

TARIM, ORMAN VE SU BİLİMLERİNDE İLERİ VE ÇAĞDAŞ ÇALIŞMALAR



Editörler
Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER
Doç. Dr. Selçuk DUMAN



**TARIM, ORMAN VE
SU BİLİMLERİNDE
İLERİ VE ÇAĞDAŞ
ÇALIŞMALAR**

Editörler

Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER

Doç. Dr. Selçuk DUMAN



TARIM, ORMAN VE SU BİLİMLERİNDE İLERİ VE ÇAĞDAŞ ÇALIŞMALAR

Editörler. Prof. Dr. İbrahim CENGİZLER, Doç. Dr. Selçuk DUMAN

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek

Kapak ve Sayfa Tasarımı: Duvar Design

Baskı: Aralık 2023

Yayıncı Sertifika No: 49837

ISBN: 978-625-6585-92-8

© Duvar Yayınları

853 Sokak No:13 P.10 Kemeraltı-Konak/İzmir

Tel: 0 232 484 88 68

www.duvar yayinlari.com

duvarkitabevi@gmail.com

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1.....7

Tarım ve Kuraklık İlişkisi

Adem ÖZKAN

Bölüm 2.....17

Burdur Gölü Havzasına Ait Bir Alt Havzada GeoWEPP ve Geotekstil Yöntemi
Kullanılarak Erozyon Durumunun Belirlenmesi

İbrahim DURSUN, Ahmet Alper BABALIK

Bölüm 3.....42

Kitosanın Bitki Yetiştiriciliğinde Kullanım Alanları ve Etki Mekanizmaları

Ayşe Nur ŞAVKAN, Ayşe ÇANDAR

Bölüm 482

Simmental İneklerin Süt Verim Özelliklerine ait Genetik Parametreler

Abdulhalik DEMİRGÜÇ, Aziz ŞAHİN

Bölüm 599

Farklı Rakımlarda Yetiştirilen Ceviz Çeşitlerindeki

Toplam Flavonoid Düzeylerinin İncelenmesi

Çağlar Mert AYDIN

Bölüm 6105

Birleşmiş Milletler 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına Uyum

Bağlamında Ormancılık Politikalarının İrdelenmesi

Eda GÜLBAY, Damla YILDIZ, Ufuk COŞGUN

Bölüm 7135

Tarımsal Veriler Işığında Sürdürülebilir Su Yönetimi:

Makine Öğrenmesi Tahmin Modelleri

Didem GÜLERYÜZ, Erdemalp ÖZDEN

Bölüm 8154

Toprakların Oluşumu Ve Genetik Oranlarının İlişkisi

Duygu BOYRAZ ERDEM

Bölüm 9163

Küresel ve Ulusal Perspektiften
Organik Tarıma Genel Bir Bakış
Harun SOLHAN, Emrah KUŞ

Bölüm 10180

Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Analitik Hiyerarşi Süreci ile Orman
Yangını Risk Analizi: 2021 Yılı Büyük Orman Yangınları Örneği
*Esra EREN, Tuğçe BİROL, Nergis NEHTEPAROV,
Buket DERE, Emre ÖZELKAN*

Bölüm 11200

Türkiye’de Sürdürülebilir Balıkçılık Hakkında Bir Değerlendirme
Fahrettin YÜKSEL, Mehmet Zülfü ÇOBAN

Bölüm 12217

Sulama Suyunun Fiyatlandırılması ve Çiftçilerin
İlkim Değişikliği Adaptasyonu
Fırat ARSLAN

Bölüm 13..... 224

Su Ürünlerinin Tazelik Kalite Değerlendirmesinde Yeni Teknikler
Gülderen KURT KAYA, Fahrettin YÜKSEL

Bölüm 14237

Tuzla Çayı (Türkiye) Zooplanktonunun Mevsimsel Değişimi
Hilal BULUT

Bölüm 15.....247

Farklı Tuz (NaCl) Konsantrasyonlarında Kolza (*Brassica Napus L.*)
Çeşitlerinin Tohum Çimlenme Performanslarının Karşılaştırılması
Murat ÇAVUMİRZA, İsmail DEMİR

Bölüm 16260

Su Kalitesini Etkileyen Faktörler:
Ağır Metaller ve Toksisitesi
Kahraman SELVİ

Bölüm 17275

İmazamox Ve Penoxsulam + Cyhalofob-Butyl Etkili Maddeli Herbisitlerin
Biyolojik Etkinliklerinin Belirlenmesi
Koray KAÇAN

Bölüm 18290

Sülfat Pişirme Yönteminde Kullanılan Sodyum Borhidrür'ün Kenevir
(*Cannabis Sativa L.*) Kâğıt Hamuru Özelliklerine Etkisinin Araştırılması
Nasır NARLIOĞLU, Nihat Sami ÇETİN, Nilgöl ÇETİN

Bölüm 19305

Sebzelerde Görülen Mildiyö Hastalığına Karşı
Biyolojik Mücadele Olanakları
Nuray ÖZER

Bölüm 20329

Mantar Yetiştiriciliğinde Hastalık ve Zararlıların Kontrolünde Biyolojik
Yöntemler
Nurhan ÖZTÜRK

Bölüm 21341

Ana Arı Kalite Kriterleri
Ömer ERTEN, İbrahim ŞEKER

Bölüm 22357

Beyhan Baraj Gölü (Elazığ) Zooplanktonunun Zamansal Değişimleri
Serap SALER, Kenan ALPASLAN, Gökhan KARAKAYA

Bölüm 23371

Geç Ekiminin Makarnalık Buğday (*Triticum Durum L.*) Genotiplerinin
Fizyolojik, Kalite Ve Verim Özelliklerine Etkisi
Canan Günen, Seval ELİŞ, Mehmet Yıldırım, Ferhat KIZILGEÇİ

Bölüm 24383

Fungusların Nematisidal Metabolitleri
Şerife Evrim ARICI, Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR

Bölüm 25403

Türkiye'nin Akdeniz Bölgesine Özgü Bal Arısı
(*Apis Mellifera L.*) Genotiplerinde Hijyenik Davranış Karakterinin
Belirlenmesi
Ulviye KUMOVA

Bölüm 26432

Serada Ölçüm Yapan Algılayıcıların Doğruluğunun
İç Ortam İklimine Etkisi
Sedat BOYACI

Bölüm 27.....443

Afetler ve Çözüm Önerileri:
Depremlerin Yaban Hayatına Etkileri Üzerine
Şengül AKSAN

Bölüm 28.....458

Baraj Gölü Su Varlığını Etkileyen Etkenler:
Atikhisar (Çanakkale) Örneği
Sedanur GÜVEN, Emre ÖZELKAN

Bölüm 1

Tarım ve Kuraklık İlişkisi

Adem ÖZKAN¹

Giriş

Doğal bir doğa olayı olan yağışın uzun yılları içine almak suretiyle, yağması beklenen yağış ortalamasından düşük değerde gerçekleşmesi ile ortaya çıkan doğal bir iklim olayına **kuraklık** adı verilmektedir. Bu anlamda dünyada, küresel ölçekte karşılaştığımız en büyük sorunların başında görülmektedir. Hayatımızın fiziksel ve doğal çevre, kent yaşantısı, ekonomik kalkınma, teknolojik gelişmelerin yaşama etkisi, tarım ve gıda, sağlıklı temiz su ve sağlık hizmetleri gibi her alanında kendini göstermektedir. Kuraklığın hayatın içerisindeki etki durumu, süresi ve zamanının tahmin edilmesi pek mümkün görülmemektedir. Bu etkinin nasıl olacağı ve gerçekleşme durumu arasında temel unsur insan faktörü olmuştur. Yerküredeki küresel ısınmanın etkisi ile oluşan kuraklığın meydana getirdiği etkiler, ekonomik, sosyal ve çevresel etkileri şeklinde gelişmektedir. Kuraklık ile değişik iklim şartlarında karşılaşılabilir. Bununla birlikte bölgelerin kuraklığa karşı hassasiyeti ve etkinliği bölgeler arasında farklılıklar bölgeye gösterebilir.

Kuraklığın etkileri ilk olarak tarım sektöründe görülmektedir. Daha sonra ise tarıma ve suya bağımlı diğer sektörleri etkilemektedir. Tarımsal üretim için temel unsurları; toprak, tohum, insan ve iklim gibi özelliklerdir. Bunlar içerisinde iklim dışında kalan diğer unsurlar genel anlamda kontrol ve ıslah edilebilir niteliktedir. İklim elemanların unsurları ve özellikle üretim aşamasında etki derecesi, en büyük etki olan yağış faktörüdür. Zamana ve alanlara göre büyük değişiklikler oluşabilmektedir.

Tarımda kuraklığın negatif etkilerini, alınacak birtakım tedbirler ve yapılacak doğru planlamalarla azaltma imkânı vardır. Yağışların devamlılığını ve sürdürülebilirliğini sağlayarak, yağış rejimi ve su miktarını artırmak mümkün olmasada, kuraklıktan kaynaklanan olumsuzların sonucunu azaltmak insanoğlunun elinde olduğunu gerçeği bilinen bir gerçekliktir. Bu çalışmada kuraklığa neden olan faktörler ile bu etkinin düşürülmesi amacıyla, önleyici tedbirler ve bir takım korunma yol ve yöntemlerin anlatılması ve belirlenmesi amaçlanmıştır.

¹ Öğr. Gör., Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü, Karaman, aozkan@kmu.edu.tr. ORCID: 0000-0003-3043-0338

Kuraklık

Birçok araştırmacıya göre en önemli doğal afetlerin başında kuraklık olduğu bilinmektedir. Kurak iklimler ile bölgelerdeki nem eksikliği değişkenlikleri sonucu ürün yetiştirmede zorluklar meydana gelmektedir. Doğanın görebileceği belki de en büyük tehlike olan kuraklık, yağışların azalması ile oluşmaktadır. İklım değişkenlerin etkisi ile yüksek sıcaklık, kuvvetli rüzgâr ve düşük nem değeri gibi birçok değişkenlerin etkisindedir. Yerküre üzerinde görülebilen kuraklık etkisi bir doğa olayıdır. Türkiye’de ve Orta Anadolu’da yeraltı sularının çekilmesi sonucu meydana gelen obruklar kuraklığın belirtileri olan işaretlerdir.

İnsanların yaşama için suya bağımlı yaşama olmasından dolayı toplum üzerinde ciddi anlamda çevresel, ekonomik ve sosyal sorunlar ortaya çıkmasına yol açmıştır. Kuraklık; meteorolojik kuraklık, sosyo-ekonomik kuraklık, hidrolojik kuraklık ve tarımsal kuraklık olmak üzere kısımda incelenebilir (Kaplıhan, 2013). Bunlar;

1-Meteorolojik kuraklık: Uzun zaman dilimi içerisinde normal yağışların belirgin bir Şekilde azalması Şeklinde meydana gelmektedir. Bölgeler arasında nem azalmasına bağlı olarak farklılık tarzda kendini gösterebilir.

2-Tarımsal kuraklık: rn retimi yönünden etkili olan faktörler arsında, en fazla dikkat çekeni toprakların su içeriğidir Toprakta bitki beslenmesi için gerekli oranda su bulunmaması tarımsal kuraklık olarak adlandırılır. Bu kuraklıkta, toprakta su kaybı esastır. Su kaynaklarının yetersiz olması durumda ortaya çıkar. Tarımı yapılan ürünün gerekli maddeleri toprakta yeteri kadar olmaması, yeterince gelişimini sağlayamayacağını ve büyümemesi sonucunda verim düşüklüğü kayıplarına neden olacaktır. Bu sadece bitkiler yetiştirilmesi için değil, aynı zamanda hayvanların yetiştirilmesi için de tehlike bir duruma sevk edecektir. Herhangi bir bölgede yağış az miktarda olsa bile, bitki kök bölgesi yaşam alanı içerisindeki toprakta bitkinin gelişmesini sürdürebilecek kadar su miktarı yeterli ise, burada tarımsal kuraklıktan söz etmek mümkün değildir.

3-Hidrolojik kuraklık: Meteorolojik kuraklığın uzun yıllar boyunca sürmesi ile hidrolojik kuraklıktan bahsedilir. Uzun süren yağış miktarındaki azalmasıdaki kaynak rezervi, hidrolojik sistemin bileşenleri vasıtasıyla oluşur. Su kaynaklarında su seviyesinde ani bir Şekilde gelişen bir düşüşe sebebiyet verir. Bu nedenle insan yaşamı ihtiyaı için gerekli suya erişememe, bitkinin yeterli suyu bulamama ve hayvanların yetiştirilmesi, yaşamını sürdürebilmesi için suyun teminindeki sıkıntılar birlikte, büyük bir tehlikeyi ortaya çıkaracaktır. Meteorolojik kuraklık tamamlandıktan sonra hidrolojik kuraklık varlığını sürdürebilir.

4-Sosyo-ekonomik kuraklık: Yağışlardaki miktarın azalması sonucu gelişen ve üretimin ihtiyaı karşılayamadığı süreçte, bunların topluma zarar verecek

noktaya ulaşması durumu, sosyo-ekonomik kuraklık olarak açıklanabilir (Kaplunan, 2013; Anonim, 2022; Wilhite ve Glantz, 1985; Mengü ve ark., 2011).

Türkiye’de Durum

Yaklaşık 78 milyon hektar olan yüzölçümü ile Türkiye’de, yıllık yağış ortalaması yaklaşık 574 mm civarındadır. Bu ortalama yağış miktarına göre Türkiye üzerinde bulunan alanlara yılda ortalama 450 milyar m³ su düşmektedir. Teknik ve ekonomik şartlar içerisinde, çeşitli kullanım için tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yılda ortalama yaklaşık 94 milyar m³’tür. 18 milyar m³ olarak belirlenen mevcut yeraltı suyu potansiyeli varlığı ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı su potansiyeli varlığı yılda ortalama toplam 112 milyar m³ değerindedir. Bu suyun 57 milyar m³’ü kullanılabilir durumdadır. (Tablo 1), (Anonim, 2023).

Tablo 1. Su Kaynakları Potansiyel varlığı (Anonim, 2023)

Yıllık ortalama yağış	574	mm/yıl
Türkiye’nin yüzölçümü	783.577	Km ²
Yıllık yağış miktarı	450	milyar m ³
Yıllık yüzey akışı	186	milyar m ³
Kullanılabilir yüzey suyu	94	milyar m ³
Yıllık çekilebilir su miktarı	18	milyar m ³
Toplam Kullanılabilir Su (net)	112	milyar m ³
Sulama Suyu		44 milyar m ³
İçme-Kullanma ve Sanayi Suyu		13 milyar m ³
Toplam Kullanılan Su		57 milyar m ³

Ülkemizde kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 2020 yılında, 1346 m³ değerindedir. Türkiye, kişi başına kullanılabilir su potansiyelinin azalması ve su stresi baskısı ile yaşayan ülkeler içerisinde yer almaktadır. (Kaplunan, 2013; Anonim, 2023). Tüketilen bu suyun yaklaşık % 76’si tarımsal sulamada, % 12’si konutlarda ve yaklaşık %12’si ise sanayide tüketilmektedir.

Suyun tasarruflu tüketilmesi ve optimum bir şekilde kullanılması önemli hale gelmiştir. Bu bağlamda depolamalı tesislerin tercih edilmesi su kaynakları potansiyelinin artırılması açısından faydalı olacaktır. İşletmelerde kullanılan sulama su kayıplarının engellenmesi etkin ve verimli kullanılması gerekmektedir. Toprak içerisinde küçük veya büyük birçok boşluklar olabilmektedir. Yağmur veya sulama suları toprak yüzeyine geldiğinde, yer çekimi etkisi ile büyük boşlukları takiben alt katlara doğru sızmaya başlamaktadır. Su altı katmanlara sızarken, kendi hacmi kadar havayı dışarı doğru iter.

Yağış ve sıcaklık rejimleri değişmesi sonucu yeraltı kaynaklarının beslenmesi şeklini de değiştirdi. Yoğunluğu düşük, uzun süreli yağan yağmurları arzu edilmektedir. Kısa süreli ve şiddetli yağış durumunda ise toprak yapımız aşınmaya karşı duyarlı olması sebebi ile erozyonu da beraberinde getirmektedir.

Türkiye orta kuşak ülkeleri arasında, yıl içinde yağışlı kış ve kurak yaz dönemleri olmak üzere farklı iki dönemi yaşayan durumundadır. Türkiye yıllık toplam yağışlarının %35'ini kış aylarında aldığı gerçeğidir (Kapluhan, 2013). Bunu ilkbahar ve sonbahar takip ederken, yaz aylarında ise bu değer %11'e seviyelerinde gerçekleştiğini görmekteyiz. Türkiye'de toplam işlenen arazinin varlığı yaklaşık %82'sinde, yıllık toplam yağış miktarı 500 mm'nin altında olduğu nedeniyle gerçeği kuru tarım uygulama yöntemi yapılması kaçınılmaz bir gerçektir. (İşler ve Kılınç, 2016)

Dünya üzerindeki 35 milyon km³ tatlı su kaynağının sadece % 0,3'ü ekosistem ve insani yaşantısı için gerekli tüketime uygun tatlı su kaynaklarını içermektedir. Türkiye'de ise bu anlamda toplam 95 milyar m³ yüzey suyundan % 9 oran civarında istifade edilmektedir. Türkiye'nin nüfusun artması ile ihtiyaç duyacağı su miktarı varlığının, önümüzdeki 25-30 yıl içerisinde, günümüz su tüketiminin 3 katı gibi değere ulaşacağı öngörülmektedir (Soy ve ark., 2017).

Tarımsal üretim için yeterli olacak miktarda su, toprak, güneş ışığı ve sıcaklığa gereksinim vardır. Tarım sektöründe kuraklığın ne kadar önemli olduğu üreticiler tarafından iyi bilinmektedir. Diğer sektörlerden daha farklı süreç içerisinde oluşmaktadır. Çünkü bitkilerin yetiştirilmesi amacıyla yıl içerisinde yağan toplam yağıştan daha çok, büyüme ve gelişme dönemlerinde bitki kök bölgesinde bulunması gereken su daha önemlidir. Bu bağlamda bitkilerin çimlenmesi ile birlikte toprak yüzeyinde kendini gösterememesi ve gelişme döneminde ihtiyaç duydukları suyun toprakta ulaşamama, tarımsal kuraklık olarak nitelendirilmektedir (Flannery, 2005).

Dünyamızdaki sıcaklık artışına bağlı olarak, atmosferde yer alan nem miktarında artışın olması ve bunun sonucunda yerküre üzerine yağması kesindir. Burada temel durum bu yağışın zaman ve mekân açısından eşit bir şekilde homojen dağılmamasıdır. Bazen yağmurlar bazı yerlere beklenmedik zamanlarda yağarken, diğer taraftan da bazı yerlere hiç yağış düşmeme gerçeğidir. Özellikle bu coğrafik yapı özellikleri ve iklim çeşitliliğe sahip ülkelerde yağışın rejiminin değişim analizlerini incelemek, bölgesel veya havza temelli çalışmalarda atılacak adımlarda fayda sağlayacaktır.

Nüfus yoğunluğu hızla artması sonucu beldeler, il merkezi, büyükşehirler ve büyüme hızı, su tüketim alışkanlıklarını değiştirmekte, bu da su kaynaklarının temini ve korunması üzerinde önemli bir baskı beraberinde getirmektedir. Nüfusun giderek artması sonucu su ihtiyacı ve iklim değişikliğinin ortaya

çıkardığı olumsuzluklar dikkate alındığında, gerekli tedbir alınmadığı sürece sorunların gitgide büyüyeceği kesindir. Su kaynaklarının muhafazası, suyun ekonomik tüketilmesi ve yağmur suları ile özellikle arıtılmış atık suların park ve bahçe sulamada vb. yeniden kullanılmasına imkân sağlayacak tesislerin devreye alınması ağırlık gerekmektedir.

İklimi yarı kurak olan Türkiye’de yaşanan kuraklıkların birçok nedenle ilişkilendirilir. Bunların başında, iklim değişiminin getirdiği sonuçlar, yağışların meydana geldiği yerlerle, suya ihtiyacın bulunduğu yerlerin birbirinden farklı ve uzak mesafelerde olmasından kaynaklanmaktadır. Ayrıca insanların ihtiyacı olan sağlıklı su içme, sağlıklı su kullanma ve sulama suyu kalitesi, gün geçtikçe azalmaktadır. Temel sebep artan sanayiye bağlı olarak atık maddelerin ortamlara yayılması ve diğer çevre kirlilikleri neticesinde düşmekte ve su havzaları korunamamaktadır.

Kuraklık, tarımsal üretimin yapılması ve üretim geliri açısından en önemli risk kaynaklarından birisini oluşturmaktadır. Kuraklık ile karşı karşıya kalma gibi durumlar, ürün verimini azaltması yanında, çiftçilerin işlediği veya hasat edilen arazisini düşürebilir. Hayvancılıkta et ve süt verimini düşürebilir ve yem, sulama suyu gibi üretim girdilerinin artmasına neden olabilir (Anonim, 2013; Wallander, 2017). Diğer taraftan çiftçiye sosyo-ekonomik açıdan kısıtlar getirebilir. Arazilerin ticari değerlerinin düşmesi yanında, çiftçilerin üretimden uzaklaşması anlamını da taşımaktadır (Soy ve ark., 2013; Özkan, 2021).

İklim değişikliği getirdiği sonuçlar, insan odaklı faaliyetler sebebiyle meydana gelirken, atmosferin bileşimindeki gazların etkisi veya arazi kullanımındaki değişiklikler neticesinde oluşabilmektedir (Soy ve ark., 2013). İklim değişikliğinin olması ve buna bağlı olarak kuraklık-taşkın gibi doğal afetlerin getirdiği süre ve şiddetindeki artışlar beklemek muhtemeldir.

Kuraklığın nedenlerini şu şekilde özetlenebilir;

- Tüm su kaynaklarının yok edilmesi ve kurutulması.
- Yeraltı su kaynaklarının bilinçsiz bir şekilde harcanması
- Ormanlık alanların tahrip ve yok edilmesi.
- Yağmuru etkilemesi mümkün bitki örtüsünün korunamaması
- Sanayi tesislerinde geri dönüşüm tesislerinin bulunmaması
- Sanayi tesislerinin atıklarının değerlendirilmesinin eksikliği , verimli toprakların konut ve sanayi kuruluşlarına terk edilmesi.
- Tarım arazilerinde yapılaşmaya müsaade edilmesi
- Taşıt sayısının artması sonucu egzozların vermiş olduğu gaz emisyonu
- Sanayi fabrikalarının atmosfere yaydığı zehirli gazlar.
- Yağış düzeninin etkilenmesini sağlayan birtakım nedenler.

- insanların doğaya verdiği zararların sonucu küresel ısınmanın hızlanması.
- İnsanlara toprak, iklim ve çevre bilincinin tam olarak verilmemesi (Özkan, 2021).

Kuraklığın Tarıma Olan Etkisi

Küresel anlamda gıda ürünlerinin sürekli ve kesintisiz bir şekilde sağlanması görevi gıda sektöründedir. Yaşamsal bir öneme sahip olan tarım sektörünün birçok sorunları bulunmaktadır. Değişen iklim şartlarına bağlı olarak yaşanan kuraklık gerçekliğidir. Tarımı etkileyen bu tarımsal kuraklık doğrudan veya dolaylı bir şekilde gelişirken tarımsal ürün kayıpları ve verimliliğin azalmasına neden olmaktadır. Kuraklığın tarım sektörüne etkilerini iki kısımda ele alınabilir. Bunlar; doğrudan ve dolaylı etkilerdir.

a) Doğrudan etkileri

- 1.Su kaynaklarındaki azalma eğilimi
- 2-Kuru tarım alanları içerisinde yetiştirilen bitkilerin gelişme dönemlerinde yağışın az olması ve verim kaybının olması
- 3-Bitkilerde kuraklık stresi
- 4-Toprakta nem kaybı

b) Dolaylı etkileri

- 1-Yeterli suya erişim sıkıntısı,
- 2-Sulama suyunun kalitesinin düşüklüğü,
- 3-Topraklarda çoraklaşma,
- 4-Toprak organik maddesi azlığı,
- 5-Toprak yapısında bozulmalar,
- 6-Bitki çeşitliliğinde değişiklikler,
- 7-Kırsal kesimden şehirlere göç.

Tarımsal kuraklığın ürün kalitesini ciddi oranda etkilemesi yanında; yaşam kalitesi ve ekonomisi tarıma dayalı olan bölgeler için riskleri içinde barındırmaktadır. Kuraklığın yaşandığı bölgelerde tarımsal üretimi olumsuz yönde etkilemesi; yağışların beklenen düzeyin altında kalması, düzensiz yağış rejimleri, artan nüfusla birlikte, su kaynaklarının kontrolsüz ve plansız kullanımından dolayı verim kayıpları görülmesi kaçınılmaz hale gelmektedir (Anonim, 2022).

Sonuç Ve Öneriler

Türkiye'nin üç tarafının denizlerle çevrilidir. Bunun yanında, dağların birbiriyle uzanışı ve yeryüzü şekillerinin farklılıklar göstermesi, değişik özellikte iklim şekillerinin oluşmasına neden olmaktadır. Gerçekleştirilen iklim analizlerinin neticesinde mevsimler ve bölgeler arasındaki büyük farklılıklar

görülmektedir. Türkiye'nin yıllık ortalama toplam yağış miktarı değişimi kurak ve ıslak dönemlerin birbirini izlediği görülmektedir. Türkiye, iklim sınıflandırmaları içerisinde yarı kurak ve kurak bölgelerin görüldüğü geniş bir alan yelpazesi içerisinde yer almaktadır.

Tarımsal kuraklığın getirdiği bir sonuç da çevresel, ekonomik ve sosyal hayat üzerindeki negatif etkilerini düşürmek ve sürdürülebilirliği sağlamak gerekmektedir. Paydaşların bir araya gelerek kırsal alanda; su yönetimi bilincinin yerleştirilmesi, sulama yatırımlarının programlanması, su tasarrufu sağlayan yeni sulama tekniklerinin yaygınlaştırılması, kapalı boru sistemleri genişletilmelidir. İyi tarım uygulamaların sağlanması ve yaygınlaştırılması kuraklığa dayanıklı yeni bitkiler geliştirilmesi, yaygınlaştırılması, hastalık ve zararlılarla zirai mücadele, mera otlatma planlarının düzenlenmesi, arazi toplulaştırma, ekonomik ve sosyal hayatı içine alan desteklerin organize edilmesi, iklim değişikliği ile ilgili eğitimin tüm eğitim kurumlarında yaygınlaştırılması olmalıdır. İlköğretim çağındaki çocuklara farkındalık ve proje çalışmalarının yapılması amaçlanmalıdır. Kırsal alanda çalışanlara tarımsal desteklerin yönlendirilmesi, su kullanımını kısıtlamaları ve acil eylem planının uygulanmasına yönelik her türlü tedbir ve faaliyetleri almaktır (Kaplukan, 2013; Anonim, 2013).

Tarımsal kuraklığın etkilerini azaltmak amacıyla mevcut uygulanmakta olan politikaların ve eylem planlarında, politika ve proje önerilerinin uygulayıcılara, çiftçilere ve tüm paydaşlara aktarılmalıdır.

Tarımda temel girdilerin başında sulama ve gübreleme gelmektedir. Üretici daha fazla su verdiğinde daha fazla ürün alacağını düşünmektedir. Farkındalık ve bilincinin yaygınlaşması sağlanmalıdır. Bitkinin ihtiyacı kadar miktarda ve zamanında sulama suyunun kontrollü bir şekilde verilmesi gerekir. Suyun ihtiyaçtan fazla kullanımının önüne geçilmeli ve gerektiğinde önleyici yasal bir takım yasal düzenlemeler hayata geçirilmelidir.

İklim değişikliği ve kuraklığın oluşumu, tarımsal üretimdeki verim düşüşüne neden olmaktadır. Bu etkilerini ve su rezervleri üzerindeki baskısını azaltarak, tarım sektörünün iklim değişimine uyumunu sağlamak, çevre ve doğal kaynakların etkin bir şekilde kullanımı ve sürdürülebilirliğini sağlamaktır.

Kamuoyuna yönelik çalışmalarını geliştirmek ve iklim değişimine uyumun oluşması amacıyla, tüm paydaşların iş birliği içerisinde sağlamak gerekmektedir.

Kuraklığa dayanıklı bitki çeşitlerinin yaygınlaşması gerekmektedir. Böylece, koruyucu tarım, iyi tarım uygulamaları, organik tarım gibi uygulamalardır. İklim değişikliğinin etkilerinin yıldan yıla arttığı günümüzde, kuraklığın azaltılması ve etkin mücadele programı uygulanması gerekmektedir. Tarım sektörünü kuraklıktan en az etkilendiği bir tarımsal yapı konumuna getirmektir.

Kuraklık ve su yönetimi konularının küçük yaşlarda bireylerin tarım eğitimi ile çiftçi eğitimlerinde ağırlık verilmesi, uzun dönemde kuraklıkla mücadelede daha etkin ve daha çok yararlı olacaktır.

Kuraklığa yönelik tedbirler tüm dünyada olduğu gibi Türkiye’de de alınması ve politikalar geliştirilmesi zorunludur. Düzenleyici, denetleyici ve destekleyici olan bu politikaların ciddi anlamda hassasiyetle üzerinde durulmalıdır. Sulamada, üretimde geleneksel yöntemler yerine modern yöntemler kullanılmaya geçilmelidir. Tarımsal otomasyon sistemleri uygulanmalı ve teşvik edilmelidir. Gerekli görülen hallerde çiftçiye yol gösterecek sistemler aktarılması sağlanacaktır. Tarım sektöründe çalışanlara ekim yaptıkları tarım topraklarının özellikleri öğretilmeli ve bu topraklara uygun ekonomik tarım bitkileri seçilmeli, modern sulama yöntemleri hakkında uygulamalar teşvik edilmelidir.

Önümüzdeki ve gelecek dönemde artmaya devam edecek su ihtiyacının karşılanması için, atık su arıtma kapasitesi artırılmalıdır.

Tarımsal sulamada akıllı sayaç kullanımı gereklidir. Bununla kuraklık tehlikesine karşı, su kaynaklarının daha verimli kullanımını sağlanabilecektir. Böylelikle gereğinden fazla su tüketimi kısıtlanmış olacaktır (Akkaya ve Soy, 2022).

Tarımsal kuraklık ortaya çıkaracağı etkileri konusunda; toplum ve kamuoyu bilinç düzeyinin artırılması amacıyla, etkin bir mücadele programları uygulanabilir.

Kaynaklar

- Akkaya, O.S., Soy,H. (2022).Tarımsal Sulama Uygulamaları için Akıllı Su Sayacı Tasarımı. *NEÜ Press* Cilt:2 Sayı:1. s. 28-34 E-ISSN: 2792 0577. DOI: 10.54486/fivezero.2022.13
- Anonim, (2021). T.C. Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Türkiye Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı (2013-2017) Ankara. 2013 –
https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Belgeler/Duyurular/2013_2017_Kuraklik_Eylem_Planı.pdf (Access date: 01 December 2023).
- Anonim, (2022). Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü Türkiye Tarımsal Kuraklıkla Mücadele Stratejisi ve Eylem Planı (2023-2027) (2022)
<https://www.tarimorman.gov.tr/TRGM/Belgeler/0TARIMSAL%20%C3%87EVRE%20VE%20DO%20C4%9EAL%20KAYNAKLARI%20KORUMA%20DA%20C4%B0RE%20BA%20C5%9EKANLI%20C4%9EI/Yay%20C4%B1nlar%20C4%B1z/Tar%20C4%B1msal%20Kurakl%20C4%B1kla%20Mu%20CC%88cadele.pdf>
- Anonim, (2023). “Soil and Water Resources”,
<http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm>, (Access date: 8 November 2023).
- Flannery Tim (2005), İklimin Efendileri, *Klan Yayınları*, İstanbul
- İşler, N. ve Kılınç, M., (2016). Tarla Tarımı, *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları*, Hatay, 184s.
- Kapluhan, E., (2013). Drought and Drought in Turkey Effect of Agriculture). *Marmara Coğrafya Dergisi* Sayı: 27, Ocak - 2013, S. 487-510
- Mengü, G. P., Süer, A. N. A. Ç., & Özçakal, E. (2011). Kuraklık yönetim stratejileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 48(2), 175-181.
- Özkan, A. (2021). Agriculture and Drought. *Journal of Multidisciplinary Engineering Science Studies (JMESS)* ISSN: 2458-925X Vol. 7 Issue 12, December-2021
- Soy, H., Dilay, Y., & Koçer, S. (2017). A LoRa-based Low Power Wide Area Network Application for Agricultural Weather Monitoring. *International Journal of Science and Engineering Investigations*, 6(71).
- Soy, H., Dilay, Y., Aydın, C., & Bayrak, M. (2013). Reducing Agricultural Water Consumption in Konya Plain with the Help of Wireless Sensor and Actuator Networks. Ulusal Kop Bölgesel Kalkınma Sempozyumu 14-16 Kasım 2013 Konya.
- Wallander, S., Marshal, E. ve Aillery, M., (2017). “Farmers Employ Strategies to Reduce Risk of Drought Damages”, *Unites States Department of Agriculture, Economic Research Service*.

https://ageconsearch.umn.edu/record/264878/files/https_www_ers_usd_a_gov_amberwaves_2017_june_farmers-employ-strategies-to-reduce-risk-of-droughtdamages___WgnFJk4_OAx8_pdfmyurl.pdf (Access date: 26 November 2021).

Wilhite, D.A, M.H Glantz. (1985). Understanding the drought phenomenon-the role of definitions, *Water International* 10: 111–120.

Bölüm 2

Burdur Gölü Havzasına Ait Bir Alt Havzada GeoWEPP ve Geotekstil Yöntemi Kullanılarak Erozyon Durumunun Belirlenmesi

İbrahim DURSUN¹

Ahmet Alper BABALIK²

Özet:

Erozyon ölçümlerinin hem maliyetli hem de zaman alıcı olması birçok erozyon ölçüm yönteminin gelişmesine neden olmuştur. Çalışmamızın temelini oluşturan geotekstil denemeleriyle erozyon ölçümü de bu erozyon ölçüm yöntemlerinden birini teşkil etmektedir. Ayrıca geotekstil denemelerinden elde edilen veriler, GeoWEPP modeli ile elde edilen veriler ile kıyaslanmıştır. Bu araştırmada, farklı arazi kullanım şekilleri olarak belirlenen tarım, orman, mera alanlarında geotekstillere deneme parselleri kurulmuştur. Çalışmada, toprak kayıpları, sedimentin belirlenmesi ve elde edilen sonuçların gözlenen sediment değerleriyle karşılaştırılması hedeflenmiştir. Bununla birlikte, anakaya, arazi kullanımı, eğim ve bakı faktörleri dikkate alınarak 52 alt havzadan 1 model havza seçilmiştir. Çalışmanın sonucunda, geotekstil parsellerin kurulduğu model havzadaki toplam erozyon ilk yıl 3.17 ton/ha/yıl, ikinci yıl 2.56 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. GeoWEPP modeli ile yıllık ortalama toprak kaybı model havzaya kurulan deneme parsellerinde 2189.7 ton/yıl, birim alan (ha) bazında meydana gelen kaybının ise toplamda 16.70 ton/ha/yıl, yıllık ortalama sediment veriminin 0.362 ton/ha/yıl olduğu tahmin edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Arazi kullanım durumu, erozyon, geotekstil, sediment verimi

Abstract:

The fact that erosion measurements are both costly and time consuming has led to the development of many erosion measurement methods. Erosion measurement with geotextile trials, which forms the basis of our study, constitutes one of these erosion measurement methods. In addition, the data

1- ¹ Dr. Öğr. Üyesi; Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü ibrahimdursun@isparta.edu.tr ORCID: 0000-0003-2261-1112

2- Prof. Dr.; Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü alperbabalik@isparta.edu.tr ORCID: 0000-0001-9365-1088

obtained from geotextile trials were compared with the data obtained with the GeoWEPP model. In this research, test plots were established with geotextiles in agricultural, forest and pasture areas determined as different land use types. In the study, it was aimed to determine soil losses, sediment and to compare the results obtained with the observed sediment values. In addition, 1 model basin was selected from 52 sub-basins by considering bedrock, land use, slope and aspect factors. As a result of the study, total erosion in the model basin where geotextile plots were installed was calculated as 3.17 tonnes/ha/year in the first year and 2.56 tonnes/ha/year in the second year. With the GeoWEPP model, it was estimated that the annual average soil loss was 2189.7 tonnes/year in the trial plots established in the model basin, the loss occurring on the basis of unit area (ha) was 16.70 tonnes/ha/year in total, and the annual average sediment yield was 0.362 tonnes/ha/year.

Keywords: Land use status, erosion, geotextile, sediment yield

1. Giriş

Toprak yerküre üzerinde yaşama katkı sunan en değerli ve en önemli doğal kaynakların başında gelmektedir. Toprak erozyonu, toprak parçacıklarının rüzgar ve su gibi etkenler aracılığıyla buldukları ortamdan koparılarak aşınması, taşınması ve birikmesi gibi jeomorfolojik süreçlerin sonucunda oluşmaktadır (Othman vd., 2023; Achu ve Thomas, 2023). Dik ve engebeli topografik yapı, bilimsellikten uzak yanlış tarım uygulamaları ve aşırı otlama gibi faktörler toprak erozyonuna neden olmaktadır (Singh ve Kansal, 2023).

Tarım ve ormancılığın sürdürülebilir gelişiminde önemli bir etkiye sahip olan toprağın bozulumu, önemli bir çevre kirliliğine neden olmaktadır (Pamukoğlu ve Babalık, 2015; Pamukoğlu ve Atay, 2021). Toprak erozyonu, arazi verimi üzerine olumsuz etkisi, dere ve akarsulardaki sedimantasyon, bitki ve hayvan çeşitliliğindeki azalma, barajların ömürlerini azaltması vb. nedenlerle havza ekosistemleri üzerindeki en önemli tehditlerdendir (Gelagay ve Minale, 2016; Pamukoğlu ve Kırkan, 2018). Ayrıca toprak erozyonu, arazi kaybına neden olmakla beraber endişe verici küresel bir sorun olarak da kabul edilmektedir. İnsan faaliyetleri sonucunda bugün dünya çapında yaklaşık 4 milyon hektar toprak, bozuluma uğramış ve 1903 milyon hektar alanda ise erozyon meydana gelmiştir (Pal, 2016).

Türkiye’de ise her yıl toprak erozyonu sonucunda maksimum 642 milyon ton toprak yer değiştirmektedir. Alansal olarak ortalama toprak kaybının ise 8.24 ha ton⁻¹ olduğu düşünülmektedir (Erpul vd., 2018). Küresel ölçekte erozyon durumu ile karşılaştırıldığında Türkiye’de meydana gelen toprak kaybı, dünya

ortalamasının altında yer alırken Avrupa birliğinin ise yaklaşık 3.5 kat üzerinde toprak kaybına uğramaktadır (Panagos vd., 2015).

Ülkemizde DEMİS (Dinamik Erozyon Modeli ve İzleme Sistemi) verilerine göre; ülke yüz ölçümünün %60.28'sinde çok hafif, %19.13'ünde hafif, %7.93'ünde orta, %5.97'sinde şiddetli ve %6.7'sinde çok şiddetli erozyon görülmektedir. Bu veriler incelendiğinde arazi kullanım durumu açısından yer değiştiren toprağın, %38.71'i tarım, %4.17'si orman ve %53.66'sı ise mera arazi kullanımlarından oluşmaktadır (Erpul vd., 2018).

Toprak erozyonu ile mücadelede yönetsel strateji ve planların oluşturulması için havza ölçeğinde erozyonun ölçülmesi önemli bir konudur. Toprak erozyonunun modellenmesi ile değişen ekolojik koşullar altında bir sahanın toprak kaybı, nicel olarak tahmin edilebilmektedir. Son yıllarda, erozyon süreçlerini temsil etmek ve ölçmek için çeşitli modeller geliştirilmiştir. Bu modeller kullanıcılara farklı zaman ve mekânsal ölçeklerde erozyon hızını ve sediment verimini belirlemede büyük kolaylıklar sağlamaktadır. Bu modellerin kullanımı, girdi verilerinin mevcudiyetine veya yeterliliğine bağlıdır (Renschler ve Harbor, 2002; Merritt vd., 2003; Dursun, 2022; Achu ve Thomas, 2023). En yaygın olarak kullanılan fiziksel bazlı modellerden birisi araştırmanında temelini oluşturan WEPP (Su Erozyonu Tahmin Projesi) modelidir.

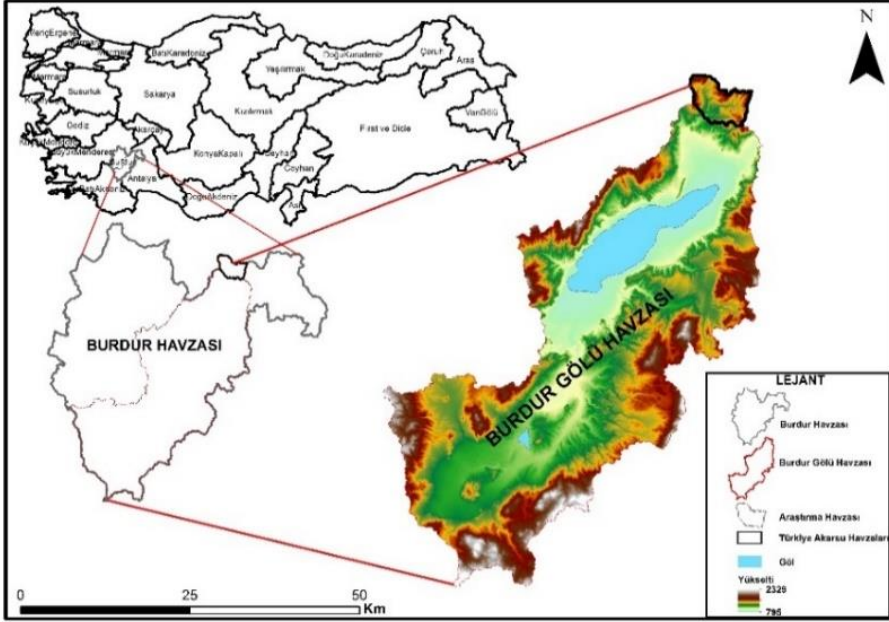
WEPP modeli, birçok bilim insanı ve arazi yöneticisi tarafından tarım, orman ve mera arazi kullanımlarından kaynaklanan yüzeysel akış ve toprak erozyonunu tahmin etmek için kullanılan süreç tabanlı hidrolojik bir erozyon modelidir (Lafren vd., 1997). Ülkemizin farklı yörelerinde Reis vd. (2012); Erdoğan Yüksel vd. (2016); Özalp vd. (2017); Dotal ve Reis (2020); Demir vd. (2017) ve Dursun (2022) gibi araştırmacılar tarafından toprak kaybı tahmininde WEPP modeli başarı ile kullanılmıştır.

Bu çalışmanın amacı, Burdur Gölü Havzasının bir alt havzası olarak belirlenen 1 numaralı alt havzada meydana gelen erozyon süreçlerinin geotekstillerle yersel ölçümünü yapmaktır. Ayrıca bu yersel ölçümleri GeoWEPP ile erozyon tahmini yaparak karşılaştırmaktır. Havza bazlı planlama ve gerekli koruma önlemlerinin alınabilmesi için üst toprak erozyon şekillerinin mekânsal, zamansal ve sayısal olarak bilgileri gereklidir. Bu bilgilerin edinimi ile havzadaki yöneticilere, mühendislere ve karar vericilerin planlamalarında ayrıntılı bilgi sahibi olmalarına yardımcı olacaktır.

2. MATERYAL

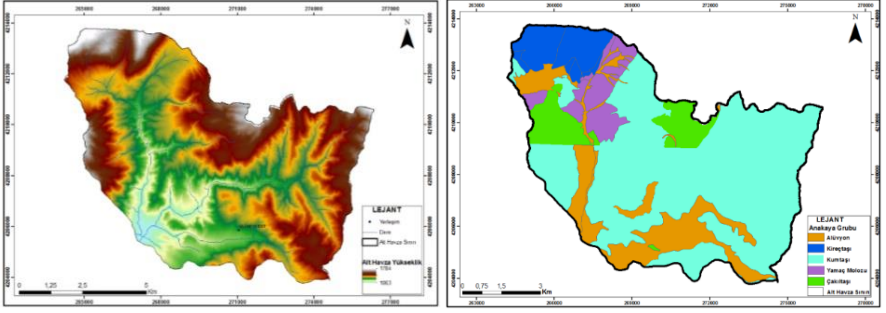
Burdur Gölü Havzası, Türkiye'nin güneybatı kesiminde, Batı Akdeniz Bölümü'nde, Burdur Havzası içinde bir alt havza olup 37° 8' – 38° 2' kuzey

enlemleri ile 29° 39' – 30° 33' doğu boylamları arasındadır. Araştırma sahasını oluşturan 1 numaralı havza Burdur Gölü Havzasının alt havzasıdır. 1 numaralı model havza, Isparta ili Güneykent beldesi sınırları içerisinde yer almakta olup, model havza Burdur il merkezine yaklaşık olarak 65 km mesafede bulunmaktadır (Dursun, 2022). Havzanın alanı yaklaşık 7550.0 ha'dır (Şekil 1).



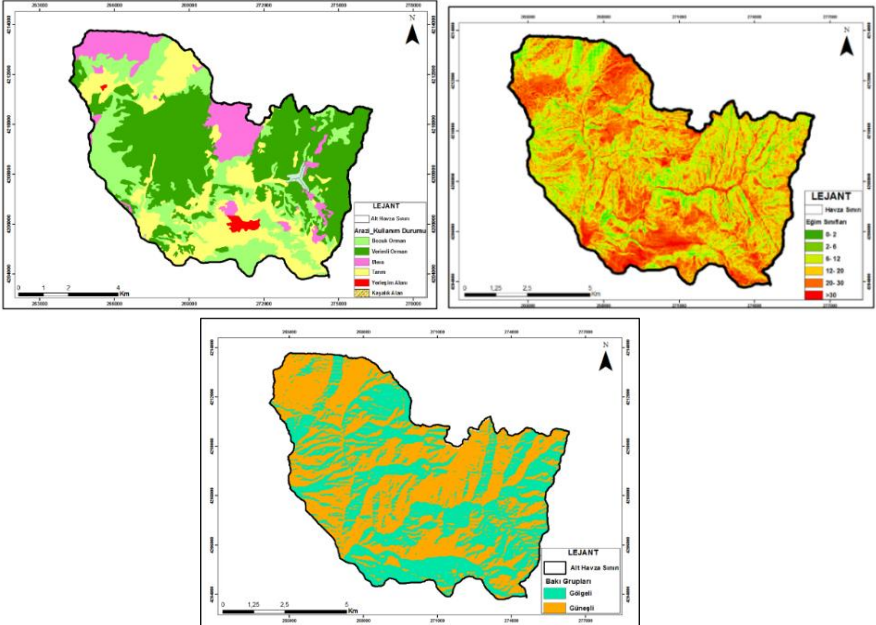
Şekil 1: Araştırma Havzasının Konumu

Araştırma havzasına ait yükselti ve jeoloji haritası Şekil 2'de verilmiştir. Yükselti haritasına bakıldığında, havzanın en düşük noktası 1063 m ve en yüksek noktası ise 1784 m'dir. Model havzada ortalama yükselti 1333.70 m'dir. Havzanın jeolojik yapısı incelendiğinde, alanda alüvyon, kireçtaşı, kumtaşı, yamaç molozu, çakıltası ve melanj olmak üzere altı farklı anakaya grubunun olduğu belirlenmiştir. Havza alanınının 4575.47 ha'ı (%61.33) kumtaşı anakayası üzerinde gelişen topraklardan oluşmaktadır. Model havzada en az yer kaplayan anakaya ise 498.59 ha (%6.70) ile yamaç molozu olarak belirlenmiştir.



Şekil 2: Yükseklik Sınıfları ve Anakaya Sınıfları Haritası

Model havzadaki farklı arazi kullanım şekillerinin dağılımı ve havzada eğim ve bakı sınıfının oranları Şekil 3'te verilmiştir. Havzada toplam alanın %65.24'ünü orman alanları, %11.72'sini mera alanları ve %22.06'sını tarım alanları oluşturmaktadır. Araştırma alanının, eğim haritasına göre, en fazla eğimin %12-20 eğim grubundan oluştuğu, en az eğim > %30 eğim grubundan oluştuğu tespit edilmiştir. Ortalama eğim ise %14.04 olarak belirlenmiştir. Model havzada güneşli bakılar gölgeli bakılara nazaran daha fazla yer kaplamaktadır.



Şekil 3: Arazi Kullanımı, Eğim ve Bakı Sınıfları Haritası

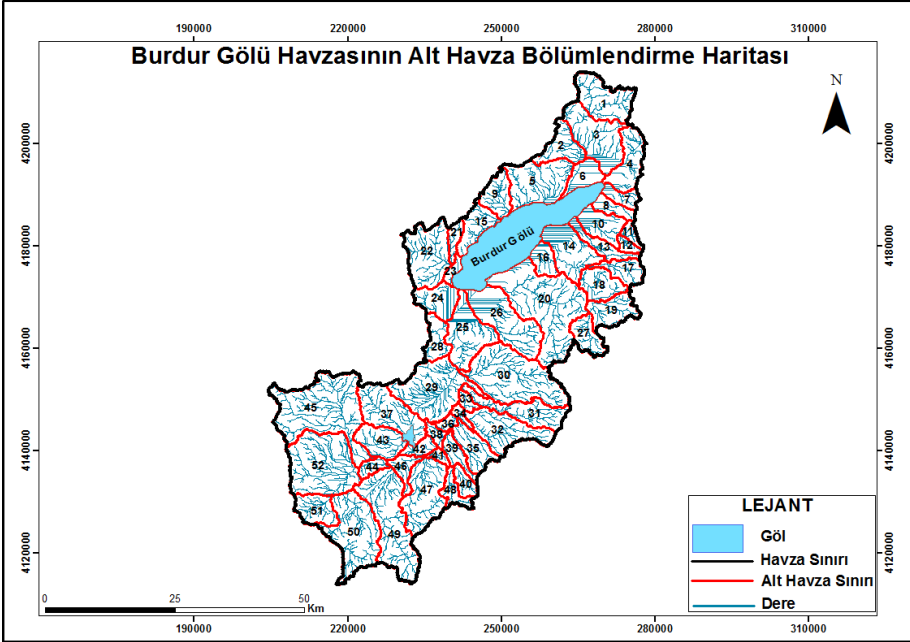
2.2. Yöntem

2.2.1. Model Havzanın Tespitinde CBS Kullanımı

Araştırma alanını oluşturan alt havzanın hesaplanmasında kullanılan veriler, ArcGIS 10.2 programıyla yapılmıştır. Bu çalışmada, SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) uzaktan algılama verisi ile SYM (Sayısal Yükseklik Modeli) üretilmiştir. SRTM verileri ile üretilen SYM, topoğrafik haritaların sayısallaştırılmasında kullanılan modeller gibi kullanılmaktadır (ESRI, 2004; Dursun ve Babalık, 2023a).

