş olarak bağlanmıştır (METOS, 2018).



Şekil 8: Yağış Sensörü (Plüviyometre)

Sensörlerin analog (AX522) ve dijital (DX561) modüller ile bağlantısı Şekil 9'da gösterilmiştir. Aynı türden (0 – 10 V) çıkış sinyalleri üreten solar radyasyon (AI-0), rüzgâr hızı (AI-3) ve rüzgâr yönü (AI-4) sensörlerinin girişlerine X1 klemens grubunun sırasıyla 1, 3 ve 5 numaralı klemensleri aracılığı ile 24 VDC uygulanarak, çıkışları X1 klemens grubunun sırasıyla 2, 4 ve 6 numaralı klemensleri aracılığı ile AX522 analog modülünün sırasıyla 2.0 numaralı I0+ kontağına, 2.3 numaralı I3+ kontağına ve 2.4 numaralı I4+ kontağına bağlanmıştır. Paralel bağlantıları ise sırasıyla 1.0 numaralı I0- kontağına, 1.3 numaralı I3- Kontağına ve 1.4 numaralı I4- kontağına bağlanmıştır. Her ikisi de 4 – 20 mA aralığında çıkış sinyalleri üreten analog oransal nem (AI-1) ve hava sıcaklığı (AI-2) sensörlerinin girişlerine X2 klemens grubunun sırasıyla 1 ve 3 numaralı klemensleri aracılığı ile 24 VDC uygulanarak, çıkışları X1 klemens grubunun sırasıyla 2 ve 4 numaralı klemensleri aracılığı ile AX522 analog modülünün sırasıyla 2.1 numaralı I1+ kontağına ve 2.2 numaralı I2+ kontağına bağlanmıştır. Paralel bağlantıları ise sırasıyla 1.1 numaralı I1- kontağına ve 1.2 numaralı I2- kontağına bağlanmıştır. Yağış sensörünün (DI-0) girişine X3

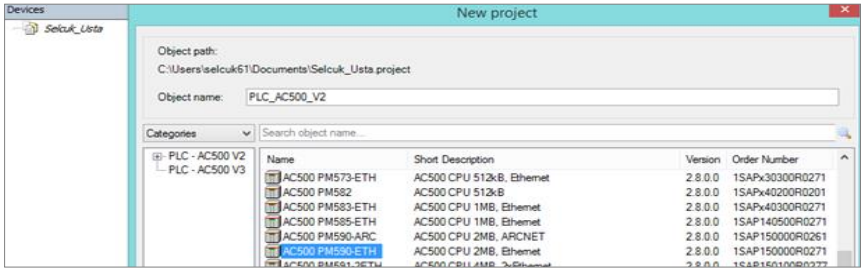
klemens grubunun 1 numaralı klemensi aracılığı ile 24 VDC uygulanmıştır. Sensörün çıkışı X3 klemens grubunun 2 numaralı klemens bağlantısı üzerinden DX561 dijital modülünün I0 kontağına, paralel bağlantısı ise CO7 kontağına bağlanmıştır



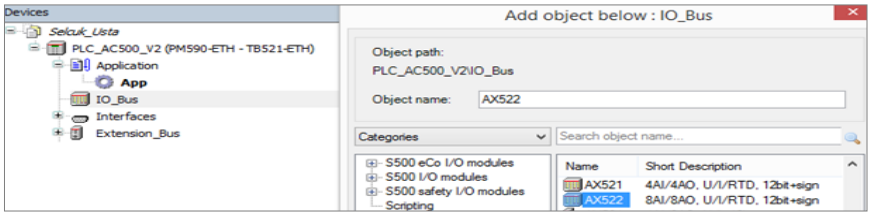
Şekil 9: Analog Modül ve Dijital Modülün Sensörler ile Bağlantısı

2.2. PLC – İklim İstasyonu Konfigürasyonunun Yapılması

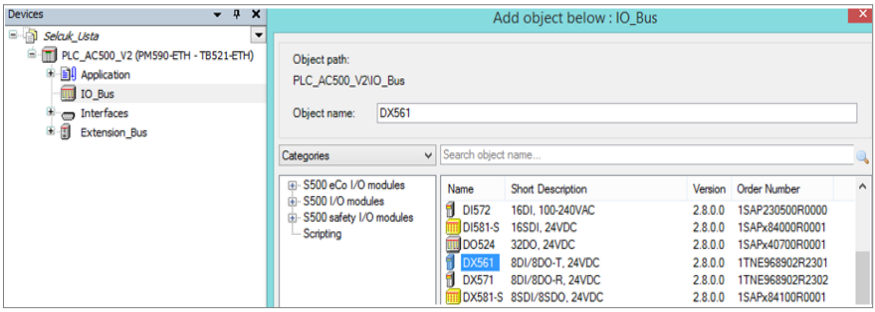
İklim istasyonu donanımı ile PLC'ye yüklenen yazılım arasındaki uyumu sağlamak amacıyla Automation Panel Builder programı kullanılarak PLC – donanım konfigürasyonu yapılmıştır (ABB, 2018b). Yeni bir proje dosyası (New Project) oluşturularak, donanımı oluşturan birimler sırasıyla bu projeye tanıtılmıştır. Konfigürasyon işlemine PM 590 PLC cihazının seçilmesiyle başlanılmıştır (Şekil 10). Daha sonra projeye AX 522 analog modülü (Şekil 11) ve DX 561 dijital modülü (Şekil 12) eklenmiştir.



Şekil 10: PM590 ETH PLC Cihazının Projeye Eklenmesi

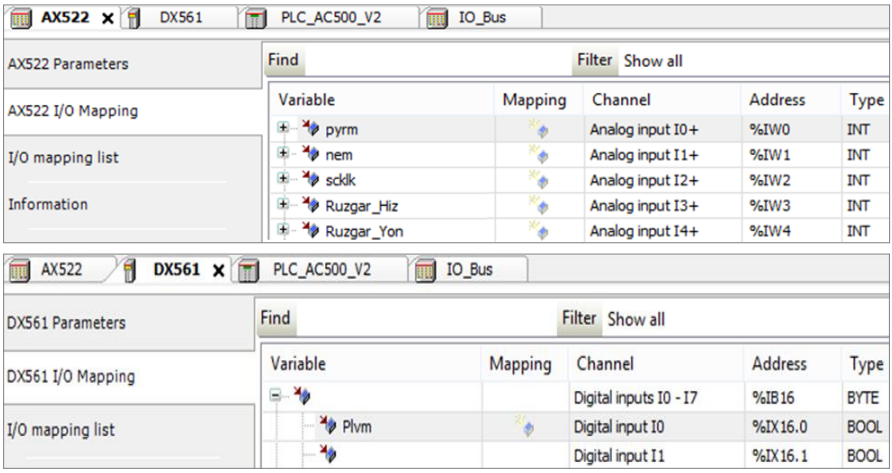


Şekil 11: AX522 Analog Modülünün Projeye Eklenmesi



Şekil 12: DX561 Dijital Modülünün Projeye Eklenmesi

İklim istasyonunda bulunan solar radyasyon, oransal nem, hava sıcaklığı, rüzgâr hızı, rüzgâr yönü ve yağış sensörleri projeye eklenmiştir. Bu sensörlerin tanıtılmasında çıkış sinyali türü (analog/dijital), çıkış büyüklüğü (4 – 20 mA, 0 10 V) ve analog – dijital modüller üzerinde bağlandıkları kanallar (I/O) dikkate alınmıştır. AX 522 analog modülü üzerinden PLC ile haberleştirilen solar radyasyon, oransal nem, hava sıcaklığı, rüzgâr hızı ve rüzgâr yönü sensörlerine sırasıyla "pyrm", "nem", "scklk", "Ruzgar_Hiz" ve "Ruzgar_Yon" global değişkenleri atanmıştır (Şekil 13). Bu sensörlerin PLC ile haberleştirilmesi AX522 analog modülünün sırasıyla IW0, IW1, IW2, IW3 ve IW4 kanalları üzerinden gerçekleştirilmiştir. Benzer şekilde DX561 dijital modülü üzerinden PLC ile haberleştirilen yağış sensörüne "Plvm" global değişkenleri atanmıştır (Şekil 13). Bu sensör DX561 dijital modülünün IX16.0 kanalı üzerinden PLC ile haberleştirilmiştir. Sensörler Şekil 9'da verilen "Analog modül ve dijital modülün sensörler ile bağlantı projesi" doğrultusunda projeye eklenmişlerdir. İklim istasyonundaki analog çıkışlı sensörlerin analog modüle bağlandıkları kanallar dikkate alınarak, çıkış büyüklükleri (4 – 20 mA, 0 – 10 V) atanmıştır.



Şekil 13: Analog – Dijital Çıkışlı Sensörlerin Projeye Eklenmesi

2.3. İklim İstasyonu Yazılımının Oluşturulması

İklim istasyonunu oluşturan sensörlerin insan müdahalesi olmadan PLC kontrollü otomasyon sistemi ile kontrol edilebilmesini sağlamak amacıyla CODESYS-ST programlama dili kullanılarak bir yazılım hazırlanmış ve PLC cihazına yüklenmiştir (ABB, 2018b). Bu yazılım kapsamında sırasıyla; iklim verilerini ölçmek amacıyla "iklim_veri_olcme [PRG]" programı, ölçülen verilen kaydedilmesi amacıyla "iklim_veri_kayit [PRG]" programı ve kaydedilen verilerin PLC üzerindeki SD karta yazdırılması amacıyla da "sd_card_veri_yaz [PRG]" programı hazırlanmıştır. Yazılım ilk işlem olarak, "iklim_veri_olcme [PRG]" programını kullanıp bir günlük süre boyunca gerçekleşen toplam yağış miktarı ile birlikte bir günlük süreler boyunca her saat başı hava sıcaklığı ve oransal nemi, her yarım saatte bir solar radyasyon ve rüzgâr hızını ölçmüştür. İkinci işlem olarak, "iklim_veri_olcme [PRG]" programına bağlı bir alt program olarak hazırlanan "Ortalama_RH_T [PRG]" programını kullanıp, saatlik hava sıcaklığı ve oransal nem değerlerini gün sonunda önce büyükten küçüğe doğru sıralayarak günlük maksimum ve minimum değerlerini belirlemiş ve daha sonra aritmetik ortalamalarını alarak günlük ortalama değerlerini belirlemiştir. Benzer şekilde "iklim_veri_olcme [PRG]" programını kullanarak ölçtüğü yarım saatlik solar radyasyon ve rüzgâr hızı değerlerini aynı program kapsamında yığışımlı olarak toplayıp, gün sonunda elde ettiği toplam değerleri ölçüm sayısına (48) bölerek günlük ortalama değerlerini belirlemiştir. Yazılımda bir günlük süre olarak bir önceki gün 08:59:30 ile bir sonraki gün 08:59:30 arasındaki 24 saatlik süre dikkate alınmıştır. Yazılım son işlem olarak, bir günlük süre boyunca ölçerek belirlediği günlük iklim verilerini gün sonunda önce "iklim_veri_kayit [PRG]" programı ile kaydetmiş ve daha sonra "sd_card_veri_yaz [PRG]" programı ile

SD karta yazdırmıştır. Solar radyasyon ve rüzgâr hızı gün içerisinde kısa zaman aralıklarında büyük değişimler gösterebilmektedir. Bu nedenle anlık değişimleri yakalayabilmek amacıyla ölçüm periyodu 30 dakika olarak alınmıştır (Zotarelli ve ark., 2018).

Hava sıcaklığı ve nem sensörleri sırasıyla 0 – 100 °C ve %0 – 100 arasında değişen hava sıcaklığı ve oransal nem değerleri için 4-20 mA arasında değişen çıkış sinyalleri üretmektedirler. Bu sinyaller önce PLC tarafından 0 ile 27648 arasında değişen sayısal değerlere, ardından yazılım tarafından °C cinsinden saatlik gerçek hava sıcaklığı ve % olarak saatlik gerçek oransal nem değerlerine dönüştürülmüştür. Hava sıcaklığı ve oransal nem sensörlerinin ölçtükleri değerler için her saat başı mA cinsinden ürettikleri çıkış sinyallerinin bir karşılığı olarak, PLC tarafından üretilen sayısal değerlere yazılımda sırasıyla "nem" ve "scklk" değişkenleri atanmıştır. Saatlik gerçek oransal nem ve hava sıcaklığı değerlerine ise sırasıyla "Or_Nem" ve "sicaklik" değişkenleri atanmıştır. Sırasıyla Eşitlik (1) ve Eşitlik (2) kullanılarak, sayısal değerler gerçek oransal nem ve hava sıcaklığı değerlerine dönüştürülmüştür.

$$Or\_Nem = [(nem).95]/27648 \quad (1)$$

$$sicaklik = [(scklk).95]/27648 \quad (2)$$

Eşitliklerde; nem: oransal nem için PLC tarafından üretilen sayısal değeri (1-27648), Or_Nem: gerçek saatlik oransal nemi (%), scklk: saatlik sıcaklık için PLC tarafından üretilen sayısal değeri (1-27648) ve sicaklik: gerçek saatlik hava sıcaklığını (^{o}C) ifade etmektedir.

Saatlik hava sıcaklığı (sicaklik) ve oransal nem (Or_Nem) değerleri gün sonunda yazılım tarafından büyükten küçüğe doğru sıralanarak önce günlük maksimum ve minimum değerleri ve daha sonra bu değerlerin aritmetik ortalamaları hesaplanarak günlük ortalamaları belirlenmiştir. Yazılım kapsamında günlük ölçülen en düşük "Or_nem" ve "sicaklik" değerleri sırasıyla "iklim_dat[1].RH" ve "iklim_dat[1].T", günlük ölçülen en yüksek "Or_nem" ve "sicaklik" değerleri ise sırasıyla "iklim_dat[24].RH" ve "iklim_dat[24].T" dizi yapı değişkenlerine atanmıştır. Sırasıyla Eşitlik (3) ve Eşitlik (4) kullanılarak günlük ortalama oransal nem (Ortalama_RH) ve hava sıcaklığı (Ortalama_T) değerleri belirlenmiştir.

$$Ortalama\_RH = [(iklim\_dat[1].RH)+(iklim\_dat[24].RH)]/2 \quad (3)$$

$$Ortalama\_T = [(iklim\_dat[1].T)+(iklim\_dat[24].T)]/2 \quad (4)$$

Eşitliklerde; iklim_dat[1].RH: günlük en düşük oransal nemi (%), iklim_dat[24].RH: günlük en yüksek oransal nemi (%), iklim_dat[1].T: günlük en düşük hava sıcaklığını (°C), iklim_dat[24].T: günlük en yüksek hava sıcaklığı (°C), Ortalama_RH: günlük ortalama oransal nemi (%) ve Ortalama_T: günlük ortalama hava sıcaklığını (°C) ifade etmektedir.

Radyasyon sensörü her yarım saatte bir ölçtüğü 0 – 2000 Watt m^{-2} aralığında değişen solar radyasyon değerleri için 0 – 10 V arasında değişen çıkış sinyalleri üretmektedir. Bu sinyaller önce PLC tarafından 0 ile 27648 arasında değişen sayısal değerlere, ardından yazılım tarafından MJ m^{-2} $gün^{-1}$ cinsinden yarım saatlik gerçek solar radyasyon değerlerine dönüştürülmüştür. Sensörün ölçtüğü değerler için her yarım saate bir V cinsinden ürettiği çıkış sinyallerinin bir karşılığı olarak, PLC tarafından üretilen sayısal değerlere yazılımda "pyrm" değişkeni atanmıştır. Yarım saatlik gerçek solar radyasyon miktarlarına ise "solar_rad" değişkeni atanmıştır. "pyrm" sayısal değerlerini gerçek "solar_rad" miktarlarına dönüştürmek amacıyla, bir dijital piranometre kullanılarak kalibrasyon yapılmıştır. Bu piranometre, solar radyasyonu 0 – 2000 Watt m^{-2} aralığında 1.00 Watt m^{-2} hassasiyetle ölçebilmektedir. Bulutsuz – açık gökyüzü koşullarının hakim olduğu bir günde 30 dakikalık aralıklarla dijital piranometrenin ölçtüğü solar radyasyon miktarları (solar_rad) ve iklim istasyonundaki analog piranometrenin çıkış sinyallerine karşılık PLC'nin ürettiği sayısal değerler (pyrm) aynı anda okunarak kaydedilmiştir. Microsoft Excel paket programı kullanılarak yapılan basit doğrusal regresyon analizi sonucunda "solar_rad" ve "pyrm" değişkenleri arasındaki istatistikî ilişki "y=ax+b" kalibrasyon eşitliği ile ortaya koyulmuştur. Eşitlikteki "y" gerçek solar radyasyonu (solar_rad), "x" ise PLC'nin ürettiği sayısal değerleri (pyrm) ifade etmektedir. Kalibrasyon eşitliği kullanılarak, "pyrm" sayısal değerleri Watt m^{-2} cinsinden gerçek "solar_rad" miktarlarına dönüştürülmüştür (Eşitlik 5). Bir günlük süreler boyunca her 30 dakikada bir ölçülen solar radyasyon miktarları (solar_rad) yığışımlı olarak toplanıp, gün sonunda günlük toplam solar radyasyon miktarı (Toplam_Rs) belirlenmiştir (Eşitlik 6). "Toplam_Rs" miktarı ölçüm sayısına (48 adet) bölünerek günlük ortalama solar radyasyon (Ortalama_Rs) belirlenmiştir (Eşitlik 7). Sensörün Watt m^{-2} cinsinden ölçtüğü "Toplam_Rs" 0.0864 katsayısı ile çarpılarak, MJ m^{-2} $gün^{-1}$ birimine dönüştürülmüştür (1 Watt m^{-2} = 0.0864 MJ m^{-2} $gün^{-1}$).

$$solar\_rad = a.(pyrm) + b \quad (5)$$

$$Toplam\_Rs = Toplam\_Rs + solar\_rad \quad (6)$$

$$Ortalama\_Rs = [0.0864(Toplam\_Rs)]/48 \quad (7)$$

Eşitliklerde; solar_rad: yarım saatte bir okunan solar radyasyonu (Watt m^{-2}), pyrm: solar radyasyon için PLC tarafından üretilen sayısal değeri (1-27648), Toplam_Rs: günlük toplam solar radyasyonu (Watt m^{-2}), Ortalama_Rs: günlük ortalama solar radyasyonu (MJ m^{-2} $gün^{-1}$) ve a, b: kalibrasyon katsayılarını ifade etmektedir.

Rüzgâr hızı sensörü her yarım saatte bir ölçtüğü 0.28 – 50 m s^{-1} aralığında değişen hız değerleri için 0 – 10 V arasında değişen çıkış sinyalleri üretmektedir. Bu sinyaller önce PLC tarafından 0 ile 5530 arasında değişen sayısal değerlere ve ardından yazılım tarafından m s^{-1} cinsinden yarım saatlik gerçek hız değerlerine dönüştürülmüştür. PLC maksimum rüzgâr hızı (50 m s^{-1}) için 5530 sayısal değerini üretmektedir. Sensörün ölçtüğü değerler için her yarım saatte bir V cinsinden ürettiği çıkış sinyallerinin bir karşılığı olarak, PLC tarafından üretilen sayısal değerlere yazılımda "Ruzgar_Hiz" değişkeni atanmıştır. Yarım saatlik gerçek rüzgâr hızı değerlerine ise "Ruz_Hizi" değişkenleri atanmıştır. Eşitlik (8) kullanılarak, sayısal değerler gerçek hız değerlerine dönüştürülmüştür. Bir günlük süreler boyunca her 30 dakikada bir ölçülen hız değerleri (Ruz_Hizi) yığışımlı olarak toplanıp, gün sonunda toplam rüzgâr hızı (Toplam_U2) belirlenmiştir (Eşitlik 9). "Toplam_U2" ölçüm sayısına (48 adet) bölünerek günlük ortalama rüzgâr hızı (Ortalama_U2) elde edilmiştir (Eşitlik 10).

$$Ruz\_Hizi = [(Ruzgar\_Hiz).50]/5530 \quad (8)$$

$$Toplam\_U2 = Toplam\_U2 + Ruz\_Hizi \quad (9)$$

$$Ortalama\_U2 = (Toplam\_U2)/48 \quad (10)$$

Eşitliklerde; Ruzgar_Hiz: hız için PLC tarafından üretilen sayısal değeri (0-5530), Ruz_Hizi: yarım saatte bir okunan rüzgâr hızını (m s^{-1}), Toplam_U2: günlük toplam rüzgâr hızını (m s^{-1}) ve Ortalama_U2: günlük ortalama rüzgâr hızını (m s^{-1}) ifade etmektedir.

Yazılım kapsamında yağış sensörüne (plüviyometre) "Plvm" değişkeni atanmıştır. Sensörün bir günlük süre boyunca yağış ile dolup boşalan (devrilen) toplam kefe sayısı (yagis) kefe hacmi (Bir_Hac) ile çarpılarak günlük toplam yağış hacmi belirlenmiştir. Yağış hacmi plüviyometre yüzey alanına (Pluv_alani) bölünerek, yükseklik cinsinden (mm) günlük yağış miktarı (g_yagis) elde edilmiştir (Eşitlik 11).

$$g\_yagis:=[(yagis).(Bir\_Hac)]/Pluv\_alani \quad (11)$$

Eşitlikte; g_yagis: günlük yağışı (mm), yagis: yağışla dolup boşalan kefe sayısını (adet), Bir_Hac: plüviyometre kefe hacmini (4448 mm^3) ve Pluv_alani: plüviyometre yüzey alanını (20096 mm^2) ifade etmektedir.

2.4. PLC Kontrollü İklim İstasyonunun Test Edilmesi

KSÜ yerleşkesindeki araştırma alanına kurulan PLC kontrollü iklim istasyonu ile 2019 yılı Haziran – Ekim dönemi boyunca ölçülen günlük iklim verileri 10 km mesafedeki DAGTEM bölgesinde aynı dönemde ölçülen günlük iklim verileri ile karşılaştırılmıştır. Her iki bölgede ölçülen veriler arasındaki sapmanın bir ifadesi olarak; ortalama mutlak hata (Eşitlik 12), ortalama mutlak göreceli hata oranı (Eşitlik 13) ve karekök ortalama karesel hata (Eşitlik 14) dikkate alınmıştır. Her iki bölgede ölçülen veriler arasındaki uyum düzeyi; MAPE %10'un altında ise "çok iyi", %10 – 20 arasında ise "iyi", %20 – 50 arasında ise "kabul edilebilir", %50'nin üzerinde ise "uyumsuz" olarak değerlendirilmiştir (Lewis, 1982).

$$MAE=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\left|Y_i-\hat{Y}_i\right|\right) \quad (12)$$

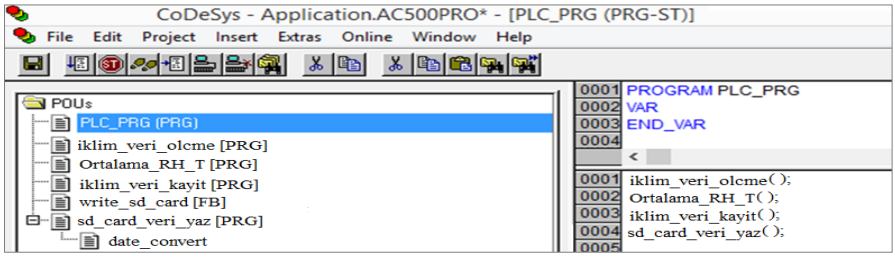
$$MAPE=\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(\frac{\left|Y_i-\hat{Y}_i\right|}{Y_i}100\right) \quad (13)$$

$$RMSE=\sqrt{\frac{1}{n}\sum_{i=1}^{n}\left(Y_i-\hat{Y}_i\right)^2} \quad (14)$$

Eşitliklerde; MAE: ortalama mutlak hatayı, MAPE: ortalama mutlak göreceli hata oranını, RMSE: karekök ortalama karesel hatayı, Y_i: DAGTEM'de ölçülen verileri, $\hat{Y}_i$: KSÜ'de ölçülen verileri ve n: gözlem sayısını ifade etmektedir.

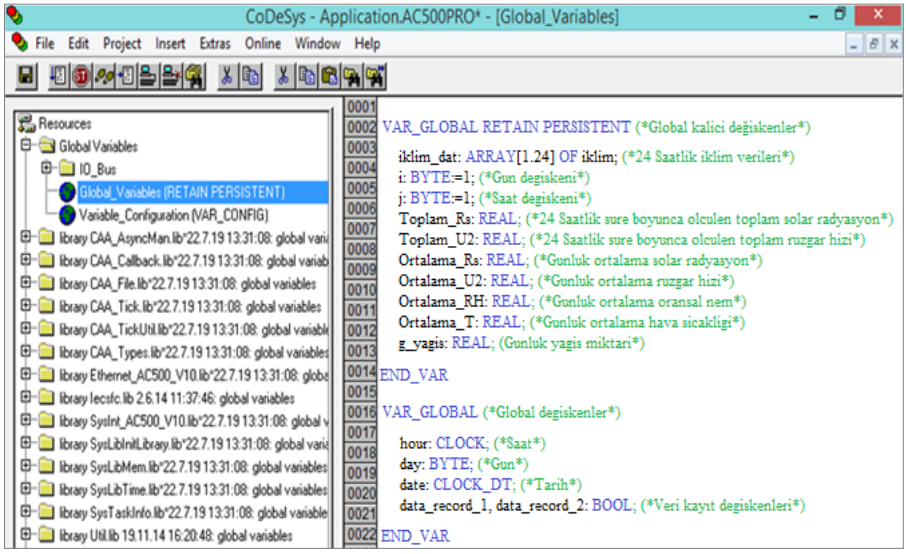
BULGULAR VE TARTIŞMA

PLC_PRG [PRG] ana programı altında "iklim_veri_ölçme [PRG]", "ortalama_RH_T [PRG], "iklim_veri_kayit [PRG]" ve "sd_card_veri_yaz [PRG]" alt programları ile "write_sd_card [FB] fonksiyon bloğundan meydana gelen bir iklim istasyonu yazılımı oluşturulmuştur. CODESYS-ST dilinde hazırlanan bu programlar PLC cihazına yüklenerek Şekil 14'de verilen CODESYS arayüzü içerisinde bir arada çalıştırılmıştır.



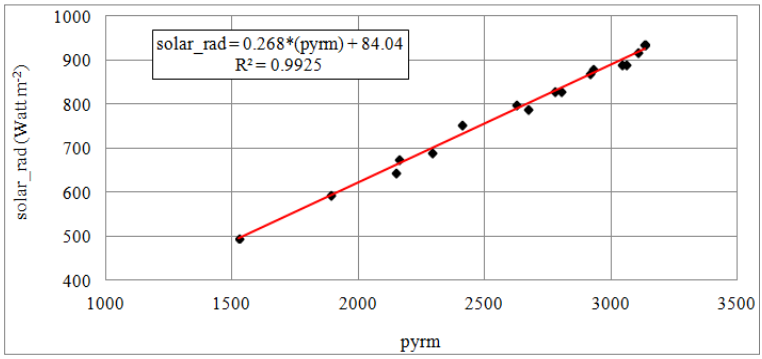
Şekil 14: İklim İstasyonu Yazılımı ve CODESYS Arayüzü

"sd_card_veri_yaz [PRG]" altında bir tarih dönüşüm (date_convert) aksiyonu tanımlanmıştır. Yazılımı oluşturan diğer programlar kapsamında WORD, BYTE ve REAL değişken türlerinde tanımlanan bazı değişkenler bu aksiyonda STRING değişkenlere dönüştürülmüştür. Her programın yerel (VAR) değişkenleri kendi içerisinde tanımlanmıştır. Ortak kullanılan global değişkenler (VAR_GLOBAL) ile global kalıcı değişkenler (VAR_GLOBAL RETAIN PERSISTENT) ise Şekil 15'de gösterildiği gibi tanımlanmıştır.



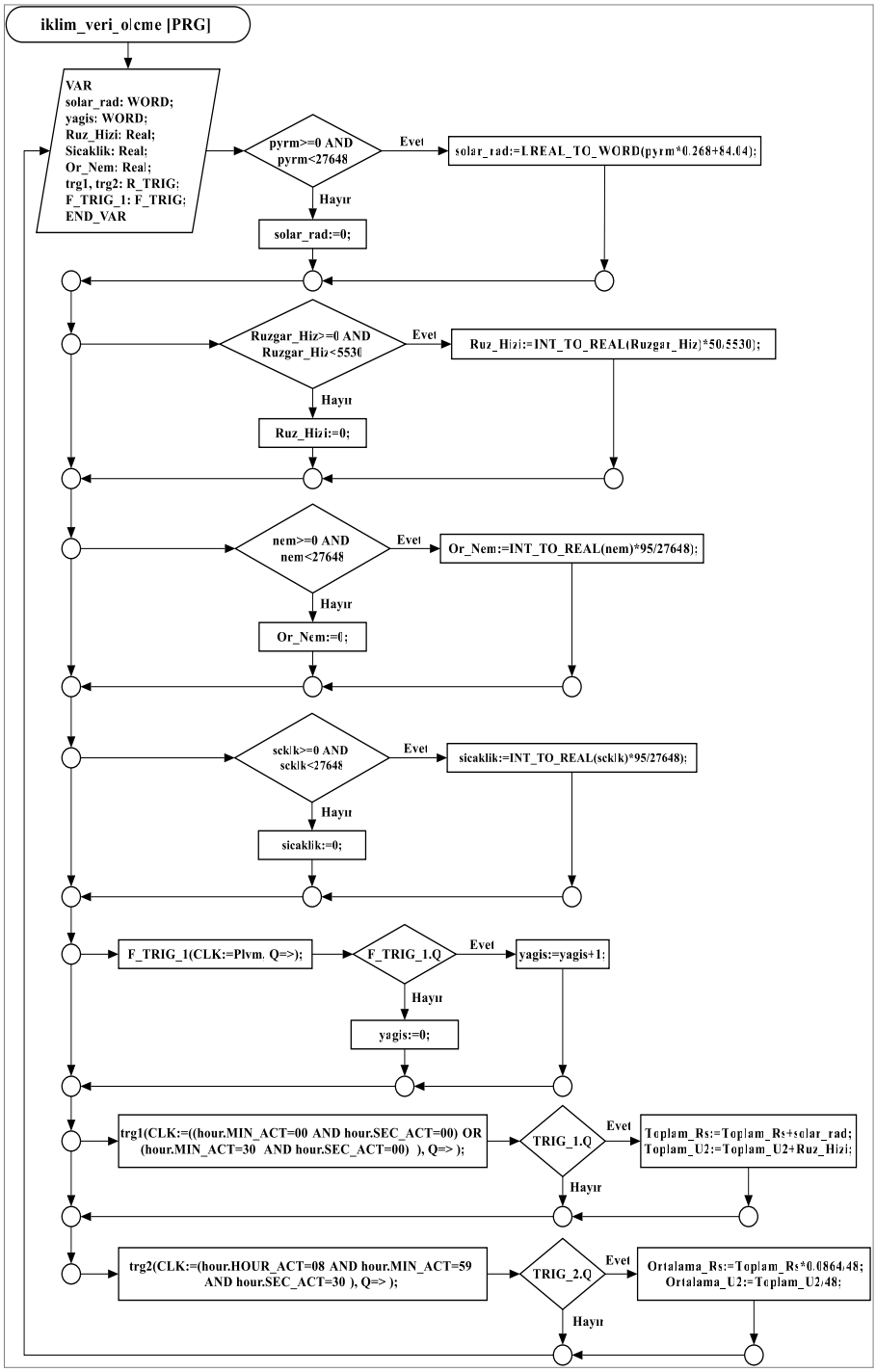
Şekil 15: İklim İstasyonu Yazılımı Global Değişkenleri

Piranometrenin her yarım saate bir ölçtüğü solar radyasyon değerleri için ürettiği çıkış sinyallerinin bir karşılığı olarak, PLC tarafından üretilen "pyrm" değişkenlerini gerçek radyasyon miktarlarına dönüştürmek amacıyla yapılan regresyon analizi sonucunda "solar_rad= 0.268 * (pyrm) + 84.04" kalibrasyon eşitliği elde edilmiştir (Şekil 16). Bu eşitlik "iklim_veri_ölçme [PRG] programına aynen yansıtılmıştır.

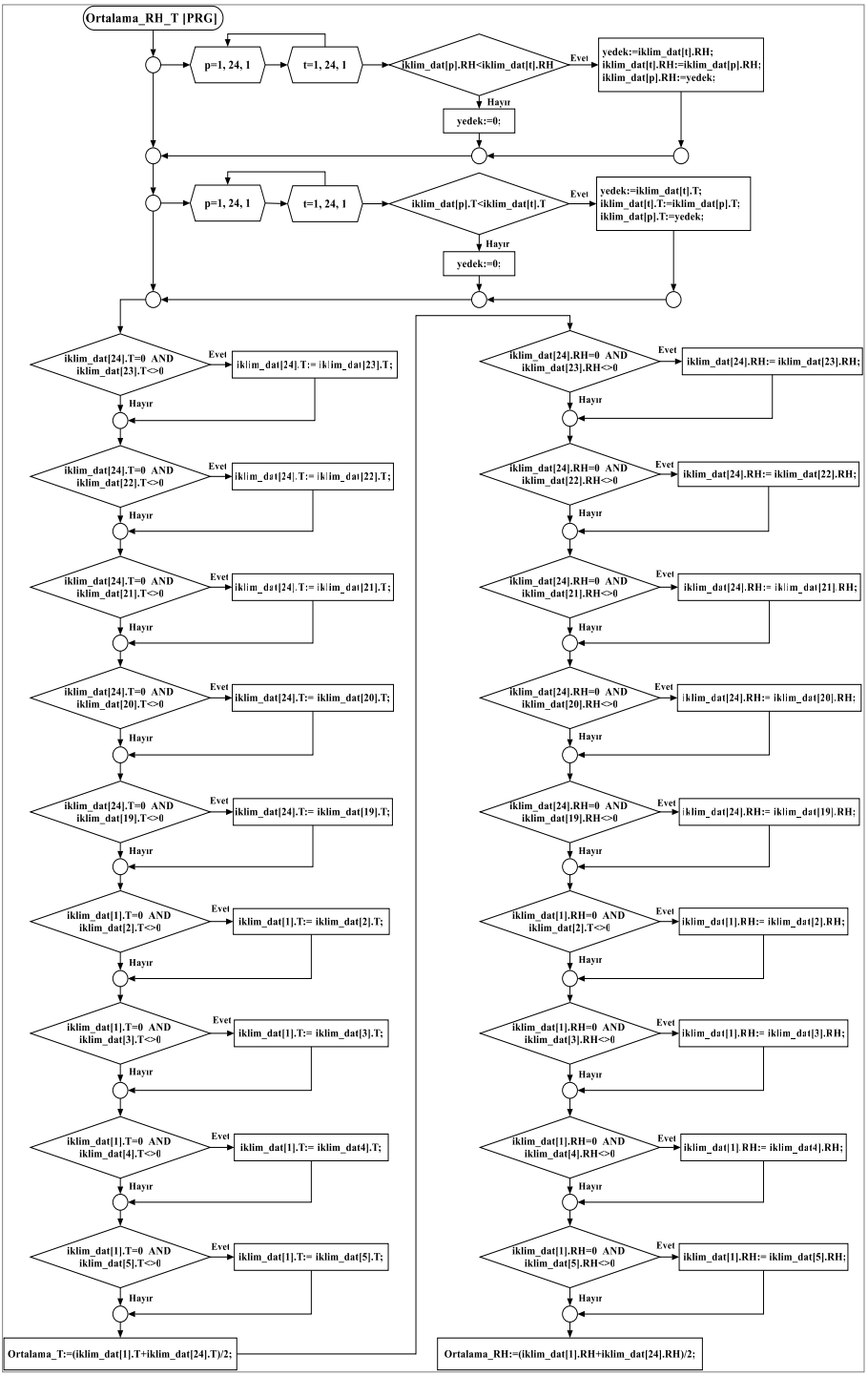


Şekil 16: Solar Radyasyon Sensörü Kalibrasyon Eşitliği

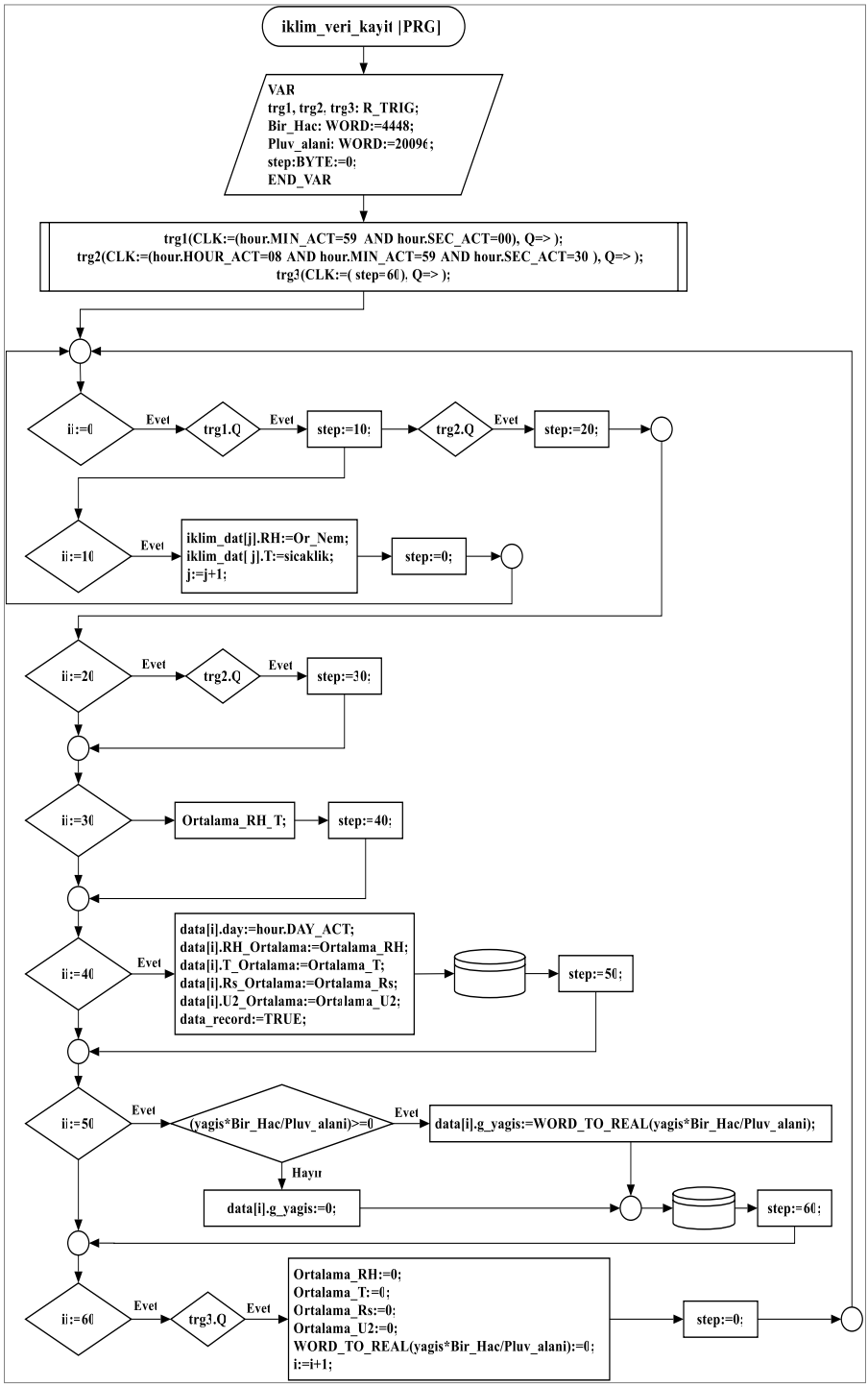
İklim istasyonu yazılımını oluşturan "iklim_veri_ölçme [PRG]", "ortalama_RH_T [PRG], "iklim_veri_kayit [PRG]" ve "sd_card_veri_yaz [PRG]" programlarının iş akış diyagramları Şekil 17 – 20'de verilmiştir. Yazılım iş akış diyagramları sırasıyla Şekil 17 ve Şekil 18'de verilen "iklim_veri_olcme [PRG]" ve "Ortalama_RH_T [PRG]" programlarını kullanarak, sensörler aracılığı ile bir günlük süre boyunca her yarım saatte bir solar radyasyon ve rüzgâr hızını, her saat başı sıcaklık ve nemi ölçerek gün sonunda saat 08:59:30'da günlük ortalama değerlerini belirlemiştir. Aynı saatte iş akış diyagramı Şekil 19'de verilen "iklim_veri_kayit [PRG]" programını kullanarak ölçme işlemlerinin yapıldığı günün saatini (hour.DAY_ACT) "data[i].day" dizi yapı değişkenine, günlük ortalama iklim verileri (Ortalama_RH, Ortalama_T, Ortalama_U2, Ortalama_Rs) ile yağış miktarını sırasıyla "data[i].RH_Ortalama", "data[i].T_Ortalama", "data[i].U2_Ortalama", "data[i].Rs_Ortalama" ve "data[i].g_yagis" dizi yapı değişkenlerine atayarak kaydetmiştir. Yazılım bir günlük iş akış diyagramı Şekil 20'de verilen "sd_card_veri_yaz [PRG]" programını kullanarak "write_sd_card [FB]" aracılığı ile günlük verileri PLC üzerindeki SD kartta bulunan "iklim_veri.csv" dosyasına yazdırmıştır. Ölçme işleminin yapıldığı güne ait gün (act_day), ay (act_month) ve yıl (act_year) değişkenlerini noktalı virgül (;) ile birleştirerek (CONCAT) "iklim_veri.csv" dosyasının A sütününa, benzer şekilde "RH_Ortalama", "T_Ortalama", "U2_Ortalama", "Rs_Ortalama" ve "g_yagis" verilerini birleştirerek sırasıyla B, C, D, E ve F sütunlarına yazdırmıştır. İklim istasyonu yazılımı gün sonunda verileri sıfırlayarak gün değişkenini (i+1) bir artırmış, bir sonraki ve daha sonraki günler için aynı işlemleri bir kapalı devre döngü halinde tekrarlamıştır.



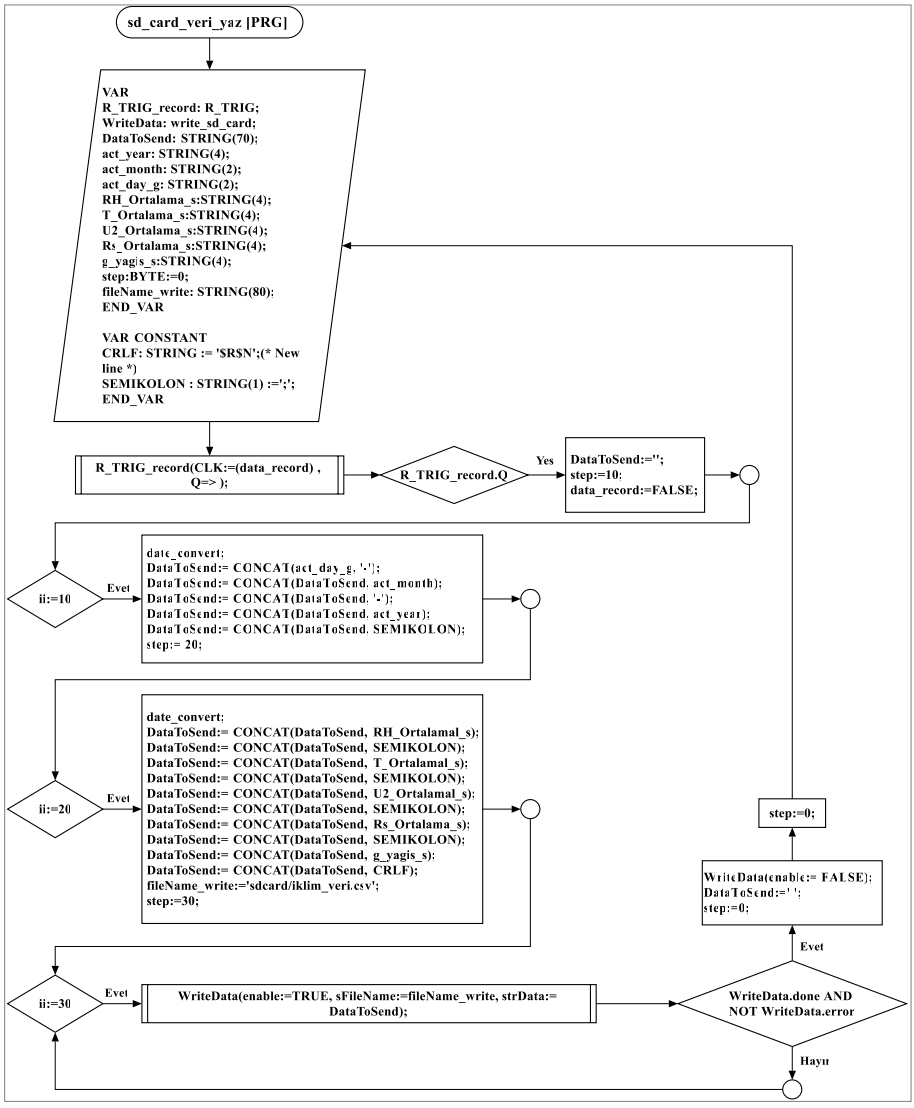
Şekil 17: "iklim_veri_ölçme [PRG]" Programı İş Akış Diyagramı



Şekil 18: "Ortalama_RH_T [PRG]" Programı İş Akış Diyagramı



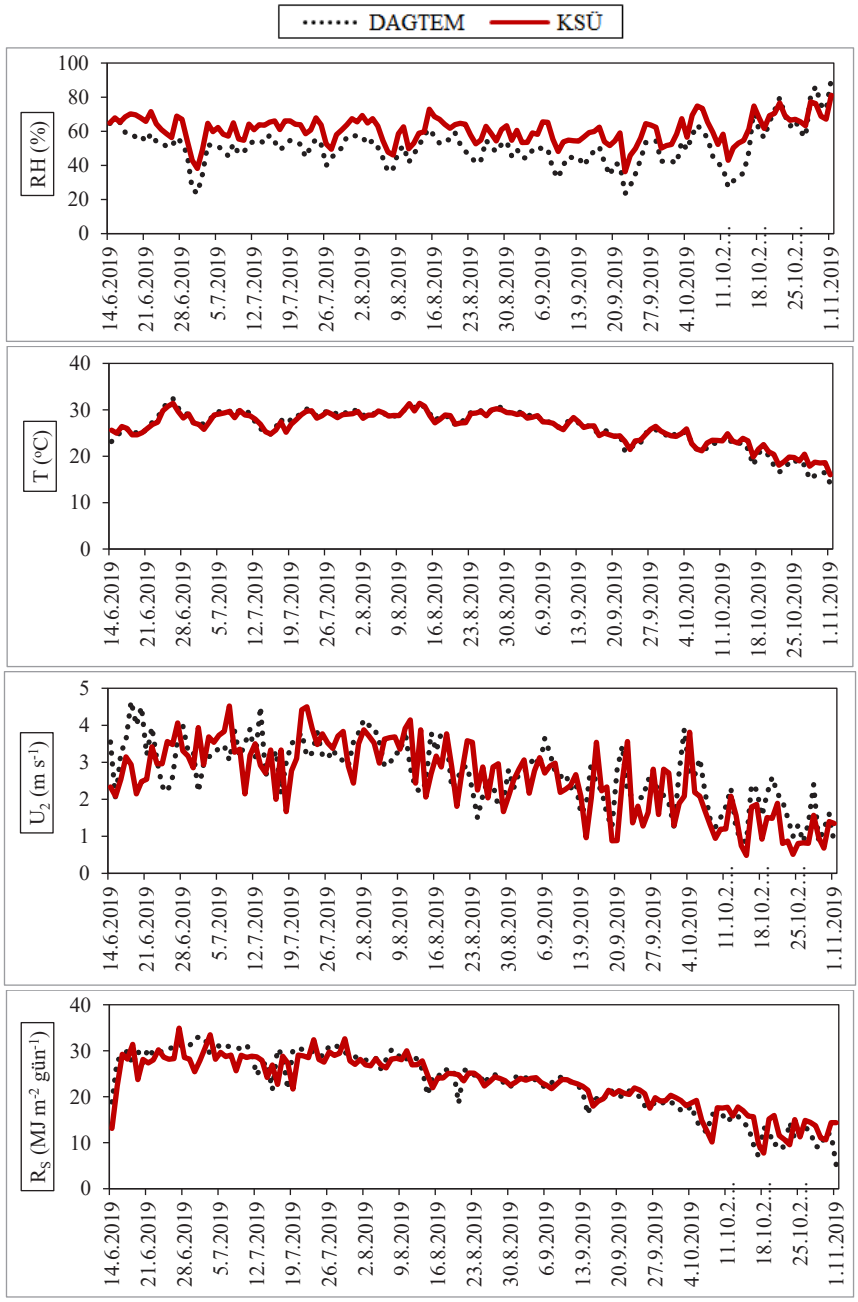
Şekil 19: "iklim_veri_kayit [PRG]" Programı İş Akış Diyagramı



Şekil 20: "sd_card_veri_yaz [PRG]" Programı İş Akış Diyagramı

PLC kontrollü iklim istasyonu ile 2019 yılı Haziran – Ekim dönemi boyunca KSÜ yerleşkesinde ölçülerek "iklim_veri.csv" dosyasına kaydedilen günlük ortalama RH, T, U_2 ve R_s verileri, araştırma alanına 10 km mesafede bulunan DAGTEM'de aynı dönemde ölçülen veriler ile karşılaştırılmıştır. Her iki bölgede ölçülen günlük iklim verilerinin zamana bağlı olarak değişimleri Şekil 21'de verilen grafiklerde gösterilmiştir. KSÜ'de ölçülen RH ve T verileri sırasıyla %36.30-77.20 ve 17.85-31.40^{o}C aralığında değerler alırken, DAGTEM

bölgesinde ölçülen veriler sırasıyla %23.44-86.26 ve 15.02-32.39ºC aralığında değişmiştir.



Şekil 21: KSÜ ve DAGTEM'de Ölçülen Günlük İklim Verileri

KSÜ'de ölçülen RH verilerinin DAGTEM bölgesinden daha yüksek olduğu görülmüştür. Bu durumun KSÜ yerleşkesi yakınındaki baraj gölünden kaynaklandığı düşünülmektedir. KSÜ ve DAGTEM bölgesinde ölçülen günlük RH ve T verileri arasındaki sapma miktarlarının bir ifadesi olarak belirlenen hata değerleri sırasıyla Tablo 1 ve Tablo 2'de verilmiştir. Her iki bölgede ölçülen RH verileri arasındaki uyum düzeyi Eylül ayında "kabul edilebilir" (MAPE= %20-50), diğer aylarda ise "iyi" olarak belirlenmiştir (MAPE= %10-20). T verilerinin "çok iyi" düzeyde bir uyuma sahip olduğu görülmüştür (MAPE= %0-10).

Tablo 1: Oransal Nem Değerleri Arasındaki İlişki (KSÜ – DAGTEM)

Ay	MAE (%)	MAPE (%)	RMSE (%)	Uyum düzeyi
Haziran	8.990	14.510	10.130	İyi
Temmuz	10.660	17.950	10.920	İyi
Ağustos	9.830	16.350	10.240	İyi
Eylül	12.460	22.750	12.900	Kabul edilebilir
Ekim	9.370	15.740	11.100	İyi

Tablo 2: Hava Sıcaklığı Değerleri Arasındaki İlişki (KSÜ – DAGTEM)

Ay	MAE (°C)	MAPE (%)	RMSE (°C)	Uyum düzeyi
Haziran	0.646	2.372	0.855	Çok iyi
Temmuz	0.510	1.838	0.613	Çok iyi
Ağustos	0.374	1.292	0.458	Çok iyi
Eylül	0.443	1.734	0.626	Çok iyi
Ekim	1.095	5.396	1.366	Çok iyi

KSÜ yerleşkesinde ölçülen U_2 ve R_s verileri sırasıyla 0.49-4.52 m s^{-1} ve 7.75-34.91 MJ m^{-2} $gün^{-1}$ aralığında değişmiştir. DAGTEM'de ölçülen veriler ise 0.85-4.65 m s^{-1} ve 7.00-33.00 MJ m^{-2} $gün^{-1}$ aralığında değerler almıştır. Her iki bölgede ölçülen U_2 verileri arasında Ağustos ayında "iyi" (MAPE= %0-10), diğer aylarda ise "kabul edilebilir" düzeyde bir uyum olduğu görülmüştür (MAPE= %20-50) (Tablo 3). R_s verileri için uyum düzeyi Haziran ve Temmuz aylarında "iyi" (MAPE= %10-20), Ağustos ve Eylül aylarında "çok iyi" (MAPE= %0-10), Ekim ayında ise "kabul edilebilir" (MAPE= %20-50) olarak belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 3: Rüzgâr Hızı Değerleri Arasındaki İlişki (KSÜ – DAGTEM)

Ay	MAE (m s^{-1})	MAPE (%)	RMSE (m s^{-1})	Uyum düzeyi
Haziran	0.815	29.653	1.007	Kabul edilebilir
Temmuz	0.700	23.075	0.854	Kabul edilebilir
Ağustos	0.578	19.649	0.704	İyi
Eylül	0.619	34.399	0.745	Kabul edilebilir
Ekim	0.547	43.943	0.670	Kabul edilebilir

Tablo 4: Solar Radyasyon Değerleri Arasındaki İlişki (KSÜ – DAGTEM)

Ay	MAE (MJ m^{-2} $gün^{-1}$)	MAPE (%)	RMSE (MJ m^{-2} $gün^{-1}$)	Uyum düzeyi
Haziran	3.124	12.922	3.754	İyi
Temmuz	2.758	10.231	3.456	İyi
Ağustos	1.348	5.344	1.855	Çok iyi
Eylül	1.002	4.811	1.435	Çok iyi
Ekim	2.679	20.387	3.183	Kabul edilebilir

KSÜ ve DAGTEM'de gerçekleşen toplam yağış miktarları sırasıyla 32.00 mm ve 33.70 mm olarak ölçülmüştür. Bu miktarlar arasındaki sapma %5.31 olarak belirlenmiştir. Bu değer PLC kontrollü plüviyometre ile yapılan ölçümlerin yüksek doğruluk oranına sahip olduğunu göstermiştir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada rüzgâr hızı, solar radyasyon, hava sıcaklığı, oransal nem, rüzgâr yönü ve yağış sensörlerinden oluşan PLC kontrollü bir iklim istasyonu tasarlanmıştır. Sensörlerin PLC ile kontrol edilebilmesini sağlamak amacıyla CODESYS-ST dili kullanılarak bir yazılım hazırlanmış ve PLC'ye yüklenmiştir. Yazılım sensörler vasıtasıyla bir günlük periyotlarda her saat başı sıcaklık ve nemi, yarım saatte bir solar radyasyon ve rüzgâr hızını ölçerek kaydetmiştir. Gün sonunda bu verilerin günlük ortalamalarını belirlemiştir. Bir günlük süre boyunca plüviyometrenin yağışla dolup boşalan toplam kefe sayısını kefe hacmi ile çarparak elde ettiği yağış hacmini plüviyometre yüzey alanına bölerek, yükseklik cinsinden günlük yağış miktarını belirlemiştir. Yazılım bir günlük iklim verilerini gün sonunda PLC üzerindeki SD karta kaydetmiştir. Verileri sıfırlayarak daha sonraki günler için aynı işlemleri döngü halinde tekrarlamıştır.

KSÜ yerleşkesindeki araştırma alanına kurulan PLC kontrollü iklim istasyonu ile 2019 yılı Haziran – Ekim dönemi boyunca ölçülen günlük iklim verileri 10 km mesafedeki DAGTEM bölgesinde aynı dönemde ölçülen verilerle karşılaştırılmıştır. Genel olarak her iki bölgede ölçülen veri gruplarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır

($p>0.05$). Her iki bölgede ölçülen günlük iklim verilerinin birbirlerinin yerine kullanılabileceği ve PLC kontrollü iklim istasyonu ile yapılan ölçümlerin yüksek tutarlılık ve hassasiyete sahip olduğunu sonucuna ulaşılmıştır. Otomasyon kontrollü sensörlerin ölçme hatalarını en aza indirerek, işgücü ve zamandan tasarruf sağladığı gözlemlenmiştir. İklim parametrelerinin ölçülmesinde kullanılan sensörlerin bağımsız birer sistem olarak kullanılması yerine, otomasyon kontrollü bir iklim istasyonunun parçası olarak kullanılmaları önerilmektedir. Böylece sensörlerin ve iklim istasyonunun kurulum, işletme ve bakım giderleri azaltılmış olacaktır.

REFERANSLAR

ABB, (2018a). Detailed information for: PM590 ETH, AX522 and DX561. https://global.abb/group/en adresinden 3 Şubat 2018 tarihinde alınmıştır.

ABB, (2018b). Automation Builder V1.2.2 basic software installation. https://new.abb.com/plc/automationbuilder/platform/software adresinden 3 Şubat 2018 tarihinde alınmıştır.

EKO, (2018). Pyranometers MS-802/402/410/602-instruction manual ver. https://media. eko-eu.com/assets/media/MS-402_Manual.pdf adresinden 12 Haziran 2018 tarihinde alınmıştır.

Karaoğlu, M. (2018). Türkiye ziraat eğitiminde ziraî meteoroloji. *Journal of Agriculture*, 1(1), 42-48.

Kelebekler, E. (2019). Nesnelerin interneti tabanlı meteorolojik veri takip sistemi. *Düzce Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(1), 650-663.

KIPP&ZONEN, (2018). The working principle of a thermopile pyranometer. https://www.kippzonen.com/News/572/The-Working-Principle-of-a-Thermo pile-Pyranometer#.Xb24Q1UzbIU adresinden 20 Temmuz 2018 tarihinde alınmıştır.

Kökey, İ. (2013). Güneş enerji santrallerinin kurulumunda güneş ölçümünün önemi ve Türkiye'de yasal mevzuat. *VIII. Ulusal Ölçübilim Kongresine Sunulmuş Bildiri.*

Lewis, C. D. (1982). *Industrial and business forecasting methods: A practical guide to exponential smoothing and curve fitting*. London: Butterworths Scientific.

METOS, (2018). Rain gauge (pluviometer). https://metos.at/portfolio/rain-gauge/. adresinden 18 Mayıs 2018 tarihinde alınmıştır.

Musa, A. I., Bashir, S. M. (2018). Micro-controller-based weather monitor system. *American Journal of Embedded Systems and Applications*, 6(1), 23-29.

NESA, (2018). Wind speed and wind direction sensors. http://www.nesasrl.eu /media/pdf adresinden 18 Mayıs 2018 tarihinde alınmıştır.

OMRON, (2018). Power supplies. https://industrial.omron.com.tr/tr/products/power-supplies adresinden 5 Mart 2018 tarihinde alınmıştır.

ONSET, (2018). Temperature/RH smart sensor (S-THB-M00x). https://www. onsetcomp.com/files/manual_pdfs/11427-E-MAN-S-THB.pdf adresinden 12 Temmuz 2018 tarihinde alınmıştır.

Oral, F., Behçet, R. (2015). Rüzgâr verilerinin enerji üretimi amaçlı değerlendirilmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4(2), 173-182.

Soe, L. N., Lwin, K. S., Tun, H. M. (2014). Implementation of microcontroller based sensing unit in transmitter for wireless weather station. *International Journal of Science, Engineering and Technology Research*, 6(3), 1613-1617.

Şimşek, O., Nadaroğlu, Y., Yücel, G., Yıldırım, M. (2015). *Ziraî meteoroloji kurs notları*. Ankara: Meteoroloji Genel Müdürlüğü.