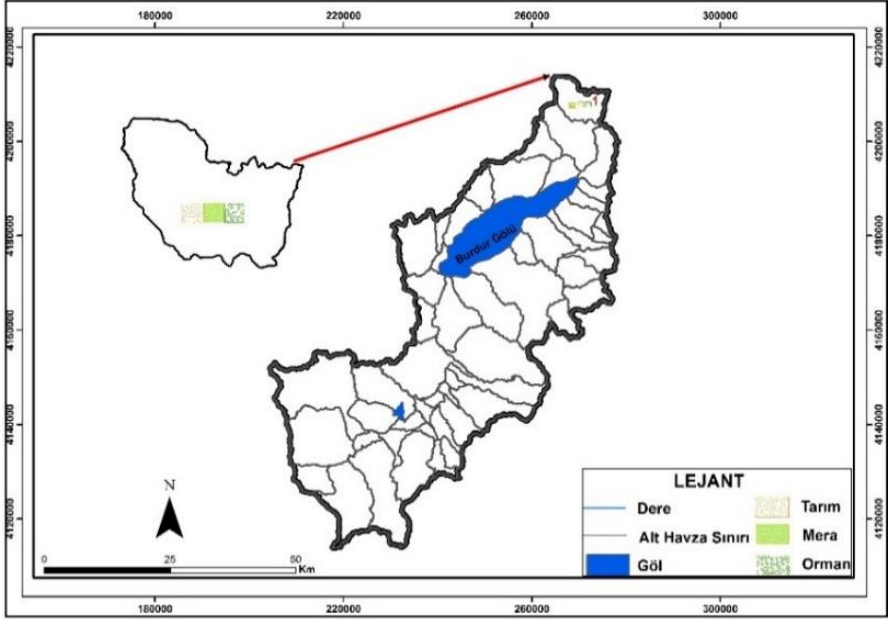
Burdur Gölü Havzası, SYM kullanılarak ArcHydro modülü aracılığıyla Strahler (1964) metoduna göre hiyerarşik sıralama yöntemiyle oluşturulmuştur (Özhan, 2004; Görgülü ve Göl, 2021).

Çalışmada havza, ArcHydro modülü kullanılarak 52 alt havzaya ayrılmış ve bu havzalar arasından 1 numaralı havza araştırma alanı olarak belirlenmiştir. 1 nolu alt havza Burdur Gölü Havzasının Sarıdere alt havzası ve Keçiborlu deresi alt havzası kesişimindeki havzadır (Şekil 4).



Şekil 4: Burdur Gölü Havzası Alt Havza Bölümlendirme Haritası

Daha sonra anakaya, arazi kullanımı, eğim ve baki gibi faktörler dikkate alınarak model havza seçilmiştir. 2019-2021 yıllarında havzada 3 farklı arazi kullanımında geotekstil parseller kurularak ölçümler gerçekleştirilmiştir (Şekil 5).



Şekil 5: Havzada Geotekstil Parsellerin Konumu

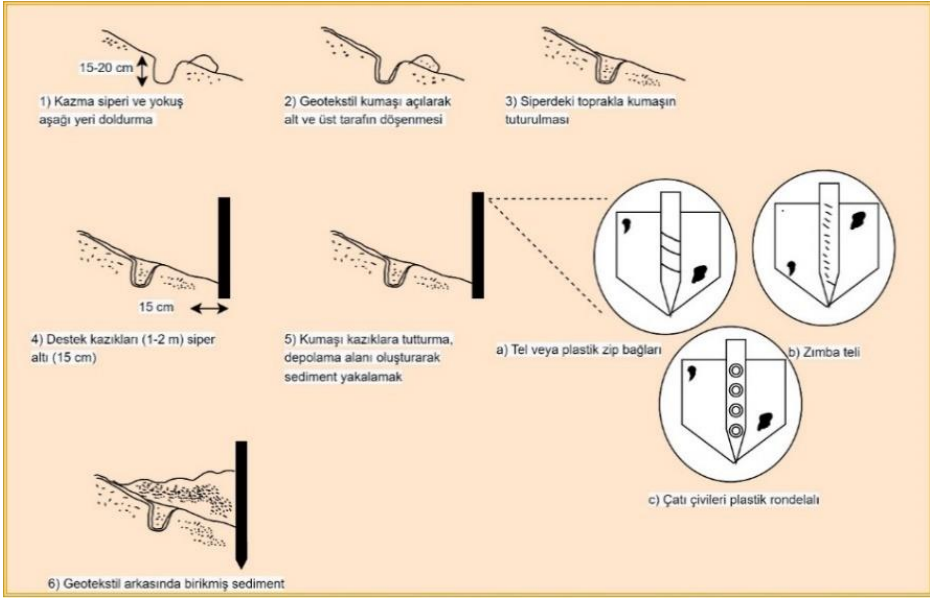
2.2.2. Geotekstil malzeme ile erozyonun ölçülmesi

Geotekstil, parsel denemeleriyle toprak kaybının belirlenmesinde kullanılan, kurulumu basit ve az bir maliyet gerektiren bir ölçüm aracıdır. Yamaç arazilerde oldukça doğru sonuçlar verdiği bilinen bir yöntemdir (Reis vd., 2012; Dursun ve Babalık, 2023b). Genel olarak geotekstiller 3 ile 15 m arasında, yamaç eğimine karşı şekilde kurulmaktadır. Arazi üzerinde kurulan geotekstil için üst eğim sınırı 5 ile 61 m arasında değişmektedir. Geotekstil önündeki biriktirme alanı 15 m²'den 930 m²'ye kadar değişmektedir (Robichaud ve Brown, 2002).

Geotekstiller, parsellerin merkezine kurulmaktadır ve bu kurulum için gerekli olan malzemeler geotekstil kumaşı, kürek, kazma, balyoz, kazıklar, tel zımbadır. Geotekstili gömmek için açılan çukur 15-20 cm derinliğinde açılmaktadır. Sonrasında açılan çukurların uçları geotekstilden akışı önlemek ve akıştan kaçınmak için yokuş yukarı kıvrılarak kurulmaktadır. Arazide kazılan toprak, hendeğin yokuş aşağı tarafına geri doldurulmak için tekrar kullanılmaktadır. Geotekstil hendeğin dibini ve yokuş yukarı tarafını kaplayacak şekilde yayılmaktadır. Kazılan toprak, hemen hendeği geri doldurmak için kullanılmaktadır (Robichaud ve Brown, 2002; Dursun ve Babalık, 2023b).

Deneme parselleri, kurulan alanda 5 m genişlik ve 20 m uzunluk olacak şekilde 100 m² alanda kurulmuştur. Her bir arazi kullanım durumuna (tarım-orman-mera) 100'er m²'lik parseller kurulmuştur. Bu deneme alanında toprak özellikleri, anakaya, eğim faktörü eşit kabul edilip bitki yönetim faktörü de göz

önünde bulundurularak hesaplamalar yapılmıştır. Sahada uygulanan geotekstil uygulamasının şeması Şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6: Model Havzaya Geotekstil Parsel Kurulumu

2.2.3. GeoWEPP

GeoWEPP, Purdue Üniversitesi, Tarım Araştırma Servisi ve USDA Ulusal Toprak Erozyon Araştırma Laboratuvarı ile iş birliği içinde geliştirilmiş bir jeo-uzamsal erozyon tahmin modelidir (Renschler ve Flanagan, 2002). GeoWEPP programı; CBS, WEPP ve TOPAZ programlarını entegre eden ve özellikle büyük yağış havzaları için uygulama imkanları sunan en son WEPP teknolojisidir. GeoWEPP arayüzü, karmaşık verilerin düzenlenmesini kolaylaştırmaktadır (Garbrecht ve Martz, 1999; Erdoğan Yüksel vd., 2016). GeoWEPP, WEPP tepe eğimi parametreleştirmesinin SYM, arazi örtüsü ve toprak haritaları gibi sayısal veri kaynaklarına ve pratik değerlendirme amacıyla ve karar desteği için bir CBS ortamında görüntülenip analiz edilmesi ve sayısal çıktılara dayanmasına izin verecek şekilde geliştirilmiştir (Renschler, 2003; Minkowski ve Renschler, 2012).

GeoWEPP, WEPP’de kullanılan su havzalarını tanımlamak için CBS verilerini kullanır. GeoWEPP, bir havza ölçeğinde dijital veri çıktılarının işlenmesi, üretilmesi, bir zaman serisinde toprak erozyonu üretiminin ve sedimentlerin birikmesinin görselleştirilmesi için bir platform sağlamaktadır (Renschler ve Zhang, 2020). Bu nedenle, havzaları tanımlamak için ArcGIS ve

ilişkili Spatial Analyst uzantısı gereklidir. Bir ESRI (Çevresel Sistemler Araştırma Enstitüsü) ArcGIS 10x uzantısı olarak GeoWEPP, kullanıcının WEPP tepe eğimi senaryo simülasyonları için topografya, toprak, arazi kullanımı ve iklim dosyalarını önceden işlemesine olanak tanımaktadır (Melaku vd., 2018). GeoWEPP’de gerekli girdi dosyaları arazi örtüsü, arazi kullanımı, eğim, iklim, toprak ve arazi yönetimi verilerini içermektedir.

GeoWEPP, pikseller yani raster altlığıyla çalışmaktadır. Altlık haritalar olan SYM, toprak ve arazi kullanım haritaları aynı piksel boyutlarında olup ASCII formatında programa girilmektedir (Erdoğan Yüksel, 2015; Yıldırım, 2019).

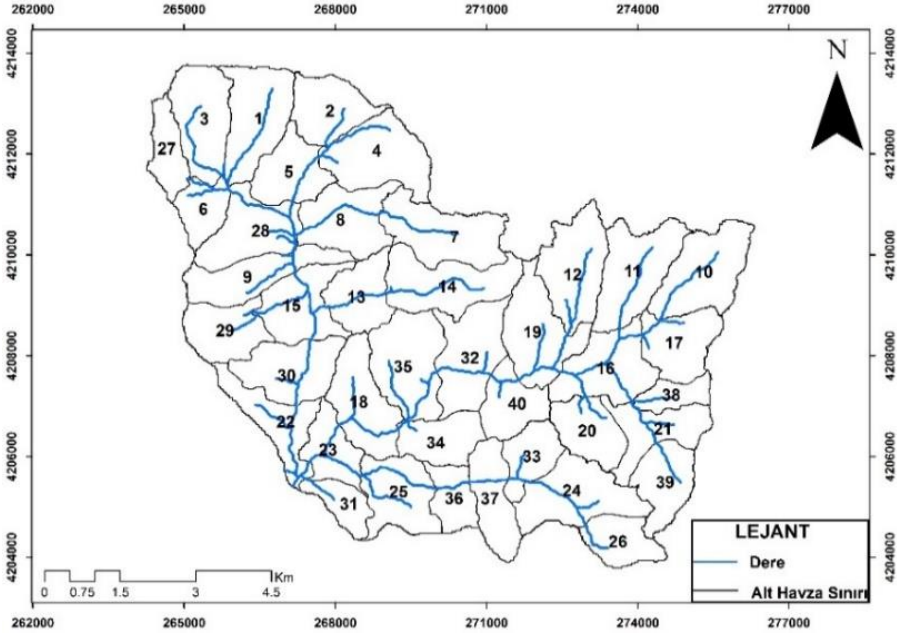
GeoWEPP, topografik parametreleştirme TOPAZ yöntemini kullanarak, havzayı ve alt havzalarını SYM dışında tanımlar. TOPAZ’da kanal ağları, minimum kaynak kanal uzunluğu (MSCL) ve kritik kaynak alanı (CSA) olmak üzere iki temel faktöre dayalı olarak oluşturulur. Bu parametrelerin her ikisi de SYM’nin çözünürlüğüne bağlıdır (Garbrecht ve Martz, 1999).

Minkowski ve Renschler (2012)’ye göre, CSA için varsayılan değer 5 ha ve MSCL için 100 m’dir. Zhang vd. (2009) ve Yüksel vd. (2007) SYM çözünürlüğü 30 m olarak göz önüne alındığında, MSCL 100 m olarak seçilmiş ve CSA 5 ha olarak belirlemişlerdir.

GeoWEPP hesaplamalarında, yamaç ve kanal toprak kayıpları (erozyon miktarı) toplanıp sediment iletim oranı ile çarpılarak alanların sediment verimi (ton/yıl) bulunmaktadır (Mou ve Meng, 1982; Xu, 2008).

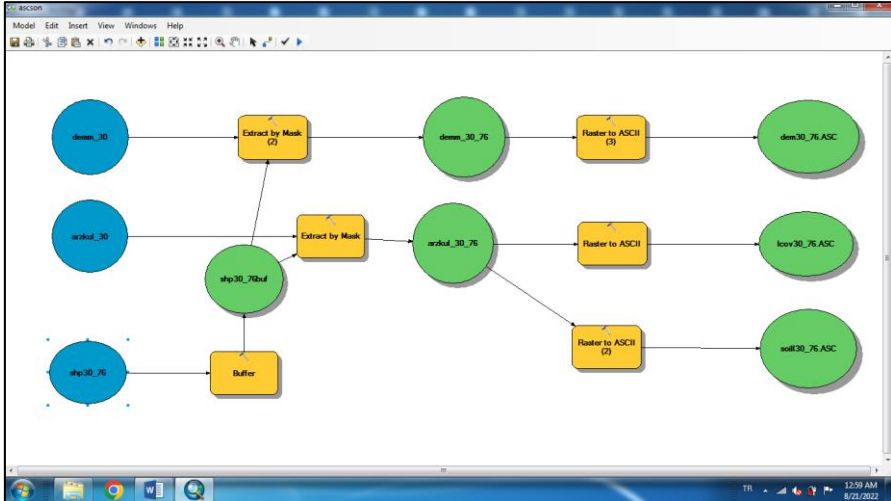
GeoWEPP modelinin uygulanması aşamasında aşağıdaki adımlar izlenmiştir:

1. Çalışma alanı alt havzalara ayrılmıştır: WEPP modelinin uygulanmasındaki zorluklardan birisi, çalışma alanının büyüklüğünün kısıtlanmasıdır. Bu nedenle havza ArcGIS yazılımındaki ArcHydro modülü eklentisiyle 40 alt havzaya ayrılmıştır. Ardından model, bu alt havzaların her biri < 260 ha olacak şekilde, bir daha alt havzalara ayırıp, tüm alt havzalar için ayrı ayrı çalıştırılmıştır (Şekil 7).



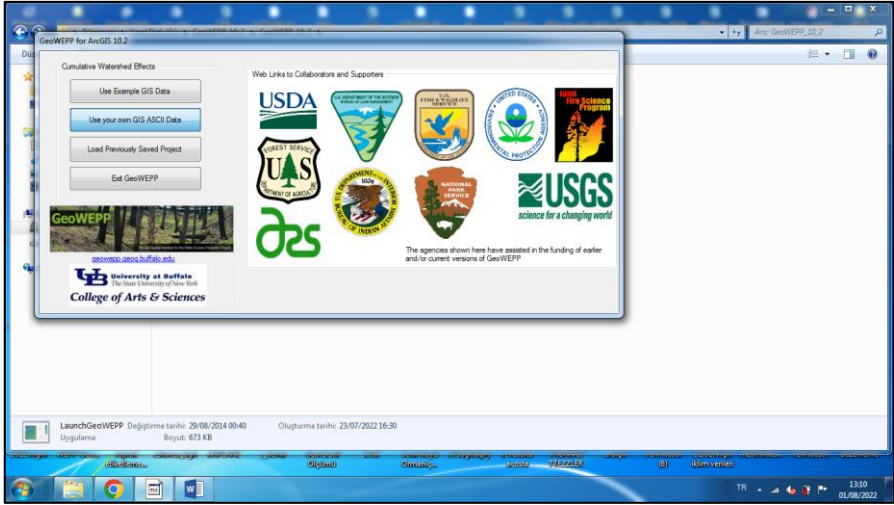
Şekil 7: GeoWEPP Programının Uygulandığı Alt Havzalar

2. Her bir model havzanın alt havzasına ait ascii dosyaları oluşturulmuştur. Her bir alt havzaya ait SYM (dem.asc), arazi kullanımı (landcov.asc) ve toprak verileri (soil.asc) raster formatından ascii formatına dönüştürülmüştür. Bu işlem adımları ArcGIS yazılımındaki model kurucu kullanılarak Şekil 8’de gösterilmiştir.



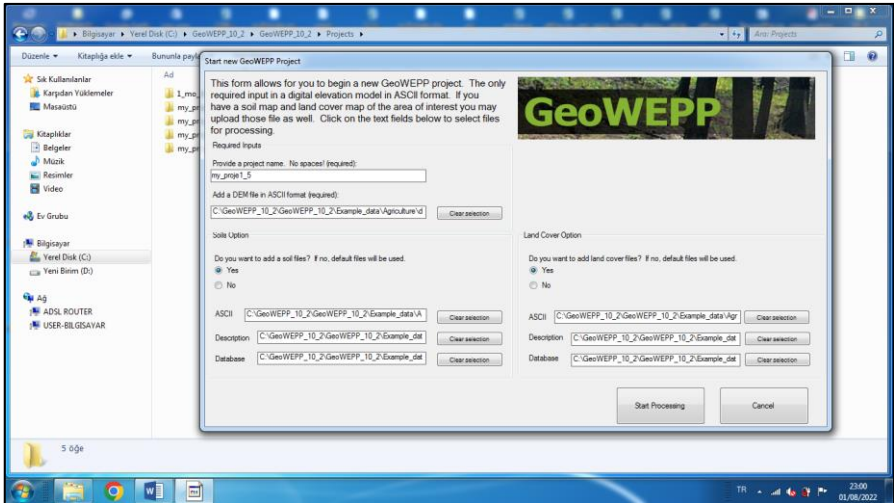
Şekil 8: ASCII Dosyalarının Model Kurularak Oluşturulması

3. GeoWEPP modeli açılarak ve model ara yüzündeki CBS'de ürettiğimiz kendi ASCII verileri seçilmektedir (Şekil 9).



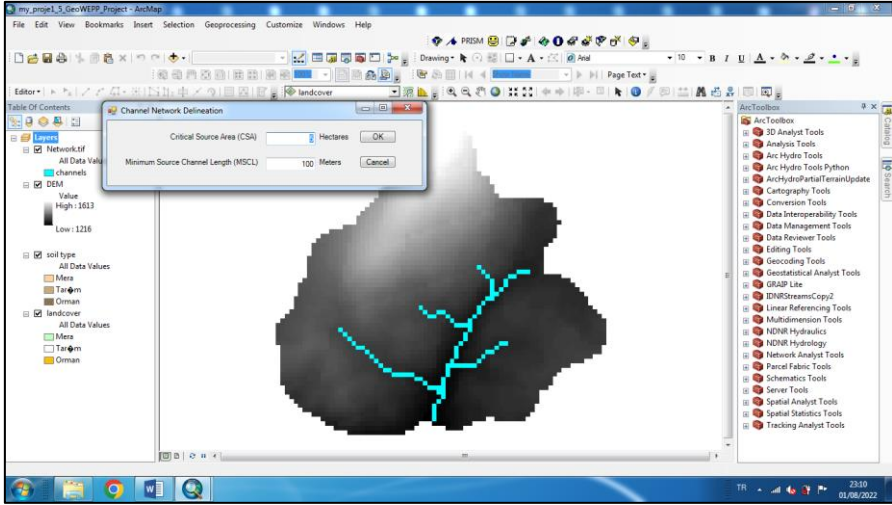
Şekil 9: Modelin Çalışma Kapsamında Elde Edilen Veriler ile Yürütülmesi Aşaması

4. Modelin çalışmasında gerekli olan veriler, seçilerek bu işlem tamamlanmaktadır. Bu aşamada seçilen dosyalar asc ve text dosyalarıdır (Şekil 10).



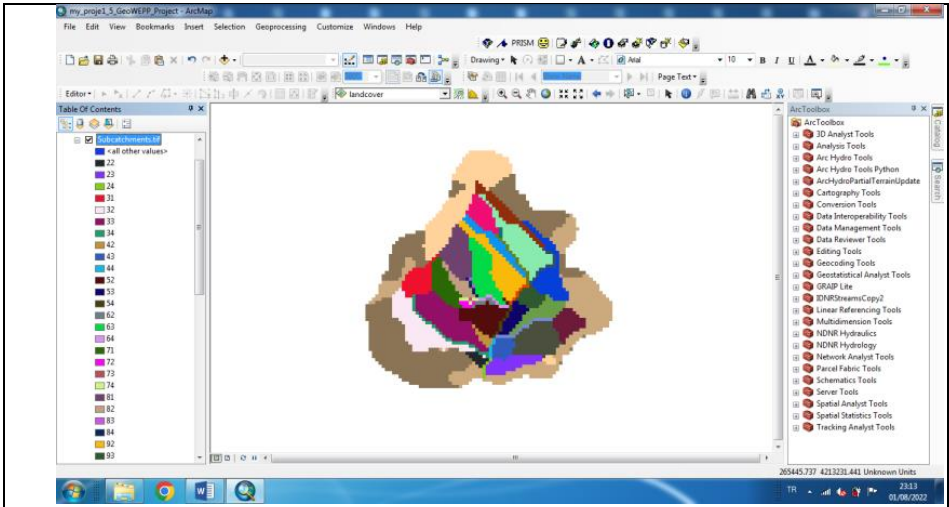
Şekil 10: Alt havzanın SYM, Toprak ve Bitki Örtüsü Parametrelerinin Girilmesi

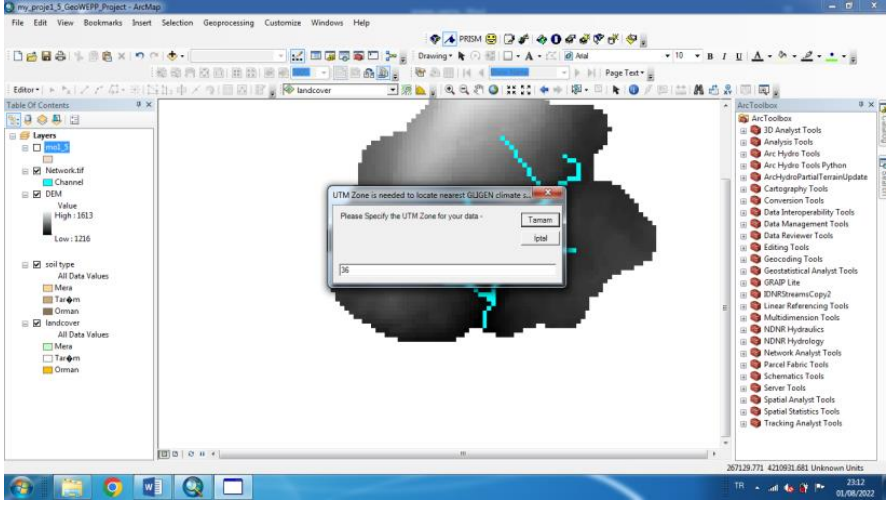
5. CSA ve MSCL değerleri atanmıştır. Bu çalışmada CSA ve MSCL için modelin default değerleri olan 5 ha ve 100 m kullanılmıştır (Şekil 11).



Şekil 11: CSA ve MSCL'nin Seçilmesi

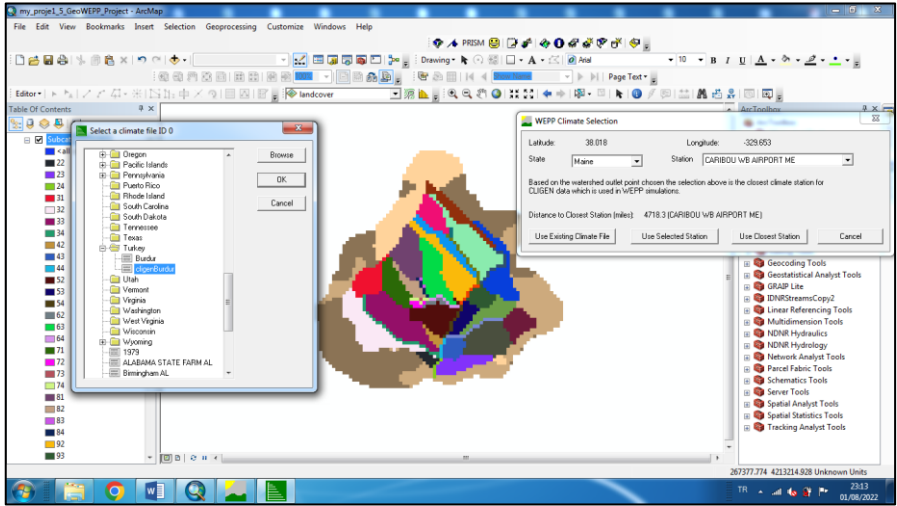
6. Model tarafından oluşturulan akarsu ağında havzanın çıkış noktası modele tanıtılmaktadır. Model bu çıkış noktasına göre alt havzadaki yamaç ve kanalları oluşturmaktadır. Örnek olarak 1 numaralı model havzanın 5 numaralı alt havzasına ait yamaç ve derelerin görünümü Şekil 12'de verilmiştir.





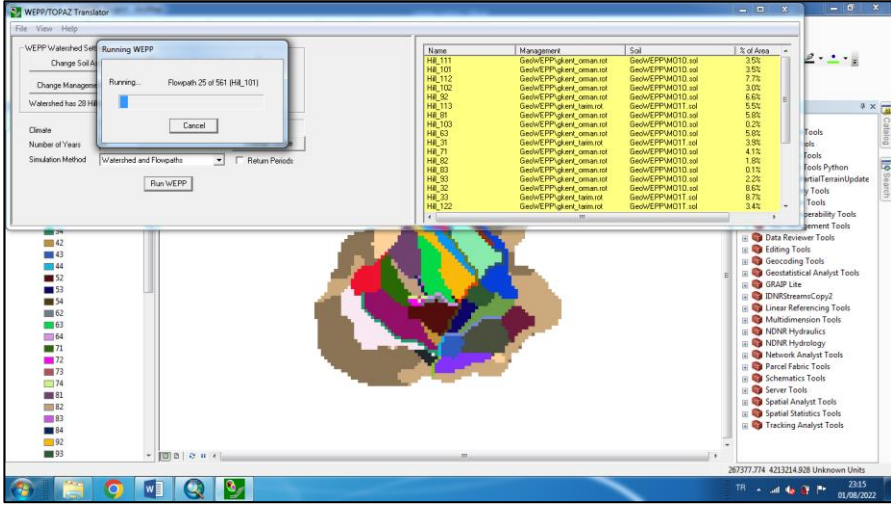
Şekil 12: 1 Numaralı Havzanın 5 Numaralı Alt Havzasına Ait Yamaç ve Derelerin Görünümü

7. Önceden araştırma alanı için oluşturulan, cli uzantılı iklim dosyası seçilip modele tanıtılmıştır (Şekil 13).



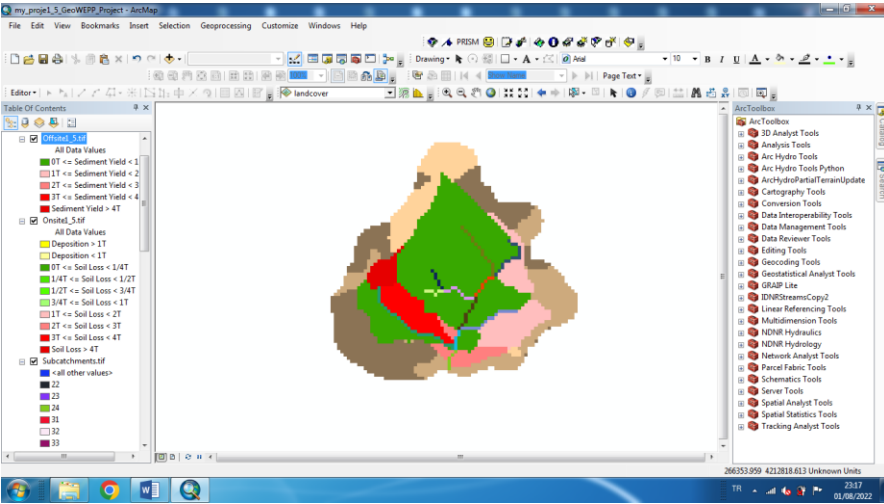
Şekil 13: İklim Dosyasının Seçilmesi

8. Simülasyonun başlatılması: Bu kısımda elde edilmiş bilgiler görüntülenebilmektedir. Simülasyonun kaç yıl için sürdürüleceği seçilebilmektedir. Bu çalışmada 4 yıllık iklim verileri kullanıldığı için ilgili kısma 4 değeri girilmiştir. Kısaca modelin ön izleme kısmı olarak adlandırılabilir (Şekil 14).



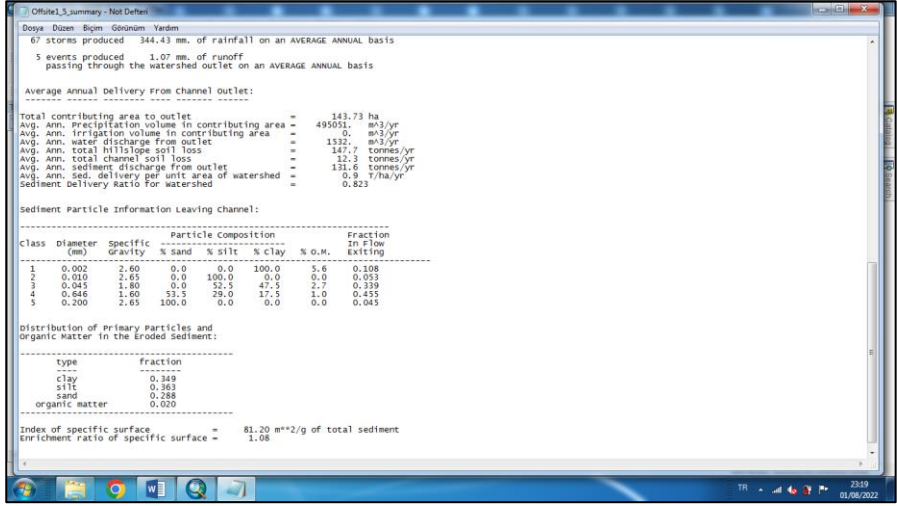
Şekil 14: GeoWEPP Programının Çalıştırılması

9. Model, sonuçlarına ilişkin text dosyası, toprak kaybı ve sedimentin alansal dağılımını gösteren raster verisini oluşturmuştur (Şekil 15).



Şekil 15: WEPP-TOPAZ Entegre Sonuç Haritasındaki Dağılımı

Bu çalışmada öncelikli olarak her bir alt havzanın sediment verimi değerine ihtiyaç duyulduğu için sadece text dosyalarından (Şekil 16) yararlanılmıştır.



Şekil 16: Toprak Kaybı ve Sediment Durumunu Gösteren Rapor Dosyası

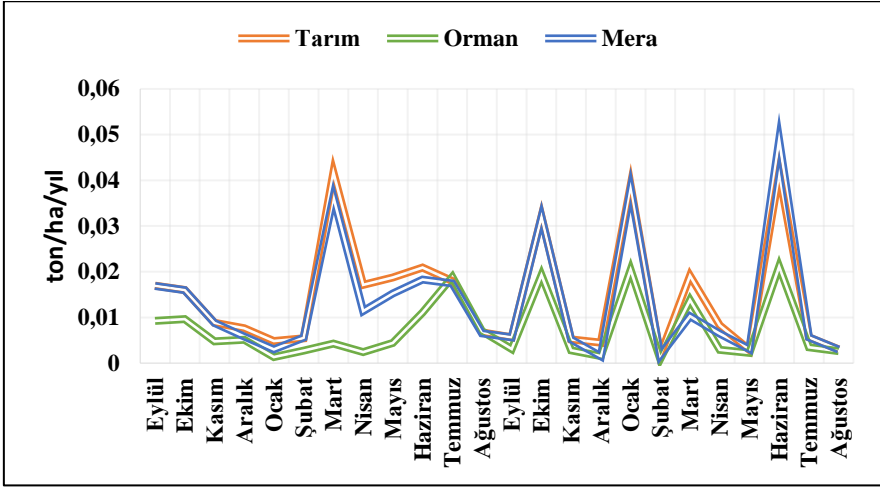
3. Bulgular

3.1. Geotekstiller ile Erozyon Ölçümü

Geotekstil parsellerden ölçüm sonucunda, model havzada arazi kullanım durumlarına göre tarım parselinde ilk yıl 0.182 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.168 ton/ha/yıl, orman parselinde ilk yıl 0.080 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.094 ton/ha/yıl, mera parselinde ilk yıl 0.161 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.161 ton/ha/yıl taşınmış toprak miktarı hesaplanmıştır (Tablo 1) (Şekil 17).

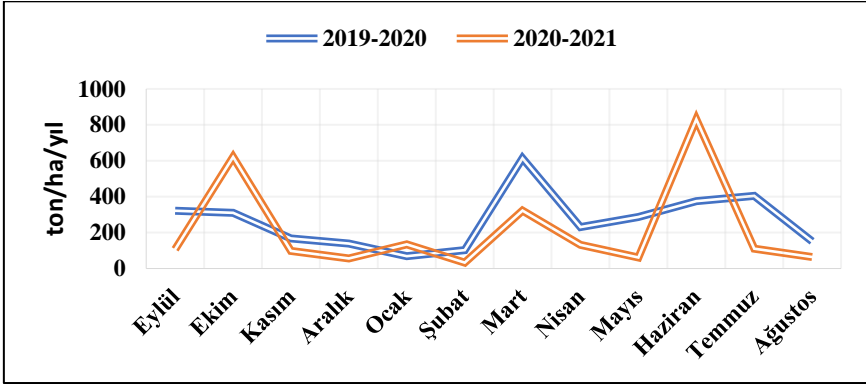
Tablo 1: Geotekstil Parsellerden Ölçüm Sonuçları

Arazi Kullanım Durumları (ton/ha/yıl)	Yıllar	Taşınan Toprak Miktarı (ton/ha/yıl)
Tarım	1.yıl	0.182
	2.yıl	0.168
	Ort.	0.175
Orman	1.yıl	0.080
	2.yıl	0.094
	Ort.	0.087
Mera	1.yıl	0.161
	2.yıl	0.161
	Ort.	0.161
Toplam	1.yıl	3170.0
	2.yıl	2569.0
	Ort.	2896.5
Arazi Kullanım Durumlarına Göre Toplam	Tarım	1198.28
	Orman	595.81
	Mera	1102.41



Şekil 17: Arazi Kullanım Durumlarına Göre Geotekstil Ölçüm Sonuçları

1 numaralı model havzadaki erozyonla taşınan toplam toprak miktarı, ilk yıl 3170.0 ton/ha/yıl, ikinci yıl 2569.0 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. 2 yıl boyunca yapılan ölçümler sonucunda taşınımın en fazla olduğu ay haziran olarak belirlenmiştir (Şekil 18).



Şekil 18: Yıllara Göre Geotekstil Ölçüm Sonuçları

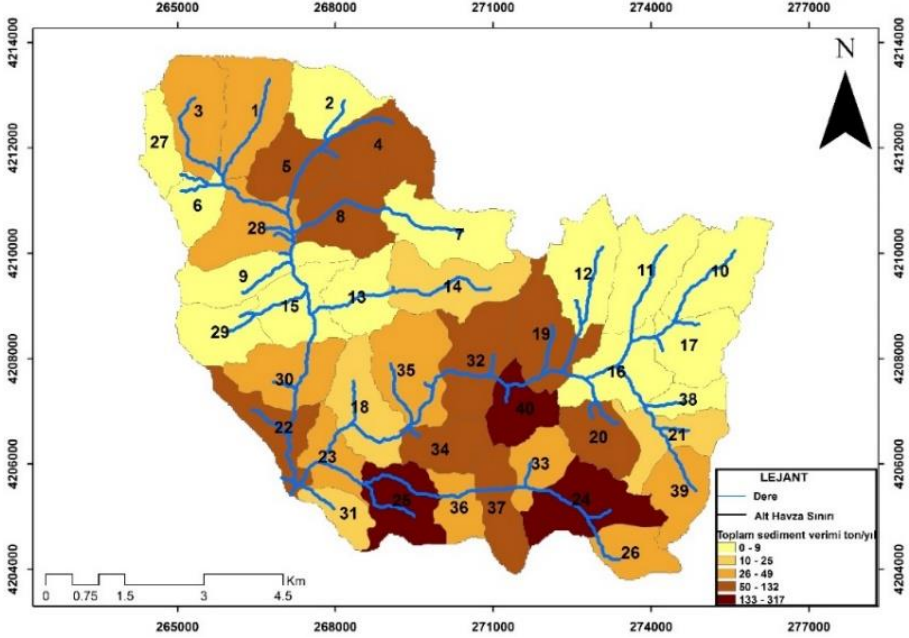
3.2. Model havzada GeoWEPP programında meydana gelen toprak kaybı ve sediment verimi

1 numaralı model havza 40 alt havzaya ayrılmış ve GeoWEPP bu alt havzaların tamamında yürütülerek alt havzalarda meydana gelen tahmini sediment verimleri Tablo 2’de verilmiştir. Bu değerler incelendiğinde meydana gelen toplam toprak kaybının 2189.7 ton/yıl, birim alan (ha) bazında meydana gelen kaybının ise toplamda 16.70 ton/ha/yıl, yıllık ortalama sediment verimi 0.362 ton/ha/yıl olduğu tahmin edilmiştir.

Tablo 2: GeoWEPP’de Havzadan Kaybolan Tahmini Toprak Kaybı

Alt havza	Havza alanı (ha)	Yamaç toprak kaybı (ton/yıl)	Kanal toprak kaybı (ton/yıl)	Toplam sediment verimi (ton/yıl)	Sediment iletim oran	Birim alan sediment verimi (ton/ha/yıl)
1	168.6	35	1.1	37.0	1.022	0.2
2	105.86	12.9	2.3	5.5	0.360	0.1
3	17.47	37.1	4.0	39.3	0.956	0.2
4	228.79	229.7	18.2	78.7	0.347	0.3
5	143.73	147.7	12.3	131.6	0.823	0.9
6	108.80	37.9	2.3	9	0.224	0.1
7	190.97	0	0.6	0	0.041	0
8	154.95	112.2	4.8	100.3	0.857	0.6
9	172.30	0	0.60	0	0.016	0
10	209.54	0	0.5	0.5	0.978	0
11	213.67	0	0.1	0	0.388	0
12	219.76	0	0.1	0	1.001	0
13	134.04	0	0.1	0	0.022	0
14	262.38	168	6.7	21.7	0.124	0.1
15	199.32	0	0.3	0.3	0.877	0
16	217.20	222.8	1.4	6.8	0.030	0
17	152.82	0	0.2	0	0.006	0
18	209.03	82.0	1.1	13.6	0.163	0.1
19	235.57	384.1	6.5	117.0	0.300	0.5
20	156.59	262.2	8.0	91.3	0.338	0.6
21	139.91	20.6	0.3	12.3	0.589	0.1
22	137.86	268	2.6	77.2	0.285	0.3
23	106.88	142.9	0	37.4	0.262	0.3
24	206.10	700.4	7.2	254.2	0.359	1.2
25	161.94	259.0	29.4	227.8	0.790	1.4
26	45.67	89.1	4.3	49.4	1.098	2.5
27	63.08	3.8	0.6	4.4	1.011	0.1
28	214.43	172.6	4.6	44.9	0.253	0.2
29	11.45	0	0.2	0.2	0.946	0
30	194.35	163.4	0.6	45.2	0.275	0.2
31	57.5	24.3	2.90	24.6	0.733	1.1
32	177.86	637.4	11.0	104.9	0.162	0.6
33	89.32	116.3	3.8	48.5	0.404	0.5
34	112.85	205.7	7.0	83.8	0.394	0.7
35	250.70	68.4	0.7	33.8	0.488	0.1
36	103.16	101.1	2.9	36.0	0.350	0.3
37	137.28	336.10	64	102	0.298	0.9
38	81.29	0	0.1	0.1	0.965	0
39	116.59	89.6	3.0	33.1	0.358	0.3
40	144.16	1013.4	5.2	317.3	0.312	2.2

Toplam sediment verimi haritasına göre (Şekil 19), alt havzalardan 40 numaralı alt havza en fazla sedimentin olduğu havza olarak bulunurken 7-9-11-12-13-17 numaralı alt havzalar ise sediment veriminin en az olduğu havzalar olarak belirlenmiştir.



Şekil 19: Araştırma Alanı Toplam Sediment Verimi Haritası

4. Tartışma Ve Sonuç

Bu çalışmada, havzada farklı arazi kullanım şekilleri altında geotekstillerle kurulan deneme parsellerinde, gözlenen sediment değerleri belirlenmiştir. Bu bağlamda geotekstil parsellerden elde edilen sonuçlara göre ölçüm sonucunda 1 numaralı model havzada, arazi kullanım durumları sırasıyla tarım parselinde ilk yıl 0.183 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.168 ton/ha/yıl, orman parselinde ilk yıl 0.081 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.094 ton/ha/yıl, mera parselinde ilk yıl 0.161 ton/ha/yıl, ikinci yıl 0.161 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır. Geotekstil parsellerin kurulduğu model havzalardan 1 numaralı model havzadaki toplam erozyon sırasıyla ilk yıl 3170 ton/ha/yıl, ikinci yıl 2569 ton/ha/yıl olarak hesaplanmıştır.

Ergül (2009)'un Kahramanmaraş ilinde farklı arazi kullanım durumlarında geotekstil parsellerin kurulduğu araştırmada, taşınımın sırasıyla en fazla tarım, mera ve orman arazi kullanım durumlarında olduğunu belirlemişlerdir. Bu durum araştırma bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Literatürde Türkiye’de yapılan GeoWEPP araştırmalarında bakıldığında; Yüksel (2001) tarafından, Kahramanmaraş ili Ayvalı Barajı Yağış Havzasında

11531 ha alanda yıllık 85534.99 ton sediment verimi ve birim alanda 7.42 ton/ha/yıl olarak tespit edilmiştir. Aydın (2007)'ın Gümüşhane-Torul'da GeoWEPP kullanarak yaptığı araştırmada, orman, mera ve tarım arazi kullanımlarında sırasıyla toplam tahmini yıllık ortalama sediment miktarı 5.28, 46.82 ve 111.18 ton/ha/yıl olarak belirlenmiştir. Araştırma alanında arazi kullanım durumları bakımından, tarım arazi kullanım durumundaki erozyon miktarı oldukça yüksek bulunmuştur. Bu bulgu araştırma bulgularıyla benzerlik göstermektedir.

Reis vd. (2017) Kahramanmaraş Keklik Havzasında mera arazi kullanımında yaptıkları araştırmada, GeoWEPP programı aracılığıyla sediment verimi 34533.5 ton, birim alan sediment verimi ise 44.2 ton/ha olarak bulmuşlardır. Yüksel vd. (2007), Kahramanmaraş bölgesinde Ayvalı Barajı Su Havzası'nda GeoWEPP modelinde 5 ha CSA ile sediment üretimi tahmini yapmışlardır. Arazi kullanım durumlarına göre tahmin değerleri şu şekildedir; orman alanlarında 9035.06 ton/yıl (1.32 ton/ha/yıl), mera alanlarında 7910.31 ton/yıl (4.69 ton/ha/yıl), tarım alanlarında ise 68 589.62 ton/yıl (23.95 ton/ha/yıl) olarak hesaplamışlardır. Duta (2020), Körsulu Deresi Yağış Havzasında GeoWEPP modelini kullanmıştır. Bu bağlamda, çalışma alanında meydana gelen toplam toprak kaybı miktarı 250 994.8 ton/yıl ve toplam sediment miktarını ise 86 824.7 ton/yıl olarak hesaplamıştır. Türkiye'de GeoWEPP modeli ile daha düşük sediment verimi değerleri de elde edilmiştir. Örneğin Artvin Borçka Barajı Yağış Havzasında yapılan çalışmada GeoWEPP kullanılarak 5 ha CSA ile yıllık toplam sediment miktarı 360 431.70 ton, yıllık ortalama birim alan sediment verimi ise havza genelinde 4.16 ton/ha/yıl olarak bulunmuştur (Erdoğan Yüksel, 2015).

Genel olarak değerlendirildiğinde literatür çalışmalarındaki GeoWEPP erozyon tahmin değerleri bu çalışmadaki tahmin değerlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Bu çalışmada elde edilen değerlerin daha düşük oluştaki en önemli faktör, çalışma alanının yarı-kurak bir yörede yer alması ve neticesinde düşük yağış miktarına sahip olmasıdır.

Sonuç olarak, erozyon olgusundaki en önemli etken insan faktörüdür. Uygun olmayan arazi kullanım durumlarının birbirlerine dönüştürülmesi vb. uygulamalar erozyon riskini arttırmaktadır. Ayrıca bitki örtüsünün yetersiz olduğu arazi kullanım durumlarında havza ıslah veya rehabilitasyon çalışmaları yapılmalıdır. Bu şekilde hem yöre hayvancılığına katkı sağlanacak hem de orman alanlarındaki baskı azaltılabilecektir.

Açıklama

Bu makale Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü'nde tamamlanan "Burdur Gölü Havzasında Meydana Gelen Toprak

Erozyonunun Coğrafi Bilgi Sistemleri ve WEPP Erozyon Tahmin Modeli Kullanılarak Belirlenmesi” başlıklı Doktora Tezinden üretilmiştir. Emeği geçen kurum ve kişilere teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Achu, A. L., ve Thomas, J. (2023). Soil erosion and sediment yield modeling in a tropical mountain watershed of the southern Western Ghats, India using RUSLE and geospatial tools. *Total Environment Research Themes*, 100072.
- Aydın, M. (2007). Gümüşhane-Torul Barajı Yağış Havzasından Taşınan Toprak Miktarının WEPP Ortamında Belirlenmesi ve Çözümleri Üzerine Araştırmalar. (Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Demir, S., İrfan, O., Ciba, Ö. F., ve Özer, E. (2017). Farklı Arazi Kullanımı Altında Meydana Gelen Toprak ve Yüzeysel Akış Kayıplarının Wepp Hillslope Modeli Kullanılarak Tahmin Edilmesi. *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University*, 34(Ek Sayı), 97-104.
- Dursun, İ. (2022). Burdur Gölü Havzasında meydana gelen toprak erozyonunun coğrafi bilgi sistemleri ve WEPP erozyon tahmin modeli kullanılarak belirlenmesi. (Doktora Tezi. Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi).
- Dursun, İ., ve Babalık, A. A. (2023a). Burdur Gölü Havzasındaki morfolojik parametrelerin ve erozyon durumunun değerlendirilmesi. *Turkish Journal of Forestry*, 24(1), 25-38.
- Dursun, İ., ve Babalık, A.A. (2023b). Farklı Arazi Kullanım Durumlarında Geotekstil Kullanılarak Erozyonla Kaybolan Toprak Miktarının Belirlenmesi: Karam Dere Alt Havzası Örneği. *Turkish Journal of Forest Science*, 7(2), 138-154.
- Dutal, H. (2020). Körsulu Deresi Yağış Havzasının Wepp (Water Erosion Prediction Project) ve Swat (Soil And Water Assessment Tool) Modelleri Kullanılarak Havza Amenajmanı Bakımından Planlanması Üzerine Araştırmalar. (Doktora Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Dutal, H., ve Reis, M. (2020). Identification of priority areas for sediment yield reduction by using a GeoWEPP-based prioritization approach. *Arabian Journal of Geosciences*, 13(19), 1024.
- Erdoğan Yüksel, E. (2015). Borçka Barajı Yağış Havzası'nda Meydana Gelen Toprak Erozyonu ve Sediment Veriminin WEPP Erozyon Tahmin Modeli ve CBS Teknikleri Kullanılarak Belirlenmesi. (Doktora Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Erdoğan Yüksel, E., Özalp, M., ve Yıldırım, S. (2016). Using a geospatial interface (GeoWEPP) to predict soil loss, runoff and sediment yield of

- Kokolet Creek watershed. *International Journal of Ecosystems and Ecology Sciences (IJEES)*, 6(3), 437-442.
- Ergül, A.H. (2009). Kartalkaya Barajı yağış havzasında farklı arazi kullanım şekilleri altındaki arazilerden Geotekstil (Silt Fence) kullanılarak toprak kayıplarının belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Erpul, G., Şahin, S., İnce, K., Küçümen, A., Akdağ, M.A., Demirtaş, İ., ve Çetin, E. (2018). *Türkiye Su Erozyonu Atlası*. Çölleşme ve Erozyonla Mücadele Genel Müdürlüğü Yayınları.
- ESRI (Environmental Systems Research Institute), (2004). Getting Started with ArcGIS. Redlands: Environmental Systems Research Institute Inc.265.
- Garbrecht, J., ve Martz, L.W. (1999). TOPAZ: An Automated Digital Landscape Analysis Tool for Topographic Evaluation, Drainage Identification, Watershed Segmentation and Subcatchment Parameterization; TOPAZ Overview. U.S. Department of Agriculture, Agricultural Research Service, Grazinglands Research Laboratory, El Reno, Oklahoma, USDA, ARS Publication GRL 99-1, 26 pp. 187-192.
- Gelagay, H. S., ve Minale, A. S. (2016). Soil loss estimation using GIS and Remote sensing techniques: A case of Koga watershed, Northwestern Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*, 4(2), 126-136.
- Görgülü, E., ve Göl, C. (2021). Coğrafi bilgi sistemleri ile havza morfometrik analizi: Sarayköy Göleti Havzası (Çankırı) örneği. *Anadolu Orman Araştırmaları Dergisi*, 7(2), 107-118.
- Laflen, J.M., Elliot, W.J., Flanagan, D.C., Meyer, C.R., ve Nearing, M.A. (1997). WEPP-predicting water erosion using a process-based model. *Journal of Soil and Water Conservation*, 52(2), 96-102.
- Melaku, N.D., Renschler, C.S., Flagler, J., Bayu, W., ve Klik, A. (2018). Integrated impact assessment of soil and water conservation structures on runoff and sediment yield through measurements and modeling in the Northern Ethiopian highlands. *Catena*, 169, 140-150. doi:10.1016/j.catena.2018.05.035
- Merritt, W.S., Letcher, R.A., ve Jakeman, A.J. (2003). A review of erosion and sediment transport models. *Environ Model Software*, 18(8-9), 761-799.
- Minkowski, M., ve Renschler, C. (2012). *GeoWEPP for ArcGIS 9.x Full Version Manual*. Department of Geography State University of New York at Buffalo.
- Mou, J.Z., ve Meng, Q.M. (1982). The sediment delivery ratio in watershed sediment yield calculation. *Journal of Sediment Research*, 1, 60-65.

- Othman, A.A., Ali, S.S., Salar, S.G., Obaid, A.K., Al-Kakey, O., ve Liesenberg, V. (2023). Insights for Estimating and Predicting Reservoir Sedimentation Using the RUSLE-SDR Approach: A Case of Darbandikhan Lake Basin, Iraq-Iran. *Remote Sensing*, 15(3), 697.
- Özalp, M., Esin, E. Y., ve Saim, Y. (2017). Subdividing large mountainous watersheds into smaller hydrological units to predict soil loss and sediment yield using the GeoWEPP model. Erdoğan Yüksel, E. , Özalp, M. & Yıldırım, S. (2019). Predicting Soil Erosion Status of the Düz Creek Watershed in Artvin. *Kastamonu University Journal of Forestry Faculty*, 19 (3), 290-298. doi:10.17475/kastorman.662495
- Özhan, S. (2004). *Havza Amenajmanı*. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Pal, S. (2016). Impact of Massanjore dam on hydro-geomorphological modification of Mayurakshi river, Eastern India. *Environment, development and sustainability*, 18, 921-944.
- Pamukoğlu, M. Y., ve Babalık, A. A. (2015). The Evaluation of land use and environmental pollution problems of Isparta Turkey Stated in the Center of Lake District. *CIOSTA XXXVI & CIGR Section V Conference*, Mayıs 26-28, St. Petersburg, 536-537.
- Pamukoğlu, M. Y., ve Atay, B. (2021). Evaluation of the effects of thermal power plants on air, water and soil quality. Editör Y. Özdemir, *Academic Studies In Engineering Sciences* (pp.121-135). Duvar Publishing.
- Pamukoğlu, M. Y., ve Kırkan, B. (2018). Determining of The Environmental Objectives for Surface Water Bodies According To European Water Framework Directive: Büyük Menderes Basin, Turkey. *IV International Conference on Engineering and Natural Sciences (ICENS)*, Mayıs 02-26, Kiev, 334.
- Panagos, P., Borrelli, P., Poesen, J., Ballabio, C., Lugato, E., Meusburger, K., Montanarella, L., ve Alewell, C. (2015). The new assessment of soil loss by water erosion in Europe. *Environmental Science & Policy*, 54, 438-447. doi:10.1016/j.envsci.2015.08.012
- Reis, M., Altun Aladağ, I., Bolat, N., ve Dotal, H. (2017). Using GeoWEPP model to determine sediment yield and runoff in the Keklik watershed in Kahramanmaraş, Turkey. *Šumarski List*, 141(11-12), 563-569.
- Reis, M., Savacı, G., ve Baltacı, E. (2012). Kahramanmaraş İli Keklik Deresi Yağış Havzasında Geotekstil (Silt Fence) Kullanılarak Erozyon ile Kaybolan Toprak Miktarının Belirlenmesi. *I. Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, 26-28.

- Renschler, C. S., ve Harbor, J. (2002). Soil erosion assessment tools from point to regional scales—the role of geomorphologists in land management research and implementation. *Geomorphology*, 47(2-4), 189-209.
- Renschler, C.S. (2003). Designing geo-spatial interfaces to scale process models: the GeoWEPP approach. *Hydrological Processes*, 17, 1005-1017.
- Renschler, C.S., ve Flanagan, D.C. (2002). Implementing a Process-Based Decision Support Tool for Natural Resource Management-the GeoWEPP Example. *1st International Congress on Environmental Modelling and Software*. 24-27 June, Lugano, Switzerland.
- Renschler, C.S., ve Zhang, H. (2020). Long-term, process-based, continuous simulations for a cluster of six smaller, nested rangeland watersheds near Tombstone, AZ (USA): establishing a baseline for event-based runoff and sediment yields. *Science of The Total Environment*, 717, 137089. doi:10.1016/j.scitotenv.2020.137089
- Robichaud, P.R., ve Brown, R.E. (2002). *Silt Fences: An Economical Technique for Measuring Hillslope Soil Erosion*. United States Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station, General Technical Report, 94s.
- Singh, S., ve Kansal, M.L. (2023). Sub-basin prioritisation using RUSLE in a Mountainous River Basin of Uttarakhand (India). *Environment, Development and Sustainability*, 1-27.
- Strahler, A.N. (1964). Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks. Editör V. Chow, *In: Handbook of Applied Hydrology* (pp.439-476). McGraw Hill, New York.
- Xu, J.X. (2008). Influence of flow and sediment inputs on channel sediment delivery ratio: an example of the Yichang-Wuhan Reach, Yangtze River, China. *Journal of Mountain Science*, 1, 15–21.
- Yıldırım, C. (2019). Çoruh Nehri Havzasına Bağlı Olur Mikrohavzasındaki Sediment Üretiminin Erozyon Çubuk Yöntemi, Askıda Katı Madde Ölçümü ve GeoWEPP Tahmin Modeli ile Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Artvin Çoruh Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü).
- Yüksel, A. (2001). Kahramanmaraş Ayvalı Barajı Yağış Havzasının CBS (Coğrafi Bilgi Sistemi) Ortamında Havza Amenajmanı Bakımından Planlanması Üzerine Araştırmalar. (Doktora Tezi, Karadeniz Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü).
- Yüksel, A., Akay, A.E., Reis, M., ve Gündoğan, R. (2007). Using the WEPP model to predict sediment yield in a sample watershed in Kahramanmaras region. *In International Congress River Basin Management*. (pp. 11-22)

Zhang, J.X., Wu, J.Q., Chang, K., Elliot, W.J., ve Dun, S. (2009). Effects of DEM resolution on WEPP hydrologic and erosion simulation: A case study of two forest watersheds in northern Idaho. *Transactions of the ASABE*, 52, 447–457. doi:10.13031/2013.26838

Bölüm 3

Kitosanın Bitki Yetiştiriciliğinde Kullanım Alanları ve Etki Mekanizmaları

Ayşe Nur ŞAVKAN¹

Ayşe ÇANDAR²

Giriş

Kitosan, deniz kabukları gibi atık kaynaklardan üretilen ekonomik bir materyal olmasının yanında biyoyoumluluk, antioksidan, anti kanser, biyobozunurluk, anti mikrobiyal ve toksik olmayan özelliklerinden dolayı son zamanlarda en çok tercih edilen biyopolimerlerden olmuştur (Dash vd., 2011:981; Shukla vd., 2013:46; Vroman ve Tighzert, 2009:307). Yapısal olarak kitosan, D-glukosamin ve N-asetil-D-glukosamin gibi iki alt birimden oluşan ve birbirlerine 1,4-glikosidik bağlarla bağlanan lineer bir polimerdir (Rinaudo, 2006:613). Son yıllarda bitki bilimleri (Kaya vd., 2015a:10; Kaya vd., 2015b:443; Rinaudo, 2008:399) ve medikal bilimler gibi hayatın pek çok farklı alanında önemli kullanım alanlarından dolayı kitosan araştırmalarında artış olmuştur (Shamov vd., 2002:316). Scopus'ta kitosanla alakalı yaklaşık 8700 kayıt bulunmaktadır. Kitinin N-deasitle olmuş bir türevi olan kitosan, doğal bir polisakkarittir. Ticari olarak kitin, herkesçe asit-baz metodu olarak bilinen klasik yöntemle ekstrakte edilmektedir. Örnekler sırasıyla asitler kullanılarak demineralize edilmekte ardından bir bazla deproteinizasyona tabi tutulmaktadır (Kaya vd., 2015a:10; Kaya vd., 2015b:445). Bununla birlikte kitinin fonksiyonelliği, bir kitin türevi olan kitosana çevrildiğinde artmaktadır (Rinaudo, 2008:400). Kitosanda var olan amin grupları, kitinin fonksiyonel türevinin yapısal modifikasyonlara yatkın olmasına neden olmaktadır (Shamov vd., 2002:316). Kitosan tarımdan başka gıda, kozmetik, tekstil ve biyomedikal endüstrisi gibi çok geniş bir alanda kullanım alanına sahiptir (Cervera vd., 2011:637; Mujtaba vd., 2017:944).

Bitkilerde kitosan biyotik ve abiyotik stresi taklit etmek için yaygın olarak kullanılmaktadır. Bitkilerde bir anti patojen olarak kitosan kullanılan ilk çalışma, fungusların farklı hücre duvarı kompozisyonlarındaki fungusidal

1- ¹ Öğr. Gör. Dr.; Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Rektörlük, Pilot Üniversite Tarım ve Jeotermal Koordinatörlüğü. ayse.cetin@ahievran.edu.tr ORCID No: 0000-0002-0826-1243

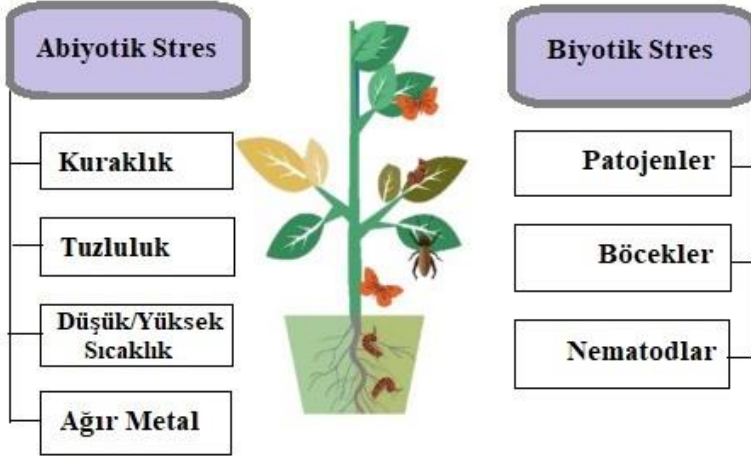
Öğr. Gör. Dr.; Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Çiçekdağı Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü. ayse.candar@ahievran.edu.tr ORCID No: 0000-0003-2385-5602

etkilerini gösteren Allan ve Hadwiger (1979:285) tarafından rapor edilmiştir. Hem monokotiledon hem de dikotiledon bitkilerde kitin ve kitosan uygulamalarından sonra savunma sisteminin gelişmesi, bu biyopolimerin birçok araştırma alanında irdelenmesi için odak noktası olmaktadır (Barber vd., 1989:3). Kitosan, patojenlere karşı bitki savunma sistemini teşvik eden ve böylece bitki, meyve ve sebzelerin immün sistemini uyaran bir biyofungusit, biyobakteriosit ve biovirusittir (Allan ve Hadwiger, 1979:285; Chirkov vd., 1994:21; Li vd., 2013:1010; Kaya vd., 2017:236). Ayrıca artan gıda talebi, ciddi çevresel dengesizliklere neden olan ve insan sağlığı üzerinde yıkıcı etkileri olan endüstriyel gübre kullanımının da artmasına neden olmuştur. Bu yüzden biyogübre olarak kitosan kullanımı öne çıkmaktadır. Burada kitosanın rhizobakteri gelişimi üzerinde olumlu etki gösterdiği, bitki büyümesini teşvik eden bakterilerle simbiyotik bir ilişkiye sahip olduğu, bundan dolayı da çimlenme oranını arttırdığı ve bitkilerin besin alımını iyileştirdiği rapor edilmiştir (Agbodjato vd., 2016:1-2).

Bu araştırmanın amacı, kitosanın fizyolojik tepkileri hakkında yayınlanmış kanıtları derlemek, özetlemek ve eleştirel olarak değerlendirmek ve bitki bağışıklığı, savunma mekanizmaları, çimlenme, bitki büyümesi, fotosentez, abiyotik ve biyotik stres vb. üzerindeki yararlı tepkileri değerlendirmektir. Ayrıca bu inceleme, kitin, kitosan ve üretilmiş oligosakkaritler gibi doğal ürünlerin tarımdaki bazı kullanım alanlarını özetlemekte ve ilgili etki mekanizmalarına genel bir bakış sunmaktadır.

Kitosanın Bitki Yetiştiriciliğinde Kullanım Alanları

Son yıllarda kitosan araştırmaları ve uygulamaları konusunda önemli ilerlemeler kaydedilmiştir. Tarımda kitosan toprakta ayrışabilen malçlama, film kaplama, biyopestisit, yiyeceklerin korunması ve bitki gelişim düzenleyici olarak sıklıkla kullanılmaktadır (Faqir vd., 2021:681). Özellikle kitosandan üretilmiş nano malzemeler veya kitosan ile birleştirilmiş nanopartiküller depolama sırasında çilek, hünnap, yeni dünya ve longan gibi yaş meyveleri korumak için uygulanmıştır. Buna ek olarak, kitosan katyonik yapısı, biyolojik olarak ayrışabilirliği, toksik olmaması ve yüzeye tutunma özelliği nedeniyle yavaş salınımlı gübre üretiminde tek başına ve diğer materyallerle kombinasyon halinde enkapsülasyon ajanı olarak görev yapabilmektedir. Ayrıca, bitkilerde biyotik ve abiyotik stres yönetimi (Şekil 1) ve tarımsal amaçlarla kullanılacak atık suyun arıtılması için kitosan bazlı nanomateryallerin kullanılması konusuna odaklanan pek çok çalışma mevcuttur (Bandara vd., 2020:3).



Şekil 1. Kitosanın bitkilerde abiyotik ve biyotik stres yönetiminde kullanım alanları

Kitosan bitkisel üretimde genellikle yapraklara püskürtülerek, toprağa doğrudan karıştırılarak veya tohum ve ürünlerin kaplanması suretiyle uygulanmaktadır. Bahçe bitkileri başta olmak üzere bitki yetiştiriciliğindeki uygulama amaçları ise aşağıdaki şekilde özetlenmektedir (Shahrajabian ve Petropoulos, 2023);

- Tohum kaplaması yoluyla tohumların çimlenme yeteneğini korumak ve çimlenmeyi teşvik etmek,
- Bitki büyümesi ve gelişimini teşvik etmek,
- Bitki savunma mekanizmalarını uyararak dayanıklılık sağlayıcı olarak görev yapmak,
- Abiyotik stresin etkilerini hafifletmek,
- Toprak özelliklerini iyileştirmek ve toprağın yıkanmasıyla besin maddelerinin kaybını önlemek,
- Ağır metallerin şelatlanmasını sağlamak,
- Tarımsal üretimde verim ve kaliteyi arttırmak,
- Hasat sonrasında uygulanarak gıdaların raf ömrünü arttırmak.

Tohum İşleme ve Çimlenmede Kitosan Kullanımı

Kitosan tohuma doğrudan tek başına bir koruyucu olarak film kaplama şeklinde uygulanabileceği gibi farklı bitki koruma ürünleri ya da farklı esansiyel yağlarla birlikte de uygulanabilmektedir. Tohumlara kitosan uygulaması yapılmasının başlıca faydalı etkileri çimlenme indekslerini arttırması, ortalama çimlenme ve çiçeklenme süresini kısaltması, bitki büyümesini (sürgün

yüksekliği, kök uzunluğu, fide ve vejetatif büyüme gücü gibi) ve biyokütleyi arttırması şeklinde özetlenebilmektedir (Lizárraga-Paulín vd., 2013:88).

Mısır (Guan vd., 2009:427), pirinç (Ruan ve Xue, 2002:803) ve buğday (Redd vd., 1999:67) tohumlarına yapılan kitosan uygulamasının çimlenme yüzdesini, tohumun stres koşullarına toleransını arttırdığı ve çimlenme gücünü düzenlediği gözlenmiştir. Enginar tohumlarına kitosan uygulaması yapıldığında fidelerin daha iyi büyüdüğü (örneğin daha uzun ve daha iyi gelişmiş bir radikula ve daha yeşil hipokotillere sahip olduğu) ve uygulama yapılmayan tohumlarla karşılaştırıldığında fungal patojenlerle enfekte olma oranının daha düşük olduğu saptanmıştır. Kitosan uygulamasının bitki büyümesi ve gelişimi üzerindeki etkisi bu biyopolimerin yapısındaki besin maddelerinin (nitrojen gibi) bitki tarafından alınmasıyla da ilgili olabilmektedir. Kitosanın tohuma uygulanması ayrıca fenoller gibi önemli dayanıklılık belirteçlerinin ve bitkilerde dayanıklılığı sağlayan savunmayla ilişkili enzimlerin aktivitesini arttırabilmektedir (Ziani vd., 2010:858).

Tohumun çimlenmesini ve fide çıkışını arttırmak için tohum işlemede kullanılan kitosanın, tohumların etrafında koruyucu bir kaplama oluşturarak su emilimini ve besin alımını arttırdığı, böylece fidelerin daha sağlıklı ve erken büyümesini desteklediği tespit edilmiştir. Guan vd. (2009:427), mısır tohumlarını ekime hazır hale getirmek için kitosan kullanımını incelediği çalışmada; düşük sıcaklıklarda kitosanın çimlenme üzerinde önemli bir etkiye sahip olmamasına rağmen, test edilen iki mısır hattında çimlenme indeksini arttırdığı, ortalama çimlenme süresini azalttığı ve sürgün yüksekliğini, kök uzunluğunu, sürgün ve kök kuru ağırlıklarını arttırdığını bildirmiştir. Ayrıca test edilen her iki mısır hattında kitosan, malonildialdehit içeriğinde bir düşüşe neden olmuş ve plazma zarının görel geçirgenliğini değiştirmiştir. Çözünabilir şeker, prolin konsantrasyonlarını, peroksidaz ve katalaz aktivitelerini arttırdığı bildirilmiştir. Diğer çalışmalarda tohumlara uygulanan kitosan, mısır fidelerinin canlılığını arttırmıştır (Shao vd., 2005:705). Ayrıca kitosan uygulamasının buğday tohumunun belirli hastalıklara karşı direncini arttırdığı ve tohum kalitesini ve/veya çimlenme yeteneklerini geliştirdiği bildirilmiştir (Reddy vd., 1999:1208).

Benzer şekilde, kitosan içine batırılmış yer fıstığı tohumlarının çimlenme, enerji ve lipaz aktivitesini arttırdığı; giberellik asit ve indol asetik asit seviyelerinde artış gösterdiği bildirilmiştir (Zhou vd., 2002:22). Ruan ve Xue (2002:803), kitosan ile pirinç tohumu kaplamasının çimlenmeyi hızlandırabileceğini ve stres koşullarına karşı tolerans geliştirebileceğini bildirmiştir. Havuçta, tohum kaplama *Sclerotinia* çürüklüğünün daha fazla gelişmesini engellemeye yardımcı olmuştur (Cheah ve Page, 1997:150). Ayrıca

kitosan birçok konukçu türde *F. oxysporum*'u kontrol etmede bir tohum muamelesi olarak da yaygın şekilde kullanılmıştır (Rabea vd., 2003:1457).

Kitosanla muamele edilen Chili tipi biber tohumlarında, çimlenme oranları, çimlenme indeksi, ortalama çimlenme süresi ve hızlandırılmış yaşlanma sonrasında çimlenme önemli ölçüde artmış, ayrıca kitosan uygulaması tohum kalitesini arttırmış ve depolama ömrünü uzatmıştır (Chookhongkha vd., 2012: 231).

Bitki Büyümesinin Teşvikinde Kitosan Kullanımı

Kitosan uygulamasının bitki gelişimi üzerine etkilerinin araştırıldığı çeşitli bitkilerde yürütülen çalışmalarda, bu doğal polimerin bitki kök gelişimini, besin alımını ve genel bitki gücünü artırarak bitki gelişimini teşvik ettiği, böylece bitki biyokütlesini ve verimini arttırdığı ortaya koyulmuştur. Benzer şekilde, meyveler üzerine farklı konsantrasyonlardaki kitosan uygulamasının meyve fizyolojisi ve agronomik özelliklerine etkisi birçok çalışma kapsamında araştırılmıştır. Yapılan bir çalışmada, mango ağaçlarının yapraklarına püskürtülerek uygulanan 5 ml L⁻¹ kitosanın, ağaç başına meyve sayısını, meyve ağırlığını ve büyüklüğünü arttırdığı ve vejetatif büyümeyi teşvik ettiği bildirilmiştir (Zagzog vd., 2017:673).

Üzümde yapılan bir çalışmada salkım öncesi kapatma ve ben düşme aşamasında hektar başına 500 L oranında kitosan püskürtülmüş, çalışma sonunda kitosanın peroksidaz (POX) ve fenilalanin amonyum liyaz (PAL) aktiviteleri, polifenol içeriği ve süperoksit dismutaz (SOD) aktivitelerini etkili bir şekilde arttırdığı bildirilmiştir (Reglinski vd., 2010:882; Ferri vd., 2011:1473). Ayrıca arazi koşullarında kivi bitkisine yapılan kitosan uygulaması sonrasında kivi bitkisinin taze meyve ağırlığında da artış gözlenmiştir. Gayed vd. (2017:220), kitosanın kalsiyum klorür ile kombinasyonunun şeftali ağaçlarında, meyvelerin tazeliğini ve sertliğini koruduğunu ve ağırlık kaybı yüzdesini azalttığını bildirmiştir. Nektarinde yapılan kitosan uygulaması, suda çözülebilir kuru madde (SÇKM) miktarını arttırmış ve meyvenin hasat sonrası sertliğinin korunmasına yardımcı olmuştur (Giacalone ve Chiabrande, 2013:675).

Kitosan meyvelerde olduğu gibi sebzelerin de agronomik özelliklerini olumlu yönde etkilemektedir. Domates bitkilerine uygulanan kitosan, domateste yüksek fenolik bileşik ve polifenol oksidaz (PPO) aktivitelerine, fitoaleksin üretimine, meyve ağırlığında ve genel verimde iyileşmeye neden olmuştur (Sathiyabama vd., 2014:1777; Jail vd., 2014:434; Reddy vd., 2000:742). Tsugita vd. (1993:21), Daikon turpunda kitosan uygulamasının kök ve sürgünlerin büyümesini teşvik ettiğini ortaya koymuştur. Benzer şekilde

fesleğen, asma, gerbera, Dendrobium orkideleri ve lahanada kitosan uygulanan bitkilerin kontrollerden daha iyi büyüme gösterdiği rapor edilmiştir (Chandrkrachang, 2002:458). Ayrıca düşük sıcaklık stresine karşı oldukça hassas olan hıyar bitkilerine uygulanan kitosanın, bitkilerde reaktif oksijen türlerini azalttığı, fotosentetik kapasiteyi arttırdığı ve soğuk stresini hafifletmek için membran sistemini güçlendirdiği bildirilmiştir (Xue vd., 2004:441).

Abiyotik Strese Karşı Kitosan Uygulamaları

Kitosan, bitki büyümesini ve verimliliğini olumsuz yönde etkileyen kuraklık, tuzluluk, aşırı sıcaklıklar, ağır metaller gibi abiyotik stres faktörlerine bağlı olumsuz etkilerin azaltılmasında etkili olduğu için tarım ve bitki biliminde büyük ilgi görmüştür. Farklı abiyotik stres koşullarının etkilerini azaltmak üzere yapılan kitosan uygulama örnekleri aşağıda başlıklar halinde açıklanmıştır.

Kuraklık stresi: Kuraklık stresi, bitkilerin fizyolojisine, biyokimyasal özelliklerine ve moleküler özelliklerine en çok zarar veren çevresel stres faktörlerinden biridir (Salehi-Lisar ve Bakhshayeshan-Agdam, 2016:1). Örneğin, genç elma fidelerinin yapraklarına uygulanan kitosan, bitkide antioksidan aktivitesini arttırmış, elektrolit sızıntısını azaltmış ve 35 günlük kuraklık stresi boyunca nem içeriğini eski haline getirmiştir (Yang vd., 2009:131). Ayrıca kitosanın patates, *Phalaenopsis* cinsi orkideler, pirinç, beyaz yonca ve asmada endojen H_2O_2 içeriğini artırarak antioksidan aktivitelerini teşvik etmek suretiyle kuraklık stresine karşı dayanıklılığı sağladığı rapor edilmiştir (Górník vd., 2008:333; Gu, 2011:90; Jiao vd, 2012:293; Pongprayoon vd., 2013:159; Li vd., 2017a:3039). Hatta kitosan, bitki stres evresine geçtiğinde transpirasyon (terleme) oranının düzenlenmesinde önemli bir rol oynayan absisik asit (ABA) aktivitesini teşvik etmiştir. Bu nedenle, kitosanın bahçe bitkilerinde potansiyel bir antitranspirant (terlemeyi önleyici) olarak kuraklık stresine karşı yardımcı olabileceği öne sürülmektedir (Iriti ve Faoro, 2008:1106; Lim vd., 2015:15252).

Tuz stresi: Tuz stresi, bitkilerin büyümesini ve metabolik fonksiyonlarını yerine getirmesini kısıtlayan ve bu nedenle bazı tarım ürünlerinde %10-25 oranlarında verim kaybına neden olan abiyotik stresin zararlı bir formudur (Zaman vd., 2018: 2). Dünyadaki üretim alanlarının %20'den fazlası çeşitli seviyelerdeki tuzluluktan etkilenmekte ve toprak tuzluluğundan etkilenen üretim alanları (her yıl yaklaşık 20,000 km²), tarımsal üretimi ciddi olarak sınırlandıracak şekilde her yıl artmaktadır (Ke vd., 2016: 75). Tuz stresi iyon toksisitesi, hiperosmotik stres, besin alımında dengesizlik, oksidatif hasar, metabolik bozukluklar ve fotoinhibisyona (fotosentezin gerilemesi ve ilerleyen

süreçte fotosentez yapan organların hasar görmesi) neden olarak bitki büyümesi ve verimliliğinde görev yapan bazı süreçleri olumsuz olarak etkilemektedir (Yang ve Guo, 2018:58).

Keşfedildiği günden bugüne bitki büyümesini teşvik etmek ve abiyotik stresin etkilerini azaltmak için pek çok bitkide kullanılan kitosan yapılan bir çalışmada 100mM NaCl tuz koşullarında yetiştirilen marul bitkilerine yapraktan püskültülerek uygulanmıştır. Sonuçlar ekzojen kitosanın, marulun toplam yaprak alanını, sürgün yaş ağırlığını, sürgün ve kök kuru ağırlığını arttırdığını; peroksidaz ve katalaz aktivitesini yükselterek yaprak klorofil a, prolin ve suda eriyebilen şeker içeriğini arttırdığını ve uygulama yapılmamış bitkilerle karşılaştırıldığında tuz stresine yanıt olarak membran lipid peroksidasyonunu azalttığını göstermiştir. Bunlara ek olarak ekzojen kitosan uygulaması marulda K^+ birikimini arttırmış, sadece NaCl ile muamele edilen bitkilerle karşılaştırıldığında K^+/Na^+ oranında önemli bir etkinin olmadığı görülmüştür. Elde edilen bu sonuçlar, ekzojen kitosanın marul yapraklarında hücre içi iyon konsantrasyonunu düzenlediğini, ozmotik basıncı dengelediğini ve antioksidan enzimatik aktiviteyi arttırdığını; bu sayede tuz stresinin bitki büyümesi ve biyoması üzerindeki zararlı etkilerini azaltabileceğini göstermiştir (Zhang vd., 2021:1).

Sıcaklık stresi: Kitosan uygulanan bitkiler hem yüksek hem de düşük sıcaklıklara karşı tolerans sergilemektedir. Sıcaklık stresi sırasında üretilen reaktif oksijen türlerinin (ROS) temizlenmesine yardımcı olan süperoksit dismutaz (SOD) ve katalaz (CAT) gibi antioksidan enzimlerinin aktivitesini arttırmıştır. Sıcaklık stresi, genellikle kuraklık stresiyle eş zamanlı olarak ortaya çıktığı için tarımsal türlerde karmaşık bir sorundur. Bu, araştırmacıların iki stres arasında ayırım yapmasını zorlaştırmaktadır (McKersie ve Lesheim, 2013). Sıcaklık stresinin olumsuz etkilerinden kaçınmak için geç ekilen kuru fasulye bitkilerinde kitosan uygulamasının en iyi yaklaşım olabileceği rapor edilmiştir. Bu stres koşullarında kitosan ile ilgili çok fazla araştırma mevcut değildir. Bununla birlikte, ABA'nın sıcaklık stresi ile ilişkili genlerin uyarılması yoluyla sıcaklık stresine toleransı teşvik ettiği (Ng vd., 2014:567) birçok yayında rapor edilmiştir (Zhang vd., 2008:839; Choi vd., 2013:165). ABA'nın (absisik asit duyarlı element bağlama faktörü 3) çok fazla ifade edilmesinin, sıcaklık stresine karşı tolerans kazandırdığı bildirilmiştir (Choi vd., 2013:165). Bu nedenle kitosan kullanımının, bahçe bitkisi türlerinde savunmayla ilişkili ABA'ya duyarlı genlerin ifadesini daha da arttıran ABA aktivitesini tetikleyerek yüksek sıcaklık stresine toleransı arttırmada etkili olduğu düşünülmektedir.

Ağır metal stresi: Ağır metaller normal toprak elementidirler ve bitkiler tarafından sadece iyonik formda alınabilmektedirler. Bununla birlikte, fazla

miktardaki toksik ağır metaller insan sağlığını riske atmakta, bitkilerde fitotoksositeye, yer altı sularının kirlenmesine, biyolojik çeşitlilik ve mikrobiyal aktivite üzerinde olumsuz etkilere ve uzun vadede toprak verimliliğinin azalmasına neden olmaktadır. Topraktaki ağır metal kirliliği yer altı ve yüzey sularına karıştığında kullanılan içme suyu, insan sağlığını tehdit etmektedir. Ayrıca topraktaki ağır metaller, suda çözündüklerinde bitkiler tarafından alınabilir forma dönüşmekte, bitkilerin kök ve meyve gibi kısımlarında birikerek insanların besin zincirine dâhil olmaktadır (Kamari vd., 2011:2675).

Kitosan ağır metallere bağlanarak bunların bitkiler tarafından alınımını azaltmakta ve toksisitelerini en aza indirmektedir. Ayrıca ağır metal kaynaklı ROS'un toksitesini gidermede yardımcı olarak antioksidan enzim aktivitesini de arttırmaktadır (Hidangmayum vd., 2019:314). Kitosanın sahip olduğu fonksiyonel amino ve hidroksil gruplarının sayesinde bazı ağır metaller de dahil olmak üzere besin maddesi olmayan elementel iyonlarla kompleks oluşturma yeteneği olduğu pek çok çalışmayla doğrulanmıştır. Yapılan bir çalışmada, hidroponik ortamda yetiştirilen yenilebilir kolza bitkilerinin (*Brassica rapa* L.) yapraklarına 10 kDa, 5 kDa ve 1 kDa gibi farklı moleküler ağırlıklardaki kitosan uygulanmış ve bu uygulamanın kadmiyumun toksik etkilerini hafiflettiği rapor edilmiştir (Zong vd., 2017a:92). Aynı şekilde sera koşullarında yürütölen benzer bir çalışmada ise kitosan uygulamasının kadmiyum (Cd) toksisitesinin etkilerinden bitkileri koruduğu gözlenmiştir (Zong vd., 2017b:271).

Kamari vd. (2011:2676; 2012:894) ayrıca kitosanın Ag, Zn, ve Pb gibi ağır metalleri bağlayabildiğini ve kitosan uygulanan çok yıllık çavdar otu ve kolza tohumlarında metal birikimini engellediğini rapor etmişlerdir. Ayrıca Vasconcelos (2014:616), kitosan ve kitosan oligosakkaritlerinin fitoremediasyon ve biyozenginleştirme programlarındaki etkisini kapsamlı bir şekilde incelemiştir. Bu bulgular, ağır metal stresi altındaki bitkilerde meydana gelen fitotoksositeyi hafifletmek için potansiyel bir mekanizma sağlamakta ve ayrıca kitosan ve kitosan oligomerleri daha yüksek bir konsantrasyonda olan toksik elementleri bağladığı için essensiyel amino asitlerin alınımını arttırabileceği öne sürölmektedir.

Biyotik Strese Karşı Kitosan Uygulamaları

Kitosanın antifungal, antibakteriyel ve insektisidal özelliklerinin bulunması hastalık ve zararlı yönetiminde kullanılmasına zemin hazırlamaktadır. Bitkileri çeşitli patojen ve zararlılardan korumak için kitosan uygulaması yapılabilmektedir. Kitosan, kitosan tipine (doğal veya modifiye edilmiş), polimerizasyon derecesine, konukçuya, substratların kimyasal ve/veya besin

bileşimine ve çevresel koşullara bağlı olarak çeşitli antimikrobiyal aktiviteler sergilemektedir. Bazı çalışmalarda, oligomerik kitosanların (pentamerler ve heptamerler) daha büyük ünitelere göre daha iyi bir antifungal aktiviteye sahip olduğu bildirilmiştir (Rabea vd., 2003:1457).

Fungal Patojenler: Kitosan antifungal etkiye sahiptir ve çeşitli fungal patojenlerin gelişimini engellemektedir. Fungusların neden olduğu hastalıklardan bitkileri korumak için yaprağa doğrudan püskürtülerek veya toprağa karıştırılarak uygulanabilmektedir. Kitosanın fungisidal aktivitesinin, çeşitli fungus ve oomiset türlerine karşı etkili olduğu bildirilmiştir (Muzzarelli vd., 1990:2019; Vasyukova vd., 2005:372). Büyüme engelleyen minimal konsantrasyonları 10 ile 5.000 ppm arasında değişirken, maksimum antifungal aktivitesi genellikle pKa (pH 6.0) civarında gözlenmektedir (El Hadrami vd., 2010:970). Rabea vd. (2005:951) 24 yeni kitosan türevinin (yani, N-alkil, N-benzilkitosan) fungisidal aktivitesi hakkında çalışma yapmış ve *B. cinerea* ile *P. grisea*'nın radyal hifsel gelişim biyoanalizini kullanarak, tüm türevlerinin doğal kitosana göre fungus öldürücü etkisinin daha yüksek olduğunu bildirmiştir. N-dodesilkitosan, N-(p-izopropilbenzil) kitosan ve N-(2,6-diklorobenzil) kitosan'ın sırasıyla 0.57 ve 0.52 g.L⁻¹ EC50 değerleri ile *B. cinerea*'ya karşı en aktif olanlar olduğu tespit edilmiştir. *P. grisea*'ya karşı, N-(m-nitrobenzil) kitosan 5 g.L⁻¹'de %77 inhibisyon ile en aktif olan kitosan türevi olarak belirlenmiştir. 1/2 mol oranında (kitosan: dekanolik asit) O-(dekanoil) kitosan, *B. cinerea* (EC50 = 1.02 g.L⁻¹)'ya karşı en aktif bileşik olmuş ve O-(heksanoil) kitosan, *P. grisea* (EC50 = 1.11 g.L⁻¹)'ya karşı en yüksek aktiviteyi göstermiştir. Ayrıca bazı kitosan türevleri oldukça yüksek konsantrasyonlarda (1.0, 2.0 ve 5.0 g.L⁻¹) spor oluşumunu baskılamıştır (Badawy vd., 2005:279).

Son zamanlarda, Palma-Guerrero vd. (2009:585) kitosanın *Neurospora crassa*'nın plazma zarını geçebildiğini ve hücreleri enerjiye bağımlı bir şekilde öldürdüğünü bildirmiştir. Genel olarak, 1 mg/mL oranında uygulanan kitosan, hücre duvarlarında bileşen olarak kitosan barındıran Zygomycetes'ler hariç, bazı fungusların ve oomisetlerin in vitro büyümesini azaltabilmektedir (Allan ve Hadwiger, 1979:285). Kitosanın, hücre dışı kitosanolitik aktiviteye sahip olan nemato-/entomo-patojenik funguslara karşı da antifungal etkiye sahip olduğu bildirilmiştir (Palma-Guerrero vd., 2008:541).

Kitosanın patojenlerin plazma membranlarına penetre olma yeteneği membran akışkanlığının derecesine bağlıdır. Kitosana dayanıklı funguslar palmitik asit ve stearik asit gibi doymuş yağ asitlerince zengin membranlara (akışkanlığı düşük membran), kitosana hassas funguslar ise linoleik asit gibi çoklu doymamış yağ asitlerince zengin membranlara (akışkanlığı yüksek membran) sahiptir (Palma-Guerrero vd., 2010:1021). İnkübasyon süresi

kitosanın antifungal aktivitesini etkileyen bir diğer faktördür. Düşük konsantrasyonlu kitosan uygulamasıyla *F. oxysporum* f.sp. *radicis-lycopersici*'nin gelişiminin engellenmesi inkübasyon süresinin arttırılmasıyla mümkündür (Benhamou, 1992:1185).

Kitosan *F. oxysporum* f.sp. *cubese* (Al-Hetar vd., 2011:2434), *F. solani* f.sp. *glycines* (Prapagdee vd., 2007:1353), *Botrytis cinerea* ve *A. alternate* (De Oliveira Jr vd., 2012:637)'da aşırı miselyal dallanma, anormal şekiller, hiflerin boyutunda azalma ve şişkinliklere neden olmaktadır. Ayrıca kitosan funguslarda sitolojik değişimlere, protoplazma çözülmesine ve büyük fungal keseciklerin oluşumuna yol açmaktadır (Al-Hetar vd., 2011:2434). Kitosan *B. cinerea* ve *F. oxysporum* f.sp. *albedinis* miselyumlarında sitoplazmadan yoksun boş hücreler veya geniş kesecikler gibi morfolojik değişikliklere neden olmuştur (El Hassni vd., 2004:195; Ait Barka vd., 2004:608). Kitosana maruz bırakılan funguslar uygulama yapılmamış funguslara göre daha az spor oluşturmuştur. Diğer örneklerde kitosan uygulamasının ardından sporulasyonun tamamen baskılandığı gözlenmiştir. *Ranunculus stolonifer*, *Penicillium digitatum* ve *F. oxysporum* konidilerinin şekli ve uzunluğu kitosandan dikkate değer şekilde etkilenmiştir (Baños vd., 2004:178). *F. oxysporum* f.sp. *cucumerinum*'a karşı kitosan uygulaması, uygulama yapılmamış *Fusarium*'larla karşılaştırıldığında solgunluk hastalığının şiddetinde önemli bir düşüş olduğunu göstermiştir (Elagamey vd., 2022:260).

Bakteriyel Patojenler: Kitosan, bakteriyel gelişmeyi engelleyerek ve bitki savunma mekanizmalarını teşvik ederek bakteriyel hastalıkların kontrolüne yardımcı olmaktadır. Bitki yapraklarına püskürtülerek veya hastalıklara karşı dayanımı arttırmak için tohumlara uygulanabilmektedir. Kitosan, geniş bir bakteri yelpazesinin büyümesini inhibe etmektedir (Muzzarelli vd., 1990:2019). Büyüme engelleyen minimum kitosan konsantrasyonları türler arasında 10-1.000 ppm arasında değişmektedir. Kitosanın N,N,N-trimetilkitosan, N-propil-N,N-dimetilkitosan ve N-furfuril-N,N-dimetilkitosan gibi kuaterner amonyum tuzlarının özellikle asidik ortamda, *Escherichia coli*'nin büyümesini ve gelişimini engellemede etkili olduğu bildirilmiştir. Benzer şekilde, çeşitli kitin ve kitosan türevlerinin *E. coli*, *Staphylococcus aureus*, bazı *Bacillus* türleri ve balıkları enfekte eden birkaç bakterinin gelişimini engellediği/sınırladığı rapor edilmiştir (Vasyukova vd., 2005:372).

Kitosanın *S. aureus* (Tan vd., 2013:1854), *Streptomyces scabies* (Beausejour vd., 2003:463), *Ralstonia solanacearum* (Farag vd., 2017:522), *Xanthomonas* spp. (Ramkissoo vd., 2016:274), *Pseudomonas* spp. (Li vd., 2010:189; Tan vd., 2013:1854), ve *Acidovorax* spp. (Li vd., 2013:1010; Yang vd., 2014:48) gibi çeşitli bitki patojeni bakterilere karşı güçlü antibakteriyel aktiviteleri vardır.

Kitosanın bakterilere karşı inhibitör aktivitesi moleküler ağırlığına (Li vd., 2016:200), konsantrasyonuna (Yang vd., 2014:48), solvent tipine (Rabea ve Steurbaut, 2010:149), bakteri tipine (gram-pozitif/gram-negatif) (Annaian vd., 2016:25), hücre duvarı yapısına (Sapers, 1992:1192), inkübasyon süresine ve abiyotik faktörlere göre değişmektedir (Chung vd., 2003:179). Kitosan düşük konsantrasyonlarda (0.2 mg/ml'den daha az) negatif yüklü bakteri yüzeylerine aglütinasyona neden olarak bağlanmakta, fakat daha yüksek konsantrasyonlarda pozitif yüklü olmasından kaynaklı olarak bakterilere daha fazla net pozitif yük vermekte ve onları askıda tutmaktadır (Rabea vd., 2003:1457).

Domates bitkilerine uygulanan kitosan *Xanthomonas vesicatoria*'nın gelişimini inhibe etmiştir (Ramkissoo vd., 2016:274). Ayrıca kitosan açışal yaprak lekese zararına neden olan *Pseudomonas syringae* pv. *lachrymans* hastalığından hıyar bitkilerini korumuş (Acar vd., 2008:797), *Pseudomonas fluorescens* ile enfekteli brokoli bitkilerinin hastalanma sıklığına azaltmıştır (Li vd., 2010:189). *Acidovorax citrulli* ile enfekteli karpuz fidelerinin hastalık indeksi 0.4 mg/ml kitosan uygulaması sonucunda önemli ölçüde azalmıştır (Li vd., 2013:1010). Bakteri ırkına bağılı olmaksızın 0.10 mg/ml konsantrasyonunda kitosan çözeltisi uygulamasından sonra gerçekleştirilen 6 saatlik inkübasyon periyodunun ardından kontrollerle karşılaştırıldığında farklı coğrafik bölgelerden izole edilmiş *Xanthomonas* patojenik bakterilerinin hayatta kalan sayısında dikkate değer bir şekilde düşüş olmuştur (Li vd., 2008:287).

Viral Patojenler: Araştırmalar sonucunda kitosanın bitkilerde potasyel bir antiviral ajan olduğu ortaya koyulmuştur. Kitosanın doğrudan antiviral etkisi hala araştırılıyor olsa da dolaylı olarak bitkilerin viral enfeksiyonlara karşı savunma tepkilerini arttırdığı bilinmektedir. Kitosanın, bitkide virüslerin ve viroidlerin sistemik olarak çoğalmasını engellediği ve konukçunun enfeksiyona karşı hipersensitif tepkisini arttırdığı gösterilmiştir (Pospieszny vd., 1991:63; Faoro vd., 2001:57; Chirkov, 2002:1). Burada uygulanan kitosanın moleküler ağırlığına göre viral enfeksiyonların baskılanma seviyesinin değiştiği bildirilmiştir (Kulikov vd., 2006:224). Benzer şekilde *Potato virus X* (PVX), *Tobacco mosaic virus* (TMV), *Tobacco necrosis virus* (TNV), *Alfalfa mosaic virus* (AMV), *Peanut stunt virus* (PSV) ve *Cucumber mosaic virus* (CMV) enfeksiyonlarının kitosan uygulaması sonucunda baskılandığı rapor edilmiştir (Pospieszny vd., 1991:63; Chirkov, 2002:1; Struszczyk, 2002:396).

Konukçu bitkilerde virüsün sistemik olarak çoğalmasının baskılanması veya tamamen engellenmesi, kitosanın virüs aktivasyonunu durdurma kapasitesine açık bir kanıt sunmamıştır. Bununla birlikte, kitosan moleküllerinin hedef virüsün nükleik asidine bağlanarak viral genomda ciddi zararlar oluşturması sonucunda çoğalmanın baskılandığı düşünülmektedir (Mansouri vd., 2004:1).

Jia vd. (2016: 26144) tarafından yapılan çalışmalar, TMV ile etkili *Arabidopsis* bitkilerinde sistemik kazanılmış dayanıklılığı tetiklemede kitosanın rolünü ve hangi sinyal yollarının savunma mekanizmalarında görevli olduğunu açıklamıştır. Çalışmadan elde edilen sonuçlar kitosanın bitkilerde jasmonik asit eksikliğinde meydana gelen sinyal yolağını tetiklerken salisilik asit eksikliğinde meydana gelen sinyal yolağını tetiklemediğini ortaya koymuştur. Sera koşullarında yapılan başka bir çalışmada AMV ile etkili *Nicotiana glutinosa* bitkilerine uygulanan kitosanın koruyucu ve iyileştirici etkileri araştırılmıştır. Hem koruyucu (%70,43) hem de iyileştirici (%61,65) kitosan uygulamalarının AMV konsantrasyonunu önemli ölçüde azalttığı görülmüştür. Diğer yandan, çalışmada sistemik dayanıklılığı sağlayan yolları ve bundan sorumlu savunma mekanizmalarını anlayabilmek adına toplam fenol, PAL ve peroksidaz ölçümleri yapılmış ve hepsinde artış olduğu kaydedilmiştir (Abdelkhalek vd., 2021: 2701).

Zararlı Böcekler: Kitosan böceklerin beslenmesini engellemek, bu sayede onların büyüme ve gelişmesini sınırlandırarak bir biyopestisit görevi görebilmekte, zararlı böceklerle mücadelede kullanılabilir. Kimyasal sentez yoluyla elde edilen birçok kitosan türevlerinin (yani, N-alkil-, N-benzilkitosan) kullanıldığı çalışmalarda larvaların ağızdan beslenme düzeyleri araştırılmış ve kitosan türevlerinin böcek öldürücü aktiviteleri rapor edilmiştir (Rabea vd., 2005:951; Badawy vd., 2005:279). Yirmi dört yeni türevin, 5 g/kg oranında uygulanan yapay bir diyetle önemli insektisidal aktiviteye sahip olduğu tespit edilmiştir. En aktif türev olan N-(2-kloro-6-florobenzil) kitosan, larvalarda %100 ölüme neden olmuştur ve LC50 değeri 0.32 g/kg olarak hesaplanmıştır. Sentezlenen tüm türevler, kitosan ile karşılaştırıldığında larva büyümesini %7 gibi yüksek oranda engellemiştir ve O-(dekanoil) kitosan, uygulanan yapay diyetle 5 gün beslenmenin ardından %64 oranında büyümeyi engellemiş ve en aktif türev olduğu belirlenmiştir (Rabea vd., 2005:951).

Nematodlar: Nematodların dünya genelinde 2000'den fazla yüksek bitki türünde ciddi ekonomik kayıplara neden olduğu rapor edilmiştir. Kimyasal nematodların yüksek toksisitesini azaltmak için acil olarak biyolojik kontrol, doğal ürünler, bitki ekstraktları ve botanik ürünler gibi çevre dostu nematod mücadele stratejilerine ihtiyaç bulunmaktadır (Akhter ve Khan, 2018:141). El-Ansary vd. (2013:43) tarafından yapılan çalışmalar, kitosanın bitki büyüme parametrelerini ve ürün veriminde iyileşme sağlayarak muz bitkilerinde *Meloidogyne incognita*'nın neden olduğu kök-ur zararı şiddetini azalttığını ortaya koymuştur. Kitosan uygulanmış domates bitkilerinde, bitki kök ve sürgünlerinin büyüklük, ağırlık ve büyümesini arttıran kök-ur nematodlarının daha az çoğaldığı görülmüştür (Escudero vd., 2017: 1415).

Son zamanlarda, Khan vd. (2021: 225) in vivo ve in vitro koşullarda yetiştirilen havuç bitkilerinde *M. incognita*'nın neden olduğu istilaya karşı nematosis olarak kitosanın etkisini değerlendirmiştir. Araştırma sonucunda *M. incognita*'nın yumurta kitleleri ve ikinci kuşak yavruları (J2'ler)'nin 500, 1000, 1500, 2000 ve 2500 ppm'lik farklı konsantrasyonlardaki kitosan uygulamasından etkilendiği rapor edilmiştir. J2'lerin maksimum ölüm oranı ve en yüksek yumurtadan çıkışın engellenmesi 2500 ppm kitosan uygulaması ardından 36 saatlik inkübasyonda gözlenmiştir.

Toprak Islahında Kitosan Kullanımı

Önceki bölümlerde açıklandığı gibi kitosan bitki hastalıklarının şiddetini azaltmak, hastalıkların gelişimini ve yayılmasını önlemek, böylece ürün kalitesini ve verimliliği arttırmak amacıyla çeşitli şekillerde kullanılabilir. Bunun haricinde toprak yapısının iyileştirilmesi yani toprak ıslahında da kitosan uygulamaları oldukça başarılı bulunmuştur. Kitosan uygulaması yapılan topraklarda yetiştirilen bazı bitki türlerinde *Fusarium* solgunluğu (Lafontaine ve Benhamou, 1996:111; Bell vd., 1998:322; Rabea vd., 2003:1457) hastalığında, *Cylindrocladium floridanum* (Laflamme vd., 2000:1460), *Alternaria solani* (Abd-El-Kareem ve Hagg, 2014:941) ve *Aspergillus flavus* (El Ghaouth vd., 1992:769) enfeksiyonlarında önemli bir azalma görülmüştür. Kitosanın bu patojenleri azaltmadaki etkisinin önemli bir kısmı bitki savunma yanıtlarını uyarmasından kaynaklanmaktadır (Katiya vd., 2014: 00006). Buna ek olarak, bazı dikotiledon bitki türlerinde kitosan uygulamasının kalloz oluşumunu, proteinaz inhibitörleri ve fitoaleksinlerin biyosentezini teşvik ettiği rapor edilmiştir (Elwagia ve Algam, 2014:10).

Toprak yapısının kitosan ile iyileştirilmesi çevre dostu bir yöntemdir. Çünkü toprakta bulunan bakteri çeşitliliğinden kaynaklı kitinazlar sayesinde kitosan doğal şekilde parçalanmaktadır. Kitinin parçalanmasında bakterilerin rolü bilinmekle birlikte fungal popülasyonların bu süreçte önemli bir rol oynayıp oynamadığı henüz tam olarak bilinmemektedir (Gooday, 1990:177). Tarlada kitosan gibi kompleks organik moleküllerin parçalanmasında actinobakterilerin de anahtar rol oynayabileceği düşünülmektedir (Hjort vd., 2010:197).

Tarla koşullarında kitosan mikrobiyal patojenlerin aktivitesini baskılayıp *Bacillus*, *Pseudomonas fluorescens*, aktinomisetler, mikoriza ve rizobakteriler gibi yararlı mikroorganizmaların aktivitesini artırarak rizosferin dengesini sağlamaktadır (Bell vd., 1998:322). Örneğin, karides atıklarından elde edilen kitin ve/veya kitosan toprağa uygulandığında bitki köklerine zarar veren nematod enfeksiyonlarının oranının azaldığı (Sarathchandra vd., 1996:221; Radwan vd., 2012:463) ve toprak kaynaklı hastalıkların baskılandığı

görülmüştür (Weller vd., 2002:309). Kesin bir şekilde açıklanamamış olmasına rağmen, kitosanın görülen bu etkisi toprak yapısını ve mikrobiyal aktivitesini değiştirmesinden kaynaklanmaktadır (Pal ve McSpadden, 2006:1; Uppal vd., 2008:90). Toprakta bulunan mikrobiyal toplulukların kitosan ilavesine tepkisi için iki hipotez ileri sürülmüştür: (a) Patojenik fungusların kitinoz yapıdaki hiflerini hidrolize etme yeteneği olan kitinolitik mikroorganizmaların sayısında ve/veya aktivitesinde artış olması, (b) Toprağa ilave edilen kitosana sekonder yanıt verenlerin patojenlere karşı zararlı aktivitesinin olması (Cretoiu vd., 2013:5291).