Zotarelli, L., Dukes, M. D., Romero, C. C., Migliaccio, K. W., Morgan, K. T. (2018). Step by step calculation of the Penman-Monteith evapotranspiration (FAO-56). https://www.agraria.unirc.it/documentazione/materiale_didattico/1462_2016 _412_24509.pdf adresinden 28 Ocak 2018 tarihinde alınmıştır.

Bölüm 23

Pestisit Potansiyeline Sahip Bitki Sekonder Metabolitleri

Sevil SAĞLAM YILMAZ[1]

[1] Doç. Dr. Sevil SAĞLAM YILMAZ; Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Biyoteknoloji Bölümü. saglamsevil@gmail.com ORCID No: 0000-0003-1302-9147

ÖZET

Bitkiler insanlığın başlangıcından günümüze kadar gıda, giyecek, bitkisel ilaç, boya, kozmetik, alet-edavat, yapı malzemesi, yakacak ve daha birçok farklı önemli amaç için endüstriyel ölçekte kullanılmaktadırlar. Bitkiler stres faktörlerine karşı morfolojik, ontogenetik ve biyokimyasal olarak doğal savunma mekanizmaları sergilemektedirler. Morfolojik mekanizmalar yüzeysel korumaları sağlarken, ontogenetik mekanizmalar dormant yaşam ve çimlenme zamanı gibi bitki ömrüyle ilgili özelliklerden sorumludur. Bitkiler ayrıca alkaloidler, fenoller ve terpenoidler olmak üzere üç büyük sınıfa ayrılan ve sekonder metabolitler olarak bilinen biyokimyasal maddeleri üretmektedirler. Bu biyokimyasal maddeler çeşitli mikroorganizmalar ve organizmalara karşı kovucu, hücre bozucu, organel engelleyici, felç edici, caydırıcı, mide zehri olarak fonksiyon göstermektedirler. Bu faydalarından dolayı bu tip bitki kökenli biyokimyasal maddeler, biyopestisit olarak uzun zamandan beri tarım alanlarındaki hastalık ve zararlıların kontrolünde kullanılmaktadırlar. Kimyasal mücadele kolay uygulabilir olması ve kısa sürede etkili olmasından dolayı zirai mücadele amacıyla kullanılan en yaygın yöntemdir. Bu kimyasallar pestisitler olarak anılmakta ve hedef organizmayı solunumu durdurmak, sinir sistemini bloke etmek, sindirim sistemini bozmak veya deri değişimi veya metamorfozu durdurmak gibi metabolizmanın doğal sürecini engellemek suretiyle öldürmektedirler. Ancak, bu ilaçların bilinçsiz kullanımları başta insan sağlığını tehdit etmekte, ayrıca aşırı kullanımları çevre kirliliğine sebep olmaktadır. Uzun süre fazla kullanımları ise aynı zamanda hastalık ve zararlılara karşı dayanıklılık oluşturmaktadır. Bitkilerden elde edilen biyopestisitler doğaya toksik madde yaymamakta, kısa zamanda dekompoze olarak çevre kirliliklerine yol açmamakta, ürünler üzerinde kalıntı oluşturmamaktadır. Entegre mücadele ve organik tarım anlayışının geliştiği son yirmibeş yılda çeşitli bitkisel kökenli ikincil bileşikler tarım alanlarında kullanılmaktadır. Bu çalışmada pestisit potansiyeline sahip bazı bitkisel sekonder metabolitler ve bunların etki mekanizmaları hakkında bilgiler derlenmiştir.

Anahtar Kelimeler – Biyopestisit, zirai mücadele, sekonder metabolit, alkaloid, fenol, terpenoid

GİRİŞ

1950'li yıllardan itibaren tarım hızla gelişmiş, üretim ve buna bağlı olarak pestisit tüketimi artmış ve pestisit üretimi önemli bir sektör haline gelmiştir. Bunun sonucunda küresel çapta pestisit üretimi yıllık ortalama 5 milyon ton civarına ulaşmıştır (Katip, 2019). Kültüre alınan bitkiler bulunduğu ekolojik koşullarda çeşitli zararlı organizmalar ile etkileşim içinde bulunabilmektedirler. Bu tip tehdit unsurlarına karşı doğal mekanizmalarıyla karşı koysalar bile, stres sonucu verimleri büyük ölçüde düşmektedir. Artan küresel nüfus ve buna bağlı olarak azalan tarım arazileri göz önüne alındığında, bu verim kayıplarının azaltılması büyük önem arz etmektedir. 1940-1970'li yıllar arasında gözlenen tarımsal üretimde verim artışı Yeşil Devrim olarak ifadelendirilmiş ve süreçde kimyevi pestisit kullanımına büyük önem verilmiştir. Kısa vadede yüksek verim elde edilmesine karşın, kimyevi gübre ve pestisitlerin yoğun bir biçimde kullanılması sonucu kimyasal kalıntı sorunları ortaya çıkmaya başlamıştır (Hazel, 2009).

Kimyasal kalıntı problemi sonucu içme sularına, canlı bünyesine artan miktarlarda kimyevi madde girişi meydana gelmiştir ve bu süreçte çok sayıda pestisit ile gübrenin kullanımı yasaklanmıştır. Kimyevi pestisitlerin yoğun bir biçimde kullanılması ayrıca bitkiler üzerinde verim kaybına neden olan çeşitli zararlıların, bu kimyevi pestisitlerin etken maddelerine karşı bağışıklık kazanmalarına neden olmuştur. Tüm bu zararlı etkiler sonucu, küresel çapta zararlı kalıntı problemi olmayan alternatif pestisit arayışı başlamıştır. Bunun sonucunda doğal kaynaklara önem verilmeye başlanmış ve çalışmaların merkezi bu yöne kaydırılmıştır. Bu çalışmalar zararlı organizmaların zarar verme mekanizması, konukçu canlıların karşı koyma mekanizması gibi doğal akışında gerçekleşen olayların gözlemlenmesi ve geliştirilmesi uygulamalarını kapsamaktadır. Bu şekilde biyopestisit tanımı ortaya çıkmıştır.

Biyopestisitler canlı veya canlı metabolizma ürünleri ile zararlı organizma ve mikroorganizmalara karşı kullanılan predatör, parazitik ve kimyasal yolla etki gösteren doğal, zararlı yönetim unsurlarıdır. Biyopestisitler predatör organizmalar, parazitik ve parazitoid mikroorganizmalar ve onların metabolizma ürünleri ile bitki sekonder metabolitlerini kapsamakta ve entegre zararlı yönetiminin önemli bir parçasını oluşturmaktadırlar (Duval, 1993).

Biyopestisitler 5 sınıfa ayrılabilir. Bunlar;

- Entomopatojenik funguslar, bakteriler, nematodlar, virüsler ve bunların metabolizma ürünleri,
- Bitkilerden elde edilen ve zararlılar ile hastalıkları kontrol altında tutmak için kullanılan çeşitli sekonder metabolitler,
- Bitkilere gen aktarımı yoluyla kazandırılan sekonder metabolitler,

- Zararlının protein metabolizmasını bloke eden RNA engelleyici antisens RNA'lar,
- Herbivor olmayan ve zararlı organizmayla beslenen predatörlerdir.

Biyopestisitlerin avantajı çevreye zararlı kalıntı bırakmamaları ve doğada kolayca parçalanabilir tabiatta olmaları, bölgesel olarak üretilebildiklerinde kimyasal pestisitlere kıyasla daha ucuz olabilmeleri ve kimyasal pestisitlerle karşılaştırıldıklarında uzun vadede daha etkili olmalarıdır. Bunun yanında biyopestisitlerin zararlı yönetiminde kullanılması sonucu zararlıların direnç kazanmaları söz konusu olmamaktadır. Bunun sebebi biyopestisit ürünlerinin tek bir etken maddeden değil de, etken maddeler toplamından oluşmakta olmasıdır. Böylece direnç gelişimi, tek bir etken maddeye olan direnç gelişiminden daha uzun sürede gelişmektedir. Biyopestisitlerin dezavantajları ise hedef hastalık veya zararlının tam bir tanımlamasını gerektirebilecek derecede yüksek özgüllüğe sahip olmamalarıdır. Ancak bazı hallerde hedef zararlıya spesifik olmasından dolayı, diğer canlıların zarar görmemesi de bir avantaj olarak değerlendirilebilir. Diğer dezavantajları arasında etkinliklerini yavaş göstermeleri, uzun vadede dayanıklı zararlıların seleksiyonuna imkan tanıması ve bazı geniş spektrumlu biyopestisitlerin doğal polinatörlere olan negatif etkisi sayılabilir.

BİTKİ SEKONDER METABOLİTLERİ

Sekonder metabolit veya ikincil metabolit canlının normal büyüme, gelişme ve üremesinde doğrudan etkisi bulunmayan organik bileşik türüdür. Birincil metabolitten farklı olarak ikincil metabolit eksikliğinde ani ölüm gerekleşmemektedir. İkincil metabolit bitkinin otçulluğa karşı savunmasında ve türler arası savunmasında önemli bir rol oynamaktadır ve insanlar ikincil metabolitleri ilaç, tatlandırıcı, biyopestisit ve uyuşturucu olarak kullanmaktadırlar (Mikail vd., 2022).

Bitki Sekonder Metabolitlerinin Fonksiyonları

Sekonder metabolitlerin önemli fonksiyonları aşağıdaki şekilde gruplandırılmaktadır:

- Kuraklık, tuzluluk, ultraviyole (UV) vs. gibi değişik çevre faktörlerinin oluşturduğu stres ortamına karşı koyma,
- Herbivorlara (böcek, sürüngen vb.), mikroorganizmalara (bakteri,mantar vb.) karşı savunma,
- Depo bileşenler,

- Tohum taşınımını sağlama gibi bazı metabolik ve daha gelişmiş ekolojik işlevler,
- Allelopatik etki ile tür dışı bitkiler ile rekabette üstünlük sağlama gibi fonksiyonlardır (Mammadov, 2014:16).

Bitki Sekonder Metabolitlerinin Lokalizasyonu

Sekonder metabolitlerin bitkide bulunma düzeyleri hücre, doku ve organ olarak tüm organizmayı kapsamaktadır (Mammadov, 2014:24). Bunlar.

Hücre düzeyi: Sekonder metabolitlerin sentezi plastidlerde ve sitozolde yapılmaktadır. Bitkiler farklı sekonder metabolit türlerini değişik organellerde sentez etme özelliğine sahiptirler. Örneğin; seksi- ve tri-terpenoidler sitozolde; mono-, di- ve tetra-terpenoidler plastidlerde; fenolik bileşenler ise hem sitozolde, hem de plastidlerde sentezlenebilmektedirler. Sentezlenen sekonder metabolitler ya vakuolde yada hücre duvarında depolanırlar. Alkaloidler ve glikozitler, tuzlar oluşturarak vakuollerde; izoterpenler ve fenolik bileşikler ise hem vakuollerde, hem de hücre duvarında depolanmaktadırlar (Mammadov, 2014:24).

Doku düzeyi: Sekonder metabolitler dokulara eşit miktarlarda dağılmamıştır. Dokularda bu maddelerin depolanması birçok hormonun etkisi altındadır. Dış (açık) sekretör yapı "trikoma" olarak adlandırılan, grandüler kıllardan, bezlerden ve nektarlıktan oluşmuştur. Söz konusu yapının fonksiyonu sekonder metabolitleri dış ortama vermektir. İç (kapalı) sekretör yapı tek hücreli (idioblast) yapıdan ve depodan (boşluklardan ve kanallardan) oluşmaktadır. İdioblastlar sıkı bir şekilde doku ile kaplanmıştır. Bu kaplanmalar sonucu vakuoler sistem oluşmuştur ki, bu da ya büyük bir vakuolden ya da küçük birkaç vakuolden meydana gelmiştir. Boşluklar ve kanallar (reçineli ve mukuslu) kendi ekstrasellüler yapılarını oluşturur. Sekonder metabolitler hücrelerde iç duvarları belli bir astarla kaplanmış olan tünel ve kanallardan sentez edilerek bir vakuol içerisine salgılanmaktadırlar. Damarlar içerisinde toplanan bitki özsuyu (lateks) kendi canlı hücreleri yani, hücrenin üretici vakuol sistemi tarafından oluşturulur. Lateks, damarların vakuol şifresi olup, kompleks yapısı karbonhidratlardan, organik asitlerden, proteinlerden, mukuslardan, izoprenlerden ve alkaloidlerden oluşmuştur. Bazı bitkiler dışında, nerede ise tüm bitkilerde lateks süt beyazı renktedir (Mammadov, 2014:24).

Organ düzeyi: Sekonder metabolitlerin bitki organlarında dağılımı da eşit miktarlarda değildir. Bu maddeler belirli organlarda lokalize olurlar. Örneğin;

tanenler bitkilerin yer altı organlarında daha çok bulunurken; eterik yağlar çiçek yapraklarında, meyvelerde, yapraklarda, gövdede ve köklerde bulunmaktadır. Alkaloidler ise, yapraklarda, meyvelerde, tohumlarda, kök ve gövdelerde bulunmaktadır (Mammadov, 2014:24).

Bitki Sekonder Metabolitlerinin Oluşmasına Etki Eden Faktörler

Bitkilerde sekonder metabolitlerin yapısına çevre faktörlerinin; coğrafya, iklim, edafik (toprak), orografik (relyef) ve biyolojik faktörlerin etkisi büyüktür. Dünyanın güney kısmında yetişmekte olan bitkilerde genelde eterik yağlar ve alkaloidler, soğuk bölgelerde ise flavonoidler ve tanenler daha çok bulunmaktadırlar. Sıcak ve soğuk iklim sekonder metabolitlerin oluşumunu etkilemektedir. Sıcak ve nem oranlarının artması halinde karotenoidler, düşük sıcaklıklarda glikozitler, nemin düşüşünde ise flavonoidler oluşmaktadır. Kurak ortamda *Nicotiana nistica* tütün türünde nikotin miktarı düşerken, yüksek nemde artış göstermektedir (Mammadov, 2014:26). Sekonder metabolitlerin yapısı toprak koşullarından (toprağın yapısı, nem miktarı, pH düzeyi, kimyasal yapısı ve mineral madde içeriği vb.) da etkilenmektedir. Örneğin toprağın asit miktarı yükseldiğinde, datura *(Datura sp.)* bitkisinin yapraklarındaki alkaloid miktarında düşüş ortaya çıkmaktadır. Sert kireçli topraklarda yetişen bitkilerde tanenler fazla iken, siyah ve kumlu topraklarda azdır. Topraklarda fosforun miktarının artışı flavonoid, tanen ve glikozitlerin oluşumuna neden olmaktadır. Toprakta azot miktarının yükselişi ile birlikte alkaloidlerin biyosentezi aktive olurken, tanenlerin miktarında ise düşüş ortaya çıkmaktadır. Toprağın kimyasal elementleri ile bitkinin sekonder metabolit grupları arasındaki bağlantı, deneylerle kanıtlanmıştır. Örneğin glikozitlerin salgılanmasında bitkiler sürekli olarak topraktan mangan, molibden ve krom; alkaloidlerin biyosentezinde bakır ve kobalt; saponinlerin biyosentezinde ise molibden ve vanadyum elementlerini absorbe etmektedirler (Mammadov, 2014:26). Orografik faktörler (yükseklik, siklonların hareketi), sekonder metabolitlerin salgılanmasını etkilemektedir. Örneğin; Kore ginsengi *(Panax ginseng)* bitkisi biyolojik aktif bileşenlerini doğu ve batı kuşağında, 700 mt. yüksekliklerde daha iyi salgılamaktadır. Kanaryaotu *(Senecio platyphylloides)* bitkisi en yüksek alkaloid miktarına, 1600-2000 mt. yüksekliklerde ulaşabilmektedir. Başka bir çalışmada; müge *(Convallaria majalis)* bitkisinin biyolojik aktif bileşenlerinin geniş yapraklı orman ortamında, huş ağacı bölgesinde daha yüksek, aşağı tayga çam ormanları bölgesinde ise düşük olduğu kanıtlanmıştır (Mammadov, 2014:26).

Bitki Sekonder Metabolitlerinin Sınıflandırılması

Yaygın kabul görmüş bir sınıflandırma sistemi olmamasına karşılık, biyokimyasal yapılarına göre sekonder metabolitler üç büyük grupta sınıflandırılmaktadırlar. Bunlar; azot ve kükürt içeren alkaloidler, terpenoidler ve fenollerdir.

Tablo 1'de bitki sekonder metabolitlerinin dahil oldukları alt gruplar ve bunlara ait bilgiler verilmiştir.

Tablo 1: Bitki Sekonder Metabolitlerinin Dahil Oldukları Gruplar

Sınıf	Tip	Sayı	Örnekler
Alkaloidler	Nitrojen içeren	21000	Kokain, psilokin, kafein, atropin, berberin
Protein olmayan amino asitler	Nitrojen içeren	700	Azatirozin, kanavanin
Aminler	Nitrojen içeren	100	
Siyanojenik glikozitler	Nitrojen içeren	60	Amygdalin, dhurrin, linamarin, prunasin
Glikosinolatlar	Nitrojen içeren	100	
Alkamidler	Nitrojen içeren	150	
Lektinler, peptidler ve polipeptidler	Nitrojen içeren	2000	Konkanavalin A
Terpenler	Nitrojen içermeyen	>15000	Azadiraktin, artemisinin,tetrahidrokanabinol
Steroidler ve saponinler	Nitrojen içermeyen	-	Sikloartenol
Flavonoidler ve tanenler	Nitrojen içermeyen	5000	Luteolin, tannik asit
Fenilpropanoidler, ligninler, kumarinler ve lignanlar	Nitrojen içermeyen	2000	Resveratrol
Poliasetilenler, yağ asitleri ve vakslar	Nitrojen içermeyen	1500	
Poliketidler	Nitrojen içermeyen	750	

Kaynak: Crozier vd. (2006)

Alkaloidler: Alkaloidler nitrojen atomları içeren ve doğal olarak meydana gelen organik kimyasal bileşiklerin bir grubudur. Bu grup ayrıca bazı nötral ve hafif asidik maddeleri de kapsamaktadır (Manske, 1965). Karbon, Nitrojen ve Hidrojene ek olarak ayrıca Oksijen ve Kükürt de içermektedirler (Tyagi vd., 2023). Alkaloidler bakterileri, mantarları, bitkileri ve hayvanları kapsayan çeşitli organizma grupları tarafından üretilmektedirler ve bu organizmaların ham ekstraktlarından asit-baz ekstraksiyon yöntemi ile saflaştırılabilmektedirler. Alkaloidler geniş çapta farmakolojik aktiviteye sahiptirler. Bunlar; astım önleyici (efedrin), ağrı kesici (morfin, papaverin) ve hiperglisemi önleyici (piperin) vb.'dir (Qiu vd., 2014). İlk alkaloid olan morfin alman kimyager Friedrich W.A. Sertürner tarafından haşhaş bitkisi *(Papaver somniferum)*'nden 1804 yılında izole edilmiş ve sekonder metabolitlerin araştırılmaya başlanmasına öncülük etmiştir. Bu işlemde mekonik aside bağlı alkaloidler seyreltik sülfürik asit ile çözdürülmüş ve alkaloidler amonyum hidroksit ile çökeltilmiş, ardından morfin diğer alkaloidlerden ayrılmıştır. Alkaloid terimi alkalen gibi anlamına gelmektedir (Klockgether-Radke, 2002).

Terpenoidler: Terpenoidler izopren ünitelerinin birbirine binlerce farklı yolla bağlanabilme özellikleri sonucu, doğal olarak oluşan organik kimyasal maddelerin büyük bir grubudur. Beş karbonlu izopren birimlerinden türetilmektedirler ve bazen izoprenoidler olarak adlandırılmaktadırlar. Bu lipitler tüm canlı sınıfında bulunmaktadırlar ve doğal ürünlerin en büyük grubunu oluşturmaktadırlar. Bilinen doğal ürünlerin yaklaşık %60'ı terpenoidlerdir (Firn, 2010). Bitki terpenoidleri aromatik ve geleneksel tıbbi özellikleri nedeniyle, yoğun bir biçimde kullanılmaktadırlar. Terpenoidler ökaliptusun kokusuna, karanfil, zencefil ve tarçının tadına, ayçiçeğinin sarı rengine ve domatesin kırmızı rengine katkıda bulunmaktadırlar. Çoğunlukla parfümeride kullanılmaktadırlar, bunun yanında yoğun kokuları nedeniyle tarımsal mücadelede repellent olarak da kullanılmaktadırlar. Ek olarak hayvansal organizmada vitamin A'nın sentezlenmesine öncülük eden ve esansiyel olan karoten de terpenoid grubundandır (Specter, 2009).

Fenolikler: Fenolikler diğer adıyla fenoller, bir hidroksil (-OH) grubunun direkt olarak bir aromatik hidrokarbona bağlanması sonucu oluşan kimyasal bileşik grubudur. Grubun en basit yapıda olanı, ayrıca karbolik asit (C_6H_5OH) olarak da bilinen fenoldür. Fenolik bileşikler moleküllerindeki fenol birimlerinin miktarına göre, basit fenoller veya polifenoller olarak sınıflandırılmaktadırlar. Fenolikler aromatik halkalarının oksijenle sıkı bağ yapması ve Hidrojen ile Oksijen arasındaki bağın nispeten zayıflaması sonucu,

yüksek asitliğe sahiptirler. Fenolik bileşiklerin büyük bir çoğunluğu çözünebilir bileşiklerdir ancak daha küçük moleküle sahip olanlar uçucu olabilmektedirler. Kenevirin aktif bileşeni kanabinoidler, acı biberin acılığını meydana getiren kapsaisin, kekik de bulunan ve antimikrobiyal aktivite gösteren karvakrol, östradiol hormonu, aspirinin ham maddesi salisilik asit, molluskisit aktiviteye sahip anakardik asit, kekik de bulunan antiseptik timol, tirozin aminoasidi ve serotonin, dopamin, adrenalin, noradrenalin doğal nörotransmitterleri fenolikler grubuna giren örneklerdir (Mishra ve Tiwari, 2011).

PESTİSİT OLARAK DEĞERLENDİRİLEBİLECEK BAZI BİTKİ SEKONDER METABOLİTLERİ

Pestisit amacıyla kullanımı olan bitki ekstraktlarının tarihi tam olarak aydınlatılamamış olsa da, bazı bitkilerin pestisit amacıyla kullanımı 3000 yıldan daha geriye gitmektedir. Önceleri insanlar çeşitli aromatik bitkilerin parçalarını ve ekstraktlarını özellikle ektoparazitleri ve bağırsak solucanlarını uzaklaştırmak için kullanmaktaydılar. Ayrıca bitkiler depo zararlılarına karşı yiyecekleri ve hasat ürünlerini korumak için kullanılmışlardır. Dalmaçya pire otu *(Crysanthemum cinerariaefolium)*'nun çiçeklerinin kullanımı en iyi bilinen örnektir. Korunmuş yazılı belgelere göre, bu bitki bit ve pire gibi ektoparazitlere karşı mücadelede çok önemli bir rol oynamıştır. Yazılı belgelere göre M.Ö-400 yılları civarında hüküm sürmüş pers kralı Serhas dönemi sırasında, çocukların bitten arınması dalmaçya pire otunun çiçeklerinden yapılan toz ile sağlanmaktaydı. Antik Romada ambarlar sıklıkla biberiye, mür ve ardıç gibi çeşitli aromatik bitkilerin dumanıyla dezenfekte edilmekteydi. Ayrıca aromatik bitkiler ambarların girişine asılmaktaydılar. Bununla beraber noel gülü *(Helleborus niger* L.*)* kökünden kaynatma yoluyla elde edilen ve kemirgenlere karşı kullanılan zehirli yemler de yine bu dönemlerde yapılmıştır.

Sonrasında, yoğun zirai üretimle beraber bazı bitkiler çeşitli herbivor zararlılara karşı kullanılmaya başlanmıştır. İlk ticari bitkisel pestisit 17. yy'da erik böceklerine karşı başarılı bir etki gösteren nikotin olmuştur. 1850 yılı civarında baklagiller ailesinin *Derris spp.* türlerinin köklerinden elde edilen yeni bir insektisit olan rotenon tanıtılmıştır. Avrupa'da bitki türevli pestisit geliştirme süreci 2. Dünya savaşından sonra organoklorin ve organofosfata dayalı sentetik ve ucuz pestisitlerin üretilmeye başlanmasıyla azaltılmıştır. Diğer kıtalarda ise bu gelenek sınırlandırılmıştır (Pavela, 2016). Pestisitler zararlı organizmaları bertaraf etmek için kullanılan, organik veya sentetik kökenli olabilen kimyasal maddelerdir ve kendi içerisinde hedef aldığı organizmaya göre sınıflandırılmaktadırlar. Buna göre böcekleri hedef alan kimyasal maddeler insektisitler, mantarları hedef alanlar fungusitler,

kemirgenleri hedef alanlar rodentisitler, nematodları hedef alanlar nematisitler, yabancı otları hedef alanlar herbisitler, akarları hedef alanlar akarisitler, salyangoz ve sülükleri hedef alanlar ise mollusisitler olarak sınıflandırılmaktadırlar.

İnsektisit Etkili Bitki Sekonder Metabolitler

İnsektisit etkili bitki sekonder metabolitleri içerisinde majör etkileri saptanmış olanları nikotin, piretrin, azadiraktin, ryanodin, diktamin, harmalin, delta-amino levunilik asit, sabadillalar (sevadin, veratridin), timol, sitronellal, tiametoksam, sinnamik alkol, ögenol ve rotenondur. Bunlardan geniş çapta kullanılanları nikotin, piretrin, rotenon ve azadiraktindir. Piretrinlerin kimyasal yapısı 1924 yılında Hermann Staudinger ve Lavoslav Ružička tarafınfan tespit edilmiştir (Todd, 2001). Steven Ley ve ark. 2007 yılında azadiraktinin sentetik üretimini gerçekleştirmişlerdir (Senthil-Nathan vd., 2005).

Nikotin

Christian Wilhelm Posselt ve Karl Ludwig Reimann 1828 yılında ilk kez tütün bitkisinin yapraklarından bir zehir olarak tanımladıkları nikotini izole etmişlerdir. Bu işlemde tütün yaprakları sodyum hidroksit ile muamele edilmiş, elde edilen ekstrakt pikrik asit ile doyurulmuş ve sarı renkli nikotin-di-pikrat kristalleri elde edilmiştir (Busbey vd., 1936). Nikotin patlıcangiller *(Solanaceae spp.)* familyasına ait türlerde bulunan bir alkaloiddir. Zirai insektisit amacıyla ilk kullanılan bitki orijinli maddedir. Başlıca elde edildiği kaynak tütünün bir türü olan *Nicotiana rustica*'dır. Önceleri insektisit elde etmek amacıyla tütün yaprakları pirolize uğratılmıştır. Bu işlemde tütün yaprakları bir vakum içerisinde 450 °C de ısıtılmış ve bunun sonucunda biyoyağ olarak adlandırılan arıtılmamış madde elde edilmiştir. Biliminsanları bu biyoyağı geniş ölçüde zararlı böceklere, on bir farklı fungus tipine, dört farklı bakteriye ve mevcut zirai ilaçlara artan seviyelerde dayanıklılığı olan kolorado patates böceğine karşı test etmişlerdir. Sonuç olarak tütün biyoyağı tüm böcekleri öldürmüş, iki bakteri tipinin ve bir fungus tipinin büyümesini engellemiştir. Uygulanma yoluna göre üç sınıfa ayrılmıştır. Bunlar; kontak etkili, fumigant ve kovucu-caydırıcıdır. Nikotin üzerine literatürde, sıvı formlar tütün suyu veya tütün ekstraktı olarak katı formlar ise toz olarak adlandırılmaktadır. Fumigantlar duman, füme gibi adlarla bilinmektedirler ve katı veya sıvı formdaki tütünün yakılması veya ısıtılmasıyla üretilmektedirler. Nikotin başlıca kontak ve fumigant olarak kullanılırken, az miktarda mide zehiri olarak kullanılmaktadır. Tütün ilk olarak 1690 yılında sıvı formda Fransa'daki armut ağaçlarını *Tingidae spp.* türlerinden korumak amacıyla kullanılmıştır. Güçlü kokusu ve yüzeye penetre olabilme

özelliği ile ilk kez 1734 yılında böceklere karşı kovucu olarak kullanılmıştır (Booker vd., 2010). Sıvı ve toz tütün Fransa'da 1763 yılında bitki bitlerine karşı çare olarak tavsiye edilmiştir. 1773 yılında İngiltere'de tütün tozu afitlere ve kırmızı örümceklere karşı başarıyla kullanılmıştır. Aynı yıl tütün ısıtılmış demir boru içerisinde yakılarak istila altındaki ağaçlara duman halinde uygulanmıştır. 1916 yılında yapılan nikotin zehirlenmesi deneyinde üç etki evresi tanımlanmı ve ilkinde nikotin tüketen böceklerin davranışlarında anormallikler meydana geldiği, bacaklarında ve kanatlarında felç oluşumu gözlenmiştir. İkinci evrede lokal felç sistemik felce doğru ilerlemiş önce arka bacaklar ve arka kanatlar felç olduktan sonra ön kısma doğru ilerlemiş ve son evrede deneye konu olan tüm böcekler ölmüşlerdir. Bu etki nikotinin kas hareketlerini kontrol eden motor merkezlere yaptığı baskılamadan ileri gelmektedir. Sabun veya diğer yayıcı yapıştırıcı maddelerle kullanılmayan nikotinin, trakelere geçemeyeceği dolayısıyla etkili olamayacağı bildirilmiştir (Busbey, 1936).

Piretrin

Piretrinler böceklerin sinir sistemini hedef alarak insektisidal aktivite gösteren, dalmaçya pire otu *(Crysanthemum cinerariaefolium)*'ndan elde edilen organik bileşiklerdir. Endüstriyel çapta sentetik olarak üretilebildikleri gibi, *Crysanthemum spp.* çiçeklerinden doğal olarak elde edilebilmektedirler. Böcekler üzerine kovucu etkileri binlerce yıldır bilinmektedir (Costa vd., 2023). Piretrinler insan sağlığı açısından düşük toksisiteye sahiptirler. 3000 yıl önce Çinliler ezilmiş pire otunu toz halde insektisit olarak kullanmışlardır. Napolyon savaşları sırasında Fransız askerleri pire otu çiçeklerini parazit böceklerden korunma için vücutlarına uygulamak suretiyle kullanmışlardır (Casida, 2012). Piretrinler terpenoidler sınıfında yer alan sekonder metabolit grubudurlar. Doğal olarak meydana gelen piretrinlerin biyosentezi iki molekül dimetilalil pirofosfatın krizantemil difosfat sentaz enzimi yardımıyla, siklopropan halkası oluşturmasıdır (Rivera, 2001). Yükselti arttıkça, piretrin konsantrasyonu da paralel olarak artmaktadır. Semiarit koşulların ve serin kışın optimal piretrin üretimi için yeterli olduğu ve fazla su gerektirmediği bildirilmiştir (Duval, 1993). Dünya piyasasına en çok piretrin Kenyadan (%70) sağlanmaktadır ve bunu Dalmaçya ve Japonya takip etmektedir (Wainaina, 1995). Altı tip piretrin mevcuttur. Bunlar piretrin 1, piretrin 2, cinerin 1, cinerin 2, jasmolin 1 ve jasmolin 2'dir (Metcalf, 2000). Piretrinler böcek sinir hücrelerindeki sodyum iyon kanallarının kapanmasını geciktirerek, aşırı uyarım neticesinde motor koordinasyonun kaybı ve felç nedeniyle böceklerin ölümüne neden olmaktadır (Anonim, 2023). Piretrine dayanıklılık piperonil butoksit gibi sentetik sinerjistler ile aşılmıştır. Bu iki bileşiğin birlikte kullanımının böcek bünyesinde

piretrin detoksifikasyonunu engellediği bildirilmiştir (Kanbur ve Aslan, 2022). Piretrinler memelilerden ziyade seçici olarak böcek sinir sistemini hedef almaktadırlar. Bunun nedenleri arasında böceklerin vücut hacminin küçük oluşu, memeli deri absorbsiyonunun düşük oluşu ve memelilerin gelişmiş karaciğer fonksiyonuna sahip oluşu sayılmaktadır (Bradberry vd., 2005). Piretrinler insektisit olsalar da, ayrıca düşük dozlarda uygulandıklarında kovucu olarak da işlev görmektedirler. Yiyecek kuruluşlarındaki gözlemler, düşük dozlarda piretrin uygulandığı koşullarda, böceklerin hemen ölmedikleri ancak sıklıkla pencere kenarlarında ve kapı eşiklerinde bulunma eğilimi gösterdikleri yönündedir. Bu düşük dozlarda piretrin kullanımında, böceklerin ölmeden önce piretrinle muamele edilmiş alanı terk etme eğiliminde olduklarını öne sürmektedir (Todd vd., 2001). Piretrinler güneşin ultra viyole ışınlarına maruz kaldıklarında zararsız bileşiklere indirgenmektedirler. Buna ek olarak bitkiler üzerinde kısa ömürlü kalıcılığa sahiptirler ve pişirme işlemleriyle denatüre olma eğilimindedirler. Piretrinlerce spesifik olarak kontrol altında tutulan zararlı böcek türlerinin Lahana mühendis tırtılı, *Udea rubigalis*, *Acrosternum hilare*, *Lygus linedaris*, Thripsler ve *Acrobasis vaccinii* olduğu bildirilmiştir. Piretrinler çevresel koşullarda hızlı parçalanma özelliği gösterdiklerinden dolayı, insektisit marketindeki en güvenli grubu oluşturmaktadırlar ve sentetik piretrinoidlere göre daha hızlı parçalanmaktadırlar. Bunun sebebi kimyasal yapılarının pH değişimlerine ve UV varlığına daha duyarlı olmasıdır. Piretrinler bünyeye alındıklarında sindirim sistemi tarafından hemen absorbe edilmemektedirler ve bağırsaklar ile karaciğerin asidik koşullarında hidrolize olmaktadırlar. Sonuç olarak memelilerde solunum yoluyla alındığında kana geçme hızı, oral yolla alınımından daha hızlı olmaktadır. Piretrinler depo alanlarında yavaş etki gösteren doğal bileşiklerden rotenon veya ryanodin ile kombine edilerek kullanılmaktadır. Böylece muameleye maruz kalan ürünlerde kimyasal kalıntı probleminin ortadan kalktığı bildirilmektedir (Vettorazzi, 1979; La Forge vd., 1933).

Azadiraktin

Azadiraktin nim ağacı *(Azadrachta indica)* tohumlarında bulunan limonoid grubuna ait bir sekonder metabolitdir. Başlangıçta çöl çekirgesi *(Schistocerca gregoria)*'ne karşı beslenme inhibitörü (antifeedant) olarak aktif olduğu bulunmuştur. Günümüzde temel olarak antifeedant ve büyüme geriletici olarak işlev görerek yaklaşık 200 böcek türünü etkilediği bildirilmektedir. Ayrıca biyolojik pestisit olarak yaygın bir biçimde kullanılan *Bacillus thrungiensis* bakterisine karşı dayanıklılığı ile bilinen Afrika pamuk yaprak kurdu *(Spodoptera littardis)*'na karşı dikkate değer bir biçimde toksisiteye sahip

olduğu bulunmuştur. Azadiraktin iyi bir pestisitin sahip olması gereken birçok kritere sahiptir. Günışığına ve suya maruz kaldığında ayrışabilen doğada zararlı kalıntı bırakmayan bir kimyasaldır ve memelilere çok düşük toksisite (LD_{50} ratlarda >3,540 mg/kg düzeyi onu pratik olarak zehirsiz kılmaktadır) göstermektedir. Azadiraktin nim ağacının tohumlarında ağırlıkça %0.2 ila %0.8 düzeyinde bulunmaktadır. Azadiraktine benzer daha birçok bileşik nim ağacının tohumlarında bulunmakta ve çeşitli böcek türlerine karşı güçlü toksisite göstermektedir. Ayrıca bu maddelerin yararlı böcek türleri üzerine etkileri minimal kalmaktadır (Senthil-Nathanvd., 2005). Bazı laboratuar ve arazi çalışmaları, azadiraktinin biyolojik mücadele ile uyumlu çalıştığını göstermiştir. Saf nim yağı diğer insektisidal ve fungisidal bileşikleride içermektedir. Pestisit olarak kullanılacağı zaman 8 ml'si 1 L su ile karıştırılarak hazırlanmaktadır. Azadiraktin ticari kullanımda olan TreeAzin, AzaMax, BioNEEM, AzaGUARD, AzaSol, Terramera Proof ve Terramera Cirkil gibi pestisitlerin aktif maddesidir. Azadiraktin aynı zamanda biyokontrol ajanı Beauveria ile sinerjistik etkiye sahiptir (Vyas vd., 1992). Tetranortriterpenoid kimyasal yapısındandır. *Azadirachta indica* Hindistan orijinli bir bitkidir. Dişleri temizlemekten, afitleri öldürmeye kadar yüzyıllardır çeşitli amaçlar için kullanılmaktadır. Azadiraktinin etkilediği başlıca böcekler; unlu bitler, *Cicadellidae* (yarım kanatlılar), tırtıllar, lepidoptera türleri, japon kınkanatlı böcekleri, afitler, *Tingidae spp.*, yarım kanatli yaprak pireleri, gülgiller salyangozu, *Hymenoptera* (zar kanatlılar), kırmızı örümcekler, *Coreidae*, çadır tırtılı, Thripsler, Amerikan beyaz kelebeği, *Curculionoidea*, beyazsinekler ve Mayıs böceği larvalarıdır. Böcekler azadiraktin kaplı yemleri yediklerinde, limonoidler normal hormon üretimini bozmakta, bazı böcekler için arzu edilmeyen bir tada sahip olarak kovucu görevi görmekte, bazı böceklerde ise normal üreme ve olgunlaşmayı engellenmektedir. Kuraklık stresindeki bitkilere uygulandığında yaprakları yakabilmektedir, dolayısıyla uygulamadan önce bitkilerin sulanması gerekmektedir.

Rotenon

Rotenon geniş spektrumlu insektisit, piscisit ve pestisit olarak kullanılan kokusuz, renksiz kristal yapıda fenoller grubuna dahil bir izoflavondur. Baklagiller *(Fabaceae)* köklerinde ve Meksika turpu gibi bitkilerde doğal olarak oluşmaktadır. Rotenoidler olarak bilinen kimyasal bileşik ailesinin tanımlanan ilk üyesidir ve diğer isimleri Tubatoxin ve Paraderil'dir (La Forge vd., 1933). Letal doz (LD_{50}) düzeyi ratlarda 3-130 mg/kg oral olarak belirlenmiştir (Taylor, 2003). Günümüzde bilinen ve yaprakla beslenen tırtılları öldürmek için kullanılan rotenon içeren bitkilerin en erken kaydı 1848'de tutulmuştur.

Yüzlerce yıl tanımlanan bu bitkiler, balık zehri (piscisit) olarak kullanılmıştır (La Forge vd., 1993). Aktif bileşen olarak ilk kez 1895 yılında Fransız botanist Emanuel Geoffroy tarafından Baklagiller familyasına bağlı tür olan *Lonchocarpus nicou*'dan izole edilmiş ve nicoulin ismi verilmiştir (Ambrose ve Harvey, 1936). 1902 yılında Japon kimyacı Nagai Nagayoshi baklagiller familyasından olan *Derris eliptica*'dan aynı aktif maddeyi saf kristal olarak izole etmiş ve rotenon adını vermiştir. Aynı maddeye hem rotenon hem de nicoulin isimlerinin verilmesi üzerine 1930 yılında iki isimde ilgili madde için kabul görmüştür (La Forge vd., 1933). Rotenon pestisit, insektisit ve seçici olmayan piscisitdir (Peter, 2007). Tek veya diğer insektisitlerle kombine halinde cube, tuba ve derris isimleriyle ticari marka haline getirilmiştir (Hayes, 1991). ABD ve Kanada'da rotenonun kullanımı piscisit dışında giderek azalmaktadır (Cao vd., 2019). Rotenon yerliler tarafından balık avında kullanılmıştır. Bu işlemde baklagillere ait rotenon içeren bitkilerin özütü çıkarılmakta, suya karıştırılmakta rotenon balıkların hücresel solunumunu bloke ettiği için balıklar su yüzeyine hava yutmak için çıktıklarında yakalanmaları kolaylaşmaktadır. Rotenon toz organik pestisit olarak yetiştiricilikte kullanılmaktadır. Aktivitesi geniş spektrumludur ve patates böceği, çizgili salatalık böceği, lahana solucanı, *Byturus tomentosus*, kuşkonmaz böceği ve diğer birçok eklembacaklıyı öldürmektedir. Rotenon ılıman koşullarda hızlıca denatüre olmaktadır. Böylece zararlı etkileri minimum düzeyde kalmaktadır. Bitki yapraklarının rotenonla hafif tozlanmasının, bitkiyi birkaç gün böceklerden koruduğu tespit edilmiştir (Robertson ve Smith-Vaniz, 2008). Rotenon mitokondrilerdeki elektron taşıma zincirine müdahale ederek etki sağlamaktadır. Kompleks 1' deki demir-sülfür merkezinden ubiquinona elektron transferini engellemektedir. Bu ATP oluşumundaki ara ürün olan NADH'ı sekteye uğratmaktadır (Hayes, 1991). Kompleks 1, mitokondriyal matriks içerisinde elektron yedeklemesi yapan koenzim Q'ya elektronlarını transfer edememektedir sonucunda hücresel oksijen reaktif oksijen türleri meydana getiren radikallere indirgenmektedir bunun sonucunda ise DNA ve mitokondrinin diğer bileşimlerine zarar vermektedir (Cao vd., 2019). Rotenon ayrıca hücre stabilitesinin korunmasını ve bölünmeyi sağlayan mikrotübüllerin gelişimini engellemektedir (Robertson ve Smith-Vaniz, 2008). Rotenon özellikle baklagiller ailesinden iki cins olan Lonchocarpus ve Derris bireyleri olmak üzere, çeşitli tropikal ve subtropikal bitki türlerinin kök ve gövdelerinden ekstraksiyon yoluyla elde edilmektedir. Rotenon içeren bazı bitkiler ise; *Tephrosia virginiana*, *Pachyrhizus erosus* (Meksika turpu), *Longhocarpus utilis*, *Longhocarpus urucu*, *Derris eliptica*, *Derris involuta*, *Verbascum thapsus* (Sığırkuyruğu otu)'dur. Rotenon Dünya Sağlık Örgütü (WHO) tarafından orta derecede zararlı olarak

sınıflandırılmaktadır (Anonim, 2023a). İnsanlara ve diğer memelilere az ancak böceklere ve su yaşamına yüksek derecede toksiktir. Bu balıklardaki ve böceklerdeki yüksek toksisitenin sebebi, rotenonun lipofilik olması nedeniyle solungaçlar ve trakeal solunum yoluyla kolaylıkla alınabilmesinden kaynaklanmaktadır. Buna karşın deriden ve gastrointestinal sistemden kolayca geçememektedir. *In vitro* deneyler ile rotenonun eritrositlere toksik olduğu belirlenmiştir (Lupescu vd., 2012). Rotenon günışığına maruz kaldığında dekompoze olmaktadır ve doğada bir haftalık biyoaktiviteye sahiptir. Sudaki rotenonun toksisitesi potasyum permanganat ilavesi ile azaltılabilmektedir. Son olarak, rotenon biyomedikal araştırmalarda elektron taşıma zinciri kompleks III inhibitörü olarak, antimisin-D ile kombinasyonla hücrelerdeki oksijen tüketim oranını belirlemekte kullanılmaktadır (Abt vd., 2012). Bu en çok kullanılan insektisitlerin yanı sıra, etkinlikleri araştırılmış diğer örnekler ise şöyledir; 2,2'-dipiridil ile kombinasyon halinde delta-amino levulinik asit (ALA) fotodinamik porfirin bileşiklerinin toksik seviyelerde birikimine neden olmaktadır. Çeşitli böcek türleri ise bu bileşikleri tüketip günışığına maruz kaldıklarında hızlı bir şekilde ölmektedirler. Sabadilla, Bitotu *(Schoenocaulon officinale)* tohumlarından elde edilmektedir. Sabadilla insektisitleri yüzyıllardır kullanılmaktadır. Sabadillanın kimyası ve kullanımı Jacobson ve Crosby (1971) tarafından incelenmiştir (James ve Smith, 2022). Sabadillanın majör insektisidal bileşikleri alkaloidlerden sevadin ve veratridindir ve tohumlarda %2-4 düzeyinde bulunmaktadır. Ekstrakte edilmiş alkaloidlerden sevadin ve veratridin yüksek derecede toksiktir. Veratridin için LD_{50} farelerde intraperiton olarak uygulandığında 1.35 mg/kg olarak belirlenmiştir. Öğütülmüş tohumlarının kullanılması halinde toksisite düşmektedir (LD_{50} 5,000 mg/kg–rat/oral). Sodyum karbonat ($NaCO_3$) solüsyonuyla karıştırılarak böceklere karşı kontak veya mide zehri olarak kullanılmaktadır. Günışığına maruz kaldığında hızlı bir şekilde parçalanmaktadır. Sabadilla tırtıllar, yaprak pireleri, Thripsler, süneler ve kabak böceklerine karşı mide zehri (beslenme gerektiren) olarak aktivite göstermektedir. *Nicandra physaloides,* patlıcangiller *(Solanaceae)* familyasından bir bitki türüdür ve beyaz sineklere karşı potansiyel insektisidal etkiye sahiptir. Antifeedant bir steroid içerdiği ve afitlere karşı etkili olduğu rapor edilmiştir. Himalaya sedir odunu yağının, Kara Sinek *(Musca domestica)*'e karşı insektisidal aktivite gösterdiği bildirilmiştir. Mısırda hektara önerilen tohumlama 70-81 bin arasında bildirilmektedir. Tohumları takla böcekleri *(Elateridae spp.)* üyelerinden korumak için, hektara 28-32 gr. timol; 56-65 gr. sitronellal veya 9-113 gr. tiametoksam esansiyel yağlarının kullanılabileceği bildirilmiştir. Limon çimeni *(Cymbopogon nardus)*'nden elde edilen sitronellal, sıklıkla DEET (N,N-dietil-n-toluamid)'e alternatif olarak

sivrisineklere ve diğer sokucu-emici böceklere karşı kullanılmaktadır. Timol ve mentol esansiyel yağlarının pamuk yaprak kurdu *(Spodoptera litura)*'na karşı larvisit etki gösterdiği saptanmıştır. Ngoh ve ekibi (1998) ögenolün Amerika hamam böceği *(Periplaneta americana)*'ne karşı hem kontak hem de fumigant toksisiteye sahip olduğunu göstermişlerdir. Waliwitiya ve ekibi timol, sitronellal, ögenol esansiyel yağlarının *Agriotes obscurus* böceğinin geç evre larvalarına karşı hem kontak hem de uçucu halde toksisite gösterdiklerini saptamışlardır. Ngoh ve ark. (1998), ögenolün Amerika hamam böceği *(Periplaneta americana)*'ne karşı hem kontak hem de fumigant toksisiteye sahip olduğunu göstermişlerdir (Walia vd., 2014).

Herbisit Etkili Bitki Sekonder Metabolitleri

Tüm bitkiler bir derecede fitotoksin sekonder metabolitleri üretmektedirler. Ancak nadir durumlarda bazı bileşiklerin bazı türlere, diğer türlere karşı rekabet üstünlüğü sağladığı bilinmektedir. Sadece birkaç allelokimyasal aktif herbisit olarak belirlenebilmiş ve sonrasında modifiye edilmiştir. Terpenoid allelokimyasal 1,8-sineol (yaygın adıyla sinmetilin) ticari olarak geliştirilmektedir. Klorinatlı kampen türevi karışımı ToxapheneReg herbisit ve insektisit olarak satılmıştır ancak sonrasında 1982 yılında Birleşik Devletler Çevresel Koruma Ajansı (EPA) tarafından piyasadan kaldırılmıştır. Birkaç yüksek fitotoksik bitki ürünü keşfedilmiştir ancak, hiçbirisi herbisit olarak geliştirilememiştir. Sesquiterpenoid lakton'un ve peygamber süpürgesi bitkisi (*Artemisia annua*)'nden artemisin'in ticari herbisit sinmetilin gibi bitki büyümesini inhibe ettiği bulunmuştur. 2,4-dihidroksi-1 ve 4-benzoksazin-3 diğer birçok herbisit gibi bitki gelişim inhibitörleridir. Bitkiler hiperisin gibi çok sayıda fotodinamik bileşikler üretmektedirler ve güçlü fitotoksiktirler. Bu bileşiklerin herbisit olarak geliştirilmeleri olası değildir çünkü, ışığın varlığında yaşayan tüm organizmalara toksisiteleri bulunmaktadır. Çeltikden izole edilen fitoaleksinlerden olan momilakton A ve momilakton B'nin bitki büyüme inhibitörleri oldukları saptanmıştır ve mamilakton B'nin diğer bitki tohumlarının çimlenmesini engellediği gösterilmiştir (Walia vd., 2014).

Rodentisit Etkili Bitki Sekonder Metabolitleri

Bitkiler memelilere zehirli olan sayısız bileşikler üretmektedirler. Striknin gibi bunlardan bazıları ticari rodentisitlerde kullanılmaktadırlar. Kronik zehir warfarin ve birkaç analoğu kumarin türevi rodentisitlerdir (Aslan vd., 2021).

Mollusisit Etkili Bitki Sekonder Metabolitleri

Molluskisitler metaldehyde (2,4,6,8-tetrametil-1,3,5,7-tetroksokan) formunda yumuşakçaları öldüren pestisitlerdir. Mide etkili bir zehir olup, salyangoz ve sümüklü böceklere karşı kullanılmaktadır. Akut oral LD50 köpekler için 600-1000 mg/kg'dır. Bitki kaynaklı saponinler salyangozlara ve sülüklere karşı yüksek derecede toksiktir. Bazı baklagil türlerinin salyangoz ve sülüklere karşı dayanıklı olmasının sebebi ise ürettikleri siyanojenik glikozitlerdir (Altıkat vd., 2009).

Nematisit Etkili Bitki Sekonder Metabolitleri

Nematisit, nematodları, yani toprak veya suda yaşayan mikroskobik parazitik kurtları öldürmek için kullanılan kimyasal böcek ilaçlarının ortak adıdır. Birçok bitki türünün nematodlara yüksek derecede dayanıklı olduğu bilinmektedir. En iyi aydınlatılmışlar Papatyagiller *(Compositae)*'den Tagete türleri *(Tagetes spp.), Crotalaria spectabilis*, pire otları *(Crysanthemum spp.)*, hint yağı bitkisi *(Ricinus communis)*, nim ağacı *(Azadrachta indica)* ve papatyagiller (*Asteracea)* familyasının birçok türüdür. Tüm bu örnekler için nematisit aktivitenin prensibi yeterince aydınlatılamamıştır ve bitkiden üretilen nematisitler nematodları kontrol etmede ticari olarak piyasaya sürülmemiştir. Papatyagiller *(Asteraceae-Compositae)* türlerinden bazılarının ürettiği fotodinamik bileşik olan, α-tertienilin'in köklerde nematodlara karşı güçlü nematisit aktivite gösterdiği bildirilmiştir (Aydınlı vd., 2023).

Fungusit Etkili Bitki Sekonder Metabolitleri

Fungusitler mantar ve mantar sporlarını öldürmek için kullanılan kimyasal maddelerin ortak adıdır. 2000 yılında temel gıdalar ve hasat gelirlerinin %10-20'si fitopatojenik funguslarca zarara uğratılmış, bu kayıpların önlenmesi için sentetik kimyasallara bağlı kalınmış ve bu sentetik kimyasalların gelişigüzel kullanımı sonucunda zararlılarda direnç gelişimi meydana gelmiştir. Fungal patojenlere karşı bitki savunmalarından en önemlilerinden birisi, sekonder metabolitlerin üretimidir (Agrios, 2004). Sekonder metabolitlerin sentez bölgesi depolanma bölgeleri değildir. Hidrofilik bileşikler çoğunlukla vakuollerde depolanırken, lipofilik sekonder metabolitler yaygın olarak reçine kanalları, latisiferler (salgı kanalları), yağ hücreleri, trikomlar veya kutikulada depolanmaktadır. Sekonder metabolitlerin biyosentezinde görev alan en önemli yapı blokları; Asetil Co A, şikimik asit, mevalonik asit ve 1-deoksiksiluloz-5-fosfatdan türetilmektedirler ve bunlar asetat, şikimat, mevalonat ve deoksiksiluloz fosfat metabolik yollarında kullanılmaktadırlar (Dixon, 2001). Sağlıklı bitkilerde sürekli (konstitütif) olarak bulunan antifungal etkili sekonder

metabolitler fitoantisipinlerdir. Patojen saldırıları veya çevresel stres halinde üretilmeye başlananlar ise fitoaleksinlerdir. Fitoaleksinler genel olarak antifungal aktivitelerinde lipofilik ve spesifik olmayan, yapısal olarak farklı molekül grubudurlar. Fitoaleksinler fungal saldırıları karşılamada bitkiler için ekonomik bir çözümdür. Fitoaleksinlerin sentezi sadece enfeksiyonun erken periyotlarında meydana gelmekte ve genellikle belirli bir bölgede lokalize olmaktadır. Çoğu fitoaleksinler sentetik fungusitlerden daha az fungitoksiktirler ancak, bitki içerisinde büyük miktarlarda toplanmakta ve konsantrasyonları arttığında fungus gelişimini inhibe edebilmektedirler (Croteau vd., 2000). Fungusit özelliğine sahip fitoaleksinler, sekonder metabolitlerin üç büyük grubuna dahil olabilen örnekler içermektedirler ve aşağıdaki gibi gruplar içerisinde incelenmektedirler.

Fenolik Fitoaleksinler

Bu grup aromatik asitlerin, fenolik asit, kumarin, stilben, flavonoid, izoflavonoid, quinon ve ksanton gibi fenolik bileşiklerin modifikasyonuyla oluşan asetat birimlerinin yoğunlaşmasından türeyen metabolitleri içermektedir. *Sorghum* bitkisi patojenik ve patojenik olmayan fungal enfeksiyon üzerine cevap olarak, flavonoidlerin kompleks bir karışımını üretmektedir. Bu türde 3-deoksiantosiyanidinlerin birikmesinin tahıllarda antraknoz etmeni *Colletotrichum graminicola*'ya toksik olduğu gözlemlenmiştir (Engelmeier ve Hadacek, 2006). Şekerkamışında luteolinidin ve onun bir glikoziti tespit edilmiş ancak bu bileşiklerin şekerkamışı kırmızı çürüklük etmeni *Colletotrichum falcatum*'a karşı minimal etkide kaldığı belirlenmiştir (Brinker ve Seigler, 1991). Antraknoz hastalığı etmeni *Colletotrichum lindemuthianum*'a dayanıklı Kolombiya fasulye çeşitlerinde phaseollin üretiminin duyarlı olanlardan daha fazla olduğu tespit edilmiştir (Durango, 2002). *Rhamnus triquetra'*dan izole edilen bir antrakinon olan emodin 17 adet tipi tespit edilmiştir. Fungusun spor çimlenmesine karşı yüksek derecede etkili olduğu, bunlardan 7 türün *Alternaria*'ya ve 3 türün *Fusarium* cinsine ait olduğu belirlenmiş ve *Basidiomycete* cinsine ait patojenik bir fungus olan *Fomes annosus*'a karşı yüksek derecede inhibitör olduğu anlaşılmıştır. Ebegümeci *(Malva sylvestris)* bitkisinde, *Verticillium dahliae* tarafından spesifik indüklenen ve bu patojene karşı toksik olan Malvone A tanımlanmıştır (Veshkurova, 2006). Tatlı patates dokularında erken evrelerde, kara kök *(Ceratosystis fimbriata)* gibi bazı fungal patojenlere cevap olarak kumarinler üretilmektedir. Temel üretilen bileşiklerin umbelliferon ve scopoletin; küçük etkililerin ise esculetin ve iki beta-D-glikozit'in olduğu tanımlanmıştır (Grayer ve Kokubun, 2001). Turunçgiller *(Citrus spp.)* cinsine ait türlerde *Phytopthora parasitica*, *Guignardia citricarpa*,

Penicillium digitatum ve *Diaporthe citri* gibi patojenlere karşı teşvik edilen temel savunma fitoaleksininin, scoparone (6,7-dimetoksikumarin) olduğu tespit edilmiştir (De Lange vd., 1976). Ayçiçeği bitkisinin hipokotil, gövde, yaprak diskleri ve bağımsız yapraklarında hem patojenik *(Alternaria helianthis)* hem de patojenik olmayan *(Helminthosporium carbonum)* funguslarına cevap olarak scopoletin ve ayapin birikimi olmaktadır (Grayer ve Harborne, 1994). Fungal saldırı sonrası, Asma yaprakları resveratrol üretmektedir. Buna ek olarak *Rhizopus stolonifer*, *Plasmopara viticola* ve *Botrytis cinera*'yı içeren bir grup fungal patojene karşı benzer bileşikleri üretmektedir. *Botrytis cinera'*nın asmayı enfekte edebilme yeteneğinin, onun stilben fitoaleksinlerini denatüre edebilme yeteneğinden ileri geldiği bildirilmektedir. Resveratrolün lakkaz aracılı oksidasyonuna neden olan birkaç enzim tanımlanmıştır. E-viniferinin en toksik stilben olan pterostilbene çok benzediği ve *Botrytis cinera* spor çimlenmesi üzerine antifungal etkiye sahip olduğu bildirilmektedir (Adrian, 1997; 1998). Ak ladin *(Picea glauca)*, banks çamı *(Pinus banksiana)* ve Amerikan kızılçamı *(Pinus resinosa)* kozalaklarından elde edilen pinosilvin, pinosilvin metil eter ve pinosilvin di-metil eter stilbenleri Beyaz kök fungusu etmenleri *Trametes versicolor* ve *Phanerochaete chrysosporium* ile kahverengi kök fungusu etmeni *Neolentius lepideus'*un gelişimini engellemektedir (Yazdani vd., 1992).

Terpenoid Fitoaleksinler

Terpenoidler reçine kanalları, yağ hücreleri ve trikom bezelerinde depolanan yüksek miktarda hidrofobik maddelerdir. Monoterpenlerden karvakrol ve timolün sırasıyla *Satureja tymbra* ve *Tymbra spitaca* bitkilerinde bulunan temel antifungal maddeler olduğu belirlenmiştir. Karvakrol ve timol sekonder metabolitleri ticari fungusitler ile karşılaştırılmış ve etkili antifungal aktivite gösterdikleri saptanmıştır. 100 mg konsantrasyonda *Rhyzoctonia solani*, *Fusarium moniliforme*, *Sclerotinium sclerotiorum* ve *Phytophtora capsici* türlerinde total miselyum inhibisyonu gerçekleşmiştir (Bednarek ve Osbourn, 2009). Sitral monoterpeni *Penicillium italicum*'a karşı potansiyel bir antifungal olarak rapor edilmiştir. Fungal enfeksiyonlara karşı patates yumrularında biriktirilen majör etkili fitoaleksinlerin sesquiterpenlerden rishitin, lubimin ve solavetivon olduğu bildirilmiştir (Harris ve Dennis, 1976). Fitoaleksinler gibi işlev gören diterpenoidler, çeltik *(Oryza sativa)*'den izole edilen bileşiklerdir ve çeltik külleme hastalığı etmeni filamentli *Ascomycete* cinsine ait *M. grisea* fungusuna karşı antifungal etki gösterdikleri saptanmıştır. İlk tanımlanan çeltik fitoaleksinleri momilakton A ve momilakton B idi. Bu bileşikler çeltik tohumlarından izole edilmişler ve bitki büyüme inhibitörleri olarak tanımlanmışlardır. Sonrasında mamilakton B'nin diğer bitki türlerinin

çimlenmesini engellediği gösterilmiştir. Momilaktonlar spesifik olarak *M. grisea*'ya karşı etkili olmakta ve enfeksiyon sonrasında yapraklarda birikimleri gerçekleşmektedir (Kabuto vd., 1973).