Kitosanın yararlı etkileri sadece toprak mikrobiyotasının etkilenmesiyle değil aynı zamanda bitkinin kendisiyle de ilişkilidir. Son zamanlarda, bitki yetiştiriciliğinde kitosanın mineralleri ve diğer besin elementlerini şelatlama yeteneğinden yararlanarak bitkilerin alımı için daha uygun hale getirmeyi amaçlayan inovatif bir biyoremediasyon stratejisi uygulanmaktadır (Angelim vd., 2013:10; Vasconcelos, 2014:616). Bitkilerin topraktaki esansiyel mineral elementlerden yararlanma oranının düşük olması çoğu kez bitkisel üretimi sınırlandırdığı için bu strateji oldukça önemlidir (White ve Brown, 2010:1073). Bu stratejiye uygun olarak Utsunomiya vd., (1998:567) tarafından toprak düzenleyici olarak kullanılan kitosan oligosakkaritlerinin mor çarkıfelek meyvesinin çiçek ve meyvesindeki etkileri araştırılmıştır. Sözü edilen toprak düzenleyicinin çiçek sayısını, meyve ağırlığını ve meyve suyu kalitesini arttırdığı bulunmuştur. Suda çözülebilir kitosanın hidroponik gübreleme sistemlerine dâhil edilmesiyle hidroponik ortamda yetiştirilen patates mikro yumrularının gelişimini ve son verimini de desteklediği görülmüştür (Kowalski vd., 2006:167). Ayrıca Kamari vd., (2011:2675; 2012:894) tarafından yapılan çalışmalarda ağır metallerle kirlenmiş toprakların ıslahının da kitosana mümkün olduğu gösterilmiştir.

Kitosanın Biyogübre Olarak Kullanımı

İnorganik gübrelerin yüksek düzeyde üretimi ve kullanımı nedeniyle ekolojik toksisite kritik bir noktadadır. Bu nedenle, kitosan gibi biyolojik olarak parçalanabilen biyogübreler, inorganik gübre kullanımının tehlikelerinden kaçınmak için araştırmacıların ilgisini çekmektedir. Kitosan, düşük konsantrasyonlarda toprak kaynaklı faydalı rizosfer biyotasını etkilemeden enzimatik olarak parçalanmakta, ayrıca bitki ve mikroorganizmalar arasındaki simbiyotik alışverişini teşvik etmektedir (Escudero vd., 2017: 1415).

Son araştırmalarda, kitosan daha az çevresel kontaminasyona neden olmasından dolayı ürün verimini arttırmak için biyogübre olarak kullanılmıştır. Bu duruma uygun olarak, lizozim ile kombine edilmiş kitosan domates gövde

lezyonlarında %14 oranında önemli bir azalmaya neden olmuştur (Inc, 2010:23). *Salachna* vd. (2017:1903), gellan sakızı ile kombine edilen kitooligosakkaritlerin *Ornithogalum saundersiae* bitkilerinin fenol içeriğini arttırdığını ve yüksek antioksidan aktivitesini, güçlü bir şekilde büyümesini teşvik ettiğini rapor etmiştir. Bahsedilen araştırmalar kitosanın potansiyel bir biyogübre olarak rolünü fazlasıyla ortaya koymaktadır. Ancak biyogübre olarak kitosanın bahçe bitkilerinde kullanımı göz ardı edilmektedir ve bu konuyla alakalı yeterince araştırma materyali bulunmamaktadır. Farklı bahçe bitkilerinde kitosan biyogübre olarak uygulanarak farklı stres koşulları altında büyüme parametrelerine etkisi daha fazla araştırılmalıdır.

Kitosanın bir diğer kullanım amacı ise gübre salınımının kontrol edilmesidir. Gübre olarak uygulanan nitrojenin %40-70'i, fosforun %80-90'ı ve potasyumun %50-70'i doğada kaybolmakta ve bitkiler tarafından alınmamaktadır (Trenkel, 1997:95). Bundan dolayı bahçe bitkilerinde aşırı miktarda gübre kullanılmakta ve özellikle sebzeler gübre toksisitesinden yüksek derecede etkilenmektedir. Nitrat gübrelemesi sonucunda fazla miktarda toprağa karışan nitrojen yüzeyden yıkanarak yer altı sularına karışmakta ve su kirliliğine neden olmaktadır (Tamme vd., 2006:355). Çevre kirliliğinin önüne geçmek ve aşırı gübrelemenin negatif etkilerinden korunmak amacıyla kitosan son zamanlarda gübre salınımını kontrol etmek için kullanılmaktadır (Corradini vd., 2010:509). Wu ve Liu (2008:240), kitosanla kaplı gübre kullanımının bitkinin gübredeki besin elementlerini alımını kolaylaştırdığını ve üretim maliyetlerini düşürdüğünü ileri sürmüştür. Bu nedenle kimyasal gübrelerin aşırı kullanımının verdiği zararlı etkileri en aza indirmek için Hähndel'in önerdiği modele göre üreticilerin kitosanı bir kaplama malzemesi olarak kullanması önerilmektedir.

Ürünlerin Hasat Sonrası Korunmasında Kitosan Uygulamaları

Hasat edilen bitkisel ürünlerin kitosan ile kaplanması mikrobiyal gelişimi azaltmak, yaşlanmayı geciktirmek ve meyve kalitesini korumak suretiyle hasat sonrasında ürünlerin raf ömrünü uzatmaktadır. Kitosanın meyvelerdeki farklı yararlı etkileri oldukça değerlidir. Örneğin, hasat sonrasında mango meyvelerinin yenilebilir kitosanla kaplanması çürümüş dokularda azalmaya; meyvenin askorbik asit içeriği, raf ömrü ve tazeliğinde artışa neden olmuştur (Zhu vd., 2008:770; Abd-Alla ve Wafaa, 2010:361). Benzer şekilde yenilebilir kitosanla kaplanan ve soğukta depolanan narların raf ömrü artmış, kimyasal ve duyuşsal karakteristiklerinde değişiklik olmadan 16 güne kadar tazeliğini korumuş ve meyve yüzeyindeki çürümeye neden olan mikrobiyal gelişim kontrol altında tutulabilmiştir (Ghasemnezhad vd., 2013:368; Abdel Fattah vd., 2016:435).

Petriccione vd. (2015a:394) kitosanla kaplanan kirazların antisiyonin aktivitesinin arttığını, renk değişiminde gecikme olduğunu ve depolama sırasında su içeriğinin korunduğunu rapor etmiştir. Benzer şekilde hasat sonrasında kitosan, çileklerin antosiyanin, polifenol ve antioksidan aktivitesini önemli derecede uzatmış, soğuk depolama koşullarında meyve etinin kahverengileşmesini uzun süre engellemiştir (Petriccione vd., 2015b:501). Ayrıca ince kabuklu pembe elmalara hasat sonrası depolanması boyunca uygulanan %2'lik kitosanın hastalık şiddetini azalttığı, meyvelerin sertliğini korumasını sağladığı ve ağırlık kaybını azalttığı görülmüştür (Plainsirichai vd., 2014:317). Kitosanın hasattan sonra soğuk hava koşullarında depolanan kayısıların antioksidan aktivitesini önemli derecede geliştirdiği ve total fenolik içeriğini yükselttiği rapor edilmiştir (Ghasemnezhad ve Shiri, 2010:25). Muz kolay çürüyen bir meyvedir ve diğer meyvelere göre bozulması daha hızlı olmaktadır. Yenilebilir kitosan muzun kararmasını geciktirmek için kullanılabilir ve bu sayede muzun raf ömrünü uzatmaktadır. Ayrıca meyvenin antioksidan aktivitesini desteklemekte ve C vitamini içeriğini arttırmaktadır (Suseno vd., 2014:113).

Yeşil küf hastalığı, turunçgillerin hasat sonrası depolanması ve nakliyesi sırasında ciddi kayıplara neden olan bir hastalıktır. Meyvelerin yenilebilir kitosanla kaplanması meyve sertliği, yüzey rengi, meyve suyu içeriği ve diğer kalite özelliklerini korumuştur (El Guilli vd., 2016:12). Kivi meyvelerinde yüksek moleküler ağırlıklı kitosanın raf ömrünü, meyve sertliğini ve diğer kalite parametrelerini arttırdığı saptanmıştır (Drevinskas vd., 2017:269). Yapılan araştırmalardan da anlaşıldığı üzere kitosan hasat sonrası depolanan meyvelerin fiziksel yapısını desteklemekte, raf ömrünü arttırmakta ve kalite parametreleri üzerinde olumlu etki göstermektedir.

Yaz boyunca yetiştirilen domateslerin dondurulması önemli miktarda kayıplara neden olmaktadır. Bu nedenle, kitosan kullanımı dondurulmuş domateslerin raf ömrünü uzatmakta, görünüşünü iyileştirmekte ve diğer kalite parametrelerini önemli ölçüde desteklemektedir (García vd., 2014:238). Benzer şekilde, havuç dilimlerine yenilebilir kitosan uygulanmış, bu da olgunlaşma sürecini geciktirmiş, şekeri içeriğini azaltmış ve toplam fenolik içeriğini arttırmıştır (Wójcik, W. ve Zlotek, 2008:141). Brokolide hafif ısı şoku ile birlikte kitosan uygulaması raf ömrünü uzatmış ve aynı zamanda duyuşal özelliklerini de uzun süre korumuştur (Moreira vd., 2011:367).

Bitki Stres Koşullarının Yönetiminde Kitosanın Etki Mekanizmaları

Abiyotik Stres Yönetiminde Kitosanın Etki Mekanizması

Kitosan abiyotik stres koşulları altındaki bitkilerin toleransını arttırıcı etki göstermektedir. Bitkiler farklı abiyotik stres koşullarının üstesinden gelebilmek için farklı mekanizmalar kullanmaktadır (Pichyangkura ve Chadchawan, 2015:49).

Kuraklık Stresine Etki Mekanizması: Kuraklık stresi altındaki bitkilere kitosan uygulaması prolin birikimini teşvik etmek, yapısındaki polisakkaritlerle bitkileri desteklemek, membran geçirgenliğini düzenlemek, peroksit anyonlarını uzaklaştırmak, fotosentetik aktiviteyi arttırmak, osmotik basıncı düzenlemek ve hücrel redox homeostasisini sağlamak suretiyle bitkilerin toleransını arttırmaktadır. Ekstem kuraklık stresi altında yapraklarda serbest prolin miktarında önemli ölçüde artış olmaktadır (Din vd., 2011:78). Kuraklık stresi yokken kitosan uygulaması yapılan bitkilerde prolin üretimi arttırılarak prolinin birikmesi sağlanmıştır (Li vd., 2017b:1316). Prolin birikmesi yaprağın su potansiyelini azaltmaya yardımcı olmakta, yaprakların turgor basıncını düzenlemekte ve yapraklara su dağıtımını kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, prolin redoks dengesinin korunması, ROS'un bastırılması ve osmotik basıncın ayarlanması için çok önemlidir (Hidangmayum vd., 2019:313).

Diğer yandan, susuz koşullar bitki hücrelerinin membran sağlamlığını bozmaktadır. Membran stabilitesini gösteren membran geçirgenliği ve malondialdehit konsantrasyonu birbiriyle ilişkilidir. Malondialdehit seviyeleri su kıtlığı koşullarında yükselmekte; bu lipit peroksidasyonu yan ürünü serbest radikallerin birikmesi nedeniyle membran sızıntısına yol açma olasılığı yaratmaktadır. Ozmotik basıncın ayarlanmasında kitosan, pozitif yönde düzenleyici fonksiyon göstermekte ve lipit peroksidasyon ürünlerini azaltarak kuraklık stresinin zararlı etkilerini elimine etmektedir (Jiao vd., 2012:293; Bistgani vd., 2017:407).

Bitkiler, turgor basıncının korunmasına yardımcı olan polisakkaritlerin yıkımına neden olarak hücredeki çözünebilir şeker seviyesini yükseltip kuraklığın zararlı etkilerini azaltmaktadır (Nazarli vd., 2011:35). Kitosan glikoz, fruktoz, trehaloz, sorbitol, mannoz ve mionositol gibi bitkilerin kuraklık stresinin üstesinden gelmek için ihtiyacı olan şekerlerin önemli bir kaynağıdır (Li vd., 2017b:1316). Bu şekerler, kuraklığa dayanıklılığı sağlayan dehidrasyon stresine yanıt olarak ozmotik basıncın düzenlenmesini teşvik edebilmekte ve karbon dengesini sağlayabilmektedir. Ayrıca, kuraklık stresi klorofil üretimini azaltarak fotosentetik aktiviteyi sekteye uğratmaktadır. Bu durum kloroplast lipitleri, pigmentleri ve proteinlerinin oksidatif hasarına veya klorofil pigment komplekslerinin ve ışığı toplayan protein pigmentlerinin kaybına neden olmaktadır (Lai vd., 2007:458; Farouk ve Amany, 2012:1341). Bitkilere kitosan püskürtülmesinin fotosentez seviyelerini arttırmaya yardımcı olan klorofil ve

total karbonhidratları arttırdığı görülmüştür (Khan vd., 2002:621; Sheikha ve Al-Malki, 2011:124; Farouk ve Amany, 2012:1341). Sonuç olarak, bu durum bitki sürgünlerinde daha yüksek seviyede nitrojen ve potasyum olması nedeniyle hücre başına düşen kloroplast sayısında artış olması ve klorofil sentezinin yükselmesinden kaynaklanmıştır. Ayrıca kitosan uygulaması amino bileşiklerinin salınmasına neden olmakta ve böylece klorofil sentezini teşvik etmektedir (Chibu vd., 2002:206).

Kitosanın terlemeyle su kaybını önleyici etkisi, bitkilerin atmosferden karbon alımını sağlayan stomaların açılma/kapanma mekanizmasını kontrol etmesinden kaynaklanmaktadır. Bitkilerdeki fotosentez süreçlerinin etkinliğini sağlayan kitosan, ticari terlemeyi önleyicilerin aksine fotosentez için gerekli karbonun girişine engel olmayacak şekilde stomaları kapatan ve yaprak yüzeyini koruyan terlemeyi engelleyici bir membran oluşturmaktadır. Bu nedenle kuraklık stresinde terlemeyi önleyici madde olarak kitosan kullanmak daha etkin sonuçlar vermektedir. Kitosan uygulanan bitkiler biyokütle ve verimini korurken atmosferden maksimum karbon alabilmektedir (Bittelli vd., 2001:167).

Tuz Stresine Etki Mekanizması: Tuzluluk dış ozmotik basıncın düşük olması nedeniyle bitkilerin su ve besin maddelerini almalarını engelleyebilmektedir. Ayrıca toksik etkilere neden olan Na ve Cl iyonlarının aşırı birikmesi sonucu stomalar kapanmakta, dâhili CO₂ seviyesi düşmekte ve fotosentez oranı azaltılmaktadır. Tuz stresi koşullarının malondialdehit birikiminin neden olduğu lipid peroksidasyonuna sebebiyet verdiği keşfedilmiştir (Meloni vd., 2003:69). Kitosan uygulamasından sonra malondialdehit içeriğindeki düşüş membran hasarını stabilize etmekte ve tuzluluk stresine toleransı sağlamaktadır (Jabeen ve Ahmad, 2013:1699).

Tuz stresi altındaki bitkilerde hücrenel bileşenlere zarar veren reaktif oksijen türleri (ROS)'nin üretimi artmaktadır. Bitkiler superoksit dismutaz, peroksidaz ve katalaz gibi antioksidan enzim bileşiklerini üreterek kendi ROS temizleme mekanizmalarını geliştirmekte; bu enzimler etkili bir şekilde ROS'ların yıkımını arttırmaktadır. Bu enzimlerin kitosanla muamele edilmiş bitkilerde yükseldiği ve tuz stresinin etkilerini azaltmak için güçlü bir antioksidan aktivite sergiledikleri görülmüştür (Ma vd., 2012:393; Jabeen ve Ahmad, 2013:1699). Kitosan yapısında ROS'lar ile reaksiyona giren hidroksil ve amino grupları barındırdığından süperoksit anyonlarını etkili şekilde temizlemektedir. Kitosan uygulaması tuzluluk stresi altındaki bitkilerde malonaldehit seviyesini azaltarak ve antioksidan enzim aktivitesini artırarak stres koşullarının olumsuz etkilerini en aza indirmektedir (Al-Tawaha vd., 2018:437).

Bitkiler tuz stresine maruz kaldığında, klorofilaz birikimi ve protein komplekslerinin kararsızlığı nedeniyle klorofil konsantrasyonu şiddetli bir şekilde düşmektedir. Tuz stresi altında bitkilerde prolin biyosentezinin artması, prolinin glutamata oksidasyonunun azalması veya sentezlenen prolinden yararlanmanın azalması sonucunda prolin seviyeleri yükselmiştir. Bitkiler çoğunlukla ozmotik stresten prolin sayesinde korunmaktadır (Khan vd., 2010:121). Kitosan uygulamaları bitkide prolin seviyesinin daha da artmasına neden olmakta, kitosan konsantrasyonu arttıkça prolin seviyesi daha da artmaktadır (Jabeen ve Ahmad, 2013:1699).

Sıcaklık Stresine Etki Mekanizması: Kitosanın sıcaklık stresinde kullanımına ilişkin yayınlanmış veriler oldukça sınırlıdır. Genellikle kuraklık stresiyle birlikte ortaya çıkması ve ölçülmesinin zor olması nedeniyle çoğu zaman sıcaklık stresi araştırmacılar tarafından karmaşık bir konu olarak değerlendirilmektedir (González vd., 2015:143). Kitosan uygulaması absisik asit aktivitesini teşvik ederek bitkilerde yüksek sıcaklığın zararlı etkilerini azaltmaktadır (Bittelli vd., 2001:167). Choi vd. (2008:240)'e göre absisik asit sıcaklık şoku ile ilişkili ABF3 gibi genlerin fazla ifade edilmesini aktive ederek sıcaklık stresine tolerans sağlamaktadır. Ayrıca yapılan bir çalışmada düşük sıcaklıkta hıyar yapraklarına uygulanan kitosanın antioksidan enzim aktivitesiyle birlikte prolin ve çözünebilir protein seviyelerini arttırdığı görülmüştür (Xue vd., 2004:441).

Biyotik Stres Yönetiminde Kitosanın Etki Mekanizması

Bitkilere patojen saldırısı olduğunda, bazı gen ürünlerinin birikmesiyle sonuçlanan sinyal mekanizması koordineli bir şekilde teşvik edilmektedir. Patojen bitki reseptörleri tarafından tanındığında hipersensitif reaksiyon olarak adlandırılan ve enfeksiyon bölgelerinde nekroza neden olan hızlı lokalize hücre ölümü gelişmektedir. Enfekte olmayan bitki kısımlarında geniş spektrumlu sistemik bir dayanıklılığın ifade edilmesi sonraki patojen enfeksiyonlarından korunmayı teşvik etmektedir. Ardından ROS'lar üretilmekte, savunma ile ilişkili genler aktive edilmekte ve terpenler, fitoaleksinler, savunma enzimleri, patogenezle ilişkili proteinler gibi gen ürünlerinin ifadesi artmaktadır. Patojenler üzerine doğrudan etkilerinin yanında kitosan bitki dayanıklılığını ve bitki dokularındaki bazı savunma süreçlerinin aktive edilmesini teşvik edebilmektedir (Coutinho vd., 2020: 115918). Bahsedilen savunma mekanizmaları hidrolitik enzimlerin birikmesi, proteinaz inhibitörleri ve patogenezle ilişkili proteinlerin (PR) sentezi, bitki dokularında fitoaleksinlerin çoğalması, kalloz oluşumu, lignifikasyonun artması ve ROS'ların teşvik edilmesi şeklindedir (Singh vd., 2019:202; Torres-Rodriguez vd., 2021:12231).

Patojenler Üzerinde Doğrudan Etki: Kitosan genellikle patojenler ve zararlılara karşı bitki savunmasını teşvik ederek etkili olmasına rağmen, bazı çalışmalarda kitosanın uygulanan konsantrasyon ve kitosan türevinin antimikrobiyal özelliğine bağlı olarak funguslar, bakteriler ve oomisetler üzerinde doğrudan etkisi olduğu rapor edilmiştir (Kendra ve Hadwiger, 1984:276; Sudarshan vd., 1992:257; Sekiguchi vd., 1994:71). Örneğin kitosan köklerde zarar yapan ve nekrotrofik özellikli bazı patojenik fungusların hif gelişimini (El Hassni vd., 2004:195; Ait Barka vd., 2004:608) ve spor oluşumunu engellemektedir (Hadwiger ve Beckman, 1980:205). Kitosan aynı zamanda patojenler üzerinde toksik etki yaratma özelliğinden dolayı bitki korumada sıklıkla kullanılmaktadır. Kitosanın patojenler üzerindeki doğrudan toksisitesi moleküler ağırlığına, asetilasyon derecesine, kullanılan çözücüye, PH ve vizkozitesine bağlıdır (No vd., 2002:65; Chung vd., 2003:179).

Liang vd. (2014:427) kitosanın bakteriyel hücre zarının yıkımına neden olarak hücre içi maddelerin sızması sonucunda bakterinin ölümüne yol açtığını rapor etmiştir. Goy vd. (2016:122), kitosanın elektrolit bağlanmasını artırarak bakteriyel hücre duvarının ana bileşeni olan peptidoglikanların hidrolizinden sorumlu olduğunu ve potansiyel olarak bitki patojenlerinin ölümüne neden olduğunu ileri sürmektedir. Gram negatif ve gram pozitif bakterilerin önemli derecede farklı hücre duvarı yapıları ve yüzey polariteleri kitosana duyarlılıklarının farklı olmasına sebebiyet vermektedir (Ke vd., 2021:904). Gram negatif bakterilerin hücre duvarları, fosfat ve pirofosfat gruplarını içeren liposakkaritleri barındırmasıyla gram pozitiflerden ayırt edilmektedir (Pasquina-Lemonche vd., 2020:294). Bu durum onların yüksek oranda negatif yüklenmelerini sağlayarak kitosana daha fazla bağlanmalarına neden olmaktadır (Cheung vd., 2015:5156). Öte yandan, gram pozitif bakterilerin hücre duvarları lipoteikoik ve teikoik asitlerle ilişkili polisakkaritleri içermektedir. Teikoik asit, yapısındaki fosfat gruplarından dolayı az miktarda negatif yüklüdür ve bu da kitosana daha az bağlanmasını sağlamaktadır. Bu nedenle *Staphylococcus aureus*'ta teikoik asit biyosentezinin durdurulması kitosan dayanıklılığının artmasına neden olmuştur (Raafat vd., 2008:3767).

Kitosanın virüs ve viroidler üzerindeki doğrudan etkisinin moleküler ağırlığına göre değiştiği görülmüştür (Kulikov vd., 2006:224). Ancak, virüs ve viroidleri nasıl inaktive ettiğini kesin şekilde açıklayabilecek herhangi bir çalışma bulunmamaktadır. Kulikov vd. (2006:224)'nin yürüttüğü araştırma gibi pek çok çalışmada kitosanın çoğalmayı ve yayılmayı durdurarak virüs replikasyonunu inaktive ettiği bildirilmiştir. Bu durum, kitosan nanopartiküllerinin nükleik asitlere sıkıca bağlanması ve onlara zarar vererek seçici bir inhibisyona neden olmasıyla yakından ilişkili olabilmektedir. Örneğin

virüs ve viroidlerin enfeksiyon süreçlerinde oldukça önemli olan esansiyel mRNA sentezini kitosan seçici bir şekilde inaktive edebilmektedir. Kitosanın virüs ve viroidlere karşı gen terapisi ve gen susturma özellikleri detaylı şekilde araştırılmalıdır (Mansouri vd., 2004:1; Kulikov vd., 2006:224).

Hücre Duvarının Sağlamaştırılması: Kitosan hücre duvarı komponentlerine bağlanıp koruyucu bir tabaka oluşturarak bitki hücre duvarını sağlamaştırılmaktadır. Bu fiziksel bariyer patojenlerin penetrasyonunu engellemekte ve enfeksiyonunun yayılmasını azaltmaktadır. Biyolojik membranlara ve diğer biyomoleküllere bağlanma özelliğinden dolayı kitosan ve türevleri mekanik yaralanmalar ve patojen saldırıları sonucunda oluşan yaraların hızlı bir şekilde iyileştirilmesinde rol oynamaktadır. Ayrıca kitosan fenilalanin ammonia-lyaz, peroksidaz ve PR proteinlerinin birikmesini sağlayarak lignin sentezini ve tylosis oluşumunu teşvik etmekte, bu sayede hızlı şekilde yaraları iyileştirmektedir (Hirano vd., 1999:373).

Fitohormonların ve Sinyal Moleküllerinin Uyarılması: Kitosanın jasmonik asit (JA), absisik asit (ABA), indol asetik asit (IAA), salisilik asit (SA) ve gibberellik asit (GA) gibi gibi fitohormonları uyararak bitki savunma yanıtını karmaşık bir şekilde teşvik ettiği ileri sürülmektedir (Ji vd., 2022: 158212). Bu hormonlar pek çok patojen ve zararlıya karşı savunmada kritik rol oynamaktadır. Kitosan uygulaması JA asit sinyalizasyonunu teşvik etmekte ve bu sinyalizasyon sonucunda da glukosinolat ve antosiyanin glikozitleri gibi sekonder metabolitlerin üretiminde artış olmaktadır (Iula vd., 2022:678). Bu bileşikler ROS mekanizmasını aktive ederek oksidatif hasarı tetiklemekte ve bitkilerin biyotik strese savunma yanıtı vermesini sağlamaktadır. Ayrıca Peian vd. (2021:127772), kitosanın JA asit biyosenteziyle ilişkili genleri de aktive ettiğini rapor etmiştir. Benzer şekilde kitosan ABA, IAA ve GA biyosentezini aktive ederek bitkilerin patojenlere karşı savunma yanıtı oluşturmaya yardımcı olmaktadır.

Kitosan hücre reseptörlerine bağlanarak Ca^{2+} , nitrit oksit (NO), ROS ve transkripsiyon faktörleri (TF'ler) gibi önemli sekonder masajcıları aktive etmektedir. Bu moleküller bazı biyokimyasal yanıtların tetiklenmesinde kritik rol oynamaktadır. İlginçtir ki kitosan sadece Ca^{2+} 'yi aktive etmekle kalmamakta, aynı zamanda sitozole Ca^{2+} akışını da sağlamaktadır. Artan sitozolik Ca^{2+} seviyesi kalloz oluşumunu tetiklemekte, yani kitosan kalloz sentezinde rol oynamaktadır (Köuhle et al., 1985:544).

Gen İfadesinin Düzenlenmesi: Gen ifadesi, farklı çevre koşullarına göre değişen ve hücrelerin çevresel uyaranlara yanıt vermesini sağlayan biyolojik bir süreçtir. Son çalışmalarda farklı eksojen gen düzenleyiciler rapor edilmiştir. Gen ifadesinin düzenlenmesinde kitosanın rolü üzerine yapılan son

araştırmalardan bazıları bu bölümde açıklanmıştır. Hadwiger vd. (1986:209), kitosanın funguslarda genleri aktive ettiğini ve RNA sentezini inhibe ettiğini bildirmiştir. Kitosan çeşitli genleri aktive etmekte ve fenilpropanoid yoluyla proteinlerin ve fenolik bileşiklerin üretimini arttırmakta, bu da patojenlere karşı tolerans sağlamaktadır. Hadwiger (2013:42), PR genlerinin kitosan tarafından indüklendiğini belirtmiştir. PR proteini olan kitinaz ve β -1,3 glukonaz, fungus hücre duvarını parçalayarak fungal enfeksiyona karşı bitkinin korunmasına katkıda bulunmuştur (Van Loon ve Van Strien, 1999:85).

Domates bitkilerinde, *Alternaria solani* ve *Xanthomonas vesicatoria* olmak üzere iki domates patojeninin etkisini hafifletmek için kitosan ekstraktları kullanılmıştır. Sonuçlar, kitosanın, savunma sinyal yollarının aktive edilmesinden sorumlu olan *PIN1* işaretleyicisinin ekspresyonunu önemli ölçüde arttırdığını göstermiştir (Ramkissoon vd., 2016:274). Benzer şekilde biber, ahududu ve çilek bitkilerinde kitinaz (EC 3.2.1.14) ve β -1,3 glukonaz (EC 3.2.1.39) genlerinin ekspresyon düzeyinin daha yüksek olması nedeniyle kitosanın bitki savunma mekanizmalarını uyarmada etkili olduğu bulunmuştur (Boon-Ek vd., 2013:461; Landi vd., 2014: 3047). Üstelik üzümde, ticari olarak üretilen üç farklı formülasyonda kitosan türevi uygulanan bitkiler, daha yüksek endokitinaz aktivitesi göstermiş ve kitosan formülasyonlarından ikisi, ekso-kitinaz aktivitesini tetikleymiştir (Feliziani vd., 2013:307). Ancak farklı stresler altında kitosan uygulamasının PR genlerindeki rolünü inceleyen pek fazla araştırma yoktur.

Sonuç

Bitki yetiştiriciliğinde kitosan kullanımına ilişkin mevcut ve devam eden çok sayıda araştırma, kitosanın bitkiler üzerinde ne kadar etkili olduğunu göstermektedir. Yapılan çalışmalardan özetle yarı geçirgen özelliğe sahip olan kitosan filminin sert, esnek, kolay yırtılmayan dayanıklı bir materyal olması da önemli avantajlarındanır. Kitosan bahçe bitkileri kapsamında sebze ve meyvelerde kaplama şeklinde kullanıldığında solunumu kontrol etmekte, su kaybını azaltmakta ve meyvelerde olgunlaşmayı geciktirici etkiler göstererek hasat sonrası raf ömrünün iyileştirilmesinde büyük önem taşımaktadır. Ayrıca literatürde bitkisel ürünler kitosan ile kaplandığında enzimatik esmerleşme reaksiyonlarının azaltılmasına, dolayısıyla da ürünlerin duyuasal özelliklerinin olumlu yönde etkilenmesine neden olan PPO (polifenol oksidaz) aktivitesinin engellendiği belirtilmiştir. Sonuç olarak hasat sonrası yapılan çalışmalarda kitosan uygulamalarının meyve ve sebzelerde biyokimyasal ve fiziksel özelliklerdeki değişimleri yavaşlattığı ve bu sayede depolama ömrünü etkili bir şekilde uzattığı görülmüştür. İleride yapılacak araştırmalarda, hasat sonrası

kitosan uygulanmalarının bitkisel ürünlerin solunum hızına ve depolama sırasında meydana gelen biyokimyasal ve fiziksel değişimlere neden olan enzimlere etkisinin incelenmesiyle sebze ve meyvelerdeki kalite parametrelerine olan etki daha net açıklanabilecektir.

Kitosan meyve ve sebzelerde biyotik ve abiyotik strese karşı geliştirilen fizyolojik mekanizmalarda da önemli rol almaktadır. Yürütülen çalışmalarda kitosanın mikroorganizmaların gelişimini engelleyerek patojen kaynaklı bozulmaları yavaşlattığı veya engelleyebildiği bildirilmiştir. Fakat kitosanın antimikrobiyal aktivitesinin mekanizması henüz tam olarak açıklanamamıştır. Buna ek olarak, kitosan türevleri iyi bir insektisidal aktiviteye sahiptir, ancak bildiğimiz kadarıyla, temel bahçe bitkilerinde böceklere karşı yapılan bir saha çalışmasıyla ilgili kitosan kullanımına ilişkin bir rapor bulunmamaktadır. Bunun yanı sıra kitosan, bitkilerde ve hasat sonrası ürünlerde gen ifadesinin düzenlenmesinde ve moleküler savunma sistemlerinin uyarılmasında rol oynamaktadır. Ayrıca kitosan biyogübresi ve kitosan kaplı gübre, sentetik gübrelere göre bitki gelişimini daha fazla arttırmaktadır. Kitosan ve türevleri topraktaki faydalı mikroorganizmaları rahatsız etmeden iyi bir antifungal ve nematosidal aktivite sağlamak ve toprak sterilizasyonu için çevre dostu bir yaklaşım olarak düşünülmektedir. Bu nedenle kitosanın ısı stresine karşı kullanılması, kitosanın kök bölgesine uygulanması, nematod kaynaklı hastalıkların önlenmesi ve bahçe bitkilerinde sentetik gübrelere aşırı kullanımının azaltılması için daha fazla araştırmaya ihtiyaç bulunmaktadır.

Referanslar

- Abd-Alla, M., ve Wafaa, M. (2010). New safe methods for controlling anthracnose disease of mango (*Mangifera indica* L.) fruits caused by *Colletotrichum gloeosporioides* (Penz.). *J. Am. Sci.*, 8, 361–367.
- Abdel Fattah, A., Ashoush, I., ve Alnashi, B. (2016). Effect of chitosan edible coating on quality attributes of pomegranate arils during cold storage. *J. Food Dairy Sci. Mansoura Univ.*, 7, 435–442.
- Abd-El-Kareem, F. ve Hagga, W.M. (2014). Chitosan and citral alone or in combination for controlling early blight disease of potato plants under field conditions. *Res. J. Pharmaceut. Biol. Chem. Sci.*, 5, 941–949.
- Abdelkhalek, A., Qari, S.H., Abu-Saied, M.A.A.-R., Khalil, A.M., Younes, H.A., Nehela, Y. vd. (2021). Chitosan nanoparticles inactivate alfalfa mosaic virus replication and boost innate immunity in *Nicotiana glutinosa* plants. *Plants.*, 10(12), 2701.
- Acar, O., Aki, C., ve Erdugan, H. (2008). Fungal and bacterial diseases control with Elexa TM plant booster. *Fresenius Environmental Bulletin.*, 17, 797-802.
- Agbodjato, N. A., Noumavo, P. A., Adjanohoun, A., Agbessi, L., ve Baba-Moussa, L. (2016). Synergistic effects of plant growth promoting rhizobacteria and chitosan on in vitro seeds germination, greenhouse growth, and nutrient uptake of maize (*Zea mays* L.). *Biotechnol. Res. Int.*, 2016, 7830182, 1-11.
- Ait Barka, E., Eullaffroy, P., Clément, C., ve Vernet, G. (2004). Chitosan improves development and protects *Vitis vinifera* L. against *Botrytis cinerea*. *Plant Cell Reports.*, 22, 608-614.
- Akhter, G., ve Khan TA. (2018). Evaluation of some plant extracts for nemato-toxic potential against juveniles of *Meloidogyne incognita* in vitro. *The Journal of Phytopharmacology.*, 7(2), 141-145.
- Al-Hetar, M.Y., Zainal Abidin, M.A., Sariah, M., ve Wong, M.Y. (2011). Antifungal activity of chitosan against *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubense*. *Journal of Applied Polymer Science.*, 120, 2434-2439.
- Allan, C.R., ve Hadwiger, L.A. (1979). The fungicidal effect of chitosan on fungi of varying cell wall composition. *Exp. Mycol.*, 3(3), 285–287.
- Al-Tawaha, A.R., Turk, M.A., Al-Tawaha, A.R., Alu'datt, M.H., Wedyan, M., Al-Ramamneh, E.A. ve Hoang, A.T. (2018). Using chitosan to improve growth of maize cultivars under salinity conditions. *Bulgarian Journal of Agricultural Science.*, 24(3), 437-442.

- Angelim, A.L., Costa, S.P., Farias, B.C., Aquino, L.F. ve Melo, V.M. (2013). An innovative bioremediation strategy using a bacterial consortium entrapped in chitosan beads. *J. Environ. Manage.*, 127, 10–17.
- Annaian, S., Kandasamy, K., ve Lakshman, N. (2016). Preparation, characterization and antibacterial activity of chitosan and phosphorylated chitosan from cuttlebone of *Sepia kobsiensis*. *Biotechnology Reports.*, 9, 25-30.
- Badawy, M.E.I., Rabea, E.I., Rogge, T.M., Stevens, C.V., Steurbaut, W., Höfte, M., ve Smagghe, G. (2005). Fungicidal and insecticidal activity of O-acyl chitosan derivatives. *Polymer Bull.*, 54, 279–289.
- Bandara, S., Du, H., Carson, L., Bradford, D., ve Kommalapati, R. (2020). Agricultural and Biomedical Applications of Chitosan-Based Nanomaterials. *Nanomaterials*, 10(10), 1903, 1-31.
- Baños, S.B., López, M.H., ve Molina, E.B. (2004). Growth inhibition of selected fungi by chitosan and plant extracts. *Revista Mexicana de Fitopatología.*, 22(2), 178-186.
- Barber, M., Bertram, R., ve Ride, J. (1979). Chitin oligosaccharides elicit lignification in wounded wheat leaves. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 34(1), 3–12.
- Beausejour, J., Clermont, N., ve Beaulieu, C. (2003). Effect of *Streptomyces melanosporofaciens* strain EF-76 and of chitosan on common scab of potato. *Plant and Soil.*, 256, 463-468.
- Bell, A.A., Hubbard, J.C., Liu, L., Davis, R.M., ve Subbarao, K.V. (1998). Effects of chitin and chitosan on the incidence and severity of *Fusarium* yellows in celery. *Plant Dis.*, 82, 322–328.
- Benhamou, N. (1992). Ultrastructural and cytochemical aspects of chitosan on *fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*, agent of tomato crown and root rot. *Phytopathology*, 82, 1185-1193.
- Bistgani, Z.E., Siadat, S.A., Bakhshandeh, A., Pirbalouti, A.G. ve Hashemi, M. (2017). Interactive effects of drought stress and chitosan application on physiological characteristics and essential oil yield of *Thymus daenensis* Celak. *The Crop Journal.*, 5(5), 407-415.
- Bittelli, M., Flury, M., Campbell, G.S. ve Nichols, E.J. (2001). Reduction of transpiration through foliar application of chitosan. *Agricultural and Forest Meteorology.*, 107, 167-175.
- Boon-Ek, Y., Jitareerat, P., Wongs-Aree, C., Buanong, M. ve Obsuwan, K. (2013). Expression of Plant Defense Genes in Pepper Seedlings Treated with Chitosan Solution. *Southeast Asia Symp. Qual. Manag. Post-harvest Syst.*, 1088, 461–464.

- Cervera, M. F., Heinämäki, J., delaPaz, N., López, O., Maunu, S. L., Virtanen, T., Hatanpää, T., Antikainen, O., Nogueira, A., ve Fundora, J. (2011). Effects of spray drying on physicochemical properties of chitosan acid salts. *AAPS PharmSciTech.*, 12(2), 637–649.
- Chandrkrachang, S. (2002). The application of chitin and chitosan in agriculture in Thailand. *Adv. Chitin Sci.*, 5, 458–462.
- Cheah, L.H. ve Page, B.B.C. (1997). *Trichoderma* spp. for potential biocontrol of clubroot of vegetable brassicas. *Crop Food Res.*, 150–153.
- Cheung, R.C., Ng, T.B., Wong, J.H., ve Chan, W.Y. (2015). Chitosan: An update on potential biomedical and pharmaceutical applications. *Marine Drugs.*, 13, 5156-5186.
- Chibu, H., Shibayama, H. ve Arima S. (2002). Effects of chitosan application on the shoot growth of rice and soybean. *Japanese Journal of Crop Science.*, 71(2), 206-211.
- Chirkov, S. N., Surguchova, N., ve Atabekov, J. G. (1994). Chitosan inhibits systemic infections caused by DNA-containing plant viruses. *Arch. Phytopathol. Plant Prot.*, 29, 21-24.
- Chirkov, S.N. (2002). The antiviral activity of chitosan (review). *Appl. Biochem. Microbiol.*, 38, 1–8.
- Choi, Y.S., Kim, Y.M., Hwang, O.J., Han, Y.J., Kim, S.Y. ve Kim, J.I. (2008). Overexpression of Arabidopsis ABF3 gene confers enhanced controlled-release and water-retention. *Carbohydrate Polymers.*, 72, 240-247.
- Choi, Y.-S., Kim, Y.-M., Hwang, O.-J., Han, Y.-J., Kim, S.Y., ve Kim, J.-I. (2013). Overexpression of Arabidopsis ABF3 gene confers enhanced tolerance to drought and heat stress in creeping bentgrass. *Plant Biotechnol. Rep.*, 7, 165–173.
- Chookhongkha, N., Sopondilok, T., ve Photchanachai, S. (2012). Effect of chitosan and chitosan nanoparticles on fungal growth and chilli seed quality. In *Proceedings of the International Conference on Post-harvest Pest and Disease Management in Exporting Horticultural Crops-PPDM2012973*, Bangkok, Thailand, pp. 231–237.
- Chung, Y.C., Wang, H.L., Chen, Y.M., Li, S.L. (2003). Effect of abiotic factors on the antibacterial activity of chitosan against waterborne pathogens. *Bioresource Technology.*, 88, 179-184.
- Corradini, E., De Moura, M., ve Mattoso, L. (2010). A preliminary study of the incorporation of NPK fertilizer into chitosan nanoparticles. *Express Polym. Lett.*, 4(8), 509–515.
- Coutinho, T.C., Ferreira, M.C., Rosa, L.H., de Oliveira, A.M. ve Júnior, E.N.O. (2020). *Penicillium citrinum* and *penicillium mallochii*: New

- phytopathogens of orange fruit and their control using chitosan. *Carbohydrate Polymers.*, 234, 115918.
- Cretoiu, M.S., Korthals, G.W., Visser, J.H.M. ve van Elsas, J.D. (2013). Chitin amendment increases soil suppressiveness toward plant pathogens and modulates the actinobacterial and oxalobacteraceal communities in an experimental agricultural field. *Appl. Environ. Microbiol.*, 79(17), 5291–301.
- Dash, M., Chiellini, F., Ottenbrite, R., ve Chiellini, E. (2011). Chitosan-A versatile semi-synthetic polymer in biomedical applications. *Prog. Polym. Sci.*, 36(8), 981–1014.
- De Oliveira Jr, E.N., De Melo, I.S., ve Franco, T.T. (2012). Changes in hyphal morphology due to chitosan treatment in some fungal species. *Brazilian Archives of Biology and Technology.*, 55, 637-646.
- Din, J., Khan, S.U., Ali, I. ve Gurmani, A.R. (2011). Physiological and agronomic response of canola varieties to drought stress. *The Journal of Animal and Plant Sciences.*, 21(1), 78-82.
- Drevinskas, T., Naujokaityte, G., Maruška, A., Kaya, M., Sargin, I., Daubaras, R., ve Česonienė, L. (2017). Effect of molecular weight of chitosan on the shelf life and other quality parameters of three different cultivars of *Actinidia kolomikta* (kiwifruit). *Carbohydr. Polym.*, 173, 269–275.
- El Ghaouth, A., Arul, J., Asselin, A., ve Benhamou, N. (1992). Antifungal activity of chitosan on post-harvest pathogens: induction of morphological and cytological alterations in *Rhizopus stolonifer*. *Mycol. Res.*, 96, 769–779.
- El Guilli, M., Hamza, A., Clément, C., Ibriz, M., ve Ait Barka, E. (2016). Effectiveness of post-harvest treatment with chitosan to control citrus green mold. *Agriculture*, 6, 12.
- El Hadrami, A., Adam, L.R., El Hadrami, I., ve Daayf, F. (2010). Chitosan in plant protection. *Mar. Drugs*, 8, 968-987.
- El Hassni, M., El Hadrami, A., Daayf, F. El B.E.A., ve Hadrami I. (2004). Chitosan, antifungal product against *Fusarium oxysporum* f. sp. *albedinis* and elicitor of defence reactions in date palm roots. *Phytopathologia Mediterranea.*, 43, 195-204.
- El-Ansary, M.S.M., Khalifa, E.Z., ve Hemdan, S.M. (2013). Influence of fungal Chitosan to control root-knot nematode *Meloidogyne incognita* on Banana plants. *The Egyptian Journal of Phytopathology.*, 41(1), 43-52.
- Elwagia, M.E.F. ve Algam, S. (2014). Evaluation of chitosan efficacy on tomato growth and control of early blight disease. *Proceedings of the 3rd*

Conference of Pests Management in Sudan, February 3–4, Wad Medani, Sudan, pp: 10.

- Escudero, N., Lopez-Moya, F., Ghahremani, Z., Zavala-Gonzalez, E.A., Alaguero-Cordovilla, A., Ros-Ibañez, C., vd. (2017). Chitosan increases tomato root colonization by *Pochonia chlamydosporia* and their combination reduces root-knot nematode damage. *Frontiers in Plant Science.*, 8, 1415.
- Faoro, F., Sant, S., Iriti, M., ve Appiano, A. (2001). Chitosan-elicited resistance to plant viruses: a histochemical and cytochemical study. In *Chitin Enzymology*; Muzzarelli, R.A.A., Ed.; Atec: Grottammare, Italy, pp. 57–62.
- Faqir, Y., Ma, J., ve Chai, Y. (2021). Chitosan in modern agriculture production. *Plant, Soil and Environment*, 67(12), 679-699.
- Farag, S.M.A., Elhalag, K.M.A., Mohamed, H., Hagag, M.H., Khairy, A.S.M., Ibrahim, H.M., vd. (2017). Potato bacterial wilt suppression and plant health improvement after application of different antioxidants. *Journal of Phytopathology.*, 65, 522-537.
- Farouk, S. ve Amany, A.R. (2012). Improving growth and yield of cowpea by foliar application of chitosan under water stress. *Egyptian Journal of Biology.*, 2(10):1341-1358.
- Feliziani, E., Smilanick, J., Margosan, D., Mansour, M., Romanazzi, G., Gu, S., Gohil, H. ve Ames, Z.R. (2013). Preharvest fungicide, potassium sorbate, or chitosan use on quality and storage decay of table grapes. *Plant Dis.*, 97, 307–314.
- Ferri, M., Dipalo, S.C., Bagni, N., ve Tassoni, A. (2011). Chitosan elicits monoglucosylated stilbene production and release in fed-batch bioreactor cultures of grape cells. *Food Chem.*, 124, 1473-1479.
- García, M., Casariego, A., Diaz, R. ve Roblejo, L. (2014). Effect of edible chitosan/zeolite coating on tomatoes quality during refrigerated storage. *Emirates J. Food Agric.*, 26, 238.
- Gayed, A.A.N.A., Shaarawi, S.A.M.A., Elkhishen, M.A., ve Elsherbini, N.R.M. (2017). Pre-harvest application of calcium chloride and chitosan on fruit quality and storability of ‘Early Swelling’ peach during cold storage. *Ciência Agrotecnol.*, 41, 220–231.
- Ghasemnezhad, M. ve Shiri, M. (2010). Effect of chitosan coatings on some quality indices of apricot (*Prunus armeniaca* L.) during cold storage. *Casp. J. Environ. Sci.*, 8, 25–33.
- Ghasemnezhad, M., Zareh, S., Rassa, M., ve Sajedi, R.H. (2013). Effect of chitosan coating on maintenance of aril quality, microbial population and

- PPO activity of pomegranate (*Punica granatum* L. cv. Tarom) at cold storage temperature. *J. Sci. Food Agric.*, 93, 368–374.
- Giacalone, G., ve Chiabrando, V. (2013). Effect of preharvest and post-harvest application of chitosan coating on storage quality of nectarines. *Acta Hortic.*, 1084, 675–680.
- González, L.M., Guerrero, Y.R., Rodríguez, A. ve Vázquez, M.N. (2015). Effect of seed treatment with chitosan on the growth of rice (*Oryza sativa* L.) seedlings cv. INCA LP-5 in saline medium. *Cultivos Tropicales.*, 36(1), 143-150.
- Gooday, G.W. (1990). Physiology of microbial degradation of chitin and chitosan. *Biodegradation.*, 1, 177–190.
- Górnik, K., Grzesik, M., ve Romanowska-Duda, B. (2008). The effect of chitosan on rooting of grapevine cuttings and on subsequent plant growth under drought and temperature stress. *J. Fruit Orn. Plant Res.*, 16, 333–343.
- Goy, R.C., Morais, S.T., ve Assis, O.B. (2016). Evaluation of the antimicrobial activity of chitosan and its quaternized derivative on *E. coli* and *S. aureus* growth. *Revista Brasileira de Farmacognosia.*, 26, 122-127.
- Gu, L. (2011). Effects of exogenous Chitosan on physiological characteristics of phalaenopsis seedlings under draught stress. *Southwest China J. Agric. Sci.*, 24, 90–93.
- Guan, Y.J., Hu, J., Wang, X.J., ve Shao, C.X. (2009). Seed priming with chitosan improves maize germination and seedling growth in relation to physiological changes under low temperature stress. *J. Zhejiang Univ. Sci. B.*, 10(6), 427–433.
- Hadwiger, L., Kendra, D., Fristensky, B. ve Wagoner, W. (1986). Chitosan both activates genes in plants and inhibits RNA synthesis in fungi. *In Chitin in Nature and Technology*; Springer: Belin, Germany, pp. 209–214.
- Hadwiger, L.A. (2013). Multiple effects of chitosan on plant systems: Solid science or hype. *Plant Sci.*, 208, 42–49.
- Hadwiger, L.A. ve Beckman, J. (1980). Chitosan as a component of pea-*Fusarium solani* interactions. *Plant Physiol.*, 66, 205–211.
- Hidangmayum, A., Dwivedi, P., Katiyar, D., ve Hemantaranjan, A. (2019). Application of chitosan on plant responses with special reference to abiotic stress. *Physiol. Mol. Biol. Plants*, 25(2), 313–326.
- Hirano, S; Nakahira, T; Nakagawa, M; Kim, SK. The preparation and applications of functional fibres from crab shell chitin. *J Biotechnol* 1999, 70, 373–377.

- Hjort, K., Bergstrom, M., Adesina, M.F., Jansson, J.K., Smalla, K. ve Sjolting, S. (2010). Chitinase genes revealed and compared in bacterial isolates, DNA extracts and a metagenomic library from a phytopathogen-suppressive soil. *FEMS Microbiol. Ecol.*, *71*, 197–207.
- Inc, N.T. (2010). Efficacit'e du Lysozyme dans le Contr^ole de la Croissance des Agents Pathog`enes des Plants de Serres. *Neova Technologies Inc.; Abbotsford, BC, Canada*, pp.23.
- Iriti, M., ve Faoro, F. (2008). Abscisic acid is involved in chitosan-induced resistance to tobacco necrosis virus (TNV). *Plant Physiol. Biochem.*, *46*, 1106–1111.
- Iula, G., Miras-Moreno, B., Roupshael, Y., Lucini, L. ve Trevisan, M. (2022). The complex metabolomics crosstalk triggered by four molecular elicitors in tomato. *Plants*, *11*, 678.
- Jabeen, N. ve Ahmad, R. (2013). The activity of antioxidant enzymes in response to salt stress in safflower (*Carthamus tinctorius* L.) and sunflower (*Helianthus annuus* L.) seedlings raised from seed treated with chitosan. *Journal of the Science of Food and Agriculture.*, *93*(7), 1699-1705.
- Jail, N.G.D., Luiz, C., Neto, R. ve Di Piero, R.M. (2014). High-density chitosan reduces the severity of bacterial spot and activates the defense mechanisms of tomato plants. *Trop. Plant Pathol.*, *39*, 434–441.
- Ji, H., Wang, J., Chen, F., Fan, N., Wang, X., Xiao, Z., vd. (2022). Meta-analysis of chitosan-mediated effects on plant defense against oxidative stress. *Sci. Total Environ.*, *851*, 158212.
- Jia, X., Meng, Q., Zeng, H., Wang, W., ve Yin, H. (2016). Chitosan oligosaccharide induces resistance to tobacco mosaic virus in *Arabidopsis* via the salicylic acid-mediated signaling pathway. *Scientific Reports.*, *18*(6), 26144.
- Jiao, Z., Li, Y., Li, J., Xu, X., Li, H., Lu, D., ve Wang, J. (2012). Effects of exogenous chitosan on physiological characteristics of potato seedlings under drought stress and rehydration. *Potato Research.*, *55*(3), 293-301.
- Kamari, A., Pulford, I.D., Hargreaves, J.S. (2012). Metal accumulation in *Lolium perenne* and *Brassica napus* as affected by application of chitosans. *Int. J. Phytoremediation*, *14*, 894–907.
- Kamari, A., Pulford, I.D., ve Hargreaves, J.S.J. (2011) Binding of heavy metal contaminants onto chitosans - an evaluation for remediation of metal contaminated soil and water. *J. Environ. Manag.*, *92*(10), 2675-2682.