Alkaloid Fitoaleksinler

Çok az miktarda alkaloid, fitoaleksin olarak tanımlanmıştır. Bunlardan bir tanesi Doğu Anadolu haşhaşı *(Papaver bracteatum)* süspansiyon hücre kültürlerinden elde edilen sanguinarindir. Sentezleri hem fungal saldırı sonrasında hem de hormonal yoksunluk uyarımlı gerçekleşmektedir (Al-Khayri vd., 2023). *Arabidopsis thaliana* yapraklarının hem biotrofik hem de nekrotrofik bitki patojenleri ile enfeksiyonu sonucu, kamaleksin üretimi meydana gelmektedir. Ayrıca kamaleksin biyosentezi sadece yapraklarla sınırlı olmayıp *Oomycete* türü *Phytium sylvaticum* kök enfeksiyonunda köklerde de üretilmektedir. Buna ek olarak *Capasella sativa* ve *Capasella bursa-pastoris* yabani turpgil türlerinin *Alternaria brassicae*'yi içeren farklı turpgiller patojenlerine dayanıklılığı majör etkili kamaleksin ve daha az miktarda benzer bileşik olan 6-methoksikamaleksin üretimiyle ilişkilendirilmiştir (Do vd., 2023).

Poliketid fitoaleksinler

Fitoaleksinler ayrıca temel olarak asetat birimi kombinasyonundan meydana getirilen poliketidlerden de türetilebilmektedirler. Bakla *(Vicia faba)* dokuları enfeksiyon sonrası savunma cevabı olarak, wyeron asit ve wyeron furanoasetik asit gibi düşük molekül ağırlıklı sekonder metabolitleri üretmektedir. Wyeron asit *Botrytis cinera* kaynaklı lezyonlarda biriktirilmektedir. İlk etapta dokularda biriktirilmesi sürmekte ancak sonrasında azalma eğilimi göstermektedir. Botrytis baklagil funguslarının baklagillerde yaygın bir şekilde kolonize olabilmesinin nedeni olarak, baklagil fitoaleksinlerini detoksifiye edebilmeleri ve bunların toksisitesini düşürebilmelerinden ileri geldiği düşünülmektedir (Buzi vd., 2003).

Antifungal Bitki Sekonder Metabolitlerin Etki Mekanizmaları

Bitki sekonder metabolitleri fitopatojenik fungusları moleküler seviyedeki engellemelerle bertaraf etmektedirler. Moleküler hedefler ise; biyomembranlar, proteinler ve nükleik asitleri içermektedir. Üzümlerden izole edilen fenolik bileşiklerden katekin, epikatekin-3-O-gallat, trans-kaftarik, trans- ve cis-kautarik ve trans-kumarik asitlerin potansiyel *Botrytis cinera* stilben oksidaz inhibitörleri olarak tanımlanmışlardır. Diterpen 3 beta-hidroksi-kaurenoik *Botrytis cinera*'da membran geçirgenliğini etkileyen, miselyumlardan fosfor akışını stimüle etmektedir (Goetz vd., 1999). Tetrasiklik triterpenoidlerden olan

cucurbitasinler I ve D *Botrytis cinera* ekstrasellüler lakkaz (oksidatif fitopatojen fungus enzimi) enzimi oluşumu inhibitörleridirler. Cucurbitasinlerin enfeksiyon yayılımını önlemedeki kabiliyetlerinin, lakkaz enzimi üretimi için gerekli mRNA miktarını düşürmelerinden ileri geldiği tespit edilmiştir (Gonen vd., 1996). *Aspergillus flavus* enfeksiyonu ile hücre duvarı ve DNA yıkımı sonrası, sitral kaynaklı ilerleyen süreçte sporların çimlenme kabiliyetlerinin yok olduğu saptanmıştır. Ayrıca sitralin triptofan ile yük transfer kompleksi şekillendirdiği ve iyi bir elektron vericisi olduğu rapor edilmiştir (Feng vd., 2023). Saponinler (triterpenoidler, steroidler, steroidal alkaloid glikozatları) konstitütif fitoantisipinler olmalarına rağmen, teşvik edilebilmektedirler ve temel antifungal aktivite mekanizmalarının fungus membranlarındaki bütünlüğün kaybına neden olan, sterollerle kompleks oluşturabilme kabiliyetlerinden ileri geldiği bilinmektedir (Oakenfull ve Sidhu, 2023). *Botrytis cinera* dormant konidialarına eklenen pterostilbenin, endoplazmik retikulumu parçaladığı ve çekirdek ile mitokondri membranlarına zarar verdiği rapor edilmiştir. Yarım saat içerisinde sitoplazma çok miktarda vakuol halinde koagüle olmuş ve kristaların tam organizasyonunu yitirmesi sonucunda mitokondri yok olmuştur. Konidiaların total yıkımı ise plazma membranının yıkımı ile gerçekleşmiştir (Pezet ve Pont, 1990). *Phytophtora infestans, P. porriet,* ve *P. cactorum* gibi bazı fungusların zoosporlarında dört terpenoid tip fitoaleksinlerin (rishitin, phytuberin, beta-rotunol ve solavetivon) varlığında sitoplazmik granülleşmeler ve plazma membran bozunmaları gelişebilmektedir. Bu tip etkiler ayrıca izoflavonoid fitoaleksinlerle (phaseolin, keviton) muamele edilmiş fungal hücrelerde de gözlenmiştir (Singla vd., 2023). Resveratrol ve piceatannol gibi hidroksistilbenlerin bazı fungal ATPaz'ları inhibe ettiği ve hücre iskeletiyle etkileşime giren iki protein olan şaperon ve co-şaperon'da ayrışma meydana getirdiği tespit edilmiştir (Adrian vd., 1997). Soya fasulyesinden elde edilen glyceollin gibi bazı fitoaleksinlerin mitokondrial elektron taşıma zinciri komplekslerine karşı spesifik inhibisyona sahip olduğu bildirilmiştir (Graham, 1995).

SONUÇ

Bu çalışmada tarımda ekonomik kayba neden olan hastalık ve zararlılara karşı kullanılabilecek alternatif bitkisel doğal kaynaklar hakkında bilgi verilmiştir. Pestisit potansiyeli yapılan deneyler sonucunda tespit edilmiş ve iyi bilinen sekonder metabolitlerin yanı sıra, hala araştırılmakta olan sekonder metabolitlerin de sayısı oldukça fazladır. Sekonder metabolitler doğal kaynaklar olmalarından dolayı doğada parçalanmaları hızlı olmaktadır ve böylece çevrede zararlı kalıntı bırakmamaktadırlar. Bunun yanı sıra bitkiler çoğu defa tek bir

sekonder metabolit yerine, birden fazla sekonder metabolitin yer aldığı kompleks moleküller üretmektedir. Aynı zamanda biyotransformasyon aracılığıyla bir metabolit başka bir metabolite de dönüştürelebilmektedir. Böylece zararlının bu çok çeşitli etken maddelere karşı direnç kazanması, sentetik kimyasalların tek bir etken maddesine karşı direnç kazanmasından daha uzun sürmektedir. Her bir bitki kendi doğal ekosisteminde yaşamaya adapte olmuş, oradaki çevresel koşullara ve diğer canlılara karşı kendini koruyacak mekanizmalara sahip olmuştur. Bunun sonucunda herhangi bir yerde yetişen bir bitki, birlikte yaşamak durumunda olduğu zararlıya karşı en iyi silahı yine kendisi geliştirmiştir. Ancak farklı koşullarda yaşamaya adapte olmuşken, bölgesinden ayrılan ve farklı bir bölgede kültüre alınan bir bitki aynı zararlıya karşı aynı performansı gösterememektedir. Bu durum ise bitkilerin zararlılara karşı çok hassas canlılar olduklarını akıllara getirmekte ve mücadele edebilmeleri için bazı durumlarda kimyasal ilaç kullanımının elzem olduğu fikrini vermektedir. Doğal kaynakların potansiyelinin bilinmesi ve bunların değerlendirilmesi, sentetik olanlara göre geri kalmaktadır. Yapılan literatür araştırmasında, birçok bitki türevli sekonder metabolitin geniş spektrumlu insektisit, herbisit veya fungusit olduğu yapılan deneyler sonucunda kanıtlandığı ve bunun sonucunda kimyasal yapısı taklit edilerek sentetik olarak üretildiği ve ticari pestisit olarak satılmakta olduğu anlaşılmıştır. Günümüze kadar yüksek bitkilerin yalnızca % 3'ünün sekonder metabolit içeriği tanımlandığı göz önüne alınırsa, henüz araştırılmayı bekleyen ve gizemini koruyan daha birçok mucizevi doğal kaynağın olduğu anlaşılabilmektedir. Sonuç olarak bu değerli kaynakların araştırılması ve daha çok alternatifin keşfedilmesi, etki mekanizmalarının anlaşılması ve bunların özellikle yeni teknolojiler kullanılarak üretilebilmeleri de sağlanmalıdır.

REFERANSLAR

Abt, M.C., Osborne, L.C., Monticelli, L.A., Doering, T.A., Alenghat, T., Sonnenberg, G.F., Paley, M.A., Antenus, M., Williams, K.L., Erikson, J., Wherry, E.J., ve Artis, D. (2012). Commensal bacteria calibrate the activation threshold of innate antiviral immunity. Immunity, 37(1), 158-70.

Adrian, M., Jeandet, P., Veneau, J., Weston, L.A., ve Bessis, R. (1997). Biological activity of resveratrol, a stilbenic compound from grapevines, against Botrytis cinerea, the casual agent for gray mold. J. Chem. Ecol., 23, 1689-1702.

Adrian, M., Rajei, H., Jeandet, P., Veneau, J., ve Bessis, R. (1998). Resveratrol oxidation in Botrytis cinerea conidia. Phytopathology, 88, 472-476.

Agrios, G.N. (2004). Losses caused by plant diseases. Oxford: Elsevier.

Al-Khayri, J.M., Rashmi, R., Toppo, V., Chole, P.B., Banadka, A., Sudheer, W.N. ve Rezk, A.A.S. (2023). Plant secondary metabolites: The weapons for biotic stress management. Metabolites, 13(6), 716.

Altıkat, A., Turan, T., Ekmekyapar Torun, F., ve Bingül, Z. (2009). Türkiye'de pestisit kullanımı ve çevreye olan etkileri. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 40(2), 87-92.

Ambrose, A.M., Harvey B.H. (1936). Toxicological study of Derris. Industrial & Engineering Chemistry, 28(7): 815-821.

Anonim, (2023). Pyrethrins General Fact Sheet. National Pesticide Information Center. http://npic.orst.edu/factsheets/formulations.pdf adresinden 18 Nisan 2023 tarihinde alınmıştır.

Anonim, (2023a). The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification 2019. file:///C:/Users/Win10/Downloads/9789240005662-eng%20(1).pdf adresinden 13 Nisan 2022 tarihinde alınmıştır.

Aslan, C., Kekillioğlu, A., Şen, M., ve Kızılırmak, A. (2021). Examination on Pesticides (No. 6592). EasyChair. file:///C:/Users/Win10/Downloads/EasyChair-Preprint-6592.pdf adresinden 18.09.2023 tarihinde alınmıştır.

Aydınlı, G., Çaltepe, E., ve Mennan, S. (2023). Tuzak bitkilerin kök-ur nematodlari ile mücadelede kullanım potansiyelleri. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 37(1), 155-182.

Bednarek, P., ve Osbourn, A. (2009). Plant-microbe interactions: Chemical diversity in plant defence. Science, 324, 746-748.

Booker, C.J., Bedmutha, R., Scott, I.M., Conn, K., Berruti, F., Briens, C., ve Yeung, K.K.C. (2010). Bioenergy II: Characterization of the pesticide

properties of tobacco bio-oil. International Journal of Chemical Reactor Engineering, 8(1).

Bradberry, S.M., Cage, S.A., Proudfoot, A.T., ve Vale, J.A. (2005). Poisoning due to pyrethroids. Toxicological reviews, 24(2): 93-106.

Brinker, A.M., ve Seigler, D.S. (1991). Isolation and identification of piceatannol as a phytoalexin from sugarcane. Phytochemistry, 30(10), 3229-3232.

Busbey, M.R., McIndoo, N.E., ve Roark, R.C. (1936). A bibliography of nicotine. US Government Printing Office.

Buzi, A., Chilosil, G., Timperio, A., Zolla, L., Rossall, S., ve Magrol, P. (2003). Poplygalacturonase produced botrytis fabae as elicitor of two furanoacetylenic phytoalexins in *Vicia faba*. Plant. Pathol., 85(2), 111.

Cao, F., Souders, Ii C.L., Perez-Rodriguez, V., Martyniuk, C.J. (2019). Elucidating Conserved Transcriptional Networks Underlying Pesticide Exposure and Parkinson's Disease: A Focus on Chemicals of Epidemiological Relevance. Front Genet., 25(9), 701.

Casida, J. (2012). Pyrethrum: The natural insecticide. Oxford: Elsevier.

Costa, C.A., Guiné, R.P., Costa, D.V., Correia, H.E., ve Nave, A. (2023). Pest control in organic farming. In Advances in Resting-state Functional. MRI: Woodhead Publishing.

Croteau, R., Kutchan, T., ve Lewis, N. (2000). Natural products (Secondary metabolites). Editors B. Buchanan, W. Gruissem, R. Joneas, Biochemistry and Molecular Biology of Plants, (pp. 1250-1268). American Society of Plant Biologists, Rockville, MD.

Crozier, A., Jaganath, I.B., ve Clifford, M.N. (2006). Phenols, polyphenols and tannins: an overview. Plant secondary metabolites: Occurrence, structure and role in the human diet, 1, 1-25.

De Lange, J.H., Vincent, A.P., Du Plessis, L.M., Van Wyk, P.J., ve Ackerman, L.G.J. (1976). Scoparone (6,7-dimethoxycoumarin) induced in citrus peel by black spot, Guignardia citricarpa Kiely. Phytophylactica, 8, 83-84.

Dixon, R. (2001). Natural products and plant disease resistance. Nature, 411, 843-847.

Do, T.M.H., Choi, M., Kim, J.K., Kim, Y.J., Park, C., Park, C.H. ve Park, S.U. (2023). Impact of light and dark treatment on phenylpropanoid pathway genes, primary and secondary metabolites in Agastache rugosa transgenic hairy root cultures by overexpressing Arabidopsis transcription factor AtMYB12. Life, 13(4), 1042.

Durango, D., Quinones, W., Torres, F., Rosero, Y., Gil, J., ve Echeverri, F. (2002). Phytoalexin accumulation in Colombian bean varieties and aminosugars as elicitors. 7, 817-832.

Duval, J. (1993). Home production of pyrethrum. Canada: McGill University Press.

Engelmeier, D., ve Hadacek, F. (2006). Antifungal natural products: assays and applications. Editor W. Rai, Naturally occurring bioactive compounds, (pp. 423-467). Elsevier Sci. Ltd.

Feng, J., Yanshao, B., Wang, H., Zhang, X., ve Wang, F. (2023). Recent advancements on use of essential oils as preservatives against fungi and mycotoxins spoiling food grains. Food Additives & Contaminants, Part A, 40(9), 1-22.

Firn, R. (2010). Nature's Chemicals. Oxford: Biology.

Goetz, G., Fkyerat, A., Metais, N., Kuns, M., Tabachi, R., Pezet, R., ve Pont, V. (1999). Resistance factors to grey mould in grape berries: identification of some phenolics inhibitors of Botrytis cinerea stilbene oxidase. Phytochemistry, 52, 759-767.

Gonen, L., Viterbo, A., Cactone, F., Staples, R.C., ve Mayer, A.M. (1996). Effect of cucurbitacins on mRNA coding for laccase in Botrytis cinerea. Phytochemistry, 42, 321-324.

Graham, T.L. (1995). Cellular biochemistry of phenylpropanoids responses of soybean to infection by Phytophtora sojae. Editors M. Daniel, R.P. Purkayastha, Handbook of Phytoalexin Metabolism and Action, (pp. 85-116). New York: Marcel Dekker.

Grayer, R.J., ve Harborne, J.J. (1994). A survey of antifungal compounds from higher plants. Phytochemistry, 37, 19-42.

Grayer, R.J., ve Kokubun, T. (2001). Plant-fungal interactions: The search for phytoalexins and other antifungal compounds from higher plants. Phytochemistry, 56, 253-263.

Harris, J.E., ve Dennis, C. (1976). Antifungal activity of post-infectional metabolites from potato tubers. Physiol. Plant Pathol., 9, 155-165.

Hayes, W.J. (1991). Handbook on Pesticides. Academic Press.

Hazell, P.B.R. (2009). The asian green revolutio. Intl. Food Policy Res Inst.

James, P., ve Smith, J.R. (2022). Purposeful Use Of Poisonous Plants. Botanical Studies, 105,1-7.

Kabuto, K.C., Sasaki, N., Tsunagawa, M., Aizawa, H., Fujita, K., Kato, Y., Kitahara, Y., ve Takahashi, N. (1973). Mamilactones, growth inhibitors from rice, *Oryza sativa* L.. Tetrahedron Lett., 14, 3861-3864.

Kanbur, M., ve Aslan, C. (2022). Kanatlı Hekimliği. Editör E. Yarsan, Pestisitler ve çevre kirleticilerinden kaynaklanan olumsuzluk faktörleri (pp.735-744). Ankara: Güneş Kitabevi.

Katip, A. (2019). Bursa İli tarımsal pestisit kullanımının değerlendirilmesi. Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi, 8(1), 197-205.

Klockgether-Radke, A.P. (2002). F.W. Sertürner and the discovery of morphine. 200 years of pain therapy with opioids. German:AINS.

La Forge, F.B., Haller, H.L., ve Smith, L.E. (1933). The determination of the structure of rotenone. Chemical Reviews, 18(2), 181-213.

Lupescu, A., Jilani, K., Zbidah, M., ve Lang, F. (2012). Induction of apoptotic erythrocyte death by rotenone. Toxicology, 300(3): 132–7.

Mammadov, R. (2014). Tohumlu Bitkilerde Sekonder Metabolitler. Ankara: Nobel yayın dağıtım.

Manske, R.H.F. (1965). The Alkaloids. Chemistry and Physiology. New York: Academic Press.

Metcalf, R.L. (2000). Insect Control. New Jersey: Wiley-VCH.

Mikail, H. G., Mohammed, M., Umar, H.D., ve Suleiman, M.M. (2022). Secondary metabolites: The natural remedies. London: IntechOpen

Mishra, B.B., ve Tiwari, V.K. (2011). Natural products: an evolving role in future drug discovery. Eur J Med Chem., 46(10): 4769-807.

Oakenfull, D., ve Sidhu, G.S. (2023). Saponins. Toxicants of plant origin, 97-142.

Pavela, R. (2016). History, presence and perspective of using plant extracts as commercial botanical insectisides and farm products for protection against insects: a review. Plant Protect. Sci., 52 (4), 229-241.

Peter, F. (2007). Lake poisoning seems to have worked to kill invasive pike San Francisco Chronicle. https://www.npr.org/2007/09/25/14698649/california- poisons-lake-targeting-invasive-pike adresinden 8 Ağustos 2022 tarihinde alınmıştır.

Pezet, R., ve Pont, V. (1990). Ultrastructural observations of pterostilbene fungitoxicity in dormant conidia of Botrytis cinerea. Pers. J. Phytopatho, 129, 29-30.

Qiu, S., Sun, H., Zhang, A.H., Xu, H.Y., Yan, G.L., Han, Y., Wang, X.J. (2014). Natural alkaloids: basic aspects, biological roles, and future perspectives. Chin J Nat Med., 12(6), 401-406.

Rivera, S.B., Swedlund, B.D., King, G.J., Bell, R.N., Hussey, C.E., Shattuck-Eidens, D.M., Wrobel, W.M., Peiser, G.D. ve Poulter, C.D. (2001). Crysanthemyl diphospate synthase: Isolation of the gene and characterization of the recombinant non-head-to-tail monoterpene

synthase from Crysanthemum cinerariaefolium. Proceedings of the National Academy of Sciences, 98(8): 4373-8.

Robertson, D.R., ve Smith-Vaniz, W.F. (2008). Rotenone: An Essential but Demonized Tool for Assessing Marine Fish Diversity. BioScience, 58(2), 165.

Senthil-Nathan, S., Kalaivani, K., Murugan, K., ve Chung, G. (2005). The toxicity and physiological effect of neem limonoids on Cnaphalocrocis medinalis (Guenee) the rice leaffolder. Pesticide Biochemistry and Physiology, 81(2), 113.

Singla, P., Bhardwaj, R.D., Sharma, S., ve Sunidhi. (2023). Plant–Fungus Interaction: A Stimulus–Response Theory. Journal of Plant Growth Regulation, 1-13.

Specter, M. (2009). A life of its own. USA: The New Yorker.

Taylor, D.G. (2003). NIOSH pocket guide to chemical hazards. Cincinnati: National Institute for Occupational Safety and Health Publisher.

Todd, G.D., David, W., ve Mario, C. (2001). Toxilogical profile for pyrethrins and pyrethroids. Agency for Toxic Substances and Disease Registry. https://www.atsdr.cdc.gov/ToxProfiles/tp155-p.pdf adresinden 12 Nisan 2023 tarihinde alınmıştır.

Tyagi, R., Kalani, R., ve Pareek, C. (2023). Alkaloids, biosynthesis and their applications. International Journal on Orange Technologies, 5(5), 1-16.

Veshkurova, O., Golubenko, Z., Pshenichkov, E., Arzanova, I., Uzbekov, V., Sultanova, E., Salikhov, S., Williams, H.J., Reibenspies, J.H., ve Puckhaber, L.S. (2006). Malvone A. A phytoalexin found in Malva sylvestris (family Malvaceae). Phytochemistry, 67(21), 2376-2379.

Vettorazzi, G. (1979). International regulatory aspects for pesticide chemicals. California: CRC Press. pp. 89-90.

Vyas, R.V., Jani J.J., ve Yadav D.N. (1992). Effect of some natural pesticides on entomogenous muscardine fungi. Indian J Exp Biol., 30(5), 435-6.

Wainaina, J.M.G. (1995). Pyrethrum flowers-production in Africa. Editors E. John, W. Quistad, B. Gary, Pyrethrum flowers. Oxford: Oxford University Press.

Walia, S., Supradip S.F.Rsc., ve Virendra, S.R. (2014). Advances in plant biopesticides. Editor D. Singh, Phytochemical Pesticides, (pp. 295-322). New Delhi: Springer.

Yazdani, D., Tan, Y.H., Zainal Abidin, M.A., ve Jaganath, I.B. (2011). A review on bioactive compounds isolated from plants against plant pathogenic fungi. Journal of Medicinal Plants Research, 5(30), 6584-6589.

Bölüm 24

Uydu ve İnsansız Hava Araçları Tabanlı Tarımsal Uzaktan Algılama Uygulamaları

Sinan DEMİR[1], Levent BAŞAYİĞİT[2]

1 Dr. Öğr. Üyesi; Isparta Uygulamalı Bilimler Fakültesi
Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü.
sinandemir@isparta.edu.tr ORCID No: 0000-0002-1119-1186
[2] Prof. Dr.; Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü.
leventbasayigit@isparta.edu.tr ORCID No: 0000-0003-2431-5763

ÖZET

Uzaktan algılama, yeryüzünü fiziksel bir temas olmaksızın cisimlerin gözlenmesi ve ölçülmesine ilişkin bilgi sağlayan bir bilimdir. Yansıyan veya yayılan enerji; algılanması, kaydı ve analizi sonucunda yeryüzüne ait kullanılabilir bilgiler haline dönüşmektedir. 1958 yılında Paris şehrinin üzerinden sıcak hava balonunu kullanarak fotoğrafların elde edildiği günden bugüne kadar uzaktan algılama platformları ve kullanılan sensörler önemli ölçüde gelişmiştir. Tarımsal amaçlı kullanımı ise Landsat-1'in (ERST-1) 1972'de başlayan uydu tabanlı uzaktan algılama platformları son yıllarda sivil amaçlı insansız hava araçları platformlarının kullanımı ile kişisel ölçeğe kadar inmiş, teknolojik ürünler ile entegrasyonu ile Tarım 4.0, Dijital Tarım ve Akıllı Tarım olarak şekillenmiştir. Tüm bu süreçler tarımsal üretimde kârlılık artışı ve çevresel kaliteyi koruma hedefini yakalamada anlamlı fark yaratmıştır, akıllı teknolojilerin gelişimini desteklemiştir. Bu gelişmelerin gelecekte gıda güvenliğini sağlama yönünde evrileceği çevresel ve ekonomik faydaların yanında toplumsal süreçlerin yönetiminde yer alacağı beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Uydu, İnsansız Hava Aracı, Sensör, Tarımsal Uygulamalar, Elektromanyetik Spektrum

GİRİŞ

Tarım, dünya nüfusunun beslenmesinde temel bir rol oynamaktadır, ancak bu sektör, çevresel değişiklikler ve artan talep gibi dinamik faktörlerle sürekli olarak dönüşmektedir. Bu dönüşümün kilit bir parçası, uzaktan algılama teknolojilerinin tarıma entegre edilmesidir.

Uzaktan algılama, cisimleri temas etmeden gözlemleyerek ve ölçerek bilgi sağlama yeteneğini ifade eder. Bu teknoloji, 1958'den itibaren sıcak hava balonlarından modern uydu tabanlı sistemlere kadar büyük bir evrim geçirdi. Tarımsal kullanımı ise Landsat-1 (ERST-1) ile 1972'de başladı ve sivil amaçlı insansız hava araçlarının (İHA) yükselişiyle kişisel ölçekte uygulanabilir hale geldi. Bu ilerlemeler, Tarım 4.0, Dijital Tarım ve Akıllı Tarım gibi kavramların ortaya çıkmasına yol açtı (Demir ve Başayiğit, 2021).

Uzaktan algılama, tarım sektöründe gerçek bir dönüşüm sağladı. Çiftçiler, ürün verimliliğini artırmak, kaynakları daha verimli kullanmak ve çevresel sürdürülebilirliği artırmak için bu teknolojilere yönlendi. İHA'lar ve uydu tabanlı sistemler, tarım alanlarını ve bitki sağlığını izlemek, sulama ve gübreleme stratejilerini optimize etmek, hastalıkları ve zararlıları erkenden tespit etmek gibi bir dizi uygulama sunmaktadır (Demir ve Başayiğit, 2020).

Gelecekte, bu teknolojilerin gıda güvenliği sağlamada ve çevresel sürdürülebilirliği korumada kritik bir rol oynamaya devam etmesi beklenmektedir. Ayrıca, toplumsal süreçlerin yönetiminde de etkili bir şekilde kullanılabilirler.

Bu kitap bölümü, uzaktan algılamanın tarım sektöründeki bu önemli dönüşümünü ve gelecekteki potansiyelini ayrıntılı olarak ele almaktadır. Bu teknolojiler, tarımın daha verimli, sürdürülebilir ve bilgi tabanlı bir sektör haline gelmesine katkıda bulunarak tarımın geleceğini şekillendirmeye devam edecektir.

ELEKTROMANYETİK SPEKTRUM (TAYF)

Hava fotoğrafları teknik anlamda uzaktan algılamanın temeli olarak kabul edilir. Günümüzde uzaktan algılama verileri kameralar ve sensörler ile donatılmış uydular, uçaklar ve insansız hava araçları tarafından sağlanmaktadır. Kameralar ve sensörler görüntüyü; elektromanyetik tayfın görüntü bölgesi (Spectral Image Region) olarak adlandırılan, yansıyan ve yayılan enerjiyi ölçerek oluşturulmaktadır. Bu bölgede görünen ve yakın kızılötesi bantları oluşturan ışıma en karakteristik ölçümler vermektedir (Jensen, 1986). Elektromanyetik spektrumun ana bölgeleri ve uzaktan algılama amaçlı kullanımları Tablo 1'de belirtilmiştir.

Tablo 1. Elektromanyetik Spektrumun Ana Bölgeleri

Bölge Adı	Dalga Boyu	Açıklama
Gama ışını	<0.03 nm	Tamamen Dünya atmosferi tarafından emilir ve uzaktan algılama için uygun değildir.
Röntgen	0.03-30 nm	
Ultraviyole	300-400 nm	Dünya atmosferinde ozon tarafından emilen 0.03 ile 0.3 mikrometre dalga boyları.
Fotoğrafik Ultraviyole	300-400 nm	Dünyayı uzaktan algılamak için kullanılabilir. Kameralar ve sensörler ile görüntülenebilir.
Görünür	400-700 nm	
Yakın ve Orta Kızılötesi	700-3000 nm	
Termal Kızılötesi	<0.7-3.0 µm	Dünyayı uzaktan algılamak için kullanılabilir. Bu dalga boyu bandını görüntülemek için sensörler kullanılır.
Mikrodalga veya Radar	0.1-100 cm	Bu bandın daha uzun dalga boyları bulutlardan, sisten ve yağmurdan geçebilir. Bu bandı kullanan görüntüler, aktif olarak mikrodalga yayan sensörlerle yapılabilir.
Radyo	>100 cm	Normalde Dünya'yı uzaktan algılamak için kullanılmaz.

UYDU VE İHA PLATFORMLARINDAN ALINAN GÖRÜNTÜLER İÇİN ÇÖZÜNÜRLÜK

Uydu ve İHA platformları kullanılarak alınan görüntülerde 4 farklı çözünürlük tanımlanmaktadır (Tablo 2). Bu özellikler uzaktan algılanacak objenin çeşidi, yapılacak çalışmanın amacı, üretilecek uzamsal verilerin detay ve kalitesini belirleyici ön koşuldur. Çoğu zaman gereken tüm özellikleri tek bir uzaktan algılama sensöründe birleştirmek zordur. Örneğin, yüksek uzamsal çözünürlüğe sahip gözlemler elde etmek için (Landsat 8 OLI 'deki gibi) daha dar bir alan gerekir, bu da belirli bir alanın gözlemleri arasında daha fazla zaman gerektirmektedir. Bu durum daha düşük bir zamansal çözünürlükle sonuçlanmaktadır. Araştırmacılar kullanım amaçlarına göre çözünürlük çeşitleri arasında karar vermek zorunda kalmaktadır. Bu nedenle, belirli bir çalışma alanı için gereken veri türünü anlamak çok önem arz etmektedir. Zaman içinde dinamik olan hava durumunu araştırırken, yüksek bir zamansal çözünürlük çok önemlidir. Mevsimsel bitki örtüsü değişiklikleri araştırılırken daha yüksek spektral ve uzamsal çözünürlük elde etmek adına zamansal çözünürlük feda edilebilir. Bu sebeple uydu ve İHA tabanlı platformlardan alınan görüntülerin çözünürlüklerinin belirlenmesi kullanım amacı belirlendikten sonra görüntülerin temin edilmesi, çıktıların daha başarılı sonuçlar elde edilmesini sağlayacaktır.

Tablo 2. Uzaktan Algılama Platformlarındaki Sensörlerdeki Çözünürlük

Çözünürlük Çeşitleri	**Tanımları**
Uzamsal Çözünürlük	Görüntüye ait her bir pikselin kenar uzunluğunun, yersel karşılığının kaç metre ya da santimetre olarak karşılığını belirtmektedir.
Spektral Çözünürlük	Görüntüdeki spektral band sayısıdır. Spektrumun kaç ayrı bölgesinde algılama yapıldığını belirtmektedir.
Radyometrik Çözünürlük	Verinin parlaklık değeri yani renk derinliğini göstermektedir. Sensörlerin EMS'daki küçük değişimleri algılayabilme yeteneğini belirtmektedir.
Zamansal Çözünürlük	Görüntünün aynı noktadan tekrar veri alma sıklığını ifade etmektedir.

Günümüzde ücretsiz şekilde veri temini yapılabilen Landsat 8 ve Sentinel-2 yer gözlem uydularına ait çözünürlük ve anlık görüntü genişlikleri karşılaştırmalı olarak Tablo 3'te verilmiştir. Bu iki uydu platformunda yakın kızılötesi bölgede algılama yapabilen spektral bandları olan multispektral sensörler tarımsal uygulamalarda başarılı bir şekilde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Tablo 3. Tarımsal Amaçlı Kullanılan Bazı Uydu Platformlarının Özellikleri

Özellikler	Landsat 8[1]	Sentinel-2[2]
Spektral Çözünürlük	Band 1: 0.433-0.453 µm (aerosols), Band 2: 0.450-0.515 µm (Blue), Band 3: 0.525-0.600 µm (Green), Band 4: 0.630-0.680 µm (Red), Band 5: 0.845-0.885 µm (NIR), Band 6: 1.560-1.660 µm (SWIR), Band 7: 2.100-2.300 µm (SWIR), Band 8: 0.500-0.680 µm (Pan), Band 9: 1.360-1.390 µm (SWIR), Band 10: 10.30-11.30 µm (LWIR), Band 11: 11.50-12.50 µm (LWIR)	Band 1: 443 nm (aerosols), Band 2: 490 nm (Blue), Band 3: 560 nm (Green), Band 4: 665 nm (Red), Band 5: 705 nm (RedEdge), Band 6: 740 nm (RedEdge), Band 7: 783 nm (RedEdge), Band 8: 842 nm (NIR), Band 8a: 865 nm (NIR), Band 9: 945 nm (NIR), Band 10: 1375 nm (NIR), Band 11: 1610 nm (SWIR), Band 12: 2190 nm (SWIR)
Radyometrik Çözünürlük	12 bit 4096 renk derinliği	12 bit 4096 renk derinliği
Uzamsal Çözünürlük	Band 1-7, 9: 30 m, Band 8: 15 m, Band 10, 11: 100 m	Band 2-4, 8: 10 m, Band 5-7, 8a, 11, 12: 20 m, Band 1, 9, 10: 60 m
Zamansal Çözünürlük	Ekvatorda 16 gün	Ekvatorda 5 gün
Frame	**Anlık Görüntü Boyutu**	
	185 x180 km	100 x 100 km
Kaynak	[1]https://www.usgs.gov/landsat-missions/landsat-8 adresinden 12 Eylül 2023 tarihinde alınmıştır. [2] https://sentinel.esa.int/web/sentinel/missions/sentinel-2/instrument-payload/resolution-and-swath 12 Eylül 2023 tarihinde alınmıştır.	

Tarımsal Uygulamalar İçin Uydu Görüntülerinin İşlenmesi

Tarımsal üretimde doğal koşullar ve kültürel uygulamalar sonucu oluşan biyotik ve abiyotik stres etmenlerinin geniş alanlarda takip edilmesinde uydu görüntülerinin kullanımı büyük kolaylık sağlamıştır (Tiryaki vd., 2023). Uydu platformları ile temin edilen dijital verilerin işlenmesi ve yüksek uzamsal doğrulukta kullanımı için görüntü işleme yapılması gerekmektedir. Uydu görüntüsünde yapılan ön işlemler Tablo 4'te belirtilmiştir. Bu işlemleri ücretsiz uydu görüntüsü temini yapılabilen veri sağlayıcılar üzerinden yapılabilmekte ya da tamamlanmış olarak görüntü temini yapılabilmektedir.

Tablo 4. Tarımsal Uygulamalar İçin Uydu Görüntüsü İşleme Adımları

1	Uydu görüntülerinin alınacağı alanın belirlenmesi.
2	Görüntülerin Level 1A (Ham data olarak) indirilmesi.
3	İndirilen PANKROMATİK (PAN) ve MULTİSPEKTRAL (MUL) bantların koordinatlandırılması (Universal Transverse Mercator (UTM) World Geodetic System 1984 (WGS 84)).
4	Koordinat tanımlaması yapılan PAN ve MUL görüntülerin PAN SHARP işlemi ile birleştirilme işlemi yapılması.
5	PAN SHARP yapılmış görüntünün ortorektifiye edilmesi (Sayısal Yükseklik Modeli (SYM) ve Yer Kontrol Noktası (YKN)).
6	Ortorektifiye edilmiş görüntünün vektör veriler (Sayısallaştırılmış Kartografik Materyal) ile kontrolü.
7	Görüntünün iyileştirilmesi ve zenginleştirilmesi.
8	Bit dönüşümü yapılması.
9	Görüntülerin mozaiklenmesi.
10	Görüntülerin format dönüşümü ve sıkıştırılması.

Tarımsal Uygulamalar İçin Uydu görüntülerinin Yorumlanması

Uydu verileri, değişen band kombinasyonlarıyla görüntü işleme yapılmaktadır. Bu görüntüler kaynak yönetimi kararlarına ve tarımsal risk değerlendirmesine yardımcı olabilir. Görüntülerin doğru yorumlanması için elde edilen uzamsal verinin Tablo 5'te ki bilgilerin dikkate alınarak yorumlanması kolaylık sağlayacaktır. Uygulama örneği olarak gerçek renk band kombinasyonu; Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Eğitim, Araştırma ve Uygulama Çiftliği'ne ait bir yüksek çözünürlüklü görüntü ile gösterilmiştir (Şekil 1). En temel yaklaşım ile görüntüde yüksek yapılı bitki örtüsü koyu yeşil tonlarında, tek yıllık bitkiler yeşil rengin açık tonlarında çıplak topak beyaza yakın renk tonunda insan yapıcı objeler ise materyaline bağlı olarak çeşitli renk tonlarında foto yorumlama ile ayrılabilmektedir. Bu sebeple tarımsal amaçlı görüntüler temin edildiğinde eldeki uzamsal verinin görüntü üzerinden yorumlama ile değerlendirilmesi gerekmektedir.

Tablo 5. Dijital Görüntülerin Yorumlanması

Görüntü Özellikleri	**Tanımları**
Ölçeğin Bilinmesi	Görüntünün uzamsal çözünürlüğüne bağlı olarak farklı ölçekler vardır ve her ölçek farklı önemli özellikler sağlar.
Desenler, Şekiller ve Dokular Arayın	Birçok özelliği, desenlerine veya şekillerine göre tanımlamak kolaydır.
Renkleri Tanımlayın	Özellikleri ayırt etmek için renk kullanırken, görüntüyü oluştururken kullanılan bant kombinasyonunu bilmek önemlidir.
Ne Bildiğinizi Düşünün	Gözlemlediğiniz alan hakkında bilgi sahibi olmak bu özelliklerin tanımlanmasına yardımcı olur.



Şekil 1. Yüksek Çözünürlüklü Eğitim, Araştırma ve Uygulama Çiftliği Uydu Görüntüsü (WorldView-2 görüntü alma tarihi: 10 Aralık 2022)

Tarımsal Uygulamalar için Uydu Görüntülerinin Dijital İşleme ve Analizi

Ön işlemi yapıldıktan sonra multispektral görüntüdeki bandlara ait spektral bilgiler kullanılarak yapılan sınıflandırmalar ile tarımsal uygulamalar için yeryüzüne ait bilgiler üretilmektedir. Bu amaçlara yönelik çeşitli sınıflandırma algoritmaları geliştirilmiştir. Görüntü sınıflandırma istatistiksel matematiğin uzamsal dayanaklı uygulamasıdır. Bu nedenle bilgi işlem teknolojilerindeki gelişmeler sınıflama amaçlı kullanılan algoritmaların daha kısa sürelerde büyük veriler işlenebilmesine olanak sağlamıştır. Görüntü sınıflandırma algoritmaları kullanılarak farklı arazi örtüsü türleri daha kolay ayırt edilebilmektedir. Her bir pikseli spektral bilgilerini kullanarak yapılan sınıflandırmaya piksel tabanlı sınıflama buna sınıfların oluşturduğu şekillerin de eklenmesiyle yapılan sınıflandırmaya ise obje tabanlı sınıflama adı verilmektedir. Bu iki sınıflama metodolojisi koşullara bağlı olarak tarımsal uygulamalarda kullanım alanı bulmaktadır.

Tarımsal amaçlı kullanımı yaygın olan Sentinel-2 uydu görüntüsü temin edilirken ön işleme adımları, her spektral band için tematik katmanlar üretilmiş

şekilde indirilebilmektedir. Ayrıca tarımsal amaçlı yaygın olarak kullanılan bitki vejetasyon indisleri hazır şekilde indirilebilmektedir.

Uydu tabanlı Tarımsal Uzaktan Algılama Uygulamaları

Uzun yıllardır uydu görüntüleri arazi örtüsü haritalama, genel ürün durumu değerlendirilmesi ve üretim alanı tahmini için kullanılmaktadır (Demir ve Başayiğit, 2019). Bu uygulamalar mevcut sensörlerin sınırlı uzamsal çözünürlüğü nedeniyle yaygın olarak geniş araziler için kullanılmıştır. Günümüzde uydu sensörlerinin yüksek çözünürlüklü uygulamaları, parsel ölçeğine kadar indirmiş olmakla birlikte kuraklık stresi, sel ve dolu hasarı gibi tarımsal üretimdeki sorunların değerlendirmesine de olanak sağlamaktadır.

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin tarımsal uygulamalarında piksel ve obje tabanlı sınıflama algoritmalarının yaygınlaşması başarının da artmasını sağlamaktadır (Segarra vd., 2020; Martos vd., 2021; Vallentin vd., 2022). Nitekim; yüksek çözünürlüklü uydu görüntüsü kullanılarak haşhaş tarım alanlarının ve takibinin yapılması için temporal zamanın belirlenmesinde piksel ve obje tabanlı algoritmaların başarılı şekilde kullanabileceği görülmektedir (Demir ve Başayiğit, 2019). Ayrıca, bitkilerin biyofiziksel özellikleri, birimsiz radyometrik ölçüler olarak tanımlanan bitki örtüsü indeksleri ile spektral olarak karakterize edilebilmektedir (Demir ve Başayiğit, 2021).

Uygulama örneği olarak Isparta Uygulamalı Bilimler üniversitesi Ziraat Fakültesi, Eğitim, Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nin Sentinel-2 uydusuna ait 31.05.2022 tarihli görüntüsünde kullanılan band kombinasyonları ve indekslerin tanımı Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Sentinel-2 Uydu Görüntüsü Band Kombinasyonları ve Vejetasyon İndeksleri

Yanlış Renk (False Color)

Yanlış renkli görüntüler, yakın kızılötesi, kırmızı ve yeşil bant kombinasyonunda görüntülenir. Yakın kızılötesi, kırmızı ve yeşil bantların kullanıldığı yanlış renk bileşimi çok yaygın kullanılmaktadır. Bitkiler kırmızıyı emerken yakın kızılötesi ve yeşil ışığı yansıttığından, en yaygın olarak bitki yoğunluğunu ve sağlığını değerlendirmek için kullanılmaktadır (Canas ve Barnett, 1985). Kırmızı R, Yeşil G, Mavi B ve yakın kızılötesi NIR harfleri ile gösterilmiştir.

RGB (B8, B4, B3)

Tarım (Agriculture)

RGB bileşimi olarak adlandırılan bu band kombinasyonuna tarımsal uygulamalarda SWIR-1 (B11), yakın kızılötesi (B08) ve mavi (B02) bantların kullanımı öne çıkmaktadır. Hem kısa dalga hem de yakın kızılötesi bantlar, görüntüde koyu yeşil görünen yoğun bitki örtüsünü vurgulamada özellikle iyi olduğundan, çoğunlukla mahsul sağlığını izlemek için kullanılmaktadır (Wang vd., 2019).

RGB (B12, B8, B2)

Normalleştirilmiş Fark Bitki Örtüsü İndeksi (NDVI)

NDVI, kırmızı ve yakın kızılötesi spektral bantları kullanan sayısal bir göstergedir. NDVI yüksek oranda bitki içeriği ile ilişkilidir. Yüksek NDVI değerleri, yakın kızılötesi spektrumda daha fazla yansıtan alanlara karşılık gelmektedir. Yakın kızılötesinde daha yüksek yansıma, daha yoğun ve daha sağlıklı bitki örtüsüne karşılık geldiği ifade edilmektedir (Zhang vd., 2017).

NDVI formülü = (NIR – Kırmızı) / (NIR + Kırmızı)
NDVI (Sentinel 2) = (B8 – B4) / (B8 + B4)

Toprak Uyarlanmış Bitki İndeksi (SAVI)

SAVI, bitki örtüsünün düşük olduğu alanlarda toprak parlaklığının etkisi için NDVI düzeltmek için kullanılır. Sentinel yüzey yansımasından türetilen SAVI, çoğu arazi örtüsü türünü temsil etmesi için 1.428 olarak tanımlanan bir toprak parlaklık düzeltme faktörü (L) ile R ve NIR değerleri arasındaki bir oran olarak hesaplanır (Zhang vd., 2017).

*SAVI formülü = ((NIR – R) / (NIR + R + L)) * (1 + L)*
*SAVI (Sentinel 2) = (B08 – B04) / (B08 + B04 + 0.428) * (1.428)*

Nem Stres İndeksi (MSI)

MSI, bitki örtüsü yapraklarındaki su içeriği arttıkça, 1599 nm civarındaki dalga boylarında absorpsiyon da artar. Su içeriğindeki değişikliklerden neredeyse etkilenmediği için 819 nm'de absorpsiyon referans olarak kullanılır. MSI uygulamaları arasında ürün stres analizi, verim tahmini ve modelleme, yangın tehlikesi analizi ve ekosistem fizyolojisi çalışmaları yer alır. Bu indeksin değerleri, yeşil bitki örtüsü için ortak aralık 0.4 ile 2 arasında olmak üzere, 0 ile 3 arasında değişmektedir (Welikhe vd., 2017).

MSI formülü = MSI = MidIR / NIR
MSI (Sentinel 2) = B11 / B08

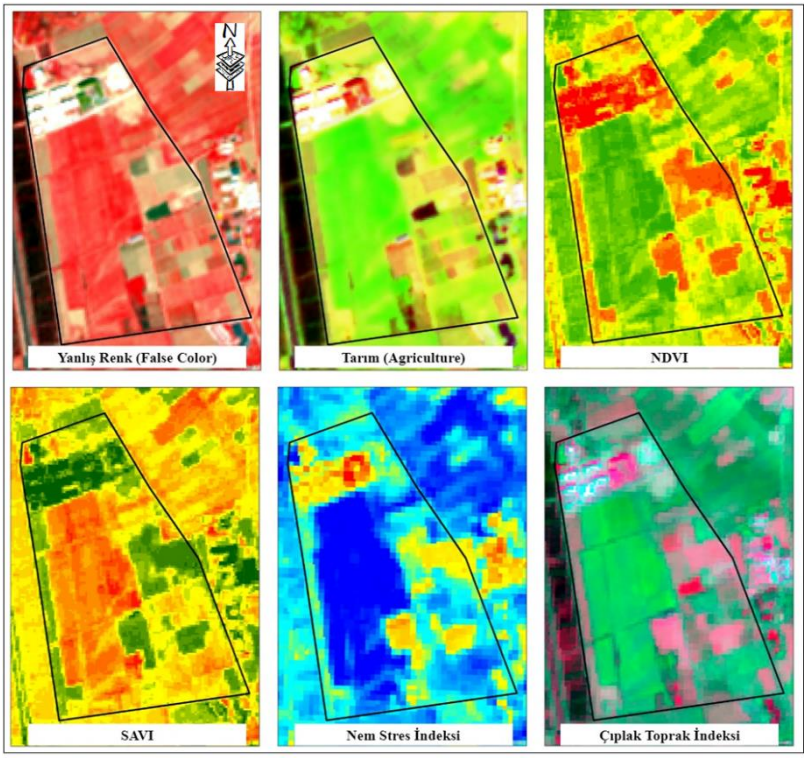
Çıplak Toprak İndeksi (BSI)

BSI, toprak varyasyonlarını yakalamak için mavi, kırmızı, yakın kızılötesi ve kısa dalga kızılötesi spektral bantlarını birleştiren sayısal bir göstergedir. Bu spektral bantlar normalleştirilmiş bir şekilde kullanılır. Kısa dalga kızılötesi ve kırmızı spektral bantlar, toprak mineral bileşimini ölçmek için kullanılırken, mavi ve yakın kızılötesi spektral bantlar, bitki örtüsünün varlığını arttırmak için kullanılır (Xu vd., 2019).

BSI formülü = ((Kırmızı+SWIR) – (NIR+Mavi)) / ((Kırmızı+SWIR) + (NIR+Mavi))
BSI (Sentinel 2) = (B11 + B4) – (B8 + B2) / (B11 + B4) + (B8 + B2)

Şekil 2'de yukarıda açıklanan bu görüntü işleme metotlarına göre 31 Mayıs 2022 tarihli Sentinel-2 uydu görüntüsünden üretilen tematik haritalar yer almaktadır. Elde edilen 1/5000'lik ölçekte hazırlanan tematik haritalar Şekil 2'de verilmiştir. Bu görüntülerde temel bir foto yorumlama ile kuru tarım alanları, sulu tarım alanları, bina, yol ve sürülü tarım arazileri ayırt edilebilmektedir. Bu dönemde kuru tarım alanlarında ekili ürünler süt olum döneminde (mısır) olduğu için yüksek yansıma değerlerine sahiptir. Bantlardan olan yansıma karakteristiklerine göre bitkilerin arazi yüzeyini kapama oranının yüksek olması yanlış renk kombinasyonunda koyu kırmızı ve tonları, tarım renk kombinasyonunda koyu yeşil ve tonları, NDVI indeksinde koyu yeşil ve tonları, SAVI indeksinde koyu kırmızı ve tonları, nem stres indeksinde koyu mavi, çıplak toprak yansımasında yeşil ve tonlarında olduğu görülmektedir. Bitkilerin arazi yüzeyini yüksek oranda kapaması ve bu dönemde bitki nem içeriğinin yüksek olması herhangi bir işlem yapmadan kuru tarım alanlarının belirlenmesinde ve parsel içindeki bitki gelişimini önleyici faktörlerin belirlenmesini mümkün kılmaktadır. Yine çiftlik alanındaki hayvansal üretim yapılan tesislerin ve öğrenci

yurt binası gibi insan yapıları belirlenebilmektedir. Yüksek yapılı peyzaj amaçlı dikilen mesirelik alanların ayrımı ve sınırlarının belirlenmesi yapılabilmektedir. Tarımsal üretimde teknoloji kullanımı artarak devam ettiği düşünüldüğünde üretici ölçeğinde kullanımının yaygınlaşması beklenmektedir.



Şekil 2. Uydu Tabanlı Uzaktan Algılama Uygulaması

İnsansız Hava Aracı Tabanlı Tarımsal Uzaktan Algılama

İnsansız hava araçlarının önemli gelişimi 1900'lerde başlamış ve başlangıçta askeri personelin eğitimi için uygulama hedefleri sağlamaya odaklanılmıştır. Modern insansız hava araçlarının askeri amaçlı kullanımı 1980 yılından sonra başlamıştır (Hall ve Coyne, 2014). Son yıllarda İHA platformlarının benimsenmesi, veri toplama esnekliği, zamanlama ve yüksek uzamsal çözünürlük yönünden uydu ve uçak tabanlı platformlarda ortaya çıkan kısıtlamaların aşılması için bir fırsat olmuştur. Özellikle tasarım süreci ve insansız sistemler olması diğer platform sistemlerine göre daha az yatırım ve risk gerektirmiştir.

Yüksek çözünürlüklü uydu görüntülerinin maliyetleri ve kullanılabilirliği çoğu zaman tarımsal amaçlı kullanımlarını sınırlamaktadır (Wu vd., 2007). İnsansız hava aracı platformları ucuz olması ve daha pratik kullanıma sahip

olması yönüyle de bir alternatif haline gelmiştir. Ayrıca, dronlar tarım sektörünün tüm paydaşları için kolay erişilen bir araç olmaktadır (Swain vd., 2010). Son yıllarda küçük ticari İHA (<50 kg) dronların çevresel ve tarımsal uygulamalarda çiftlik ölçeğinde kullanımı yaygınlaşmaktadır (Laliberte ve Rango, 2011). İlk sivil amaçlı kullanımı bulunan İHA, sabit kanatlı uçak ve helikopter ile karşılaştırıldığında dikey kalkış ve iniş (vtol) özelliğine sahip en yeni nesil quadrocopter mikro İHA'larının yerel tarımsal uygulamalarda en faydalı araçlar olduğu görülmüştür (Tomlins, 1983; Nebiker vd., 2008; Demir ve Başayiğit, 2021).

İnsansız hava araçlarının sivil amaçlı kullanımının yaygınlaşması ve bu alanda yapılan yatırımlar sayesinde kullanım amacınıza göre uygun maliyetli seçimler yapmak mümkün hale gelmiştir. Ülkemizde bu teknolojilerin gelişmesi açısından sürekli olarak ulusal ve uluslararası politikalar geliştirmektedir. Türkiye'de Sivil Genel Müdürlüğü tarafından insansız hava araçları ile ilgili uygulama ve denetimleri gerçekleştirmektedir. SHGM tarafından, 15.07.2018 tarih ve 30479 sayılı Resmi Gazete'de yayımlanan 4 sayılı Cumhurbaşkanlığı Kararnamesinin 31. Bölümüne ve 14/10/1983 tarihli 2920 sayılı Türk Sivil Havacılık Kanununa dayanılarak hazırlanan, 14 Temmuz 2022 tarihli "İnsansız Hava Aracı Talimatı (SHT-İHA)" mevzuatında İHA'lar azami kalkış ağırlıklarına göre dört sınıfa ayrılmıştır (Tablo 7) (SHGM, 2022).

Tablo 7. Azami Kalkış Ağırlıklarına Göre İHA'ların Sınıflandırılması

Sınıf Kodları	Azami Kalkış Ağırlığı	Hava Aracı Tescil İşlemleri
İHA0	500 gr (dahil) - 4 kg aralığında olan İHA'lar	Tescil Yapılmaz
İHA1	4 kg (dahil) - 25 kg aralığında olan İHA'lar	Tescil Yapılmaz
İHA2	25 kg (dahil) - 150 kg aralığında olan İHA'lar	Tescil Yapılır
İHA3	150 kg (dahil) - Daha fazla olan İHA'lar	Tescil Yapılır

Tarımsal uygulamalarda İHA0 ve İHA1 sınıfındaki insansız hava araçları yaygın şekilde kullanılmaktadır. Tarımsal uygulamalar için insansız hava araçları platformları seçiminde bilinmesi gereken en önemli nokta kullanım amacı ve amaca uygun spektral özelliklere sahip sensörlerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu durumda istediğiniz görevlere göre, dronunuza eklenecek donanıma karar vermeniz gerekir. İnsansız hava araçları platformlarında kullanılabilecek sensör ve tarımsal kullanım amacı Tablo 8'de verilmiştir.

Tablo 8. İHA Platformları için Sensör Çeşitleri ve Kullanım Amaçları

Sensör Çeşitleri	Kullanım Amacı
Hareketsiz Görüntü Kameraları	Çiftlik alanı içerisinde belirli alanların fotoğraflarını almak için kullanılabilmektedir. Foto kapan olarak kullanılabilir.
Video	Çiftlik alanı içerisinde belirli alanların kayıtlarını almak için kullanılabilmektedir. Sürü yönetiminde canlı hayvan takibi için kullanılmaktadır.
Multispektral	Besin eksikliği, hastalık ve zararlı hasarı, gübre ihtiyaçları ve su kalitesi belirlenebilmektedir.
Hiperspektral	Bitki besin elementi düzeyini, bitki hastalıklarını, su kalitesini ve mineral ve yüzey kimyasal bileşimini analiz etmek için kullanılabilmektedir.
LİDAR	Lazer kullanan bu sensör, çiftliğinizin 3B modelini oluşturmada kullanılan yükseklik verileri üretilebilmektedir.
Termal	Arazi ve bitkilerin yüzey sıcaklığını izlemek için kullanılabilmektedir.

İHA Tabanlı Tarımsal Uzaktan Algılama Uygulamaları

Tarımsal uygulamalar için İHA tabanlı uzaktan algılama platformlarının kullanımına ait çalışmalar 2010 yılından sonra hızla artmıştır (Sönmez vd., 2021). Bu çalışmalar İHA üzerindeki sensörler ile elde edilen görüntülerin vejetasyon indisleri kullanılarak bitki sağlığı hakkında veriler üzerine yoğunlaşmaktadır. Çeşitli bilgisayar destekli yazılım ve programalar kullanılarak oluşturulan görüntü mozaikleri kullanılarak yapılmaktadır (Li ve Isler, 2016; Senthilnath vd., 2017).

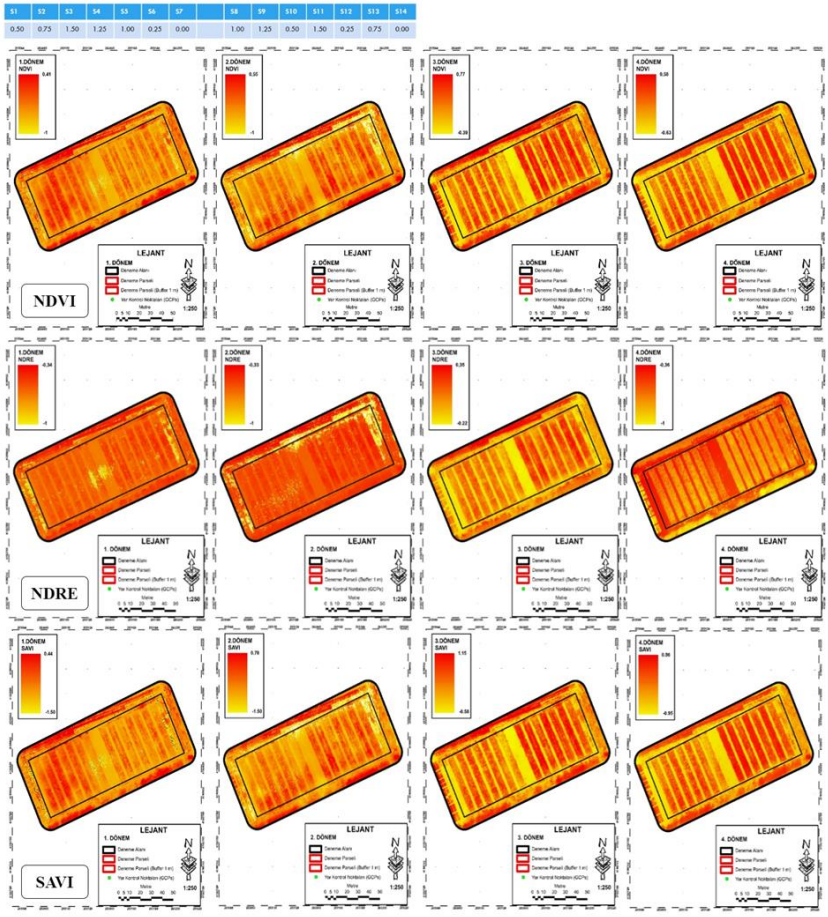
Elektromanyetik spektrumun görünür ve yakın kızılötesi bölgesi tarımsal uygulamalar için yaygın şekilde kullanılan bölgelerdir (Mozgeris vd., 2018; Jeziorska, 2019). Bu bölgeler dışındaki bölgelerin tarımsal kullanımı düşük olmakla birlikte daha spesifik uygulamalar için kullanılmaktadır. İHA tabanlı tarımsal uzaktan algılama uygulamaları Tablo 9'da genel başlıklar altında birleştirilmiştir. Bu başlıklar kullanım amacına göre genişletmek ve detaylandırmak mümkündür.