- Katiyar, D., Hemantaranjan, A., Bharti, S., ve Nishant Bhanu, A. (2014). A Future perspective in crop protection: chitosan and its oligosaccharides. *Adv. Plants Agric. Res.*, 1(1):00006.
- Kaya, M., Mujtaba, M., Bulut, E., Akyuz, B., Zelencova, L., ve Sofi, K. (2015a). Fluctuation in physicochemical properties of chitins extracted from different body parts of honeybee. *Carbohydr. Polym.*, 132, 9–16.
- Kaya, M., Bitim, B., Mujtaba, M., ve Koyuncu, T. (2015b). Surface morphology of chitin highly related with the isolated body part of butterfly (*Argynnis pandora*). *Int. J. Biol. Macromol.*, 81, 443–449.
- Kaya, M., Akyuz, L., Sargin, I., Mujtaba, M., Salaberria, A. M., Labidi, J., Cakmak, Y. S., Koc, B., Baran, T., ve Ceter, T. (2017). Incorporation of sporopollenin enhances acid–base durability, hydrophobicity, and mechanical, antifungal and antioxidant properties of chitosan films. *J. Ind. Eng. Chem.*, 47, 236–245.
- Ke, Q., Wang, Z., Ji, C.Y., Jeong, J.C., Lee, H.S., Li, H., Xu, B., Deng, X., ve Kwak, S.S. (2016). Transgenic poplar expressing codA exhibits enhanced growth and abiotic stress tolerance. *Plant Physiol. Biochem.*, 100, 75–84.
- Ke, C.L., Deng, F.S., Chuang, C.Y., ve Lin, C.H. (2021). Antimicrobial actions and applications of chitosan. *Polymers.*, 13(6), 904.
- Kendra, D.F. ve Hadwiger, L.A. (1984). Characterization of the smallest chitosan oligomer that is maximally antifungal to *Fusarium solani* and elicits pisatin formation in *Pisum sativum*. *Exp. Mycol.*, 8, 276–281.
- Khan, W.M., Prithviraj, B. ve Smiyh, D.L. (2002). Effect of foliar application of chitinoligosaccharides on photosynthesis of maize and soybean. *Photosynthetica.*, 40(4), 621-624.
- Khan, M.N., Siddiqui, M.H., Mohammad, F., Naeem, M. ve Khan, M.M.A. (2010). Calcium chloride and gibberellic acid protect linseed (*Linum usitatissimum* L.) from NaCl stress by inducing antioxidative defence system and osmoprotectant accumulation. *Acta Physiologiae Plantarum.*, 32, 121-132.
- Khan, A., Tariq, M., Ahmad, F., Mennan, S., Khan, F., Asif, M., vd. (2021). Assessment of nematicidal efficacy of chitosan in combination with botanicals against *Meloidogyne incognita* on carrot. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B.*, 71(4), 225-236.
- Kötühe, H., Jeblick, W., Poten, F., Blaschek, W. ve Kauss, H. (1985). Chitosan-elicited callose synthesis in soybean cells as a Ca²⁺-dependent process. *Plant Physiol.*, 77, 544–551.
- Kowalski, B., Jimenez, Terry, F., Herrera, L. ve Agramonte Peñalver, D. (2006). Application of soluble chitosan in vitro and in the greenhouse to

- increase yield and seed quality of potato minitubers. *Potato Res.*, 49, 167–176.
- Kulikov, S.N., Chirkov, S.N., Il'ina, A.V., Lopatin, S.A., ve Varlamov, V.P. (2006). Effect of the molecular weight of chitosan on its antiviral activity in plants. *Prik. Biokhim. Mikrobiol.*, 42(2), 224–228.
- Laflamme P., Benhamou, N., Bussieres, G., ve Dessureault, M. (2000). Differential effect of chitosan on root rot fungal pathogens in forest nurseries. *Can. J. Bot.*, 77, 1460–1468.
- Lafontaine, J.P., ve Benhamou, N. (1996). Chitosan treatment: An emerging strategy for enhancing resistance of greenhouse tomato plants to infection by *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici*. *Biocontrol Sci. Tech.*, 6, 111–124.
- Lai, Q.X., Bao, Z.Y., Zhu, Z.J., Qian, Q.Q. ve Mao, B.Z. (2007). Effects of osmotic stress on antioxidant enzymes activities in leaf discs of PSAG12-IPT modified *Gerbera*. *Journal of Zhejiang University. Science B.*, 8(7), 458-464.
- Landi, L., Feliziani, E. ve Romanazzi, G. (2014). Expression of defense genes in strawberry fruits treated with different resistance inducers. *J. Agric. Food Chem.*, 62, 3047–3056.
- Li, B., Wang, X., Chen, R.X., Huangfu, W.G., ve Xie, G.L. (2008). Antibacterial activity of chitosan solution against *Xanthomonas* pathogenic bacteria isolated from *Euphorbia pulcherrima*. *Carbohydrate Polymers.*, 72, 287-292.
- Li, B., Liu, B., Su, T., Fang, Y., Xie, G., Wang, G. vd. (2010). Effect of chitosan solution on the inhibition of *Pseudomonas fluorescens* causing bacterial head rot of broccoli. *Plant Pathology Journal.*, 26, 189-193.
- Li, B., Shi, Y., Shan, C., Zhou, Q., Ibrahim, M., Wang, Y., Wu, G., Li, H., Xie, G., ve Sun, G. (2013). Effect of chitosan solution on the inhibition of *Acidovorax citrulli* causing bacterial fruit blotch of watermelon. *J. Sci. Food Agric.*, 93, 1010-1015.
- Li, J., Wu, Y., ve Zhao, L. (2016). Antibacterial activity and mechanism of chitosan with ultra-high molecular weight. *Carbohydrate Polymers.*, 148, 200-205.
- Li, Z., Zhang, Y., Zhang, X., Merewitz, E., Peng, Y., Ma, X., Huang, L., ve Yan, Y. (2017a). Metabolic pathways regulated by chitosan contributing to drought resistance in white clover. *J. Proteome Res.*, 16, 3039–3052.
- Li, Q., Zhang, X., Lv, Q., Zhu, D., Qiu, T., Xu, Y., vd. (2017b). *Physcomitrella Patens* dehydrins (PpDHNA and PpDHNC) confer salinity and drought

- tolerance to transgenic Arabidopsis plants. *Frontiers in Plant Science.*, 8, 1316.
- Liang C, Yuan F, Liu F, Wang Y, Gao Y. (2014). Structure and antimicrobial mechanism of ϵ -polylysine–chitosan conjugates through Maillard reaction. *International Journal of Biological Macromolecules.*, 70, 427-434.
- Lim, C.W., Baek,W., Jung, J., Kim, J.-H., ve Lee, S.C. (2015). Function of ABA in stomatal defense against biotic and drought stresses. *Int. J. Mol. Sci.*, 16, 15251–15270.
- Lizárraga-Paulín, E.-G., Miranda-Castro, S.-P., Moreno-Martínez, E., Lara-Sagahón, A.-V., ve Torres-Pacheco, I. (2013). Maize seed coatings and seedling sprayings with chitosan and hydrogen peroxide: their influence on some phenological and biochemical behaviors. *J. Zhejiang Univ. Sci. B*, 14(2), 87-96.
- Ma, L., Li, Y., Yu, C., Wang, Y., Li, X., Li, N., vd. (2012). Alleviation of exogenous oligochitosan on wheat seedlings growth under salt stress. *Protoplasma.*, 249(2), 393-399.
- Mansouri, S., Lavigne, P., Corsi, K., Benderdour, M., Beaumont, E., ve Fernandes, J.C. (2004). Chitosan-DNA nanoparticles as non-viral vectors in gene therapy strategies to improve transfection efficacy. *European Journal of Pharmaceutics and Biopharmaceutics.*, 57, 1-8.
- McKersie, B.D., ve Lesheim, Y. (2013). *Stress and Stress Coping in Cultivated Plants*; Springer: Berlin, Germany.
- Meloni, D.A., Oliva, M.A., Martinez, C.A. ve Cambraia, J. (2003). Photosynthesis and activity of superoxide dismutase, peroxidase and glutathione reductase in cotton under salt stress. *Environmental and Experimental Botany.*, 49(1), 69-76.
- Moreira, M.D.R., Ponce, A., Ansorena, R., ve Roura, S.I. (2011). Effectiveness of edible coatings combined with mild heat shocks on microbial spoilage and sensory quality of fresh cut broccoli (*Brassica oleracea* L.). *J. Food Sci.*, 76, 367–374.
- Mujtaba, M., Salaberria, A. M., Andres, M. A., Kaya, M., Gunyakti, A., ve Labidi, J. (2017). Utilization of flax (*Linum usitatissimum*) cellulose nanocrystals as reinforcing material for chitosan films. *Int. J. Biol. Macromol.*, 104(PartA), 944–952.
- Muzzarelli, R.A.A., Tarsi, R., Filippini, O., Giovanetti, E., Biagini, G., ve Varaldo P.E. (1990). Antimicrobial properties of N-carboxybutyl chitosan. *Antimicrob. Agents Chemother.*, 34, 2019–2023.

- Nazarli, H., Faraji, F. ve Zardashti, M.R. (2011). Effect of drought stress and polymer on osmotic adjustment and photosynthetic pigments of sunflower. *Cercetari Agronomice in Moldova.*, 1(145), 35-41.
- Ng, L.M., Melcher, K., Teh, B.T., ve Xu, H.E. (2014). Abscisic acid perception and signaling: Structural mechanisms and applications. *Acta Pharmacol. Sin.*, 35, 567–584.
- No, H.K., Young, P.N., Ho, L.S. ve Meyers, S.P. (2002). Antibacterial activity of chitosans and chitosan oligomers with different molecular weights. *Int. Food Microbiol.*, 74, 65-72.
- Pal, K.K. ve McSpadden Gardener, B. (2006). Biological control of plant pathogens. *Plant Health Instr.*, 2006, 1–25.
- Palma-Guerrero, J., Jansson, H.B., Salinas, J., ve Lopez-Llorca, L.V. (2008). Effect of chitosan on hyphal growth and spore germination of plant pathogenic and biocontrol fungi. *J. Appl. Microbiol.*, 104, 541–553.
- Palma-Guerrero, J., Lopez-Jimenez, J.A., Pérez-Berná, A.J., Huang, I.C., Jansson, H.B., Salinas, J., vd. (2010). Membrane fluidity determines sensitivity of filamentous fungi to chitosan. *Molecular Microbiology.*, 75(4), 1021-1032.
- Pasquina-Lemonche, L., Burns, J., Turner, R.D., Kumar, S., Tank, R., Mullin, N., vd. (2020). The architecture of the gram-positive bacterial cell wall. *Nature.*, 582(7811), 294-297.
- Peian, Z., Haifeng, J., Peijie, G., Sadeghnezhad, E., Qianqian, P., Tianyu, D., vd. (2021). Chitosan induces jasmonic acid production leading to resistance of ripened fruit against *Botrytis cinerea* infection. *Food Chem.*, 337, 127772.
- Petriccione, M., De Sanctis, F., Pasquariello, M.S., Mastrobuoni, F., Rega, P., Scortichini, M., ve Mencarelli, F. (2015a). The effect of chitosan coating on the quality and nutraceutical traits of sweet cherry during post-harvest life. *Food Bioprocess Technol.*, 8, 394–408.
- Petriccione, M., Mastrobuoni, F., Pasquariello, M.S., Zampella, L., Nobis, E., Capriolo, G., ve Scortichini, M. (2015b). Effect of chitosan coating on the post-harvest quality and antioxidant enzyme system response of strawberry fruit during cold storage. *Foods*, 4, 501–523.
- Pichyangkura, R. ve Chadchawan, S. (2015). Biostimulant activity of chitosan in horticulture. *Scientia Horticulturae.*, 196, 49-65.
- Plainsirichai, M., Leelaphatthanapanich, S., ve Wongsachai, N. (2014). Effect of chitosan on the quality of rose apples (*Syzygium agueum* Alston) cv. Tabtim Chan stored at an ambient temperature. *APCBEE Procedia*, 8, 317–322.

- Pongprayoon, W., Roytrakul, S., Pichayangkura, R., ve Chadchawan, S. (2013). The role of hydrogen peroxide in chitosan-induced resistance to osmotic stress in rice (*Oryza sativa* L.). *Plant Growth Regul.*, 70, 159–173.
- Pospieszny, H., Chirkov, S., ve Atabekov, J. (1991). Induction of antiviral resistance in plants by chitosan. *Plant Sci.*, 79, 63–68.
- Prapagdee, B., Kotchadat, K., Kumsopa, A., ve Visarathanonth, N. (2007). The role of chitosan in protection of soybean from sudden death syndrome caused by fusarium solani f. sp. glycines. *Bioresource Technology.*, 98, 1353-1358.
- Raafat, D., von Bargaen, K., Haas, A., ve Sahl, H.G. (2008). Insights into the mode of action of chitosan as an antibacterial compound. *Applied and Environmental Microbiology.*, 74(12), 3764-3773.
- Rabea, E.I., El Badawy, M.T., Stevens, C.V., Smagghe, G. ve Steurbaut, W. (2003). Chitosan as antimicrobial agent: Applications and mode of action. *Biomacromolecules*, 4, 1457-1465.
- Rabea, E.I., El Badawy, M.T., Rogge, T.M., Stevens, C.V., Höfte, M., Steurbaut, W., ve Smagghe, G. (2005). Insecticidal and fungicidal activity of new synthesized chitosan derivatives. *Pest Manag. Sci.*, 61, 951–960.
- Rabea, E.I., ve Steurbaut, W. (2010). Chemically modified chitosans as antimicrobial agents against some plant pathogenic bacteria and fungi. *Plant Protection Science.*, 46(4), 149-158.
- Radwan, M.A., Farrag, S.A.A., Abu-Elamayem, M.M. ve Ahmed, N.S. (2012). Extraction, characterization, and nematicidal activity of chitin and chitosan derived from shrimp shell waste. *Biol. Fertil. Soils.*, 48, 463–468.
- Ramkissoon, A., Francis, J., Bowrin, V., Ramjegathesh, R., Ramsubhag, A., ve Jayaraman, J. (2016). Bio efficacy of a chitosan based elicitor on *A. solani* and *Xanthomonas vesicatoria* infections in tomato under tropical conditions. *The Annals of Applied Biology.*, 169(2), 274-283.
- Reddy, M.V.B., Arul, J., Angers, P., ve Couture, L. (1999). Chitosan treatment of wheat seeds induces resistance to *Fusarium graminearum* and improves seed quality. *J. Agric. Food Chem.*, 47(3), 1208-1216.
- Reddy, M.B., Angers, P., Castaigne, F. ve Arul, J. (2000). Chitosan effects on black mold rot and pathogenic factors produced by *Alternaria alternata* in post-harvest tomatoes. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 125, 742–747.
- Reglinski, T., Elmer, P., Taylor, J., Wood, P., ve Hoyte, S. (2010). Inhibition of *Botrytis cinerea* growth and suppression of botrytis bunch rot in grapes using chitosan. *Plant Pathol.*, 59, 882-890.

- Rinaudo, M. (2006). Chitin and chitosan: Properties and applications. *Prog. Polym. Sci.*, 31(7), 603–632.
- Rinaudo, M. (2008). Main properties and current applications of some polysaccharides as biomaterials. *Polym. Int.*, 57, 397–430.
- Ruan, S. L., ve Xue, Q.Z. (2002). Effects of chitosan coating on seed germination and salt-tolerance of seedlings in hybrid rice (*Oryza sativa* L.). *Acta Agron. Sinica*, 28(6), 803–808.
- Salachna, P., Grzeszczuk, M., ve Soból, M. (2017). Effects of Chitooligosaccharide Coating Combined with Selected Ionic Polymers on the Stimulation of *Ornithogalum saundersiae* Growth. *Molecules.*, 22(11), 1903.
- Salehi-Lisar, S.Y. ve Bakhshayeshan-Agdam, H. (2016). Drought Stress in Plants: Causes, Consequences, and Tolerance. *In Drought Stress Tolerance in Plants*; Springer: Berlin, Germany, Volume 1, pp. 1–16.
- Sapers, G.M. (1992). Chitosan enhances control of enzymatic browning in apple and pear juice by filtration. *Journal of Food Science.*, 57(5), 1192–1193.
- Sarathchandra, S.U., Watson, R.N., Cox, N.R., di Menna, M.E., Brown, J.A., Burch, G., ve Neville, F.J. (1996). Effects of chitin amendment of soil on microorganisms, nematodes, and growth of white clover (*Trifolium repens* L.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). *Biol. Fertil. Soils.*, 22, 221–226.
- Sathiyabama, M., Akila, G., ve Einstein Charles, R. (2014). Chitosan-induced defence responses in tomato plants against early blight disease caused by *Alternaria solani* (Ellis and Martin) Sorauer. *Arch. Phytopathol. Plant Prot.*, 47, 1777–1787.
- Sekiguchi, S., Miura, Y., Kaneko, H., Nishimura, S.I., Nishi, N., Iwase, M. ve Tokura, S. (1994). Nishinari, K, Doi, E, Eds.; Molecular weight dependency of antimicrobial activity by chitosan oligomers. *In Food Hydrocolloids: Structures, Properties and Functions*, Plenum, New York, NY, USA, pp. 71–76.
- Shahrajabian, M. H., ve Petropoulos, S. A. (2023). *Chitosan as plant biostimulant in modern horticulture*. University of Thessaly. <https://www.biostimulant.com/chitosan-as-plant-biostimulant-in-modern-horticulture/> adresinden 16 Ekim 2023 tarihinde alınmıştır.
- Shamov, M., Bratskaya, S. Y., ve Avramenko, V. (2002). Interaction of carboxylic acids with chitosan: Effect of pK and hydrocarbon chain length. *J. Colloid Interface Sci.*, 249(2), 316–321.

- Shao, C. X., Hu, J., Song, W. J., ve Hu, W. M. (2005). Effects of seed priming with chitosan solutions of different acidity on seed germination and physiological characteristics of maize seedling. *J. Zhejiang Univ. Agric. Life Sci.*, 1, 705–708.
- Sheikha, S.A. ve Al-Malki, F.M. (2011). Growth and chlorophyll responses of bean plants to the chitosan applications. *European Journal of Scientific Research.*, 50(1), 124-134.
- Shukla, S.K., Mishra, A.K., Arotiba, O.A., ve Mamba, B.B. (2013). Chitosan-based nanomaterials: A state-of-the-art review. *Int. J. Biol. Macromol.*, 59, 46–58.
- Singh, R.R., Chinnasri, B., De Smet, L., Haeck, A., Demeestere, K., Van Cutsem, P., vd. (2019). Systemic defense activation by COS-OGA in rice against root-knot nematodes depends on stimulation of the phenylpropanoid pathway. *Plant Physiology and Biochemistry.*, 1(142), 202-210.
- Struszczyk, M.H. (2002). Chitin and chitosan - Part II. Applications of chitosan. *Polimery*, 47, 396–403.
- Sudarshan, N.R., Hoover, D.G. ve Knorr, D. (1992). Antibacterial action of chitosan. *Food Biotechnol*, 6, 257–272.
- Suseno, N., Savitri, E., Sapei, L., ve Padmawijaya, K.S. (2014). Improving shelf-life of cavendish banana using chitosan edible coating. *Procedia Chem.*, 9, 113–120.
- Tamme, T., Reinik, M., Roasto, M., Juhkam, K., Tenno, T., ve Kiis, A. (2006). Nitrates and nitrites in vegetables and vegetable-based products and their intakes by the Estonian population. *Food Addit. Contam.*, 23(4), 355–361.
- Tan, H., Ma, R., Lin, C., Liu, Z., ve Tang, T. (2013). Quaternized chitosan as an antimicrobial agent: Antimicrobial activity, mechanism of action and biomedical applications in orthopedics. *International Journal of Molecular Sciences.*, 14(1), 1854-1869.
- Torres-Rodriguez, J.A., Reyes-Perez, J.J., Castellanos, T., Angulo, C., Quinones-Aguilar, E.E. ve Hernandez-Montiel, L.G. (2021). A biopolymer with antimicrobial properties and plant resistance inducer against phytopathogens: Chitosan. *Not. Bot. Horti. Agrobo.*, 49(1), 12231.
- Trenkel, M.E. (1997). *Controlled-Release and Stabilized Fertilizers in Agriculture*. Volume 11 International Fertilizer Industry Association Paris, Paris, France. pp 151.

- Tsugita, T., Takahashi, K., Muraoka, T. ve Fukui, H. (1993). The application of chitin/chitosan for agriculture. In *Proceedings of the Special Session of the 7th Symposium on Chitin and Chitosan; Japanese Society for Chitin and Chitosan: Fukui, Japan*, pp. 21–22.
- Uppal, A.K., El Hadrami, A., Adam, L.R., Tenuta, M. ve Daayf, F. (2008). Biological control of potato Verticillium wilt under controlled and field conditions using selected bacterial antagonists and plant extracts. *Biol. Control.*, 44, 90–100.
- Utsunomiya, N., Kinai, H., Matsui, Y. ve Takebaysshi, T. (1998). The effects of chitosan oligosaccharides soil conditioner and nitrogen fertilizer on the flowering and fruit growth of purple passion fruit (*Passiflora edulis Sims var. edulis*). *J. Japanese Soc. Hortic. Sci.*, 64(4), 567–571.
- Van Loon, L. ve Van Strien, E. (1999). The families of pathogenesis-related proteins, their activities, and comparative analysis of PR-1 type proteins. *Physiol. Mol. Plant Pathol.*, 55, 85–97.
- Vasconcelos, M.W. (2014). Chitosan and chitoooligosaccharide utilization in phytoremediation and biofortification programs: current knowledge and future perspectives. *Front. Plant. Sci.*, 5, 616.
- Vasyukova, N.I., Chalenko, G.I., Gerasimova, N.G., Perekhod, E.A., Ozeretskovskaya, O.L., Irina, A.V., Varlamov, V.P., ve Albulov, A.I. (2005). Chitin and chitosan derivatives as elicitors of potato resistance to late blight. *Appl. Biochem. Microbiol.*, 36, 372–376.
- Vroman, I., ve Tighzert, L. (2009). Biodegradable polymers. *Materials*, 2(2), 307–344.
- Weller, D.M., Raaijmakers, J.M., McSpadden Gardener, B.B. ve Thomashow, L.S. (2002). Microbial populations responsible for specific soil suppressiveness to plant pathogens. *Annu. Rev. Phytopathol.*, 40, 309–348.
- White, P.J. ve Brown, P.H. (2010). Plant nutrition for sustainable development and global health. *Ann. Bot.*, 105, 1073–1080.
- Wójcik, W. ve Zlotek, U. (2008). Use of chitosan film coatings in the storage of carrots (*Daucus carota*). *Prog. Chem. Appl. Chitin Deriv.*, 13, 141–148.
- Wu, L., ve Liu, M. (2008). Preparation and properties of chitosan-coated NPK compound fertilizer with controlled-release and water-retention. *Carbohydr. Polym.*, 72(2), 240–247.
- Xue, G.-X., Gao, H.-Y., Li, P.-M. ve Zou, Q. (2004). Effects of chitosan treatment on physiological and biochemical characteristics in cucumber seedlings under low temperature. *J. Plant Physiol. Mol. Biol.*, 30, 441–448.

- Yang, C., Li, B., Ge, M., Zhou, K., Wang, Y., Luo, J., vd. (2014). Inhibitory effect and mode of action of chitosan solution against rice bacterial brown stripe pathogen *Acidovorax avenae* subsp. *avenae* RS-1. *Carbohydrate Research.*, 4(391), 48-54.
- Yang, F., Hu, J., Li, J., Wu, X., ve Qian, Y. (2009). Chitosan enhances leaf membrane stability and antioxidant enzyme activities in apple seedlings under drought stress. *Plant Growth Regul.*, 58, 131–136.
- Yang, Y., ve Guo, Y. (2018). Unraveling salt stress signaling in plants. *J. Integr. Plant Biol.*, 60, 58–66.
- Zagzog, O.A., Gad, M.M., ve Hafez, N.K. (2017). Effect of Nano-chitosan on Vegetative Growth, Fruiting and Resistance of Malformation of Mango. *Trends Hortic. Res.*, 6, 673-681.
- Zaman, M., Shahid, S. A., Heng, L., Shahid, S. A., Zaman, M., ve Heng, L. (2018). Introduction to soil salinity, sodicity and diagnostics techniques. *Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related techniques*, 1-42.
- Zhang, G., Wang, Y., Wu, K., Zhang, Q., Feng, Y., Miao, Y., ve Yan, Z. (2021). Exogenous application of chitosan alleviate salinity stress in lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Horticulturae*, 7(10), 342, 1-17.
- Zhang, X., Wollenweber, B., Jiang, D., Liu, F., ve Zhao, J. (2008). Water deficits and heat shock effects on photosynthesis of a transgenic *Arabidopsis thaliana* constitutively expressing ABP9, a bZIP transcription factor. *J. Exp. Bot.*, 59, 839–848.
- Zhou, Y. G., Yang, Y. D., Qi, Y. G., Zhang, Z. M., Wang, X. J., ve Hu, X. J. (2002). Effects of chitosan on some physiological activity in germinating seed of peanut. *J. Peanut Sci.*, 31, 22–25.
- Zhu, X., Wang, Q., Cao, J., ve Jiang, W. (2008). Effects of chitosan coating on post-harvest quality of mango (*Mangifera indica* L. cv. Tainong) fruits. *J. Food Process. Preserv.*, 32, 770–784.
- Ziani, K., Ursúa, B., ve Maté, J.I. (2010). Application of bioactive coatings based on chitosan for artichoke seed protection. *Crop Prot.*, 29(8), 853-859.
- Zong, H., Li, K., Liu, S., Song, L., Xing, R., Chen, X., ve Li, P. (2017a). Improvement in cadmium tolerance of edible rape (*Brassica rapa* L.) with exogenous application of chitoooligosaccharide. *Chemosphere*, 181, 92–100.
- Zong, H., Liu, S., Xing, R., Chen, X., ve Li, P. (2017b). Protective effect of chitosan on photosynthesis and antioxidative defense system in edible

rape (*Brassica rapa*L.) in the presence of cadmium. *Ecotoxicol. Environ. Saf.*, 138, 271–278.

Bölüm 4

Simmental İneklerin Süt Verim Özelliklerine ait Genetik Parametreler

Abdulhalik DEMİRGÜÇ¹
Aziz ŞAHİN²

Özet

Bu araştırma, Simmental ineklerin süt verim özellikleri ile ilgili genetik parametre ve varyans unsurlarının ve 305 DSV ile ilgili damızlık değerleri ile birlikte genetik yönelimlerinin tahmin edilmesi amacı ile yürütülmüştür. Araştırmada, 460 baş Simmental ineğin 1244 pedigri verisi değerlendirilmiştir. Bu çalışmada, süt verim özellikleri üzerine etkileri incelenen çevresel faktörlerin etkilerinin belirlenmesinde “Minitab-Versiyon 12” paket programından yararlanılmıştır. Araştırmada, süt verim özelliklerinden LSV, 305 DSV ve LS’ne ait varyans bileşenleri ve genetik parametrelerin tahmin edilmesinde “MTDFREML” programından faydalanılmıştır. Kalıtım derecesi laktasyon süresi (LS) için 0.02 ± 0.035 , 305- gün süt verimi (305 DSV) için, 0.18 ± 0.0150 , laktasyon süt verimi (LSV) için 0.17 ± 0.080 olarak tahmin edilmiştir. Tekrarlanma dereceleri laktasyon süresi (LS) için, 0.03, 305- gün süt verimi (305 DSV) için 0.20, laktasyon süt verimi (LSV) içinse 0.19 olarak tespit edilmiştir. Simmental ineklerde 305 DSV ile ilgili genetik ilerleme 30.3 kg/yıl olduğu saptanmıştır.

Araştırma, bulgularının araştırmanın yürütüldüğü sürülerde, sonraki yıllarda planlanıp uygulanacak olan ıslah çalışmalarında kriter olarak kullanılmasının, uygulanacak seleksiyonun başarısını artıracığı düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Varyans bileşenleri, genetik parametre, genetik yönelim, damızlık değeri

¹ Bu araştırma, birinci yazarın yüksek lisans tezinden özetlenmiştir.

¹ Et ve Süt Kurumu, Sincan Kombina Müdürlüğü, Ankara, TÜRKİYE, e- mail: abdulhalikdemirguc@hotmail.com,

ORCID ID: 0009-0006-0128-2339

²Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Kırşehir, TÜRKİYE, e- mail: aziz.sahin@ahievran.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-0454-3830

Giriş

Sığırların laktasyon süt verim ortalamalarının Avrupa Birliği Ülkelerinde 6468 kg, Türkiye’de 3030 kg ve Amerika Birleşik Devletleri’nde 9901 kg olduğu bildirilmiştir (Anonim, 2015a; 2015b). Birim hayvan başına elde edilen verim yada verimleri artırmak için yapılan ıslah çalışmaları kapsamında, farklı dönemlerde çeşitli ülkelerden farklı sığır ırkları Türkiye’ye getirilerek yerli sığır ırklarının ıslahında kullanılmıştır. Türkiye’ye getirilen sığır ırklarından bir tanesi de Simmental sığırlardır (Şekerden ve ark., 1997; Şekerden, 1999; Ulutaş ve Sezer, 2003). Bu sığırlar 1925 yılında Macaristan ve Avusturya’dan, 1970’li yıllara gelindiğinde ise Almanya’dan (Alpan, 1990; Alpan, 1993; Akman, 1998) Türkiye’ye getirilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü 2015 yılında Türkiye sığır popülasyonunda (14,2 milyon), yerli, melez ve kültür ırkı sığırların oranın sırasıyla %14, %42,5 ve %43,5 olduğu tespit edilmiştir (Anonim, 2015a).

Sığırların üzerinde durulan herhangi bir özellik bakımından verimlerini artırmak için yapılacak olan ıslah çalışmalarında başarılı sonuçlar elde edilebilmesi, tutulan performans kayıtları kullanılarak tahmin edilecek olan parametrelere bağlıdır (Özhan ve ark., 2004).

Parametrelerin tahmin edilmesine yönelik ilk eşitlikler Crump (1946) tarafından elde edilmiş olup, bunu Henderson (1953)’un bu yöndeki çalışmaları izlemiştir. Genetik parametre ve varyans bileşenlerinin tahmini için günümüze kadar elde edilen eşitlikleri Patterson ve Thompson (1971)’un geliştirdiği REML izlemiştir (Meyer, 1998).

Hayvanların performansları kullanılarak tahmin edilen parametrelerden faydalanılarak hayvanların bireysel damızlık değerleri de elde edilebilmektedir. Hayvanların damızlık değerlerinin tahmin edilmesinde son yıllarda yaygın olarak kullanılan, damızlık değerleri ile sabit faktörlerin aynı anda tahminlenmesine imkân veren, Henderson (1947)’nin geliştirmiş olduğu ‘En İyi Doğrusal Yansız Tahmin’ BLUP yöntemi ABD, Kanada, Avrupa ülkeleri ve Avustralya’da, BLUP yöntemi 1990 yıllarda süt sığırlarının ıslahı amacıyla yürütülen çalışmalarda kullanılmaya başlamış olup, bu yöntemden sonraki yıllarda diğer çiftlik hayvanlarının ıslahında da faydalanılmıştır (Kumlu, 2000; Özhan ve ark., 2004; Şahin, 2009).

Bilgisayar teknolojisinde meydana gelen gelişmeler, hayvan ıslahı çalışmalarında BLUP’ın tercih edilebilir bir metot haline gelmesine katkı sağlamıştır (Meyer, 1998; Ulutaş ve ark., 2000). Hayvanların

performans kayıtları kullanılarak tahmin edilen damızlık değerleri yardımı ile verileri değerlendirilen sürülerde ilgili dönemde oluşan genetik değişim tespit edilebilmektedir (Kumlu, 2000; Şahin, 2009).

Araştırmada, süt ve döl verim kayıtların kullanılan Simmental sığırların LSV (laktasyon süt verimi), 305 DSV (305 gün süt verimi) LS (laktasyon süresi) ile ilgili varyans bileşenleri ve genetik parametreleri tespit edilmiştir. Ayrıca, araştırmada 305 gün süt verimi ile ilgili damızlık değerleri tahmin edilerek, genetik yönelim belirlenmiştir.

Materyal Ve Yöntem

Materyal

Bu çalışmada, materyal olarak, 2007-2014 yılları arasında Gökhöyük Tarım İşletmesinde doğran 460 baş Simmental ineğin 1244 tane pedigrisi verisi kullanılmıştır. İneklerin pedigrisi bilgileri Microsoft Excel Programı vasıtası ile bilgisayara aktarılarak, kaydedilmiştir.

Verilerin Analize Hazırlanması

Araştırmada mevsim değişkeninin oluşturulmasında takvimsel mevsimler baz alınmıştır. Analizler öncesinde, buzağuları ölü doğan ve yavru atan Simmental ineklerin verileri veri setinden çıkarılmış ve analizlerde Simmental ineklerin beş laktasyon verisi değerlendirilmiştir. Araştırmada, LSV 305 güne göre standardize edilmiştir (Alpan, 1994).

Yöntem

Sabit etkilerin belirlenmesi amacı ile yapılan ilk analizler (buzağılama yılı, yaş ve mevsimi, LS ve laktasyon sırası) "MİNİTAB 12" programından faydalanılarak yapılmıştır. DUNCAN (1955) çoklu karşılaştırma testi kullanılarak alt grup ortalamaları karşılaştırılmıştır.

305 DSV ve laktasyon süresi ilgili analizlerde yalnız buzağılama yaşı, laktasyon süt veriminin (LSV) analizinde ise buzağılama yaşı ile birlikte laktasyon süreside sürekli değişken olarak ilgili eşitliğe eklenmiştir.

Ön analizlerde laktasyon süt verimi (LSV) için kullanılan Eşitlik (1)

$$Y_{ijkl} = \mu + A_i + B_j + C_k + b_1 (Y_{ijkl} - Y) + b_2$$

$$(X_{ijkl} - X) + e_{ijkl}$$

μ : sürünün ortalaması,

a_i : buzağılama yılı (2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014),

b_j : buzağılama mevsimi (yaz, ilkbahar, kış ve sonbahar),

c_k : laktasyon sırası (1, 2, 3, 4, 5 ...),

b_1 : LSV ile BY arasındaki regresyon,

Y_{ijkl} : $ijkl$ alt grubunda yer alan l. ineğin buzağılama yaşı,

\bar{Y} : ortalama buzağılama yaşı,

b_2 : LSV ile LS arasındaki regresyon,

X_{ijkl} : $ijkl$ alt grubunda bulunan l. ineğin laktasyon süresi,

\bar{X} : sürünün ortalama

laktasyon süresi

e_{ijkl} : hata,

305 DSV, LS için kullanılan Eşitliklerde $b_2 (X_{ijkl} - \bar{X})$ terimi modelden çıkarılmıştır.

Araştırma kapsamında incelenen verim özellikleri (LS, 305 DSV, LSV,) ile ilgili genetik parametre, varyans unsurları ile 305 DSV ile ilgili damızlık değerlerinin tahminlenmesinde MTDFREML (Boldman ve ark., 1995) programından yararlanılmıştır.

Araştırmada, Varyans bileşenleri, genetik parametreler ve 305 gün süt verimi ile ilgili damızlık değerlerinin tahminlenmesinde faydalanan eşitliklerin matris notasyonu ile gösterimi aşağıdadır.

Damızlık değerlerinin, varyans unsurlarının ve genetik parametrelerin tahminin de kullanılan eşitliklerin matris gösterimi Eşitlik (2)'te sunulmuştur.

$$y = Xb + Za + Wc + e \quad \text{Eşitlik (2)}$$

y : LSV, 305 DSV, LS'yi içeren vektör,

X : sabit faktörler ile ilgili matrisi,

b : sabit etkiler ile ilgili vektör,

Z : tesadüfi faktörler ile ilgili matris,

a : hata hariç tesadüfi etkiler ile ilgili vektör

W : sabit çevre faktörleri ile ilgili matris,

c : sabit çevre etkileri ile ilgili vektör,

e : hata etkileri ile ilgili vektör olarak tanımlanmaktadır.

Aşağıdaki eşitlik yardımı ile üzerinde durulan özellikler ile ilgili tekrarlanma derecesi ve 305 gün süt verimi yönünden

genetik yönelim Eşitlik (3) kullanılarak tespit edilmiştir (Meyer ve ark., 1990).

$$r = \frac{\sigma_a^2 + \sigma_c^2}{\sigma_a^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2}$$

Eşitlik (4)

$$\frac{\sigma_a^2 + \sigma_c^2}{\sigma_a^2 + \sigma_c^2 + \sigma_e^2} = r$$

r = tekrarlanma derecesi,

σ_p^2 = fenotipik varyans,

σ_a^2 = eklemeli genetik varyans,

σ_c^2 = sabit çevre etkisinden kaynaklanan varyans,

σ_e^2 = hata varyansı, olarak ifade edilebilir.

Genetik İlerleme

Simmental ineklerin 305 DSV ile ilgili damızlık değer ortalamalarının, doğum yıllarına göre regresyonunun alınması ile 305 DSV ile ilgili genetik ilerleme tespit edilmiştir. İlgili regresyon denklemi Eşitlik (5)'de verilmiştir.

$$Y_{ij} = a + b_{yx} X_{ij} + e_{ij}$$

Eşitlik (5)

Y_{ij}	: damızlık değerleri,	a	: regresyon sabitini
b_{yx}	: genetik ilerleme,	X_{ij}	: doğum yılı etkisi,
e_{ij}	: hata,		

Bulgular

Kalıtım ve Tekrarlanma Dereceleri

Bu araştırmada incelenen özelliklerden LSV, 305 DSV ve LS'ne ait h^2 LS için 0.02 ± 0.001 , 305 DSV için 0.18 ± 0.015 LSV için 0.17 ± 0.080 olduğu tahmin edilmiştir. Söz konusu özelliklerine ait varyans bileşenleri, kalıtım ve tekrarlanma dereceleri Tablo 1'de özetlenmiştir.

Tablo 1. Süt verim özellikleri ile ilgili varyans bileşenleri ve genetik parametreler

Özellikler	LSV (kg)	305 DSV (kg)	LS (gün)
σ_a^2	584605.38	607989.56	38856.58
σ_c^2	36846.78	35301.42	38916.85
σ_e^2	2762198.6	2646339.5	2418602.9
σ_p^2	3433650.8	3289630.4	2496376.4
h^2	0.17	0.18	0.02
S_x	0.080	0.015	0.001
c^2	0.107311	0.107311	0.043
S_x	0.00	0.028	0.271
e^2	0.80	0.040	0.86
S_x	0.0010	0.069	0.2700
r	0.19	0.20	0.03

h^2 = kalıtım derecesi, r= tekrarlanma derecesi, S_x = standart hata, σ_a^2 = eklemeli varyans, σ_c^2 = sabit çevrenin neden olduğu varyans, σ_e^2 = hata varyansı, σ_p^2 = fenotipik varyans, c^2 =sabit çevrenin payı.

Bu çalışmada ilgili süt verim özellikleri ile ilgili (GSV, 305 GSV, LS) tekrarlanma derecelerinin sırası ile 0,19, 0,20 ve 0,03 olduğu belirlenmiştir (Tablo 1).

Damızlık Değeri ve Genetik İlerleme

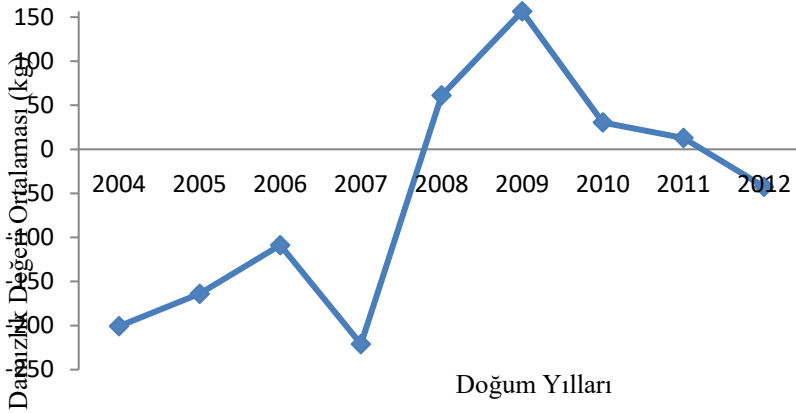
Simmental sığırın 305 gün süt verimi yönünden damızlık değerleri Tablo 2 ve Şekil 1'de verilmiştir.

Tablo 2. Doğum yıllarına göre Simmentallerin ortalama damızlık değerleri (kg)

Doğum Yılları	Ortalama Damızlık Değerleri
2004	-200.7
2005	-163.9
2006	-108.7
2007	-221
2008	61.2
2009	156.5
2010	30.5
2011	12.9
2012	-42.5

305 gün verimi ile ilgili damızlık değer ortalamalarının 156.5 kg ile -200,7 kg arasında değerler aldığı belirlenmiştir. Simmental ineklerin 2004 ve 2009 yıllarına ait damızlık değer ortalamaları -200.7 kg ve 156,5 kg olduğu belirlenmiştir (Tablo 2; Şekil 1).

305 gün süt verimi yönünden 2004-2012 yılları arasında hesaplanan genetik yönelimin 30.3 kg/yıl olduğu belirlenmiştir.



Şekil 1. 305 DSV ile ilgili damızlık değeri ortalamaları

Tartışma

Kalıtım Ve Tekrarlanma Dereceleri

Laktasyon Süt Verimi

Bu çalışmada, Simmental ineklerin GSV'ne ait h^2 'nin $0,17 \pm 0,080$ olduğu belirlenmiştir (Tablo 1). Bu bulgunun; önceki yıllarda yapılan araştırmalarda (Bakır ve ark., 1998; Pырce ve ark., 2002; Muir ve ark., 2004; Tüzemen ve ark., 1999; Perez ve Alenda, 2003; Wall ve ark., 2003; VanRaden ve ark., 2004; Ojango ve Pollott, 2001; Doğan ve Ertuğrul, 1999) saptanan değerlerden (0,40, 0,57, 0,45, 0,25, 0,26, 0,29, 0,34, 0,27, 0,29) düşük olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, araştırma bulgusu yurt içinde Gelemen, Dalaman ve Ceylanpınar Tarım İşletmelerinde (Ulutaş ve ark., 1999; Saatcı ve ark., 2000; Ertuğrul ve ark., 2002) ve yurt dışında Wisconsin'de (Gengler ve ark., 1999; Amerika'da (Bormann ve ark., 2002) Kore'de (Kim ve ark., 1999) saptadığı değerlere yakın olduğu saptanmıştır. Araştırmada GSV için hesaplanan tekrarlanma derecesi (0,19), Konuklar Tarım İşletmesinde (Zülkadir ve Boztepe, 2003) saptanan değerle uyumlu bulunmuştur.

Araştırma bulgusu, Kenya'da ve Türkiye'de (Ojango ve Pollott, 2001; 2002; Atay ve ark., 1995) tespit edilen değerlerden küçük, İspanya'da (Canon ve ark., 1989), New York ve Kaliforniya'da (Albuquerque ve ark., 1987), İspanya'da (Gomez Castro ve Towelde 1999) 'nin bulgularından küçük bulunmuştur.

305 Gün Süt Verimi

Simmental ineklerin 305 DSV'ne ait h^2 'nin (Tablo 1; $0,18 \pm 0,015$); Atatürk Üniversitesi Çiftliğinde (Akbulut, 1996), Van Tarım Meslek Lisesi Çiftliğinde (Kaygısız ve Vanlı, 1995), Karacabey Tarım İşletmesinde (Ertuğrul, 1999), İtalya'da (Santus ve ark., 1993) saptadığı değerlerden küçük, Kazova Tarım İşletmesinde (Şekerden ve Erdem, 1994) tahmin edilen değerle uyumlu olduğu belirlenmiştir. Araştırma bulgusu Ulutaş ve Sezer (2009)'bulguna yakın bulunmuştur.

Araştırmada, 305 DSV'ne ait tekrarlanma derecesi (0,20); Türkiye'de (Erdem, 1997; Dikmen, 2004), İngiltere'de (Kadarmideen ve ark., 2000), Kenya'da (Rege ve Mosi, 1989) yürütülen araştırma bulgularından küçük, Kazova Tarım İşletmesinde (Şekerden ve Erdem, 1994) belirlenen değerle uyumlu bulunmuştur. Araştırmada, laktasyon süresi için belirlenen h^2 ($0,02 \square 0,001$); bazı araştırma (Katoch ve ark., 1990; Deshpande ve ark., 1992; Ulutaş ve ark., 2008) sonuçlarından

küçük, bir araştırma bulgusundan (Ertuğrul ve ark., 2002) yüksektir.

LS için 0.03 olarak saptanan tekrarlanma derecesi; Hindistan'da (Deshpande ve ark., 1992), Atatürk Üniversitesinde Ziraat Fakültesi sığırcılık ünitesinde (Akbulut, 1990), Kenya'da (Ojango ve Pollott, 2001), Tanzania'da (Msanga ve ark., 2000), Ankara Şeker Fabrikası Çiftliğinde (Tüzemen ve ark., 1999), Atatürk Orman Çiftliğinde (Atay ve ark., 1995) saptanan değerlerden küçük bulunmuştur.

Damızlık Değeri ve Genetik Yönelim

Bu çalışmada, 305 DSV için tahmin edilen damızlık değer ortalamalarının değişimi Tablo 2'de görülmektedir. Simmental ineklerin 305 gün süt verimi ile ilgili genetik ilerlemenin 30.3 kg/yıl olduğu belirlenmiştir. Araştırma bulgusunun, Jerseyler için (Blanchard ve ark., 1983; Roman ve ark., 1999) tahmin edilen değerlere yakın olduğu saptanmıştır.

Araştırma bulgusu (30.3 kg/yıl); Jerseylerde Amerika'da (Nizamani ve Berger, 1996) belirlenen değerlerden düşük, Jerseyler için Kenya'da (Musani ve Mayer 1997) belirlenen değerden yüksektir.

Araştırma tahmin edilen damızlık değeri ortalamalarında görülen dalgalanmaların damızlık boğa seçiminde, damızlık değeri belirli olan boğaların kullanılmamış olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Nitekim bezir yorum yurt içinde (Ulutaş ve ark., 1999; Dikmen, 2004), yurt dışında Kenya'da (Amimo ve ark., 2007) yapılan araştırma sonuçlarında da yapılmıştır. Genetik ilerlemenin küçük olmasında, damızlık ineklerin seçiminde, ineklerin sadece fenotipik değerlerine göre seçilmelerinin etkisinin olduğu bildirilmiştir.

Araştırma kapsamında verileri değerlendirilen Simmental sürüsünde damızlık seçiminde, damızlık değeri bilinen inek yada boğaların dikkate alınmasının seleksiyondaki başarıyı artıracakı düşünülmektedir.

Sonuç Ve Öneriler

Genel olarak, çalışmada, GSV, 305 DSV ve LS için tahmin edilen h^2 , birkaç istisnai durum hariç Simmental inekler için önceki literatürlerde tespit edilen birçok değerle uyumlu bulunmuştur.

Bu çalışmada olduğu gibi önceki çalışmalarda da LS'ne ait h^2 ve r düşük bulunmuştur. Söz konusu bu özellik ile ilgili h^2 ve r ler literatürlerin çoğunluğunda küçük bulunmuştur. LSV ve 305 DSV'ne ait h^2 ve r lerinin seviyelerinin orta olduğu ifade edilebilir. Bilindiği üzere, düşük kalıtım ve tekrarlanma derecesine sahip olan özellikler

dikkate alınarak yapılacak damızlık seçimindeki başarı daha düşük olacaktır. Araştırma da 305 gün süt verimi yönünden belirlenen genetik yönelim de incelenen birçok literatür bulgusu ile uyumlu bulunmuştur.

Damızlık değerinin ortalamalarında dalgalanmaların, damızlık düve ve damızlık boğa seçiminde sürülerde, damızlık değeri bilinen damızlıkların kullanılmamasında kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Suni tohumlamada sağlıklı ve damızlık değeri bilinen boğaların spermalarının tercih edilmesi ve ilgili sürülerde ineklerin verimlerinin kaydedilmesinin uygulanan ıslah programının etkinliğini artıracağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışmada, Gökhöyük Tarım İşletmesinde Yetiştirilen Simmental ineklerin verilerini kullanmama izin veren Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğüne, Gökhöyük Tarım İşletmesi çalışanlarına teşekkür ederim. Bu araştırma, 3rd International Livestock Science Congress'te sözlü bildiri (özet) olarak sunulmuştur.

Kaynaklar

Akbulut, Ö., 1990. Atatürk Üniversitesi Tarım İşletmesinde Yetiştirilen Esmer, İleri Kan Dereceli Esmer Melezleri ile Siyah Alaca Sığırların Süt Verim Özellikleri ve Laktasyon Eğrisi Parametrelerine Etkili Faktörler. (Doktora Tezi), Atatürk Üniversitesi. Zootečni Bölümü, Erzurum.

Akbulut, Ö., 1996. Esmer Irk Sığırlarda ML, REML, MIVQUE Metotları İle Süt Verim Özellikleri İçin Varyans Bileşenleri ve Kalıtım Derecesi Tahminleri. Tr J. Of Vet. Anim.Sci., 20, 461-465.

Akman, N. 1998. Pratik Sığır Yetiştiriciliği. Türk Ziraat Yüksek Mühendisleri Birliği Vakfı Yayını. Ankara.

Albuquerque, L.G., Keown, J.F., Van Vleck, L.D., 1987. Genetic and Phenotypic Parameters for Milk, Fat and Protein Yields for California and New York Holsteins. 87th Annual Meeting Abstracts, 43.

Alpan, O. 1993. Sığır Yetiştiriciliği ve Besiciliği. Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootečni Anabilim Dalı, 3. Basım, Ankara.

Alpan, O., 1994. Sığır Yetiştiriciliği ve Besiciliği. Şahin Matbaası. Ankara. s.222-224

Alpan, O.; 1990. Sığır Yetiştiriciliği ve Besiciliği. Ankara Üniv. Vet. Fak. Zootečni bölümü Ankara

Amimo, J. O., Wakhungu, J. W., Inyangala B. O., and Mosi, R. O., 2007. The Effects of Non Genetic Factors and Estimation of Genetic and Phenotypic Parameters and Trends for Milk Yield in Ayrshire Cattle in Kenya. Livestock Research for Rural Development19(1).http://ftp.sunet.se/wmirror/www.cipav.org.co/lrrd/lrrd19/1/amim1_9013.htm (02.11.2009).

Anonim, 2015a. Gıda Tarım Ve Hayvancılık Bakanlığı, <http://www.tarim.gov.tr/sgb/Belgeler/SagMenuVeriler/HAYGEM.pdf> erişim tarihi (18.05.2015).