Tablo 9. İHA Tabanlı Uzaktan Algılama Uygulamaları

1-	Toprak ve Saha Analizi
2-	Tohum Ekimi
3-	Bitki Üzerine ve Nokta Püskürtme
4-	Mahsul Haritalama ve Etüt
5-	Sulama İzleme ve Yönetimi
6-	Hastalık ve Zararlılarla Mücadele
7-	Gerçek Zamanlı Hayvancılık Takibi

Tarımsal uygulamalar için tematik haritalar üzerinden çiftlik ölçeğinde bilgi üretilecekse, veriler otonom uçuş yapılarak belli bir uçuş planına göre toplanmalıdır. Tarımsal uygulamalarda kullanılmak üzere elde edilecek verilerin toplanmasında otonom uçuş için uçuş yüksekliği, yatay ve düşey bindirme oranı, uzamsal çözünürlük, uçuş hızı ve uçuş yönü gibi parametrelerin belirlenmesi gerekmektedir. Bu şekilde tarım alanından düşey olarak alınan görüntüler atmosferik ve yersel bozulmalar en aza indirilerek temin edilmiş olacaktır. Elde edilen görüntülerin jeokonumsal doğruluğunu yükseltmek için santimetre hassasiyetinde küresel konumlama cihazları ile validasyon noktaları belirlenmelidir.

Otonom uçuş ile elde edilen düşey görüntülerin kısıtlı sulama uygulamalarına ait bir örnek çalışmada silajlık mısırda yüzey üstü ve yüzey üstü sulama yöntemlerindeki dönemsel olarak ayrımının yapılabileceği araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, İHA tabanlı uzaktan algılama platformlarında multispektral sensörler kullanılarak, yüzey altı sulama yönteminde LCI (Yaprak Klorofil İndeksi) ve TGI (Üçgen Yeşillik İndeksi) indeksleri, yüzey üstü sulama yönteminde VARI (Görünür Atmosferik Direnç İndeksi) indeksi kontrol sulaması yapılan parsele göre temporal olarak diğer sulama seviyelerinin ayrımında kullanılabileceği belirtilmiştir (Demir ve Başayiğit, 2021). Çalışmada kullanılan bazı vejetasyon indisi sonuçları Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. İHA Tabanlı Tarımsal Uzaktan Algılama Uygulaması

İHA verilerinin özel amaçlı kullanımlarından biri de gelişim sorunu olan alanların izlenmesidir. DJI Phantom 4 Pro İHA platformu ve Sentera Multispektral Double 4K sensör kullanılarak sorunlu alanların belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada NDVI ve TGI vejetasyon indislerinin yüksek uzamdsal doğrulukta (<2 cm) sonuç üretebildiği görülmüştür (Demir ve Başayiğit, 2020). Bu hassasiyette üretilen tematik harita katmanlarının hassas tarım uygulamalarının altıkları olarak kullanım alanı bulması mümkündür.

Tüm bu araştırma ve uygulama örneklerine rağmen İHA'ların standart üretim yöntemleri olarak kullanılabilmesi için daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir. Bu konuda yatırım yapmadan önce profesyonel bir yaklaşımla teknik fizibilite çalışması ve iyi bir planlama yapılması zorunlu görünmektedir.

SONUÇ

Dijital Tarım veri odaklı olup, çiftçilerin toprak, ürün ve çevre koşulları hakkında doğru bilgilere dayanarak harekete geçmelerini sağlamaktadır. Bu verileri ayıklamak, daha önce sahaya fiziksel ziyaretler yapmak ve ölçümleri elle toplanarak yapılmaktaydı. Tarımsal akıllı sensörler ile donatılmış olan dronlar ve uydular bu verileri toplama ve iletme işlemini aynı zamanda daha hızlı ve daha hassas bir şekilde yapabilmektelerdir.

Uydu ve İHA tabanlı uzaktan algılama uygulamalarının tarımsal üretimde hızla artacağı ve tarımda sürdürülebilirliğin sağlanması için kıt kaynakların yönetiminde bu teknolojilerin önemini ortaya koymuştur. Tarımsal uygulamalar için kullanım amacınıza göre sensörler belirlenerek elde edilen verilerden; verim tahmini, ürün hasarının ve gelişim ilerlemesinin değerlendirilmesi, bahçe bitkileri ürün sistemleri analizi, ürün tanımlama, üretim alanı tahmini, ürün durum değerlendirilmesi ve stres tespiti, dikim ve hasat tarihlerinin belirlenmesi, ürün verim modellemesi ve tahmini, zararlıların ve hastalıklarının belirlenmesi, toprak nemi, sulama izleme ve yönetimi, toprak haritalama, kuraklık izlenmesi, arazi örtüsü ve arazi bozulumunun haritalanması, sorunlu toprakların belirlenmesi, bitki besin elementi eksikliğinin belirlenmesi, bitki yansıma modellemesi, tarla bitkileri nem içeriklerinin belirlenmesi, taşkın haritalama ve izleme, meteorolojik verilerin toplanması, ürün rotasyonunun belirlenmesi, su kaynaklarının haritalanması, iklim değişikliği izleme, tarımsal üretime uygunluğun belirlenmesi, toprak yönetimi uygulamaları, hava nem tahmini, bitki sağlığı analizi, toprak etüd ve haritalama vb. uygulamaların yapılması mümkün hale gelmiştir.

Süreç, uydu ve İHA teknolojilerinin, Dijital Tarım için dinamik veri kaynakları olarak kullanılması ve akıllı tarım sistemlerine tam entegrasyonu ile Tarım 4.0 uygulamalarına doğru yönelmektedir.

REFERANSLAR

Canas, A. A. D., ve Barnett, M. E. (1985). The generation and interpretation of false-color composite principal component images. *International Journal of Remote Sensing*, 6(6), 867-881.

Demir, S., ve Başayiğit, L. (2019). Determination of opium poppy (*Papaver Somniferum*) parcels using high-resolution satellite imagery. *J Indian Soc Remote Sens,* 47, 977–987.

Demir, S. ve Başayiğit, L. (2020). Sorunlu gelişim gösteren bitkilerin insansız hava araçları (İHA) ile belirlenmesi. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 2 (1), 12-22.

Demir, S. ve Başayiğit, L. (2021). Kısıtlı sulama uygulamalarının İHA multispektral algılamaya dayalı vejetasyon indekslerine etkisi. *Yuzuncu Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 31 (3), 629-643.

Hall, A. R., ve Coyne, C. J. (2014). The political economy of drones. *Defence and Peace Economics*, 25(5), 445-460.

Jensen, J. R. (1986). *Introductory* digital *image processing,* New Jersey: Prentice-Hall.

Jeziorska, J. (2019). UAS for wetland mapping and hydrological modeling. *Remote Sensing*, 11(17), 1997.

Laliberte, A. S., ve Rango, A. (2011). Image processing and classification procedures for analysis of sub-decimeter imagery acquired with an unmanned aircraft over arid rangelands. *GIScience & Remote Sensing*, 48(1), 4-23.

Li, Z., ve Isler, V. (2016). Large-scale image mosaic construction for agricultural applications. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 1(1), 295-302.

Martos, V., Ahmad, A., Cartujo, P., ve Ordoñez, J. (2021). Ensuring agricultural sustainability through remote sensing in the era of agriculture 5.0. *Applied Sciences*, 11(13), 5911.

Mozgeris, G., Jonikavičius, D., Jovarauskas, D., Zinkevičius, R., Petkevičius, S., ve Steponavičius, D. (2018). Imaging from manned ultra-light and unmanned aerial vehicles for estimating properties of spring wheat. *Precision Agriculture*, 19(5), 876-894.

Nebiker, S., Annen, A., Scherrer, M., ve Oesch, D. (2008). A light-weight multispectral sensor for micro UAV-Opportunities for very high resolution airborne remote sensing. *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spat. Inf. Sci*, 37(B1), 1193-1200.

Segarra, J., Buchaillot, M. L., Araus, J. L., ve Kefauver, S. C. (2020). Remote sensing for precision agriculture: Sentinel-2 improved features and applications. *Agronomy*, 10(5), 641.

Senthilnath, J., Kandukuri, M., Dokania, A., & Ramesh, K. N. (2017). Application of UAV imaging platform for vegetation analysis based on spectral-spatial methods. *Computers and Electronics in Agriculture*, 140, 8-24.

SHGM, 2022. *İnsansız Hava Aracı Sistemleri Talimatı (SHT-İHA) Mevzuatı*. Sivil Havacılık Genel Müdürlüğü, Ankara. https://web.shgm.gov.tr/tr/s/6407-insansiz-hava-araci-sistemleri-mevzuati-sht-iha-revize-edilmistir adresinden 12 Eylül 2023 tarihinde alınmıştır.

Sönmez, N. K., Çoşlu, M. ve Demir, N. (2021). Farklı insansız hava araçlarından (İHA) elde edilen veriler ile buğday bitkisinin boyunun belirlenmesi. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 34 (2), 195-203.

Swain, K. C., Thomson, S. J., ve Jayasuriya, H. P. (2010). Adoption of an unmanned helicopter for low-altitude remote sensing to estimate yield and total biomass of a rice crop. *Transactions of the ASABE*, 53(1), 21-27.

Tiryaki, T., Yıldırım, F., ve Çelik, C. (2023). Kısıtlı su stresi altında yağ gülü (*Rosa x damascena* Mill.) fidanlarının morfolojik tepkileri ile toplam klorofil ve fenolik içeriklerinin değişimi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, *26*(4), 778-787.

Tomlins, G. F. (1983). Some considerations in the design of low cost remotely piloted aircraft for civil remote sensing applications. *The Canadian Surveyor*, 37(3), 157-167.

Vallentin, C., Harfenmeister, K., Itzerott, S., Kleinschmit, B., Conrad, C., ve Spengler, D. (2022). Suitability of satellite remote sensing data for yield estimation in northeast Germany. *Precision Agriculture*, 23(1), 52-82.

Wang, J., Xiao, X., Bajgain, R., Starks, P., Steiner, J., Doughty, R. B., ve Chang, Q. (2019). Estimating leaf area index and aboveground biomass of grazing pastures using Sentinel-1, Sentinel-2 and Landsat images. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 154, 189-201.

Welikhe, P., Quansah, J. E., ve Fall, S. Elhenney WMc (2017). Estimation of soil moisture percentage using LANDSAT-based moisture stress index. *J Remote Sensing & GIS*, 6(200), 2.

Wu, J., Wang, D., ve Bauer, M. E. (2007). Assessing broadband vegetation indices and QuickBird data in estimating leaf area index of corn and potato canopies. *Field Crops Research*, 102(1), 33-42.

Xu, N., Tian, J., Tian, Q., Xu, K., ve Tang, S. (2019). Analysis of vegetation red edge with different illuminated/shaded canopy proportions and to construct normalized difference canopy shadow index. *Remote Sensing*, 11(10), 1192.

Zhang, T., Su, J., Liu, C., Chen, W. H., Liu, H., ve Liu, G. (2017, September). Band selection in Sentinel-2 satellite for agriculture applications. *In 2017 23rd International Conference on Automation and Computing (ICAC) (pp. 1-6). IEEE Huddersfield, UK Kongeresine Sunulmuş Bildiri.*

Bölüm 25

Türkiye'nin Akdeniz Bölgesine Özgü Bal Arısı (*Apis mellifera* L.,) Populasyonlarında Morfolojik Çeşitliliğinin Araştırılması

Ulviye KUMOVA[1]

[1] *Prof. Dr. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü. Balcalı Adana/Türkiye. ulkumova@cu.edu.tr ORCID No:0000-0002-1461-8587*

ÖZET

Bu araştırma, Akdeniz Bölgesini temsil eden 25 lokasyonlardaki bal arısı (*Apis mellifera* L.,) gen kaynaklarının morfolojik, karakterlerinin tanımlanmasına yönelik olarak yürütülmüştür. Arı materyali, Akdeniz Bölgesinin 9 ilinin (Isparta, Burdur, Antalya, Kahramanmaraş, Kilis, Hatay, Osmaniye, Mersin, Adana), 25 farklı lokasyonundan temin edilmiştir.

Arı genotiplerinde, 26 ayrı morfolojik karakterin (dil uzunluğu, 5. tergit kıl uzunluğu, 3. tergit genişliği, 4. tergit genişliği, femur uzunluğu, tibia uzunluğu, metatarsus uzunluğu, ön kanat uzunluğu, ön kanat genişliği, kübital hücre a damar uzunluğu, kübital hücre b damar uzunluğu, kübital indeks, 11 kanat damar açısı, vücut büyüklüğü, arka bacak uzunluğu, kanat indeksi) biyometrik ölçümleri belirlenerek, populasyonlar arasında ayrışmalar (Diskriminant) analiz edilmiştir.

Morfolojik karakterlerle ilgili diskriminant analiz sonuçlarına göre; 10 farklı arı genotip grubu arasında ayrışmanın olduğu belirlenmiştir. Genotip gruplarının gösterdiği dağılıma göre, Akdeniz Bölge arı genotiplerinin (1. grubu Mersin genotipleri, 2. grubu Kahramanmaraş genotipleri, 3. grubu Kilis ve Hatay genotipleri, 4. grubu Osmaniye genotipleri, 5. grubu Adana ve Balcalı genotipleri, 6. grubu Burdur ve Isparta genotipleri ve 7. grubu ise Antalya genotipi) 7 grup altında toplandığı ortaya konmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Apis mellifera*, Akdeniz Bölgesi, Morfolojik Karakterler, Diskriminant Anali

GİRİŞ

Bal arıları binlerce yıldır insanların, medeniyetlerin kültür, ticaret ve tarımında önemli katkılar yapmış ve yapmayı sürdüren son derece yararlı böceklerdir. Dünya üzerinde ekolojinin uygun olduğu bölgelerde çok geniş bir yayılma alanı gösteren bal arısının, çok farklı türü ve coğrafik ırkları bulunmaktadır. Dünya üzerinde Apidae familyası, Apis cinsine bağlı 11 bal arısı türünün (*A. mellifera*, *A. indica*, *Apis dorsata*, *A. florea*, *A. andreiformis, A. laboriosa, A. binghami, A. breviligula, A. koschevnikovi, A. nigrocineta, A. nuluensis*) varlığı belirlenmiştir. Bunlar arasında, coğrafik varyasyon gösteren ve önem taşıyan dört arı türü (*A. mellifera, A. florea, A. dorsata ve A. cerana)* bulunmaktadır. Bu türlerin büyük bir kısmı Asya kıtasında dağılım gösterirken; *Apis mellifera* türü Afrika, Batı Asya ve Avrupa kıtalarında daha geniş yayılma göstererek; ekonomik, ekolojik ve sosyal açıdan, tarımsal yapıya önemli katkılar getiren bir türü oluşturmuştur (Maa, 1953., Adam 1977., Ruttner, 1988., Engel,1999., Arias ve Sheppard, 2005).

Apis mellifera türünün, bu kıtaların farklı coğrafik bölgelerinde uzun süre yaşamlarını sürdürmeleri; iklim, bitki örtüsü ve doğal düşmanlar ile karşı karşıya kalmaları sonucu doğal seleksiyonla çeşitli coğrafik arı ırkları ve ekotipleri oluşmuştur. Bu türe ait coğrafik ırklar arasında, genel yapı birbirlerine benzer özellikler göstermelerine karşın, bazı morfolojik, davranış, performans ve verim özellikleri açısından büyük farklılıklar bulunmaktadır. Bu farklılığın belirlenmesinde morfometrik karakterlerin ölçümü uzun süre, arı ırklarını objektif olarak birbirinden ayırt etmede önemli bir yöntem olarak kullanılmıştır. Bu konuda yapılan ilk çalışmalar az sayıda morfometrik karakterin ölçümüne dayandırılarak başlatılmış olmasına karşın, daha sonraki bilimsel çalışmalarda 42 farklı biyometrik karakterin ölçülmesi ile ortaya konmuştur. Morfometrik yöntemler; arı ırklarının tanım ve sınıflandırılmasında, birbirlerinden ayrımında, saflığının denetiminde, seleksiyon ve ıslah çalışmalarında kullanılmak üzere, çeşitli araştırmacılar tarafından günümüze kadar çalışılan önemli bir konuyu oluşturmaktadır (Alpatov, 1929., DuPraw, 1965., Ruttner vd., 1978., Cornuet ve Fresnaye, 1989., Rinderer vd., 1993., Crewe vd., 1994., Kauhausen-Keller ve Keller, 1994., Daly vd., 1995., Amssalu vd., 2004).

Ancak son yıllarda bal arılarının biyo-çeşitliliğini belirleme çalışmalarında, mevcut arı genotiplerinin vücut veya kanatlarında şekil farklılıklarının ölçümüne dayanan, ayırt edici ve az sayıda belirgin morfolojik özellikleri içeren, geometrik morfometri yöntemi, yaygın olarak kullanılmaktadır (Moritz, 1991., Nazzi, 1992., Hatijina vd., 2002., Tofilski, 2008., Badalı, 2010., Güler vd., 2010., Turan, 2011., Kandemir vd., 2011).

A. mellifera bal arısının, ilk olarak morfometrik karakterlere dayanarak tanımlanan 24 alttürü, 3 farklı evrimleşmiş soy hattı içersinde ele alınmıştır. Bunlar, Afrika (A) alttürleri (*A. m. lamarckii*, *A. m. yemenitica*, *A.m. litorea*, *A. m. scutellata*, *A. m. adansonii*, *A. m. capensis*, *A. m. unicolor*), Kuzey Avrupa ve Kuzey Afrika (M) alttürleri (*A. m. mellifera*, *A. m. iberiensis, A. m. intermisa, A. m. saharensis*), Doğu Avrupa, Kuzey Akdeniz ve Orta Doğu (C) alttürleri (*A. m. sicula, A. m. carnica, A. m. ligustica, A. m. cecropia, A. m .macedonica, A. m. anatolica, A. m. adami, A. m. cypria, A. m. syrica, A. m. meda, A. m. caucasia, A. m. armeniaca)*'dir (Ruttner vd., 1978). Daha sonra, tanımlanan bu 24 alttür, 4 farklı evrimleşmiş soy hattı içersinde gruplandırılmıştır. Orta Doğu alt türleri (*A. m. anatolica, A. m. adami, A. m. cypria, A. m. syrica, A. m. meda, A. m. caucasica, A. m. armeniaca*) O soy hattı grubu içinde; Doğu Avrupa, Kuzey Akdeniz alttürleri (*A. m. sicula, A. m. carnica, A. m. ligustica, A. m. cecropia, A. m. macedonica*) C soy hattı içersinde sınıflandırılmıştır (Ruttner, 1988., Kauhausen-Keller vd., 1997., Franck vd., 2000). Ancak mtDNA çalışmaları sonucu, Anadolu (*A. m. anatoliaca*) ve İran (*A. m. meda*) *A. m. anatolica, A. m. adami, A. m. cypria, A. m. meda, A. m. caucasica ve A. m. armeniaca*'nın arılarının, Doğu Akdeniz (C) sınıfını temsil ettiği ortaya konmuştur (Smith, 1991., Arias ve Sheppard 1996., Smith vd., 1997., Kandemir vd., 2006). Dünya'da en az 6 evrimsel grubu temsil eden yaklaşık 25-30 alttür; Afrika (A), Kuzey ve Batı Avrupa (M), Kuzey Akdeniz (C), Orta Doğu (O ve Z) ve Etiyopya (Y) olarak sınıflandırılmıştır. (Sheppard ve Meixner 2003., Whitfield vd., 2006., Özdil ve Hall., 2009., Han vd., 2012., Eimanifar vd., 2018).

Türkiye bal arısı populasyonları morfometrik, genetik ve davranışsal özellikler açısından bio-çeşitlilik göstermektedir. Bal arısı populasyonlarının sınıflandırılması ve çeşitliliğinin araştırılması konusunda, morfometrik yöntemler kullanılarak yapılan ilk çalışmada, Türkiye'de yedi farklı bölgede yedi farklı arı ekotipinin olduğu belirlenmiştir (Bodenheimer, 1941). Morfometrik yöntemle, Anadolu bal arısının, diğer bölge arılarından farklılığı ortaya konarak, bu bölge arıları Anadolu arısı (*Apis mellifera anatolica*) olarak sınıflandırılmıştır (Maa, 1953). Bu çalışmalardan sonra, Türkiye bal arıları morfometrik ve davranışsal özellikleri açısından incelenerek, Anadolu arısı (*A. m. anatolica*), Kafkas arısı (*A. m. caucasica*), İran arısı (*A. m. meda*) ve Suriye arısı (*A. m. syriaca*) olarak 4 farklı bölgesel tip içinde değerlendirilmiştir (Adam, 1977., Adam, 1983., Ruttner, 1988). Türkiye' nin pek çok coğrafi bölgesinde *A. m. anatoliaca* ve ekotipleri söz bulunurken, kuzeydoğu bölgesinde *A. m. caucasica*, güneydoğu bölgesinde *A. m. meda*, Trakya bölgesinde *A. m. carnica,* Hatay ve civarındaki güney bölgelerde ise *A. m. syriaca* ırkı bulunmaktadır (Palmer vd., 2000., Smith, 2002., Özdil ve Oskay, 2016., Koca ve Kandemir, 2015).

Türkiye'nin çeşitli coğrafik bölgelerinde ve yörelerinde bulunan bal arısı popülasyonlarının morfometrik yönden tanımlanması konusunda günümüze kadar çeşitli araştırmalar yapılmıştır (Öztürk, 1990., Kaftanoğlu vd., 1993, Karacaoğlu ve Fıratlı, 1994., Güler, 1995., İleri, 1996. Genç vd., 1997., Akyol, 1998., Gençer ve Fıratlı, 1999., Kandemir vd., 2000., Dodoloğlu, 2000., Güler 2001., Karacaoğlu, 2004., Çınar, 2006.,.Adl vd ark., 2007., Toy ve Güler, 2008., Güler vd., 2013., Özbakır ve Fıratlı, 2013).

Günümüzde pek çok dünya ülkesi, yerel bal arısı populasyonlarını kaybetme riski ile karşı karşıya kalmaları nedeniyle arıcılık uygulamalarında bazı yaptırımları gündeme sokmuşlardır. Tarımsal üretimin gelecekte daha olumsuz bir yönde etkilenmemesi açısından, mevcut yerel arı gen kaynaklarının ortaya çıkarılması, ıslah edilmesi ve korunması konularında çalışmalar yoğunlaşmıştır. Bu yerel arı gen kaynaklarının ortaya çıkarılması, korunması ve ekonomik yönden varlıklarını sürdürebilmeleri açısından morfolojik ve genetik yapılarının tanımlanmasını; mevcut coğrafik ırklar, ekotipler ve genotipler arasındaki genetik ilişkilerinin araştırılmasını gerektirmektedir (Whitfield vd., 2006., De la Rua vd., 2009).

Arı yetiştiriciliğinde ülkelerin sahip olduğu yerli bal arısı populasyonlarının istenilen özellikler yönünde ıslah edilmesi, oluşturulan gen kaynaklarının korunması ve geliştirilmesi tarımsal ve ekonomik açıdan son derece önem taşımaktadır. Arı ıslahında başarı, genetik çeşitliliğin elde edilmesi ve tanımlanmasına bağlıdır. Ülkemiz uygun ekolojisi, zengin florası ve arı materyalindeki genetik varyasyonu ile arıcılık için uygun bir konuma sahiptir**.** Ülkenin farklı coğrafik bölgelerinde, farklı bal arısı genotiplerinin bulunması nedeniyle arıcılık çalışmalarında, üretim ve verimlilikte çok büyük farklılıklar görülmektedir. Yerel arı populasyonları, bulundukları bölge içersinde yıllardır doğal ve yetiştirici seleksiyonu ile şekil alarak o bölgenin iklim ve diğer çevresel koşullarına uyum sağlamışlardır. Ancak bölgesel arı gen kaynaklarını oluşturan birçok arı genotipi, yoğun yapılan göçer arıcılık, yeni ırkların bölgeye girmesi, hastalık ve zararlı yayılımı, küresel ısınma, iklimsel değişimler, bitki kaynaklarının azalması, tuzluluk, pestisit kullanımı, çevresel kirlenme nedeniyle ortadan kalkmaktadır.

Ülkemizin çeşitli bölgelerinde varolan arı genotiplerinin morfolojik özelliklerinin ortaya çıkarılarak ıslah çalışmalarının sürdürülmesi önem kazanmaktadır. Günümüze kadar Akdeniz Bölgesini temsil eden bal arısı populasyonlarında kapsamlı bir morfolojik çalışmanın bulunmaması açısından, bu bölge arı populasyonlarının morfolojik özellikleri bu araştırma ile ortaya konulmuştur. Araştırma ülkemiz arıcılığında da tanımlayıcı çalışmalara dayalı ıslah programlarının başlatılmasının ve bölgelere özgü arı genotiplerinin

korunması ve üstün verimli bal arısı hatlarının oluşturulmasını gerekli kılmak açısından ele alınmıştır.

Bu araştırmada; Akdeniz bölgesi bal arısı gen kaynaklarının morfolojik karakterizasyonunu tanımlamak, homojenliğini araştırmak, bölgeyi temsil eden 9 ilin lokal bal arısı populasyonları arasında morfolojik yapıyı kendi arasında ve Anadolu'daki farklı bal arısı genotipleri ile karşılaştırarak bu bölgede yapılacak ıslah çalışmaları ile bölgesel arı gen kaynaklarının korunmasına yönelik çalışmalara kaynak oluşturmak amaçlanmıştır.

MATERYAL VE METOT

İşçi Bal Arı Örneklerinin Toplanması

Bu araştırma; Akdeniz Bölgesini temsil eden, 9 ilin 25 farklı lokasyonundan toplanan işçi bal arıları üzerinde yürütülmüştür. Bu materyalin, 24 farklı lokasyonunu içeren örnekler, göçer arıcılığın yapılmadığı yörelerden, o yörede uzun yıllar saf ve doğal arı kolonileri ile çalışan, sabit arı yetiştiricilerinden, Nisan-Mayıs 2010 döneminde, toplanmıştır. Araştırmanın 25. lokasyonu ise doğal arı populasyonlarının, melez arı genotipi (*A. m. ligustica x A. m. carnica*) ile morfolojik özellikleri açısından karşılaştırmak amacıyla, Adana İli Sarıçam-Balcalı yöresinden toplanmıştır (Şekil 1, Çizelge 1). Bu yörelerin denizden yüksekliği, 20 ile 1400 metre arasında değişmektedir (Anonim 2012a, 2012b, 2012c, 2012d, 2012e, 2012f, 2012g).

Akdeniz bölgesi arı popülasyonlarında, morfometrik çeşitliliğin belirlenmesi amacıyla 25 farklı yöreden temin edilen, işçi arı örnekleri (9x25x30=6750), kimlik numarası verilen ependorf tüplere alınarak, %75'lik ethanol içerisinde ve +4C^0'de koruma altına alınmıştır. Kolonilerden alınan işçi arı örnekleri, morfolojik olarak iyi durumda görülen, kovan dışı faaliyette bulunmamış kapalı yavru gözleri üzerindeki genç işçi arılardan seçilmiştir.

Morfolojik Karekterlerin Ölçümü

Akdeniz Bölgesi arı populasyonlarını temsil eden 120 adet koloninin her birinden alınan 30 işçi arıdan, yapısı bozulmayan rastgele seçilen beş işçi arı örneği üzerinde 26 ayrı morfolojik karakterin biyometrik ölçümleri yapılmıştır. Bölgenin arı populasyonundan örneklenen bu toplam 600 işçi arı örneğinde, Dil Uzunluğu (DU), 5. Tergit Kıl Uzunluğu (KU), 3. Tergit Genişliği (T3), 4. Tergit Genişliği (T4), Vücut Büyüklüğü (VB), Femur Uzunluğu (FU), Tibia Uzunluğu (TU), Metatarsus Uzunluğu (MTU), Arka Bacak Uzunluğu (AU), Ön Kanat Uzunluğu (ÖKU), Ön Kanat Genişliği (ÖKG), Kanat İndeksi (Kaİ), Kübital Hücre a Damar Uzunluğu (a), Kübital Hücre b Damar Uzunluğu (b), Kübital

İndeks (Küİ) ve 11 Kanat Damar Açısı (A_4, B_4, D_7, E_9, G_{12}, J_{10}, J_{16}, K_{19}, L_{13}, N_{23}, O_{26})'nı içeren 26 morfolojik karakterin biyometrik ölçümü yapılmıştır (Ruttner vd., 1978., Moritz., 1991., Kauhausenkeller ve Keller, 1994). Morfolojik ölçümleri içeren çalışmalar; araştırma mikroskobu, projeksiyon, stereoskop mikroskobu altında yapılmıştır.



Şekil 1. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Toplanıldığı Lokasyonlar.

Çizelge 1. Arı Materyalinin Alındığı Lokasyonlar, Koloni Sayıları ve Denizden Yüksekliği.

İller	**İlçe ve Köyler**	**Koloni Sayısı (Adet)**	**Yörelerin Yüksekliği (m)**
Isparta	*1.Merkez - Darıören Köyü*	4	1100
	2.Eğirdir - Ağılköy	4	1100
	3.Sütçüler - Ayvalıpınar Köyü	4	1000
Burdur	*1.Merkez - Ağlasun Köyü*	6	1125
	2.Merkez - Kayaaltı Köyü	6	1200
Antalya	*1.Akseki - Gümüşdamla Köyü*	4	925
	2.Ibradi - Çukurviran Köyü	4	1050
	3.Manavgat - Belenovası,	4	160
Kahramanmaraş	*1.Nurhak - Barış Kasabası*	4	1400
	2.Afşin - İğdemlik Köyü	5	1160
	3.Merkez - Kavlaklı Köyü	3	600
Hatay	*1.Kırıkhan - Gölbaşı Köyü*	5	90
	2.Hassa - Bademli Köyü	5	660
	3.Yayladağ - Sebenoba Köyü	4	300
Kilis	*1.Musabeyli - Kızılkent Köyü*	12	940
Mersin	*1.Çamlıyayla - Sebil Kasabası*	3	1060
	2.Mut – Hacıahmetli Köyü	4	1280
	3.Erdemli - Karayakup Köyü	3	520
Osmaniye	*1.Toprakkale - Göçmen Köyü*	4	100
	2.Düziçi - Bükel Köyü	4	420
	3.Sumbas - Güzelyalı Köyü	4	140
Adana	*1.Aladağ - Dölekli Kasabası*	4	980
	2.Karataş - Yemişli Köyü	4	20
	3.Saimbeyli - Gürleşen Köyü	4	980
	4.Sarıçam - Balcalı	12	130

Morfometrik Karakterlerin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Akdeniz Bölgesini temsil eden, arı populasyonlarından örneklenen işçi arılar üzerinde yapılan morfometrik ölçüm sonuçları, SPSS paket programında, Tesadüf Blokları Deneme Deseninde istatiksel açıdan değerlendirilmiş ve DUNCAN Çoklu Karşılaştırma Testi ile genotipler arasındaki farklılık ortaya konulmuştur. Araştırma sonucunda elde edilen morfolojik özelliklere ilişkin verilere diskriminant (Çok Değişkenli İstatistik) analiz uygulanmıştır (Ruttner, 1988., Kayaalp, 2010). Denemede toplam 600 işçi arı örneğinde belirlenen 26 morfolojik karakter ait morfometrik ölçüm sonuçları veriler, tek değişkenli varyans analizi (ANOVA), çok değişkenli varyans analizi (MANOVA) ile değerlendirilmiş ve farklı grupların belirlenmesinde DUNCAN Çoklu Karşılaştırma Testi uygulanmıştır (Nazzi, 1992**.,** Adl vd., 2007).

Araştırmada, bal arısı (*A. mellifera* L.,) populasyonlarında, alt türlerin tanımlanması ve taksonomik sınıflandırılmasının ortaya çıkarılmasında, arının değişik vücut kısımlarına ait morfolojik karakterleri, Çok Değişkenli istatistik analiz yöntemi (Diskriminant) ile tanımlanmıştır (Amssalu vd., 2004). Diskriminant analiz yöntemi, üç ve daha fazla grupla çalışma yapıldığı durumlarda, genotiplerin ayırımı ve sınıflandırılmasında kullanılmaktadır. Bu durumda, bir tek fonksiyon yerine birden fazla fonksiyon elde edilerek, gruplar arasındaki farklar çok boyutlu bir sistem içerisinde değerlendirilmektedir. Yapılan diskriminant analizi ile genotiplerin morfolojik yönden birbirleri ile akrabalık durumları incelenmiştir. Akdeniz Bölgesi arı populasyonlarını temsil eden örnekler, 26 morfolojik karakter yönünden karşılaştırılarak, aralarında ayırt edici nitelikte karakterin olup/olmadığı belirlenmiştir. Bu karakter veya karakterlerin, bu arı genotipleri için norm değerleri ortaya konularak, bu arı gen kaynaklarının korunmasında, seleksiyon ve ıslah çalışmalarında güvenirlilik ve süreklilik sağlanmasının önü açılmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

Morfometrik Karaktere Ait Bulgular

Araştırmada, Akdeniz Bölgesini temsil eden 25 farklı arı genotipi üzerinde 26 farklı morfometrik karaktere ait biyometrik ölçüm sonuçları aşağıda belirtilmiştir.

Dil Uzunluğu (DU) (mm)

Akdeniz Bölge arı genotip gruplarında; dil uzunlukları ile ilgili en düşük değer 5.55 mm, en yüksek değer 6.41 mm olarak bulunmuştur. Bölge arı genotiplerinin, dil uzunluğu ortalama 5.95±0.46 mm olarak belirlenmiştir. Arı genotip gruplarının dil uzunluğu ortalaması arasında önemli bir farkın olduğu

bulunmuştur (P<0.05). Yapılan istatistiksel analiz ve Duncan ÇK Testi sonuçlarına göre Osmaniye arı genotip grubu ortalama 6.30±0.28 mm ile en uzun dile sahip grubu; Antalya ve Burdur ise 5.65±0.67 mm ve 5.73±0.66 mm ile en kısa dile sahip grupları oluşturmuştur (Çizelge 2).

Çizelge 2. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Dil Uzunluğu (mm).

Genotip Gruplar	**N**	**($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)**	**Minimum**	**Maksimum**
Mersin [b]	50	6.04 ± 0.23	5.94	6.17
Kilis [c]	60	5.90 ± 0.25	5.74	6.13
Hatay [b]	70	6.00 ± 0.26	5.91	6.10
K.Maras [b]	60	5.99 ± 0.32	5.87	6.08
Osmaniye [a]	60	6.30 ± 0.28	6.20	6.41
Adana [b]	60	5.97 ± 0.20	5.86	6.07
Balcalı [b]	60	6.13 ± 0.28	6.02	6.23
Antalya[d]	60	5.65 ± 0.67	5.55	5.76
Isparta [cd]	60	5.80 ± 0.68	5.69	5.91
Burdur [d]	60	5.73 ± 0.66	5.62	5.83
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**5.95 ± 0.46**		

Beşinci Tergit Kıl Uzunluğu (KU) (mm)

Akdeniz bölge arı genotip gruplarının, 5. tergit kıl uzunluğu, ortalama 0.33±0.04 mm (0.24 mm-0.42 mm) olarak belirlenmiştir. Bu çalışmada arı genotip gruplarının 5. tergit kıl uzunlukları arasında önemli bir farkın olduğu görülmektedir (P<0.05). Bu verilere uygulanan istatistiki analiz ve DÇK testi sonuçlarına göre; bölge arı genotipleri arasında Kahramanmaraş genotip grubu 0.35±0.03 mm ile en uzun, Kilis genotip grubu ise 0.30±0.02 mm ile en kısa 5. tergit kıl uzunluğuna sahip grubu oluşturmuştur (Çizelge 3).

Çizelge 3. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin 5. Tergit Kıl Uzunluğu

Genotip Gruplar	**N**	**($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)**	**Minimum**	**Maksimum**
Mersin [b]	50	0.34 ± 0.05	0.28	0.38
Kilis [d]	60	0.30 ± 0.02	0.27	0.37
Hatay [c]	70	0.31 ± 0.03	0.25	0.41
Kahramanmaraş [a]	60	0.35 ± 0.03	0.27	0.39
Osmaniye [ab]	60	0.34 ± 0.05	0.24	0.42
Adana [bc]	60	0.33 ± 0.08	0.30	0.35
Balcalı [c]	60	0.32 ± 0.02	0.29	0.34
Antalya [b]	60	0.33 ± 0.03	0.30	0.31
Isparta [b]	60	0.34 ± 0.03	0.34	0.36
Burdur [bc]	60	0.32 ± 0.04	0.31	0.35
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**0.33 ± 0.04**		

Üçüncü Tergit Genişliği (T3) (mm)

Akdeniz Bölge arı genotiplerinin 3. tergit genişliklerinin ortalama 2.18±0.13 mm olduğu (2.00 mm-2.40 mm) belirlenmiştir. Bölge arı genotip gruplarının, 3. tergit genişlikleri arasında önemli bir farkın ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistiki analiz ile DÇK testi sonuçlarına göre, bölge arı genotipleri arasında en uzun 3. tergit genişliğine sahip genotip grubu 2.30±0.16 mm ile Kahramanmaraş ve en kısa 3. tergit genişliğine sahip genotip grubu 2.09±0.11 mm ile Antalya genotiplerinin oluşturduğu belirlenmiştir (Çizelge 4).

Çizelge 4. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin 3. Tergit Genişliği.

Genotip Gruplar	**N**	**($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)**	**Minimum**	**Maksimum**
Mersin	50	2.24 ± 0.09	2.00	2.26
Kilis	60	2.18 ± 0.06	2.11	2.24
Hatay	70	2.21 ± 0.19	2.05	2.31
Kahramanmaraş	60	2.30 ± 0.16	2.21	2.40
Osmaniye	60	2.16 ± 0.07	2.00	2.17
Adana	60	2.10 ± 0.08	2.04	2.18
Balcalı	60	2.12 ± 0.08	2.07	2.20
Antalya	60	2.09 ± 0.11	2.09	2.12
Isparta	60	2.15 ± 0.12	2.10	2.19
Burdur	60	2.26 ± 0.13	2.20	2.28
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**2.18 ± 0.13**		

Dördüncü Tergit Genişliği (T4) (mm)

Akdeniz Bölge arı genotip gruplarının, 4. tergit genişliklerine ait ortalama değerin 2.12±0.10 mm (2.00 mm-2.27 mm) olduğu belirlenmiştir. Ele alınan arı genotip gruplarının, 4. tergit genişlikleri verilerine uygulanan istatistiki analiz ve DÇK testi sonuçlarına göre, arı genotip grupları arasında önemli bir farklılığın olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Bölge arı genotipleri arasında 4. tergit genişliği en uzun genotip grubunu 2.23±0.10 mm ile Burdur; en kısa 4. tergit genişliğini 2.07±0.08 mm ile Adana genotip gruplarının oluşturduğu belirlenmiştir (Çizelge 5).

Çizelge 5. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin 4. Tergit Genişliği.

Genotip Gruplar	N	($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	Minimum	Maksimum
Mersin [b]	50	2.17 ± 0.10	2.10	2.19
Kilis [c]	60	2.11 ± 0.07	2.01	2.17
Hatay [c]	70	2.12 ± 0.08	2.05	2.13
Kahramanmaraş [b]	60	2.15 ± 0.09	2.10	2.18
Osmaniye [d]	60	2.08 ± 0.07	2.03	2.15
Adana [e]	60	2.07 ± 0.08	2.04	2.11
Balcalı [d]	60	2.08 ± 0.08	2.00	2.10
Antalya [cd]	60	2.10 ± 0.10	2.09	2.12
Isparta [bc]	60	2.14 ± 0.11	2.04	2.20
Burdur [a]	60	2.23 ± 0.10	2.11	2.27
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**2.12 ± 0.10**		

Femur Uzunluğu (FU) (mm)

Akdeniz Bölge arı genotip gruplarının femur uzunluklarına ait ortalama değerin 3.21±0.18 mm (3.08 mm-3.30 mm) olduğu belirlenmiştir. Bölge arı genotiplerinin femur uzunlukları arasında önemli bir farklılığın olduğu görülmektedir ($P<0.05$). Yapılan istatistik analizi ve DÇK testi sonuçlarına göre, bölge genotipleri arasında en uzun femur uzunluğu 3.29±0.10 mm ile Osmaniye grubunda, en kısa femur uzunluğu ise Mersin (3.12±0.16 mm) ve Kilis (3.13±0.26 mm) genotiplerinde belirlenmiştir (Çizelge 6).

Çizelge 6. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Femur Uzunluğu.

Genotip Gruplar	N	($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	Minimum	Maksimum
Mersin [d]	50	3.13 ± 0.26	3.09	3.14
Kilis [d]	60	3.12 ± 0.16	3.08	3.16
Hatay [c]	70	3.15 ± 0.15	3.10	3.17
Kahramanmaraş[c]	60	3.17 ± 0.15	3.15	3.20
Osmaniye [a]	60	3.29 ± 0.10	3.26	3.30
Adana [bc]	60	3.21 ± 0.14	3.10	3.25
Balcalı [b]	60	3.23 ± 0.12	3.14	3.26
Antalya [b]	60	3.23 ± 0.25	3.08	3.27
Isparta [ab]	60	3.25 ± 0.17	3.20	3.30
Burdur [ab]	60	3.26 ± 0.16	3.18	3.30
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**3.21 ± 0.18**		

Tibia Uzunluğu (TU) (mm)

Akdeniz Bölge arı genotiplerinin tibia uzunluğu ortalama 2.99±0.13 mm (2.90-3.10 mm) olarak belirlenmiştir. Bölge arı genotiplerinin tibia uzunlukları arasında önemli bir farkın olduğu ortaya konmuştur ($P<0.05$). Yapılan istatistiki analiz ve DÇK testi sonuçlarına göre, bölge arı genotipleri arasında en uzun tibia

uzunluğu Burdur genotipinde (3.09±0.16 mm), en kısa tibia uzunluğu 2.93±0.15 mm ve 2.93±0.11 mm ile Mersin ve Osmaniye genotip gruplarında belirlenmiştir (Çizelge 7).

Çizelge 7. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Tibia Uzunluğu (mm).

Genotip Gruplar	**N**	**($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)**	**Minimum**	**Maksimum**
Mersin [c]	50	2.93 ± 0.15	2.90	2.97
Kilis [c]	60	2.95 ± 0.14	2.90	2.98
Hatay [b]	70	2.97 ± 0.11	2.94	3.00
Kahramanmaraş [b]	60	2.98 ± 0.11	2.92	2.99
Osmaniye [c]	60	2.93 ± 0.11	2.91	2.94
Adana [c]	60	2.94 ± 0.11	2.90	2.96
Balcalı [b]	60	2.98 ± 0.09	2.93	3.01
Antalya [a]	60	3.05 ± 0.14	2.95	3.08
Isparta [ab]	60	3.01 ± 0.12	2.91	3.06
Burdur [a]	60	3.09 ± 0.16	2.99	3.10
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**2.99 ± 0.13**		

Metatarsus Uzunluğu (MTU) (mm)

Akdeniz Bölge arı genotiplerinin metatarsus uzunluğu ortalama 2.04±0.17 mm (1.93-2.31 mm) olarak belirlenmiştir. Bölge arı genotiplerinin metatarsus uzunlukları arasında önemli bir farkın olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Yapılan istatistik analiz ve DÇK testi sonuçlarına göre, Mersin genotipi (2.28±0.17 mm) en uzun, Isparta ve Burdur genotipleri (1.97±0.13 mm) en kısa metatarsus uzunluğuna sahip grubu oluşturmuştur (Çizelge 8).

Çizelge 8. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Metatarsus Uzunluğu.

Genotip Gruplar	**N**	**($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)**	**Minimum**	**Maksimum**
Mersin [a]	50	2.28 ± 0.17	2.20	2.31
Kilis [b]	60	2.07 ± 0.22	2.00	2.09
Hatay [d]	70	1.99 ± 0.11	1.95	2.00
Kahramanmaraş [bc]	60	2.04 ± 0.11	2.01	2.07
Osmaniye [bc]	60	2.06 ± 0.09	2.03	2.09
Adana [d]	60	1.99 ± 0.12	1.97	2.01
Balcalı [c]	60	2.03 ± 0.11	2.00	2.05
Antalya [c]	60	2.01 ± 0.23	1.93	2.03
Isparta [e]	60	1.97 ± 0.13	1.95	2.00
Burdur [e]	60	1.97 ± 0.13	1.94	2.01
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**2.04 ± 0.17**		

Ön Kanat Uzunluğu (ÖKU) (mm)

Akdeniz Bölge arı genotip gruplarının ön kanat uzunluklarının ortalama 9.14±0.28 mm (8.99-9.47 mm) olduğu belirlenmiştir. Bölge arı genotiplerinin, ön kanat uzunlukları arasında farkın önemli olduğu ortaya konulmuştur (P<0.05). Yapılan istatistik analiz ve DÇK testi sonuçlarına göre, genotipler arasında en uzun ön kanat uzunluğuna sahip genotipin 9.34±0.27 mm ile Burdur ve 9.31±0.27 mm ile Mersin genotipi olduğu görülmüştür. En kısa ön kanat uzunluğuna sahip genotip gruplarının ise 9.04±0.29 mm ve 9.04±0.30 mm ile Kahramanmaraş ve Kilis genotipleri olduğu belirlenmiştir (Çizelge 9).

Çizelge 9. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Ön Kanat Uzunluğu.

Genotip Gruplar	**N**	**($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)**	**Minimum**	**Maksimum**
Mersin [a]	50	9.31 ± 0.27	9.25	9.45
Kilis [c]	60	9.05 ± 0.26	9.00	9.07
Hatay [c]	70	9.04 ± 0.30	9.01	9.05
Kahramanmaraş [c]	60	9.04 ± 0.29	8.99	9.05
Osmaniye [bc]	60	9.12 ± 0.22	9.05	9.14
Adana [bc]	60	9.06 ± 0.26	9.00	9.08
Balcalı [b]	60	9.16 ± 0.23	9.12	9.17
Antalya [bc]	60	9.11 ± 0.29	9.10	9.12
Isparta [b]	60	9.17 ± 0.27	9.15	9.19
Burdur [a]	60	9.34 ± 0.27	9.25	9.47
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**9.14 ± 0.28**		

Ön Kanat Genişliği (ÖKG) (mm)

Akdeniz Bölge arı genotiplerinin, ön kanat genişliği ortalama 3.11±0.18 mm (2.94-3.50 mm) olarak belirlenmiştir. Genotip gruplarının ön kanat genişlikleri ile ilgili değerleri arasında fark önemli (P<0.05) bulunmuştur. Yapılan istatistik analiz ve DÇK testi sonuçlarına göre, genotipler arasında Antalya genotipi (3.45±0.23 mm) en uzun, Adana genotipi (2.99±0.10 mm) en kısa ön kanat genişliğine sahip genotipi oluşturmuştur (Çizelge 10).

Çizelge 10. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Ön Kanat Genişliği.

Genotip Gruplar	N	($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	Minimum	Maksimum
Mersin [c]	50	3.07 ± 0.09	3.00	3.09
Kilis [d]	60	3.01 ± 0.09	2.99	3.02
Hatay [d]	70	3.04 ± 0.11	3.00	3.06
Kahramanmaraş [cd]	60	3.06 ± 0.10	3.03	3.08
Osmaniye [c]	60	3.08 ± 0.10	3.04	3.11
Adana [e]	60	2.99 ± 0.10	2.94	3.00
Balcalı [d]	60	3.03 ± 0.10	3.00	3.05
Antalya [a]	60	3.45 ± 0.23	3.25	3.50
Isparta [b]	60	3.17 ± 0.19	3.10	3.19
Burdur [b]	60	3.19 ± 0.16	3.14	3.21
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**3.11 ± 0.18**		

Kübital a Damar Uzunluğu (a) (mm)

Akdeniz Bölge arı genotip gruplarının kübital a damarı uzunluklarına ait değerin ortalama 0.54±0.03 mm (0.50-0.58 mm) olduğu ve genotip gruplarının, kübital a damar uzunluk değerleri arasında önemli bir farklılığın olduğu görülmektedir ($P<0.05$). Yapılan istatistiki analiz ve DÇK testine göre, genotipler arasında en uzun kübital a damar uzunluğunu 0.56±0.03 mm ile Adana, en kısa kübital a damar uzunluğunu ise 0.52±0.02 mm ile Kilis ve Osmaniye genotiplerinin oluşturduğu belirlenmiştir (Çizelge 11).

Çizelge 11. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Kübital a Damar Uzunluğu.

Genotip Gruplar	N	($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	Minimum	Maksimum
Mersin [b]	50	0.54 ± 0.04	0.51	0.55
Kilis [c]	60	0.52 ± 0.02	0.50	0.53
Hatay [ab]	70	0.55 ± 0.02	0.51	0.56
Kahramanmaraş [ab]	60	0.55 ± 0.02	0.54	0.57
Osmaniye [c]	60	0.52 ± 0.02	0.50	0.53
Adana [a]	60	0.56 ± 0.03	0.55	0.57
Balcalı [ab]	60	0.55 ± 0.03	0.54	0.58
Antalya [b]	60	0.54 ± 0.03	0.53	0.56
Isparta [ab]	60	0.55 ± 0.03	0.52	0.56
Burdur [ab]	60	0.55 ± 0.02	0.54	0.57
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**0.54 ± 0.03**		

Kübital b Damar Uzunluğu (b) (mm)

Denemede bölge arı genotip gruplarının kübital b damar uzunluğu ortalama 0.27±0.02 mm (0.21-0.31 mm) olarak saptanmıştır. Bölge arı genotip gruplarının kübital b damar uzunlukları değerleri arasında önemli bir farkın olduğu görülmektedir ($P<0.05$). Yapılan istatistiki analiz ve DÇK testi sonuçlarına göre,

bölge genotip grupları arasında Mersin genotipleri ortalama 0.30±0.02 mm ile en uzun, Osmaniye genotipleri 0.25±0.02 mm ile en kısa kübital b damar uzunluğuna sahip genotip grubu oluşturmuştur (Çizelge 12).

Çizelge 12. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Kübital b Damar Uzunluğu.

Genotip Gruplar	**N**	**($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)**	**Minimum**	**Maksimum**
Mersin [a]	50	0.30 ± 0.02	0.29	0.31
Kilis [b]	60	0.28 ± 0.02	0.26	0.29
Hatay [b]	70	0.27 ± 0.02	0.25	0.28
Kahramanmaraş [c]	60	0.26 ± 0.02	0.24	0.27
Osmaniye [d]	60	0.25 ± 0.02	0.21	0.26
Adana [b]	60	0.28 ± 0.01	0.27	0.29
Balcalı [bc]	60	0.27 ± 0.02	0.26	0.29
Antalya [b]	60	0.28 ± 0.02	0.26	0.29
Isparta [b]	60	0.28 ± 0.02	0.27	0.29
Burdur [bc]	60	0.27 ± 0.02	0.26	0.29
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**0.27 ± 0.02**		

Kübital İndeks (Küİ)

Araştırmada Akdeniz Bölge arı genotip gruplarının ortalama kübital indeks oranı 1.99±0.22 (1.74-2.11) olarak belirlenmiştir. Bölge arı genotiplerinin, kübital indeks oranları arasında önemli bir farklılık bulunmuştur ($P<0.05$). Yapılan istatistiki analiz ve DÇK testi sonuçlarına göre; Kahramanmaraş ve Osmaniye genotipleri en yüksek kübital indeks oranına (2.09±0.20 ve 2.09±0.24); Mersin genotipleri (1.79±0.19) en küçük kübital indeks oranına sahip genotipi oluşturmuştur (Çizelge 13).

Çizelge 13. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Kübital Indeks Oranı.

Genotip Gruplar	**N**	**($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)**	**Minimum**	**Maksimum**
Mersin [d]	50	1.79 ± 0.19	1.74	1.80
Kilis [c]	60	1.88 ± 0.16	1.80	1.89
Hatay [b]	70	2.03 ± 0.22	2.00	2.05
Kahramanmaraş [a]	60	2.09 ± 0.20	2.03	2.10
Osmaniye [a]	60	2.09 ± 0.24	2.04	2.11
Adana [bc]	60	2.00 ± 0.18	1.98	2.03
Balcalı [b]	60	2.04 ± 0.20	2.00	2.05
Antalya [c]	60	1.93 ± 0.20	1.90	1.96
Isparta [bc]	60	1.99 ± 0.21	1.96	2.01
Burdur [b]	60	2.03 ± 0.23	2.01	2.04
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**1.99 ± 0.22**		

Vücut Büyüklüğü (VB=T3+T4) (mm)

Araştırmada arı genotip gruplarının vücut büyüklüğü; 3. ve 4. tergit genişliklerinin toplamı olarak ele alınmıştır. Akdeniz bölge arı genotiplerinin vücut büyüklüğü ortalama 4.31±0.19 mm (4.16-4.50 mm) olarak belirlenmiştir. Genotip gruplarının vücut büyüklükleri değeri arasında önemli bir fark bulunmuştur (P<0.05). Yapılan istatistiki analiz ve DÇK testi sonuçlarına göre, en büyük vücut büyüklüğüne sahip genotipin 4.49±0.18 mm ile Burdur, en küçük vücut büyüklüğüne sahip genotipin ise 4.17±0.13 mm ile Adana genotiplerinin oluşturduğu belirlenmiştir (Çizelge 14).

Çizelge 14. Akdeniz Bölge Arı Genotipierinin Vücut Büyüklüğü.

Genotip Gruplar	**N**	**($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)**	**Minimum**	**Maksimum**
Mersin [b]	50	4.42 ± 0.14	4.39	4.45
Kilis [c]	60	4.30 ± 0.10	4.27	4.32
Hatay [c]	70	4.34 ± 0.22	4.30	4.35
Kahramanmaraş [ab]	60	4.46 ± 0.20	4.41	4.48
Osmaniye [d]	60	4.24 ± 0.12	4.20	4.26
Adana [e]	60	4.17 ± 0.13	4.16	4.19
Balcalı [de]	60	4.21 ± 0.11	4.20	4.23
Antalya [de]	60	4.20 ± 0.15	4.18	4.25
Isparta [c]	60	4.30 ± 0.19	4.25	4.32
Burdur [a]	60	4.49 ± 0.18	4.43	4.50
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**4.31 ± 0.19**		

Arka Bacak Uzunluğu (AU=FU+TU+MTU) (mm)

Araştırmada arı genotip gruplarının arka bacak uzunluğu femur, tibia ve metatarsus uzunluklarının toplamı olarak ele alınmıştır. Akdeniz Bölge arı genotip gruplarının arka bacak uzunlukları ortalama 8.24±0.27 mm (8.10- 8.37 mm) olarak belirlenmiştir. Genotip gruplarının arka bacak uzunlukları değerleri arasında önemli bir farkın olduğu belirlenmiştir (P<0.05). Yapılan istatistik analiz ve DÇK testi sonuçlarına göre; bölge arı genotip grupları arasında, Mersin genotipleri (8.35±0.32 mm) en uzun, Hatay genotipleri (8.12±0.22 mm) en kısa arka bacak uzunluğuna sahip grubunu oluşturmuştur (Çizelge 15).

Çizelge 15. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Arka Bacak Uzunluğu.

Genotip Gruplar	N	($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	Minimum	Maksimum
Mersin [a]	50	8.35 ± 0.32	8.30	8.37
Kilis [c]	60	8.16 ± 0.33	8.14	8.19
Hatay [d]	70	8.12 ± 0.22	8.10	8.15
Kahramanmaraş [c]	60	8.21 ± 0.24	8.18	8.24
Osmaniye [b]	60	8.30 ± 0.17	8.20	8.33
Adana [c]	60	8.16 ± 0.22	8.14	8.20
Balcalı [bc]	60	8.25 ± 0.17	8.20	8.28
Antalya [b]	60	8.30 ± 0.38	8.25	8.34
Isparta [bc]	60	8.24 ± 0.22	8.21	8.27
Burdur [ab]	60	8.33 ± 0.25	8.29	8.35
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**8.24 ± 0.27**		

Kanat İndeksi (Kİ)

Araştırma arı genotip gruplarına ait kanat indeks oranı, ön kanat genişliğinin, ön kanat uzunluğuna oranının, 100 ile çarpılması ile belirlenmiştir. Akdeniz Bölge arı genotip gruplarının ortalama kanat indeks oranı 34.07±2.25 (30.10-38.14) düzeyinde belirlenmiştir. Genotip gruplarının, kanat indeks oranları arasında önemli bir farkın olduğu saptanmıştır ($P<0.05$). Yapılan istatistik analiz ve DÇK testi sonuçlarına göre; en büyük kanat indeks oranı 37.97±2.79 ile Antalya, en küçük kanat indeks oranı ise 32.98±1.30, 33.03±1.40 ve 33.10±1.50 ile Mersin, Adana ve Balcalı genotiplerinin olduğu belirlenmiştir (Çizelge 16).

Çizelge 16. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Kanat İndeks Oranı.

Genotip Gruplar	N	($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	Minimum	Maksimum
Mersin [e]	50	32.98 ± 1.30	30.10	33.45
Kilis [d]	60	33.34 ± 1.39	31.25	34.40
Hatay [cd]	70	33.65 ± 1.73	31.50	35.32
Kahramanmaraş [c]	60	33.93 ± 1.82	32.28	34.04
Osmaniye [c]	60	33.81 ± 1.14	30.20	35.08
Adana [e]	60	33.03 ± 1.40	32.45	36.23
Balcalı [e]	60	33.10 ± 1.50	32.14	34.45
Antalya [a]	60	37.97 ± 2.79	34.15	38.14
Isparta [b]	60	34.59 ± 2.17	32.40	35.48
Burdur [bc]	60	34.18 ± 1.84	30.15	36.71
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**34.07 ± 2.25**		

Kanat A_4 Damar Açısı (^{o})

Akdeniz Bölge arı genotip gruplarının, ortalama kanat A_4 açısı (^{o}) değeri 31.13±2.51^o (30.15^o-33.06^o) olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz

sonuçlarına göre, bölge genotip gruplarının, kanat A_4 açısı (º) değerleri arasında önemli bir farkın (P>0.05) olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 17).

Çizelge 17. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Kanat A_4 Açısı (º).

Genotip Gruplar	N	$(\bar{X}\pm S_{\bar{X}})$	Minimum	Maksimum
Mersin	50	31.39 ± 1.82	30.65	31.49
Kilis	60	31.53 ± 2.25	31.20	32.15
Hatay	70	31.29 ± 2.80	31.04	32.20
Kahramanmaraş	60	31.00 ± 3.27	30.48	32.45
Osmaniye	60	31.21 ± 2.56	30.62	31.67
Adana	60	30.97 ± 2.12	30.45	32.18
Balcalı	60	31.13 ± 2.74	31.10	33.06
Antalya	60	30.81 ± 2.90	30.46	32.15
Isparta	60	30.89 ± 2.16	30.50	31.44
Burdur	60	31.15 ± 1.28	30.15	32.69
Genel Ort. $(\bar{X}\pm S_{\bar{X}})$	**60**	**31.13 ± 2.51**		

Kanat B_4 Damar Açısı (º)

Akdeniz Bölge arı genotip gruplarının kanat B_4 açısı (º) ile ilgili değeri ortalama 101.78±7.50º (89.67º-109.20º) belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre, genotip gruplarının, kanat B_4 açısı (º) değerleri arasında, önemli bir farkın olmadığı ortaya konmuştur (P>0.05) (Çizelge 18).