Anonim, 2015b. Fao İstatistik Yıllığı. <http://faostat.fao.org/site/569/DekstopDefault.aspx?PageID=569#ancor> (15.12.2023).

Atay, O., Yener, S.M., Bakır, G., Kaygısız, A., 1995. Atatürk Orman Çiftliğinde yetiştirilen Siyah Alaca sığırların süt verim özelliklerine ilişkin genetik vefenotipik parametre tahminleri. *Türk Vet. ve Hay. Derg.* 19 (6), 441 - 447.

Bakır, G., Yener, S. M., Kaygısız, A., 1998. Siyah Alaca Sığırların Süt Ve Döl Verim Özelliklerine İlişkin Genetik Parametre Tahminler. II. Ulusal Zootečni Bilim Kongresi, 22-25, Bursa.

Blanchard, P. J., Everett, R. W. and Searle, S. R., 1983. Estimation of Genetic Trends and Correlations for Jersey Cattle. *J. Dairy Sci.*, 66, 1947-1954.

Boldman, K.G., Kriese, L.A., Van Vleck, L.D. and Kacman, S.D., 1995. A manual for use of MTDFREML USD-ARS, Clay Center, Nebraska, USA.

Bormann, J., Wiggans, G.R., Druet, T., and Gengler, N., 2002. Estimating Effects of Permanent Environment, Lactation Stage, Age, and Pregnancy on Test-Day Yield. *J. Dairy Sci.*, 85, 263.

Canon, J., Berger, P.J., Gutierrez, J.P., Munoz, A., 1989. Estimate of (Co)variance components from milk and fat yield in the Spanish Holstein Population using REML. *Archivos de Zootecnia*, 38, 142, 249-255.

Deshpande, K.S., Deshpande, A.D., Deshpande, K.S., 1992. Studies on Lactation Length and Dry Period in Jersey Cows. *Indian J. of Dairy Sci.*, 45 (7), 353-355.

Dikmen, S., 2004. Karacabey ve Tahirova Tarım İşletmelerindeki Holştayn Sürülerindeki Süt Verimi Yönünden Damızlık Değerinin Tespitinde En İyi Doğrusal Yansız Tahmin Metodunun Uygulanması. (Doktora Tezi), Uludağ Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü Zootečni Anabilim Dalı, Bursa.

Doğan, İ., Ertuğrul, O., 1999. Karacabey Tarım İşletmesindeki Farklı Irk ve Kökenlere Sahip İneklerin Süt Verimlerinin Kalıtım Derecelerinin Tahmini. *Tr. J. Of Veterinary and Animal Sciences*, 23 (Ek 1), 25-33.

Duncan, W.R., 1955. Multiple range and multiple F test. *Biometrics*, 11; 1-42.

Erdem, H., 1997. Gökhöyük Tarım İşletmesinde yetiştirilen Siyah Alaca Sığırların sü tve döl verim özellikleri ve bu özelliklere ait bazı parametrelerin tahmini üzerine bir araştırma. (Doktora Tezi), Ondokuzmayıs Üniv, Zootekni Bölümü, Samsun.

Ertuğrul, O., Orman, M.N., Güneren, G., 2002. Holstain Irkı İneklerde Süt Verimine Ait Bazı Genetik Parametreler. Turk J Vet Anim. Sci., 26, 463-469.

Gengler, N., Tıjanı, A., Wiggans, G. R., Van Tassell, C.P., Philpot, J. C., 1999. Estimation of (Co)Variances of Test Day Yields for First Lactation Holsteins in The United States, J. Dairy Sci., 82, 225-239.

Gomez Castro, H., Tewolde, A., 1999. Genetic Parameters of Milk Production, Evaluation of Sires. and Characterization of Dairy Farms in The Humid Tropics of Costa Rica, Archivos Latinoamericanos De Produccion Animal, 7 (1), 19- 37.

Kadarmideen, H.N., Thompson, R., Simm, G., 2000. Linear and threshold Model Genetic Parameters for Disease, Fertility and Milk Production in Dairy Cattle. Animal Science, 71, 411-419.

Katoch, S., Yadav, M.C., Gupta, S., 1990. Non Genetic Factors Affecting Lifetime Production Traits in Jersey Cattle. Indian Vet. Journal, 67(6), 520-523.

Kaygısız, A., Vanlı, Y., 1995. Van Tarım Meslek Lisesi İşletmesinde Yetiştirilen İsviçre Esmeri Sığırlarda Döl Verim Özelliklerine İlişkin Genetik Parametre Tahminleri. Lalahan Hay. Merk. Araştırma Enstitüsü Dergisi, 35 (3-4), 50-55.

Kim, J.S, Park K.D., Jeong, H.Y., Ahn, B.S., Lee, K.J., 1999. Estimation of Regional Genetic Trends for Milk and Fat Yields in The Korean Holstein Population. Korean Journal of Animal Science, 41(1), 11-14.

Kumlu, S., 2000. Damızlık ve Kasaplık Sığır Yetiştirme. Türkiye Damızlık Sığır Yetiştiricileri Merkez Birliği Yayınları, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootekni Bölümü No:3, 166s, Antalya.

Meyer, K., 1991. Estimating Variances and Covariances for Multivariate Animal Models By Restricted Maximum Likelihood. Genetics. Selection, Evolution, 23, 49-68.

Meyer, K., 1998. Estimating covariance functions for longitudinal data using a random regression model. Genetics Selection Evolution, 30, 221-240.

Msanga, Y.N., Bryant, M.J., Rutam, I.B., Minja, F.N., Zylstra, L., 2000. Effect of environmental factors and of the proportion of holstein

Blood on the milk yield and lactation length of crossbred dairy cattle on smallholder farm in north East Tanzania. *Tropical Animal Health and Production*, 32 (1), 23-31.

Muir, B. L., Fatehi, J., Schaeffer, L. R., 2004. Genetic Relationships Between Persistency and Reproductive Performance in First Lactation Canadian Holsteins. *J. Dairy Sci.*, 87, 3029-3037.

Musani, S.K., Mayer, M., 1997. Genetic and Environmental Trends in a Large Commercial Jersey Herd in The Central Rift Valley. Kenya. *Tropical Animal Health and Production*, 29 (2), 108-116.

Nizamani, A.H., Berger, P.J., 1996. Estimates of Genetic Trend for Yield Traits of The Registered Jersey Population. *Journal of Dairy Science*, 79, 487-494.

Ojango, J.M.K, Pollott G.E, 2001. Genetics of Milk Yield and Fertility Traits in Holstein Friesian Cattle on Large Scale Kenyan Farms. *Journal of Animal Science*, 79 (7), 1742-1750.

Ojango, J.M.K., Pollott, G.E., 2002. The Relationship Between Holstein Bull Breeding Values for Milk Yield Derived in Both The UK and Kenya. *Livestock Production Science*, 74, 1-12.

Özhan, M., Tüzemen, N. ve Yanar, M. 2004. Büyükbaş Hayvan Yetiştirme. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Ders Notu Yayın No: 134, Erzurum.

Özhan, M., Tüzemen, N. ve Yanar, M. 2004. Büyükbaş Hayvan Yetiştirme. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Ders Notu Yayın No: 134, Erzurum.

Pe'Rez-Cabal, M. A., Alenda, R., 2003. Lifetime Profit as an Individual Trait and Prediction of its Breeding Values in Spanish Holstein Cows. *J. Dairy Sci.*, 86, 4115-4122.

Pryce JE, Coffey MP, Brotherstone SH, Wolliams JA 2002. Genetic Relationships Between Calving interval and Body Condition Score Conditional on Milk Yield, *J. Dairy Sci.*, 85 (6):1590-1595.

Rege, J.E.O., Mosi, R.O., 1989. Analysis of the Kenyan Friesian breed from 1968 to 1984: genetic and environmental trends and related parameters of milk production. *Bulletin of Animal Health and production in Africa*, 37 (3), 267-278.

Roman, R. M., Wilcox, C. J., and Littell, R. C., 1999. Genetic Trends for Milk Yield of Jerseys and Correlated Changes in Productive and Reproductive Performance. *J. Dairy Sci.*, 82, 196-204.

Saatçı, M., Ulutaş, Z., Dewı, A.L., Akkuş, İ., 2000. Environmental Effects, Variance Components And Estimated Breeding Values of Milk

Yield for Holsteins Cowsin Dalaman State Farm, Atatürk Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi, 31(2), 97-101.

Santus, E.C., Everett, R.W., Quaas, R.L. and Galton, D.M. 1993. Genetic parameters of Italian Brown Swiss for levels of herd yields. Journal of Dairy Science, 76: 3594- 3600.

Şahin, A., 2009. Tarım İşletmeleri Genel Müdürlüğüne Bağlı İşletmelerde Yetiştirilen Farklı Sığır Irklarının Süt ve Döl Verim Özelliklerine Ait Genotipik ve Fenotipik Parametre Tahmini. Doktora Tezi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Zootekni Anabilim Dalı. Tokat

Şekerden, Ö. 1999. Simmental ineklerinde buzağılama mevsimi ve laktasyon sırasının süt verimi ve süt komponentlerine etkileri. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 23 (Ek sayı 1): 79-86.

Şekerden, Ö., Erdem, H. ve Altuntaş, M. 1997. Kazova Tarım İşletmesi Simmental sığırlarında muhtelif meme özellikleri ve bunlarla süt verimi arasındaki ilişkiler. Turkish Journal of Veterinary and Animal Sciences, 21: 67-73.

Şekerden, Ö., Erdem, H., 1994. Kazova Tarım İşletmesinde Yetiştirilen Esmer Sığırlarda Süt Ve Döl Verim Özellikleri İle Bazı Parametrelerin Tahmini Üzerine Bir Araştırma. Ondokuz Mayıs Üniv. Zir. Fak. Derg., 9(2), 29-40.

Tüzemen, N., Yanar, M., Aydın, R., Akbulut, Ö., Yüksel, S., Turgut, L., Bayram., B., Güler, O., 1999. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Çiftliğinde Yetiştirilen Siyah Alaca sığırların süt verim özelliklerine ilişkin genetik ve fenotipik Parametre tahminleri. Uluslar arası Hayvancılık '99 Kongresi 21-24 Eylül, İzmir.

Ulutaş Z, Saatçı M, Dewl IA, Simm G 2000. Çiftlik Hayvanlarının Damızlık Değerinin En İyi Doğrusal Yansız Tahmin (Best Linear Unbiased Prediction) ile Tahmini. Omü. Zir. Fak. Dergisi, 15 (1):84-87

Ulutaş, Z. ve Sezer, M. 2009. Genetic study of milk production and reproduction traits of local born Simmental cattle in Turkey. GOÜ. Ziraat Fakültesi Dergisi, 26(1): 53-59.

Ulutaş, Z., Efil, H., Bakır, B., 1999. Siyah Alaca Sığırlarına Ait Süt Veriminin Varyans Bileşenleri, Genetik Parametreleri ve Damızlık Değerinin Tahmin Edilmesi. Uluslararası Hayvancılık' 99 Kongresi 21-24 Eylül 1999-İzmir

Ulutaş, Z., Sezer, M., 2003. Kazova Tarım İşletmesinde Yetiştirilen

Simmental Sığırlarının Süt ve Döl Verim Özellikleri. Hay. Araş. Der., 13, (1-2), 40-46.

Ulutaş, Z., Şahin, A., Saatçi, M., 2008. Genetic parameters of milk yield in Jersey cows, J. Appl. Anim. Res., 34, 29-32.

VanRaden, P. M., Sanders, A. H. , Tooker, M. E. , Miller, R. H., Norman, H. D., Kuhn, M. T. , Wiggans, G. R., 2004. Development of A National Genetic Evaluation For Cow Fertility. J. Dairy Sci., 87, 2285-2292.

Wall, E., Coffey, M.P., Wollhams, J.A., And Flint, A.P.F., 2003. Developing A Ukdairy Fertity index. British Society of Animal Science. York, Uk. 24-26th March, P.47.

Zülkadir, U, Boztepe, S., 2003. Konuklar Tarım İşletmesinde Yetiştirilen Esmer Sığırların Bazı Verim Özelliklerinin Fenotipik ve Genetik Parametreleri II.Genetik Parametreler. S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 17 (32), 74 -78.

Bölüm 5

Farklı Rakımlarda Yetiştirilen Ceviz Çeşitlerindeki Toplam Flavonoid Düzeylerinin İncelenmesi

Çağlar Mert AYDIN¹

Özet

Bu çalışmada ceviz çeşitlerinin yetiştirildikleri bölgenin rakımının cevizlerin sahip oldukları toplam flavonoid içeriğe olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla aynı türe ait ceviz çeşidi Tunceli ilindeki farklı rakımlı ilçelerinde üretilmiştir. Çalışmada değerlendirilen ceviz çeşitleri Hozat (1000 m), Ovacık (1300 m) ve Nazimiye (1550 m) ilçelerinde yetiştirilmişlerdir. Çalışma sonucuna göre cevizlerin yetiştirildiği bölgedeki rakımın, cevizdeki toplam flavonoid içeriği önemli düzeyde etkilediği tespit edilmiş, rakımın en düşük olduğu bölgede yetiştirilen ceviz çeşidinde diğer ceviz çeşitlerine göre önemli miktarda daha fazla flavonoid içerik tespit edilmiştir. Buna göre Hozat cevizinde toplam flavonoid içeriğinin 19.84 ± 0.54 mg QE/g olduğu belirlenmiştir. Hozat cevizini sırasıyla Ovacık cevizi (18.38 ± 0.85 mg QE/g) ve Nazimiye cevizi (17.11 ± 0.72 mg QE/g) takip etmiştir. Ayrıca cevizin yetiştirildiği bölgenin rakımı ile cevizdeki toplam flavonoid içerik arasında doğrusal bir trend belirlenmiş, rakım arttıkça cevizdeki toplam flavonoid içeriğinin azaldığı saptanmıştır. Bu yüzden ceviz çeşitlerinin yetiştirildikleri bölgenin rakımının, cevizlerin sahip oldukları biyoaktif içeriği etkileyebildiğini göstermektedir.

Anahtar Kelimeler – Ceviz, Rakım, Flavonoid, Ekstrakt, Tunceli.

Giriş

Günlük yaşamda sevilerek tüketilen gıda maddelerinde bulunan biyoaktif içerik, besinin üretilme ve yetiştirilme şartlarına bağlı olarak değişim gösterebilmektedir. Bu da sevilerek tüketilen ürünlerin metabolizmaya kazandırdığı besinsel yararı etkilemektedir. Bu yüzden besin maddelerindeki biyoaktif içeriği etkileyen etmenlerin incelenmesi önem arz etmektedir [Korekar et al., 2011:376].

Besinlerde bulunan ve besinlerin tüketilmeleri neticesinde metabolizmaya yararlı etkileri bulunan yapılara biyoaktif içerik olarak adlandırılmaktadırlar.

¹ Dr. Öğr. Üyesi; Munzur Üniversitesi Tunceli Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Bölümü, cmaydin@munzur.edu.tr ORCID No: 0000-0003-4078-7410

Birçok değişik etmen gıdalardaki biyoaktif içeriği etkileyebilmektedir. Bu yüzden besinlerde bulunan biyoaktif bileşenleri etkileyen etmenler araştırılmaya devam edilmektedirler. Gıdalarda bulunan biyoaktif içerikten bir de flavonoidlerdir. Bitkdeki rolunun dışında besinlerle metabolizmaya alındıklarında antioksidatif etki göstermektedirler [Atınç ve Kalkan, 2018:34; Buran, 2022:398]. Bu yüzden besinlerden sağlanılacak yarar düzeyinin belirlenmesinde önemli bir rol oynarlar.

Bu çalışmada Tunceli ilinde farklı rakımlı bölgelerde yetiştirilen aynı türe ait olan ceviz çeşitlerindeki toplam flavonoid düzeylerinin karşılaştırılması gerçekleştirilmiştir.

Materyal Ve Metod

Materyal

Bu çalışmada 2022 yılı Eylül ayında Tunceli ilinde farklı rakımlı bölgelerde, yani Hozat (1000 m), Ovacık (1300 m) ve Nazimiye (1550 m) ilçelerindeki ceviz ağaçlarında yetiştirilen aynı ceviz çeşidine (*Juglans regia* Fernor genus) ait ceviz içi kullanılmıştır. Laboratuvara getirildikten sonra ceviz çekirdekleri kırılmış, içinden çıkan kısım oda sıcaklığında 4 gün bekletilerek örnek hazırlamaya hazır hale getirilmiştir.

Homojen olarak örnekleme yapılabilmesi için her bir ceviz çeşidinden en az yarım kilo çekirdeğin içinden çıkan tohum kısmı toz haline getirilmiş, daha sonra karıştırıldıktan sonra analizde kullanılacak örnekler elde edilmiştir.

Metod

Toplam Flavonoid İçeriği

Ceviz çeşitlerindeki toplam flavonoid içerikleri Buran [2022:399] çalışmasında kullanılan yöntemle göre belirlenmiştir. İlk olarak örnekler analize uygun hale getirilmiştir. Bu amaçla her bir ceviz çeşidinden 50 mg örnek 50 mL metanolla karıştırılıp santrifüjlenmiştir (10 dakika 4000 ×g). Daha sonra çözeltinin supernant kısmından 1 mL alınmış ve 1 mL $AlCl_3$ (10 g L^{-1} metanol) çözeltisiyle vorteks (Heidolph, D-91126, Schwabach, Almanya) ile karıştırılmıştır. Son karışım 25°C'de 10 dakika inkübasyon için bekletildikten sonra UV-Spektrofotometre'de (Shimadzu, UV-1800) 394 nm'de 2 mL $AlCl_3$ (10 g L^{-1} metanol)'e karşı ölçümler yapılmıştır

Örneklerde tespit edilen flavonoid içerikleri kuarsetin eşdeğeri (mg QE/g) olarak hesaplanmıştır. Kuarsetin kalibrasyon grafiği $y=0.3057x-0.3934$ eşitliğiyle $R>0.99$ olarak hesaplanmıştır.

İstatistik

Analiz verilerinin istatistiki değerlendirilmesinde IBM SPSS software version 29 programı kullanılmıştır. Bu amaçla tanımlayıcı istatistiksel metodlar (Ortalama, Yüzde Değerleri, R^2 , Standart Sapma) uygulanmıştır. Tüm analiz verilerinde yanılma düzeyi olarak (Anlamlılık seviyesi) en az $P<0.05$ değeri esas alınmıştır.

Analiz verileri Kolmogorov Smirnov testine göre homojen dağılım gösterdiklerinden dolayı parametrik istatistik yöntemleri değerlendirmede kullanılmıştır, $P<0.05$ [Büyüköztürk, 2002:39].

Tartışma

Tablo 1’de Tunceli ilinde farklı rakımlara sahip ilçelerde yetiştirilen ceviz çeşitlerindeki toplam flavonoid içerikleri gösterilmektedir. Tunceli ceviz çeşitlerindeki toplam flavonoid içerikleri 17-20 mg QE/g aralığında belirlenmiştir. Ayrıca Tunceli ceviz çeşitlerinin yetiştirildikleri rakımların içerdikleri toplam flavonoid içeriklerine önemli düzeyde etkilediği saptanmıştır. En düşük rakımlı, Hozat, bölgede yetiştirilen ceviz çeşidinde diğer ceviz çeşitlerine göre daha yüksek miktarda flavonoid içerip bulunmuş, en yüksek rakımlı, Nazimiye, bölgede yetiştirilen ceviz çeşidinde ise en düşük flavonoid içerik tespit edilmiştir.

Tablo 1. Ceviz çeşit değişkenine göre toplam flavonoid içerik düzeyleri (mg QE/g)

Ceviz Çeşidi	TFC
Ovacık	18.38 ± 0.85b
Hozat	19.84 ± 0.54c
Nazimiye	17.11 ± 0.72a

Ortalama değer ± standart hata (n=3)

Not: Aynı sütundaki farklı harfler anlamlı bir fark göstermektedir ($P<0.05$).

Çalışma sonucuna göre en yüksek flavonoid içerik Hozat ceviz çeşidinde (19.84±0.54 mg QE/g) bulunmuştur. Bunu Ovacık çeşidi (18.38±0.85 mg QE/g) takip etmektedir. En az flavonoid içerik ise Nazimiye ceviz çeşidinde (17.11±0.72 mg QE/g) tespit edilmiştir. Önceki çalışmalarda toplam flavonoid düzeyinin meyve çekirdek çeşidine göre değişim gösterdiği rapor edilmiştir. Buğday çekirdeğinde 2.42 mg rutin/100 g [Liu ve Zhu, 2007:586], ceviz çekirdeğinde 14.72 mg/g [Oloruntola, 2022:90] ve fıstık çekirdeğinde 20-25 mg rutin/100 g [Nobari et al., 2022:4] olduğu açıklanmıştır. Bunda meyve çekirdek çeşitlerinin sahip oldukları genotip özelliklerin rol oynadığı düşünülmektedir [Korekar et al., 2011:382; Rahmani et al., 2018:38]. Ayrıca Tunceli’de yetiştirilen ceviz çeşitlerinde önceki çalışmalarda kullanılan diğer ceviz

çeşitlerine göre daha fazla flavonoid içerdiği tespit edilmiştir [Oloruntola, 2022:90; Yang et al., 2009:4].

Tunceli bölgesinde yetiştirilen ceviz çeşitlerinin flavonoid içeriklerinde çeşide göre önemli düzeyde değişim gerçekleşmiştir. Önceki çalışmalarında da çeşit değişkeninin ceviz çeşitlerindeki ve diğer meyve çekirdek çeşitlerindeki flavonoid içeriği önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir [Yang et al., 2009:4; Zhang et al., 2019:1747]. Ancak aynı durum fıstık çekirdek çeşitleri için tespit edilememiştir [Nobari et al., 2022:4]. Bu durumun araştırmada kullanılan fıstık çeşitlerinin aynı iklimsel özellikler gösteren bölgelerde yetiştirilmelerinden kaynaklanmış olabilir. Ayrıca bitkideki farklı kısımların değişik miktarlarda toplam flavonoid içerdiği açılmıştır [Nobari et al., 2022:4; Akbel ve Bulduk, 2022:19; Saral et al., 2017:53]. Bu yüzden sonraki çalışmada ceviz kabuklarındaki flavonoid içeriklerin tespitlerinin gerçekleştirilmesi elzemdir.

Sonuç

Bu çalışmada cevizlerin yetiştirildikleri bölgelerin rakımının, cevizlerde bulunan biyoaktif içerikten biri olan flavonoid içeriğe olan etkisi incelenmiştir. Bu amaçla Tunceli ilinde farklı rakımlı ilçelerinde aynı türe ait ceviz çeşitlerindeki toplam flavonoid düzeyleri belirlenmiştir. Çalışmada kullanılan ceviz çeşitleri Hozat (1000 m), Ovacık (1300 m) ve Nazimiye (1550 m) ilçelerinde yetiştirilmişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, cevizde bulunan toplam flavonoid içeriğin, cevizin yetiştirildiği bölgenin rakımına göre önemli düzeyde değişim gösterdiği tespit edilmiştir. Ayrıca bölgenin rakımı arttıkça, cevizde bulunan toplam flavonoid içerikte azalma olduğu belirlenmiştir.

Referanslar

- Akbel E, Bulduk İ. Total phenol and flavonoid contents, and antioxidant capacity of *Silybum marianum* L. gaertner grown in Turkey. *Avrupa bilim ve teknoloji dergisi*. 43. 17-20, 2022. 10.31590/ejosat.1206557.
- Atınç M, Kalkan İ. Flavonoidler ve sağlık üzerine etkileri. *Aydın gastronomy*. 2 (1). 31-38, 2018.
- Buran A. Türkiye’de yetiştirilen citrus maxima (Şadok) meyvesinin atık kısımlarındaki antioksidan, fenolik ve flavonoid madde miktarlarının belirlenmesi. *İTÜ Fen bilimleri dergisi*. 21 (42). 396-408, 2022. 10.55071/ticaretfbid.1087234.
- Büyüköztürk Ş. Sosyal Bilimler İçin Veri Analizi El Kitabı, İstatistik, Araştırma Deseni Spss Uygulamaları ve Yorum, 13 BASKI, Pegem Akademi, 2002.
- Korekar G, Stobdan T, Arora R, Yadav A, Singh, SB Antioxidant Capacity and Phenolics Content of Apricot (*Prunus armeniaca* L.) Kernel as a Function of Genotype. *Plant Foods Hum Nutr*, 66:376–383, 2011. 10.1007/s11130-011-0246-0.
- Liu B, Zhu Y. Extraction of flavonoids from flavonoid-rich parts in tartary buckwheat and identification of the main flavonoids. *Journal of food engineering*. 78. 584-587, 2007. 10.1016/j.jfoodeng.2005.11.001.
- Nobari A, Marvizadeh MM, Sadeghi T, Negin R, Nafchi AM. Flavonoid and anthocyanin pigments characterization of Pistachio nut (*pistacia vera*) as a function of cultivar. *Journal of nuts*. 13(0), 2022. 10.22034/jon.2022.1965310.1191.
- Oloruntola OD. *Juglans regia* kernel meal; A prospective nutraceutical feed supplement. *Biotech Studies*, 31 (2), 87-94, 2022. 10.38042/biotechstudies.1222785.
- Rahmani F, Dehganiasl M, Heidari R, Rezaee R, Darvishzadeh R. Genotype impact on antioxidant potential of hull and kernel in Persian walnut (*Juglans regia* L.). *Int Food Research J*. 25 (1). 35- 42, 2018.
- Saral Ö, Bak FE, Ölmez Z. Determining total phenolic content and antioxidant activity in fruits and flowers of naturally grown *Arbutus andrachne* L. in Artvin. *AÇÜ Orman Fakültesi Dergisi*. 18 (1), 51-54, 2017. 10.17474/artvinofd.271042.
- Yang J, Liu RH, Halim L. Antioxidant and antiproliferative activities of common edible nut seeds. *LWT-Food science and technology*. 42. 1-8, 2009. 10.1016/j.lwt.2008.07.007.
- Zhang S, Zhang L, Wang L, Zhao Y. Total phenols, flavonoids, and procyanidins leves and total antipxidant activity of different Korean pine

(*Pinus koraiensis*) varieties. Journal of forestry research. 30. 1743-1754, 2019. 10.1007/s11676-018-0744-0.

Bölüm 6

Birleşmiş Milletler 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarına Uyum Bağlamında Ormancılık Politikalarının İrdelenmesi

Eda GÜLBAY¹

Damla YILDIZ²

Ufuk COŞGUN³

Özet

Bu çalışma, Birleşmiş Milletler'in gerek çevre ve doğal kaynaklar gerekse insani boyutuyla ele aldığı sürdürülebilir kalkınma amaçlarının ormanlar ve ormancılık alanındaki yerinin irdelenmesi amacıyla gerçekleştirilmiştir. Çalışma materyallerini; BM 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları, Küresel Orman Hedefleri, Aichi Biyoçeşitlilik Hedefleri, Sürdürülebilir Orman Yönetimi Ölçüt ve Kriterleri, OGM Stratejik Plan (2019-2023), DKMP Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı (2018-2028) ve Ulusal Ormancılık Programı (2004-2023) şeklindeki dokümanlar oluşturmaktadır. Çalışma kapsamında Küresel ve ulusal ölçekte BM sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmayı da dikkate alarak hazırlanan bu ormancılık politika belgelerinin uyumu değerlendirilmiştir. Çalışmada ikincil veri toplama tekniği ile elde edilen dokümanların sürdürülebilir kalkınma amaçlarına uyumu içerik analizi yöntemi aracılığıyla yorumlanmıştır. Çalışma sonucunda ormancılık politika belgelerinde yer verilen amaçların birçok BM sürdürülebilir kalkınma amaçları ve hedeflerine hizmet ettiği ortaya konmuştur. Bu belgelere uygun hazırlanacak plan, program ve uygulamaların hiç kuşkusuz ormanlar, ormancılık ve insanlar üzerinde olumlu etkiler bırakmasının yanı sıra BM sürdürülebilir kalkınma amaçlarına da hizmet edeceği yadsınamaz bir gerçektir.

Anahtar kelimeler: Birleşmiş Milletler, Kalkınma, Sürdürülebilir kalkınma amaçları, Orman, Ormancılık politikası, Uyum.

1- ¹ Yük. Lis. Öğr.; Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Orman Mühendisliği Anabilim Dalı, Karabük, TÜRKİYE. 2328154508@ogrenci.karabuk.edu.tr ORCID No: 0009-0000-0721-0367

2- Dr. Öğr. Üyesi; Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Ormancılık Politikası ve Yönetimi Ana Bilim Dalı, Karabük, TÜRKİYE. damlayildiz@karabuk.edu.tr ORCID No: 0000-0003-4738-6636

Doç. Dr.; Karabük Üniversitesi, Orman Fakültesi, Ormancılık Politikası ve Yönetimi Ana Bilim Dalı, Karabük, TÜRKİYE. ufukcosgun@karabuk.edu.tr ORCID No: 0000-0002-6809-0538

Giriş

Sürdürülebilir kalkınma 20. yüzyılda ortaya çıkan ve son yılların güncel konusu haline gelen çok boyutlu bir kavramdır. Özellikle 1970’li yıllarda geleneksel kalkınma olgusu doğal kaynaklar ve çevre boyutunun yanı sıra insani boyutuyla da ele alınmaya başlanmıştır. Birleşmiş Milletler (BM) sürdürülebilir kalkınmanın tanımını ilk defa 1987’de “Ortak Geleceğimiz” raporunda yapmıştır. Gelecek nesillerin ihtiyacının karşılanmasını destekleyen sürdürülebilirliğe de bu rapordaki tanım içerisinde yer verilmiştir. Ekonomik, sosyal ve çevresel hedeflere sahip olan sürdürülebilir kalkınma, küresel çapta bütüncül bir çerçeve çizmiş ve böylelikle tüm dünyayı açık, ölçülebilir, şeffaf, anlaşılabilir yollara yönlendiren önemli konular arasına girmiştir.

Ormancılıkta sürdürülebilirlik kavramını ilk defa Almanya’da Carlowitz’in kullandığı iddia edilmektedir. Carlowitz, 1713’te ağaçların kesilmesindeki aşırılığı eleştirerek yaşlı ağaçların kesilmesiyle genç ağaçların dikilmesi arasındaki dengenin kurulmasında fayda olduğunu altını çizerek ormancılık uygulamalarının böylece sürdürülebilir olacağını belirtmiştir (Du Pisani, 2006: 85-86). 1987’de yayınlanan Brundtland Raporu da denilen “Ortak Geleceğimiz” belgesinde sürdürülebilir kalkınma ilk kez “*bugünün gereksinimlerini, gelecek kuşakların gereksinimlerini karşılama yeteneğinden ödün vermeden karşılayan kalkınma*” olarak tanımlanmış olup bu şekilde dünya kamuoyunda dikkat çekilmiştir (WCED, 1987).

İlk defa 1987’de Brundtland raporu içerisinde sürdürülebilir kalkınma tanımı yapılmış olsa bile kavram için uluslararası platformlarda yer alma birtakım süreçleri kapsamaktadır. Hem Brundtland Raporu’nda hem de BM Çevre ve Kalkınma Konferansı kapsamında ormancılıktaki sorunlar ile ormanları dünya gündemine sunan belgeler üretilmiştir. Söz konusu dokümanlarda ormancılık kalkınma ile çevrenin önemli bir parçası olarak kabul edilmiştir. Aynı zamanda ormanların sürdürülebilir kalkınma anlayışını içermesi hatta daha katılımcı yöntemler ile yönetilmesi gerektiğinin de altı çizilmiştir (Atmış, 1997).

Birleşmiş Milletler (BM)’in 189 üye devletiyle 6-8 Eylül 2000’de gerçekleştirilen New York’taki Liderler Zirvesi’nde dünya ölçeğinde yapmayı planladığı hedeflerin başında “Bin Yıl Kalkınma Hedefleri”ne yer vererek 2015 yılına kadar bu hedeflerin elde edilmesi konusunda anlaşmışlardır (Darıcı, 2015: 43). Binyıl kalkınma hedefleri zirvesinde koyulan iddialı eylem planının, 2015’e kadar belirlenen hedeflere ulaşmak adına yapılması gerekenlerin temel hatlarının ortaya konduğu yol haritası niteliğinde görülmektedir (Bakırtaş,

2020). Toplam 8 ana amaç ile bu amaçların altında yer alan 18 hedeften oluşan² ve 2015'e değin ulaşılması gerektiğinin altı çizilen bu hedeflerin çoğunda tarafların hepsi uzlaşmışlardır (Darıcı, 2015). Binyıl Kalkınma Hedefleri Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1: Binyıl Kalkınma Hedefleri

2015'te New York Zirvesi'nde toplanan ve Binyıl Kalkınma Hedeflerinin sonuçlarını değerdendiren tüm BM üye devletleri yeni hedefleri “2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi” şeklinde saptayarak küresel ölçekte bir kalkınma çerçevesini ortaya koyan hedefler belirlemişlerdir (Bakırtaş, 2020). Sürdürülebilir kalkınmanın dört önemli hedefi bulunmaktadır. Bunlar; 1) Ekonomik kalkınma-ekonomik refah, 2) İnsani-sosyal gelişim ve sosyal kapsayıcılık, 3) Çevresel sürdürülebilirlik, 4) Sürdürülebilir kalkınma için liderlik ve halk nezdinde politik bilinç, tercih oluşturma şeklinde ifade edilmektedir (Büyüksulu, 2021). Gerek “Binyıl Kalkınma Hedefleri” gerekse “2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri” gelişmiş ülkelerin sömürüsüne maruz kalmış bölgelerin yanı sıra kapitalist gelişme modelinin uygulandığı ülkelerde de ekonomik, sosyal anlamdaki sorunları çözmeyi hedefleyen unsurları içermektedir (Bakırtaş, 2020).

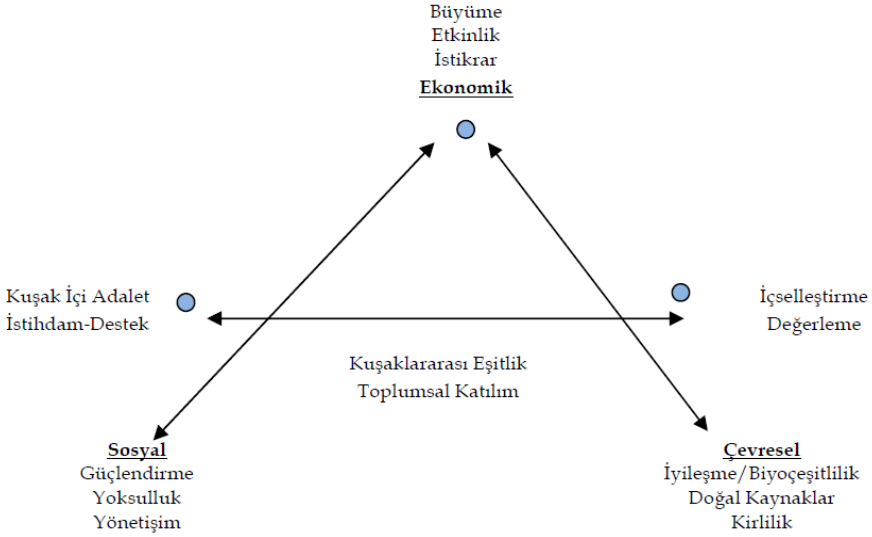
BM 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Hedefleri, Binyıl Kalkınma Hedeflerinin içeriğini daha da genişleten ve sürdürülebilir kalkınma için dönüşümü de hedefleyen topyekün bir kalkınma stratejisini içermektedir. Bu revize ve yeni denebilecek hedefler 17 temel hedeften ve 169 alt hedeften oluşmaktadır. Bu hedefler Binyıl Kalkınma Hedefleri üzerine kurulmuş ve Binyıl Kalkınma Hedeflerinin başaramadıklarını tamamlamayı amaçlamaktadır. Bu bağlamda on

² Binyıl Kalkınma Hedefleri Raporu Türkiye 2010, <http://www.surdurulebiliralkinma.gov.tr/dokumine/> (Erişim: 20.10.2023)

beş sene boyunca hem insanlık hem de gezegen için kritik önemli alanlardaki faaliyetleri özendireceği öngörülmektedir (Bakırtaş, 2020).

Sürdürülebilir kalkınma; sosyokültürel, çevresel ve ekonomik yapıları bakımından toplumda yer alan 3 alt sistem arasındaki etkileşim süreci şeklinde değerlendirilmiştir. Sürdürülebilir kalkınma için zorunlu yol haritasının çizilmesinde “sustainomics” adıyla gündeme getirilen yeni bir çerçeve etkili olmuştur (Arpacıoğlu Özdemir, 2018).

Munasinghe (2009)’nin ortaya attığı sürdürülebilir kalkınma üçgeni Şekil 2’de sunulmuştur. Burada sürdürülebilir kalkınmaya ait ana öğeler ile bu öğelerin birbirleriyle bağlantılarını görmek mümkündür. Ekonomik öğelerde tüketim, üretim ve ekonomi imkanları artırılarak refah yükseltmek istenirken çevresel yapıda doğanın bütünlüğü ile esnekliğini korumak söz konusu olmaktadır. Sosyal alanda insan ilişkilerini zenginleştirmek, güçlendirmek yanı sıra grup ya da bireysel insan hedeflerinin ulaşılması ile yoksulluk sorununu vurgulamaktadır (Munasinghe, 2009).



Şekil 2: Sürdürülebilir kalkınma üçgeninin gösterimi

Sürdürülebilir kalkınma hedefleri; ekonomi, çevre ve sosyal boyuttaki üç ana elemanı içeren ve 17 temel hedef ile 169 alt hedeften oluşmaktadır. Ayrılmaz bir parça olarak değerlendirilmesi gereken bu ayaklar arasında dengenin kurulmasını hedefleyen bu amaçlar az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler ile gelişmiş ülkelere birtakım yükümlülükler-sorumluluklar getirmiştir. Sürdürülebilir kalkınma amaçlarına Şekil 3 üzerinde yer verilmiştir.

Sürdürülebilir Kalkınma İçin KÜRESEL AMAÇLAR



Şekil 3: Sürdürülebilir kalkınma amaçları

Bu çalışmada, örneklem olarak belirlenen Türkiye-Dünya ormanları ve ormancılığı ile sürdürülebilir kalkınması arasındaki ilişki analiz edilmiştir. Yapılan literatür taramalarında, Türkiye'deki diğer sektörlerin sürdürülebilir kalkınma ile olan ilişkisinin incelendiği birçok çalışma (Ar ve Çelik Uğuz, 2017; Oğuz ve Tokmak, 2018; Yıldız, 2019; Cansever, 2021; Göcen ve Şahin, 2021) bulunmaktadır. Dünyada sürdürülebilir kalkınma amaçlarının ormanlar açısından ele alındığı çok sayıda çalışma (Gratzer ve Keeton, 2017; WWF, 2018; Baumgartner, 2019; Hazarika ve Jandl, 2019; Katila vd., 2020; Adhikari vd., 2022; Ma vd., 2022; Akomaning vd., 2023) olmasına karşılık; Türkiye ormanları ve ormancılığının sürdürülebilir kalkınması arasındaki ilişkilerin birlikte incelendiği sınırlı sayıda çalışmalar olduğu tespit edilmiştir (Akyol ve Tolunay, 2006; Ok, 2008; Eker ve Nazik, 2017; Akkuş Dağdeviren, 2019). Bu çalışmada ise Türkiye-Dünyada sürdürülebilir kalkınma ile ormanlar ve ormancılık ilişki doküman analizi aracılığıyla irdelenmiş, sürdürülebilir kalkınma kavramı ormancılık politikası açısından ele alınmıştır.

Nepal'de gerçekleştirilen bir çalışmada ormancılık sektörü ve sürdürülebilir kalkınma amaçları arasındaki bağlantı incelenmiş ve ormancılık sektörünün yerel ve ulusal kalkınması, kırsal geçim kaynakları ve ekonomik kalkınmasında temel bir sektör haline geldiği ortaya konmuştur. Ülke ormanları ormana direkt olarak bağımlı olan %65 insan için kereste, yakacak odun, yem ve ilacın temel kaynağıdır. Ayrıca ormanlar iklim değişikliğinin azaltılması ve adaptasyonu ve toprak ve su koruma için kritik bir rol oynamaktadır. Aynı zamanda Nepal

ormanları birçok karasal bitki ve hayvan çeşitliliğine ev sahipliği yapmaktadır. Ormanların sosyal ve ekonomik katkılarının yanı sıra ormanların ekolojik dayanıklılığı geliştirme ve çevreyi ılımanlaştırma gibi dolaylı etkileri de bulunmaktadır (FRTC, 2019).

Sürdürülebilir kalkınma amaçlarına (SKA) ulaşma çabalarının ormanları ve ormanla ilgili geçim kaynaklarını nasıl etkileyeceğine ve bu etkilerin ormanların iklim ve kalkınmaya katkılarını nasıl artırabileceğine veya olumsuz etkileyebileceği büyük önem taşımaktadır. Hedefler arasındaki sinerjilerin ve ödünleşimlerin anlaşılmasını sağlamak adına hedefler arasında bağlantıların sistematik ve çok disiplinli küresel bir değerlendirmesi yapılan bir çalışmada; Amaç 1- Ormanlarda direnç oluşturma, Amaç 2- Tarım, Amaç 3- Ormanlar ve insanların diğer faydaları, Amaç 4- Kaliteli eğitim ve ormanlar, Amaç 5- Cinsiyet eşitliğinin sürdürülebilir ormancılıkta ön koşul olması, Amaç 6- Ormanlar ile suyun insanla ilişkisi, Amaç 7- Hem en uygun fiyata sahip hem temiz enerji, Amaç 8- Ormanlar ile ormana bağlı geçim kaynakları, Amaç 9- Sanayi, inovasyon ve altyapının ormanlar ve ormanlara dayalı geçim kaynaklarına etkisi, Amaç 10- Ormanlar ve insanlar için çevresel adaletin sağlanması, Amaç 11- Sürdürülebilir şehirler ve toplumların ormanlar ve ormana dayalı geçim kaynaklarına etkisi, Amaç 12- Sorumlu tüketim ve üretimin ormanlar ve geçim kaynaklarına potansiyel faydaları, Amaç 13- İklim eylemi ormanlara ve insanlara etkisi, Amaç 14- Su altında yaşam ve Mangrovlar üzerindeki etkiler, Amaç 15- Karasal yaşam ormanların sürdürülebilir kalkınmadaki ana rolü, Amaç 16- Politik ekoloji perspektifinden barış, adalet ve güçlü kurumlar, Amaç 17- Orman finansmanı ve ortaklıklara odaklanma şeklinde konular değerlendirilmiştir (Katila vd., 2020).

Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından hangilerinin ormanlar ve ormancılıkla ilgili hedefler düzeyince sinerji veya etkileşim oluşturduğunun belirlendiği bir çalışmada; ormanlar ve ormancılıkla ilgili sürdürülebilir kalkınma amaçlarıyla ilgili çalışmaların genel durumunu ve gelişme eğilimlerini ortaya koymak için 2015-2020 yılları arasında yayınlanan 377 makalenin bibliyometrik analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışma sonucunda sürdürülebilir kalkınma amaçlarının 11'inin ve 19 hedefin ormanlar ve ormancılıkla ilgili olduğu, 47'sinin (35'i sinerji etkisi ve 12'si ödünleşim etkisi) SKA 15'in hedefleri ve diğer hedefler ile karşılıklı etkileşim de olduğu ortaya konmuştur. Çin Bilimler Akademisi en yüksek yayın çıktısı olan kurum iken ABD en yüksek yayın çıktısı ülkedir ve Michigan Üniversitesi'nden Jianguo Liu en yüksek yayın çıktısı olan yazardır. Anahtar kelime birlikte oluşum analizi sonuçları, popüler araştırmaların ağırlıklı olarak iklim değişikliği, biyolojik çeşitliliğin korunması, arazi kaynaklarının korunması ve yönetimi, uzaktan algılama, ormansızlaşmanın etkileri ve

yönetişim yoluyla sürdürülebilir kalkınmanın teşviki konularına odaklandığını göstermektedir. Ortak atıf sonuçları; insan refahı, gıda güvenliği, arazi kullanımı, arazi verimliliği, arazi kullanım hakkı, ağaç kaybı, simülasyon modelleri, kriterler ve esneklik olmak üzere dokuz araştırma temasının varlığını ortaya koymaktadır. Çalışma sonucunda sürdürülebilir kalkınma amaçlarının 11'inin (Amaç 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 11, 12, 13, 15) ve 19 hedefin (Amaç 1.1, 1.5, 2.1, 2.3, 3.9, 5.5, 6.6, 7.1, 7.2, 8.9, 11.4, 11.7, 12.2, 13.1, 15.1, 15.2, 15.3, 15.4, 15.5) doğrudan ormanlar ve ormancılıkla ilgili olduğu ve onlara hizmet ettiği ortaya konmuştur (Ma vd., 2022).

Nepal genelinde doğanın insanlara ve sürdürülebilir kalkınma amaçlarına katkılarını sistematik inceleme haritası ortaya konmuştur. 17 sürdürülebilir kalkınma amaçlarından Amaç 14 ve Amaç 15'in hedeflerinin biyolojik çeşitliliğin ve doğanın muhafazası ve korunması ile ilgili hedefleri açıkça ele aldığı bildirilmiştir. Çalışmayla doğal alanların sürdürülebilir kalkınma amaçlarından 12 amaca (Amaç 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 11, 13, 15) hizmet ettiğini bulmuştur (Adhikari vd., 2022). Sürdürülebilirlik üzerinde ormancılığın doğrudan ve dolaylı şekilde olan olumlu ve olumsuz etkileri analiz edilmiştir. Ayrıca sürdürülebilir orman yönetiminin Amaç 15'e ek olarak diğer sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşılmasına katkıda bulunabileceği tartışılmıştır (Baumgartner, 2019).

Avusturya ormancılık sektörü ile sürdürülebilir kalkınma amaçları arasındaki bağlantıların incelendiği başka bir çalışmada; Avusturya ormancılık sektöründeki paydaşlarla gerçekleştirilen yüz yüze görüşmeler sonucu katılımcıların sürdürülebilir kalkınma amaçları algıları ve ormancılıkla aralarındaki ilişkiye yönelik görüşlerine başvurulmuştur. Ankete katılanlara göre, Amaç 13, 3, 6, 7, 9 ve 13, Amaç 15'in ormancılık sektörüyle doğrudan ilişkili olarak ifade edilmiştir; Amaç 2, 8, 11, 12 ve 17 ile çalışmaları arasından çok yakından ilişkili bulunmamaktadır. Oysa Amaç 1, 4, 5, 10 ve 14 katılımcıların çalışmaları üzerinde neredeyse hiçbir etkisi olmayan uzaktan ilişkili amaçlar olarak belirtilmiştir (Hazarika ve Jandl, 2019). Amaç 6.6, Amaç 15.1 ve Amaç 15.2 ormanlar ve ormancılığa doğrudan katkıda bulunan amaçlardır (Ma vd., 2022).

Sürdürülebilir kalkınma amaçları 15 diğer sürdürülebilir kalkınma amaçları ile doğrudan ilişkilidir. Amaç 12 ile güçlü bir bağlantısı bulunmazken; Amaç 13, 2, 6, 8, 10 ve 12 ile doğrudan ilişkili olduğu belirtilmiştir. Ayrıca Amaç 12 ile bağlantılı olan Amaç 7 ile dolaylı bağlantıları bulunmaktadır (Baumgartner, 2019). Ormanlar ve ormancılık dolaylı bir şekilde diğer sürdürülebilir kalkınma hedeflerini de desteklemektedir. Mesela; ormanlar çevresel kaliteyi geliştirerek

tarımsal üretkenliği iyileştirdiğinden Amaç 2.1'i de desteklemektedir (Ma vd., 2022).

Sürdürülebilir kalkınma Amaç 15 ile Amaç 1, 2 ve 7 arasında ödünleşim etkisi meydana geldiği ifade edilmektedir (Ma vd., 2022). Bir başka çalışmada ise Amaç 15 ile diğer Amaçlar arasında Amaç 12'den sonra özellikle Amaç 1, 3, 4, 6 ve 10 ile en çok ödünleşim bulunmaktadır Amaç 15 ile bu ödünleşimler Amaç 1, 4 ve 10 arasında ülke düzeyinde meydana gelirken; Amaç 3 ve 6 küresel düzeyde olduğu gözlenmiştir (Baumgartner, 2019). Sürdürülebilir orman yönetiminin, SKA üzerinde olumlu etkileri bulunmaktadır. Ormancılık sektörünün doğrudan çıktıları çeşitli sürdürülebilir kalkınma Amaçlarının gerçekleştirilmesini desteklemektedir. İyi yönetilen ormanların biyolojik çeşitlilik üzerinde olumlu bir etkisi olabilir (Amaç 15), yoksullukla mücadele için gelir sağlayabilir (Amaç 1), açlıkla mücadele için yabani meyve ve av hayvanları temini için destek olabilir (Amaç 2), tıbbi bitkiler sunabilir (Amaç 3), içme suyu ve sulama sağlayabilir (Amaç 6) ve karbon tutma ve depolamaya (Amaç 13) hizmet etmektedir (Baumgartner, 2019). Amaç 15'in özü orman ekosistemlerini korumak ve restore etmeye uygun tutarlılıkta olan Amaç 6, 11 ve 13 şeklindeki hedefleri içermektedir (Ma vd., 2022).

Sürdürülebilir kalkınma Amaç 15'in diğer Amaçlar içerisinde Amaç 13 ve Amaç 2 ile ilişkisi dikkati çekmektedir. Amaç 15 ile söz konusu amaçların güçlü çift yönlü ilişkisi bulunmaktadır. Yani Karasal yaşama ait hedeflerin Açlığa son ve İklim eylemi hedeflerini hem etkilediği hem de onlardan etkilendiği görülmektedir. Amaç 15 kapsamında, ekosistemler ile biyoçeşitliliğin korunması, ormancılık ve tarıma dair politikalar iklim değişikliğinin yanı sıra açlığa yönelik program ve politikalar ile beraber dikkate alınmalıdır. Ayrıca Amaç 14, 15, 16 ve 17 kapsamında yer alan hedeflerden büyük oranda etkilendiği ve Amaç 1'deki hedeflerde güçlü etkisinin bulunduğu ifade edilmektedir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2017).

Materyal Ve Yöntem

Materyal

Çalışmanın ana materyali BM 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçları ile hedeflerinden oluşmaktadır. Ayrıca söz konusu amaçlar ile hedeflerin küresel ve ulusal ölçekte ormanlar ve ormancılık bağlamında uyumu değerlendirilmiştir. BM 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarıyla hedeflerinin uyumu incelenen ormancılık politikası belgeleri çalışmanın diğer materyalini oluşturmaktadır. Bu belgeler:

- Küresel Orman Hedefleri (KOH)³
 - Aichi Biyoçeşitlilik Hedefleri (ABH)⁴
 - SOY Ölçüt ve Kriterleri⁵
 - OGM Stratejik Plan (2019-2023)⁶
 - DKMP Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı (UBEP) (2018-2028)⁷
 - Ulusal Ormancılık Programı (UOP) (2004-2023)⁸
- şeklinde çalışmada yer almış ve bu belgeler kapsamındaki amaçlardan oluşmaktadır.

Yöntem

Çalışma, “Tarama modeli” kapsamında tasarlanmıştır. Dünyada ve Türkiye’deki ormancılık politikalarına yön veren belgeler ayrıntılı olarak analiz edilmiştir. İkincil kaynak olarak kullanılan materyaller doküman incelemesi veri toplama tekniğiyle içerik analizine tabi tutulmuştur. Yazılı (kitap, dergi, anı, makale, layiha, şiir vb), görsel (resim, film, giyim-kuşam, malzemenin toplanarak incelenmesi şeklinde tanımlanan doküman analizi hem nicel hem de nitel araştırmalar için uygundur. Araştırmacının neyi, neden, niçin, nasıl ve nerede arayacağını bilmesi büyük önem taşımaktadır. Dokümanların, nitel araştırmalar için etkili olarak kullanılması gerekli bilgi kaynakları olduğu iddia edilmektedir (Sönmez ve Alacapınar, 2019; Yıldırım ve Şimşek, 2021).

³ Global Forest Goals Report 2021, <https://www.un.org/en/desa/global-forest-goals-report-2021>, (Erişim: 20.10.2023)

⁴ Aichi Biodiversity Targets, <https://www.cbd.int/sp/targets/>, (Erişim: 20.10.2023)

⁵ Sürdürülebilir Orman Yönetimi (SOY) K&G, <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/kitaplik/surdurulebilir-orman-yonetimi>, (Erişim: 20.10.2023)

⁶ Orman Genel Müdürlüğü (OGM) Stratejik Plan (2019-2023), <https://www.ogm.gov.tr/tr/stratejik-plan>, (Erişim: 20.10.2023)

⁷ Doğa Koruma Milli Parklar (DKMP) Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı (2018-2028), <https://faolex.fao.org/docs/pdf/tur208837Tur.pdf>, (Erişim: 20.10.2023)

⁸ Ulusal Ormancılık Programı (UOP) (2004-2023), <https://faolex.fao.org/docs/pdf/tur169415.pdf>, (Erişim: 20.10.2023)

Çalışmanın örnekleme yöntemi olarak olasılık temelli olmayan örnekleme yöntemlerinden olan amaçlı (yargısal) örnekleme seçilmiştir (Balcı, 2021). Bu yöntemler çoğu hallerde olgular ile olayların hem keşfedilmesi hem açıklanması sırasında son derece faydalıdır (Yıldırım ve Şimşek, 2021). Araştırmacı kendi sağduyusu ve kararına bağlı olarak maksimum bilgi edineceği ve evreni en güzel şekilde temsiliyet kabiliyeti taşıyan örnekleme seçmektedir (Güçlü, 2021).

Elde edilen veriler ise, araştırmacılar tarafından ikincil kaynaklardan derlenerek sunulan orijinal verilerdir. Araştırmacılarca gerçekleştirilen uyum konusunda yorum uyumsuzlukları kaynaklı yanlışlıkların önlenmesine dikkat edilmiştir. Bu anlamda ayrı ayrı değerlendirmelerde bulunan araştırmacıların uyum önerisinin tekrarlı yorumlanması ile yeniden kontrol edilmesi sağlanmıştır. Konu üzerinde mutabakat sağlanana değin çalışma kapsamında değerlendirilen ormancılık politikası belgelerinin sürdürülebilir kalkınma amaçlarına uyumu üzerinde tartışılması ile gerekli düzeltmeleri gerçekleştirilmiştir. Aynı zamanda çalışma kapsamında hem yurtiçi hem de yurtdışı literatürden faydalanılarak konu ile ilgili değerlendirmeler yapılmıştır.

Bulgular Ve Tartışma

Çalışma kapsamında Küresel ve Ulusal düzeyde sürdürülebilir kalkınma amaçlarına hizmet eden ormancılık politika amaç ve hedeflerine yer veren dokümanlar ile sürdürülebilir kalkınma amaçlarının arasında bulunan ilişkinin değerlendirilmesi sağlanmıştır. Söz konusu belgelerin bu amaçlar ile hedeflere uyumu analiz edilmiştir.

BM sürdürülebilir kalkınma amaçları Amaç 15 içerisinde 12 hedef bulunmakta olup hedeflerin tamamı Türkiye’de geçerli görülmektedir. Amaç 15 kapsamında odaklanan noktalar GEF5 hedeflerinde yer alan sera gazını azaltma, biyoçeşitlilik ile SOY hedeflerine hizmet etmektedir. GEF projesinin uygulanmasında Akdeniz Bölgesi’nde 5 adet pilot uygulama alanı seçilmiştir (T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2017).

Sürdürülebilir orman yönetimi sürdürülebilir toplumlara geçişte kilit bir konudur. İlk sürdürülebilirlik tanımı ormancılığa atıfta bulunduğundan dolayı sürdürülebilir kalkınmada ormanların rolünün kabul edilmesi gerekmektedir (Baumgartner, 2019). Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları genellikle tutarlı, koordineli ve bütünleşik bir yaklaşım gerektiren dinamik bir gündem olarak algılanmaktadır (Hazarika ve Jandl, 2019). Türkiye’de öncelikli olarak ihtiyaç duyulan yeni ve kapsayıcı projeler arasında “entegre orman yönetiminin yaygınlaştırılması” yer almaktadır. Bu amaçlarla alakalı uluslararası kalkınma işbirliğinde Türkiye için yoksulluk ile mücadele, temiz içme suyu ile elektrik erişimi, çölleşme ile mücadele, orman koruma, sağlıkta altyapıyı güçlendirme,

ana-tekniik eđitim vb alanlarda birikimlerin en azından geliřmiř űkelere aktarmasında sistematiik nitelik kazandırılması űnemlidir (T.C. Kalkınma Bakanlıđı, 2017).

Kalkınma planlarıyla iliřkili kamu kurumlarına ait stratejik planların yanında Tablo 1’de yer alan belge, program, projeler Amaç 15’le bađlantılı temel politika belgeleri olarak gűrűlmektedir (T.C. Cumhurbaşkanlıđı Strateji ve Bűtçe Bakanlıđı, 2019). Ulusal dűzeyde sűrdűrűlebilir kalkınma amaçlarına hizmet eden amaç ve hedeflerin yer aldıđı dokűmanlara Tablo 1 űzerinde yer verilmiřtir.

Tablo 1: Sűrdűrűlebilir kalkınma hedeflerinden Amaç 15’e temel oluřturan dokűmanlar

SKA 15	Hedef	Stratejik Planlar, Belgeler, Programlar, Projeler
1	Amaç 15.1, 15.9	Kalkınma Planları, Yıllık Programlar, ÇŞB Stratejik Planı (2013-2017), OSİB Stratejik Planı (2013-2017), Ulusal Biyolojik Çeřitlilik Stratejisi ve Eylem Planı (2008-2018), Tűrkiye Biyoteknoloji Stratejisi ve Eylem Planı (2015-2018)
	Amaç 15.1, 15.4, 15.5, 15.6, 15.7	Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı (2008-2018)
2	Amaç 15.3	Kalkınma Planları, Yıllık Programlar, Tűrkiye Arazi Tahribatının Dengelenmesi Ulusal Raporu, Çűlleřmeyle Műcadele Ulusal Stratejisi ve Eylem Planı (2015-2023)
3	Amaç 15.2, 15.4, 15.5, 15.6, 15.7, 15.8, 15.a, 15.b, 15.c	Kalkınma Planları, Yıllık Programlar
4	Amaç 15.1, 15.2, 15.3	Ulusal Ormancılık Programı (2004-2023), Tűrkiye İklim Deđiřikliđi Stratejisi (2010-2023), Tűrkiye İklim Deđiřikliđi Eylem Planı (2011-2023), Ulusal Havza Yűnetim Stratejisi (2014-2023), Ulusal Kırsal Kalkınma Stratejisi (2014-2020), OGM Stratejik Planı (2017-2021), Ulusal Kuraklık Yűnetimi Strateji Belgesi ve Eylem Planı (2017-2023), Tűrkiye Tarımsal Kuraklıkla Műcadele Stratejisi ve Eylem Planı (2018-2022)
5	Amaç 15.1, 15.2, 15.b, 15.c	Tűrkiye’de Yűksek Koruma Deđerine Sahip Akdeniz Ormanları Entegre Yűnetim Projesi (GEF 5)Yűnetim Projesi (GEF 5)

Kaynak: T.C. Kalkınma Bakanlığı, 2017; T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bűtçe Bakanlığı, 2019.

Bm Sűrdűrűlebilir Kalkınma Amaç Ve Hedefleri Bazında Ormanlar Ve Ormancılık Politikalarının İrdelenmesi

BM Sürdürülebilir kalkınma amaçlarının her biri ve bu amaçların hedefleriyle uyumlu ormancılık politika belgelerinin her birinde ortaya konan amaçlar ve hedeflerin bu küresel amaçlara ne oranda hizmet ettiği tablolar aracılığıyla analiz edilerek yorumlanmıştır.

Amaç 1- Yoksulluğa Son: Amaç 1 kapsamında 7 hedef bulunmaktadır. Bu amaçtaki odak noktalar, “Yoksulluğun bütün şekillerini her yerde bitirmek” şeklindedir. Küresel-ulusal ormancılık politika belgelerinin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından SKA 1 ile uyumuna göre:

- KOH bünyesindeki alt hedeflerden 3 tanesi (KOH 2.1, 2.2, 5.1) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yoksulluğa son vermek amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- ABH içerisindeki alt hedeflerden 3 tanesi (ABH A2, D14, D15) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yoksulluğa son vermek amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- SOY ölçüt ve kriterlerinden 2 tanesi (SOY K1, K6) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yoksulluğa son vermek amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- OGM Stratejik Planı’nda yer alan amaçlardan 3 tanesi (OGM SA 1.3, 1.4, 4.1) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yoksulluğa son vermek amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- DKMP UBEP ulusal hedeflerinden 5 tanesi (UBEP H2, H4, H5, H6, H7) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yoksulluğa son vermek amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- UOP amaçlarından 3 tanesi (UOP A1.1, A1.2, A3.4) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yoksulluğa son vermek amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

Kırsal alanlarda yoksulluk ile mücadele konusunda; çevrenin tahrip edilmesi ile yoksulluk ilişkisi, yoksulluk ve kırsal kalkınmanın azaltılması yönünde küresel politikalar meydana getirilmesi, sürdürülebilir ormancılık politikalarıyla geleneksel ormancılıktaki bilgilerin yoksulluktaki şiddetin azaltılmasındaki rolü ile yoksulluk ve iklim değişikliği arasındaki ilişkiler dikkati çekmektedir (Eker ve Nazik, 2017).

2007 yılında Endonezya’da başlamış olan yoksulluk ile mücadele programı sonucu ulaşılan verilerden, bu program dahilinde yapılmış olan maddi yardımların, ormansızlaşmanın da önüne geçildiği sonucuna ulaşılmıştır. Bu programda çocuklarda okula devamlılık zorunluluğu getirilmiştir. Her ne kadar koruma önlemleri ve yoksulluk ile mücadele arasında oluşan ilişkinin anlaşılacağı ortaya konsa da geçmişte koruma gayretlerinin birçok sosyal etkileri olmuştur. Sonuçta topluluğun nedeni olduğu ormansızlaşma dürtüleri

karmaşık durumların görülmesine yol açmıştır. Yoksulluğun etki ettiği bölgelerdeki insanlar için gerçekleştirilen nakdi yardımlar, herhangi bir ağacı koruma şartına bağlı olmaksızın dağıtılmasına karşın, ağaç kayıp oranı %30 düşüş söz konusu olmuştur⁹.

Ormanlardan elde edilen yabani yenilebilir ürünlerin ve tatlı sulardan elde edilen balıkların satışı yoksulluğun azaltılmasına katkıda bulunmaktadır. Yerel halk dağlık ekolojik bölgelerde odun dışı orman ürünleri ve kereste/tomruk satarak gelirlerini çeşitlendirebilmektedirler. Ayrıca turizm faaliyetleri özellikle dağlık ekolojik bölgelerde artan gelir üretimine katkıda bulunmaktadır (Adhikari vd., 2022).

Amaç 2- Açılığa Son: Amaç 2 kapsamında 8 hedef bulunmakta olup odak noktaları, “Açılığın bitirilmesi, gıda güvenliği ile güzel beslenmeye ulaşılması ve sürdürülebilir tarımın desteklenmesi” olarak belirlenmiştir. Küresel-Ulusal ormancılık politika belgelerinin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından SKA 2 ile uyumu değerlendirildiğinde:

- KOH bünyesindeki alt hedeflerden 4 tanesi (KOH 1.4, 2.3, 2.5, 5.1) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yoksulluğa son vermek amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- ABH içerisindeki alt hedeflerden 3 tanesi (ABH C13, D15, D16) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yoksulluğa son vermek amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- SOY ölçüt ve kriterlerinden 4 tanesi (SOY K1, K3, K4, K6) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yoksulluğa son vermek amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- OGM Stratejik Planı’nda yer alan amaçlardan 3 tanesi (OGM SA 1.4, 2.5, 3.3) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yoksulluğa son vermek amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- DKMP UBEP ulusal hedeflerinden 7 tanesi (UBEP H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yoksulluğa son vermek amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- UOP amaçlarından 3 tanesi (UOP A1.2, A3.1, A3.4) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yoksulluğa son vermek amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

Dış şokların (İklim krizi vb) tarımda gıda sistemindeki baskının artmasının yanı sıra doğal kaynakların direncini azaltmasına yol açması durumlarında, ormanların rolünün daha kritik olduğu ifade edilmektedir. Orta Asya’ya

⁹ “How Fighting Poverty Accidentally Stopped Deforestation. Bloomberg”, (15 Ağustos 2020). <https://www.bloomberg.com/news/articles/2020-06-15/how-fighting-poverty-accidentally-stopped-deforestation?smd=green&leadSource=uverify%20wall> (Erişim: 20.09.2023)

odaklanan ilk FAO – Türkiye Ormancılık Ortaklık Programı projesi olan FRIENDS projesinin Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları'ndan Amaç 2, Amaç 13 ve Amaç 15 şeklindeki amaçlardan üçüne ulaşmak için adımlar atacağını vurgulamıştır¹⁰.

2018 yılı “2030 yılına değin dünyada açlığa son verilmesi mümkündür” teması ile 38.'si düzenlenen “Dünya Gıda Günü” kapsamındaki konferans “FAO ile yürütülen Ortaklık Programı kapsamında, Orta Asya'daki kardeş ülkelere, gıda güvenliğinin sağlanması amacıyla finansman ve teknik destek verdiklerini bildiren Pakdemirli, program başarılı olduğu için ikinci fazına "ormancılık" alanını da eklediklerini bildirmiştir”¹¹

Hayvan yemi ve yabancı yenilebilir ürünler için ormanlar ve tarımsal orman ekosistemlerine bağımlılık bulunmaktadır. İnsan-yaban hayatı çalışmaları özellikle yaban hayatından ekin baskınlarının arttığı korunan alanlarının yakınlarında gıda güvenliğini ciddi bir şekilde etkilemektedir. Çiftçiler mahsullerini sulamak için tatlı su ekosistemlerine bağımlı yaşamaktadırlar. Çiftçiler ekinlerin üretkenliğini artıran kompostlama için ölü örtü kullanmaktadır. Kompostlaştırma ve hayvan gübresi kullanımı, kimyasal gübreye gücü yetmeyen çiftçiler için özellikler önemlidir (Adhikari vd., 2022).

Amaç 3- Sağlık ve Kaliteli Yaşam: Amaç 3 kapsamında 13 hedef bulunmakla beraber odak noktası, “Sağlıklı ve kaliteli yaşamın her yaşta güvence altına alınması” şeklinde belirlenmiştir. Küresel ve ulusal ormancılık politika belgelerinin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından SKA 3 ile uyumu bilgilerine göre:

- ABH içerisindeki alt hedeflerden 1 tanesi (ABH B8) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yoksulluğa son vermek amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- SOY ölçüt ve kriterlerinden 2 tanesi (SOY K2, K6) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yoksulluğa son vermek amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- DKMP UBEP ulusal hedeflerinden 2 tanesi (UBEP H1, H4) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yoksulluğa son vermek amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

¹⁰ “FAO - Türkiye Ormancılık Ortaklık Programı, FRIENDS projesinin Bölgesel Başlangıç Çalıştayı'yla hız kazandı”, (24 Ekim 2022), <https://foreks.com/haber/detay/63567d02cff47e00016d2eb8/FRKS/tr/fao-turkiye-ormancilik-ortaklik-programi-friends-projesinin-bolgesel-baslangic-calistayiy-la-hiz-kazandi> (Erişim: 20.06.2023)

¹¹ “Sürdürülebilir Gıda Konferansı”, (17 Ekim 2018), <https://www.tarimtv.gov.tr/tr/video-detay/surdurulebilir-gida-konferansi-10662> (Erişim: 19.06.2023)

- UOP amaçlarından 1 tanesi (UOP A3.4) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından yoksulluğa son vermek amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

Ülkelerdeki gelişme düzeyinin artırılması sürdürülebilir kalkınmadaki hedeflere ulaşmak ile mümkün olmaktadır. Küresel olaylar denince akla ilk önce sağlıktaki sorunlar gelmektedir. Toplum adına önem taşıyan hava kirliliğindeki artış, vektörel nedenli hastalıkların çoğalması, azalan ormanlar, yayılan zararlı atıklardan direkt etkilenmektedir. Özellikle yaşlı yetişkinlerin, kronik hastalığa sahip kişilerin, çocukların, yoksulların en çok zarara maruz kalan grup olduğu belirtilmektedir¹².

Ormandaki varlıkların önemi noktasına dikkat çekmek isteyen BM Genel Kurulu, farkındalık oluşturmak amaçlı 21 Mart tarihini “Uluslararası Orman Günü” olarak bildirmiştir. İlan edildiği 2012’den bu yana ormanların önemine her yıl farklı bir temayla kutlanan Dünya Orman Günü’nün bu yılki teması “Ormanlar ve Sağlık” olarak açıklanmıştır. Değerli doğal kaynakların korunmasının insanın elinde olduğunu belirten BM, sağlıklı insan yaşamının sağlıklı ormanlara bağlı olması nedeniyle 2023 yılının sadece almayı değil, vermeyi de gerektirdiği ifade edilerek “Sağlıklı insanlar için sağlıklı orman” vurgusu yapılmıştır¹³.

Şifalı bitkiler, sağlık merkezlerine sınırlı erişimi olan kırsal topluluklarda özellikle değerli görülmektedir. Şifalı bitkiler çeşitli hastalıklar ve rahatsızlıklar için geleneksel uygulamalar ve tedavilerle ilişkilendirilmektedir. Korunan alanların yakınlığında yaşayan yerel halkın vahşi yaşamla karşılaşması yaralanmalara hatta ölümlere neden olmaktadır (Adhikari vd., 2022).

Amaç 4- Nitelikli Eğitim: Amaç 4 kapsamında 10 hedef bulunmakta ve odak noktaları ise, “Kapsayıcı ve hakkaniyete dayalı nitelikli eğitimin sağlanması, herkes adına yaşam boyu öğrenim fırsatlarının teşviki” şeklindedir. Küresel ve ulusal ormancılık politika belgelerinin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından SKA 4 ile uyumu irdelendiğinde:

- KOH bünyesindeki alt hedeflerden 1 tanesi (KOH 2.4) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından nitelikli eğitim amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

¹² Madenoğlu Kıvanç M, Türen S, Atakoğlu R, Kara Özçalık C. 2020. Sürdürülebilir kalkınma hedeflerine erişimde hemşirenin önemi. Sağlık ve Yaşam Bilimleri Dergisi;2(2):74-78, DOI: 10.33308/2687248X.202022184

¹³ “[21 Mart Uluslararası Orman Günü] BM’den Uluslararası Orman Günü mesajı: Sağlıklı insanlar için sağlıklı orman, (21 Mart 2023)”, <https://yesilgazete.org/21-mart-uluslararasi-orman-gunu-bmden-uluslararasi-orman-gunu-mesaji-saglikli-insanlar-icin-saglikli-orman/> (Erişim: 24.06.2023)

- OGM Stratejik Planı'nda yer alan amaçlardan 1 tanesi (OGM SA 1.3) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından nitelikli eğitim amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- DKMP UBEP ulusal hedeflerinden 6 tanesi (UBEP H1, H2, H4, H5, H6, H7) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından nitelikli eğitim amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- UOP amaçlarından 2 tanesi (UOP A1.1, A3.4) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından nitelikli eğitim amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

Ekoturizm yerel halkı turizm faaliyetleri için eğitim almaya yönlendirmektedir. Ekoturizmden elde edilen gelir köylülerin çocuklarını okula göndermelerini teşvik etmektedir. Sosyo-ekolojik öneme sahip alanlar biyoçeşitlilik ve doğa hakkında bilgileri derinleştirmek için faydalı görülmektedir (Adhikari vd., 2022).

Amaç 5- Toplumsal Cinsiyet Eşitliği: Amaç 5 kapsamında 9 hedef bulunmakla birlikte odak noktaları, “Toplumsal cinsiyet eşitliğinin sağlanması, bütün kadınlarla kız çocuklarının güçlendirilmesi” olarak belirlenmiştir. Küresel ve ulusal ormancılık politika belgelerinin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından SKA 5 ile uyumuna bakıldığında:

- KOH bünyesindeki alt hedeflerden 2 tanesi (KOH 2.1, 5.2) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından toplumsal cinsiyet eşitliği amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- ABH içerisindeki alt hedeflerden 1 tanesi (ABH D14) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından toplumsal cinsiyet eşitliği amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- OGM Stratejik Planı'nda yer alan amaçlardan 1 tanesi (OGM SA 1.4) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından toplumsal cinsiyet eşitliği amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- DKMP UBEP ulusal hedeflerinden 6 tanesi (UBEP H1, H2, H4, H5, H6, H7) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından toplumsal cinsiyet eşitliği amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- UOP amaçlarından 1 tanesi (UOP A3.4) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından toplumsal cinsiyet eşitliği amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

Kadınlar tarafından işletilen aile yanında konaklamalar yerel halkın gelirlerini artırmakta ve onları kooperatifler ve yeni işler kurma konusunda güçlendirmektedir. Odun dışı orman ürünlerinin işlenmesi kadınlara alternatif geçim kaynakları sağlamaktadır. Biyogaz odun toplamak için harcanan zamanla

ilişkilendirmekte ve artan zaman kadınların eğitim gibi diğer üretken aktivitelerinde kullanılmaktadır (Adhikari vd., 2022).

Amaç 6- Temiz Su ve Sanitasyon: Amaç 6 kapsamında 8 hedef bulunmakta olup odak noktaları, “Herkes erişilebilir su ve atık su hizmetlerinin ve sürdürülebilir su yönetiminin güvence altına alınması” olarak açıklanmıştır. Küresel ve ulusal ormancılık politika belgelerinin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından SKA 6 ile uyumu değerlendirildiğinde:

- KOH bünyesindeki alt hedeflerden 2 tanesi (KOH 1.2, 2.5) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından temiz su ve sanitasyon amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- ABH içerisindeki alt hedeflerden 4 tanesi (ABH B5, B8, D14, D16) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından temiz su ve sanitasyon amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- SOY ölçüt ve kriterlerinden 2 tanesi (SOY K2, K5) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından temiz su ve sanitasyon amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- OGM Stratejik Planı’nda yer alan amaçlardan 3 tanesi (OGM SA 1.2, 2.1, 2.2) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından temiz su ve sanitasyon amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- DKMP UBEP ulusal hedeflerinden 7 tanesi (UBEP H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından temiz su ve sanitasyon amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- UOP amaçlarından 1 tanesi (UOP A2.2) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından temiz su ve sanitasyon amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

Tatlı su ekosistemleri temel olarak içme suyu gibi maddi hizmetler sağlarken, orman ekosistemleri su akışını ise yer altı suyunu zenginleştirmek yoluyla düzenlemektedir. Ormanlar biyoçeşitlilik ve toprak-su kaynaklarının rehabilitasyonu ve artırılması için önem teşkil etmektedir (Adhikari vd., 2022).

Amaç 7- Erişilebilir ve Temiz Enerji: Amaç 7 kapsamında 8 hedef bulunmakla beraber odak noktaları, “Herkes için karşılanabilir, güvenilir, sürdürülebilir ve modern enerjiye erişim sağlanması” şeklindedir. Küresel ve ulusal ormancılık politika belgelerinin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından SKA 7 ile uyumuna göre:

- KOH bünyesindeki alt hedeflerden 1 tanesi (KOH 3.3) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından erişilebilir ve temiz enerji amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

- SOY ölçüt ve kriterlerinden 1 tanesi (SOY K1) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından erişilebilir ve temiz enerji amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- DKMP UBEP ulusal hedeflerinden 4 tanesi (UBEP H2, H3, H5, H7) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından erişilebilir ve temiz enerji amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

Yakacak odun enerjinin birincil kaynağıdır. Biyogaz ve tezek bazı hanelerde alternatif enerji kaynağı olarak görülmektedir. Kırsal alanlarda şebeke dışı elektrik üretimi için nehirlerden gelen sular kullanılmaktadır. Orman örtüsündeki artış, su mevcudiyetinde artışa yol açarak daha yüksek enerji üretimine yol açmaktadır (Adhikari vd., 2022).

Amaç 8- İnsana Yakışır İş ve Ekonomik Büyüme: Amaç 8 kapsamında 12 hedef bulunmakta ve odak noktaları, “İstikrarlı, kapsayıcı ve sürdürülebilir ekonomik büyümenin, tam ve üretken istihdamın ve herkes için insana yakışır işlerin desteklenmesi” olarak belirlenmiştir. Küresel ve ulusal ormancılık politika belgelerinin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından SKA 8 ile uyumu irdelendiğinde:

- KOH bünyesindeki alt hedeflerden 2 tanesi (KOH 2.2, 2.4) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından insana yakışır iş ve ekonomik büyüme amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- SOY ölçüt ve kriterlerinden 1 tanesi (SOY K6) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından insana yakışır iş ve ekonomik büyüme amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- OGM Stratejik Planı’nda yer alan amaçlardan 2 tanesi (OGM SA 3.2, 3.3) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından insana yakışır iş ve ekonomik büyüme amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- DKMP UBEP ulusal hedeflerinden 6 tanesi (UBEP H1, H2, H4, H5, H6, H7) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından insana yakışır iş ve ekonomik büyüme amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- UOP amaçlarından 3 tanesi (UOP A2.2, 3.2, 3.4) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından insana yakışır iş ve ekonomik büyüme amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

Doğal ve sosyo-kültürel değerler turizm aktiviteleri için aile yanında konaklama ve kültürel deneyimlerden trekking, kuş gözlemciliği, estetik deneyimler ve eğlenceye kadar uzanan sunmaktadır (Adhikari vd., 2022).

Amaç 9- Sanayi, Yenilikçilik ve Altyapı: Amaç kapsamında 8 hedef bulunmakta ve odak noktaları, “Dayanıklı altyapıların tesis edilmesi, kapsayıcı

ve sürdürülebilir sanayileşmenin desteklenmesi ve yenilikçiliğin güçlendirilmesi” şeklinde ifade edilmiştir. Küresel ve ulusal ormancılık politika belgelerinin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından SKA 9 ile uyumu bilgilerine göre:

- KOH bünyesindeki alt hedeflerden 1 tanesi (KOH 2.2) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sanayi, yenilikçilik ve altyapı amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- ABH içerisindeki alt hedeflerden 1 tanesi (ABH D14) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sanayi, yenilikçilik ve altyapı amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- OGM Stratejik Planı’nda yer alan amaçlardan 3 tanesi (OGM SA 3.5, 4.1, 4.3) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sanayi, yenilikçilik ve altyapı amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- DKMP UBEP ulusal hedeflerinden 6 tanesi (UBEP H1, H2, H4, H5, H6, H7) Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sanayi, yenilikçilik ve altyapı amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- UOP amaçlarından 2 tanesi (UOP 2.1, 2.2) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sanayi, yenilikçilik ve altyapı amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

Köylerde evlerin ve küçük altyapıların inşasında ormanlardan elde edilen kereste/odun kullanılmaktadır. Tarımsal ormancılık yerel düzeyde altyapı inşa etmek için kaynak sağlayarak katkıda bulunmaktadır (Adhikari vd., 2022).

Amaç 10- Eşitsizliklerin Azaltılması: Amaç 10 kapsamında 10 hedef bulunmakla birlikte odak noktası, “Ülkeler içindeki ve arasındaki eşitsizliklerin azaltılması” olarak belirlenmiştir. Küresel ve ulusal ormancılık politika belgelerinin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından SKA 10 ile uyumuna bakıldığında:

- SOY ölçüt ve kriterlerinden 1 tanesi (SOY K6) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından eşitsizliklerin azaltılması amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- UOP amaçlarından 1 tanesi (UOP A1.1) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından eşitsizliklerin azaltılması amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

Amaç 11- Sürdürülebilir Şehirler ve Topluluklar: Amaç 11 kapsamında 10 hedef bulunmakta olup odak noktaları, “Şehirlerdeki, insan yerleşimlerindeki kapsayıcılığın, güvenliğinin, dayanıklılık ile sürdürülebilirliğin sağlanması” olarak belirlenmiştir. Küresel ve ulusal ormancılık politika belgelerinin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından SKA 11 ile uyumu incelendiğinde:

- ABH içerisindeki alt hedeflerden 2 tanesi (ABH B10, D15) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sürdürülebilir şehirler ve topluluklar amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- SOY ölçüt ve kriterlerinden 6 tanesi (SOY K2, K3, K4, K5, K6) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sürdürülebilir şehirler ve topluluklar amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- OGM Stratejik Planı'nda yer alan amaçlardan 2 tanesi (OGM SA 1.4, 2.4) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sürdürülebilir şehirler ve topluluklar amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- DKMP UBEP ulusal hedeflerinden 2 tanesi (UBEP H1, H5) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sürdürülebilir şehirler ve topluluklar amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- UOP amaçlarından 1 tanesi (UOP A3.4) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sürdürülebilir şehirler ve topluluklar amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

Bitki örtüsü ve orman örtüsü yüzey akışını azaltma ve toprak erozyonunu önleme kapasiteleri nedeniyle heyelanlara ve sellere karşı koruma sağlamaktadır. Sulak alanlar fazla suyu emerek taşkınları kontrol altına almaktadır (Adhikari vd., 2022).

Amaç 12- Sorumlu Üretim ve Tüketim: Amaç 12 kapsamında 11 hedef bulunmakla beraber odak noktası, “Sürdürülebilir üretimin ve tüketimin kalıplarının sağlanması” şeklindedir. Küresel ve ulusal ormancılık politika belgelerinin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından SKA 12 ile uyumu bilgilerine göre:

- KOH bünyesindeki alt hedeflerden 6 tanesi (KOH 1.3, 2.3, 2.5, 3.1, 3.3, 4.3) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sorumlu üretim ve tüketim amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- ABH içerisindeki alt hedeflerden 3 tanesi (ABH A3, A4, B10) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sorumlu üretim ve tüketim amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- SOY ölçüt ve kriterlerinden 1 tanesi (SOY K2) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sorumlu üretim ve tüketim amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- OGM Stratejik Planı'nda yer alan amaçlardan 6 tanesi (OGM SA 2.1, 3.2, 3.3, 4.1, 4.2, 4.3) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sorumlu

üretim ve tüketim amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

- DKMP UBEP ulusal hedeflerinden 6 tanesi (UBEP H1, H2, H3, H4, H5, H6) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sorumlu üretim ve tüketim amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- UOP amaçlarından 1 tanesi (UOP A3.2) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sorumlu üretim ve tüketim amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

Amaç 13- İklim Eylemi: Amaç 13 kapsamında 5 hedef bulunma olup odak noktaları, “Hem iklim değişikliğiyle hem de etkileriyle mücadelede çok acil bir şekilde eyleme geçilmesi” şeklinde ifade edilmiştir. Küresel ve ulusal ormancılık politika belgelerinin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından SKA 13 ile uyumu irdelendiğinde:

- KOH bünyesindeki alt hedeflerden 1 tanesi (KOH 1.4) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından iklim eylemi amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- ABH içerisindeki alt hedeflerden 1 tanesi (ABH D15) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından iklim eylemi amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- SOY ölçüt ve kriterlerinden 5 tanesi (SOY K1, K2, K3, K4, K5) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından iklim eylemi amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- OGM Stratejik Planı’nda yer alan amaçlardan 1 tanesi (OGM SA 1.1) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından iklim eylemi amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- DKMP UBEP ulusal hedeflerinden 5 tanesi (UBEP H1, H2, H3, H4, H5) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından iklim eylemi amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- UOP amaçlarından 2 tanesi (UOP A2.2, A3.3) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından iklim eylemi amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

Orman ekosistemleri karbonu ayırarak ve onu yeraltı ve yerüstü biyokütlesinde depolayarak sera gazı emisyonlarının azaltılmasına katkıda bulunmaktadır (Adhikari vd., 2022).

Amaç 14- Sudaki Yaşam: Amaç 14 kapsamında 10 hedef bulunmakla birlikte odak noktaları, “Sürdürülebilir kalkınmayı sağlamak amacıyla okyanusların, denizler ile deniz kaynaklarının korunmasının yanı sıra sürdürülebilirliğe uygun kullanılması” şeklinde belirlenmiştir. Küresel ve ulusal

ormancılık politika belgelerinin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından SKA 14 ile uyumu değerlendirildiğinde:

- KOH bünyesindeki alt hedeflerden 2 tanesi (KOH 1.3, 3.3) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sudaki yaşam amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- ABH içerisindeki alt hedeflerden 12 tanesi (ABH A1, A3, B5, B6, B7, B8, B10, C11, C13, D14, E18, E19) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sudaki yaşam amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- SOY ölçüt ve kriterlerinden 1 tanesi (SOY K5) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sudaki yaşam amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- OGM Stratejik Planı'nda yer alan amaçlardan 2 tanesi (OGM SA1.2, 3.3) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sudaki yaşam amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- DKMP UBEP ulusal hedeflerinden 7 tanesi (UBEP H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sudaki yaşam amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

Amaç 15- Karasal Yaşam: Amaç 15 kapsamında 12 hedef bulunmakta olup bu amacın odak noktaları, “Karasal ekosistemlerin iyileştirilmesi, korunması, sürdürülebilirliğe uygun kullanımının sağlanması; SOY ölçüt ve kriterlerinin sağlanması; çölleşmeyle mücadele edilmesi; arazideki bozunumun durdurulması hatta zıttına çevrilmesi; biyoçeşitlilik kaybının engellenmesi” şeklinde ifade edilmiştir. Küresel ve ulusal ormancılık politika belgelerinin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından SKA 15 ile uyumu irdelendiğinde:

- KOH bünyesindeki alt hedeflerden 12 tanesi (KOH 1.1, 1.2, 1.3, 1.4, 2.4, 2.5, 3.1, 3.3, 4.1, 4.2, 5.1, 5.2) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından sudaki karasal yaşam ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- ABH içerisindeki alt hedeflerden 16 tanesi (ABH A1, A2, A3, B5, B6, B9, C11, C12, C13, D14, D15, D16, E17, E18, E19, E20) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından karasal yaşam amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- SOY ölçüt ve kriterlerinden 6 tanesi (SOY K1, K2, K3, K4, K5, K6) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından karasal yaşam amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- OGM Stratejik Planı'nda yer alan amaçlardan 9 tanesi (OGM SA 1.1, 1.2, 2.1, 2.3, 2.4, 2.5, 3.1, 3.4, 4.2) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından

karasal yaşam amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

- DKMP UBEP ulusal hedeflerinden 7 tanesi (UBEP H1, H2, H3, H4, H5, H6, H7) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından karasal yaşam amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- UOP amaçlarından 5 tanesi (UOP A1.2, A1.3, A2.1, A2.2, A3.1) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından karasal yaşam amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

Ormanlar, tarım arazileri ve tatlı su ekosistemleri çeşitli türlere yaşam alanı sağlamaktadır. Ağaçlar ve bitkiler besin zenginleştirmeye, toprağı tutmaya ve toprak verimliliğini artırmaya katkıda bulunmaktadır (Adhikari vd., 2022).

Ormanlar ve sürdürülebilir arazi kullanımı birden fazla SKA'ya katkıda bulunabilir. Ormanlar, ormansızlaşmayı durdurmanın doğrudan iddialı hedefini içeren Amaç 13 ise Amaç 15 için önemli bir anahtardır (GoM, 2017).

Amaç 16- Barış, Adalet ve Güçlü Kurumlar: Amaç 16 kapsamında 12 hedef bulunmaktadır. Bu amacın odak noktaları, “Sürdürülebilir kalkınmaya destek olmada barışçıl ve kapsayıcı toplumları meydana getirmek, herkesi kapsayan bir adalet erişimini temin etmek, tüm seviyelerde etkililiğe, hesap verebilirliğe ve kapsayıcılığa sahip kurumların oluşmasını sağlamak” şeklindedir. Küresel ve ulusal ormancılık politika belgelerinin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından SKA 16 ile uyumu incelendiğinde:

- KOH bünyesindeki alt hedeflerden 3 tanesi (KOH 5.2, 5.3, 5.4) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından barış, adalet ve güçlü kurumlar amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- ABH içerisindeki alt hedeflerden 1 tanesi (ABH E17) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından barış, adalet ve güçlü kurumlar amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- DKMP UBEP ulusal hedeflerinden 1 tanesi (UBEP H6) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından barış, adalet ve güçlü kurumlar amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- UOP amaçlarından 2 tanesi (UOP A1.1, A1.2) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından barışa, adalete ve güçlü kurumlara yönelik amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

Amaç 17- Amaçlar İçin Ortaklıklar: Amaç 17 kapsamında 19 hedef bulunmakta olup odak noktaları, “Uygulamadaki araçları güçlendirmek, sürdürülebilir kalkınma sağlamada küresel ortaklığın canlandırılması” olarak belirlenmiştir. Küresel ve ulusal ormancılık politika belgelerinin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarından SKA 17 ile uyumu değerlendirildiğinde:

- KOH bünyesindeki alt hedeflerden 7 tanesi (KOH 4.1, 4.2, 4.3, 4.4, 4.5, 5.3, 6.2) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından amaçlar için ortaklıklar amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- ABH içerisindeki alt hedeflerden 3 tanesi (ABH E18, E19, E20) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından amaçlar için ortaklıklar amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- OGM Stratejik Planı'nda yer alan amaçlardan 1 tanesi (OGM SA 4.3) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından amaçlar için ortaklıklar amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- DKMP UBEP ulusal hedeflerinden 4 tanesi (UBEP H3, H4, H6, H7) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından amaçlar için ortaklıklar amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.
- UOP amaçlarından 4 tanesi (UOP A1.2, A1.3, A2.1, A3.3) sürdürülebilir kalkınma amaçlarından amaçlar için ortaklıklar amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir.

Tablo 2'de ormanlar ve ormancılıkla ilgili küresel ve ulusal düzeydeki dokümanlarda yer verilen amaç ve hedeflerin BM 2030 Sürdürülebilir Kalkınma amaç ve hedeflerine ne şekilde hizmet ettiği ortaya konmuştur. Bu bilgi ve verilerin değerlendirilmesi sonucu oluşturulan Tablo 2 aracılığıyla ana çerçeveyi meydana getiren hususlar analiz edilerek sunulmuştur.

Küresel Orman Hedefleri, Aichi Biyoçeşitlilik Hedefleri, Sürdürülebilir Orman Yönetimi ölçüt ve kriterleri, OGM Stratejik Plan (2019-2023), DKMP Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı (2018-2028) ve Ulusal Ormancılık Programı (2004-2023) gibi küresel ve ulusal düzeyde hazırlanan ormancılık politika belgelerinde yer verilen amaç hizmetlerin 2030 Sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ne oranda hizmet ettiği analizine Tablo 2'de yer verilmiştir. KOH bünyesindeki alt hedeflerden 47 tanesi, ABH içerisindeki alt hedeflerden 51 tanesi, SOY ölçüt ve kriterlerinden 32 tanesi, OGM Stratejik Planı'nda yer alan amaçlardan 37 tanesi, DKMP UBEP ulusal hedeflerinden 81 tanesi, UOP amaçlarından 32 tanesi sürdürülebilir kalkınma amaç ve hedeflerine doğrudan ve dolaylı olarak hizmet etmektedir. Bu politika belgelerinde yer verilen amaç ve hedeflerin %20'sinin Amaç 15'e yönelik olduğu görülmektedir (Tablo 2).

Tablo 2: Türkiye-Dünya ormanları ve ormancılığı ile dokümanların BM

2030 SKA adı	KOH Amaç (n)	ABH Amaç (n)	UOP Amaç (n)	SOY Amaç (n)	DKMP UBEP amaç (n)	OGM Stratejik Plan amaç (n)	Toplam amaç (n)
SKA 1	3	3	3	2	5	3	19
SKA 2	4	3	3	4	7	3	24
SKA 3	-	1	1	2	2	-	6
SKA 4	1	-	2	-	6	1	10
SKA 5	2	1	1	-	6	1	11
SKA 6	2	4	1	2	7	3	19
SKA 7	1	-	-	1	4	-	6
SKA 8	2	-	3	1	6	2	14
SKA 9	1	1	2	-	6	3	13
SKA 10	-	-	1	1	-	-	2
SKA 11	-	2	1	6	2	2	13
SKA 12	6	3	1	1	6	6	23
SKA 13	1	1	2	5	5	1	15
SKA 14	2	12	-	1	7	2	24
SKA 15	12	16	5	6	7	9	55
SKA 16	3	1	2	-	1	-	7
SKA 17	7	3	4	-	4	1	19

2030 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçlarıyla uyumlu amaç sayısı

Not: Tablo 1’de bahsi geçen raporlardan derlenerek yazarlar tarafından yorumlanarak gerçekleştirilen analizler yukarıdaki şekilde tablolştırılmıştır.

Sonuç Ve Öneriler

Birleşmiş Milletler’in 2000 yılındaki zirvede dünya ölçeğinde koyduğu 8 temel amaçtan oluşan “Binyıl Kalkınma Hedefleri” 2015 yılına kadar kalkınma hedeflerine ulaşmak için ana hatlarıyla ortaya konan bir yol haritası niteliğindedir. Bu hedeflerin içeriğini daha da genişleterek 17 temel amaçtan oluşan ve küresel anlamda ulaşmayı teşvik eden “BM 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Amaçları” ekonomik, çevresel ve sosyal olmak üzere üç temel bileşen üzerinde inşa edilmiştir.

Küresel Orman Hedefleri, Aichi Biyoçeşitlilik Hedefleri, Sürdürülebilir Orman Yönetimi ölçüt ve Kriterleri, OGM Stratejik Plan (2019-2023), DKMP Ulusal Biyolojik Çeşitlilik Stratejisi ve Eylem Planı (2018-2028) ve Ulusal Ormancılık Programı (2004-2023) gibi küresel ve ulusal düzeyde hazırlanan

ormancılık politika belgelerinde BM 2030 sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmak adına konan amaç ve hedefler analiz edildiğinde; Amaç 1 (19 amaç), Amaç 2 (24 amaç), Amaç 3 (6 amaç), Amaç 4 (10 amaç), Amaç 5 (11 amaç), Amaç 6 (19 amaç), Amaç 7 (6 amaç), Amaç 8 (14 amaç), Amaç 9 (13 amaç), Amaç 10 (2 amaç), Amaç 11 (13 amaç), Amaç 12 (23 amaç), Amaç 13 (15 amaç), Amaç 14 (24 amaç), Amaç 15 (55 amaç), Amaç 16 (7 amaç) ve Amaç 17 (19 amaç) olmak üzere ormanlar ve ormancılıkla ilgili doğrudan ve dolaylı olarak hizmet eden amaç ve hedeflere 280 kez yer verildiği ortaya konmuştur.

Çalışma kapsamında incelenen ormancılık politika belgelerinde ormanlar ve ormancılıkla ilgili konan amaç ve hedefler BM 2030 sürdürülebilir kalkınma amaçlarından azalan sıralamayla özellikle üçüne “55 amaç ile Karasal yaşam, 24 amaç ile Sudaki yaşam, 24 amaç ile Açlığa son ve 23 amaç ile Sorumlu üretim ve tüketim” hizmet ettiği bulunmuşken en az 2 amaç ile Eşitsizliklerin azaltılması amacına uygun bir şekilde amaç ve hedeflere yer verilmiştir.

Çalışma sonucunda çalışma kapsamında analize tabi tutulan küresel ve ulusal düzeyde hazırlanan ormancılık politika belgelerinde yer verilen amaç ve hedeflerin doğrudan ve/veya dolaylı olarak BM 2030 sürdürülebilir kalkınma amaçlarına ulaşmak adına önemli belgeler olma niteliği taşıdığı ortaya konmuştur. Ormanlarımızın sunduğu ürünler dışında sunulan hizmet boyutu da asla göz ardı edilmeden sürdürülebilir ormancılık ilkelerine uygun şekilde yönetilen ormanların sürdürülebilirliğin devam etmesindeki katkısı olduğu görülmektedir.

BM’in ormancılık konusundaki ilk stratejik planı sonucunda hazırlanan Küresel Orman Hedefleri dünya genelindeki tüm ormanların sürdürülebilir yönetimi, ormansızlaşma ve orman bozulması ile mücadele konusunda genel çerçeve çizmektedir. Ülkelerin küresel orman hedeflerini sürdürülebilir kalkınma hedefleriyle birleştirerek ormancılık politika kararlarına uyumlu bir şekilde entegre etmesi gerekmektedir.

Literatür incelendiğinde, BM 2030 sürdürülebilir kalkınma amaçlarının ormanlar, ormancılık ve insanlar ile ilişkisinin incelendiği birçok yurtdışı çalışmalar olmasına rağmen; Türkiye’de BM 2030 sürdürülebilir kalkınma amaçlarının ormanlar, orman köylüsü, ormancılık politika belgelerinin uyumu konusunda yeterli sayıda çalışma olmadığı görülmüştür. Bu çalışma ormancılık politika belgelerinin BM sürdürülebilir kalkınma amaçlarıyla uyumunu inceleyen sınırlı çalışmalardan biri olması bakımından büyük önem taşımaktadır. Bundan sonraki çalışmalarda bu amaçların ülke ormancılığındaki projeleri, orman köylüsünün sosyo-ekonomik yaşam biçimlerini ve ormancılık kararlarında ne düzeyde rol oynadığının derinlemesine incelenmesine ihtiyaç

hasıl olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmanın alan yazına ve bilim camiasına faydalı olduğu düşünölmektedir.

Açıklama: Bu çalışma Karabük Üniversitesi Orman Fakültesi Orman Mühendisliği Bölümü'nde Eda GÜLBAY tarafından hazırlanan Lisans tezinin bir kısmını içermektedir.

Referanslar

- Adhikari, B., Prescott, G. W., Urbach, D., Chettri, N., ve Fischer, M. (2022). Nature's contributions to people and the Sustainable Development Goals in Nepal. *Environ. Res. Lett.* 17, 093007, <https://doi.org/10.1088/1748-9326/ac8e1e>
- Akkuş Dağdeviren, S. (2019). Sürdürülebilir kalkınma çerçevesinde Türkiye'de çevre politikaları. Başkent Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Akomaning, Y. O., Darkwah, S. A., Živělová, I., ve Hlaváčková, P. (2023). Achieving sustainable development goals in Ghana: The contribution of non-timber forest products towards economic development in the Eastern Region. *Land*, 12, 635. <https://doi.org/10.3390/land12030635>
- Akyol, A. ve Tolunay, A. (2006). Türkiye'de sürdürülebilir orman kaynakları yönetimi, ilkeleri, göstergeleri ve uygulamaları. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 10-2, 221-234. DOI: 10.19113/sdufbed.94093
- Ar, H., ve Çelik Uğuz, S. (2017). Küresel sürdürülebilir kalkınma hedeflerinde turizmin rolü: Türkiye örneği. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 10 (49), 521-531. www.sosyalarastirmalar.com, ISSN: 1307-9581
- Arpacıglu Özdemir, Ö. (2018). Sürdürülebilir kalkınma perspektifinden yoksulluk olgusu. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 11 (55): 769-78, <http://dx.doi.org/10.17719/jisr.20185537248>
- Atmiş, E. (1997). Ortak geleceğimiz raporunda ve BM Çevre ve Kalkınma Konferansı'nda ormanlar. *Orman Mühendisliği Dergisi*. 34, 27-32. Ankara.
- Bakırtaş, T. (2020). Dünyada ve Türkiye'de ekonomik kalkınma- küresel kalkınma odaklı sorunlar yeni model arayışları. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. LTD. ŞTİ. Yayın No: 912, Genişletilmiş 2. Basım, XII+714 s. ISBN: 978-605-133-813-2.
- Balcı, A. (2021). Sosyal Bilimlerde Araştırma Yöntem, Teknik ve İlkeler. Pegem Akademi, 15. Baskı, ISBN: 978-975-6802-40-3.
- Baumgartner, R. J. (2019). Sustainable development goals and the forest sector- a complex relationship. *Forests*, 10, 152; doi:10.3390/f10020152
- Büyükuslu, A. R. (2021). Sürdürülebilir kalkınma ve endüstri 5.0. DER Yayınları Yayın No: 0315, İstanbul, ISBN: 978-975-353-672-1.
- Cansever, İ. H. (2021). Sürdürülebilir kalkınma ve sağlık: Türkiye'nin 2023 hedefleri ile karşılaştırmalı bir değerlendirme. *Hacettepe Sağlık İdaresi Dergisi*, 24(3), 633-650.

- Darıcı, B. (2015). Aşırı açlığı ve yoksulluğu ortadan kaldırmak. Bülent Darıcı (Ed.), Birleşmiş Milletler Binyıl Kalkınma Hedefleri 2015 Türkiye içinde (ss: 41-62). Konya, Çizgi Kitabevi, ISBN: 978-605-9108-81-2.
- Daşdemir, İ. (2019). Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic. Ltd. Şti, Gözden Geçirilmiş 2. Baskı, VIII+210 s., ISBN: 978-605-320-442-8.
- Du Pisani, J.A. (2006). Sustainable development – historical roots of the concept. *Environmental Sciences*, 3(2): 83–96.
- Eker, Ö., ve Nazik, S. (2017). Orman kaynaklarının yoksulluk yönetimi ve kırsal kalkınma üzerine sosyo-ekonomik etkileri: Kastamonu-Pınarbaşı İlçesi Örneği. *Turkish Journal of Forest Science* 1(1) 2017: 44-58
- FRTC, (2019). An assessment of Nepal’s Forestry Sector’s contribution to sustainable development goals (SDGs). Forest Research and Training Centre (FRTC), Ministry of Forests and Environment, Kathmandu, Nepal.
- GoM, (2017). REDD+ Mangolia. Ministry of Environment and Tourism. Factsheet 2: REDD+ and SDGs.
- Göcen, C., ve Şahin, S. (2021). Sürdürülebilir kalkınma amaçları bağlamında coğrafya eğitimi. *International Journal of Eurasia Social Sciences (IJOESS)*, 12(46), 1355-1370. DOI: <http://dx.doi.org/10.35826/ijoes.3034>
- Gratzer, G., ve Keeton, W. S. (2017). Mountain forests and sustainable development: The potential for achieving the United Nations’ 2030 Agenda. *Mountain Research and Development*, 37(3): 246–253 <http://dx.doi.org/10.1659/MRD-JOURNAL-D-17-00093.1>
- Hazarika, R., ve Jandl, R. (2019). The Nexus between the Austrian Forestry Sector and the Sustainable Development Goals: A Review of the Interlinkages. *Forests*, 10, 205; doi:10.3390/f10030205
- Katila, P., Colfer, C. J. P., Jong, W. D., Galloway, G., Pacheco, P., ve Winkel, G. (2020). Sustainable development goals: their impacts on forests and people. Cambridge University Press, ISBN 978-1-108-48699-6, doi.org/10.1017/9781108765015
- Ma, Z., Hu, C., Huang, J., Li, T., ve Lei, J. (2022). Forests and forestry in support of sustainable development goals (SDGs): A bibliometric analysis. *Forests* 13, 1960. <https://doi.org/10.3390/f13111960>
- Munasinghe, M. 2009. Sustainable development in practice: Sustainomics methodology and applications. New York: Cambridge University Press, s.34-35.