Çizelge 18. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Kanat B_4 Açısı (º)

Genotip Gruplar	N	$(\bar{X}\pm S_{\bar{X}})$	Minimum	Maksimum
Mersin	50	100.77 ± 5.41	92.45	101.24
Kilis	60	102.68 ± 6.89	90.24	103.81
Hatay	70	101.25 ± 7.02	94.58	102.46
Kahramanmaraş	60	101.51 ± 9.26	92.63	102.04
Osmaniye	60	101.19 ± 8.07	89.67	103.28
Adana	60	100.74 ± 7.46	93.40	102.11
Balcalı	60	102.15 ± 8.35	94.85	104.17
Antalya	60	104.70 ± 8.27	100.24	109.20
Isparta	60	102.58 ± 7.09	93.65	104.71
Burdur	60	102.11 ± 6.37	98.11	104.62
Genel Ort. $(\bar{X}\pm S_{\bar{X}})$	**60**	**101.78 ± 7.50**		

Kanat D_7 Damar Açısı (º)

Akdeniz Bölge arı genotip gruplarının kanat D_7 açısı (º) ile ilgili değeri ortalama 101.98±5.14º (98.90º-104.41º) olarak saptanmıştır. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre, genotip gruplarının kanat D_7 açısı (º) değerleri, arasında önemli bir farkın (P>0.05) olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 19).

Çizelge 19. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Kanat D_7 Açısı (°)

Genotip Gruplar	N	$(\bar{X}\pm S_{\bar{X}})$	Minimum	Maksimum
Mersin	50	102.25 ± 4.59	100.11	103.95
Kilis	60	102.75 ± 5.13	100.48	104.41
Hatay	70	102.02 ± 5.49	98.90	103.96
Kahramanmaraş	60	102.43 ± 6.65	101.25	103.15
Osmaniye	60	101.97 ± 4.99	100.12	103.04
Adana	60	101.17 ± 4.69	99.29	102.90
Balcalı	60	101.76 ± 4.67	100.18	103.14
Antalya	60	102.65 ± 5.39	101.65	103.09
Isparta	60	100.97 ± 4.73	100.08	101.18
Burdur	60	101.89 ± 4.62	100.94	102.34
Genel Ort. $(\bar{X}\pm S_{\bar{X}})$	**60**	**101.98 ± 5.14**		

Kanat E_9 Damar Açısı (°)

Akdeniz Bölge arı genotip gruplarının kanat E_9 Açı (°) ortalama 21.16±2.75° (18.47°-22.79°) olarak bulunmuştur. Yapılan istatistiki analiz sonuçlarına göre, bölge genotip gruplarının kanat E_9 açısı (°) değerleri arasında önemli bir farkın ($P>0.05$) olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 20).

Çizelge 20. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Kanat E_9 Açısı (°)

Genotip Gruplar	N	$(\bar{X}\pm S_{\bar{X}})$	Minimum	Maksimum
Mersin	50	21.42 ± 2.79	20.64	22.19
Kilis	60	21.43 ± 2.47	20.18	22.44
Hatay	70	21.31 ± 3.38	19.74	22.67
Kahramanmaraş	60	20.72 ± 3.21	19.16	21.85
Osmaniye	60	21.45 ± 2.45	20.78	22.79
Adana	60	21.15 ± 2.34	20.21	22.46
Balcalı	60	20.65 ± 2.56	18.47	21.37
Antalya	60	21.02 ± 2.98	20.10	22.79
Isparta	60	20.97 ± 2.57	19.14	21.71
Burdur	60	21.53 ± 2.47	20.58	22.13
Genel Ort. $(\bar{X}\pm S_{\bar{X}})$	**60**	**21.16 ± 2.75**		

Kanat G_{12} Damar Açısı (°)

Akdeniz Bölge arı genotip gruplarının kanat G_{12} açısı (°) değeri ortalama 91.13±3.11° (90.00°-92.98°) olarak belirlenmiştir. Genotip gruplarının kanat G_{12} açısı (°) değerleri arasındaki fark önemli ($P<0.05$) bulunmuştur. Yapılan istatistik analiz ve DÇK testi sonuçlarına göre; en geniş kanat G_{12} açısını; Burdur ve Mersin genotiplerinin ortalama 92.12±3.35° ve 92.10±3.30° ile en dar kanat G_{12} açısını ise Isparta genotipinin ortalama 90.20±2.44° ile oluşturduğu belirlenmiştir (Çizelge 21).

Çizelge 21. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Kanat G_{12} Açısı (°)

Genotip Gruplar	N	$(\bar{X}\pm S_{\bar{X}})$	Minimum	Maksimum
Mersin [a]	50	92.10 ± 3.30	90.80	92.98
Kilis [ab]	60	91.62 ± 2.74	90.56	92.21
Hatay [b]	70	91.21 ± 3.60	90.86	92.19
Kahramanmaraş [b]	60	90.99 ± 3.72	90.01	91.72
Osmaniye [b]	60	90.95 ± 2.63	90.15	91.17
Adana [bc]	60	90.60 ± 2.78	90.04	91.77
Balcalı [b]	60	90.94 ± 2.68	90.00	91.59
Antalya [bc]	60	90.74 ± 3.17	90.12	91.95
Isparta [c]	60	90.20 ± 2.44	90.04	91.43
Burdur [a]	60	92.12 ± 3.35	90.48	92.90
Genel Ort. $(\bar{X}\pm S_{\bar{X}})$	**60**	**91.13 ± 3.11**		

Kanat J_{10} Damar Açısı (°)

Akdeniz Bölge arı genotip gruplarının kanat J_{10} açısı (°) değeri ortalama 52.46±4.83° olarak (50.02°-55.04°) olarak belirlenmiştir. Genotip grupları arasında önemli bir farkın olduğu görülmektedir ($P<0.05$). Yapılan istatistik analiz ve DÇK testi sonuçlarına göre; en geniş ortalama kanat J_{10} açısına sahip genotip grubunu 53.83±3.06° ile Isparta, en dar genotip grubunun ise 50.64±5.53° ile Antalya genotipinin oluşturduğu belirlenmiştir (Çizelge 22).

Çizelge 22. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Kanat J_{10} Açısı (°)

Genotip Gruplar	N	$(\bar{X}\pm S_{\bar{X}})$	Minimum	Maksimum
Mersin [ab]	50	52.74 ± 4.91	50.58	53.45
Kilis [ab]	60	53.17 ± 3.84	51.21	54.76
Hatay [c]	70	50.82 ± 6.25	50.02	51.54
Kahramamaraş [bc]	60	51.51 ± 5.83	51.04	52.98
Osmaniye [b]	60	52.59 ± 3.64	50.36	53.52
Adana [ab]	60	53.36 ± 4.07	51.74	54.21
Balcalı [ab]	60	53.18 ± 4.84	50.07	54.04
Antalya [d]	60	50.64 ± 5.53	50.14	51.90
Isparta [a]	60	53.83 ± 3.06	51.68	54.45
Burdur [ab]	60	53.09 ± 4.19	50.36	55.04
Genel Ort. **$(\bar{X}\pm S_{\bar{X}})$**	60	**52.46 ± 4.83**		

Kanat J_{16} Damar Açısı (°)

Araştırmada Akdeniz Bölge arı genotip gruplarına ait kanat J_{16} açısı (°) ile ilgili değerin ortalama 91.21±3.44° (90.07°-92.60°) olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre, bölge genotip gruplarının bu karaktere ait değerleri arasında önemli bir farkın olmadığı ($P>0.05$) bulunmuştur (Çizelge 23).

Çizelge 23. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Kanat J_{16} Açısı (°)

Genotip Gruplar	N	($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	Minimum	Maksimum
Mersin	50	91.38 ± 3.19	90.44	91.69
Kilis	60	91.55 ± 3.00	90.92	91.72
Hatay	70	91.07 ± 3.90	90.18	91.47
Kahramanmaraş	60	90.96 ± 4.05	90.07	91.14
Osmaniye	60	91.33 ± 3.23	91.04	92.07
Adana	60	91.02 ± 2.89	90.29	92.18
Balcalı	60	91.22 ± 3.31	90.10	92.49
Antalya	60	90.97 ± 3.87	90.25	91.25
Isparta	60	91.38 ± 3.55	90.40	91.88
Burdur	60	92.29 ± 3.22	90.25	92.60
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**91.21 ± 3.44**		

Kanat K_{19} Damar Açısı (°)

Akdeniz Bölge arı genotip gruplarına ait kanat K_{19} açısı (°) ile ilgili değerin ortalama 81.69±4.65° (79.68°-84.04°) olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre, bölge genotip gruplarının kanat K_{19} Açısı (°) değerleri arasında fark önemsiz (P>0.05) bulunmuştur (Çizelge 24).

Çizelge 24. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Kanat K_{19} Açısı (°)

Genotip Gruplar	N	($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	Minimum	Maksimum
Mersin	50	83.06 ± 4.99	80.46	84.04
Kilis	60	82.08 ± 3.74	81.14	83.70
Hatay	70	81.80 ± 4.86	80.95	82.26
Kahramanmaraş	60	81.36 ± 5.89	79.68	82.03
Osmaniye	60	81.90 ± 4.72	80.04	82.78
Adana	60	81.14 ± 4.14	81.00	82.62
Balcalı	60	81.30 ± 4.17	80.19	82.45
Antalya	60	81.25 ± 4.67	80.61	83.73
Isparta	60	81.16 ± 4.76	80.11	82.24
Burdur	60	82.07 ± 4.26	80.24	83.45
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**81.69 ± 4.65**		

Kanat L_{13} Damar Açısı (°)

Akdeniz Bölge arı genotip gruplarına ait kanat L_{13} açısı (°) ile ilgili değerin ortalama 15.17±2.30° (13.41°-16.01°) olduğu ve bölge genotip gruplarının bu karaktere ait değerleri arasındaki farkın önemli (P<0.05) olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz ve DÇK testi sonuçlarına göre, bölge genotip grupları arasında en geniş kanat L_{13} açısına sahip genotip gruplarının 15.65±2.41°, 15.45±2.11°, 15.42±2.41°, 15.32±2.73° ile Isparta, Balcalı, Osmaniye ve Kahramanmaraş genotipleri olduğu bulunmuştur. En dar kanat L_{13} açısına sahip

genotip grubunun ortalama 14.37±2.39º ile Mersin genotiplerinin oluşturduğu belirlenmiştir (Çizelge 25).

Çizelge 25. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Kanat L_{13} Açısı (º)

Genotip Gruplar	N	($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	Minimum	Maksimum
Mersin [b]	50	14.37 ± 2.39	14.04	14.65
Kilis [ab]	60	15.28 ± 2.15	13.54	15.93
Hatay [ab]	70	15.19 ± 2.41	14.38	15.73
Kahramanmaraş [a]	60	15.32 ± 2.73	14.73	15.95
Osmaniye [a]	60	15.42 ± 2.41	14.21	15.93
Adana [ab]	60	15.16 ± 1.96	14.07	15.89
Balcalı [a]	60	15.45 ± 2.11	15.06	16.01
Antalya [ab]	60	14.97 ± 2.03	13.41	15.47
Isparta [a]	60	15.65 ± 2.41	14.98	15.89
Burdur [ab]	60	14.78 ± 2.20	14.10	15.12
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**15.17 ± 2.30**		

Kanat N_{23} Damar Açısı (º)

Akdeniz Bölge arı genotip gruplarının, kanat N_{23} açısı (º) ile ilgili değeri ortalama 90.52±4.29º (82.48º-99.82º) olarak belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre, bölge arı genotip gruplarının bu karaktere ait değerleri arasında önemli bir farkın olmadığı ortaya konmuştur (P>0.05) (Çizelge 26).

Çizelge 26. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Kanat N_{23} Açısı (º)

Genotip Gruplar	N	($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	Minimum	Maksimum
Mersin	50	91.48 ± 4.83	89.67	97.25
Kilis	60	91.07 ± 3.35	85.40	99.46
Hatay	70	90.73 ± 4.89	88.61	94.91
Kahramanmaraş	60	89.93 ± 5.38	84.58	97.82
Osmaniye	60	90.73 ± 3.46	85.67	96.18
Adana	60	89.82 ± 3.74	84.65	96.47
Balcalı	60	90.15 ± 3.92	82.48	97.18
Antalya	60	90.49 ± 4.72	86.21	98.42
Isparta	60	90.57 ± 3.85	83.60	99.71
Burdur	60	90.37 ± 4.34	87.82	99.82
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**3.1 4.29**		

Kanat O_{26} Damar Açısı (º)

Akdeniz Bölge arı genotip gruplarına ait kanat O_{26} açısı (º) ile ilgili

değerin ortalama 32.03±4.03º (30.05º-33.85º) olduğu belirlenmiştir. Yapılan istatistik analiz sonuçlarına göre, arı genotiplerinin kanat O_{26} açısı (º) değerleri arasında önemli bir farkın olmadığı (P>0.05) belirlenmiştir (Çizelge 27).

Çizelge 27. Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Kanat O_{26} Açısı (^{o}).

Genotip Gruplar	**N**	**($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)**	**Minimum**	**Maksimum**
Mersin	50	36.48 ± 4.43	31.23	33.04
Kilis	60	32.45 ± 3.77	30.85	32.97
Hatay	70	32.24 ± 4.39	30.69	33.48
Kahramanmaraş	60	31.69 ± 4.84	30.92	32.24
Osmaniye	60	32.37 ± 3.87	31.04	33.85
Adana	60	31.65 ± 3.16	30.40	32.73
Balcalı	60	31.61 ± 3.49	30.64	32.88
Antalya	60	31.81 ± 4.44	31.08	33.07
Isparta	60	32.46 ± 3.93	30.93	33.65
Burdur	60	31.61 ± 3.62	30.05	32.48
Genel Ort. ($\bar{X}\pm S_{\bar{X}}$)	**60**	**32.03 ± 4.03**		

Akdeniz Bölge Arılarının Genel Morfometrik Bulguları

Akdeniz Bölge arı populasyonlarının morfometrik karakterizasyon açısından; işçi arı örnekleri üzerinde 26 morfolojik karakterlere ilişkin uygulanan istatistiki analiz sonuçları Çizelge 28'de verilmiştir. Genotip grupları arasında; dil, 5. tergit kıluzunluğu, femur, tibia, metatarsus, ön kanat, arka bacak, kübital a, b damar uzunluğu; 3. tergit, 4. tergit ve ön kanat genişliği; kübital ve kanat indeksi; vücut büyüklüğü; kanat G_{12}, J_{10} ve L_{13} damar açısının varyasyonda, önemli düzeyde etkili olduğu ($P<0.05$) belirlenmiştir. Genotip grupları arasında; kanat A_4 damar açısı, kanat B_4 damar açısı, kanat D_7 damar açısı, kanat E_9 damar açısı, kanat J_{16} damar açısı, kanat K_{19} damar açısı, kanat N_{23} damar açısı ve Kanat O_{26} damar açısının varyasyonda etkili olmadığı ($P>0.05$) bulunmuştur.

Çizelge 28. Akdeniz Bölge Arı Genotip Gruplarının 26 Morfolojik Karakterlerine Ait Ortalama Değerleri

Morfolojik Karakterler	**Araştırma Arı Materyalinin Akdeniz Bölgesinden Toplandığı Yöreler ve Ele Alınan Morfolojik Karaktere Ait Değerler (X±Sx)**										
	Burdur (n=60)	**Isparta (n=60)**	**Antalya (n=60)**	**Mersin (n=50)**	**Adana (n=60)**	**Balcalı (n=60)**	**K.Maraş (n=60)**	**Osmaniye (n=60)**	**Kilis (n=60)**	**Hatay (n=70)**	**Genel Ort.**
DU (mm)	5.73±0.66^{d}	5.80±0.68^{cd}	5.65±0.67^{d}	6.04±0.23^{b}	5.97±0.20^{b}	6.13±0.28^{b}	5.99±0.22^{b}	6.30±0.28^{a}	5.90±0.25^{c}	6.00±0.26^{b}	**5.95±0.46**
KU (mm)	0.32±0.04^{bc}	0.34±0.03^{b}	0.33±0.03^{b}	0.34±0.05^{b}	0.33±0.08 ^{bc}	0.32±0.02^{c}	0.35±0.03^{a}	0.34±0.05^{ab}	0.30±0.02^{d}	0.31±0.03^{c}	**0.33±0.04**
T3 (mm)	2.26±0.13^{b}	2.15±0.12^{c}	2.09±0.11^{d}	2.24±0.09^{b}	2.10±0.08^{d}	2.12±0.08^{b}	2.30±0.16^{a}	2.16±0.07^{c}	2.18±0.06^{bc}	2.21±0.19^{b}	**2.18±0.13**
T4 (mm)	2.23±0.10^{a}	2.14±0.11^{bc}	2.10±0.10^{cd}	2.17±0.10 ^{b}	2.07±0.08^{e}	2.08±0.08^{d}	2.15±0.09^{b}	2.08±0.07^{d}	2.11±0.07^{c}	2.12±0.08^{c}	**2.12±0.10**
FU (mm)	3.26±0.16^{ab}	3.25±0.17^{ab}	3.23±0.25^{b}	3.13±0.26^{d}	3.21±0.14^{bc}	3.23±0.12^{b}	3.17±0.15^{c}	3.29±0.10^{a}	3.12±0.16^{d}	3.15±0.15^{c}	**3.21±0.18**
TU (mm)	3.09±0.16^{a}	3.01±0.12^{ab}	3.05±0.14^{b}	2.93±0.15^{c}	2.94±0.11^{c}	2.98±0.09^{b}	2.98±0.11^{b}	2.93±0.11^{c}	2.95±0.14^{c}	2.97±0.11^{b}	**2.99±0.13**
MTU (mm)	1.97±0.13^{e}	1.97±0.13^{e}	2.01±0.23^{c}	2.28±0.17^{a}	1.99±0.12^{d}	2.03±0.11^{c}	2.04±0.11^{bc}	2.06±0.09^{bc}	2.07±0.22^{b}	1.99±0.11^{d}	**2.04±0.17**
ÖKU (mm)	9.34±0.27 ^{a}	9.17±0.27^{b}	9.11±0.29^{bc}	9.31±0.27^{a}	9.06±0.26^{bc}	9.16±0.23^{b}	9.04±0.29^{c}	9.12±0.22^{bc}	9.05±0.26^{c}	9.04±0.30^{c}	**9.14±0.28**
ÖKG (mm)	3.19±0.16^{b}	3.17±0.19^{b}	3.45±0.23^{a}	3.07±0.09^{c}	2.99±0.10^{e}	3.03±0.10^{d}	3.06±0.10^{cd}	3.08±0.10^{c}	3.01±0.09^{d}	3.04±0.11^{d}	**3.11±0.18**
a (mm)	0.55±0.02^{ab}	0.55±0.03^{ab}	0.54±0.03^{b}	0.54±0.04^{b}	0.56±0.03^{a}	0.55±0.03^{ab}	0.55±0.02^{ab}	0.52±0.02^{c}	0.52±0.02^{c}	0.55±0.02^{ab}	**0.54±0.03**
b (mm)	0.27±0.02^{bc}	0.28±0.02^{b}	0.28±0.02^{b}	0.30±0.02^{a}	0.28±0.01^{b}	0.27±0.02^{bc}	0.26±0.02^{c}	0.25±0.02^{d}	0.28±0.02^{b}	0.27±0.02^{b}	**0.27±0.02**
Küİ (a/b)	2.03±0.23^{b}	1.99±0.21^{bc}	1.93±0.20^{c}	1.79±0.19^{d}	2.00±0.18^{bc}	2.04±0.20^{b}	2.09±0.20^{a}	2.09±0.24^{a}	1.88±0.16^{c}	2.03±0.22^{b}	**1.99±0.22**
VB (mm)	4.49±0.18^{a}	4.30±0.19^{c}	4.20±0.15^{de}	4.42±0.14^{b}	4.17±0.13^{e}	4.21±0.11^{de}	4.46±0.20^{ab}	4.24±0.12^{d}	4.30±0.10^{c}	4.34±0.22^{c}	**4.31±0.19**
AU (mm)	8.33±0.25^{ab}	8.24±0.22^{bc}	8.30±0.38^{b}	8.35±0.32^{a}	8.16±0.22^{c}	8.25±0.17^{bc}	8.21±0.24^{c}	8.30±0.17^{b}	8.16±0.33^{c}	8.12±0.22^{d}	**8.24±0.27**
Kaİ	34.18±1.84^{bc}	34.59±2.17^{b}	37.97±2.79^{a}	32.98±1.30^{e}	33.03±1.40^{e}	33.10 ±1.50 ^{e}	33.93±1.82^{c}	33.81±1.14^{c}	33.34±1.39^{d}	33.65±1.73^{cd}	**34.07±2.25**
A_4 (º)	31.15±1.28	30.89±2.16	30.81±2.90	31.39±1.82	30.97±2.12	31.13±2.74	31.00±3.27	31.21±2.56	31.53±2.25	31.29±2.80	**31.13±2.51**
B_4 (º)	102.11 ±6.37	102.58 ±7.09	104.70 ±8.27	100.77 ±5.41	100.74 ±7.46	102.15 ±8.35	101.51 ±9.26	101.19 ±8.07	102.68 ±6.89	101.25 ±7.02	**101.78 ±7.50**
D_7 (º)	101.89 ±4.62	100.97 ±4.73	102.65 ±5.39	102.25 ±4.59	101.17 ±4.69	101.76 ±4.67	102.43 ±6.65	101.97 ±4.99	102.75 ±5.13	102.02 ±5.49	**101.98 ±5.14**
E_9 (º)	21.53±2.47	20.97±2.57	21.02±2.98	21.42±2.79	21.15±2.34	20.65±2.56	20.72±3.21	21.45±2.45	21.43±2.47	21.31±3.38	**21.16±2.75**

G_{12} (º)	92.12± 3.35^{a}	90.20± 2.44^{c}	90.74± 3.17^{bc}	92.10± 3.30^{a}	90.60± 2.78^{bc}	90.94± 2.68^{b}	90.99± 3.72^{b}	90.95± 2.63^{b}	91.62± 2.74^{ab}	91.21± 3.60^{b}	**91.13± 3.11**
J_{10} (º)	53.09± 4.19^{ab}	53.83± 3.06 ^{a}	50.64± 5.53^{d}	52.74± 4.91^{ab}	53.36± 4.07^{ab}	53.18± 4.84^{ab}	51.51± 5.83^{bc}	52.59± 3.64^{b}	53.17± 3.84^{ab}	50.82± 6.25^{c}	**52.46± 4.83**
J_{16} (º)	92.29± 3.22	91.38± 3.55	90.97± 3.87	91.38± 3.19	91.02± 2.89	91.22± 3.31	90.96± 4.05	91.33± 3.23	91.55± 3.00	91.07± 3.90	**91.21± 3.44**
K_{19} (º)	82.07± 4.26	81.16± 4.76	81.25± 4.67	83.06± 4.99	81.14± 4.14	81.30± 4.17	81.36± 5.89	81.90± 4.72	82.08± 3.74	81.80± 4.86	**81.69± 4.65**
L_{13} (º)	14.78± 2.20^{ab}	15.65± 2.41^{a}	14.97± 2.03^{ab}	14.37± 2.39^{b}	15.16± 1.96^{ab}	15.45± 2.11^{a}	15.32± 2.73^{a}	15.42± 2.41^{a}	15.28± 2.15^{ab}	15.19± 2.41^{ab}	**15.17± 2.30**
N_{23} (º)	90.37± 4.34	90.57± 3.85	90.49± 4.72	91.48± 4.83	89.82± 3.74	90.15± 3.92	89.93± 5.38	90.73± 3.46	91.07± 3.35	90.73± 4.89	**90.52± 4.29**
O_{26} (º)	31.61± 3.62	32.46± 3.93	31.81± 4.44	36.48± 4.43	31.65± 3.16	31.61± 3.49	31.69± 4.84	32.37± 3.87	32.45± 3.77	32.24± 4.39	**32.03± 4.03**

Diskriminant Analiz Bulguları

Araştırmada, Akdeniz Bölgesini temsil eden 10 bölgenin 25 farklı lokasyonundan toplanan arı genotip gruplarının tanımlaması ve sınıflandırılması amacıyla 26 morfolojik karaktere ait değerlere diskriminant analizi uygulanmıştır. Yapılan diskriminant analizi ile dahil edilen değişkenlerin birbirleriyle ilişkileri ortaya konularak, her bir karakter çifti için korelesyon matris değerleri hesaplanmıştır. Bu çalışma sonunda, bölge arı genotip gruplarına ait bazı morfolojik karakterler arasında önemli düzeyde pozitif ve negatif ilişkiler belirlenmiştir (Çizelge, 29).

Çizelge 29. Akdeniz Bölge Arı Genotip Gruplarının 26 Morfolojik Karakterlerine Ait Diskriminant Analiz Değerleri.

MK	DU	FU	TU	MTU	T3	T4	ÖKU	ÖKG	KLU	Ka	Kb	A4	B4	D7	E9	G12	J10	J16	K19	L13	N23	O26	Kü İ	VB	AU	Ka İ
DU	1.000																									
FU	.031	1.000																								
TU	-.032	-.014	1.000																							
MTU	.012	-.040	.030	1.000																						
T3	.037	-.030	.057	.004	1.000																					
T4	.043	.073	.019	.033	.135	1.000																				
ÖKU	.031	.075	.040	.018	-.007	.009	1.000																			
ÖKG	-.006	-.043	.029	.063	-.060	.017	.064	1.000																		
KLU	-.0	-.0	.040	-.0	.070	.036	-.0	.004	1.000																	

	29	63		46			15																			
Ka	-.057	.024	.061	-.087	.019	.023	-.012	.038	-.002	1.00																
Kb	.049	.028	-.021	.053	-.074	-.042	-.005	-.006	-.136	-.041	1.00															
A4	.031	-.054	.027	.042	.039	.007	.070	.041	.014	-.036	-.022	1.00														
B4	-.015	-.017	.101	.013	-.082	.002	-.070	.078	-.037	.060	-.047	.030	1.00													
D7	.059	-.028	-.032	.014	.112	.001	.008	.028	.019	-.042	.050	.036	-.054	1.00												
E9	.024	.026	-.032	-.024	-.043	-.033	.001	.009	.017	.036	.023	-.042	.047	.107	1.00											
G12	-.053	-.050	-.075	.009	-.075	-.055	.009	.005	.064	-.015	-.012	-.005	-.041	-.090	-.008	1.00										
J10	.002	-.004	.049	-.012	.032	-.041	.017	.064	.030	.004	.038	-.006	.016	-.029	-.046	.007	1.00									
J16	-.068	-.007	.053	-.081	.034	-.048	.036	-.015	.004	.000	-.002	-.136	-.066	-.037	.072	.029	-.038	1.00								

K19	.008	.056	.092	-.004	-.022	.076	.023	-.012	.038	-.002	.004	-.041	.044	-.002	-.042	-.092	.012	.051	1.00							
L13	.020	.075	.021	-.037	-.030	.034	-.042	-.005	-.006	-.136	-.041	.009	.022	-.032	.015	-.065	-.052	.001	-.042	1.00						
N23	.050	-.028	-.046	.039	-.018	.024	.007	.070	.041	.014	-.036	-.022	.020	.010	.090	-.065	-.011	.073	.022	-.090	1.00					
O26	-.034	-.028	-.021	.007	-.024	-.006	.002	-.070	.078	-.037	.060	-.047	.034	.003	.084	.003	-.052	.019	-.013	.084	.052	1.00				
Kü İ	-.079	-.016	.046	-.080	.076	.049	.001	.008	.028	.019	-.042	.050	.072	-.057	-.092	.000	.023	-.022	.041	.044	-.073	-.024	1.00			
VB	.052	.020	.053	.022	.822	.675	-.033	-.079	-.008	-.051	-.062	.061	-.060	.085	-.052	-.087	.000	-.002	.027	-.003	.000	-.021	.085	1.00		
AU	.012	.631	.504	.571	.011	.077	-.055	.040	-.041	-.018	.040	.020	.046	-.026	-.012	-.065	.015	-.026	.080	.038	-.019	-.025	-.034	.052	1.00	
Kaİ	-.019	-.081	.002	.044	-.047	.011	-.041	-.042	-.033	-.016	.032	.001	.109	.021	.040	-.060	-.006	-.052	.016	.081	.042	.069	.019	-.029	.052	1.00

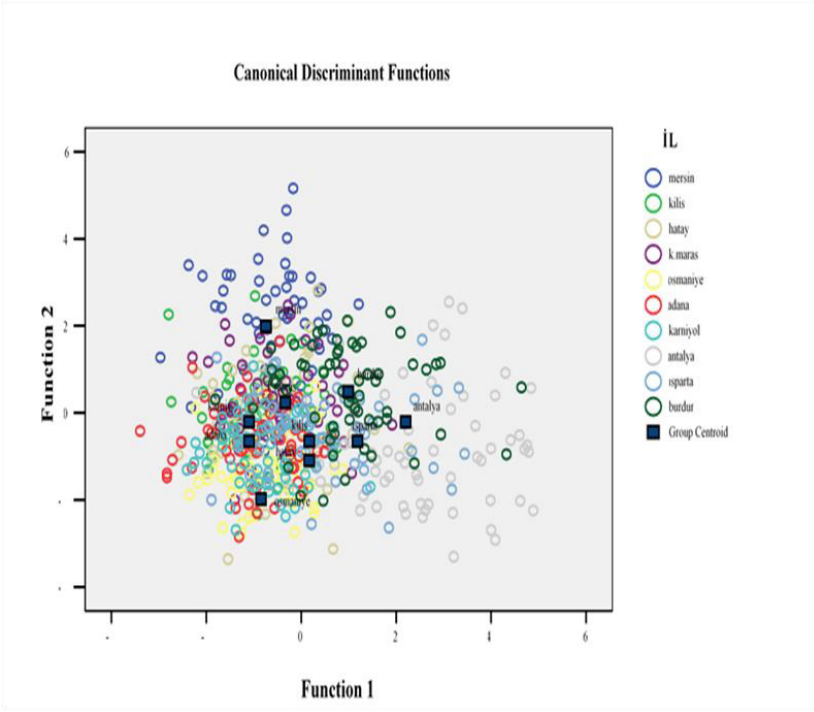
Yapılan değerlendirmelerin ışığı altında; DU'nun FU, MTU, T3, ÖKU, VB ve AU ile arasında sırası ile r=+0,031; r=+0,012; r=+0,037; r=+0,031; r=+0,052 ve r=+0,012; VB'nin DU, FU, TU, MTU, T3 ve T4 ile arasında sırası ile r=+0,052; r=+0,020; r=+0,053; r=+0,022; r=+0,822 ve r=+0,675; Kaİ'nin b, A4, B4, D7, E9, K19, L13, N23, O26 ve Küİ ile arasında sırası ile r=+0,032;

r=+0,001; r=+0,109; r=+0,021; r=+0,040; r=+0,016; r=+0,081; r=+0,042; r=+0,069 ve r=+0,19; AU'nun DU, FU, TU, MTU, T3, T4 ve VB ile arasında sırası ile r=+0,012; r=+0,631; r=+0,504; r=+0,571; r=+0,011; r=+0,077 ve r=+0,052; ÖKU'nun TU, T3, T4 ve ÖKG ile arasında sırası ile r=+0,040; r=+0,070; r=+0,036 ve r=+0,004; Küİ'nin ÖKU, ÖKG ve a ile arasında sırası ile r=+0,001; r=+0,008 ve r=+0,019 olarak belirlenen, pozitif bir ilişkinin olduğu ortaya konulmuştur. Değerlendirme sonuçlarına göre; DU'nun TU, ÖKG, KLU, Küİ ve Kaİ ile arasında sırası ile r=-0,032; r=-0,006; r=-0,029; r=-0,079 ve r=-0,019; VB'nin ÖKU, ÖKG, KLU, a ve b ile aralarında sırası ile r=-0,033; r=-0,079; r=-0,008; r=-0,051 ve r=-0,062; Kaİ'nin DU, ÖKU, ÖKG, a ve VB ile arasında sırası ile r=-0,019; r=-0,041; r=-0,042; r=-0,016 ve r=-0,029; AU'nun ÖKU, KLU, a ve Küİ ile arasında sırası ile r=- 0,055; r=-0,041; r=-0,018 ve r=-0,034; KLU'nun DU, FU, MU ve ÖKU ile arasında sırası ile r=- 0,029; r=-0,063; r=-0,046 ve r=-0,015; Küİ'nin DU ve b ile arasında sırası ile r=- 0,079 ve r=-0,042 olarak belirlenen, negatif bir ilişkinin olduğu bulunmuştur (Çizelge, 29).

Akdeniz Bölge arı genotiplerinde, 26 morfolojik karaktere ait olarak yapılan diskriminant analizde; 10 farklı arı genotip grubu arasında ayrışmanın çok açık olarak ortaya çıktığı belirlenmiştir. Diskriminant analiz sonuçları, bölge arı genotip gruplarının, 7 grup altında dağılım yaparak toplandığını göstermektedir. Genotip gruplarının gösterdiği bu dağılıma göre, Akdeniz Bölge arı genotipleri arasında; 1. grubu Mersin genotipleri, 2. grubu Kahramanmaraş genotipleri, 3. grubu Kilis ve Hatay genotipleri, 4. grubu Osmaniye genotipleri, 5. grubu Adana ve Balcalı genotipleri, 6. grubu Burdur ve Isparta genotipleri ve 7. grubu ise Antalya genotipi oluşturmuştur (Şekil 2).

Morfolojik karakterlere uygulanan diskriminant analizi sonucunda; Hatay ve Kilis genotipleri birbirine yakın sınırda yer almış ve bu gruplar aralarında daha yakın bir ilişki ortaya çıkmıştır. Özellikle Hatay genotipi ile Kilis genotipi birbirleriyle etkileşim içine girmiştir. Bunun en büyük etkenleri arasında arıcıların göçer arıcılık izlencesi için Hatay illini tercih etmelerinden kaynaklanmaktadır. Adana ve Balcalı genotip grupları kendi arasında, Burdur ve Isparta genotip grupları kendi arasında, yakın ilişki içersinde görülmektedir. Bu dağılımda Mersin, Osmaniye, Antalya ve Kahramanmaraş genotipleri diğer genotip gruplarından ayrı ve uzak bir küme oluşturmuştur (Şekil 2).

Şekil 2. Akdeniz Bölge Arı Populasyonlarının Diskriminant Analizi Kümeleşme Sonuçları



TARTIŞMA

Türkiye mevcud arı ırk ve ekotipleri ile oldukça zengin bir varyasyon göstermektedir. Coğrafik arı ırklarının dağılımında Anadolu (*A .m. anatolica*), Kafkas (*A. m. caucasica*) ve Suriye (*A .m. syrica*) bal arısı ırkları ve bunların bölgesel etkileşimleri sonucu ortaya çıkan arı genotipleri etkinlik kazanmıştır. Türkiye' nin pek çok coğrafi bölgesinde *A. m. anatoliaca* bulunurken, kuzeydoğu bölgesinde *A. m. caucasica,* güneydoğu bölgesinde *A. m. meda*, Trakya bölgesinde *A. m. carnica* ve Hatay civarındaki güney bölgelerde ise *A. m. syriaca* bulunmaktadır (Palmer vd. 2000, Kandemir vd. 2006). Bu araştırmada ele alınan Burdur, Isparta Antalya, Mersin, Adana, Kahramanmaraş, Osmaniye, Kilis ve Hatay İli lokasyonlarının doğal arı popülasyonlarına ait morfolojik karakterler ortaya konmuştur. Akdeniz bölgesini temsil eden ve bu lokasyonlarda bulunan yerel arı genotiplerinin morfolojik karakterizasyonu konusunda çalışmaların bulunmaması açısından, bu çalışma bulguları bölge açısından önem taşımaktadır.

Bu araştırmada Akdeniz Bölge arı populasyonlarında ele alınan, 26 morfometrik karakterizasyon sonuçlarından, 18 morfolojik özellik önemli

düzeyde farklılık gösterirken, 8 morfolojik özellik (kanat A_4, B_4, D_7, E_9, J_{16}, K_{19}, N_{23}, O_{26} damar açıları) önemsiz bulunmuştur.

GENEL SONUÇLAR

Bal arısı coğrafik ırkları arasında morfolojik, genetik ve davranış özellikleri yönünden büyük bir çeşitlilik bulunmaktadır. Farklı coğrafik bölgelerde bulunan bal arılarının vücut büyüklüğü, rengi, vücut oranları, bacak ve kanat uzunlukları, kanat damarları ve koloni davranışları ve verim özellikleri arasında büyük bir çeşitlilik bulunabilmektedir. Bu çeşitliliğin ortaya çıkarılmasında morfometrik yöntemler uzun süre tek yol olarak kullanılmıştır. Morfometrik analizler, arı ırklarının tanım ve sınıflandırılmasında, birbirlerinden ayrımında, saflığının denetiminde, seleksiyon ve ıslah çalışmalarında kullanılan başlıca konuları oluşturmaktadır.

Morfometrik karakterizasyon açısından örnekler üzerinde 26 morfolojik karakterlere ilişkin istatistiki analizde arı genotip grupları arasında; dil uzunluğu, beşinci tergit kıl uzunluğu, üçüncü tergit genişliği, dördüncü tergit genişliği, femur uzunluğu, tibia uzunluğu, metatarsus uzunluğu, ön kanat uzunluğu, ön kanat genişliği, kübital a damar uzunluğu, kübital b damar uzunluğu, kübital indeks, vücut büyüklüğü, arka bacak uzunluğu, kanat indeksi, kanat G12 damar açısı, kanat J10 damar açısı ve kanat L13 damar açısının varyasyonda etkili olduğu ($P<0.05$) bulunmuştur. Genotip grupları arasında; kanat A4 damar açısı, kanat B4 damar açısı, kanat D7 damar açısı, kanat E9 damar açısı, kanat J16 damar açısı, kanat K19 damar açısı, kanat N23 damar açısı ve Kanat O26 damar açısının varyasyonda etkili olmadığı ($P>0.05$) bulunmuştur.

Akdeniz Bölge arı genotiplerinde, 26 morfolojik karaktere ait olarak yapılan diskriminant analizde; 10 farklı arı genotip grubu arasında ayrışmanın olduğu belirlenmiştir. Genotip gruplarının gösterdiği dağılıma göre, Akdeniz Bölge arı genotiplerinin (1. Grubu Mersin genotipleri, 2. Grubu Kahramanmaraş genotipleri, 3. Grubu Kilis ve Hatay genotipleri, 4. Grubu Osmaniye genotipleri, 5. Grubu Adana ve Balcalı genotipleri, 6. Grubu Burdur ve Isparta genotipleri ve 7. Grubu Antalya genotipi) 7 grup altında toplandığı ortaya konmuştur.

Bu araştırma ile, Türkiye'nin Akdeniz bölgesine özgü bal arısı populasyonlarında, populasyon içi ve populasyonlar arası morfolojik çeşitlilik ortaya konmuştur. Akdeniz Bölgesini temsil eden arı poplasyonlarının yedi grup altında toplandığı belirlenmiş ve genotip grupları kesin sınırlarla birbirinden ayrılmıştır.

Morfolojik karakterlere uygulanan diskriminant analizi sonucunda; Hatay ve Kilis genotipleri birbirine yakın sınırda yer almış ve bu gruplar aralarında daha yakın bir ilişki ortaya çıkmıştır. Özellikle Hatay genotipi ile Kilis genotipi

birbirleriyle etkileşim içine girmiştir. Bunun en büyük etkenleri arasında arıcıların göçer arıcılık izlencesi için Hatay illini tercih etmelerinden kaynaklanmaktadır. Adana ve Balcalı genotip grupları kendi arasında, Burdur ve Isparta genotip grupları kendi arasında, yakın ilişki içersinde görülmektedir. Bu dağılımda Mersin, Osmaniye, Antalya ve Kahramanmaraş genotipleri diğer genotip gruplarından ayrı ve uzak bir küme oluşturmuştur.

Bu sonuçlar, bölgeden toplanan arı genotiplerinin kendi yörelerinde saflığını koruduğunu ve araştırmada bu genotiplerin toplanmasında Akdeniz bölge lokasyonlarının ve arı materyalinin seçiminin doğru yapıldığını; bölgenin kapalı populasyonlarında saflığını sürdüren, başka arılarla karışmamış, mevcut bal arısı gen kaynaklarının olduğunu ve ortaya çıkarılmasının gerekliliğini göstermektedir.

Bu sonuçlara göre; Akdeniz Bölgesinin değişik yörelerinden toplanan Akdeniz Bölge arılarının morfolojik karakterler açısından birbirlerinden farklı özellikler göstererek ayrıldıkları ortaya konmuştur. Bu araştırma ile Akdeniz Bölgesinde hala saf bal arısı popülasyonlarının bulunduğu ortaya konulmuştur. Morfolojik karakterleri ortaya konulan Akdeniz Bölge yerel arı genotiplerinde seleksiyon ve ıslah çalışmaları ile performans, davranış ve verim özelliklerinin ortaya çıkarılarak, üstün özellikler gösteren arı genotiplerinin bölge arıcılarına sunulması ülkemiz arı yetiştiriciliğine yeni ivmeler kazandıracak boyuttadır.

Türkiye'nin göçer arıcılığa kapalı, uzun yıllar atadan kalma arı popülasyonları ile arıcılık yapılan diğer bölgelerine ait yörelerinde de yerel arı pupulasyonlarının varlığının araştırılması, ortaya çıkarılarak tanımlanması ülkemiz arı gen kaynaklarının çeşitliliği açısından son derece önem kazandıracaktır.

Açıklama

Bu makale TAGEM/09-ARGE-05 No'lu Proje'nin ışığı altında üretilmiştir.

KAYNAKÇA

Adl, M.B.F., Gençer, H.V., Fıratlı, Ç., Bahreini, R. 2007. Morphometric Characterization of

Iranian (*A. m. meda*), Central Anatolian (*A. m. anatolica*) and Caucasian *(A. m. caucasica*)

honey bee populations, J. of Apic. Res. And Bee World, 46(4):225-231.

Adam, B. 1977. In Search of The Best Strains of Bees: Supplementary Journey to Asia Minor.

Bee World. 58 (2): 75-66.

Akyol, E. 1998. Kafkas ve Muğla Arılarının (*A. mellifera L.*) Saf ve Karşılıklı Melezlerinin

Morfolojik, Fizyolojik ve Davranışsal Özelliklerinin Belirlenmesi. Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst.

Zootekni A.B.D. Doktora Tezi, Kod: 452, Adana.

Alpatov, W. W. 1929. Biometrical Studies on Varation and The Races of Honeybee, Q. Rev.Biol., 4:1-58.

Amssalu, B., Nuru, A., Radloff, S.E., Hepburn, H.R. 2004. Multivariate morphometric analysis of honeybees *Apis mellifera* in the Ethiopian region. Apidologie, 35:71-81.

Anonim, 2012a. www.antalya-meteor.gov.tr, 01.02.2012.

Anonim, 2012b. www.cu.edu.tr, 01.02.2012.

Anonim, 2012c. http://tr.wikipedia.org, 01.02.2012.

Anonim, 2012d. www.akdeniz.edu.tr, 02.02.2012.

Anonim, 2012e. www.ansiklobedi.turkcebilgi-com/Burdur-Cografi-bilgiler

Anonim, 2012f. www.e-sahir-com/index.php?islem, 02.02.2012.

Anonim, 2012g. www.mersinrehber.net/mersin-gezi/cografya-2htm, 02.02.2012.

Arias M.C., Sheppard, W.S. 1996. Molecular phylogenetics of honey bee subspecies *(A.m.* L.) inferred from mitochondrial DNA sequence, Mol. Phylogenet. Evol. 5: 557-566.

Arias, M. C., Sheppard, W.S. 2005. Phylogenetic Relationships of Honeybees (Hymenoptera: Apinae: Apini) Inferred from Nuclear and Mitochondrial DNA Sequence Data. Molecular Phylogenetics and Evolution. 37: 25–35.

Badalı, M. N. 2010. İran'ın Kuzeyinde Yayılış Gösteren Bal Arısı Populasyonlarının Morfometrik Ve Geomorfometrik Analizi. Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.

Cornuet, J. M., Fresnaye, J. 1989. Biometrical Study of Honey Bee Populations from Spain

and Portugal. Apidology, 20: 93-101.

Crewe, R. M., Hepburn, H. R., Moritz, R. F. A. 1994. Morphometric Analysis of 2 Southern

African Races of Honey Bee. Apidologie, 25: 61-70.

Çınar, M, U. 2006. Muğla Yöresi Bal Arısı (*A. mellifera* L.) Populasyonlarında Morfometrik

Varyasyonun Belirlenmesi, Yük. Lisans Tezi, Ege Ün. Fen Bilimleri Enst. İzmir.

Daly, H. V., Danka, R. G., Hoelmer, K., Rinderer, T. E., Buco, S. M. 1995. Honey Bee

Morphometrics: Linearity of Variables with Respect to Body Size and Classification Tested with European Worker Bees Reared by Varying Number of Nurse Bees. J. Apic. Res. 34: 129-145.

De la Rúa, P.R., Jaffé, R., Dall'Olio, I., Muñoz, J., Serrano, J. 2009.Biodiversity, Conservation and Current Threats to European Honeybees. Apidologie, 40(3): 263-284.

Dodoloğlu, A. 2000. Kafkas ve Anadolu Balarısı Irkları ile Karşılıklı Melezlerinin Morfolojik, Fizyolojik ve Davranış Özellikleri. A.Ü. Fen Bilimleri Ens. Doktora Tezi, Erzurum.

Du Praw, D, B. 1965. The Recognition and Handling of Honeybee Specimens in Non-Linean Taxonomy. Department of Zoology. Univ. Of California, Davis, Aliff. USA. J. Apic. Res. 4 (2): 72-84.

Engel, M. S. 1999. The Taxonomy of Recent and Fossil Honey Bees (Hymenoptera: Apidae: Apis). J. Hym. Res. 82 (2): 165-196.

Franck P., Garnery L., Celebrano G., Solignac M., Cornuet J. M. 2000. Hybrid origin of

honeybees from Italy (*A. m. ligustica*) and Sicily (*A. m. sicula*), Mol. Ecol. 9: 907–921.

Genç, F., Dülger, C., Bilgin, Ö. C. 1997. Bazı Balarısı Genotiplerinin Morfolojik Özelliklerine İlişkin Diskriminant Analizi Sonuçları.Teknik Arıcılık Dergisi. Sayı: 58: 2-9.

Gençer, H.V., Fıratlı, Ç. 1999. Orta Anadolu Ekotipleri *(A. m. anatoliaca)* ve Kafkas Irkı

(A. m. caucasica) Bal Arılarının Morfolojik Özellikleri. Tr. J. of Veterinary and Animal Sciences, 23 (1999) Ek Sayı 1: 107-113.

Güler, A., 1995. Türkiye'deki Önemli Bal Arısı (*A. mellifera L.*) Irk ve Ekotiplerinin Morfolojik Özellikleri ve Performanslarının Belirlenmesi Üzerine Araştırmalar, Ç.Ü. Fen Bilimleri Enst. Zootekni A.B.D., Doktora Tezi. Kod: 304. Adana.

Güler, A., Bek, Y., Güven, H. 2010. The Improtance of Morphometric Geometry on Discriminitaion of Carniolan and Caucasican Honeybee Suspecies and

in Determining Their Relationship to Thrace Region Bee Genotype, J. Kansas Entomological Society, 83(2):154-162.

Güler, A., Bıyık, S., Güler, M., 2013. Batı Karadeniz Bölgesi Balarılarının *(A. mellifera* L.) Morfolojik Karakterizasyonu. Anadolu Tarım Bilim. Dergisi. 28(1): 39-46.

Hatijina, F., Baylac, M., Haristos, L., Garnery, L., Arnold, G., Tselios, D. 2002. Wing Differentiation Among Greek Populations of Honey Bees (*Apis mellifera*): A Geometric Morphometrics Analysis. Poster in 7th European Congress of Entomology, October 7-13. 2002, Thessaloniki.

İleri, H. 1996. Trakya Bölgesinin Farklı Ekolojik Koşullarında Bulunan Bal Arılarının Morfolojileri Üzerine Bir Araştırma, Trakya Ün. Fen Bilimleri Enst., Yüksek lisans Tezi. Edirne.

Kaftanoğlu, O., Kumova, U., Bek, Y. 1993. Gap Bölgesinde Çeşitli Bal Arısı (*A. mellifera L.*) Irklarının performanslarının Saptanması ve Bölgedeki mevcut Arı Irklarının Islahı Olanakları, Ç. Ü. Z. F. Gap Yayınları, No:74. Adana.

Kandemir, İ., Kence, M., Kence, A., 2000. Genetic and Morphometric Variation in Honeybee (*Apis mellifera L.*) Populations of Turkey, Apidologie. 31: 343-356.

Kandemir, İ., Kence, M., Sheppard, W.S., Kence, A. 2006. "Mitochondrial DNA Variation in Honey Bee *(A. mellifera L.)* Populations From Turkey". Journal of Apicultural Research. 45(1): 33-38.

Kauhausen-Keller, D., Keller, R. 1994. Morphometrical Control of Pure Race Breeding in the Honeybee (*Apis mellifera* L.,). Journal of Apidologie. 25 (2): 133-143.

Kauhausen-Keller, D., Ruttner, F., Keller, R. 1997. Morphometric Studies on the Microtaxonomy of the Species *Apis mellifera* L. Apidologie 28: 295-307.

Karacaoğlu, M. 2004. Anadolu Arısı *(A. m. anatoliaca)*xEge Ekotipi ve İtalyan Arısı *(A. m. ligustica)* x Ege Ekotipi Melez Arılarının Morfolojik Özellikleri. ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi. 1(2): 37– 42.

Kayaalp, T. 2010. Araştırma ve Deneme Metotları Ders Kitabı, Ç.Ü.Z.F., Genel Yayın No: 282, Ders Kitapları Yayın No: A-88. Adana.

Koca, A. Ö., Kandemir, İ., 2015. Türkiye Balarısı Biyoçeşitliliği. Marka Bal Olma Yolunda Samsun Sempozyumu (10 Ocak 2015). Sayfa 1-15. Samsun.

Maa, T. C. 1953. An Inquiry Into The Systematics of The Tribus Apilini or Honeybees (*Apis mellifera L.*), Treubia, 21:525-640.

Moritz, R. F. 1991. The Limitations of Biometric Control on Pure Race Breeding in *Apis*

mellifera. J. Apic. Res. 30 (2): 54-59.

Nazzi, F. 1992. Morphometric Analysis of Honey Bees from an Area of Racial Hybridization in Northeastern Italy. Apidologie. 23: 89-96.

Özbakır, G. O,, Fıratlı, Ç. 2013. Morphometric Classification of Honeybee Populations (*Apis mellifera* L.) Along The Southeast Border of Turkey. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 19 (No 6): 1396-1400.

Özdil, F., Yıldız, M.A., Hall, H.G. 2009., Molecular Characterization of Turkish Honey Bee Populations *(Apis mellifera)* Inferred from Mitochondrial DNA RFLP and Sequence Results. Apidologie. 40: 570–576.

Palmer, N. R., Smith, D.R., Kaftanoğlu, O. 2000. Turkish Honeybees (*Apis mellifera L.*): Genetic Variation and Eurdence for a Fourth Lineage of *Apis mellifera* mtDNA. Journal of Heredity. 91(1).

Rinderer , T. E., Buco, S. M., Rubink, W. L., Daly, H. V., Stelzer, J. A., Riggio, R. M., Baptista, F. C. 1993. Morphometric İdentification of Africanized and European Honey Bees Using Large Reference Populations. Journal of Apidologie. 24: 569-580.

Ruttner, F., Tassencourt, W., Louveaux, J. 1978. Biometrical Statistical Analysis of the Geographic Variability of *Apis mellifera L.*, Apidologie. 9 (4): 363-381.

Ruttner, F., 1988. Biogeography and Taxonomy of Honeybees (*Apis mellifera L.*), Springer-Varlag, Heildelberg-Berlin. 284 pp.

49. Smith, D. R. 1991. Mitochondrial DNA and Honey Bee Bieography. Diversity in the Genus Apis. Westview Press, Boulder CO, USA. Section 8: 131-176.

Smith, D. R., Slaymaker, A., Plamer, M., Kaftanoğlu, O. 1997. Turkish Honeybees (*Apis mellifera L.*) Belong to The East Mediteranean Linegae. Apidologie. 28: 269-274.

Sheppard, W. S., Meixner, M. D. 2003. *Apis mellifera pomonella*, A New Honey Bee Subspecies from Central Asia. Apidologie. 34 (4): 367–375.

Tofilski, A. 2008. Using Geometric Morphometrics and Standard Morphometry to Discriminate Three Honeybee Subspecies. Apidologie. 39(5): 558-563.

Toy, H., Güler, A. 2008. Sinop İli Türkeli Yöresi Bal Arıları (*Apis mellifera L.*)'nın Mofolojik Özellikleri. OMÜ Zir. Fak. Dergisi. 23(3):190-197.

Turan, H. 2011. Trakya Bölgesi Balarısında (*Apis mellifera* L*.)* Geometrik Morfometrik Çalışmalar. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enst. Yüksek Lisans Tezi. 67 Sayfa

Whitfield, C.W., Behura, S.K., Berlocher, S.H., Clark, A.G., Johnston, J.S., Sheppard, W.S., Smith, D.R., Suarez, A.V., Weaver, D., Tsutsui, N.D. 2006. "Thrice Out of Africa:Ancient and Recent Expansions of the Honey Bee, *Apis mellifera*". Science, 314: 642 –645.

Bölüm 26

Parmak Birleştirmeli Kereste (Finger-Jointed Lumber)

Vedat ÇAVUŞ[1], Bekir Cihad BAL[2]

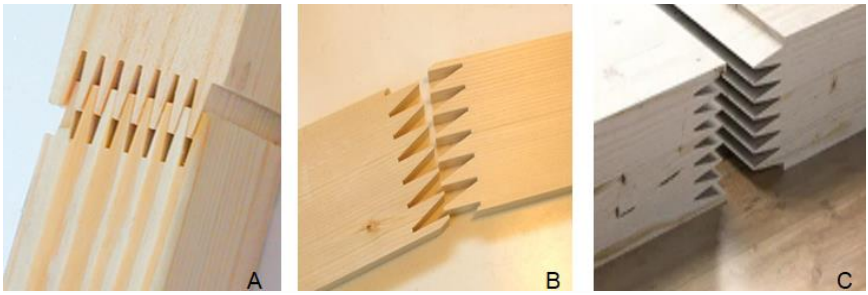
[1] Doç. Dr. .; İzmir Katip Çelebi Üniversitesi
Orman Fakültesi Orman Endüstrisi Mühendisliği Bölümü.
Vedat.cavus@ikcu.edu.tr ORCID No: 0000-0002-3289-7831
[2] Prof. Dr.; Kahramanmaraş Sütçü İmam Universitesi,
Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Kahramanmaraş, Türkiye.
bcbal@ksu.edu.tr, ORCID No: 0000-0001-7097-4132

Parmak Birleştirmeli Kereste (Finger-Jointed Lumber)

Parmak birleştirmeli kerestenin tarihsel gelişimi 1960'lı yıllara dayanmaktadır. Parmak birleştirmeli kereste üretimi için ilk önemli ekipmanlar Amerika'nın Oregon eyaletinde, Cottage Grove'de, Weyerhaeuser Company tarafından 1962 yılında kurulduğu bildirilmiştir. Ancak, parmak birleştirme yöntemi ile kısa kereste parçalarından uzun parçaların üretilme fikri üzerinde ilk çalışmalar daha erken başlamıştır. 1957 yılında Rilco Lamine Ürünler (1960 yılından bu yana, Weyerhaeuser Company'dir), temiz ahşabın mukavemetinin %80 ila %90'ını karşılayabilecek bir parmak eklemeyi geliştirmek için bir proje başlatmıştır (Eby, 1982). Sonraki yıllarda ise parmak birleştirme yöntemi hızla uygulanmaya başlamıştır.

Parmak birleştirmeli kereste yapısal ve yapısal olmayan uygulamalar için kullanılan en güçlü ahşap bağlantılarından biridir. Mobilya üretiminde kullanılan masif ahşap esaslı panellerin yanı sıra tutkallı lamine ahşap, I-kirişler, duvar konstrüksiyonları ve kafes kirişlerin üretiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bir mühendislik ürünü ağaç malzeme ürünü olan "finger jointed lumber" parmak birleştirmeli kerestenin genel görünümü ve çeşitleri Şekil 1'de gösterilmiştir.

Parmak birleştirmeli kereste ürünleri, fırın kurusu hale getirilmiş kerestelerin daha kısa parçalarının kullanılarak, kısa uzunluktaki parçaların her bir ucunda bir 'parmak' profilinin işlenmesi, uygun bir yapısal yapıştırıcı eklenmesi ve daha uzun bir kereste parçası yapmak için parçaların birbirine yapıştırılmasıyla üretilir (Dagenais, ve Salenikovich, 2008). Parmak birleştirmeli kerestenin uzunluğu; kütüğün uzunluğu ile sınırlı değildir. Eklenmiş kerestenin uzunluğu üretim süreci sonucunda 12 metre veya daha fazla uzunlukta kiriş ve mertek üretilebilir. Parmak birleştirme işlemi, kapı serenlerinde, parke uygulamalarında, ahşap kutu imalatında, panel tezgâh üretiminde, merdiven bileşenlerinde kullanıldığı gibi tutkallı lamine ahşap (Glulam), çapraz tabakalanmış kereste (CLT), tabakalanmış kaplama kereste (TKK) ve ahşap I-kirişler de dahil olmak üzere diğer bazı mühendislik ürünü ağaç malzemelerin üretim sürecinde de kullanılmaktadır (Biblis ve Carino, 1993; González ve ark., 2004).



Şekil 1. parmak birleştirmeli kerestenin genel görünümü ve çeşitleri A) Liflere paralel, B) Liflere açılı, C) Liflere teğet (URL-1; 2; 3, 2023).

"Parmak birleştirmeli kereste" özel terimi, parmak eklemleri içeren boyutlandırılmış kereste için geçerlidir. Parmak birleştirme işlemi, mühendislik ürünü ağaç malzemelerin üretimi için girdi olarak düşük sınıflı (2. veya 3. sınıf) kerestelerin kısa boylu parçalarını kullanarak orman kaynağından katma değeri yüksek ürünler üretilmesine katkı sunarak, kısa boylu kerestelerin daha verimli kullanılmasını sağlar. Parmak birleştirmeli kereste en yaygın olarak Ladin-Çam-Göknar gibi kerestelerden üretilmektedir (Ong ve ark., 2022).

Parmak birleştirmeli kereste: düzgünlük sağlamak, boyutsal kararlılığı yüksek ürünler elde etmek, herhangi bir birleştirme yapılmamış kerestenin yerine kullanılmak ve odun kaynaklarının daha yüksek oranda verimli kullanımı gibi çeşitli nedenlerle üretimi tercih edilen bir mühendislik ürünü ağaç malzemedir (Vassiliou ve ark., 2009). Bu mühendislik ürünü ahşap ürünün tasarım ve performans avantajları, düzlüğü ve boyutsal kararlılığı, nispeten düz lifli ve daha az doğal kusurlu kısa boylu kereste parçalarının daha uzun bir kereste parçası oluşturmak için birbirleriyle birleştirilmesinin bir sonucudur (Kutscha ve Caster, 1987).

Parmak birleştirmeli kereste boyunca lif desenleri, birçok kısa parçanın birbirine bağlanmasıyla tekdüze olmayan ve rastgele bir hal alabilir. Bunun sonucu olarak masif biçilmiş keresteye göre eğilmeye daha az eğilimli bir hale gelir. Parmak birleştirme işlemi ayrıca odunun doğal yapısında bulunan budak, lif kıvrıklığı, mantar ve böcek saldırıları sonucu ortaya çıkan ve direnç özelliklerini azaltıcı kusurların en aza indirilmesi veya tamamen ortadan kaldırılmasıyla sonuçlanır. Parmak birleştirmeli kereste masif biçilmiş boyutlu keresteye göre daha az değişken mühendislik özelliklerine sahip yapısal bir ahşap üründür (Khelifa ve ark., 2015).

Parmak birleştirmeli kerestenin ahşap bina yapımında en yaygın kullanımı, perde duvarlarda ve dikey yük taşıyan duvarlarda alt konstrüksiyon malzemesi

olarak kullanılmasıdır. Ahşap bina yapımında alt konstrüksiyon için en önemli faktör düzlüktür. Parmakla birleştirilen alt konstrüksiyon malzemesi sıcaklık ve nem değişikliklerine maruz kaldıklarında masif biçilmiş kereste alt konstrüksiyon elemanlarına göre daha düz kalacaktır. Böylelikle, üretici ve son kullanıcı için alçıpandaki çivi patlamalarının ve boyutsal değişiklikler gibi diğer sorunların ortadan kaldırılmasına katkı sağlar. Bu aynı zamanda parmak birleştirmeli keresteyi yük taşımayan iç bölmeler için ideal bir ürün haline getirir (Lamb ve Wands, 1982).

Parmak Birleştirmeli Kereste Çeşitleri

Parmak birleştirmeli kereste ürünleri; Parmakla Birleştirilen Yapısal Kereste, Parmakla Birleştirilen Sadece Dikey Alt konstrüksiyonda kullanılan Kereste veya Parmakla Birleştirilen Makine ile sınıflandırılmış Kereste olarak 3 değişik türde üretilmektedir. Bu türlerden Parmakla Birleştirilen Yapısal Kereste, aynı tür, sınıf ve uzunluktaki masif biçilmiş kereste ile değiştirilebilir ve kirişler, kolonlar ve duvar saplamaları gibi yatay veya dikey yük taşıma uygulamaları için kullanılabilir. Sadece dikey alt konstrüksiyonda kullanılan kereste parmak birleştirmeli kereste, yalnızca eğilme ve çekme yüklerinin kısa süreli olduğu ve ağaç malzeme rutubet miktarının %19'u aşmayacağı ve sıcaklığın uzun bir süre boyunca 50 °C'yi aşmayacağı duvar alt konstrüksiyon malzemesi olarak kullanıldığı yerlerde kullanılabilir. Bu tür parmak birleştirmeli keresteler 38 x 140 mm'ye kadar kesit boyutlarında, 3,66 m'ye kadar uzunluklarda üretilmektedir (Lara-Bocanegra ve ark., 2017).

Parmakla birleştirilen makine ile sınıflandırılmış Kereste ise ahşap I-kiriş flanşları ve metal plaka bağlantılı kafes kiriş uygulamaları için kullanılabilir. "Yalnızca Kuru Kullanım" olarak kullanılan bu kerestenin denge rutubet miktarının %19'u aşmasının beklenmediği uygulamalarda kullanılmalıdır. Parmak birleştirmeli kereste, ahşap I-kirişlerde flanş malzemesi olarak da yaygın şekilde kullanılır. Ürünün bu uygulaması, ahşap liflerinin ve yapıştırılmış eklemin kullanım sırasında uzun süreli gerilim yüklerine dayanmasını gerektirir.

Parmak Birleştirmeli Kerestede Kullanılan Yapıştırıcılar

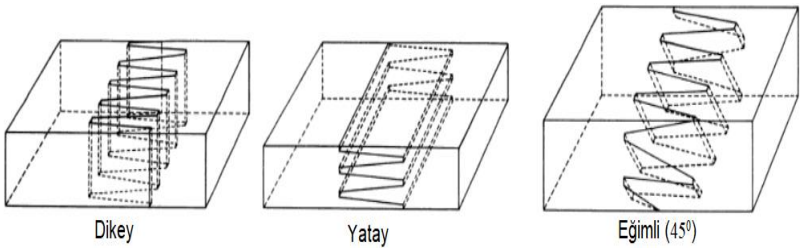
Parmakla birleştirmeli kereste üretiminde kullanılan birkaç farklı yapıştırıcı türü vardır. Parmakla birleştirmeli kerestelerin üretiminde kullanılan yapıştırıcı seçiminde parmakla birleştirmeli kereste türü ve kullanım yeri oldukça önemlidir. Bu kerestelerin üretimlerinde genel olarak fenol-resorsinol bazlı, poliüretanlar, melamin-üre-formaldehit, polivinil asetat, emülsiyon polimer izosiyanat gibi yapıştırıcılar kullanır. Kullanılan tutkal türü, yapısal veya yapısal olmayan

uygulamalar için son kullanımlara bağlıdır. Örneğin, fenol-resorsinol-formaldehit (PRF) tipik olarak glulam ve CLT gibi yapısal ürünlerin imalatında yapısal parmak eklemleri üretmek için kullanılır. PVAc ise genellikle mobilya ürünleri gibi yapısal olmayan parmak bağlantıları için kullanılır. Parmak birleştirmeli kereste üretiminde kullanılan yapıştırıcılar rutubet miktarı yüksek olan kerestelerin birleştirilmesi için uygun değildir (Marra, 1984). Bu nedenle kaliteli bir yapışma sağlamak için sadece rutubet miktarı %19'a kadar olan kerestelerde kullanılır. Parmak birleştirmeli kerestelerde kullanılan yapıştırıcılar ısıya dayanıklı yapıştırıcı veya ısıya dayanıklı olmayan yapıştırıcı olarakta tanımlanırlar. Isıya Dayanıklı Yapıştırıcı olarak nitelendirme, bu ürünlerin kullanıldığı duvarın izin verilen tasarım yükünün yüzde 100'üne yüklenen taşıyıcı parmakla birleştirmeli alt konstrüksüyon malzemesinin duvarın yüksek sıcaklıklara maruz bırakılacağı uygulamalarda kullanılır (Sunley, 1982).

Parmak Birleştirmeli Kereste Üretimi

Parmak birleştirmeli kereste üretiminde ağaç malzemeyi daha verimli kullanmak için, belirli işlem parametreleri dikkate alınmalıdır. Parmak birleştirmenin türü, ağaç malzemenin rutubeti ve ahşap elemanların işleme süreci de kontrol edilmelidir (Cecilia ve ark., 2003).

Bir parmak birleştirmeli kerestede parmak birleştirme şekli dikey, yatay veya eğimli (45^{o}) profil olarak üç kategoride üretilebilir (Şekil 2). Bir parmak birleştirmeli kerestenin üretimi tipik olarak ağaç malzeme parçaların seçimi ve hazırlanması, yatay dikey veya eğimli (45^{o}) profillerin hazırlanması, profillere tutkal uygulanması ve kurutulması, tutkal kalıntılarının giderilmesi için son planyalama gibi önemli üretim süreçlerinden oluşmaktadır (Ong ve ark., 2022).

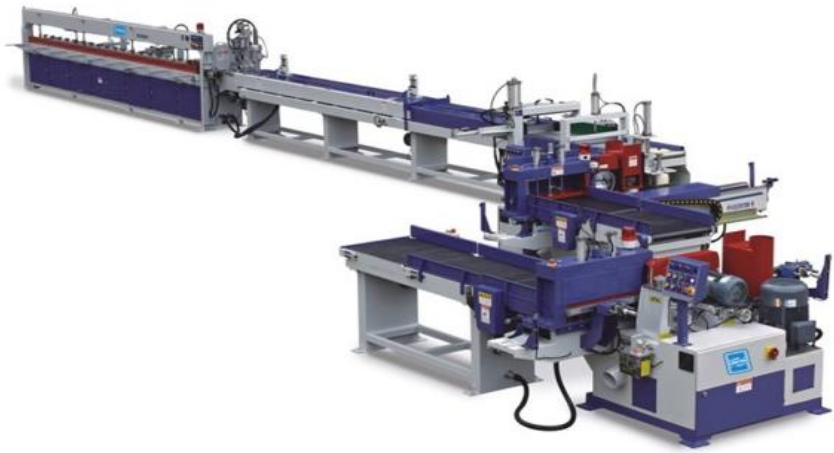


Şekil 2. Parmak birleştirmede dikey, yatay veya eğimli (45^{0}) profil (Jokerst, 1981).

Üretimin ilk basamağı olan ağaç malzeme parçalarının seçilmesi ve hazırlanması aşamasında öncelikle kereste parçaları doğal veya yapay yollarla kurutulur. Doğal yollarla kurutma uzun zaman aldığından dolayı genellikle fırın

kurutma tercih edilir. Bu kerestenin üretiminde rutubet miktarı normalde %19'un altında olmalıdır. Aynı zamanda parçalar arasındaki rutubet miktarı değişimi %5'in altında olmalıdır. Kereste seçimi sırasında odunun doğasında bulunan ve direnç azaltan ve istenmeyen kusurlara sahip kereste alanları kesilir. Eşleşen renkte, tutarlı rutubet miktarında ve aynı yoğunluğa sahip parçalar seçilir. Keresteler görsel veya elektronik olarak sınıflandırılır. Sınıflandırmada rutubet miktarı ve kerestenin görsel özelliklerin belirlenmesi, kerestelerin aynı mühendislik özelliklerine sahip olmaları için oldukça önemlidir (Schickhofer, 1994; Schickhofer ve ark., 2010; Çavuş, 2019).

Seçilen kerestelerin kabul edilebilir düzgünlükte parçalar üretmek için ilk olarak planyalama işlemi yapılır. Bu işlemin yapılması düzensiz kereste şekillerini ortadan kaldırmak ve özellikle düzgün kesitli ve çoklu parmak birleştirmeli parçalar üretmek için önemlidir. Sınıflandırılan kereste yüzeyleri aynı anda dört tarafı da planyadan geçirilerek düzeltilir (Ong ve ark., 2022). Bu işlem bütün katmanlardaki kerestelerin gerekli genişlik ve kalınlığı sağlaması bakımından önemlidir. Planyalama işlemi kerestelerin yüzeye daha iyi yapışması ve yüzeyde oluşabilecek oksidasyonu azaltması için önemlidir (Yeh ve ark., 2013; Sikora ve ark., 2016). Planyalama işleminde optimum yapıştırmayı temin etmek için gereken hassasiyet sağlanmalıdır.Günümüzde parmak birleştirme işlemi yüksek hızda çalışan tam otomatik makinelerle yapılmaya başlanmıştır. Bu makinelere bir örnek Şekil 3'de verilmiştir.



Şekil 3. Tam otomatik parmak birleştirme makinesi (URL 4, 2023)

İlk planyalama işlemini kereste parçalarının uçlarına bir parmak profilinin açılması takip eder. Parmak profilinin açılması genellikle uygun parmak bıçakları

takılmış yatay freze makinasında yapılır. Parmak profilleri genellikle her iki parça için aynı kesiciler kullanılarak oluşturulur. Kesicilerin iş parçasına göre döndürülmesi veya ötelenmesiyle parmak birleştirme yapılan iş parçaları birbirlerini tamamlayıcı hale getirilirler. Bu aşamada parmak profili kesim, yüzeyin yanmasını önlemek için uygun ilerleme hızına, bıçak dönüş hızına ve keskin bıçaklara sahip olmalıdır. Kör bıçaklarla açılan parmak profilinde yanık izleri oluşması parmak yüzeylerinin yapışabilirliğini azaltır (Brandner, 2013; Çavuş, 2019). Parmak birleştirme makinelerinde kullanılan kesici bıçakların görüntüsü Şekil 4' de verilmiştir.

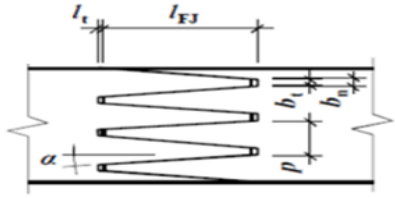


Şekil 4. Parmak birleştirme bıçakları (URL 5, 2023)

Parmak dişli birleştirme tasarımı yapılırken dişlerin eğim veya eğim açısı, uçlarda meydana gelen gerilim yoğunlaşmalarının mümkün olduğunca azaltılmasını önleyecek kadar büyük olmalıdır. Diş tasarımında dikkat edilecek bir diğer husus ise etkili tutkal-bağlantı alanı oluşturmak için diş parmak uzunluğunun diş adımına oranı, önemli bir çekme mukavemeti geliştirmek için bağlantının net kesitinin en az 8 ila 10 katı olmalıdır (Jokerst, 1980). Tipik bir parmak dişli birleştirmenin geometrik ölçüleri Şekil 5'te gösterilmiştir.

Lfj	P	Bt	bn	lt	α	v(bn) %	Örnek
15	3,8	0,5	0,5	0,5	5,6	13,6	
20	5	0,6	0,6	0,5	5,7	12,0	
20	6,2	1,1	1,1	0,5	6	17,8	

Lfj= diş boyu,
P= eğim açısı,
bt=uç genişliği,
bn=taban genişliği,
α=diş açısı,
v(bn) %= kesitteki kayıp
* ölçüler mm'dir.



Şekil 5. Tipik bir parmak dişli birleştirmenin geometrik ölçüleri (Brandner, 2013; Çavuş, 2019).

Tablo 1. Önerilen parmak geometrileri (BS EN 14080: 2013; 15497:2014 (Ong ve ark., 2022).

Parmak uzunluğu (mm)	Diş adımı (mm)	Uç genişliği (mm)	*Azaltım faktörü
15	3,8	0,42	0,11
15	3,8	0,6	0,16
20	5,0	0,5	0,10
20	6,2	1,0	0,16
30	6,2	0,6	0,10

Azaltım faktörü aşağıda gösterilen denklem 1 kullanılarak hesaplanır.

$$v = b.p.l \qquad (1)$$

Burada:

v: azaltım faktörü,

l: parmak uzunluğu (mm),

b: uç genişliği (mm),

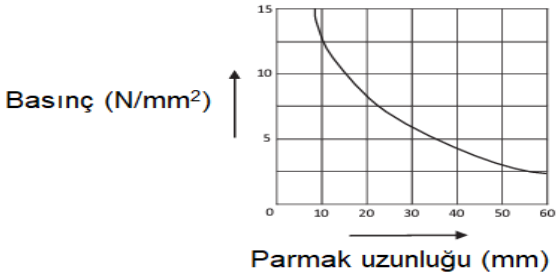
p: Diş adımı (mm),

Parmak birleştirmenin verimliliği, parmak profilinin geometrisi, uygulanan sıkıştırma basıncı, kereste yoğunluğu, işleme, tutkal türü vb. gibi birçok faktörden etkilenir (Jokerst, 1981). BS EN 14080 tarafından önerilen tabakalanmış ağaç malzemede (GLULAM) parmak birleştirme parmak profili geometrileri Tablo 1'de gösterilmiştir (BS EN 14080:2013). Ek olarak birleştirme parmak uzunluğunun 10 mm'den fazla ve azaltma faktörü v'nin 0,18'den az olmasını önermektedir. Tipik olarak, yapısal olmayan kullanımlar için üretilen parmak uzunluğu, yapısal parmak bağlantılarına kıyasla daha kısadır. Yapısal olmayan parmak bağlantılarının bazılarının parmak uzunluğu 10 mm'den azdır. Ayrıca, yapısal uygulamalarda kullanıldığında parmak ucunun önerilen genişliği 1,5 mm'den daha geniş olmamalıdır (Barboutis ve ark. 2013). Parmak birleştirmede nihai basınç ne kadar yüksek olursa birleşme eylemi de o kadar verimli olur, Bu nedenle ağaç malzemenin hasar görmeden dayanabileceği kadar yüksek bir basınç kullanmak gereklidir. Diş parmak uzunluğu arttıkça, ayrılmayı önlemek için uç basıncın azaltılması gereklidir. Örnek olarak 10 mm'lik parmak uzunluğu için uygulanan basınç 12 N/mm^2 ve 60 mm'lik parmak uzunluğu için ise basınç 2N/mm^2'yi öngörülebilir (Raknes, 1980).

Parmak profili açılması işlemini tutkal uygulaması takip etmektedir. Tutkal uygulaması ağaç malzemenin bir ucundan veya her iki ucundan yapılabilir Parmak yüzeylerine tutkal uygulaması mümkün olan en kısa sürede, tipik olarak parmak kesiminden sonra en geç 6 saat içinde yapılmalıdır. İşlem, önerilen açık ve kapalı montaj süresi, tek veya çift taraflı yayma, tutkal yayma hızı, yeterli

tutkal sürülmesi ve temiz bir yapıştırma yüzeyine sahip olma gibi tutkal özelliklerine uymalıdır. Montajdan önce ahşap yüzeye tutkal uygulama süresi açık montaj süresi olarak adlandırılırken, yüzeylerin birleştirilmesi ve istenen basıncın uygulanması süresi kapalı montaj süresi olarak adlandırılır. Yapışma kalitesi, kerestenin yüzey kalitesine, rutubet miktarına, ekstraktif madde miktarına, koruyucu malzeme uygulamasına, tutkal viskozitesi, tutkal penetrasyonunu ve ıslanabilirliği vb. unsurlardan etkilenir (Khelifa ve ark., 2016).

Tutkal sürme işlemini basınçla yapıştırma işlemi takip etmektedir. Tutkal üreticileri veya üretim standartları tarafından tavsiye edilen yapıştırma basıncına uygun olarak farklı parmak uzunluklarında ağaç malzemenin liflerine paralel olacak şekilde basınç uygulanır. Basınç uygulama süresi kısadır, tipik olarak 20 saniyeden azdır, çünkü parmaklar basınçtan kurtulduktan sonra parmak dişlerin birbirine kenetlenir. Özellikle yapısal parmak birleştirmeleri üretmek için farklı uzunluktaki parmak profilleri için önerilen sıkma basıncı Şekil 6'te gösterilmiştir (Ong ve ark., 2022). Şekil 6 incelendiğinde sıkma basıncı ile parmak uzunluğu arasında ters bir ilişki olduğunu görülmektedir. Kısa parmak uzunluğuna sahip kereste parçaları parmakla birleştirilirken daha yüksek sıkma basıncına ihtiyaç duyulur (Ong ve ark., 2022).



Şekil 6. parmak birleştirmeleri üretmek için farklı uzunluktaki parmak profilleri için önerilen sıkma basıncı (Ong ve ark., 2022).

Sıkıştırma basıncının serbest bırakılmasından sonra parmakla birleştirilen parçalar tutkalın kürlenmesi için bekletilir. Tutkalın kürlenme süresi tutkal özelliklerine göre değişim gösterir. Parçalar kürlenme süresi içinde işlenmemelidir. Parmak birleştirmeli ahşap ürünlerin imalatındaki son adım yapıştırıcının kürlenmesidir. Parmakla birleştirme işleminde yaygın olarak kullanılan yapıştırıcıların çoğu oda sıcaklığında kürlenir. Ancak, bu yapıştırıcıların kürlenmesi için gereken süre ısı eklenerek büyük ölçüde azaltılabilir. Bu nedenle, üretimi hızlandırmak için, çoğu parmak birleştirme

sistemi yapıştırıcıya ısı sağlamak için bazı yöntemler kullanır. Bunlardan biri, tutkal hattına ilave ısı sağlamayan sistemidir. Bu sistemde parmaklar yaklaşık 7,5 ila 15 mm uzunluğundadır. Parmaklar yüksek basınç altında bir araya getirilir, 2 ila 3 saniye tutulur ve basınç serbest bırakılır. Bir başka yöntem de yüksek reaktif bir yapıştırıcı sistemi kullanmak ve tutkal ile sertleştiriciyi ayrı ayrı uygulamaktır. Parmak birleştirmelerde yapıştırıcı bağlarının kürlenmesini hızlandırmak için en yaygın yöntem radyo frekans ile ısıtmadır. Tutkalın eklem yerlerinde hızla kürlenmesini sağlayan bu yöntem uzun yıllardır kullanılmaktadır (Jokerst, 1981).

Kürlenme süresinin bitimini ise son Planyalama işlemi takip eder. Bu aşama parmakla birleştirilen parçaların tutkal kalıntılarını gidermek için Planyalama işlemi yapılır. Düşük kaliteli parmak eklemli parçalar çıkarılır veya kesilir ve yeniden birleştirilir. Parmak birleştirmeli kereste üretimindeki süreçler önemlidir. Uygun teknikler, makine ve çalışma prosedürleri, yüksek veya amaçlanan kalitede parmak birleştirmeleri üretmek için önemlidir (Ong ve ark., 2022).

Parmak Birleştirmeli Kerestenin Avantajları Ve Dezavantajları

Parmak birleştirmeli kerestenin en önemli avantajı; kesilmiş keresteye göre daha düzgün olması ve boyutsal stabilitesinin daha yüksek olmasıdır (Harris, 2011). Parmak birleştirmeli kerestenin düzlüğü ve boyutsal kararlılığı, nispeten düz damarlı ve daha az doğal kusurlu kısa boylu kereste parçalarının daha uzun bir kereste parçası oluşturmak için birbirleriyle birleştirilmesinin bir sonucudur. Parmak birleştirmeli kereste lif deseni, birçok kısa parçanın birbirine bağlanmasıyla tekdüze olmayan ve rastgele bir hal alır. Buda, parmak birleştirmeli kerestenin masif biçilmiş keresteye göre eğilmeye daha az eğilimli olmasıyla sonuçlanır (Norshariza ve ark., 2011). Parmakla birleştirme işlemi ayrıca mukavemet azaltıcı kusurların azaltılması veya ortadan kaldırılmasıyla masif biçilmiş keresteye göre daha az değişken (Komatsu ve ark., 2021) mühendislik özelliklerine sahip yapısal bir ahşap ürün haline gelir. Ayrıca küçük çaplı kerestelerin katma değeri yüksek ürünlere dönüştürülmesi için etkili bir yöntemdir.

Parmak birleştirmeli kerestenin en önemli dezavantajı özellikle döşeme malzemesi olarak açık hava koşullarına maruz kalan ve yoğun insan hareketlerinin olduğu bir alanda kullanıldığında veya üzerine ağır mobilyalar yerleştirilmişse bazı eklem yerlerinde zamanla açılmalar oluşturabilmesidir. Diğer bir dezavantajı ise renk ve desen beraberliğinin istendiği yerlerde uç uca eklenmiş çok sayıda kısa parçadan oluştuğu için herkese hitap etmemesidir.

Kaynakça

BarBoutis,I., Vasileiou, V. 2013. Strength of finger-jointed beech wood (Fagus sylvatica) constructed with small finger lengths and bonded with PU and PVAC adhesives. PROLigno, ISSN-L4737, 9(4), pp.359–364.

Biblis, E.J., Carino, H. 1993. Factors influencing the flexural properties of finger-jointed southern ping LVL. For Prod J 43(1):41–46

Brandner, R. 2013. Production and Technology of Cross Laminated Timber (CLT): A state-of-the-art Report. in Focus Solid Timber Solutions-European Conference on Cross Laminated Timber (CLT). 21 May 2013. Graz, Austria: University of Bath, Bath, pp. 3-36,

Bustos, C., Beauregard, R., Mohammad, M., Hernández, R.E. 2003. Structural performance of finger-jointed black spruce lumber with different joint configurations. *For. Prod. J. 53*, 72–76.

BS EN 14080:2013. Timber structures – Glued laminated timber and glued solid timber – Requirements. British Standard Institution, UK. 1

BS EN 15497:2014. Structural finger jointed solid timber – Performance requirements and minimum production requirements. British Standard Institution, UK.

Cecilia, B., Mohammad, M., Roger E.H. 2003. Effect of curing time and end pressure on the tensile strength of finger-jointed black spruce lumber. Forest Prod. J., 53; 85-89

Çavuş, V. 2019. Mühendislik Ürünü Ağaç Malzemelerde Yükselen Trend; Çapraz Tabakalanmış Kereste. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 21 (2), 560-569.

Dagenais, C., Salenikovich, A. 2008. Influence of machining parameters on the tensile strength of finger-jointed sugar maple lumber. Wood Fiber Sci. 41(1):55-61.

Eby, R.E. (1982). Structural Finger-Jointing Criteria and Performance. In: Prins, C.F.L. (eds) Production, Marketing and Use of Finger-Jointed Sawnwood. Forestry Sciences. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-015-3859-6_16

González, G., Moya, R., Monge, F., 2004. Evaluating the strength of finger-jointed lumber of Gmelina arborea in Costa Rica. New Forests 28, 319–323

Harris, R. 2011. Design of Timber Gridded Shell Structures. Proc. Inst. Civ. Eng. Struct. Build. 164, 105–116.

Jokerst, R.W., 1981. Finger-jointed wood products. Research Paper FPL 382. United States Department of Agriculture, Forest Service, Forest Products Laboratory, Madison, WI, pp.24.

Khelifa, M., Lahouar, M.A., Celzard, A. 2015. Flexural strengthening of finger-jointed Spruce timber beams with CFRP. J. Adhes. Sci. Technol. 29, 2104–2116.

Komatsu, K., Nakatani, M., Nakahara, T., Komatsu, K., Noda, Y. 2021. Mechanical performances of finger jointed cross laminated timber (CLT). Eur. J. Wood Wood Prod. 2021, 79, 397–416.

Kutscha, N.P., Caster, R.W. 1987. Factors affecting the bond quality of hem-fir finger-joints Forest Prod. J., 37; 43-48

Lara-Bocanegra, A.J., Majano-Majano, A., Crespo, J., Guaita M. 2017. Finger-jointed Eucalyptus globulus with 1C-PUR adhesive for high performance engineered laminated products Constr. Build. Mater., 135; 529-537

Lamb-Shine, D., Wands, R.W. 1982. Structural Finger-Joints. In: Prins, C.F.L. (eds) Production, Marketing and Use of Finger-Jointed Sawnwood. Forestry Sciences. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-015-3859-6_7

Marra, G. 1984. The role of adhesion and adhesives in the wood products industry R.H. Gillespie (Ed.), Adhesives for Wood. Research Applications, and Needs. USDA Forest Serv, Forest Prod. Lab., Madison, WI pp. 2-9

Norshariza, M.B., Lum, W.C., Ahmad, Z., Noh, M.S.M., Dris, M.M. 2021. The Potential of Glued Laminated Timber Sleepers Made from Malaysian Tropical Heavy Hardwood. In: Mohd Zuki, S.S., Mokhatar, S.N., Shahidan, S., Bin Wan Ibrahim, M.H. (eds) Proceedings of the Sustainable Concrete Materials and Structures in Construction 2020. Lecture Notes in Civil Engineering, vol 157. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-2187-1_4

Ong, C.B., Alia Syahirah Y., Che Muhammad Farid, C.S., Mohd Khairun Anwar, U. 2022. Fınger-Joınted Tımber: Productıon And Requırements Frım Timber Technology Bulletın No. 116, 2022 Issn: 139-258

Raknes, E. 1982. The influence of production conditions on the strength of finger-joints. Proceedings, Production, Marketing and use of Finger-Jointed Sawnwood. C.F.L. Prins, Ed. Martinus Nijhof/Dr. W. Junk Publishers, The Hague, The Netherlands, pp. 155-168.

Sunley, J.G. 1982. The Structural Use of Finger-Jointing. In: Prins, C.F.L. (eds) Production, Marketing and Use of Finger-Jointed Sawnwood. Forestry Sciences. Springer, Dordrecht. https://doi.org/10.1007/978-94-015-3859-6_8

Schickhofer, G. 1994. Rigid and Flexible Composite Action of Laminated Timber Structures. PhD. Thesis, Graz University of Technology, Graz, Austria.

48. Schickhofer, G., Bogensperger, T., Moosbrugger, T., Herausgeber: B. 2010. SPhandbuch. Verlag der Technischen Universität Graz, 2, pp. 384.

Sikora, K.S., McPolin, D.O., Harte, A.M. 2016. Effects of the thickness of cross-laminated timber (CLT) panels made from Irish Sitka spruce on mechanical performance in bending and shear. Construction and Building Materials, 116:141-150.

Vassiliou, V., Barboutis, I., Ajdinaj, D., Thoma, H. 2009. PVAc Bonding of finger jointed Beech wood originated from Albania and Greece. Proceedings of International Conference Wood Science and Engineering in the third millennium, ICWSE.715. Transilvania. University of Brasov, Romania.721 p.

Yeh, B., Gagnon, S., Williamson, T., Pirvu, C., Lum, C., Kretschmann, D. 2009. The North American productstandard for cross-laminated timber. Wood Design Focus, 22(2), pp. 13-21.

URL 1, 2023, https://natural-resources.canada.ca/our-natural-resources/forests/industry-and-trade/forest-products-applications/taxonomy-wood-products/finger-joined-lumber/15837 Son Erişim tarihi: 25.09.2023.

URL 2, 2023, https://lonestarstuds.com/ Son Erişim tarihi: 25.09.2023.

URL 3, 2023, http://365days365businessideas.blogspot.com/2013/12/start-finger-joint-timber-unit.html Son Erişim tarihi: 25.09.2023.

URL 4, 2023, Full Automatic Finger Joint Line Machine for Woodworking, https://www.zzchryso.com/products/full-automatic-finger-joint-line-machine-for-woodworking/, Son Erişim tarihi: 24.09.2023.

URL 5, 2023, 5Pcs Blades TCT Finger Joint Cutter Wood Splicing Woodworking Carbide Machine, https://www.ebay.com/itm/354636748208, Son Erişim tarihi: 24.09.2023.

Bölüm 27

Dal Örneklerinde Mikroskobik Analizler

Hakan ENGİN[1], Zeliha GÖKBAYRAK[2]

[1] Prof. Dr. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
Bahçe Bitkileri Bölümü, Çanakkale.
hakanengin@comu.edu.tr, Orcid ID: 0000-0001-6897-8708

[1] Prof. Dr. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi,
Bahçe Bitkileri Bölümü, Çanakkale.
zgokbayrak@comu.edu.tr ORCID No: 0000-0002-0012-9782

ÖZET

Dal anatomileri üzerine uzun yıllar boyunca yapılan araştırmalar bitki anatomilerinin incelemesini sağlayan tekniklerin şekillenmesini sağlamıştır. Mikroskop, mikrotom ve boyama teknikleri gibi farklı alanlarda zaman içinde ortaya çıkan gelişmeler dal örneklerinin incelenmesinde büyük önem taşımaktadır. Kesme ve boyama tekniklerini içerisine alan gelişmeler önceleri ahşap işlemede ağaç malzemelerini korumak için kullanılmıştır. Sonrasında bitki anatomisi üzerine sahip olunan bilgileri geliştirmek için kullanılmıştır. Bitki yapılarının kesilerek incelenebileceği, kesilen dokuların farklı kimyasallarla boyanabileceği ve dokuların kaynatma gibi yöntemlerle yumuşatabileceği ortaya konmuştur.

Günümüzde mikroskop altında dal numunelerinin incelenmesini sağlayan yöntemler geliştirilmektedir. Dal örneklerinin sert ve odunsu yapısı göz önüne alındığında dal yapılarına göre kesitlerin alınmasını sağlayan mikrotom modelleri, kesit alma ve boyama teknikleri geliştirilmektedir. Dal yapılarından kesit alınması ve alınan kesitlerin incelenmesi oldukça zordur. Kesitlerin inceliği, hazırlanması, yumuşatma tekniği, kesme açısı, boyama, kurutma, temizleme, görüntüleme ve fotoğraflama olmak üzere birçok detaya dikkat edilmesi gerekir.

Hazırlanan bu bölümde dal örneklerinin mikroskobik incelenme ve görüntülenmesinde bazıları tarafımızdan geliştirilen yöntemler sıralanmıştır. Bu doğrultuda dal materyallerinin mikroskop altında incelemek için gerekli olan alet ve kimyasal maddeler, odun dokusunu yumuşatılması ve sabitlenmesi için kullanılan yöntemler, kesitlerde temizleme, kurutma ve boyama, fotoğraflama ve görüntü analizleri ve karşılaşılan sorunların çözümleri üzerinde durulmuştur.

Anahtar Kelimeler: *Dal, Mikroskop, Kesit, Boyama, Yumuşatma*

GİRİŞ

Ağaçların gövde ve dal anatomileri üzerine yapılan incelemeler uzun bir geçmişe (MÖ 286) dayanmaktadır (Gartner ve Heinrich, 2010). Yüzyıllar içinde meydana gelen gelişmeler (mikroskop, mikrotom ve boyama) bitki anatomisini inceleme olanağı sağlayan yeni teknikleri ortaya çıkarmıştır. Mikroskop kullanımına ilişkin ilk yayınlanmış kayıt 1685 yılında olmasına rağmen, mikroskobun tanımı 1625 yılına dayanmaktadır (James, 1976; Ruzin, 1999). Mikrotom ve boyama yöntemlerini içerisine alan ileri tekniklerin başlangıçta ahşap malzemeleri kesmek ve korumak için kullanıldığı görülmektedir. Daha sonrasında bitki anatomisi hakkında bilgi sahibi olmak için kullanılmaya başlanmıştır. "Mikrotom" terimi ilk olarak 1839'da Chevalier tarafından ifade edilmiş ve 1884'de "Mikrotomi" terimi kullanılmaya başlanmıştır (Bracegirdle, 1986; American, 1975). Rivet tarafından 1868 yılında bitki dokularını keserek incelemek için icat edilen mekanik mikrotom, günümüz mikrotomunun kökeni olarak kabul edilmektedir (Smith, 1915; Galigher, 1971). Bitki dokularının tanımlanmasında boyama yöntemlerinin kullanılması, 1877 yılında Ehrlich tarafından 'safranin' kullanılmasıyla başlamıştır (Smith, 1915; Bracegirdle, 1986). Daha sonrasında örneklerin yumuşatılması için başta kaynatma olmak üzere diğer teknik yöntemler kullanılmaya başlamıştır.

Günümüzde mikroskop altında örneklerin incelenmesini sağlayan yöntemlere ek olarak yeni yöntemler geliştirilmeye devam edilmektedir. Özellikle sert ve odunsu yapıdaki dal anatomilerine göre uyarlanmış ince kesitlerin alınmasını sağlayabilen yeni mikrotom modelleri, kesit alma ve boyama teknikleri geliştirilmektedir. Odunlaşmış dal yapılarından kesit alınması ve alınan kesitlerin incelenmesi oldukça zordur. Bundan dolayı, alınan kesitlerin inceliği, örneğin kendisi, hazırlanması, yumuşatma tekniği, kesme açısı, boyama, kurutma, temizleme, görüntüleme ve fotoğraflama olmak üzere birçok dikkat etmesi gereken detay söz konusudur. Bu bölümde başta asma dal örneklerinin mikroskobik incelenme ve görüntülenmesinde oldukça etkili olan ve bazıları tarafımızdan geliştirilen yöntemlerin en iyilerini ortaya koymaya yönelik bilgiler yer almaktadır. Bu doğrultuda dal materyalini ışık ve stereo mikroskop altında incelemek için hazırlarken gerekli olan alet ve kimyasal maddeler; sert odun dokusunu yumuşatılması ve sabitlenmesi için kullanılan yöntemler; ince kesitlerde temizleme, kurutma ve boyama teknikleri; fotoğraflama ve görüntü analizleri ve karşılaşılan sorunların çözümleri üzerinedir. Dal kesitleri üzerine çalışmalar yapmak kolay bir iş değildir. Araştırmacıların dikkat etmesi gereken çok farklı detaylar söz konusudur. Alınan sonuçların başarısı dilimleme, boyama, kurutma, temizleme gibi birçok değişkene bağlıdır. Kesit alma işlemimin başında sabır gelmektedir.

Başlangıçtaki deneyim eksikliğini ortadan kaldırmak için uzun süre denemeler yapmak gereklidir. Araştırmacılar yaptıkları uygulamaların mutlaka notlarını tutmalıdırlar. Çünkü her araştırıcıya uyan tek bir tarif ve teknik yoktur. Ayrıca yapılan işlemlere odaklanma şarttır. Günümüz araştırmacılarının laboratuvarlarda cep telefonu ve müzik dinlemesi bu durumu olumsuz etkileyerek hata ve kaza riskini artırmaktadır. Bu bölümdeki bilgiler deneyimli bir teknisyene sahip olmayan yeni araştırmacılara yol gösterecek ve öğrenme sürecini hızlandıracaktır. Bitki dal analizi için mikroskobik hazırlama tekniklerinin yer aldığı bu bölüm temel olarak basit teknikler kullanılarak bitki dalları yüksek kaliteli öz, odun, soymuk kesitlerinin elde edilmesi ve görüntülenmesi için pratik bilgiler vermeye odaklanmaktadır. Ayrıca mikroskobik inceleme için günümüzde etkinliği kanıtlanmış dal numunelerinin kesitlerinin hazırlanmasına yönelik işlemler verilmiştir.

Mikroskop incelemesi için dal materyali alımı, hazırlanması, gerekli malzemeler ve kimyasallar, örnek hazırlama ve yumuşatmak için kullanılan yöntemler, sabitleme ve saklama, kesit alma ve dal kesitiyle ilgili karşılaşılan sorunlar, dehidrasyon ve temizlemeyi de içeren boyama teknikleri, mikroskop ve görüntü analizine yer verilmiştir.

DAL ÖRNEKLERİNİN MİKROSKOBİK ANALİZ İÇİN HAZIRLANMASI

Mikroskop İncelemesi İçin Dal Materyali Alımı, Hazırlanması, Malzemeler ve Kimyasallar

Tablo 1'de dal kesitlerinin anatomik çalışmaları için gerekli olan malzeme ve kimyasalların listesi verilmiştir. Dalın yapısına göre boyama solüsyonları, ihtiyaç duyulan miktar ve şişe boyutları gibi faktörler değişkenlik gösterir. Tüm çözeltiler uygun şekilde etiketlenmeli ve hazırlandıktan sonra bozulma göstermeyecekleri ortamlarda saklanmalıdır.

Tablo 1. Dal yapılarının mikroskop altında incelenebilmesi için bazı laboratuvar kimyasalları ve malzemeleri

Kimyasal maddeler	Malzemeler
Saf su	Sürgülü veya diğer mikrotom LS1
Etil alkol (%95)	Kesici bıçaklar
Gliserin	Stereomikroskop örn. SZX2
Agar	Numuneleri kaynatmak için malzemeler
Safranin	Elektronik hassas terazi
Astra mavisi	Farklı boyutlarda erlen ve beherler
Anilin mavisi	Şişeleri (50-100-250 ml), renkli cam şişeler
Asetik asit	Yumuşatılmış örnekleri saklamak için şişeler, petri kapları, kesme sırasında ince kesitlerin saklanması ve kurutulması için
Fast Green FCF	Kimyasal atıklar için kilitli kaplar
Sodyum hipoklorit (ev tipi)	Laboratuvar kayıt defteri
Yağ çözücüler	İnce deve tüyü fırçalar
Epoksi yapıştırıcı	İnce uçlu cımbız
	Kesme iğnesi, jilet (tek kenarlı) veya neşter
	Lam ve lameller (farklı boyutlarda)
	Eldiven
	Kronometre boyama işlem süresi için
	Fazla boyayı çıkarmak için emici filtre kağıdı
	Dal örneklerini bölmek için el testeresi, budama makası, büyük bıçak, keski ve çekiç

Dal materyallerinden ince kesitler alınarak mikroskop altında incelenebilmesine olanak sağlayan bazı malzemeler ve kimyasal maddelere ait görseller şekil 1 ve 2'de verilmiştir.





Şekil 1. Dal materyallerinden ince kesitler alabilmek için kullanılabilecek malzemelere ait bazı görseller.





Şekil 2. Dal materyallerinden ince kesitler alabilmek için kullanılabilecek kimyasal maddelere ait bazı görseller.

2. 2. Örnek Hazırlama ve Yumuşatma

Dal materyalinden alınan örnekler daire veya pizza dilimi şekillerinde olabilir. Bu durum dalın çapına göre değişebilmektedir. Dal yarıçapı 1 cm ve üzeri örneklerde dilim şeklide hazırlanması ve incelenmesi daha kolaydır. Toplanan dal materyalleri temizleme, yıkama ve kesite ayrılmadan önce etil alkol içerisinde saklanmalıdır.

Dal örneklerinde yapılacak araştırmalarda toplanacak örnekler ihtiyaç duyulandan fazla olmalıdır. İncelemeyi yapan araştırmacılar deneyimli olsa dahi örneklerin incelenmesi esnasında öngörülemeyen kayıplar olmaktadır. Alınan materyallerin tamamı örnek numarası, çeşit adı, örnek türü (dal çapı), tarih ve fotoğraflamada kullanılacak bir görüntü numarası belirlenerek etiketlenmelidir. Dal örneklerin öz dokusuyla birlikte ince kesitlerinin alınması kolay değildir.

Kesitlerdeki zamklar, kristaller, tanenler gibi birikintiler bu durumu daha da zorlaştırır.

Odunlaşmış dokulardan örnek alma zorluğundan dolayı günümüzde dallardan 2-3 mm çapında ve 15-20 mm uzunluğunda mikro kesitler için 'Trephor' mikro delici gibi özel araçlar geliştirilmiştir (Rossi ve ark., 2006)

Örnek alımı esnasında sıkıştırılmış, kırılmış ve bükülmüş dal kesitlerinin mikroskobik inceleme için hazırlaması ve kullanılması zordur. 5-6 uzunluğunda dallar veya alınan mikro kesitler genellikle %60-70'lik etil alkol çözeltisinde saklanabilir. Bazen bu çözelti asetik asit de içerebilir. Örnekler kahverengi ışık geçirgenliği az olan etiketli şişelerde saklanmalıdır. Çözeltinin uçucu olduğu düşünüldüğünde kapakları vidalı olan şişeler kullanılmalıdır.

Örneklerin tutturulmasında epoksi gibi su geçirmez yapıştırıcılar kullanılmalıdır. Bazı durumlarda çift taraflı bantlarda bu işi görmektedir. Su geçirmez yapıştırıcılar kesit alınacak dal parçasının kesit alma sırasında suya yani kesme sıvısına maruz kalması durumunda bile etkili olmaktadır. Kesme sırasında dalın dış kısmının ezilme ve kırılmasını önlemek için mikrotoma kelepçelenmeli ve kesme bıçağı dalın öz kısmına doğru kaydırılarak kesitler alınmalıdır.

Büyük dal örneklerinde ilk adım örneklerin enine ve uzunlamasına kesitler elde etme amacına bağlı olarak uygun boyutlara bölünmesi gereklidir. Daha küçük numunelerin enine kesilmesi kolay olmasına rağmen dikine kesilmesi zordur. Bu durum mikrotom bıçağında daha fazla aşınma neden olduğundan hatalı kesitler ortaya çıkmaktadır.

Yumuşatma işleminde genelde kaynatma kullanılmaktadır. Bu işlem aşırı yumuşamış ve dış yüzeyi hasar görmüş bölümlerinin kesilmesine olanak sağlamak için daha kontrollü yapılmalıdır. Dal anatomisi için kullanılan mikrotomlar 1-5 cm boyutuna kadar olan örneklerin işlenmesine olanak sağlamaktadır. Kesit almadan önce ve aldıktan sonra stereomikroskop altında ön bir inceleme dokuların düzgün şekilde bozulmadan kesildiğinden emin olunmasını sağlar.

Genellikle alkol, saf su ve gliserin içinde saklanan dal numunelerinde iyi kesitler almak için uygun bir şekilde yumuşatılması gereklidir. Çok yumuşak veya yeterince yumuşatılmamış örneklerden iyi kesitler elde etmek zordur. Bazı durumlarda örnekler kesilemeyecek kadar kırılgan olabilir. Yaz döneminde alınan yeşil dal numunelerinin kesilmesi kış döneminde alınan odunlaşmış yapılara göre çok daha kolaydır. Bu örneklerde herhangi bir yumuşama işlemi uygulanmadan doğrudan kesit alınabilir. Bazı durumlarda kesit almadan önce 10-15 dakika saf suda tutulması yeterlidir. Herhangi bir kimyasal analiz yapılmayacaksa musluk suyu da kullanılabilir. Buna karşılık, kış dönemi alınan

odunlaşmış numunelerde kesit alma işlemi çok daha zordur ve çoğu zaman alınan numunelerin yumuşatılması gerekir.

Sürgünlerden alınacak dal öneklerinde genellikle herhangi bir yumuşatma işlemi yapılmadan doğrudan kesim işlemi yapılabileceği ifade edilmektedir (Schweingruber, 1990). Odunsu dal örneklerinin yumuşatma işleminde su kullanımının yanı sıra asit gibi daha aşındırıcı kimyasalların kullanımı da söz konusudur.

2. 3. Sabitleme ve Saklama

Sabitleme ve saklama işlemine geçmeden önce dal numunelerin uygun bir şekilde temizlenmesi önem taşımaktadır. Temizleme işlemi bazen basit bir yıkama şekildedir.

Temizleme ve yıkama yönteminin belirlenmesinde dalın şekli ve boyutları önem taşımaktadır. Söz konusu materyal odunlaşmış bir dal olduğundan örnekler musluk suyuyla yıkandıktan sonra içerisinde saf su bulunan çam kaplar içerisinde temizleme işlemi gerçekleştirilebilir.

Saklama işleminde dallarının dokularını ve hücrelerini bozulmadan en iyi koruyacak kimyasal madde karışımın belirlenmesi önem taşımaktadır. Bu amaçla genellikle farklı iki sabitleme ve saklama yöntemi kullanılır. Birincisi, FAA olarak adlandırılan formaldehit, alkol ve asetik asit karışımıdır.

İkincisi, Kopenhag karışımıdır (etanol, saf su, gliserol). Şekil 3'de FAA (formaldehit, alkol ve asetik asit) içerisinde 100 ml'lik kahverengi şişelerde sabitlenen dal örneklerini göstermektedir.



Şekil 3. FAA (formaldehit, alkol ve asetik asit) içerisinde 100 ml'lik kahverengi şişelerde sabitlenen dal örnekleri.

2. 4. Kesit Alma ve Dal Kesitiyle İlgili Karşılaşılan Sorunlar

Başarılı mikroskobik incelemeler için kesitlerin çok ince alınması büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, klasik sürgülü (şekil 4), yarı otomatik ve otomatik mikrotomlar kullanılabilir. Fakat dal materyalinden ince kesitler elde etmek için kullanılan mikrotomla kesit almanın yanı da elle kesit alma da oldukça etkili bir tekniktir. Jiletle veya el mikrotomu yardımıyla elle kesit alma, ince kesitler almanın basit yollarından biridir.

Dal örneklerinin elle kesilmesi için jiletlerin kullanımı durumunda sorunlardan biri, kesme işleminin başlangıcı ile sonu arasındaki kalınlık ve kalitenin kontrol edilememesidir. Bu sorun önceden belirlenmiş kalınlıkta ince kesitlerin alınmasına olanak tanıyan mekanik mikrotomların kullanılmasıyla çözülebilir. Dal kesitlerinin alınmasında döner ve kayar mikrotomlar kullanılabilir. Çok sert olmayan dal materyaller için genellikle döner bir mikrotom kullanılabilir. Döner mikrotomun bir dezavantajı, bıçak tutucunun kesme yönüne dik açıyla sabitlenmesidir. Kayar mikrotom dal numunelerini kesmek için oldukça başarılı bir şekilde kullanılabilir. Bıçağı hareket eksenine eğik olarak ayarlama yeteneği, sert odun dokusunu keserken bıçağın daha büyük bir bölümünün kullanılmasını sağlar.

Dal örneklerinden ince kesitler hazırlamada temel işlemlerden biri de kesme sıvısının kullanılmasıdır. İşlem sırasında hem numuneyi hem de bıçağın kenarını sürekli olarak ıslak tutmak için ince bir sulu boya fırçayla bir kesme sıvısı uygulanır. Kesme sıvısı dal kesitlerinin yumuşamasına veya sertleşmesine engel olur ve aynı zamanda kesit alırken bıçağın kesit üzerinde kaymasına da yardımcı olur.

Kesme sıvıları genellikle saf su, alkol ve gliserin içerir. Dal dokularının esnekliğini arttırarak kesme sırasında kırılmasını önlediği için tüm malzemelerle birlikte saf su kullanılmalıdır. Bunun aksine sertleştirme etkisi için alkol içeren karışımlar tercih edilmelidir. Alkol ayrıca çok yumuşak olan ince kesitlerin yırtılmasına engel olur. Kesme esnasındaki kıvrılmanın önlenmesi için alkol ve gliserin karışımları kullanılmalıdır.

Alınan kesitlerin kalınlığı ortalama 40-100 µm olduğunda mikroskop altında oldukça başarılı incelemeler yapılabilmektedir. Bu şekilde ince kesitler elde edebilmek için çok keskin bıçaklar kullanılmalıdır. Ayrıca kullanılan bıçaklar sıklıkla değiştirilmelidir. Mikrotom bıçağı ayarlandıktan sonra örneklerin yüzeyine %98 etanol damlatılması ve ıslak sulu boya fırçası yardımıyla örnek üzerindeki fazlalıkların alınarak bıçağın kaydırılması gerekmektedir. Bu işlem bıçağın temas noktasının ıslanmasını ve kesilen kısmın bükülmesini engelleyerek görüntü incelemesinde çok daha kaliteli görsellerin ortaya çıkmasını sağlamaktadır.

Kesitlerde boyama işlemine geçilmeden önce %90 etanol içeren petri kaplarında bıçağının kesici ucundan gelebilecek iz ve çatlaklara karşı kontrol edilmeli ve bu tür sorunlu numuneler boyama testine dahil edilmemelidir.



Şekil 4. İnce dal kesitlerinin alımında kullanılan masa tipi mikrotom

2. 5. Boyama Teknikleri

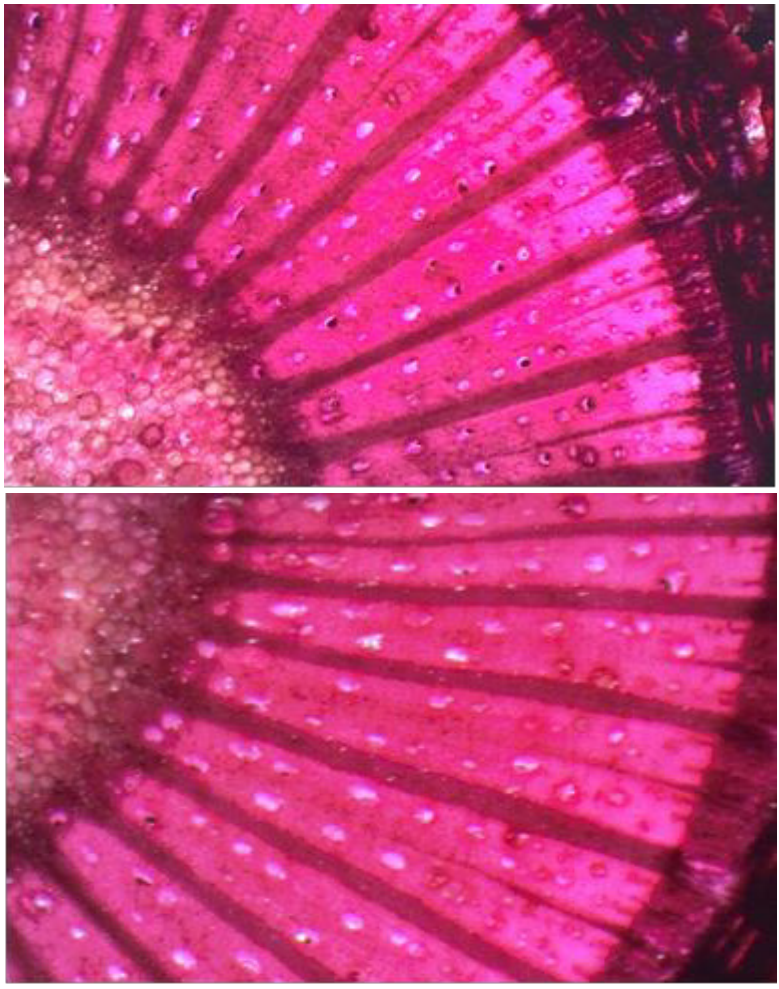
Dal kesitlerinin boyanmasında farklı araştırmacıların yöntemleri vardır (Bond vd., 2008; Hacle, 2015; Hacle ve ark. 2015).

Dal örneklerinin incelenmesinde iki farklı boyama yöntemi öne çıkmaktadır. İlk yöntem çift boyama safranin ve bromofenol mavisidir. Saf su ile 3 kez yıkanan kesitler %96 etanolde 1/1 oranında 10 dakika bekletildikten sonra 1g/L safranin solüsyonunda 20 dakika bekletilir ve fazlalıkları uzaklaştırmak için 3 kez saf suda durulanır. %0,75'lik bromofenol mavisi çözeltisine (%10 gliserol ve %10 asetik asit içeren) 25 dakika daldırılır ve tekrar saf suda üç kez durulanır.

İkinci yöntem, çift boyama bromofenol mavisi ve yeşildir. İki kez saf su ile yıkanan kesitler %50 etanolde 5 dakika bekletildikten sonra %0,75'lik bromofenol mavisi (%10 gliserol ve %10 asetik asit içeren) solüsyonuna batırılarak 10 dakika bekletilir ve saf suda üç kez durulanır. Fazla boyayı çıkarmak için su içinde 10 dakika bekletilir. Daha sonra 10 dakika ‘fast green’ solüsyonuna (%100 alkol içeren 50 ml'de 0,5 g FG) daldırılır.

Örneklerden alınan ince kesitlerin boyanmasının amacı farklı doku bileşenleri arasındaki farklılaşmayı ortaya çıkarmaktır (Gökbayrak ve Engin, 2023). Boyama işlemine tabi tutulan kesitler mikroskop altında kolaylıkla incelenebilir ve fotoğraflanabilir (Gökbayrak ve Engin 2021).

Dal dokuları için mevcut boyalar arasında ‘safranin’, ‘astra mavisi’, ‘fast green’ ve ‘anilin mavisi’ yer alır. Boyanma doğrudan dal kesiti üzerinde ya da kesitler bir çözeltiden diğerine aktarılarak yapılabilir. Şekil 5’te odunlaşmış asma dal kesitlerinde ‘carmin 75470’ boyama gösterilmektedir.



Şekil 5. Asma dal kesitlerinde ‘carmin 75470’ boyama görselleri.

2. 6. Mikroskop İncelemesi ve Görüntü Analizi

İnçe dal kesitlerinin ayrıntılı bir incelemesi için stereomikroskop kullanarak dikkatli bir çalışma yapılmalıdır. Stereomikroskopun kolay yakınlaştırma özelliği, büyütmelerin kolayca değiştirilmesine izin verir. Görüntü, doğrudan stereomikroskopa bağlı bir dijital kamera kullanılarak kolaylıkla yakalanabilir (Şekil 5).



Şekil 5. Stereomikroskopa doğrudan bağlı bir dijital kamera kullanılarak elde edilen kesit görseli.

Örneklerin fotoğrafları doğrudan petri kaplarından alınabilir. Fotoğraf çekmeden hemen önce petri kabının saf su ile doldurulması ışık yansımasını azalttığından daha kaliteli görüntülerin elde edilmesini sağlamaktadır. Özellikle küçük parçalar ve küçük numuneler için daha iyi yakın plan gözlemler için, petri tabanı ve kabı engel oluşturur. Aydınlatma yapıları vurgulayarak gölgeleme efektleri oluşturmanın yanı sıra uygun ışık yoğunluğu sağladığı için önemlidir.

Çok ince kesitlerde daha ayrıntılı çalışmalar için, stereomikroskoptan daha iyi bir çözme gücüne sahip olduğu için bileşik bir ışık mikroskobu tercih edilmelidir. Bu durumda numuneler boyanmadan da incelenebilir.

SONUÇ

Dal örneklerinden kaliteli ince kesitler almak pratik yaparak gelişen bir beceridir. Bu kitap bölümümü söz konusu tekniklere sadece başlangıç niteliğindedir. Araştırmacıların temel işlem ve teknikler konusunda bilgi sahibi olması gerekir. Araştırmacılar mevcut teknikleri geliştirmeli, yenilemeli ve yeni denemeler yapmalıdırlar. Bu sayede araştırmacıların da uzmanlıkları gelişecektir. Bu kitap bölümümün de dal anatomilerinin incelenmesine yönelik sunulan bilgilerin çoğu, dal kesitlerine uyarlanabilir özelliktedir.

Herhangi bir tekniğin uygulanmasında başarılı olmak için, bir işlemde kullanılan süreç hakkında uygun bir teorik anlayışa sahip olunması önemlidir.

Bilinmesi gereken en önemli noktalardan biri uygulanan yöntemin bir formül olmadığıdır. Çoğu zaman mevcut bir yöntemi kendi ihtiyacınıza uygun bir şekilde değiştirmek gerekir. Başarılı bir uyarlama yapmak için, ne kadar basit görünürse görünsün, bir yöntemin her adımını doğru şekilde anlamak önemlidir. Birçok yöntem iyi sonuç vermesine rağmen özellikle kesme ve boyama teknikleri ile ilgili dikkate alınması ve yorumlanması gereken durumlar söz konusudur. Kaliteli sonuçlar elde etmek için mükemmelliği hedeflemek gerekir. Örneğin dalların uygun kesit düzleminde ve belirli bir gelişim aşamasında sunulması. Bu zaman alıcı olsa da, mükemmel mikroskobik fotoğraflar ortaya çıkar.

KAYNAKLAR

American Optical Corporation 1975. Effective use and proper care of the microtome. American Optical Co, Scientific Instrument Division, New York.

Bond, J., Donaldson, L., Hill, S. and Hitchcock, K. 2008. Safranine fluorescent staining of wood cell walls. Biotech. Histochem. 83, 161-171.

Bracegirdle B. 1986. A history of microtechnique: the evolution of the microtome and the development of tissue preparation. History of microscopy series. Science Heritage Ltd, Lincolnwood.

Galigher AE, Kozloff EN 1971. Essentials of practical microtechnique. Lea & Febiger, Philadelphia

Gartner H, Heinrich I. 2010. Anatomie des cernes chez les plantes ligneuses en regions temperees et tropicales. In: Payette S, Filion L (eds) La Dendrochronologie: Principes, methodes et applications. Presses de Universite Laval, Quebec, pp 33–60.

Gökbayrak, Z., Engin, H. 2021. Asmada *(Vitis Vinifera L.)* Adventif kök taslaklarının farklılaşmasının incelenmesi. Ziraat Mühendisliği (373), 35-41. DOI: 10.33724/zm.897985

Gökbayrak, Z., Engin, H. 2023. Anatomical observations on formation and development of adventitious root primordium in canes of *Vitis* sp. International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences. 7(3): 573-580. DOI: https://doi.org/10.31015/jaefs.2023.3.11.

Hacke UG, Venturas MD, MacKinnon ED, Jacobsen AL, Sperry JS, Pratt RB 2015. The standard centrifuge method accurately measures vulnerability curves of long-vesselled olive stems. New Phytol 205:116–127. doi:10.1111/nph.13017

Hacke, U. 2015. Functional and Ecological Xylem Anatomy. Springer International Publishing Switzerland. 133. DOI 10.1007/978-3-319-15783-2-5.

James, J. 1976. Light microscopic techniques in biology and medicine. Martinus Nijhoff Medical Division, The Hague. 60.

Rossi S, Anfodillo T, Menardi R (2006) Trephor: a new tool for sampling microcores from tree stems. IAWA J 27:89–97.

Ruzin, S. E. 1999. Plant microtechnique and microscopy. Oxford University Press, New York.

Schweingruber FH 1990. Microscopic wood anatomy. Swiss Federal Institute for Forest, Snow and Landscape Research, Birmensdorf.

Smith GM (1915) The development of botanical microtechnique. Trans Am Microsc Soc 34:71–129.

Bölüm 28

Epibrassinolid Uygulanan Domates Bitkilerinin *Meloidogyne incognita* Stresine Gösterdiği Tepkinin Zamana Göre Değişimi

Zeliha GÖKBAYRAK[1], Çiğdem GÖZEL[2]

[1] Prof. Dr.; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Bahçe Bitkileri Bölümü, 17020 Çanakkale-TÜRKİYE
zgokbayrak@comu.edu.tr ORCID No: 0000-0002-0012-9782.
[2] Doç. Dr.; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi
Bitki Koruma Bölümü, 17020 Çanakkale-TÜRKİYE
cigdemgunes@comu.edu.tr ORCID No: 0000-0002-0742-7205

Özet

Bu çalışma 24-epibrassinolidin (EBR) 4 farklı (0, 1, 5 ve 10 µM) konsantrasyonda 3 farklı yöntemle (daldırma, sulama ve püskürtme) ile kök-uru nematodu (*Meloidogyne incognita*) ile bulaşık olan veya olmayan ortamda sıcaklık ve ışık kontrollü şekilde yetiştirilen domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) çeşidi Heinz 2274 fidelerinde deneme boyunca (56 gün) taşınabilen bir klorofilmetre (Dualex, Metos®, Avusturya) cihazı ile ölçülen nitrojen balans indeks (NBI) değerlerinde görülen değişimler üzerinden stres tepkisinin incelenmesi amacıyla yapılmıştır. En yaşlı yaprakta yapılan ölçümler 1. günden itibaren 2 hafta arayla tekrarlanmıştır. Veriler tekrarlanan ölçümlü varyans analizine tabi tutulmuş ve profil grafileri oluşturulmuştur. NBI değerlerinin zaman içinde gösterdiği değişimlerin yönteme ve 24-epibrassinolidin konsantrasyonuna bağlı olduğu tespit edilmiştir. Başlangıçtan 28. güne kadar genel bir artış eğilimi gösteren NBI değerlerinin daha sonra düşüşe geçtiği belirlenmiştir. NBI değerleri değişmesine rağmen 1 µM EBR uygulanan bitkilerin kök-uru nematoduna karşı bitkilerin nitrojen durumunu korumada diğer uygulamalara göre daha başarılı olduğu saptanmıştır. Çevreye duyarlı bir bileşik olarak kabul edilen brassinosteroidlerin düşük konsantrasyonlarda bitkiyi biyotik strese karşı daha toleranslı kılmada gösterdiği bu başarının bahçe koşullarında tekrarlanması yararlı olacaktır.

Anahtar Kelimeler: 24-epibrassinolid, brassinosteroid, *Meloidogyne* spp., klorofilmetre, Dualex, NBI

Giriş

Hassas stres yönetimi modern tarım için ekonomik ve çevresel yararları nedeniyle mutlak gerekli hale gelmiştir. Bunun yapılabilmesi için büyüme sezonu-içi bitki durumunun hızlı ve doğru şekilde tespit edilebilmesi gereklidir. Geleneksel laboratuvar analizlerinin yerine, bitkiden parça alınmaksızın izlemeye olanak veren optik sensörlerin kullanımı son yıllarda giderek artan bir ilgiye sahip olmuştur. Bu sensör teknolojilerinden bazıları dolaylı, hızlı ve gerçek zamanlı ölçümlerle bitkinin stres düzeyi hakkında bilgi veren indikatör bileşikler üzerinden uzun zaman alan ve bitkiden parça alınmasını gerektiren ıslak kimyanın yerini almaya başlamıştır (Tremblay vd., 2012; Samborski vd., 2009). Aynı zamanda, hem tek bir yaprağın veya tüm tacın ölçümleri sırasında hem de bir sezonda aynı örnek (yaprak veya meyve) üzerinden geniş bir veri sağlanabilir (Agati vd., 2013). Bu tür sensörler bitki stres tepkileri ile yaprak ve meyve içindeki doku bileşiklerinin tahmini konusunda doğru ve gerçek bilgileri sağlamıştır (Hoffman vd., 2015; Agati vd., 2013; Tremblay vd., 2012).

Klorofil fotosentezin en önemli pigmentlerinden birisidir ve yaprak nitrojen (N) durumuyla yakından ilintilidir (Wood vd., 1992). Taç veya hava uzaktan sensörleri gibi çeşitli cihazlar bitki N durumu değerlendirilmesi için kullanılmakla beraber, SPAD (Konica Minolta Inc, Japonya) ve Dualex® (Metos®, Avusturya) gibi klorofil ölçerler en sık kullanılan cihazlardır.

Fitoparazitik nematodlar (FPN) dünyada geniş çaplı ürün kayıplarının önemli sorumlularından biridir (Koennig vd., 1994). FPN kök hücrelerini parçalayarak doğrudan veya virüsleri çoğaltarak veya yara noktasından fungus ve bakteri girişini kolaylaştırarak dolaylı yoldan zarar vermektedir. *Meloidogyne* endoparazitik nematodları köklerde yaşam döngülerini tamamlarlar ve köklerde yarattıkları transformasyonlarla bitkinin iletim dokularını enfekte ederek urların oluşumuna neden olurlar. Ve verimi azaltıp meyvede kalite eksikliğine yol açarlar (Kashaija vd., 2004; Djian-Caporalino 2012). Örneğin, yaprak klorofilinin taşınabilir bir cihazla ölçülmesi nematodla bulaşık köklerin besin maddesi yakalama kapasitelerinde bir azalmanın yansıması olarak düşünülebilir. Tek yaprak düzeyinde Dualex gibi sensörler farklı pigment miktarlarını (klorofil, flavonol, antosiyanin) kullanarak nitrojen balans indeksini (NBI) belirlemektedir. Tüm bu indeksler pigment üretimindeki değişim ve dolayısıyla zararlının saldırısına bir tepki olarak genel bir bilgi sağlayabilir.

Günümüzde zararlı yönetim stratejileri sentetik nematisitlerin FPN kontrolünde kullanımını kapsamaktadır (Haydock vd., 2013; Compant vd., 2010). Ancak, nematisitlerin hem çevre hem de flora ve fauna üzerindeki olumsuz etkileri düşünüldüğünde, kullanımlarına sınırlama getirilmiştir (Collange vd., 2011). Diğer stratejiler arasında dayanıklı çeşit kullanımı ve ekim nöbeti

uygulamaları bulunsa da kendi sınırlamalarına sahiptir (Afifah vd., 2019). Bu nedenle, mevcut senaryo FPN kontrolünde alternatif ve çevreye dost bir uygulama arayışını zorunlu hale getirmektedir.

Brassinosteroidler strese karşı koruma tepkilerinin tetiklenmesinde görev alan ve özellikle abiyotik stres faktörlerine karşı kullanılan bileşiklerdir (Jan vd., 2018; Saeed vd., 2023). Bu çalışmalar dayanımın veya toleransın klorofilin ve dolayısıyla fotosentez etkinliğinin artması ve antioksidan sistemin uyarılmasıyla ilişkili olduğu ortaya koymuştur (Fariduddin vd., 2013; Yang vd., 2019; da Fonseca vd., 2020). Buna karışık, Brassinosteroidlerin biyotik stres ajanlarına karşı etkinliklerini araştıran araştırmalar daha sınırlıdır. Bu tür çalışmalarda arpa (Ali vd., 2013), pamuk (Bibi vd., 2017), hıyar (Ding vd., 2009) bitkilerinde fungusa ve domateste (Jasrotia ve Puja, 2014; 2017; Kaur vd., 2013; 2014; Song vd., 2017; Gözel, 2021; Gözel ve Gökbayrak, 2022) nematodlara karşı koruyucu etkileri tespit edilmiştir. Virüslere karşı dayanımın arpada brassinosteroid uygulamasıyla geliştirildiği de rapor edilmiştir (Ali vd., 2014).

1979'da Groove vd. tarafından bitki sistemlerindeki keşiflerinden sonra yapılan araştırmalar sonucunda bir büyümeyi düzenleyici özelliği olduğu kabul edilen brassinosteroidler, biyotik stres koşullarına maruz kalan bitkilerde dayanımının arttırılması konusunda, uygulanan konsantrasyona, bitki büyüme evresine ve genotipe bağlı olmak üzere, fayda sağlamıştır. Nakashita vd. (2003) yabani tütün ve çeltik bitkisini brassinolid ile muamele etmiş ve tütün mozaik virüsü, *Pseudomonas syringae* pv. *tabaci* ve *Oidium* spp. hastalık etmenlerine karşı arttırılmış dayanım sağlandığını bildirmiştir. Brassinolid uygulamasının asidik veya bazik patojen-ilişkili gen ifadesini indüklememesi, bitkilerde görülen dayanımın sistemik kazandırılmış dayanım (SAR) ve yara-teşvikli hastalık dayanımından çok farklı olduğunu ortaya koymuştur. Analizler tütündeki dayanımın bir kısmının steroid hormon-aracılı hastalık dayanımı şeklinde olduğunu göstermiştir. Aynı çalışma kapsamında çeltikte yaptıkları çalışmada brassinolid teşvikli dayanımın *Magnaporta grisea* ve *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* etmenlerine karşı çalıştığını da gösterilmiştir. Ding vd. (2009) hıyar köklerinde *Fusarium* solgunluğunun azaltılması ve antioksidan ve fenolik metabolizması üzerine etkilerini tespit etmek amacıyla yapraktan ve kökten uyguladıkları 24-epibrassinolidin hastalık şiddetini önemli derecede azalttığını ve bitki büyümesini teşvik ettiğini belirlemiştir. *Meloidogyne incognita*'ya karşı uygulanan brassinosteroidlerin zararlıya dayanımın sağlanması konusunda yapılan araştırmalar son birkaç yılın konusudur. Yapılan bu çalışmalarda (Kaur vd., 2014; Shivam ve Puja, 2014; Song vd., 2017) araştırıcılar domates bitkilerinin bitki boyunda ve biyokütlesinde artış olduğunu, antioksidatif

enzimlerin aktivitesinde artış gözlemlendiğini ve duyarlılıklarının azaldığını ifade etmiştir.

Bu çalışmada kök-uru nematodu ile enfekteli domates bitkilerine 3 farklı yöntemle verilen brassinosteroid konsantrasyonlarının Dualex® sensörüyle belirlenen NBI değerinde görülen değişimin zamana göre değerlendirilmesi amaçlanmıştır.

2.Materyal ve Yöntem

Bitki materyali ve nematod inokulumu

Domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) cv. Heinz 2274 çeşidine ait 3-4 yapraklı fideler ticari bir işletmeden satın alınmıştır. Hıyar bitkinin köklerinde tek bir yumurtadan elde edilen *Meloidogyne incognita*'nın ikinci dönem enfektif larvaları (J2) bitki başına 1000 adet olacak şekilde ayarlanmıştır.

Şaşırtma ortamı olarak otoklavda (ALP GL-40 LDP) 121ºC de 90 dakika steril hale getirilmiş %80 kum, %20 topraktan oluşan toprak-kum karışımı 1.4 lt hacmindeki saksılara doldurulmuştur.

24-epibrassinolid uygulaması ve nematod inokülasyonu

Denemede 0, 1, 5 ve 10 µM 24-epibrassinolid (EBL, E-1641, Sigma Aldrich) konsantrasyonları kullanılmıştır.

Daha önce viyollerde yetiştirilmiş üç haftalık duyarlı domates fidelerinin şaşırtılmış olduğu saksılara 1 hafta sonra *M. incognita*'nın J2 larvaları bitki kök boğazından 3-4 cm mesafede, 4-5 cm derinlik ve 1 cm çapında açılan oyuklara aşılanmıştır. Her bir oyuğa her bir saksı için 1000 J2 olacak şekilde 20 ml sulama suyunda homojen bir şekilde verilmiştir. Oyuklar aşılamadan sonra dikkatli bir şekilde kapatılmıştır.

24-epibrassinolidin hazırlanan çözeltileri daldırma, sulama ve yaprağa püskürtme şeklinde fidelere uygulanmıştır. Daldırma uygulaması fideler saksıya şaşırtılmadan önce gerçekleştirilmiştir. Fidelerin kökleri EBR ve saf sulu kontrol uygulamaları için 10 dakika bekletilmiştir. Sulama ve püskürtme uygulamaları ise nematod aşılanmasından 1 gün sonra yapılmış ve 1 hafta arayla 2 kez daha tekrarlanmıştır. Bu amaçla; her bir saksıya önce 10 ml, daha sonra 20 ve 40 ml sabit miktarda EBR çözeltileri ve saf su verilmiştir.

Tablo 1 H2274 domates çeşidinin 3-4 haftalık fidelerine uygulanan deneme düzeni

	EBR konsantrasyonu (µM)	Nematod inokülasyonu	Uygulama tekrarı (kez)
Daldırma	0 (saf su)	-	1
	0 (saf su+MI)	+	1
	1	+/-	1
	5	+/-	1
	10	+/-	1
Sulama	0 (saf su)	-	3
	0 (saf su+MI)	+	3
	1	+/-	3
	5	+/-	3
	10	+/-	3
Püskürtme	0 (saf su)	-	3
	0 (saf su+MI)	+	3
	1	+/-	3
	5	+/-	3
	10	+/-	3

Büyüme koşulları

Saksılar 26±1°C ve 18/6 saat fotoperiyod düzenine sahip iklim odasında, inokülasyondan sonra 56 gün boyunca tutulmuştur. Bitkinin ihtiyacı olan su, sabit miktarda (50 ml) ve gerektikçe karşılanmıştır.

Veri analizi

Uygulamalar süresince domates bitkilerinin *M. incognita'* ya karşı tepkilerinin belirlenebilmesi için bitkilerde klorofil/flavonol oranı olarak hesaplanan bitki nitrojen balans indeksi (NBI; 0-999 aralığında) polifenol ve klorofilmetre (Dualeks®, Metos®, Avusturya) taşınabilir cihazı kullanılarak ölçülmüştür. Bitkilere EBR uygulamaları öncesi en yaşlı yaprakta, yüzeydeki tüyler temizlendikten sonra, yaprağın alt ve üst kısmından en az 3 farklı noktada orta damara temas etmeyen bir alandan (5 mm çaplı) ölçümler otomatik olarak yapılmış (1. Gün) ve takip eden 14, 28, 42 ve 56. günde (denemenin sonu) bu ölçümler tekrarlanmıştır. Elde edilen değer iki yaprak yüzeyinden (alt ve üst) yapılan okumanın ortalamasıdır.

Deneme tamamen tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 saksı-tekrarlı ve her saksıda 1 bitki olacak şekilde kurulmuştur. Veriler SPSS (IBM) istatistik programında (versiyon 26) tekrarlanan ölçümlü varyans analizine tabi tutulmuş ve sonuçlar profil grafikleri şeklinde verilmiştir. Gruplar arasındaki önemli

farklılık Duncan çoklu karşılaştırma testinde %95 güvenilirlik oranıyla yapılmıştır.

3. Araştırma bulguları

Elde edilen verilere ilişkin tanımlayıcı istatistik bilgisi Tablo 2'de verilmiştir. Varyans analizi sonuçlarına göre NBI üzerine gün x uygulama x yöntem etkileşimleri önemli derecede etkili bulunmuştur.

Tablo 2 Üç farklı yöntemle verilen 24-epibrassinolid uygulamalarının domates bitkisinde NBI değeri üzerine olan etkisinin zamana göre değişimine ait tanımlayıcı istatistikler (ort± SS)

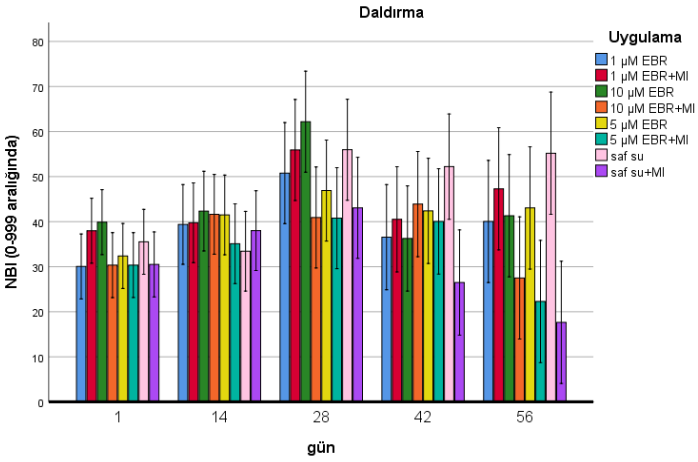
Yöntem	Uygulama	Gün 1	Gün 14	Gün 28	Gün 42	Gün 56
Daldırma	1 µM EBR*	30.07±3.09	39.38±6.36	50.78±2.97	36.55±7.48	40.04±21.65
	1 µM EBR+MI	37.99±5.82	39.76±14.38	55.92±10.47	40.52±10.84	47.29±8.94
	10 µM EBR	39.89±4.55	42.35±10.01	62.19±2.99	36.26±5.70	41.32±10.71
	10 µM EBR+MI	30.35±3.13	41.63±9.91	40.92±15.56	43.90±8.35	27.51±11.31
	5 µM EBR	32.39±4.27	41.49±8.57	46.90±7.68	42.39±12.68	43.05±13.53
	5 µM EBR+MI	30.36±7.04	35.09±7.33	40.78±4.43	40.06±12.52	22.28±8.50
	Saf su	35.52±3.53	33.44±2.40	55.96±4.84	52.21±4.73	55.19±3.81
	Saf su+MI	30.51±3.95	38.02±2.79	43.06±3.72	26.49±4.98	17.66±4.06
	Ortalama	33.39±5.35	38.90±7.77	49.56±10.00	39.80±10.25	36.79±15.74
Sulama	1 µM EBR	30.04±2.48	39.52±2.79	55.06±11.41	31.99±11.49	36.21±3.17
	1 µM EBR+MI	33.77±3.23	41.10±8.86	51.99±10.03	41.52±9.88	40.35±10.84
	10 µM EBR	33.40±6.94	43.55±5.37	50.05±9.16	41.97±12.35	39.61±9.11

	10 µM EBR+MI	32.01±5.76	44.62±1.84	55.75±22.27	38.19±16.76	24.92±14.08
	5 µM EBR	38.00±3.41	38.70±3.77	45.30±8.79	40.86±14.98	37.91±2.24
	5 µM EBR+MI	39.47±3.09	41.08±11.66	53.44±8.31	39.76±7.15	19.95±8.59
	Saf su	31.92±12.30	37.19±10.00	38.66±6.62	35.72±9.39	35.01±11.01
	Saf su+MI	32.28±2.53	38.33±2.31	46.47±8.18	18.24±3.81	22.61±6.73
	Ortalama	33.86±5.80	40.51±6.21	49.59±11.12	36.03±12.16	32.07±10.89
Püskürtme	1 µM EBR	41.16±3.93	44.72±4.62	51.07±5.83	42.37±3.27	19.06±2.65
	1 µM EBR+MI	48.27±14.40	48.37±5.20	46.86±5.96	42.16±10.59	28.11±3.01
	10 µM EBR	36.50±5.12	43.09±13.81	41.49±13.89	44.25±13.28	20.80±11.27
	10 µM EBR+MI	35.78±1.09	46.50±3.91	46.73±10.90	30.27±6.08	43.03±16.93
	5 µM EBR	35.29±4.61	47.79±8.33	50.55±11.17	42.48±2.86	42.58±14.63
	5 µM EBR+MI	29.94±1.70	39.14±8.14	41.26±7.39	33.52±3.15	25.02±12.04
	Saf su	31.33±4.05	40.10±3.16	49.76±10.53	33.40±17.93	39.52±19.91
	Saf su+MI	43.69±13.72	47.22±5.88	49.73±3.65	43.48±8.42	33.00±18.94
	Ortalama	37.74±8.78	44.62±7.01	47.18±8.58	38.99±9.67	31.39±14.78

* kısaltmalar: EBR, 24-epibrassinolid; MI, *Meloidogyne incognita*

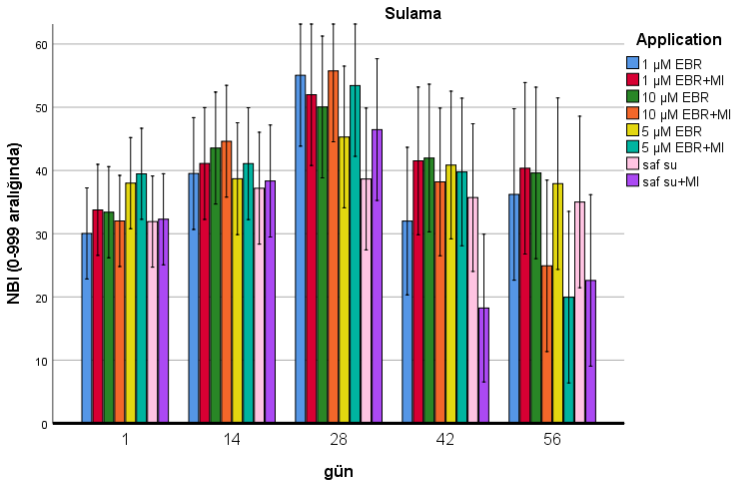
Daldırma yöntemiyle verilen EBR'nin NBI üzerine etkisini gösteren profil grafiği (Şekil 1) incelendiğinde, nematod bulunan ortamdaki bitkilerin NBI değerlerinin ilk haftalarda nematod bulunmayan ortamdaki bitkilere göre biraz daha yüksek olduğu, ancak bu durumun 28. günde orta ve yüksek konsantrasyonlu EBR verilen bitkilerde korunmasına rağmen 1 µM EBR verilen

bitkilerde tersine geliştiği tespit edilmiştir. Fakat, ilerleyen haftalarda EBR uygulamasının nematodla enfekteli bitkilerde NBI değerini, azalmaya rağmen koruduğu ve bunun da en fazla 1 µM EBR ile sağlandığı görülmüştür.



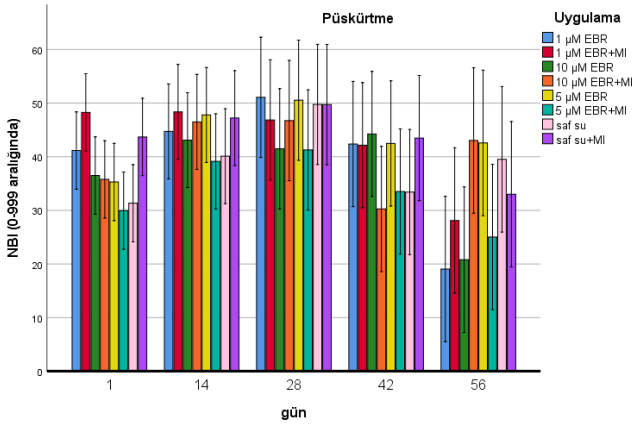
Şekil 1. Daldırma yöntemiyle verilen EBR'nin *Meloidogyne incognita* ile enfekteli olan veya olmayan H2274 domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) çeşidi bitkilerinin nitrojen balans indeksi (NBI) üzerine etkilerinin zamana bağlı değişimi. Kısaltmalar: EBR, 24-epibrassinolid; MI, *Meloidogyne incognita*.

Sulama yöntemiyle verilen EBR'nin etkilerine bakıldığında (Şekil 2), düşük ve yüksek konsantrasyon verilen bitkilerde 14. günde görülen artışın, orta düzeyden (5 µM EBR) daha belirgin olduğu, ancak 28. günde bütün uygulamalarda artışın sürdüğü tespit edilmiştir. Nematod ile enfekteli bitkilerin EBR'ye gösterdikleri destek 5 ve 10 µM uygulamasında daha belirgin olmuştur. Ancak 1 µM EBR nematod varlığında 28. Günde gösterdiği gerilemeyi ilerleyen haftalarda telafi etmiş ve hatta diğer uygulamalara göre daha yüksek NBI değeri sağlamıştır. İlginç şekilde, orta ve yüksek EBR konsantrasyonları nematod bulunan ortamlarda başlangıç seviyesinden de daha düşük NBI değeri vermiştir.



Şekil 2. Sulama yöntemiyle verilen 24-epibrassinolidin *Meloidogyne incognita* ile enfekteli olan veya olmayan H2274 domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) çeşidi bitkilerinin nitrojen balans indeksi (NBI) üzerine etkilerinin zamana bağlı değişimi. Kısaltmalar: EBR, 24-epibrassinolid; MI, *Meloidogyne incognita*.

Püskürtme yöntemi ile EBR'nin uygulanan bitkilerin ilk haftadan itibaren konsantrasyona ve nematod varlığına gösterdikleri NBI tepkisi farklı olmuştur (Şekil 3). Denemenin başından 28. güne kadar tüm uygulamalarda görülen artışın en fazla, sırasıyla, 10 ve 5 µM EBR ile sağlandığı tespit edilmiştir. 1 µM EBR uygulamasında ise nematod bulunmayan saksılarda görülen artış miktarının nematod bulunan saksılara benzer kaldığı görülmüştür. Daha ileri dönemlerde NBI değeri stresli ortamda bulunmayan bitkilerde, strese maruz kalanlara oranla daha hızlı kayba uğradığı, yani EBR uygulamasının bitkinin nitrojen durumunun korunmasına yardımcı olduğu anlaşılmıştır.



Şekil 3. Püskürtme yöntemiyle verilen 24-epibrassinolidin *Meloidogyne incognita* ile enfekteli olan veya olmayan H2274 domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) çeşidi bitkilerinin nitrojen balans indeksi (NBI) üzerine etkilerinin zamana bağlı değişimi. Kısaltmalar: EBR, 24-epibrassinolid; MI, *Meloidogyne incognita*.

4. Tartışma

Biyotik stres oluştuktan sonra meydana gelen olumsuz sonuçlar sentetik elisitörlerin kullanılmasıyla hafifletilebilir (Llorens vd., 2017). Bu tip elisitörler arasında yer alan brassinosteroidlerin abiyotik faktörlere karşı gösterdiği antioksidan savunma mekanizmasını teşvik ettiği çalışmalarla ortaya konulmuştur. Kök-uru nematodları bitkilerin köklerinde ur geliştirmeleri için bitkileri uyararak kök yapısına zarar verirler ve su ve besin maddesi alımını engellerler. Bitkide üretilen özümleme maddelerinin çoğunluğu nematodun büyüme ve gelişmesini desteklemek için sürgünlerden köklere yönlendirilir (Maleita vd., 2012). Dolayısıyla bitkide büyüme ve gelişme etkilenir.

Loveys ve Bird (1973) tarafından nematod ile enfekte olmuş bitkilerin fotosentezinin ve klorofil kapsamının azaldığı tespit edildiğinden bu yana yapılan çalışmalarda (Melakeberhan vd., 1985; Gine vd., 2014; López-Gómez ve Verdejo-Lucas, 2017) benzer sonuçlar elde edilmiştir. NBI indeksinin klorofilin flavonollere oranlanmasıyla elde edilen bir değer olması, bitkilerin klorofil durumuna doğrudan bağımlı olduğunu gösterir. Bizim çalışmamızda da zamanla görülen düşüş, klorofilin azaldığını ve/veya flavonollerin arttığını işaret etmektedir. Ancak, 24-epibrassinolidin NBI değerinin korunmasına katkıda bulunduğu yani zararlının olumsuz etkilerini hafiflettiği de gözlenmiştir. Klorofil düzeylerinin artması (Tadaiesky vd., 2020) veya degradasyonun azalması (dos

Santos vd., 2021) abiyotik stres altında brassinostroid uygulamasıyla sağlanmıştır.

24-epibrassinolidin verilme şeklinin de etkili olduğu anlaşılmıştır. Benzer sonuçlar püskürtme şeklinde brassinolidin verildiği çeltik bitkisinde de gözlenmiş (Nahar vd., 2013) ve düşük konsantrasyonun (0.1 μM) daha yüksek konsantrasyonlara göre *Meloidogyne graminicola* etkisinin hafifletilmesinde daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Araştırıcılar yüksek düzeylerin bitkinin brassinosteroid biyosentezi üzerine olumsuz etkide bulunduğunu ifade etmiştir. Elimizdeki çalışmanın sonuçları da en düşük konsantrasyon olan 1 μM EBR'nin bütün yöntemlerde NBI değerini daha uzun süre koruduğunu ortaya koymuştur. Cartelat vd. (2005) ve Padilla vd. (2014) tarafından da belirtildiği gibi bu çalışma da nitrojen balans indeksinin bitkinin N durumu hakkında güvenilir bir gösterge olabileceğini de göstermiştir.

Schlemmer vd. (2013) klorofil ve yaprağın N durumunun yakından ilişkili olduğunu belirtmiştir. Daldırma şeklinde yapılan uygulamanın kök aktivitesini arttırıp yaprakta fotosentezi yükseltecek klorofil konsantrasyonunu desteklemesi bunun sebebi olarak gösterilebilir. Nazir vd. (2023) brassinosteroidin antioksidan genler üzerindeki etkisinin kök bölgesinde etileni baskıladığını ve dolayısıyla kök gelişimini arttırdığını raporlamıştır.

Flavonoidler gibi enzimatik olmayan polifenoller bitkide stres etkisinin azaltılmasında rol oynayabilir. Spesifik etkilerinin tespiti bu çalışma kapsamında yapılmasa da flavonollerin yönteme tepki verdikleri görülmüştür. Polifenollerin yaprağın epidermal dokusunda klorofilin üzerinde birikmesi nedeniyle, püskürterek 24-epibrassinolidi uygulamanın flavonollerin sentezini uyarması mümkündür. Brunetti vd. (2013) bunun sebebinin yüzeyden içe geçmedeki kolaylık veya içerisinde flavonoidleri bulunduran kloroplastların (Triantaphylides vd., 2008) yapısal bütünlüğünün korunması olabileceğini belirtmiştir. Bakır stresine maruz kalan domatesin kloroplast yapısının korunmasında 24- epibrassinolidin etkili olduğu bildirilmiştir (Nazir vd., 2021)

5. Sonuç

Gözle görülen etkilerinin besin maddesi eksikliğiyle sıkça karıştırıldığı nematodların bitki üzerindeki zararını telafi eden veya ortada kaldıran kimyasal madde uygulamalarının çevre ve insan sağlığı üzerinde yarattığı olumsuz etkiler, araştırıcıları ve yetiştiricileri daha güvenli uygulama arayışına yönlendirmiştir. Çevreye duyarlı büyümeyi düzenleyiciler grubundan brassinosteroidler bu anlamda ele alınmayı hak eden bileşiklerdir. Toprak üstü aksamında laboratuvar gerektirmeden stres tepkilerinin incelenebilmesi için geliştirilen hassas taşınabilir cihazlar bitkide büyüme sezonu içinde gelişebilen olumsuzlukları takip etmede

kolaylık sağlamaktadır. Bu tip cihazlardan biri olan Dualex® klorofilmetre cihazı ile yürütülen bu çalışma kapsamında 24-epibrassinolidin kök-uru nematodu ile bulaşık domates bitkilerinde kontrollü koşullarda bitki nitrojen durumunu klorofil ve flavonoller üzerinden gösteren nitrojen balans indeksi (NBI) nematodun yaşam döngüsüne uyumlu bir şekilde stresin gelişimini tespit etmede başarılı olduğu görülmüştür. Bitkiye brassinosteroidin verilme şeklinin (daldırma, sulama veya püskürtme) NBI değerlerini uygulama konsantrasyonuna göre değiştirdiği, 24-epibrassinolidin nematod bulunan ortamdaki bitkilerin stresle başa çıkmasına yardımcı olduğu saptanmıştır.

Teşekkür

Bu çalışma TÜBİTAK tarafından 119O660 numaralı proje kapsamında elde edilen verilerden oluşturulmuştur.

KAYNAKÇA

Afifah, E.N., Murti, R.H., and Nuringtyas, T.R., (2019). Metabolomics approach for the analysis of resistance of four tomato genotypes (*Solanum lycopersicum* L.) to root-knot nematodes (*Meloidogyne incognita*). Open Life Sciences, 14, 141–149.

Agati, G., D'Onofrio, C., Ducci, E., Cuzzola, A., Remorini, D., Tuccio, L., Lazzini, F., and Mattii, G., (2013). Potential of a multiparametric optical sensor for determining in situ the maturity components of red and white *Vitis vinifera* wine grapes. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 61, 12211–12218.

Ali, S.S., Kumar, G.S., Khan, M., and Doohan, F.M., (2013). Brassinosteroid enhances resistance to *fusarium* diseases of barley. Phytopathology, 103: 1260-1267. http://dx.doi.org/10.1094 / PHYTO-05-13-0111-R

Ali, S.S., Gunupuru, L.R., Kumar, G., Khan, S.M., Scofield, S., Nicholson, P., and Doohan, F.M., (2014). Plant disease resistance is augmented in uzu barley lines modified in the brassinosteroid receptor BRI1. BMC Plant Biology 14: 227. https://doi.org/10.1186/s12870-014-0227-1

Bibi, N., Ahmed, I.M., Fan, K., Dawood, M., Li, F., Yuan, S., and Wang, X., (2017). Role of brassinosteroids in alleviating toxin-induce stress of *Verticillium dahlia* on cotton callus growth. Environmental Science and Pollution Research, 24: 12281-12292. DOI: 10.1007/s11356-017- 8738-6

Brunetti, C., Di Ferdinando, M., Fini, A., Pollastri, S., and Tattini, M., (2013). Flavonoids as antioxidants and developmental regulators: relative significance in plants and humans. International Journal of Molecular Sciences, 14, 3540-3555. https://doi.org/10.3390/ijms14023540.

Cartelat, A., Cerovic, Z.G., Goulas, Y.S., Meyer, C., Lelarge, J.L., Prioul, A., Barbottin, M., Jeuffroy, H., Gate, P., Agati, G., and Moya, I., (2005). Optically assessed contents of leaf polyphenolics and chlorophyll as indicators of nitrogen deficiency in wheat (*Triticum aestivum* L.). Field Crops Research, 91(1): 35-49. DOI: 10.1016/j.fcr.2004.05.002

Collange, B., Navarrete, M., Peyre, G., Mateille, T., and Tchamitchian, M., (2011). Root-knot nematode (*Meloidogyne*) management in vegetable crop production: The challenge of an agronomic system analysis. Crop Protection, *30*, 1251–1262.

Compant, S.; Clément, C.; Sessitsch, A. 2010. Plant growth-promoting bacteria in the rhizo- and endosphere of plants: Their role, colonization, mechanisms involved and prospects for utilization. Soil Biology and Biochemistry*,* 42, 669–678.

Ding, J., Shi, K., and Zhou, Y.H., (2009). Effects of root and foliar applications of 24-epibrassinolide on *fusarium* wilt and antioxidant metabolism in cucumber roots. HortScience, 44(5): 1340-1345. https://doi.org/10.21273/HORTSCI.44.5.1340

Djian-Caporalino, C., (2012). Root knot nematodes (*Meloidogyne* spp.), a growing problem in French vegetable crops. EPPO Bulletin. 42, 127–137.

Fariduddin, Q., Khalil, R.R., Mir, B.A., Yusuf, M., and Ahmad, A., (2013). 24-Epibrassinolide regulates photosynthesis, antioxidant enzyme activities and proline content of *Cucumis sativus* under salt and/or copper stress. Environmental Monitoring and Assessment, 185: 7845-7856. dx.doi.org/10.1021/jf1048904

Da Fonseca, S., Silva, B.R., and Lobato, A.K., (2020). 24-epibrassinolide positively modulate leaf structures, antioxidant system and photosynthetic machinery in rice under simulated acid rain. Journal of Plant Growth Regulation, 4: 1559-1576. https://doi.org/10.1007/s00344-020-10167-4

Gine, A., López-Gómez, M., Vela, M.D., Ornat, C., Talavera, M., Verdejo-Lucas, S., and Sorribas, F.J., (2014). Thermal requirements and population dynamics of rootknot nematodes on cucumber and yield losses under protected cultivation. Plant Pathology, 63: 1446-1453. https://doi.org/10.1111/ppa.12217

Grove, M.D., Spencer, G.F., Rohwedder, W.K., Mandava, N., Worley, J.F., Jr., J.D.W., Steffens, G.L., Flippen-Anderson, J.L., and Carter Cook, J., (1979). Brassinolide, a plant growth-promoting steroid isolated from *Brassica napus* pollen. Nature, 281: 216–217.

Haydock, P.P.J., Woods, S.R., Grove, I.G., and Hare, M.C., (2013). Chemical control of nematodes. In *Plant Nematology*; CABI: Wallingford, UK, pp. 459–479.

Hoffmann, A.M., Noga, G., and Hunsche, M., (2015). Fluorescence indices for monitoring the ripening of tomatoes in pre- and postharvest phases. Scientia Horticulturae, 191, 74– 81.

Gözel, Ç., (2021). Effects of 24-epibrassinolide on root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919)

Chitwood, 1949 (Tylenchida: Meloidogynidae) in tomatoes. Turkish Journal of Entomology, 45(1): 13-22.

http://dx.doi.org/10.16970/entoted.808416

Gözel, Ç., and Gökbayrak, Z., (2022). Influence of 24-epibrassinolide on physiological characteristics of tomato seedlings

infested with root-knot nematode *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 (Tylenchida: Meloidogynidae). Journal of Agricultural

Sciences (Tarim Bilimleri Dergisi), 28(4):650-655. DOI: 10.15832/ankutbd.955398

Jan, S., Alyemeni, M.N., Wijaya, L., Alam, P., Siddique, K.H., and Ahmad, P., (2018). Interactive effect of 24-epibrassinolide and silicon alleviates cadmium stress via the modulation of antioxidant defense and glyoxalase systems and macronutrient content in *Pisum sativum* L. seedlings. BMC Plant Biology, 18(1): 146. https://doi.org/10.1186/s12870-018-1359-5

Jasrotia, S., and Puja, O., (2014). *In vitro* effect of 24-epibrassinolide on antioxidative enzymes of tomato plants during

Meloidogyne incognita infection. Journal of Environmental Research and Development, 9(1): 188-191

Jasrotia, S., and Puja, O., (2017). 24-epibrassinolide reduces stress in nematode-infected tomato (*Solanum lycopersicum* L.) plants cultured *in vitro*. In Vitro Cellular & Developmental Biology-Plant, 53(6): 538-545. https://doi.org/10.1007/s11627017-9859-9

Kaur, R., Puja, O., and Bhardwaj, R., (2013). Effect of 28-homobrassinolide on susceptible and resistant cultivars of tomato after nematode inoculation. Plant Growth and Regulation, 71(3): 199-205. https://doi.org/10.1007/s10725-013-9820-9

Kaur, R., Puja, O., and Bhardwaj, R., (2014). Effect of 28-homobrassinolide on non-enzymatic antioxidants of tomato plant under nematode stress. Journal of Environmental Research and Development, 9(2): 362-367.

Kashaija, I., Kizito, F., McIntyre, B., and Sali, H., (2004). Spatial distribution of roots, nematode populations and root necrosis in highland banana in Uganda. Nematology, 6, 7–12.

Koenning, S.R., Overstreet, C., Noling, J.W., Donald, P.A., Becker, J.O., and Fortnum, B.A., (1999). Survey of crop losses in response to phytoparasitic nematodes in the United States for 1994. Journal of Nematology, 31, 587.

Llorens, E., García-Agustín, P., and Lapena, L., (2017). Advances in induced resistance by natural compounds: Towards new options for woody crop protection. Scientia Agricola, 74(1): 90-100. https://doi.org/10.1590/1678-992X-2016-0012

López-Gómez M & Verdejo-Lucas S (2017). Penetration and post-infection development of root-knot nematodes in watermelon. Spanish Journal of Agricultural Research, 15(4): e1010. https://doi.org/10.5424/sjar/2017154-11189

Loveys, R.R., and Bird, A.F., (1973). The influence of nematodes on photosynthesis in tomato plants. Physiological Plant Pathology, 3: 525-529. https://doi.org/10.1016/0048-4059(73)90063-5

Maleita, C.M.N., Curtis, R.H.C., Powers, S.J., and Abrantes, I.M., (2012). Inoculum levels of *Meloidogyne hispanica* and *M. javanica* affect nematode reproduction, and growth of tomato genotypes. Phytopathologia Mediterranea, 51 (3): 566-576.

Melakeberhan, H., Webster J.M., and Brooke, R.C., (1985). Response of *Phaseolus vulgaris* to a single generation of *Meloidogyne incognita.* Nematologica, 31: 191-202.

Nahar, K., Kyndt, T., Hause, B., Höfte, M., and Gheysen, G., (2013). Brassinosteroids suppress rice defense against root-knot nematodes through antagonism with the jasmonate pathway. Molecular Plant-Microbe Interactions, 26: 106-115. https://doi.org/10.1094/MPMI-05-12-0108- FI

Nakashita, H., Yasuda, M., Nitta, T., Asami, T., Fujioka, S., Arai, Y., Sekimata, K., Takatsuto, S., Yamaguchi, I., and Yoshida, S. (2003), Brassinosteroid functions in a broad range of disease resistance in tobacco and rice. The Plant Journal, 33: 887-898. https://doi.org/10.1046/j.1365-313X.2003.01675.x

Nazir, F., Fariduddin, Q., Hussain, A., and Khan, T.A., (2021). Brassinosteroid and hydrogen peroxide improve photosynthetic machinery, stomatal movement, root morphology and cell viability and reduce Cu-triggered oxidative burst in tomato. Ecotoxicology and Environmental Safety, 207, 111081.

Nazir, F., Jahan, B., Kumari, S., Iqbal, N., Albaqami, M., Sofo, A., and Khan, M.I.Q., (2023). Brassinosteroid modulates ethylene synthesis and antioxidant metabolism to protect rice (*Oryza sativa*) against heat stress-induced inhibition of source–sink capacity and photosynthetic and growth attributes. Journal of Plant Physiology, 154096, https://doi.org/10.1016/j.jplph.2023.154096

Padilla, F.M., Souza, R., Peña-Fleitas, M.T., Grasso, R., Gallardo, M., and Thompson, R.B., (2014). Evaluation of optical sensor measurements of canopy reflectance and of leaf flavonols and chlorophyll contents to assess crop nitrogen status of muskmelon. European Journal of Agronomy, 58: 39-52. https://doi.org/10.1016/j.eja.2014.04.006

Saeed, T., Khan, T.A., Ahmad, A., Yusuf, M., Kappachery, S., Fariduddin, Q., Mudgal, G., Gururani, M.A., (2023) Exploring the Effects of Selenium and Brassinosteroids on Photosynthesis and Protein Expression Patterns in Tomato Plants under Low Temperatures. Plants, 12, 3351. https://doi.org/10.3390/plants12193351

Samborski, S.M., Tremblay, N., and Fallon, E., (2009). Strategies to make use of plant sensors based diagnostic information for nitrogen recommendations. Agronomy Journal, 101, 800–816.

dos Santos, L.A., Batista, B.L., and Lobato, A.K.D., (2023). 24-epibrasinolide delays chlorophyll degradation and stimulates the photosynthetic machinery in magnesium-stressed soybean plants. Journal of Plant Growth Regulation, 42, 183–198 (2023). https://doi.org/10.1007/s00344-021-10539-4

Schlemmer, M., Gitelson, A.A., Schepers, J., Ferguson, R.B., Peng, Y., Shanahan, J., and Rundquist, D., (2013). Remote estimation of nitrogen and chlorophyll contents in maize at leaf and canopy levels. International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation, 25: 47- 54. https://doi.org/10.1016/j.jag.2013.04.003

Shivam, J., & Puja, O., (2014). In vitro effect of 24-epibrassinolide on antioxidative enzymes of tomato plants during *Meloidogyne incognita* infection. Journal of Environmental Research and Development, 9(1), 188-191.

Song, L.X., Xu, X.C., Wang, F.N., Wang, Y., Xia, X.J., Shi, K., Zhou, Y.H., Zhou, J., and Yu, J.Q., (2017). Brassinosteroids act as a positive regulator for resistance against root knot nematode involving respiratory burst oxidase homolog-dependent activation of MAPKs in tomato. Plant, Cell & Environment, 41: 1113-1125. https://doi.org/10.1111/pce.12952

Tadaiesky, L.B.A., Silva, B.R.S., Batista, B.L., and Lobato, A.K. da S., (2020) Brassinosteroids trigger tolerance to iron toxicity in rice. Physiologia Plantarum, ppl.13230. https://doi.org/10.1111/ppl.13230

Tremblay, N., Wang, Z., and Cerovic, Z.G., (2012). Sensing crop nitrogen status with fluorescence indicators. A review. Agronomy for Sustainable Development, 32, 451–464.

Triantaphylidés, C., Krischk,e M., Hoeberichts, F.A., Ksas, B., Gresser, G., Havaux, M., Breusegem, F.V., and Mueller, M.J., (2008). Singlet oxygen is the major reactive oxygen species involved in photooxidative damage to plants. Plant Physiology, 148: 960-968. https://doi.org/10.1104/pp.108.125690.

Wood, C.W., Reeves, D.W., Duffield, R.R., and Edmisten, K.L., (1992). Field chlorophyll measurements for evaluation of corn nitrogen status. Journal of Plant Nutrition,15, 487–500.

Bölüm 29

Anamur, Bozyazı Muz Alanlarında Nematodların Yaygınlık Yoğunluklarının Belirlenmesi

Gamze DENİZ[1], Adem ÖZARSLANDAN[2]

[1]Yüksek Lisans Tezi,https://orcid.org/0000-0002-2486-0051
[2] Prof. Dr.; Mersin Üniversitesi, Silifke Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksekokulu Silifke Mersin Türkiye
https://orcid.org/0000-0001-7129-8543

Özet

Muz tropikal iklim meyvesidir ve bu nedenle ekosisteminde açık alanlarda yetiştirilir. Ancak Mısır, İsrail, İspanya, Avustralya, Fas ve Türkiye gibi subtropikal iklime sahip ülkelerde açıkta ve örtü altında yetiştiricilik ekonomik açıdan önemlidir. Hem tropikal hem de subtropikal ekolojik koşullar altında yetiştiricilik çeşitli sorunlar ortaya çıkarmaktadır. Tropik bölgelerde hastalık ve zararlılar yetiştiriciliği sınırlayan en önemli faktörler arasında yer alırken, subtropik bölgelerde düşük sıcaklıklar, don zararı, aşırı yaz sıcaklıkları, gündüz/gece sıcaklık farklılıkları ve özellikle abiyotik streslerin neden olduğu sorunlar ön plana çıkmaktadır. Diğer subtropikal ülkelerde olduğu gibi Japonya'da da düşük sıcaklıkların olumsuz etkilerini ortadan kaldırmak için son yıllarda seracılığa ağırlık verilmiş ve bu durum büyük ölçüde ekili alan ve üretim artışına yansımıştır. Bu çalışmada, Japonya'da muzun yaygın olarak yetiştirildiği Mersin ilinin Anamur ve Bozyazı ilçelerindeki muz bahçelerinden toplanan toprak örnekleri kullanılarak, toprak özellikleri ile verim ve kalite standartları arasındaki ilişkiye açıklık getirilmiş, verim ve kalitenin artırılmasına yönelik önerilerde bulunulmuştur. Muz, tropikal ve subtropikal bölgelerde yaygın olarak yetiştirilir, ülkemizin Akdeniz kıyılarında yetiştirilmektedir. Nematodlar, muzun en önemli zararlılarından biridir. Bu çalışma, Anamur ve Bozyazı ilçeleri muz bahçelerinde nematod türleri, dağılımları ve enfeksiyon oranlarının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Muz alanlarından alınan kök ve toprak örnekleri geliştirilmiş Baermann hunisi yöntemi ile analiz edilmiştir. Bu çalışmada Helicotylenchus spp. ve Meloidogyne spp. türler mevcuttu. Helicotylenchus spp.'nin hem enfekte alan yüzdesi hem de popülasyon yoğunluğu. Meloidogyne spp.'den daha yüksekti. Eylül ayında yapılan analizde toplam nematod varlığı (Helicotylenchus spp. + Meloidogyne spp.) Mayıs ayına göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir. Muz alanlarında nematod yoğunlukları sırasıyla *H. Multicinctus, > M. Javanica > Meloidogyne incognita* tespit edilmiştir. Nematodlara karşı tek bir mücadele metodu etkili olmadığı için entegre mücadele yapılmalıdır.

Anahtar Kelimeler: Anamur, Bozyazı, Muz, Nematodlar

1.Giriş

Türkiye'de yapılan muz yetiştiriciliğinde bodur Cavendish, GrandNain, Yerli Azman, Şimşek çeşitleri kullanılmıştır. Türkiye muz ticaretinde ithalatçı konumdadır. Son beş yılda ekim alanı ve verimlerdeki artış ile ithalat önemli ölçüde azalmıştır. Türkiye'nin muz ithalatının tamamına yakını Ekvator'dan sağlanmaktadır.

Muz yetiştirme alanlarının iç tüketim ihtiyaçlarını karşılayamaması, ekimden bir yıl sonra muz verimi ile üretim alanı artış göstermiştir. Üretim alanlarının artmasıyla birlikte çeşitli bitki koruma sorunları da ortaya çıkmaktadır. Tüm yetiştirme alanlarında olduğu gibi, muz yetiştirme alanlarında da bitki koruma sorunları nedeniyle önemli verim kayıpları yaşanmaktadır. Dünya çapında muzları etkileyen en yaygın ve ciddi bitki koruma sorunlarından biride nematodlar.

Nematodlar yaşama ortamı en geniş canlı gruplarıdır. Mikroskobik canlılardır ve küçük olanları gözle görmek mümkün değildir. Nematodlar genellikle nemli ortamları severler. Kendi hareketleri ile yılda 1 m yol alabilirler. Nematodların yayılması bulunduğu bölgedeki toprakların tarım aletleri ile taşınması ve bulaşık bitkilerle olmaktadır. Nematodların hareketlerinde nem ve sıcaklığın büyük etkisi vardır. En yoğun oldukları toprak derinliği 10-30 cm dir. Nematodların bitki üzerinde oluşturduğu zararlar, yapraklarda renk değişikliği, bitki boyunda kısalma, yaprakların seyrekleşmesi, bitkide solma ve yabancı ot yoğunluğunun artmasıdır. Kök üzerinde oluşturduğu zararlar, ur oluşumu, saçaklanma ve düzensiz kök dağılımı, siyah ya da kahverengi lezyon oluşması, oluşan enfeksiyon nedeniyle çürüme meydana gelmesidir.

Nematodlar, kök sistemine zarar vererek muz bitkisinin büyümesini ve verimini etkiler ve bazı nematod türlerinin (lezyon nematodları) popülasyon yoğunluklarındaki artışlar, çoğunlukla artan kök nekrozu, azalan kök biyokütlesi ve bitkilerin devrilmesi ile ilişkilendirilir. Bitki paraziti nematodlarla enfekte olan muzlar bu nedenle suyu ve besinleri daha az alabilir, bu da bodurluğa, olgunlaşma süresinin gecikmesine ve hevenk boyunun azalmasına neden olur. Nematod türlerinin karışımına ve çevresel faktörlere bağlı olarak, zarar, vejetatif dönemin hafif ve gizli bir şekilde uzamasından lezyon nematodlarının saldırısının en belirgin belirtisi olan muz bitkilerinin devrilmesine kadar değişebilir. Mekanistik bir yaklaşımdan, art arda üç nematod zararı seviyesi tanımlamak mümkündür (Quénéhervé, 1993a, 1993b):

1. Vejetatif gelişmenin uzaması: farklı fenolojik aralıklar (dikim ve çiçeklenme arasındaki gecikme ve çiçeklenmesi, hasattan hasata vb.), bitki boyutunda, hevenk ağırlığında, hasat edilen hevenk sayısında ve toplamında önemli bir azalma olur, hasta uzar.

2. Toplam hasatta azalma ile vejetatif gelişmenin uzaması: bu durumda, hasat edilebilir hevenk sayısındaki azalmaya göre iki alt seviye vardır (kalitesiz veya olgunlaşmamış gecikmiş meyveler nedeniyle ihraç edilemeyen hevenkler), ortalama bitki büyüklüğünde ve hevenk ağırlığında azalmaya ek olarak. Bu tür bir zarar genellikle Batı Afrika'daki ticari tarlalarda görülür.

3. Toplam hasatta ve plantasyonun uzun ömürlülüğünde azalma ile birlikte vejetatif gelişmenin uzaması: bu üçüncü seviye yukarıdaki ile aynıdır, ancak artık kökünden sökülen veya kökünden sökülmüş bitkilerin tahribi nedeniyle geri döndürülemez. büyüme çok şiddetli bir şekilde gecikir. nematodun patojenik türü ile istila edildiğinde ve herhangi bir nematod mücadelesinin yapılmadığında bu üçüncü hasar seviyesi neredeyse dünya çapında tatlı muzlarda gözlemlenir. Bununla birlikte, bazı bölgelerde şiddetli rüzgarlarda çok erken dönemde meyve veren köklerinden sökülen bitkiler nedeniyle geri dönüşü olmayan zararlar meydana gelebilir.

Muz alanlarında nematod zararından dolayı Haziran ayında yapraklarda yığma ve geç hevenk oluşumuna, sonbaharda ise hasad gecikmesine neden olmaktadırlar. Bu çalışmada, ülkemizde yaygın olarak muz tarımı yapılan Mersin ili Anamur ve Bozyazı ilçelerinde bulunan muz alanlarından alınan toprak ve kök örneklerinde nematod tür yaygınlık ve yoğunlukları belirlenmiştir. Mücadele yöntemlerini belirlenmesi amaçlanmıştır.

2.Materyal ve Metot

Muz alanlarında surveyler ana üretim alanları Anamur ve Bozyazı çevresi olup ekonomik olarak muz yetiştiriciliği yapılan yerleri oluşturmaktadır. Bu çalışma 2022 yılı Mayıs ve Eylül ayında Anamur ve Bozyazı ilçeleri muz alanlarında yapılmıştır. Seralarda Ülkemizde daha önce muz alanlarında tespit edilen kök ur nematodu *(Meloidogyne spp*.) ve spiral (*H. multicinctus*) nematodlar tespit edilmeye çalışılmıştır. Bitki paraziti nematodların örneklenmesinde sistematik örnek alma metodu (örnekleme alanın 0,0001) esas alınmıştır (Bora ve Karaca, 1970). Survey çalışmalarının yapıldığı her seradan örnekleme yapılırken beş ağaç seçildi ve her ağacın gövdesinden 30 cm uzaklıkta köklerin bulunduğu beş farklı noktasından 0-30 cm derinlikten toprak ve kök örnekleri alındı (Şekil 2.1). Alınan toprak ve kök örnekleri plastik poşetlere konularak etiketlenip, hızlı bir şekilde laboratuvara getirildi (Şekil 2.1). Muz alanlarında surveylerde alınan kök ve toprak örneklerinden bitki paraziti nematodların elde edilmesinde toprak ve bitki kökünden ayrı ayrı nematod izolasyonu yapılarak elde edilmiştir (Şekil 2.1).



Şekil 2.1. Muz Seralardan Örneklerin Alınması

Bitki paraziti nematodların 100 gr topraktan elde edilmesi amacıyla Geliştirilmiş Baermann Huni Yöntemi kullanıldı. Bitki paraziti nematodların bitki kökünden elde edilmesi amacıyla ise bitki kök örnekleri suda yıkanarak topraksız bir şekilde 0,5-2,5 cm uzunluğunda küçük parçalara kesilerek buradan inkübasyona bırakılarak Geliştirilmiş Baermann Huni (Barker, 1985; Southey, 1986) yöntemi kullanılarak elde edilmiştir. Bu yöntem surveylerde alınan kök ve toprak örneklerindeki hareketli ve ikinci larva dönemlerini Geliştirilmiş Baermann Huni yönteminden geliştirilmiş petri yöntemi kullanıldı. Bundan dolayı 12 cm çapında petrilere ayaklı plastik kaplarımız yerleştirildi. Eleklerin üzerine özel nematodları elde etmek amacıyla kullanılan fitre kağıdı yerleştirilerek her bir örnekleme alanından getirilen numuneler petriye konuldu (Şekil 2.2).

Nematodların cinsleri ve toplam nematod sayıları değerlendirilmesinde kök numuneleri aşağıdaki Chavez ve Araya (2010) tarafından önerilen skala değerine göre ve toprak numuneleri ise Rajendran ve ark. (1980)'dan modifiye edilerek oluşturulmuştur (Tablo 2.1).

Tablo 2.1. Toprak ve Kök Örneklerindeki Sayım Değerlerini Gösteren Skala

Skala değeri	100 g kökteki nematod sayısı	100 g topraktaki nematod sayısı
1	0	0
2	1-2500	1-200
3	2501-5000	201-500
4	5001-10000	501-1000
5	10001-20000	1001-2000
6	20001-50000	2001-5000
7	>50000	>5000

3. Bulgular ve Tartışma

Bu çalışma sonucunda Mayıs ve Eylül 2022 tarihinde alınan kök ve toprak numunelerinin tamamında spiral ve kök ur nematodu tespit edilmiştir. Muz alanlarında spiral nematodun kök ur nematodlarına göre daha fazla olduğu yani baskın tür olduğu tespit edilmiştir. Muz alanlarında nematod yoğunlukları sırasıyla *H. Multicinctus, > M. Javanica > Meloidogyne incognita* tespit edilmiştir. Nematodlara karşı tek bir mücadele metodu etkili olmadığı için entegre mücadele yapılmalıdır. Anamur muz alanlarından Mayıs ayında alınan 25 örnekten %76sında Kök ur nematodu, %100'ünde spiral nematodu tespit edilmiştir.. Gram kökte 0-400 kök ur nematodu, 100-3400 spiral nematod tespit edilmiştir. Toplam nematod olarak gram kökte 100-3520 arasında tespit edilmiştir. Mayıs ayında alınan örneklerin %92'sinde (23 adet) 1-2500 arasında, %8'inde (2 ade) ise 2501-5000 arasında nematod tespit edilmiştir. Toprak örneklerinin %72'sinde 18 örnekte Kök ur nematodu, 25 örneğin %100'ünde ise spiral nematodu tespit edilmiştir. Toprak örneklerinde 0-140 Kök ur nematodu, 40-1080 spiral nematodu tespit edilmiştir. Topraktaki toplam nematod sayısı 20-1140 arasında tespit edilmiştir. Mayıs ayında alınan toprak örneklerinden 13 adetinde 1-200, 9 örnekte 201-500, 2 örnekte 501-1000 ve 1 örnekte ise 1001-2000 arasında nematod tespit edilmiştir. Anamur muz alanlarından Eylül ayında alınan 25 örnekte %100'ünde Kök ur nematodu ve spiral nematodu tespit edilmiştir.. Gram kökte 20-320 kök ur nematodu, 800-10400 spiral nematod tespit edilmiştir.. Toplam nematod olarak gram kökte 840-10620 arasında tespit edilmiştir.. Eylül ayında alınan toplam örneklerin %48'inde (12 adet) 1-2500 arasında, %40'ında (10 adet) ise 2501-5000, 2 örnekte ise 5001-10000, 1 örnekte ise 10001-20000 arasında nematod tespit edilmiştir. Eylül ayında alınan toprak örneklerinin %96'sında 24 örnekte kök ur nematodu, 25 örneğin %100'ünde ise spiral nematodu tespit edilmiştir. Toprak örneklerinde 0-180 Kök ur nematodu, 120-4240 spiral nematodu tespit edilmiştir.. Topraktaki toplam nematod sayısı

160-4360 arasında tespit edilmiştir. Eylül ayında alınan toprak örneklerinden 1 adetinde 1-200, 6 örnekte 201-500, 3 örnekte 501-1000, 8 örnekte ise 1001-2000 ve 7 örnekte ise 2001-5000 arasında nematod tespit edilmiştir.

Tablo 3.1. Anamur Muz Seralarında Kök (100 g) ve Topraktaki (100 g) Nematod Popülasyon Yoğunluğu

		Mayıs 2022				Eylül 2022			
		100 g/kök	Toplam	100 g/toprak	Toplam	100 g/kök		100 g/toprak	Toplam
Anamur 1	H	600	640	40	40	4200	4360	2020	2080
	M	40				120		60	
Anamur 2	H	1100	1300	140	160	2200	2360	1940	1980
	M	200		20		160		40	
Anamur 3	H	1300	1480	1080	1140	1800	1840	640	720
	M	180		60		40		80	
Anamur 4	H	1700	1880	400	460	2600	2780	760	780
	M	180		60		180		20	
Anamur 5	H	400	460	300	320	800	840	420	440
	M	60		20		40		20	
Anamur 6	H	2600	2700	640	680	3200	3380	1060	1080
	M	100		40		180		20	
Anamur 7	H	1800	1920	320	360	1400	1420	220	260
	M	120		40		20		40	
Anamur 8	H	200	220	60	60	10400	10620	3420	3600
	M	20		0		220		180	
Anamur 9	H	600	640	80	100	8800	9120	1380	1440
	M	40		20		320		60	
Anamur 10	H	700	720	120	120	4400	4460	1200	1240
	M	20		0		60		40	
Anamur 11	H	200	400	260	280	1200	1280	2780	2920
	M	200		20		80		140	
Anamur 12	H	400	520	280	320	2800	2920	980	1020
	M	120		40		120		40	
Anamur 13	H	1500	1820	680	720	3200	3380	1020	1060
	M	320		40		180		40	
Anamur 14	H	200	220	20	20	1200	1240	960	1020
	M	20		0		40		60	
Anamur 15	H	100	500	320	420	1400	1580	120	160
	M	400		100		180		40	
Anamur 16	H	3400	3520	40	180	8200	8420	2980	3020
	M	120		140		220		40	
Anamur 17	H	300	300	60	80	1400	1580	2160	2220
	M	0		20		180		60	
Anamur 18	H	200	200	40	40	1200	1260	340	360
	M	0		0		60		20	
Anamur 19	H	800	800	180	240	3800	3880	2080	2120
	M	0		60		80		40	
	H	1700	1780	300	340	1800	1960	440	500

Anamur 20	M	80		40		160		60	
Anamur 21	H	600	600	140	200	1200	1300	540	560
	M	0		60		100		20	
Anamur 22	H	200	200	80	80	1600	1640	260	260
	M	0		0		40		0	
Anamur 23	H	300	320	40	40	4800	4920	4240	4360
	M	20		0		120		120	
Anamur 24	H	100	100	20	20	3200	3340	440	480
	M	0		0		140		40	
Anamur 25	H	400	440	140	160	4400	4580	1220	1260
	M	40		20		180		40	

Tablo 3.2. Bozyazı Muz Seralarında Kök (100 g) ve Topraktaki (100 g) Nematod Popülasyon Yoğunluğu

		Mayıs 2022				Eylül 2022			
		100 g/kök	Toplam	100 g/toprak	Toplam	100 g/kök		100 g/toprak	Toplam
Bozyazı 1	H	300	300	60	60	1400	1520	640	720
	M	0		0		120		80	
Bozyazı 2	H	200	200	80	80	1200	1260	260	280
	M	0		0		60		20	
Bozyazı 3	H	800	840	100	120	2200	2460	540	560
	M	40		20		260		20	
Bozyazı 4	H	400	400	40	40	3200	3360	240	260
	M	0		0		160		20	
Bozyazı 5	H	3500	3780	920	960	2100	2180	1140	1200
	M	280		40		80		60	
Bozyazı 6	H	200	200	60	60	2200	2260	340	360
	M	0		0		60		20	
Bozyazı 7	H	2500	2580	320	380	1000	1060	540	580
	M	80		60		60		40	
Bozyazı 8	H	400	400	120	120	800	860	680	720
	M	0		0		60		40	
Bozyazı 9	H	200	200	80	80	1800	1980	960	1020
	M	0		0		180		60	
Bozyazı 10	H	200	200	180	220	600	720	340	360
	M	0		40		120		20	
Bozyazı 11	H	300	300	200	200	2800	2960	1580	1720
	M	0		0		160		140	
Bozyazı 12	H	500	540	40	40	600	660	240	240
	M	40		0		60		0	
Bozyazı 13	H	20	20	60	60	800	840	620	680
	M	0		0		40		60	
Bozyazı 14	H	200	200	60	60	2600	2840	880	940
	M	0		0		240		60	
Bozyazı 15	H	3900	4220	380	420	4800	5160	4140	4260
	M	320		40		360		120	
	H	500	500	100	160	1800	2180	920	940

Bozyazı 16	M	0		60		380		20	
Bozyazı 17	H	800	820	160	160	1400	1520	460	520
	M	20		0		120		60	
Bozyazı 18	H	4100	4480	700	800	1200	1240	380	440
	M	380		100		40		60	
Bozyazı 19	H	800	860	300	320	1600	2020	780	840
	M	60		20		420		60	
Bozyazı 20	H	1700	1820	220	260	1000	1180	500	540
	M	120		40		180		40	
Bozyazı 21	H	300	300	40	40	1400	1520	560	580
	M	0		0		120		20	
Bozyazı 22	H	700	760	120	160	2400	2520	1520	1580
	M	60		40		120		60	
Bozyazı 23	H	500	540	80	80	6400	3720	360	380
	M	40		0		320		20	
Bozyazı 24	H	2300	2540	420	480	1200	1460	160	160
	M	240		60		260		0	
Bozyazı 25	H	1600	1760	540	580	5200	5440	480	540
	M	160		40		240		60	

Bozyazı muz alanlarından Mayıs ayında alınan 25 örnekten %48 (12) inde kök ur nematodu, %100'ünde spiral nematodu tespit edilmiştir. Gram kökte 0-380 kök ur nematodu, 200-4100 spiral nematod tespit edilmiştir. Toplam nematod olarak gram kökte 200-4220 arasında tespit edilmiştir. Mayıs ayında alınan örneklerin %84'ünde (21 adet) 1-2500 arasında, %16'sında (4 adet) ise 2501-5000 arasında nematod tespit edilmiştir. Toprak örneklerinin %48'sinde 12 örnekte kök ur nematodu, 25 örneğin %100'ünde ise spiral nematodu tespit edilmiştir. Toprak örneklerinde 0-100 kök ur nematodu, 40-920 spiral nematodu tespit edilmiştir. Topraktaki toplam nematod sayısı 40-960 arasında tespit edilmiştir. Mayıs ayında alınan toprak örneklerinden 16 adetinde 1-200, 6 örnekte 201-500, 3 örnekte 501-1000 ve 1 örnekte ise 1001-2000 arasında nematod tespit edilmiştir. Bozyazı muz alanlarından Eylül ayında alınan 25 örnekte %100'ünde Kök ur nematodu ve spiral nematodu tespit edilmiştir. Gram kökte 40-420 kök ur nematodu, 600-5200 spiral nematod tespit edilmiştir. Toplam nematod olarak gram kökte 660-5440 arasında tespit edilmiştir. Eylül ayında alınan toplam örneklerin %72'sinde (18 adet) 1-2500 arasında, %20'sinde (5 adet) ise 2501-5000, %8 (2) örnekte ise 5001-10000 arasında nematod tespit edilmiştir. Eylül ayında alınan toprak örneklerinin %92'sinde 23 örnekte kök ur nematodu, 25 örneğin %100'ünde ise spiral nematodu tespit edilmiştir. Toprak örneklerinde 0-140 kök ur nematodu, 160-4140 spiral nematodu tespit edilmiştir. Topraktaki toplam nematod sayısı 160-4260 arasında tespit edilmiştir. Eylül ayında alınan toprak örneklerinden 1 adetinde 1-200, 6 örnekte 201-500, 13 örnekte 501-1000, 4 örnekte 1001-2000 ve 1 örnekte ise 2001-5000 arasında nematod tespit

edilmiştir. Anamur ve Bozyazı muz alanlarından Mayıs ayında alınan 50 örnekten %58 (29) inde kök ur nematodu, %100'ünde spiral nematodu tespit edilmiştir. Gram kökte 0-400 kök ur nematodu, 20-4100 spiral nematod tespit edilmiştir. Toplam nematod olarak gram kökte 20-4480 arasında tespit edilmiştir. Mayıs ayında alınan örneklerin %86'sında (43 adet) 1-2500 arasında, %14'ünde (7 adet) ise 2501-5000 arasında nematod tespit edilmiştir. Toprak örneklerinin %58'inde 29 örnekte kök ur nematodu, 50 örneğin %100'ünde ise spiral nematodu tespit edilmiştir. Toprak örneklerinde 0-140 kök ur nematodu, 20-1080 spiral nematodu tespit edilmiştir. Topraktaki toplam nematod sayısı 20-1140 arasında tespit edilmiştir. Mayıs ayında alınan toprak örneklerinden 30 adetinde 1-200, 14 örnekte 201-500, 5 örnekte 501-1000 ve 1 örnekte ise 1001-2000 arasında nematod tespit edilmiştir. Anamur ve Bozyazı muz alanlarından Eylül ayında alınan50 örnekte %100'ünde kök ur nematodu ve spiral nematodu tespit edilmiştir. Gram kökte 20-420 kök ur nematodu, 600-10400 spiral nematod tespit edilmiştir. Toplam nematod olarak gram kökte 660-10620 arasında tespit edilmiştir. Eylül ayında alınan toplam örneklerin %60'ında (30 adet) 1-2500 arasında, %30'unda (15 adet) 2501-5000, %8 (4) örnekte 5001-10000 ve %2 sinde ise 10001-20000 arasında nematod tespit edilmiştir. Eylül ayında alınan toprak örneklerinin %94'ünde 47 örnekte kök ur nematodu,50 örneğin %100'ünde ise spiral nematodu tespit edilmiştir. Toprak örneklerinde 0-180 kök ur nematodu, 120-4240 spiral nematodu tespit edilmiştir. Topraktaki toplam nematod sayısı 160-4360 arasında tespit edilmiştir. Eylül ayında alınan toprak örneklerinden 2 adetinde 1-200, 12 örnekte 201-500, 16 örnekte 501-1000, 12 örnekte 1001-2000 ve 8 örnekte ise 2001-5000 arasında nematod tespit edilmiştir.

Ülkemizde muz alanlarında yapılan çalışmalarda *H. multicinctus, H. Dihystera* (Cobb, 1893)*, M. incognita* (Kofoid & White, 1919) ve *M. javanica* (Treub, 1885) tespit edilmiştir. (Gürdemir 1979, Elekcioğlu 1992, Elekçioğlu ve Uygun 1994, Özarslandan ve Elekcioğlu 2010). Mersin'in Bozyazı ilçesindeki muz seralarında *H. multicinctus*'un, *Meloidogyne incognita* ve *M. javanica*' dan daha fazla populasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. (Elekcioğlu ve ark. 2014). Özarslandan ve Dinçer (2015). Muz, tropikal ve subtropikal bölgelerde yaygın olarak ve Türkiye'nin Akdeniz kıyılarında yetiştirilir. Nematodlar, muzun en önemli parazitlerinden biridir. Bu çalışma, Antalya, Mersin ve Hatay illeri muz bahçelerinde nematod türleri, dağılımları ve enfeksiyon oranlarının belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Plantasyonlardan alınan kök ve toprak örnekleri geliştirilmiş Baermann hunisi yöntemi ile analiz edilmiştir. Sonuçlar, *Helicotylenchus spp*. ve *Meloidogyne spp*. türler mevcuttu. *Helicotylenchus spp.*'nin hem enfekte alan yüzdesi hem de popülasyon yoğunluğu. *Meloidogyne spp*.'den daha yüksekti. Ağustos ayında ölçülen toplam nematod varlığı

(*Helicotylenchus spp.* + *Meloidogyne spp.*) Mayıs ayına göre daha yüksekti. Ağustos ayında toplanan kök örneklerinin %62'si 2500'den fazla nematod / 100 gr toprak taşımıştır. Toprak ve kök örnekleri arasındaki nematodların varlığı ve miktarı iyi korelasyon göstermektedir. Sonuçlar, nematodların enfekteli köklere zarar vererek verim kayıplarına neden olduğunu göstermektedir. Muz nematod popülasyonları dikkate alınarak, muz üretiminde nematod zararını azaltmak için yeni yöntemler geliştirilmelidir. Wang and Hooks (2009) yapmış oldukları çalışmada üretim alanlarından almış olduğu örneklerin %100'ünde kök ur nematodu ve %96,3 oranında ise spiral nematodunu tespit edildiği bildirilmiştir. Chavez and Araya (2010) yapmış oldukları çalışmada tespit edilen *Radopholus similis*, *Helicotylenchus*, *Pratylenchus spp*. ve *Meloidogyne spp*. türlerine ait yaygınlık oranlarının sırasıyla %95, %79, %31 ve %7 olduğunu bildirmişlerdir. Toplam örneklerin %0.2' sinde bitki paraziti nematod tespit edilmediği saptanmıştır. Tanimola ve ark., (2013) tarafından muz alanlarında en sık ortaya çıkan bitki paraziti nematodlarından *Helicotylenchus*, Meloidogyne ve Pratylenchus türlerinin sırasıyla %43.9, %34.2, %21.9, oranında tespit edildiği bildirilmiştir. Bu çalışmada spiral nematodu populasyonunun kök ur nematodu populasyonundan daha fazla olduğu belirlenmiş olup bu durum muz alanlarında yapılan diğer çalışma sonuçları ile benzerlik göstermektedir (Cavalcante ve ark., 2005, Ritzinger et ve ark., 2007, Souza ve ark., 1999, Wang ve Hooks 2009, Lima ve ark., 2013). Türkiye muz alanlarında daha önce yapılan çalışmalarda *H. multicinctus*, *H. dihystera*, *M. incognita* ve *M. javanica* tespit edilmiştir. (Elekcioğlu 1992, Elekçioğlu ve Uygun 1994, Özarslandan ve Elekcioğlu 2010). Mersin'in Bozyazı ilçesindeki muz seralarında *H. multicinctus*'un, *Meloidogyne incognita* ve *M. javanica*' dan daha fazla populasyona sahip olduğu tespit edilmiştir. (Elekcioğlu ve ark. 2014). Bu çalışmanın önceki yapılan çalışmalar ile benzerlik gösterdiği görülmüştür. Wang and Hooks (2009) tarafından yapılan çalışmada, Spiral nematodunu kök örneklerinde %66,8 oranında toprak örneklerinde ise %63 oranında birbirine yakın tespit edildiği bildirilmiştir. Lima et al. (2013), kök ve toprak analizleri sonucu sırasıyla *Helicotylenchus* spp., %95 ve %98 *Meloidogyne* spp. %79 ve %81 oranında yaygınlığını birbirine yakın tespit edildiği bildirilmektedir. Yapılan bu çalışmalar ile paralel sonuçlar elde edilmiştir.

Sonuç olarak nematodlar dünya genelinde olduğu gibi ülkemizde de muz alanlarında ekonomik kayıplara neden olmaktadır. Muz alanlarında nematodlara karşı yapılan uygulamalar tek başına yeterli etkiye sahip değildir. Bundan dolayı muz alanlarında nematodlara karşı entegre mücadele yapılmalıdır. Muz yetiştiriciliğinde yapılan hatalar nematod zararını artırdığından dolayı iyi yetiştiricilik yapılmalıdır. Seralarda sıcaklığın yükselmesinden dolayı bitkilerin

sitrese girmesi nematod zararını artırmaktadır. Sera içerisinde bitkilerin sırasını değiştirmek bitki gelişimini artırır. Çünkü bitki köklerinin %60-80 bitkinin 40-50 cm çevresindedir. Sera içerisinde araya dikim yapmak nematod popülasyonunun düşük olmasından dolayı bitki gelişimi iyi olmakta ve verim artmaktadır. Yığma olan seralarda sık sık sıra değişimi ile birlikte diğer mücadele metotları ile birlikte uygulana bilinir. Organik madde toprağı iyileştirmesinin yanı sıra topraktaki yararlı mikroorganizmaları artırır ve nematod popülasyonunu düşürmektedir. Organik madde uygulanan ve uygulanmayan bitkilerde bitki gelişiminde büyük farklılıklar vardır. Organik madde uygulan bitkilerde daha iyi kök gelişimi olduğu için besin ve su alımı iyi olduğundan yaprak sayısı, gövde kalınlığı ve verim artmaktadır. Mikoriza ve Thirocoderma uygulamaları kök ve bitki gelişimini olumlu etkileyerek verim artışına neden olmaktadırlar. Oyma fidan yaparak gelecek yılın ana bitkisini nematod popülasyonunun yüksek olduğu ana bitkinin dibinden yaklaşık 40-60 cm uzaklaştırarak bitkinin daha iyi geliştiğini ve verim artışına neden olduğu görülmektedir. Muz tarımında anaçtan, sonraki yıla bırakılacak fidanın seçilmesi ve diğer fazla fidanların temizlenmesi işlemine fidan ayarı denir. Bu işlem alınacak ürünün kalitesini, miktarını ve zamanını doğrudan etkilediği için fidan ayarının, bilinçli yapılması çok önemlidir. Fidan ayarı yaparken boyu, zamanı uymadığı için seçilemeyen bazı kaliteli fidanları da kesme fidan uygulaması ile değerlendirilir. Belli büyüklüğe gelmiş fidanlarda yapabildiğimiz bu uygulama ile de, kestiğimiz fidandan çıkartacağımız bir sonraki nesil fidan çok sağlıklı bir gelişim gösterir. Kesme fidan uygulaması yaparken ağacın güneyinden fidan bırakmaya çalışılır. Kesme fidan yerden 15- 20 cm yükseklikle kesilir. 15 – 20 gün sonra daha dipten keserek içi muz bıçağı ile oyulur. Fidanı ortasından en dibe kadar oyma sebebi ortadan fidan büyümesini engelleyip yanlardan yeni fidan üretmektir. Kesme fidanda oyma işlemini yaptığımız zaman yanlardan çıkan yeni fidanlar ana ağaçtan daha iyi beslenmektedir. Oyulan fidanın etrafında 4-5 tane yeni fidanlar oluşmaktadır. Çıkan fidanlarımızın en uygun olanını ağustos ayında seçerek gelecek senenin fidanını seçmiş oluruz. Ana bitkide mantar, nematod bulunabilmektedir. Yeni kesme fidan üreterek bu nematod zararlılarının yeni fidana geçmesini engellenmiş olur. Anadan uzaklaşan fidanların kök gelişimi daha sağlıklı olmaktadır.

REFERANSLAR

Bora, T. ve İ. Karaca 1970. Kültür Bitkilerinde Hastalığın ve Zararın Ölçillmesi. Ege Üniversitesi Yardımcı Ders Kitabı , Yayın No: 167, E. Ü. Matbaa , Bornova-İzmir, s.8.

Cavalcante M. J. B., Sharma R. D. and Cares J. E. 2005. Nematoides associados a genótipos de bananeira em Rio Branco. Nematologia Brasileira, 29:91-94

Chavez, C. & Araya M. (2010). Spatial-temporal distribution of plant-parasitic nematodes in banana (Musa AAA) plantations in Ecuador. *Journal of Applied Biosciences 33,* 2057 – 2069.

Elekcioğlu İ. H. (1992). *Untersuchungen Zum Auftreten And Zur Verbreitung Phytoparasitaerer Nematoden In Den Landwirtschaftlichen Hauptkulturen Des Ostmediterranen Gebietes Der Türkei* [Unpublished PhD thesis]. PLITS.

Elekcioğlu İ. H., Yoraz G. & Kasapoğlu E. B. (2014). Mersin ili Bozyazı ilçesinde muz seralarında spiral nematodlar (Helicotylenchus dihystera ve H. multicinctus) Ile Kök-Ur nematodu türlerinin (Meloidogyne incognita ve M. javanica) populasyon değişiminin araştırılması. *Türkiye V. Bitki Koruma Kongresi,* ss. 6-6.

Elekçioğlu İ. H. & Uygun N. (1994). Occurrence and distribution of plant parasitic nematodes in cash crop in Eastern Mediterrenean Region of Türkiye. *Proc. of 9th Congres of The Mediterranean Phytopathological Union, Kuşadası Aydın, Türkiye,* 409-410.

Lima R. S., Muniz M. F. S., Castro J. M. C., Oliveira E. R. L., Oliveira P. G., Siqueira K. M. S., Machado A. C. Z. and Costa J. G. 2013. Frequencies and population densities of the major phytonematodes associated with banana in the state of Alagoas, Brazil. Nematropica, 43:186-193

Özarslandan A. & Dinçer D, (2015). Türkiye'de muz alanlarında bulunan bitki paraziti nematodlar. *Bitki Koruma Bülteni,* 55(4), 361-372.

Özarslandan, A. & Elekcioğlu, Ġ. H. (2010). Türkiye'nin farklı alanlarından alınan kök-ur nematodu türlerinin (Meloidogyne spp.)(Nemata: Meloidogynidae) moleküler ve morfolojik tanılama ile belirlenmesi. Türkiye entomoloji dergisi, 34(3), 323-335.

Özarslandan, A., Dinçer, D., & Mustafa, Ü. (2020). Muz alanlarında kök ur nematodları (Meloidogrne spp.)'nın teşhisi. *Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi,* 3(1), 10-16.

Özarslandan, M., Tahsin, A. Y., & Akgül, D. S. (2019). Akdeniz Bölgesi'nde muzda Pestalotiopsis Yaprak Leke Hastalığı. *Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi,* 2(1), 57- 66.

Ritzinger C. H. S. P., Borges A. L., Ledo C. A. S. and Caldas R. C. 2007. Fitonematoides associados a bananais 'pacovan' sob condição de cultivo irrigado: relação com a produção. Revista Brasileira de Fruticultura 29:677-680.

Souza J. T., Maximiniano C. and Campos V. P. 1999. Nematoides associados a plantas frutíferas em alguns estados brasileiros. Ciência e Agrotecnologia 23:353-357

Wang K. H. & Hooks C. R. R. (2009). Plant-parasitic nematodes and their associated natural enemies within banana (Musa spp.) plantings in Hawaii. *Nematropica,* 39, 57-73.

Bölüm 30

Çim Yetiştiriciliğinde Bitki Koruma Sorunları ve Mücadelesi

Mümine ÖZARSLANDAN[1], Adem ÖZARSLANDAN[2]

[1]Dr.: Biyolojik Mücadele Araştırma Enstitüsü Yüreğir Adana Türkiye
https://orcid.org/0000-0003-4125-1028
[2] Prof. Dr.; Mersin Üniversitesi, Silifke Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksekokulu Silifke Mersin Türkiye
https://orcid.org/0000-0001-7129-8543

Özet

Çim ev bahçeleri, şehir içi park ve bahçeler, futbol ve golf sahaları için büyük önem arz etmektedir. Çim alanlarında bitki koruma sorunları yaşanmakta olup, çim yetiştiriciliğinde toprak patojenlerinden nematodlar ve fungal hastalıklar ön plana çıkmaktadır. Bitki yetişticiliği doğru yapıldığında çimler kök patojenlerini tolere edebilmektedir. Çimlerin aşırı sulanması, drenajının kötü olması, yetersiz beslenme ve aşırı küçük biçme kök patojenlere karşı hassaslığı artırmaktadır. Yaz aylarında çimi kısa biçme kök patojenlerini tolere edemez ve kurumalar olur, diğer yabancıotlar ile rekabet edemediği için iyi gelişememektedir. Bitkilerde bakım iyi olmadığında kloroz, düzensiz çim gelişimi,yabancıotlar ile rekabet gücünde azalma, yamalı alanların oluşumu gözlenir. Drenaj iyi olmayan alanlarda balçık oluşumu düzensiz çimlerden dolayı futbol oynayanlar kayabilir ve top yön değiştirebilir. Nematodların köklere doğrudan zararının yerüstü çimi, yer altı kökleri nematodlar tarafından saldırıya uğradığında solgunluk, kloroz veya yamalılık gösterir. Bunun yanı sıra dolaylı olarakta funguslara giriş kapısı açmaktadırlar. Çim alanlarında bakım işleri iyi yapılmalıdır. Nematod mücadelesi çim köklerinin geliştiği Mart- Haziran ayları arasında 2-3 nematisit uygulaması yapıldığında herhangi bir problemle karşılaşılmamaktadır. Bazı nematodlar bahar aylarında yüksek populasyondayken, yaz aylarında görülmemekte başka tür nematod pülasyonları artmaktadır. Kök ur nematodları ise kıs soğukları hariç devamlı bulunmakta olup yazın popülasyonları artmaktadır. Bundan dolayı çimlerin bakım işleri sulama, gübreleme, havalandırma, biçme yüksekliği(yazın daha yüksek biçilir) doğru yapıldığında kök patojenlerini tolere edebilmektedir. Nematodların ülkesel ve bölgesel ekonomik zarar eşikleri iklime, toprak yapısına ve yetiştiricilik gibi diğer faktörlere göre değişiklik gösterir. Bir alanda düşük yoğunlukta dahi bitkilerde zarar simptomları görülürken, başka bir alanda yüksek nematod popülasyonunda dahi bu simptomlar görülmeyebilir.

Giriş

Ev bahçeleri, kentsel ve spor alanlarda yaygın olarak ekilen çim, çevrenin güzelleştirilmesinde, toprak erozyonunun önlenmesinde, havanın arındırılmasında ve rekreasyonel faaliyetler için güvenli yüzeylerin sağlanmasında önemli işlevlere hizmet etmektedir (Uddin ve Juraimi, 2013). Bununla birlikte, çim sağlığı, özellikle yüksek bakım gerektiren golf sahalarında, çeşitli abiyotik ve biyotik faktörler tarafından sıklıkla tehdit edilmektedir (Stowell ve Gelernter, 2001). Bitki-paraziter nematodlar (PPN'ler) çim hastalığına neden olan en önemli biyotik faktörlerden biridir. Nematodlar esas olarak kök gelişimini sınırlayarak, funguslar, bakteriler ve virüsler gibi diğer toprak kaynaklı patojenlere karşı kök duyarlılığını artırarak köklere zarar verirler (Stackhouse ve ark., 2020). Nematodların neden olduğu sorunları doğru bir şekilde teşhis etmek zordur, Çünkü nematodların neden olduğu çim yüzeyi semptomları genellikle gecikmiş, çeşitli ve nispeten spesifik değildir (Stackhouse ve ark., 2020). Yerüstü çimi, yer altı kökleri nematodlar tarafından saldırıya uğradığında solgunluk, kloroz veya yamalılık gösterebilir(Jordan ve Mitkowski, 2006: Stirling ve ark., 2021). Bu semptomlar genellikle diğer patojenlerin veya fırsatçı mikroorganizmaların neden olduğu gibi yanlış teşhis edilir. Dünya çapında çim ile ilişkili PPN'ler üzerinde çok sayıda çalışma yapılmıştır (Zeng ve ark., 2012). Çin'de yakın zamanda yapılan bir araştırmada, Guangdong'daki golf sahalarında *Helicotylenchus* sp., *Mesocriconema* sp., *Meloidogyne* sp., *Hemicriconemoides* sp., *Xiphinema* sp., *Pratylenchus* sp., *Hoplolaimus* sp., *Paratrichodorus* sp., *Filenchus* sp. ve *Ogma* sp. tespit edilmiştir. Çim alanlarında baskın türler *Mesocriconema xenoplax* ve *Meloidogyne graminis* idi. *Helicotylenchus dihystera*, *Mesocriconema xenoplax*, *Hoplolaimus* sp., *Paratrichodorus* sp., *Filenchus* sp. ve *Ogma* sp., Çin'deki çim ile ilişkili PPN'lerin bu yeni kayıt olduğu bildirilmiştir (Chen, 2017). Çim üzerindeki PPN türleri, bölgeler ve ülkeler arasında çeşitli ve farklıdır. 22 familyada 15 cinse ait yirmi dokuz PPN türünün, Kuzey Carolina ve Güney Carolina'da bermuda grass (*Cynodon dactylon*), sürünen bentgrass (*Agrostis stolonifera*) ve zoysiagrass (*Zoysia japonica*) ile ilişkili olduğu bulunmuştur (Zeng ve ark., 2012). *Helicotylenchus* sp., *Mesocriconema* sp., *Hoplolaimus* sp., *Tylenchorhynchus* sp., *Belonolaimus longicaudatus*, *Meloidogyne* sp. ve *Paratrichodorus* sp. yerel golf sahalarında en yaygın ve bol bulunan türler olduğu bildirilmiştir(Zeng ve ark., 2012). Belçika'da, 50 familyada 23 cinse ait 9'dan fazla PPN türü/taksonu çim üzerine kaydedilmiştir (Vandenbossche ve ark., 2011). *Helicotylenchus pseudorobustus* ve *Meloidogyne naasi* en sık görülen nematodlar olduğu, Kore'deki 16 golf sahasında 12 PPN takımından 13 cinse ait yirmi sekiz tür/takson bulunmuştur (Mwamula ve Lee,,2021). *Helicotylenchus microlobus*,

Mesocriconema *nebraskense*, *Tylenchorhynchus claytoni*, *Mesocriconema* sp. ve *Meloidogyne graminicola* tüm yönetim bölgelerinde en yaygın türler olduğu bildiirlmiştir (Mwamula ve Lee,,2021). Yirmi üç nematod cinsinin Avustralya'daki çim ile ilişkili olduğu bilinmektedir (Mcleod ve ark., 1995).

Çim ile ilişkili çeşitli PPN türleri olmasına ve genellikle belirli bir yerde birden fazla tür bulunmasına rağmen bu mutlaka istila edilmiş çim nematod zararı belirtileri veya semptomları sergilediği anlamına gelmeyeceği bildirilmiştir (Mcleod ve ark., 1995). Çoğu nematod, yalnızca popülasyonu çok yüksek olduğunda ve çim strese girdiğinde nematod zararına neden olur. PPN'ler virülensliklerine göre değişir ve farklı PPN'lerin farklı zarar eşikleri olduğu bildirilmiştir (LaMondia ve ark., 2018). Bununla birlikte, nematodlar sürekli olarak ciddi zarara neden olur ve çimdeki en zararlı PPN'ler farklı bölgeler ve ülkeler arasında değişiklik gösterdiği bildirilmiştir (LaMondia ve ark., 2018:Stirling ve ark., 2021). *Belonolaimus longicaudatus*, güneydoğu Amerika Birleşik Devletleri'ndeki bermudagrass üzerinde en zararlı PPN olarak kabul edilirken, kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.) güney Amerika Birleşik Devletleri'ndeki çimler için ciddi bir tehdit oluşturduğu bildirilmiştir (Crow ve ark., 2020: Lucas, 1985). Çimlerde B. longicaudatus için zarar eşiğinin 25 nematod/100 mL topraktan az olduğu düşünülmekte ve *I. lolii* için zarar eşiğinin *B. longicaudatus'a* benzer olduğu bildirilmiştir (Buckley ve ark., 2008: Crow, 2018: Ruscoe ve Stirling, 2020). Önceki çalışmalar, nematod cinsleri Belonolaimus, Mesocriconema, Helicotylenchus, Hemicycliophora, Hoplolaimus, Paratrichodorus, Pratylenchus, Meloidogyne, Trichodorus, Tylenchorhynchus ve Xiphinema'nın çimleri ile ilişkili olduğunu göstermiştir(Lucas ve ark., 1974: Sikora ve ark., 2001: Walker ve ark., 2002). Meloidogyne'in büyük ekonomik kayıplara neden olduğu ve çim kök sistemine ciddi şekilde zarar verdiği bildirilmiştir(Janati ve ark., 2018: Yeve ark., 2015) ve Shenzhen Sand River golf sahasından alınan toprak örneklerinde nematodların ekonomik zarar eşiğini aştığı bildirilmiştir((LaMondia ve ark., 2018). Dünyada futbol ve golf sahalarında bir çok çalışma yapılarak ekonomik zarar eşikleri belirlenmiştir (Çizelge 1.). Fakat ülkesel ve bölgesel ekonomik zarar eşikleri iklime, toprak yapısına ve yetiştiricilik gibi diğer faktörlere göre değişiklik gösterir.Bir alanda düşük yoğunlukta dahi bitkilerde zarar simptomları görülürken, başka bir alanda yüksek nematod popülasyonunda dahi bu simptomlar görülmeyebilir.

Çizelge 1. Çim alanlarda çeşitli bitki-parazitik nematodların ekonomik zarar eşikleri (Couch 1995, Crow 2005, McCarty 2001).

Nematod Cinsi	Ekonomik zarar eşiği (nematodlar/100cm^3 toprak)
Dolichodorus	10-150
Heterodera	10-40
Arjantin	150-300
Hoplolaimus	40-100
Longidorus	20
Paratylenchus	130
Krikonomoides	150-1500
Meloidogyne	80-300
Pratylenchus	150
Hemicycliophora	80-200
Hemikriconemoides	80-500
Helicotylenchus	200-700
Peltamigratus	150
Belonolaimus	10-50
Trichodorus	50-100
Paratrichodorus	50-100
Tylenchorhynchus	100-400

Kök-ur nematodları (*Meloidogyne* spp.), dünya çapında en önemli bitki paraziti nematodlardır; ılıman ve tropik ürünlerin çoğu, bir veya daha fazla *Meloidogyne* türünden kaynaklanan verim kayıplarına maruz kalmaktadırlar. Kök-ur nematodları, bitki köklerinde neden oldukları karakteristik urlar veya irili ufaklı urlar, teşhis için kolayca gözlemlenen semptomlar olduğundan, en yaygın olarak tanınan bitki paraziti nematodlardır. *Meloidogyne graminis* birçok çim ve yem bitkisine zarar vermektedir. Bu nematodun çimler üzerindeki yaygınlığı ve bulaşık olduğu yerlerde diğer ürünler ile karşılaştırıldığında çimlerin yaygınlığı nedeniyle, muhtemelen kök-ur nematodunun en yaygın türüdür. Futbol sahası gibi çimlerin artan önemi, çimlerin bu nematoda karşı duyarlılığı ve bu nematodun zarar verme potansiyelini gün ışığına çıkaran yeni teşhis tekniklerinin uygulanması nedeniyle bu durum giderek artan bir endişe kaynağını oluşturmaktadır.

Bir çok nematod birlikte çim alanlarında futbol sahası, golf sahası çiminde önemli zararlara neden olmaktadırlar.. Golf sahası üzerinde çirkin sarı lekelere, incelmiş lekelere ve düzensiz oyun yüzeylerine neden olur. Çimler ve spor sahalarında bölgelerin incelmesine, yabani otların çoğalmasına ve çim yapısının zayıf olmasına neden olur. Çim çiftliklerinde, çimlerin hasat sırasında parçalanmasına neden olarak rekabette verim kaybına neden olabilir.

M. graminis'in Amerika Birleşik Devletleri'ne özgü olduğuna inanılıyor. *İlk olarak St. Augustinegrass'ı (Stenotaphrum secundatum)* enfekte ettiği tanımlandı. 1964 yılında Winter Haven Florida'da (Sledge ve Golden 1964), ancak Florida'dan Kaliforniya ve Hawaii'ye kadar (McClure ve ark. 2012), New England'a kadar kuzeyde yetiştirilen otlarda ve Konza Prairie'deki yerli otlarda rapor edilmiştir. Kansas'ta. Florida'daki çim ve yem otlarında ve Carolinas'taki golf sahası çimlerinde bulunan en yaygın kök ur nematodudur (Zeng ve ark. 2012). Amerika Birleşik Devletleri dışında Avrupa'da Almanya'daki Sylt Adası'ndan (Sturhan 1976) ve Hollanda'dan (Wesemael ve ark. 2011), Güney Amerika'da Venezuela'dan (Perichi 2006) ve Brezilya'dan (Oliveira ve ark. 2018) ve Asya'da Çin'den (Zhuo ve ark. 2011) rapor edilmiştir. Bu nematod, bermuda çiminin (Cynodon) *yaygın* bir endoparazitidir.spp.), dünya çapında golf sahalarında en yaygın olarak kullanılan çim. Bermudagrass çeşitlerinin çoğu, stolonlardan ve rizomlardan vejetatif olarak çoğaltılır ve çoğu, Amerika Birleşik Devletleri'nin Meloidogyne graminis'in oluştuğu bölgelerinden kaynaklanır . Bu nedenle, golf sahalarında mevcut bilinen aralığın ötesinde küresel yayılımının devam etmesi muhtemeldir.

Diğer nematodlarda olduğu gibi *M. graminis'in* de dört larva dönemi (J1-J4) ve bir ergin dönemi vardır. Birinci larva dönemi yumurta içerisinde çıkmadan önce yumurtanın içinde gelişerek ipliksi ikinci larva dönemine dönüşür. İkinci larva döneminde toprakta bulunur, bitkiye girer ve hareketli dönemidir. Konukçu bitkinin kökleri içinde hareketlidir ve enfeksiyon aşamasıdır. İkinci larva döneminde konukçu köküne girer ve tüm gövdesiyle kök içine girer. İkinci larava dönemi kök içinde kortekse göç eder ve burada parankima hücrelerine efektörler enjekte ederek bunların çok çekirdekli dev hücrelerden oluşan bir beslenme alanının oluşmasını sağlar. *Meloidogyne graminis'in* başı genellikle kökün tabanına doğru yönlendirilir ve gövde ters yönde yönlendirilerek bir baston şekli oluşturur. Nematod hareketsiz hale gelir ve dev hücrelerle beslenerek bu konumda kalır. İkinci larva dönemi şişmiş bir 3. larva dönemine ardından J3 daha da şişmiş bir 4. larva dönemine dönüşür. Son olarak, nematod ergin bir ipliksi yapıda erkek veya armut şeklinde şişmiş hareketsiz dişi olarak ortaya çıkar. Kök-ur nematodunun çoğu türü çiftleşme olmadan partogenetik olarak ürer ve erkekleri nadirdir. Ancak *Meloidogyne graminis* çoğunlukla çiftleşme yoluyla amphimixis yoluyla çoğalır ve erkekleri bol miktarda bulunur (Webber ve Fox 1971). Erkek *Meloidogyne graminis* 4. Larva döneminden çıkarlar ve hareketlidirler ancak yetişkinler gibi beslenmezler. Erkek kökten çıkar ve çiftleşecek bir dişi arar. Dişiler hareketsiz kalır ve yumurta ürettikçe beslenmeye devam ederler. Her dişi, yumurtaları geliştikçe koruyan jelatinimsi bir matriksin içine bırakılan birkaç yüz yumurta üretebilir. Bermudagrass ve limpograss gibi

bazı konukçularda dişi nematodun tüm vücudu tipik olarak kökün içinde gömülü kalır ve yumurtalar da içeride biriktirilir. Diğer konukçularda olgun dişinin arka ucu kök yüzeyini kırar ve yumurtalar kök yüzeyinde biriktirilir.

M. graminis diğer bazı Meloidogyne türleri kadar iyi çalışılmamıştır . *M.incognita* veya *M. hapla* gibi , *M. graminis'in* bitki/nematod etkileşimlerinin diğer *Meloidogyne* spp. benzer olduğu varsayılmaktadır. İçi boş stilet hem bitki hücrelerine salgıları enjekte etmek hem de hücre içeriğini çekmek için kullanılır. Proteinler, canlı kök kortikal hücrelerine enjekte edilerek bunların nematod besleme bölgesini oluşturan dev hücrelere dönüşmesine neden olur. Nematoddan gelen ek salgılar bitkide fizyolojik değişikliklere neden olur ve bunun sonucunda karbonhidratlar beslenme bölgesine hareket eder ve burada nematod tarafından yutulur. Karakteristik safralar, nematoda yanıt olarak hücrelerin çoğalmasından kaynaklanır, ancak beslenme alanı gelişiminden ayrı bir yanıttır.

Yer üstü semptomları arasında genel gerileme, bodurluk ve kloroz (sararma) yer alır. Diğer nematodlara benzer şekilde, zarar sıklıkla düzensiz şekilli parçalar halinde meydana gelir . Ancak golf yeşilliklerinde kullanılan ultra cüce bermuda çimi çeşitlerinde *Meloidogyne graminis* ayrıca daha dairesel bir görünüme sahip klorotik lekelere de neden olabilir . *Daha fazla sayıda Meloidogyne graminis* içeren bölgelerde bitki büyümesi daha yavaş olur ve bu da topun yuvarlanmasını engelleyen engebeli bir oyun yüzeyine yol açar.

Nematodlar, iğne benzeri ağız parçalarıyla (stiletler) bitki kök hücrelerini besleyerek çimlere zarar verir. Sonuç olarak kök sistemi, çimin suyu ve besin maddelerini gerektiği gibi ememeyeceği kadar zarar görür. Daha sonra çimler incelir ve zayıflar, bu da onu kuraklık gibi diğer streslere karşı daha duyarlı hale getirir. Nematodların çimlere verdiği zarar, diğer streslerin neden olduğu semptomlara çok benzer görünebilir, bu nedenle alanın yakından incelenmesi ve toprak analizi önemlidir. Aşağıdaki kanıt türleri dikkate alındığında, nematod hasarının doğru teşhisi yapılabilir:

Çimlerde *M. graminis* toprağın üst profilinde çoğalır (Laughlin ve Williams 1971). Florida Üniversitesi'ndeki araştırma, golf yeşilliklerindeki *M. graminis'in* çoğunluğunun sazlık ve toprağın üst kısımlarında büyüyen kökleri enfekte ettiğini ortaya çıkardı. *M. graminis* , Florida'daki çimlerde en yaygın kök-ur nematod türü olmasına rağmen, Amerika Birleşik Devletleri'ndeki çimlerden birkaç başka kök-ur nematodu türü de Meloidogyne marylandi , M. *naasi* , *M. minör* , *M. graminicola* ve *M.incognita* rapor edilmiştir. Bu nematodların çimler üzerindeki semptomları ve davranışları, rapor edilenlerden farklı olabilir. *M. graminis* . Çoğu teşhis laboratuvarı, nematodları yalnızca cins düzeyinde tanımlar. Morfolojiyi kullanarak *Meloidogyne* türleri arasında ayrım yapmak zor

ve zaman alıcı olabilir. Moleküler tanımlama yöntemlerinin kullanımı hem doğru hem de morfolojik tanımlamaya göre daha az zaman almaktadır.

Çimlerde Nematod zararı hem yer üstü hem de yer altı belirtileriyle kendini gösterir. Yer üstü semptomları tipik olarak çimlerin incelmesini, solmasını veya ölümünü içerir. Bu semptomlar genellikle düzensiz şekillilekeler halinde ortaya çıkar ve mücadele edilmezse zamanla yavaşça dışarı doğru yayılır. Çimler sarı, zayıf ve büyümesi yavaş görünebilir. Çim alanları incelmeye başlayabilir ve yabani otların kolayca istila etmesine izin verebilir. Kuraklık veya hafif stres dönemlerinde çimler solabilir. Etkilenen alanlar boyut ve şekil olarak düzensiz görünebilir, çünkü nematodların sayısı büyük ölçüde değişebileceği bilinmektedir. Kök-ur nematodu semptomları sıklıkla çeşitli fungal hastalıklarına benzer ve çim üzerinde klorotik lekelere neden olabilir. Çimlerdeki toprak altı belirtileri arasında kısa, kısa kök sistemleri yer alır. Köklerdeki koyu lezyonlar, özellikle kök uçlarına yakın yerlerde, nematod beslenme zararının karakteristik özelliğidir. Zarar genellikle kök uçlarında meydana gelir ve kök sisteminin körelmesine ve besleyici köklerin olmamasına neden olur. Kökler kısa, bodur veya üzerinde şişkinlikler ve şişkin alanlar bulunan çim kökleri bir nematod sorununun işareti olabilir. Kök sistemi ayrıca ölü veya aşırı dallanmış alanlarla sığ görünebilir.

Kök ur nematodları, diğer ürünlere benzer şekilde çim üzerinde sararma oluşumuna neden olur, ilkbaharda toprak sıcaklığı 10-16 ^{0}C arasında olduğunda beslenmeye başlar . İlkbahar aylarında beslenmeden kaynaklanan zarar nedeniyle semptomlar tipik olarak yaz başından ortalarına kadar gelişir. Kök-ur nematodu popülasyonları nisan ayının sonundan mayıs ayının başına kadar artar ve yaz ayları boyunca yüksek kalır. Nematod popülasyon dinamikleri bilinmemektedir. Nematodlar ilkbahar, yaz ve sonbahar boyunca beslenmeye devam edeceklerdir. Beslenme ve üreme en çok ilkbaharda gerçekleşir, Ancak kök-ur nematodu yaz boyunca aktif olarak üremeye devam eder. Kök-ur nematodu, etkili olabilmesi için 1-2'den fazla uygulama gerektirebilecek çok sayıda nesil üretir. Sıcaklıklar yükseldikçe nematod aktivitesi azalır. Nematodların doğrudan zararının yanı sıra dolaylı olarakta toprak kökenli patojenlere giriş kapısı açarlar. Nematod beslemesi, çim bitkilerini Pythium, fusarium kök çürüklüğüne ve bozulmuş kök sistemi nedeniyle diğer kök hastalıklarına yatkın hale getirebilir(Şekil 1)..

Özellikle yaz aylarında çimlerdeki stresi azaltmak için kültürel mücadele yöntemlerinin kullanılması çok önemlidir. Yöntemlerin nematod popülasyon sayısını azaltması pek olası değildir, Ancak çimlerin nematod beslenme zararını tolere etmesine yardımcı olabilirler. Nematod besleme baskısına yönelik çoğu kültürel uygulama kök sistemini arttırmayı amaçlamaktadır. Sulama: Tüm yıl boyunca derin ve seyrek sulama önerilir. Bu, bitkinin derin, sağlam kök sistemleri

üretmesini teşvik eder. Daha derin kökler kuraklık stresini ve yaz aylarında nematod zararının etkisini azaltır. Uzun süreli kuraklık/sıcaklık stresi dönemlerinde ilave sulama da çimlerin solmasını önlemede etkilidir. Gübreleme: Azot verimliliği, nematod beslenmesi nedeniyle strese giren çimler için çok önemlidir. Hafif ve sık nitrojen uygulamaları kök gelişimini artırır ve zararlı kök sistemlerinin sağlığını korumak için besin alımıyla mücadele ettiği stresli yaz dönemlerinde faydalıdır. Artan doğurganlık, beslenecek daha fazla kök dokusu olacağından nematod popülasyonlarının artmasına neden olabilir. Sonuçta, çim kalitesindeki iyileşmelere nematod popülasyon sayısından daha fazla değer verilmelidir. Biçme Yüksekliği: Yaz aylarında biçme yüksekliğinin arttırılması tavsiye edilir. Bu, bitkinin daha fazla enerji üretmesine ve nematodların kök sistemlerine vereceği zararın önlenmesine yardımcı olur. Golf sahasında yeşillik koymak için, dönüşümlü biçme ve yuvarlama, günlük çim biçme stresini hafifletmenin harika bir yoludur. Havalandırma: Sağlıklı bir kök sistemi için düzenli havalandırma gereklidir. Havalandırma, köklerin büyümesi için daha fazla gözenek alanı yaratır ve köklerdeki oksijen kullanılabilirliğini artırır. Bu nedenle çim çimleri, düzenli havalandırma yoluyla kök büyümesi için rizosferi optimize ederek nematod beslenmesinden kaynaklanan kök kaybına karşı koyabilir. Gölge: Gölgeyi azaltmak, yeterli güneş ışığı sağlayarak çimlerin nematod beslenmesinde hayatta kalmasına yardımcı olabilir. Güneş ışığı süresinin artması, nematod beslenmesini tolere etmek için daha fazla enerji üretir. Sağlıklı bir çimin korunması, çimlerdeki nematod zararını yönetmenin en iyi yoludur. Kuraklık dönemlerinde çimleri haftalık olarak sulayın ve doğurganlık seviyelerini yeterli tutun. Derin kök gelişimini teşvik etmek için derin ve seyrek sabah erken sulama yapılmalıdır. Toprak analizi yoluyla gübre ve kireç gereksinimlerini belirleyin. Kök sağlığını ve köklenme derinliğini artırmak için çimleri her bir ile iki yılda bir havalandırın. Son olarak çimlerdeki böcek ve hastalık sorunlarını yönetilmelidir. Kök sistemi nematodlardan hafif zarar görmüş sağlıklı bir çim, diğer stresler minimumda tutulursa hayatta kalabilir.



Şekil 1.Çimlerdeki kök patojenlerinden dolayı kurumalar, drenaj sorunlu alan

Kimyasal mücadele çimler üzerindeki etkilerini azaltmak amacıyla nematod popülasyonlarını yönetmek için kimyasal mücadele gerekebilir. Yeni nematisitler hem insan hem de çevre sağlığı açısından geçmiş nematisitlere göre daha güvenlidir. Ancak yine de dikkatli bir şekilde uygulanmaları gerekmektedir. Uzun süredir standart olan çim alanlarında Nemacur'un (fenamiphos) Ekim 2017'de bir çok ülkede her türlü kullanımı yasaklanmıştır. Nematisitlerin Mart-Haziran ayları arasında uygulanması tavsiye edilir. Nematod için ilkbaharda toprak sıcaklığı sürekli olarak 15^0C'nin üzerine çıkana kadar ilaçlama yapılmamalıdır . Araştırmamızda nematod mücadelesinde 1-2 iyi zamanlanmış uygulama yeterlidir. Ancak kök-ur nematodu, etkili olabilmesi için 1-2'den fazla uygulama gerektirebilecek çok sayıda nesil üretir. Kök zararının ilkbahar aylarında meydana gelmesi ve popülasyonların toprak profilinde nematisitlerin ulaşabileceğinden daha derin olması nedeniyle yaz ortasından sonuna kadar yapılan uygulamalar muhtemelen etkisizdir. Indemnify (fluopyram) gibi bazı ürünlerin kalıcılığı uzundur ve sonbaharın başlarında uygulandığında etkili olabilir. Tüm nematisit uygulamalarının en etkili olması için uygulamadan hemen sonra su ile sulanması gerekir. Her bir nematisit mevcut olabilecek tüm nematodları kontrol etmediğinden, nematisitler türler için önceki örneklemelere dayanarak kullanılmak üzere seçilmelidir. Belirli türlerin seçilmesinden kaçınmak ve ilaca karşı dayanıklılık göstermemesi için rotasyonda birden fazla nematisit sırasıyla döngülü kullanılmalıdır. Zararlı alanın kenarından 15-20 cm

daha derin olmayacak şekilde birden fazla toprak derinliğinden alınarak uygun örnekleme yapılır. Bir örnek için yaklaşık 10-20 farklı alandan alınması gereklidir. Örnekler nematod analizi için nematod laboratuarına gönderilmelidir. Bakım amacıyla örnekleme yapılıyorsa, tüm alanın zig-zag tarzında örneklenmesi tüm alanın iyi bir şekilde temsil edilmesini sağlayacaktır.

Sonuç olarak çim alanlarında birden çok nematod türü bulunmaktadır. Bazı nematodlar ektoparazit, hareketli endo parazit ve sabit endo parazit nematodlar bulunmaktadır. Bu golf ve futbol sahalarında nematod analizi yapılarak nematod türüne göre ilaçlama yapılmalıdır. Çünkü bazı nematodlar bahar aylarında bulunurken yaz aylarında bulunmamaktadır. Sıcaklıklar değişince bazı nematod türleri problem olabilmektedir. Kök ur nematodları ise devamlı bulunan nematodlardır. Bahar aylarında çimler iyi kök gelişiminin olduğu dönemlerde ilaçlama yapılmalıdır. İlaçlama yapılırken bir gün önce iyi bir şekilde sulama yapılmalıdır. Ertesi gün 5 dk temiz su 5-10 dk ilaçlama tekrar üzerine 5 dk ilaçlama yapılmalıdır. Çim alanları kum olduğu için 20 dk ilaçlamada ilaçlar 15-20 cm daha derine gidiyorsa süreleri kısa tutulur. İlaç kök sisteminin olduğu bölgede kalmalıdır. İlaçlamayı gübre verir gibi kullanılmalıdır. Kum alanlarında etkinliği sağlamak için dikkatli ilaçlama yapılmalı, aşırı su ile verilen ilaçların etkisiz olacağı göz ardı edilmemelidir.

REFERANSLAR

Beloshapkina, O. O., Katushova, M. S., & Kalashnikov, D. V. (2021). Improving methods for preventing diseases of pasture grasses and securing the quality of feedstuff. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 624, No. 1, p. 012150). IOP Publishing.

Chen, X.G. Identification of Parasitic Nematodes on Golf Course Turfgrasses in Guangdong. Ph.D. Thesis, Zhongkai University of Agriculture and Engineering, Guangzhou, China, 2017.

Couch, H.B. 1995. Diseases of Turfgrasses, 3rd edition. Krieger Publishing Company, Malabar, FL. 421 pp.

Crow, W.T. 2001, revised 2005. Nematode management for sod production in Florida. http://edis.ifas.ufl.edu/IN125.

Crow, W.T. 2005. Plant-parasitic nematodes on golf course turf. Outlooks on Pest Management 16:10-15.

Crow, W.T. Nematode management for golf courses in Florida. EDIS 2018. [CrossRef]

Crow, W.T.; Habteweld, A.W.; Bean, T. Mist chamber extraction for improved diagnosis of Meloidogyne spp. from golf course bermudagrass. J. Nematol. 2020, 52, 1–12. [CrossRef]

Elliott M L, Harmon P F, Datnoff L E and Stiles C M 2006 Disease Management In: University of Florida's Pest Control Guide for Turfgrass Managers (IFAS, Cooperative Extension Service) pp 17–23

Janati, S.; Houari, A.; Wifaya, A.; Essarioui, A.; Mimouni, A.; Hormatallah, A.; Sbaghi, M.; Dababat, A.; Mokrini, F. Occurrence of the root-knot nematode species in vegetable crops in Souss region of Morocco. Plant Pathol. J. 2018, 34, 308–315. [CrossRef]

Jordan, K.; Mitkowski, N. Population dynamics of plant-parasitic nematodes in golf course greens turf in southern New England. Plant Dis. 2006, 90, 501–505.

Katushova M S and Beloshapkina O O June 2019 The dominant composition of phytopathogenic fungi associated with fungal infections of the sports turf Agrar. Sci. 2 98–102

LaMondia, J.; Wick, R.L.; Mitkowski, N. Plant parasitic nematodes of New England: Connecticut, Massachusetts and Rhode Island. Sustainability in plant and crop protection. In Plant Parasitic Nematodes in Sustainable Agriculture of North America; Subbotin, S., Chitambar, J., Eds.; Springer: Cham, Switzerland, 2018.

Laughlin CW, Williams AS. 1971. Population behavior of *Meloidogyne graminis* in field-grown 'Tifgreen' bermudagrass. Journal of Nematology 3: 386-389.

Lucas, L.T. Population dynamics of Belonolaimus longicaudatus and Criconemella ornata and growth response of bermudagrass and overseeded grasses on golf greens following treatment with nematicides. J. Nematol. 1982, 14, 358–363. [PubMed] 16. Buckley, R.J.; Koppenhöfer, A.M.; Crow, W.T. Integrated approach to nematode management in turfgrass. Plant Pest Advis. 2008, 14, 4–7.

Lucas, L.T.; Blake, C.T.; Barker, K.R. Nematodes associated with bentgrass and bermudagrass golf greens in North Carolina. Plant Dis. Report. 1974, 58, 822–824.

McCarty L.B. 2001. Best Golf Course Management Practices. Prentice Hall, Upper Saddle River, NJ 672 pp.

McClure MA, Nischwitz C, Skantar AM, Schmitt ME, Subbotin SA. 2012. Root-knot nematodes in golf greens of the western United States. Plant Disease 96: 635-647.

Mcleod, R.W.; Reay, F.; Smyth, J. Plant Nematodes of Australia Listed by Plant and by Genes; NSW Agriculture: Orange, Australia, 1995.

Mwamula, A.O.; Lee, D.W. Occurrence of plant-parasitic nematodes of turfgrass in Korea. Plant Pathol. J. 2021, 37, 446–454.

Nelson E B 1998 Understanding seed treatments for turfgrass establishment Cornell Univer. Turfgrass Times 8((5)1) 4–7.

Oliveira SA, Oliveira CMG, Maleita CMN, Silva MFA Abrantes IMO, Wilcken SRS. 2018. First report of *Meloidogyne graminis* on golf courses turfgrass in Brazil. PLoS One 13: e0192397.

Perichi G. 2006. First report of *Meloidogyne graminis* (Nematoda: Tylenchida) in Venezuela. Fitopatología Venezolana 19: 17-18.

Ruscoe, P.E.; Stirling, G.R. Southern sting nematode (Ibipora lolii), a serious pest of turf grasses in Australia. A review of what can be learnt from research on Belonolaimus longicaudatus, a closely related pest of turfgrass and many crops in the United States. Australas. Plant Pathol. 2020, 49, 493–504. [CrossRef]

Sikora, E.J.; Guertal, E.A.; Bowen, K.L. Plant-parasitic nematodes associated with hybrid bermudagrass and creeping bentgrass putting greens in Alabama. Nematropica 2001, 31, 301–306.

Sledge, E. B. & Golden, A. M. (1964) Hypsoperine graminis (Nematode: Heteroderidae), a new genus and species of plant parasitic nematode. Proceedings of Helminthological Society of Washington, 31, 83 – 88.

Smiley, R.W.; Dernoeden, P.H.; Clarke, B.B. Compendium of Turfgrass Diseases, 2nd ed.; American Phytopathological Society: St. Paul, MN, USA, 1992.

Stackhouse, T.; Martinez-Espinoza, A.D.; Ali, M.E. Turfgrass disease diagnosis: Past, present, and future. Plants 2020, 9, 1544.

Stirling, G.; Stirling, A.; Eden, L. Plant-parasitic nematodes on turfgrass in Queensland, Australia, and biosecurity issues associated with the interstate transfer and eradication of southern sting nematode (Ibipora lolii). Australas. Plant Pathol. 2021, 50, 695–704.

Stowell, L.J.; Gelernter, W.D. Diagnosis of turfgrass diseases. Annu. Rev. Phytopathol. 2001, 39, 135–155.

Sturhan D. 1976. Outdoor occurrence of *Meloidogyne* species in western Germany. Nachrichtenblatt des Deutschen Planzenschultzdienstes 288: 113-117.

Uddin, M.K.; Juraimi, A.S. Salinity Tolerance Turfgrass: History and Prospects. Sci. World J. 2013, 2013, 409413.

Vandenbossche, B.; Viaene, N.; Sutter, N.; Maes, M.; Karssen, G.; Bert, W. Diversity and incidence of plant-parasitic nematodes in Belgian turfgrass. Nematology 2011, 13, 245–256. [CrossRef]

Walker, N.R.; Goad, C.L.; Zhang, H.; Martin, D.L. Factors associated with populations of plant-parasitic nematodes in bentgrass putting greens in Oklahoma. Plant Dis. 2002, 86, 764–768. [CrossRef] [PubMed]

Webber AJ, Fox JA. 1971. Variation in sex differentiation among single larval and single egg mass isolates of *Meloidogyne graminis*. Journal of Nematology 3: 332-333.

Wesemael W, Viaene N, Moens M. 2011. Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) in Europe. Nematology 13: 3-16.

Ye, W.; Zeng, Y.; Kerns, J.P. Molecular characterisation and diagnosis of root-knot nematodes (Meloidogyne spp.) from turfgrasses in North Carolina, USA. PLoS ONE 2015, 10, e0143556. [CrossRef

Zeng Y, Ye W, Martin B, Martin M, Tredway L. 2012. Diversity and occurrence of plant-parasitic nematodes associated with golf course turfgrasses in North and South Carolina, USA. Journal of Nematology 44: 337-347.

Zeng, Y.S.; Ye, W.; Martin, S.B.; Tredway, L. Diversity and occurrence of plant-parasitic nematodes associated with golf course turfgrasses in North and South Carolina, USA. Nematology 2012, 44, 337–347.

Zeng, Y.S.; Ye, W.; Tredway, L.; Martin, S.; Martin, M. Taxonomy and morphology of plant-parasitic nematodes associated with turfgrasses in North and South Carolina, USA. Zootaxa 2012, 3452, 1–46.

Zhuo K, Hu MX, Wang HH, Tang ZL, Shao XY, Liao JL. 2011. Identification of *Meloidogyne graminis* on golf greens. Prataculturae Sinica 20: 253-253.