- Oğuz, Y. E., ve Tokmak, C. (2018). Türkiye’de sürdürülebilir kalkınma ve turizm. *Journal of Gastronomy Hospitality and Travel*, 1(2), 1-17. DOI: 10.33083/joghat.2018.5
- Ok, K. (2008). Sürdürülebilir kalkınmanın sektörel politikalara entegrasyonu projesi (TR0402.11): Ormancılık Sektörü, 189s.
- Sönmez, V., ve Alacapınar, F. G. (2019). Örneklandırılmış Bilimsel Araştırma Yöntemleri. Anı Yayıncılık, Gözden Geçirilmiş 7. Baskı, Ankara. ISBN: 978-605-170-317-6.
- T.C. Cumhurbaşkanlığı Strateji ve Bütçe Başkanlığı, (2019). Sürdürülebilir kalkınma amaçları Türkiye 2. Ulusal gözden geçirme raporu 2019 ortak hedefler için sağlam temeller (interaktif). <http://www.surdurulebilirkalkinma.gov.tr/dokumine/> (Erişim: 20.04.2023)
- T.C. Kalkınma Bakanlığı, (2017). Sürdürülebilir kalkınma hedefleri kapsamında Türkiye’nin mevcut durum analizi projesi- Ana rapor. 252 s.
- WCED, (1987). *Our Common Future*. World Commission on Environment and Development, Oxford: Oxford University Press.
- WWF, (2018). *Forests and Sustainable Development- The Role of SDG 15 in Delivering the 2030 Agenda*. World Wide Fund For Nature (WWF)-Sweden.
- Yıldırım, A., ve Şimşek, H. (2021). *Sosyal Bilimlerde Nitel Araştırma Yöntemleri* (12. Baskı). Ankara, ISBN: 978-975-02-6982-0, Seçkin Yayıncılık, 448s.
- Yıldız, O. (2019). Sürdürülebilir kalkınma kapsamında ekoturizmin Muğla ilinin ekonomik kalkınmasına etkileri. Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İktisat Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Muğla.

Bölüm 7

Tarımsal Veriler Işığında Sürdürülebilir Su Yönetimi: Makine Öğrenmesi Tahmin Modelleri

Didem GÜLERYÜZ¹
Erdemalp ÖZDEN²

Giriş

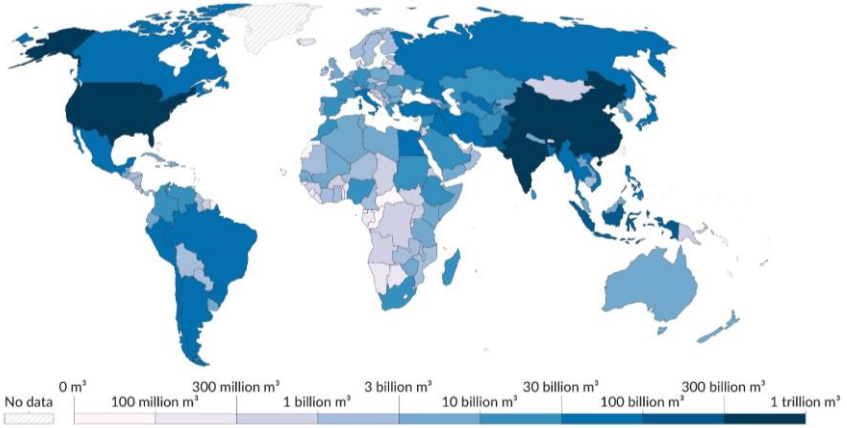
İklim değişikliği, atmosfere karbondioksit, metan ve azot oksit de dahil olmak üzere sera gazlarının salınmasıyla sonuçlanan insan faaliyetleri nedeniyle dünya ikliminin önemli ölçüde değiştirilmesini ifade etmektedir. İklim değişikliği, bugün dünyanın karşı karşıya olduğu en acil sorunlardan biridir ve etkileri, su yönetimi dahil birçok alanda hissedilmektedir. Değişen iklim, su kaynaklarının mevcudiyeti, dağıtımı ve kalitesi üzerinde önemli etkilere sahiptir. Bu nedenle mevcut durum etkili bir su yönetimi politikasını her zamankinden daha önemli hale getirmektedir.

Su kaynakları, tarım, sanayi ve evsel kullanım dahil olmak üzere çeşitli amaçlar için gerekli su teminini sağladığından dünya için önemlidir. Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, artan su talebini karşılarken aynı zamanda doğal çevreyi korumak ve su kaynaklarına eşit erişimin sağlanması için kritik öneme sahiptir. Tarım sektörü, küresel olarak su kaynaklarının en büyük kullanıcısıdır ve 2021 yılı verilerine göre tüm su kullanımının yaklaşık %70'ini oluşturmaktadır (Ren vd., 2022). Tarımda su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı, gıda güvenliğini sağlamak ve sürdürülebilir kalkınmayı desteklemek için önem teşkil etmektedir. Bu nedenle verimli sulama sistemleri, ürün rotasyonu ve toprak koruma sistemleri gibi uygulamalar su kullanımını azaltırken toprak sağlığını desteklemekte ve ürün verimini arttırmaktadır. Endüstriyel su kullanımı ise küresel olarak tüm su kullanımının yaklaşık %20'sini oluşturmaktadır (Boretti & Rosa, 2019). Dünya genelinde endüstride sürdürülebilir su yönetimi sağlamak, su tüketimini azaltmak ve su kaynaklarının verimli kullanımını teşvik etmek için suyun yeniden kullanımı, su verimli teknolojiler ve atık su arıtımı gibi önlemlerin alınması teşvik edilmektedir. Sürdürülebilir kalkınma hedeflerinden birçoğunda yer alan su, içme suyu ve sanitasyon da dahil olmak üzere evsel

¹ Doç. Dr., Bayburt Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Yönetim Bilişim Sistemleri Bölümü, dguleryuz@bayburt.edu.tr, ORCID:0000-0003-4198-9997

² Doç. Dr., Bayburt Üniversitesi, İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi, İktisat Bölümü, ozden@bayburt.edu.tr, ORCID:0000-0001-5019-1675

kullanımlar, insan sağlığı ve esenliği için esastır. Evsel alanda sürdürülebilir su yönetimi politikaları, güvenli ve uygun fiyatlı su ve sanitasyon hizmetlerine erişimin teşvik edilmesinin yanı sıra su tasarrufunun teşvik edilmesi ve su israfının azaltılmasını içermektedir (Mugagga & Nabaasa, 2016). Şekil 1’de 2019 yılı için Türkiye ve dünyada tarımsal su tüketiminin toplam su tüketimi içindeki payı gösterilmektedir. Bu değerin dünya ortalaması %71 iken Türkiye için %87,65’tir. Bu durum, Türkiye’de tarımın dünya ortalamasına göre çok daha su yoğun bir sektör olduğunu ve bu nedenle tarımsal su kaynaklarının verimli yönetiminin Türkiye’de sürdürülebilir su kullanımı için kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir. Türkiye ile dünya ortalaması arasındaki tarımsal su tüketim oranındaki farklılıklar, iklim, tarımsal uygulamalar ve teknoloji gibi bir dizi faktöre bağlanabilir.



Şekil 1: Tarımsal su tüketiminin toplam su tüketimi içinde payı - 2019 (Türkiye, Dünya (Worldbank, 2021))

Türkiye’de su tüketimi, nüfus artışı, kentleşme ve ekonomik gelişmeye bağlı olarak 1990’dan bu yana istikrarlı bir şekilde artmaktadır. 1990’ların başında Türkiye’nin su tüketimi yılda 28-30 milyar metreküp civarındayken 2021 yılına gelindiğinde ise yaklaşık 44-46 milyar metreküpe yükselmiştir. Küresel su tüketimi ise 1990’ların başında yaklaşık 3800-4000 milyar metreküp arasındadır. Bu tüketim 1990’dan beri istikrarlı bir şekilde artmaktadır. 2021 yılına kadar rakam yaklaşık 4600-4800 milyar metreküpe yükselmiştir. Bu artış büyük ölçüde nüfus artışı, ekonomik gelişme ve artan tarımsal, endüstriyel ve evsel su taleplerinden kaynaklanmaktadır (Worldbank, 2021).

Genel olarak, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ile doğal çevre korunacak, artan su talebi karşılanabilecek ve sürdürülebilir kalkınma teşvik edilebilecektir. Ayrıca, sürdürülebilir su yönetimi uygulamaları benimsenerek,

herkes için su kaynaklarına eşit erişim sağlanabilecek ve dünyadaki topluluklar ve ekosistemler için sağlam temellere oturan bir gelecek kurulabilecektir. Su kaynaklarının ve kullanımının etkin yönetilmesi, temiz suya erişimi sağlamak, sürdürülebilir tarımı teşvik etmek, halk sağlığını korumak, ekosistemleri korumak ve iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak için çok önemlidir. Su yönetimi uygulamasındaki yetersizlikler, su kıtlığı, gıda güvensizliği, su kaynaklı hastalık salgınları, ekosistem bozulması ve artan iklim değişikliği etkileri gibi bir dizi olumsuz sonuçlar ortaya çıkmasına neden olacaktır (Ahmed vd., 2016).

Dünyada en fazla su tüketen sektör olan tarım, büyük ölçüde su mevcudiyeti ve suyun kalitesine bağlıdır. Verimsiz sulama sistemleri, yeraltı suyunun aşırı çıkarılması ve su kaynaklarının verimsiz kullanımı, mahsul verimini ve kalitesini düşürerek gıda güvensizliğine ve daha yüksek gıda fiyatlarına yol açmaktadır. Sürdürülebilir tarımsal uygulamaları ve etkili su yönetimi stratejileri benimsenerek, su kullanım verimliliği desteklenebilecek, ürün verimlilikleri artırabilecek ve olumsuz çevresel etkiler azaltılabilecektir. Bu durum, sadece tarım sektörüne fayda sağlamakla kalmayacak, aynı zamanda gıda sürdürülebilirliğini de destekleyecektir. İklim değişikliği bağlamında, etkili su yönetimi uygulamaları, iklim değişikliğinin etkilerini azaltmak ve dayanıklılığı artırmak için kritik öneme sahiptir. Ayrıca, etkili su yönetimi uygulamaları, iklim değişikliği nedeniyle daha sık ve şiddetli hale gelen sel ve kuraklık gibi aşırı hava olaylarının etkilerinin hafifletilmesine yardımcı olabilmektedir (Lu vd., 2019). Genel olarak, etkili su yönetimi uygulamaları, iklim değişikliğine karşı direnci artırmak ve olumsuz etkilerini azaltmak için faydalıdır. Politika yapıcılar, sürdürülebilir uygulamaları benimseyerek ekonomik, sosyal ve çevresel sürdürülebilirlik kapsamında dayanıklı topluluklar oluşturması için gerekli yaptırımları planlamalıdır. Karar destek sistemleri, politika yapıcılara iklim değişikliği bağlamında su yönetimi uygulamaları hakkında bilinçli kararlar vermeleri için değerli araçlar sağlayabilir. Hava durumu verileri, su kullanım verileri ve su kalitesi verileri gibi çeşitli kaynaklardan gelen veriler ile geliştirilen bir karar destek sistemi, mevcut su kullanım modelleri, eğilimleri ve potansiyel iyileştirme alanları hakkında öngörü elde edilebilmesini sağlayabilir.

Günümüzde yapay zekâ tabanlı tahmin modelleri günden güne dikkat çekmekte ve birçok sektörde kullanılmaktadır. Yapay zekâ tabanlı tahmin modelleri, daha doğru ve güvenilir tahminler sağlamakta, yeni verilere gerçek zamanlı uyum gösterebilmekte, karmaşık kalıpları tanımlayıp analiz edebilmektedir. Ek olarak, bu modeller klasik istatistiksel modellere kıyasla daha fazla esneklik ve özelleştirmeye sahiptirler (Mugagga & Nabaasa, 2016).

Bu nedenle, iklim değişikliği ve diğer karmaşık problemler karşısında karar vermede de etkin olarak kullanılabilirlerdir. Bu çalışmanın çıkış noktası günümüzün küresel bir problemi olan iklim krizini yine günümüzün gözde teknolojilerinden yapay zekayı kullanarak ele almak ve özellikle su kaynakları yönetimi için karar vermede etkili bir araç olarak kullanılabilir bir model geliştirme fikridir. Bu model, su kaynaklarının verimli bir şekilde kullanımına ve karar vermede daha etkili bir araca sahip olunmasına yardımcı olabilecektir. Politika yapıcılar için su yönetimini destekleyecek bir tahmin modeli geliştirilmesi iklim değişikliğine karşı güçlü bir araç olarak kullanılabilir. Geliştirilen model mevcut su kullanım modellerine ilişkin öngörüler sağlayarak, farklı stratejilerin etkilerini simüle edebilecektir. Bu durum politika yapıcılarının bilgiye dayalı kararlar almasına ve kaynakları verimli bir şekilde tahsis etmesine yardımcı olarak, ekonomik, sosyal, çevresel sürdürülebilirliği teşvik edecektir. Ek olarak model, su tahsisini optimize etmek, farklı politika müdahalelerinin etkisini değerlendirmek ve değişen koşullara yanıt olarak acil durum planları geliştirmek için de yardımcı olacaktır.

Bu çalışmada tarımsal değişkenler kullanılarak Türkiye'nin su yönetimi politikalarına katkıda bulunmak için makine öğrenmesi tabanlı tahmin modelleri geliştirilecektir. Yazarların bilgisine göre, daha önceki çalışmalar incelendiğinde, bu çalışma diğer çalışmalardan seçilen konu temelinde makine öğrenmesi modelleri kullanılarak tarımsal girdi değişkenleri ile su yönetimi için tahmin modeli tasarlayan ilk çalışma olacaktır.

Çalışmada uygulama alanı olarak Türkiye'nin seçilmesinin nedeni iklim değişikliği ve su yönetimi konularında son dönemlerde oluşan ulusal farkındalığa katkı sağlamaktır. Bu nedenle çalışmanın çıktılarında su yönetimi için geliştirilen tahmin modellerinin sonuçlarına göre politika yapıcılarının karar almasına etki edebilecek güçlü ve zayıf özellikler belirlenebilecektir. Türkiye'nin su yönetimi politikaları, coğrafi, iklimsel ve sosyoekonomik koşullara göre farklılaşmaktadır. İklim değişikliği tehdidi altındaki Türkiye su yönetimi politikaları, yaklaşımları ve öncelikleri bakımından tarımsal faaliyet yoğunluğu göz önüne alındığında diğer dünya ülkelerine de yol gösterici sonuçlara sahip olabilecek bir ülke konumundadır. Türkiye sulama altyapısını genişletmeye, su verimliliğini artırmaya ve kuraklığa dayanıklı mahsulleri teşvik etmeye odaklanırken, gelişmiş ülkeler su tasarrufunun, su temin sistemlerindeki sızıntıların azaltılmasının ve suyun yeniden kullanımının iyileştirilmesinin önemini vurgulamaktadır (McNabb, 2019; Yurtkuran, 2021). Bu bağlamda Türkiye sera gazı emisyonlarını azaltmak için su yönetimi politikalarında yenilenebilir enerji kaynaklarının kullanımına öncelik

vermektedir. Ancak bu politikaların başarısı, etkili uygulamaya ve değişen iklim koşullarına uyum sağlamak için sürekli değerlendirmeye bağlıdır (Acaroğlu & Güllü, 2022; Sharifzadeh vd., 2019). Su tüketimi için yapay zekâ tabanlı bir tahmin modelinin geliştirilmesi, iklim değişikliğinin su mevcudiyeti üzerindeki etkisi ve etkili su yönetimi stratejilerine olan ihtiyaç nedeniyle hem dünya hem de Türkiye için önemlidir. Ayrıca Türkiye, iklim değişikliğinin şiddetlendirdiği su kıtlığı ve kuraklık sorunlarıyla mücadele etmektedir ve bu zorlukların üstesinden gelmek için su yönetimi girişimleri başlatmıştır ancak On birinci kalkınma planının birçok maddesinde daha etkili ve verimli stratejilere ülkemizde hala ihtiyaç duyulduğu vurgulanmaktadır (DPT, 2019).

Yapay zekaya dayalı bir tahmin modelinin kullanılması, politika yapıcılara su tüketim kalıpları ve eğilimleri hakkında doğru ve zamanında bilgi sağlayarak kaynak tahsisi, altyapı yatırımı ve talep yönetimi açısından daha etkili kararlar verilmesini sağlayacaktır. Daha önceki çalışmalar incelendiğinde iklim değişikliği ve su tüketimi tahmin modeli çalışmalarının genellikle klasik istatistiksel modeller kullanılarak geliştirildiği görülmüştür. Tarımsal su ve toprak kaynaklarının etkili yönetimi, sınırlı su arzı ve artan talep kısıtlamaları altında çok önemlidir. Bu kaynakların uygun şekilde yönetilememesi, gıda güvenliği ve çevre üzerinde önemli etkisi olabilecek tarımsal su kıtlığına yol açabilecektir. Li vd. (2022) çalışmalarında sınırlı su arzı ve artan talep kısıtlamaları altında tarımsal su ve toprak kaynaklarını (AWLR) yönetmenin zorluğunu göz önüne alarak, Kuzeydoğu Çin'deki Songhua Nehri Havzası'nda AWLR'nin değişen bir ortamda çok boyutlu optimizasyonu için bir model çerçevesi önermişlerdir. Bu çerçeve, su ve toprak kaynaklarının etkileşimlerine dayalı olarak kaynakların kapsamlı tahsisi, uyumsuz hedeflerin birden çok boyutta dengelenmesi ve AWLR'nin doğal ve sosyoekonomik değişimlere yanıt vermesi için alternatif tahsis planları önermesi gibi avantajlar sunmaktadır. Bu modelden üretilen tahsis şemaları, değişen ortamlar için analiz edilmiş ve değerlendirilmiştir. Önerilen model çerçevesinin uygulanabilirliği gerçek verilerle test edilmiş ve doğrulanmıştır. Geliştirilen modelin karar vericilere değişen ortamlarda AWLR için alternatif planlar sunabileceği, tarımsal su kıtlığının hafifletilmesine katkıda bulunabileceği ve tarımsal sürdürülebilir kalkınmayı teşvik edebileceği gösterilmiştir. Fakat bu çalışma belirli bir bölgeye (Kuzeydoğu Çin'deki Songhua Nehri Havzası) odaklanmaktadır ve diğer bölgelere veya bağlamlara genellenemeyebilir. Tarımsal su ve toprak kaynakları yönetiminin karmaşıklığını tam olarak anlamak için farklı bölge ve bağlamlarda daha fazla araştırma yapılması gerekebilir. Ayrıca çalışmada AWLR yönetimi için bir optimizasyon modeli önerirken, bu modelin gerçek yönetim uygulamaları veya

sonuçları üzerinde ne gibi bir etkisinin olduğu açık değildir. Bu modelin gerçek dünya senaryolarındaki etkinliğini değerlendirmek için daha fazla araştırma yapılması değerli olacaktır. Ek olarak önerilen model diğer mevcut modellerle veya yöntemlerle karşılaştırılmamıştır. Diğer yaklaşımlarla bir karşılaştırma, önerilen modelin etkinliğini ve değerini belirlemeye yardımcı olacaktır. Joyce vd. (2011) çalışmalarında Sacramento Nehri havzasında ve San Joaquin Vadisi'nin Delta ihracat bölgesinde iklim değişikliğinin etkilerini ve potansiyel uyum stratejilerini su yönetimi açısından değerlendirmek için bir çalışma yapmışlardır. Değerlendirmeyi gerçekleştirmek için Su Değerlendirme ve Planlama (WEAP) sisteminden yararlanılmıştır. WEAP sistemi, yağış, yüzey akışı ve bitki buharlaşması için iklimsel girdilerin zaman serisini doğrudan kullanarak su kaynaklarını ve taleplerini tahmin edebilen bütünleşmiş bir modelleme çerçevesidir. Bu çalışmada, 12 farklı iklim değişikliği senaryosu için klasik istatistiksel bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Geliştirilen model, mevcut operasyonlar altında iklim değişikliğinin etkilerini değerlendirmenin yanı sıra, değişen iklim şartları altında değişen tarımsal yönetim stratejilerinin hidrolojik sistem üzerindeki etkilerini değerlendirebilmektedir. Fakat model parametreleri eldeki veriye göre tasarlandığından başka bir alan için modelin kullanılması uyumsuz olabilecektir. Bu nedenle çalışma farklı bölgelerde iklim değişikliğinin su yönetimi üzerindeki etkilerini tamamen azaltmak için yeterli olmayabilecektir. Ek olarak, su tasarrufu ve altyapı iyileştirmeleri gibi diğer uyum stratejileri de iklim değişikliğinin su yönetimi üzerindeki etkilerini ele almada önemli olabileceğinden, çalışmanın değişen tarımsal yönetim stratejilerinin etkilerini değerlendirmeye odaklanması yönü zayıf kalmıştır. Ülkeler için su değerlendirme ve planlama sistemi, su kaynaklarını ve taleplerini tahmin edebilen bir modelleme çerçevesi olması ve değişen tarımsal yönetim stratejilerinin ve iklim değişikliğinin su yönetimi üzerindeki etkilerini değerlendirmede faydalı olması nedeniyle önemlidir. Chartzoulakis ve Bertaki (2015) sulama suyunun sürdürülebilir kullanımı kurak alanlarda tarım için bir önceliği olduğu varsamıyla yola çıktığı çalışmalarında kısıtlı koşullarında ve iklim değişikliğinde, daha iyi bir kaynak yönetim politikasıyla daha az su ile efektif bir su değerlendirme ve planlama sistemi, su kaynaklarını ve taleplerini tahmin edebilen entegre bir modelleme çerçevesi olması ve değişen tarımsal yönetim stratejilerinin ve iklim değişikliğinin su yönetimi üzerindeki etkilerini değerlendirmede faydalı olması nedeniyle önemlidir. Fazla tarımsal verimliliğin elde edilebileceği iddiasına dayalı olarak, su verimliliğini artırmayı amaçlayan politikaların uygulamaya konması için öneride bulunmuşlardır. Çalışmaya göre daha iyi kaynak yönetimi genellikle su tahsisinin ve/veya sulama suyu verimliliğinin iyileştirilmesi anlamına

gelmektedir. İlki yeterli fiyatlandırma ile yakından ilgiliyken, ikincisi sulama teknolojisinin türüne, çevre koşullarına ve su uygulamasının zamanlamasına bağlıdır. Çalışmada Güney Avrupa için uygulanan politikalar değerlendirilmiş fakat bu politikaların çıktıları yöntem açısından karşılaştırılmamıştır. Çalışmanın sonucunda tarımda sürdürülebilir su yönetiminin, sulama uygulamasında, toprak ve bitki uygulamalarında, su fiyatlandırmasında, arıtılmış atık suyun yeniden kullanımında, çiftçilerin su yönetimine katılımında ve kapasite geliştirmede iyileştirmelerin benimsenmesiyle sağlanabileceği vurgulanmıştır. Mahsul ekim yapısının, iklimin ve üretim faktörü girdilerinin mekansal-zamansal evrim özelliklerinin analizi, sulama için su talebindeki değişiklikleri anlamak, artan su tüketimine katkıda bulunan baskın faktörleri belirlemek ve etkili su kaynakları yönetimi stratejileri geliştirmek için vazgeçilemeyecek bir yapıdır. (Tang vd., 2021) çalışmalarında Çin'in Heilongjiang Eyaletinde 2000'den 2015'e kadar ekin dikim yapısının, iklimin ve üretim faktörü girdilerinin mekansal-zamansal evrim özelliklerini analiz ederek, bölgesel tarımsal su kullanımını ve sera gazını emisyonunu (GHG) değerlendirmişlerdir. Çalışmanın kapsamı, bitki yapısı, iklim ve üretim faktörü girdilerindeki değişikliklerin bölgesel tarımsal su kullanımı ve sera gazı emisyonları üzerindeki etkisini içermektedir. Çalışmada kullanılan yöntemler, bölgesel tarımsal su kullanımı ve sera gazı emisyonu özelliklerini ölçmek için Penman-Monteith formülünü ve Denitrifikasyon-Ayrıştırma (DNDC) modelini içermektedir. Çalışma ayrıca mahsul dikim yapısı, iklim ve üretim faktörü girdilerinin mekansal-zamansal evrim özelliklerini analiz etmek için istatistiksel analiz ve simülasyon modellemesi kullanılmıştır. Çalışma incelendiğinde istatistiksel analiz ve simülasyon, iklim değişikliğinin su yönetimi ve tarım üzerindeki etkilerini incelemek için değerli tahminler sağlayabilecektir. Ancak, bu modeller gerçek dünya sistemlerinin karmaşıklığını ve belirsizliğini tam olarak temsil etmeyecek olan modellerde kullanılan varsayımlar ve veri girdileri ile sınırlıdır. Bu sınırlamaları ele almak için, saha deneyleri ve paydaşları içeren katılımcı yaklaşımlar gibi ek yöntemler, istatistiksel analiz ve simülasyon modellemesinin sonuçlarını tamamlamak ve doğrulamak için kullanılabilir. Bu yöntemler, su yönetimini ve tarımı etkileyen sosyal, ekonomik ve kültürel faktörler hakkında daha ayrıntılı ve incelikli bilgiler sağlayabilir. Zhang vd. (2022) çalışmalarında kurak bölgelerde tarımsal su tüketiminin itici güçlerini ve evrimsel özelliklerini analiz etmişlerdir. Çalışma 1990-2020 dönemini kapsamakta ve kurak bölgelerde tarımsal su tüketimini nedenlerine odaklanmış ve Baicheng için uygulama yapılmıştır. Çalışmada Penman-Monteith modeli ve duyarlılık analizi, meteorolojik faktörlerin tarımsal su tüketiminin

üzerindeki etkisini değerlendirmek için kullanılmıştır. Arazi tipindeki değişikliklerin su tüketimi üzerindeki etkisini belirlemek için arazi kullanımı verileri de analiz edilmiştir. Çalışmada kullanılan Penman-Monteith modeli ve duyarlılık analizi, tarımsal su tüketimini analiz etmek için etkili yöntemlerdir. Ancak, özellikle su kaynaklarının kıt ve değişikliklere açık olduğu kurak bölgelerde, iklim, arazi kullanımı ve su kaynakları arasındaki karmaşık etkileşimleri yakalamada modeller sınırlı cevap vermektedirler. Ek olarak, çalışma, analiz sonuçlarını daha fazla etkileyebilecek sosyoekonomik faktörlerin tarımsal su tüketimi üzerindeki etkisini dikkate almamıştır. Bu kısıtları ortadan kaldırmak için, gelecekteki çalışmalarda, doğal ve insan sistemleri arasındaki dinamik etkileşimleri yakalayabilen ve çeşitli sosyoekonomik ve politik faktörleri birleştirebilen, bütünlük hidrolojik-ekonomik modeller gibi bütünlük modelleme yaklaşımlarını kullanmayı düşünülebilir. Bu modeller, tarımsal su tüketiminin daha kapsamlı ve doğru bir şekilde anlaşılmasını sağlayabilir ve kurak bölgelerde sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için karar vermeyi destekleyebilir.

Su tüketimi ve talebine ilişkin tahmin modelinin geliştirildiği daha önceki çalışmalar incelendiğinde, Yapay Sinir Ağları (YSA), Bütünlük Otoregresif Hareketli Ortalama (ARIMA), Destek Vektör Makinaları (SVM), yöntemlerinin sıklıkla kullanıldığı görülmektedir.

Zubaidi, Ortega-Martorell, Kot, vd. (2020) Güney Afrika'nın Gauteng Eyaletinin 2007-2016 yılları arasındaki aylık su tüketimi verilerini geri izleme arama algoritması ile optimize edilmiş yapay sinir ağı kullanarak aylık su talebini tahmin etmek için yeni bir model geliştirmişlerdir. Çalışma sonucunda su talebi yüksek doğrulukla tahmin edilebilmiştir.

Zubaidi, Abdulkareem, vd. (2020) çalışmalarında kısa vadeli su talebini tahmin etmek için YSA ve Uzun Kısa Süreli Bellek (LSTM) modelinin etkinliklerini değerlendirmişlerdir. Çalışmada, 2009-2017 yılları arasında aylık su talebi verilerine dayanarak Nijerya'nın Yobe Eyaleti için tahmin modeli geliştirilmiştir. Sonuç olarak, LSTM modelinin su talebini tahmin etmek için YSA modelinden daha verimli olduğu gösterilmiştir.

Kartal ve Arslan (2021) ARIMA, karar ağaçları ve yapay sinir ağları yöntemlerini sulama performansı göstergelerini tahmin etmek için karşılaştırmışlardır. Çalışmada, yapay sinir ağlarının doğruluk açısından diğer yöntemlerden daha iyi performans gösterdiği görülmüştür. Sonuçlar, makine öğrenmesi tekniklerinin kullanılmasının, tarımda su yönetiminin iyileştirilmesine yardımcı olabilecek sulama performansı göstergelerinin daha doğru tahmin edilebileceği gösterilmiştir.

Rijun ve Huifang (2010) Çin'in Poyang Gölü bölgesindeki su talebini tahmin etmek için Destek Vektör Makinesi (SVM) yöntemini kullanarak, model parametrelerinin ve çekirdek fonksiyonlarının hata üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Lei (2011), SVM parametrelerini genetik algoritmalar ile optimize ederek şehirlerde saatlik su tüketimi tahmini için bir yöntem önermiştir. Yöntem klasik SVM'ye kıyasla daha yüksek tahmin doğruluğu elde etmiştir. Benzer şekilde, Ji vd. (2014), Çin'de kentsel su talebini tahmin etmek için SVM modelini kullanmışlardır. Candelieri vd. (2019) doğru kısa vadeli su talebi tahmini için Destek Vektör Regresyonunun hiperparametrelerini optimize etmek için optimizasyon modeli önermişlerdir. Zubaidi vd. (2020) çalışmalarında önceki tüketime dayalı olarak aylık su talebini tahmin etmek için Geri İzleme Arama Algoritması ile optimize edilmiş Yapay Sinir Ağı (BSA-ANN) geliştiren bir metodoloji önermişlerdir. Geliştirilen metodoloji, Güney Afrika'nın Gauteng Eyaleti için 2007'den 2016'ya kadar aylık su tüketimi verileri kullanılarak test edilmiş ve geliştirilen yöntemin iklim değişikliği ve nüfus artışından etkilenen şehirlerde su talebini doğru bir şekilde tahmin etmek için kullanılabilirliği görülmüştür.

Bu çalışmada Türkiye'nin tarımsal verileri kullanılarak su tüketimi tahmini için makine öğrenmesi tabanlı bir tahmin modeli geliştirilecektir.

Metodoloji

İklim değişikliği için su yönetimi konusunda karar vericilere rehberlik edecek tahmin modelleri geliştirmek için kullanılacak birçok yöntem bulunmaktadır. Geçmişte tahmin modelleri oluşturmak için genellikle istatistiksel yöntemler kullanılırken günümüzde makine öğrenmesi temelli modeller dikkat çekmektedir. Makine öğrenmesi ile klasik istatistiksel tahmin modelleri arasında bazı önemli farklar vardır:

- Makine öğrenmesi modelleri, verilerden öğrenen ve zaman içinde performanslarını artıran algoritmalara dayanır. Aksine, klasik istatistiksel tahmin modelleri, gelecekteki sonuçları tahmin etmek için geçmiş verileri kullanan matematiksel modellere dayanmaktadır.
- Makine öğrenmesi modelleri, klasik istatistiksel modellere göre daha geniş bir yelpazedeki veri türlerini ve biçimlerini işleyebilir. Ayrıca, değişen veri kalıplarına daha fazla uyum sağlayabilir ve değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkileri yönetebilirler.
- Makine öğrenmesi modelleri, özellikle karmaşık veri kümeleriyle veya değişkenler arasındaki doğrusal olmayan ilişkilerle uğraşırken, doğruluk açısından klasik istatistiksel modellerden daha iyi performans gösterme potansiyeline sahiptirler.

- Klasik istatistiksel modeller genellikle makine öğrenmesi modellerinden daha kolay yorumlanabilirler. Bunun nedeni, genellikle ayarlanacak daha az parametreye sahip olmalarıdır.
- Makine öğrenmesi modellerini, etkili bir şekilde eğitmek için genellikle klasik istatistiksel modellerden daha büyük miktarda veri gerekmektedir. Bununla birlikte, klasik istatistiksel modeller kullanılarak görülemeyebilecek verilerdeki kalıpları ve ilişkileri daha kolay tanımlayabilirler. Genel olarak hem makine öğrenmesi hem de klasik istatistiksel modellerin güçlü ve zayıf yönleri bulunmaktadır. Aralarındaki seçim, ele alınan probleme, mevcut verilere ve istenen doğruluk ve yorumlanabilirlik düzeyine bağlıdır.

Algoritma seçimi, verilerin doğasına ve ele alınan probleme bağlıdır. Her algoritmanın kendi güçlü ve zayıf yönleri vardır ve veri özelliklerine bağlı olarak farklı performans göstermektedirler. Bu nedenle, eldeki problem için en uygun modeli belirlemek için farklı algoritmaların belirli veri seti üzerindeki performansını dikkatlice değerlendirmek ve karşılaştırmak önemlidir.

Veri Kaynakları ve Seçimi

Bu çalışmada Türkiye için tarım arazisi alanı (km²), tarımsal hammadde ihracatı (mal ihracatının yüzdesi), metan emisyonları (kt CO₂ eşdeğeri), tarımda istihdam (toplam istihdamın yüzdesi), tarımdan kaynaklanan sera gazı emisyonları (CO₂ eşdeğeri-Milyon ton), gibi değişkenler girdi değişkeni olarak kullanılmış ve Türkiye için toplam su tüketimini (Toplam, Milyon m³) tahmin etmek için bir tahmin modeli geliştirilmiştir. Türkiye için 1990-2018 yıllarını kapsayan veri setini oluşturmada kullanılan kaynaklar, değişkenlerin birimleri ve değişken kısaltmaları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1: Değişkenlerin kısaltmaları, birimleri ve kaynakları

Değişken Adı	Kısaltma	Birim	Kaynak
Tarım arazisi alanı	TA	Km ²	(Worldbank, 2021)
Tarımsal hammadde ihracatı	THİ	Mal İhracatı (%)	(Worldbank, 2021)
Metan emisyonları	ME	Kt CO ₂ Eşdeğeri	(Worldbank, 2021)
Tarımda istihdam	TAİ	Toplam İstihdam (%)	(Worldbank, 2021)
Tarımdan kaynaklanan sera gazı emisyonları	TSG	CO ₂ Eşdeğeri - Milyon Ton	(Worldbank, 2021)
Toplam su tüketimi	TST	Toplam, Milyon m ³	(OECD, 2021)

Veri setinin yapılarını istatistiksel olarak görmek için değişkenlere ait tanımlayıcı istatistik ölçüleri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2: Betimleyici istatistikler

	TA	THİ	ME	TAİ	TSG	TST
Ortalama	394814,80	0,83	41219,20	28,92	47,19	44983,70
Std. Sapma	10614,65	0,59	3742,96	8,39	7,52	8360,36
Minimum	378020,00	0,39	36950,00	19,20	37,61	28073,00
Maksimum	412230,00	3,04	47580,00	43,39	65,34	61093,58
Baskınlık	-1,18	6,42	-1,57	-1,34	0,16	-0,24
Çarpıklık	0,25	2,28	0,30	0,57	1,13	0,27

Destek Vektör Regresyonu (SVR)

Destek Vektörü Regresyonu denetimli öğrenmenin bir türü olan regresyon analizi için kullanılan bir makine öğrenmesi algoritmasıdır. SVR, sınıflandırma görevleri için popüler bir algoritma olan Destek Vektör Makinelerinin (SVM) bir çeşididir. SVR'nin birincil amacı, girdi verilerini çıktı değişkenini tahmin eden sürekli bir fonksiyona eşlemektir (Candelieri vd., 2019). Algoritma çıktı değişkenine en yakın olan girdi verilerinin yüksek boyutlu özellik uzayında bir hiperdüzlem tanımlayarak çalışmaktadır. Bu hiperdüzlem, regresyon çizgisi veya karar sınırı olarak adlandırılır ve hiperdüzleme en yakın veri noktaları olan destek vektörleri tarafından tanımlanır. Destek vektörleri ile regresyon çizgisi arasındaki mesafe marj olarak adlandırılır ve SVR'nin amacı, hataların belirli bir tolerans dahilinde olmasını sağlarken bu marjı en üst düzeye çıkarmaktır. SVR'nin en önemli avantajlarından biri, girdi ve çıktı değişkenleri arasındaki yüksek boyutlu verileri ve doğrusal olmayan ilişkileri işleyebilme yeteneğidir. Ayrıca hem sürekli hem de kategorik değişkenleri işleyebilmektedir. Bu özellik algoritmayı çok çeşitli uygulamalar için çok yönlü bir algoritma haline getirmektedir (Huang vd., 2020). SVR'nin performansını optimize etmek için çekirdek işlevi, düzenleme parametresi ve çekirdek katsayısı dahil olmak üzere birkaç ayar parametresi bulunmaktadır. Bu parametrelerin optimize edilmesi daha yüksek doğrulukta tahmin performansı sağlamaktadır (Kouziokas, 2020). SVR çekirdek işlevleri, girdi ve çıktı değişkenleri arasında doğrusal bir ilişki bulmak ve girdi verilerini daha yüksek boyutlu alanlara dönüştürmek için kullanılmaktadır. En sık kullanılan çekirdek fonksiyonları doğrusal, polinom, radyal tabanlı fonksiyon ve sigmoid fonksiyonlardır. Lineer çekirdek fonksiyonu, lineer problemler için kullanılırken polinom çekirdek fonksiyonları girdi ve çıktı değişkenleri arasında lineer olmayan ilişkileri içeren problemler için elverişlidirler (Candan ve Şahin, 2023; Akın ve Koç, 2021). Polinom çekirdek fonksiyonları, verilerin doğrusal olarak ayrılmadığı doğrusal olmayan regresyon problemlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

İkili sınıflandırma problemlerinde ise sigmoid çekirdek fonksiyonu kullanılmaktadır. Çekirdek işlevinin seçimi, veri özelliklerine ve çözülmekte olan problemin yapısına bağlıdır (Ayat vd., 2005).

Gauss Süreç Regresyonu (GPR)

Gauss süreci regresyon analizi için kullanılabilen olasılıksal bir makine öğrenmesi algoritmasıdır. Girdi-çıkı ilişkisini bir Gauss süreci olarak modelleyen parametrik olmayan bir yaklaşımdır. Diğer regresyon yöntemlerinden farklı olarak, GPR yalnızca tahminler yapmakla kalmaz, aynı zamanda bu tahminlerle ilişkili belirsizliğin bir ölçüsünü de sağlar. Bu yöntem verilerin gürültülü veya sınırlı olduğu durumlarda daha kullanışlıdır (Schulz vd., 2018). GPR, değişkenler arasındaki temel ilişkiyi öğrenmek için girdi-çıkı çiftlerinden oluşan bir eğitim seti kullanarak çalışmaktadır. Verileri farklı noktalardan birbiriyle ne kadar yakından ilişkili olduğunu belirleyen bir çekirdek fonksiyonu kullanarak modellemektedir (Guleryuz, 2021).

Çekirdek fonksiyonunun seçimi GPR'nin performansı üzerinde önemli bir etkiye sahiptir ve farklı fonksiyonlar, farklı veri türleri için daha uygun olabilmektedir. Genel olarak GPR, finanstan çevre bilimene kadar çeşitli uygulamalarda kullanılabilen, regresyon analizi için esnek ve güçlü bir araçtır. Birçok çalışmada, diğer regresyon yöntemlerinden daha iyi performans gösterdiği görülmektedir (Ozden ve Guleryuz, 2022).

Performans Değerlendirme Kriterleri

Performans değerlendirme kriterlerini kullanmak, yapay zeka tabanlı farklı modellerin karşılaştırılmasında önem arz etmektedir. Bu kriterler, modelin tahmin yeteneğini nesnel bir şekilde değerlendirmeye yardımcı olmaktadır. Model doğruluğunun değerlendirilmesi için ortalama karekök hata (RMSE), belirlilik katsayısı (R^2) ve ortalama mutlak hata (MAE) gibi temel ölçümler kullanılmıştır. Bu ölçümlerin karşılaştırmalı analizinin yapılması, anlamlı yorumlar için zorunlu bir adımdır (Akın ve Koc, 2022). Matematiksel ifadeler aracılığıyla tanımlanan performans kriterleri, Denklem (1) ile (3) arasında yer almaktadır. Bu denklemler kullanılarak modelin tahmin doğruluğu ve etkinliği nicel ölçümlerle değerlendirilebilecektir.

$$MAE = \frac{1}{n} \sum_{t=1}^n |TST_i^{gözlem} - TST_i^{tahmin}| \quad (1)$$

$$RMSE = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{t=1}^n (TST_i^{gözlem} - TST_i^{tahmin})^2} \quad (2)$$

$$R^2 = \left(\frac{\sum_{i=1}^n (TST_i^{gözlem} - \overline{TST_i^{gözlem}}) (TST_i^{tahmin} - \overline{TST_i^{tahmin}})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (TST_i^{gözlem} - \overline{TST_i^{gözlem}})^2 (TST_i^{tahmin} - \overline{TST_i^{tahmin}})^2}} \right)^2 \quad (3)$$

Verilen bilgiler bağlamında, 'n' toplam gözlemlerin sayısını temsil etmektedir. $TST_i^{gözlem}$ bir değişkenin belirli bir 'i' zaman noktasındaki gerçek veya gözlemlenen değerini TST olarak ifade ederken, TST_i^{tahmin} , aynı değişkenin aynı 'i' zaman noktasındaki beklenen veya tahmini değerini temsil etmektedir. Bu çalışmada toplam su tüketimi için geliştirilen modellerin doğruluğu karşılaştırılırken denklem (1) ile (3) arasında yer alan tüm performans ölçütleri hesaplanmış ve karşılaştırmalı sonuçlara göre test aşamasında en yüksek doğruluğu sergileyen model tespit edilmiştir. Bu model karar vericilere su tüketimi tahmini için kullanılmak üzere bir karar destek sistemi olarak önerilmiştir.

Analiz Sonuçları

Su tüketimini tahmin etmek için geliştirilen çeşitli modeller, performans metrikleriyle birlikte tabloda sunulmaktadır. Çalışmada kullanılan veri seti %70-%30 oranlarında sırasıyla eğitim ve test veri setleri olarak kullanılmıştır. Aynı zamanda çalışmada 5 kat çapraz doğrulama işlemi yapılmıştır. Hem eğitim hem de test aşamalarından elde edilen sonuçlar, bu modellerin su tüketimini tahmin etmedeki etkinliğini değerlendirmek için karşılaştırılmıştır. Su tüketimini tahmin etmede en yüksek doğruluğu sergileyen model test aşaması için belirlenmiştir. Test aşaması, bir modelin eğitim aşamasından öğrenilen bilgileri gerçek dünya verilerine ne kadar iyi genelleştirdiğini değerlendirmek için uygulanan bir adımdır. Test verileri genellikle eğitim verilerinden farklı olduğundan, modelin yeni ve görünmeyen bilgileri ne kadar etkili bir şekilde işleyebileceğine dair önemli bir değerlendirme sağlamaktadır. Bu aşama, modelin tahmin yeteneklerinin objektif olarak değerlendirilmesinde ve pratik uygulamalar için en güvenilir modelin seçilmesinde etkilidir.

Su tüketimi tahmini için geliştirilen SVR ve GPR modellerinde bu değerler, Tablo 3'te ayrıntılı olarak verilmiştir.

Tablo 3: GPR ve SVR Modelleri için Performans Değerleri

Aşamalar	Model Adı	RMSE	R ²	MAE
Eğitim Aşaması	GPR	2599,5	0,91	2240
	SVR	3179,1	0,87	2609,2
Test Aşaması	GPR	4953,4	0,68	3736,5
	SVR	2787,7	0,90	2508,6

Bu çalışmada, geliştirilen GPR modeli üstel çekirdek fonksiyonu kullanılarak tasarlanmıştır. SVR modeli iste doğrusal çekirdek fonksiyonuna sahiptir. Tabloda görüldüğü gibi GPR modeli eğitim aşamasında maksimum R² değerine sahip olmasına rağmen, test aşamasında daha düşük doğrulukta tahmin sonuçları üretmiştir. Test aşamasında SVR modelinin tahmin yeteneği GPR modelinden daha üstündür. Bu nedenle çalışmanın sonucuna göre Türkiye'nin su tüketim miktarı tahmini için SVR modeli kullanmak daha etkin tahmin sonuçları elde edilmesini sağlayacaktır.

Sonuç Ve Değerlendirme

İklim krizi, yağış düzenlerinde değişikliklere, artan sıcaklıklara ve daha sık aşırı hava olaylarına yol açtığı için su yönetimine önemli zorluklar getirmektedir. Bu değişiklikler, su kaynaklarının mevcudiyetini ve kalitesini etkileyerek tarım, sanayi ve ev gibi çeşitli sektörlerde artan su talebini karşılamayı zorlaştırmaktadır. Bu nedenle, iklim krizinin su yönetimi üzerindeki etkilerinin ele alınması, su kaynaklarının sürdürülebilir ve etkin kullanımının sağlanması açısından büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışma Türkiye'de iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve sürdürülebilir su yönetimi politikalarına katkıda bulunmak için makine öğrenmesi tahmin modelleri geliştirmeyi amaçlamıştır. İklim krizi altında su yönetimi için geliştirilen tahmin modelleri, politika yapımcıların karar almalarını etkileyebilecek süreçlerin güçlü ve zayıf yönleri belirleyecektir. Gelecekteki su talebini doğru bir şekilde tahmin etmek ve su kaynaklarını etkin tahsis etmek için tarımsal girdi değişkenleri kullanılarak tahmin modelleri geliştirilmiştir. Modeller Destek Vektör Regresyonu ve Gauss Süreç Regresyonu gibi makine öğrenmesi algoritmalarına dayanmaktadır.

Gelecekteki su talebini doğru bir şekilde tahmin etmek ve su kaynaklarını etkin bir şekilde tahsis etmek için geliştirilen modellerin Türkiye için tahmin yetenekleri kıyaslanmıştır. Ülkenin veri yapısına uygun en iyi sonucu veren model belirlenmiştir. Sonuçlar, iklim değişikliğiyle mücadele etmek ve artan su kıtlığının getirdiği zorlukları ele almak için uygulanabilecek etkili su yönetimi politikalarına ilişkin öngörü sağlamak için kullanılabilir. Genel olarak, yapılan çalışma, makine öğrenmesi tabanlı tahmin modellerini

kullanarak sürdürülebilir su yönetimi politikalarına katkıda bulunmayı amaçlamıştır. Çalışmanın sonuçları analiz edildiğinde, geliştirilen SVR modelinin daha iyi tahmin yeteneğine sahip olduğu görülmüştür. Dolayısıyla su tüketim miktarı tahmin modeli karar vericilere, Türkiye için karar destek sistemi oluşturarak yol gösterici olma özelliğine sahiptir. Gelecek çalışmalarda, bu çalışmada geliştirilen tahmin modelleri temel alınarak yöntemlerin tahmin yeteneğini arttırmak için optimizasyon metotlarından veya hibrit modellerden faydalanılabilir.

Referanslar

- Acaroğlu, H., & Güllü, M. (2022). Climate change caused by renewable and non-renewable energy consumption and economic growth: A time series ARDL analysis for Turkey. *Renewable Energy*, *193*, 434-447.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2022.04.138>
- Ahmed, T., Scholz, M., Al-Faraj, F., & Niaz, W. (2016). Water-Related Impacts of Climate Change on Agriculture and Subsequently on Public Health: A Review for Generalists with Particular Reference to Pakistan. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, *13*(11).
<https://doi.org/10.3390/ijerph13111051>
- Akın, Pelin, and Tuba Koc. 2022. "Estimation of High School Entrance Examination Success Rates Using Machine Learning and Beta Regression Models." *Journal of Intelligent Systems: Theory and Applications* *5*(1):9–15. doi: 10.38016/jista.922663.
- Akın, Pelin, and Tuba Koc. 2021. "Comparison of Kernel Functions in Geographically Weighted Regression Model: Suicide Data as an Application." *Acta Infologica* *5*(2):333–40. doi: 10.26650/acin.914952.
- Ayat, N. E., Cheriet, M., & Suen, C. Y. (2005). Automatic model selection for the optimization of SVM kernels. *Pattern Recognition*, *38*(10), 1733-1745.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.patcog.2005.03.011>
- Boretti, A., & Rosa, L. (2019). Reassessing the projections of the World Water Development Report. *npj Clean Water*, *2*(1), 15.
<https://doi.org/10.1038/s41545-019-0039-9>
- Candan, Hasibe, and Hasan Şahin. 2023. "Breast Cancer Prediction with Artificial Intelligence Based Clinical Decision Support System." *Electronic Letters on Science and Engineering* *19*(1):29–35.
- Candelieri, A., Giordani, I., Archetti, F., Barkalov, K., Meyerov, I., Polovinkin, A., Sysoyev, A., & Zolotykh, N. (2019). Tuning hyperparameters of a SVM-based water demand forecasting system through parallel global optimization. *Computers & Operations Research*, *106*, 202-209.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.cor.2018.01.013>
- Chartzoulakis, K., & Bertaki, M. (2015). Sustainable Water Management in Agriculture under Climate Change. *Agriculture*

- and *Agricultural Science Procedia*, 4, 88-98.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.aaspro.2015.03.011>
- DPT. (2019). *On Birinci Kalkınma Planı: 2019-2023*.
<http://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2019/07/On-Birinci-Kalkinma-Plani.pdf>
- Guleryuz, D. (2021). Predicting Health Spending in Turkey Using the the GPR, SVR, and DT Models. *Acta Infologica*, 5, 155-166.
<https://doi.org/10.26650/acin.882660>
- Huang, X., Zhang, C.-Z., & Yuan, J. (2020). Predicting Extreme Financial Risks on Imbalanced Dataset: A Combined Kernel FCM and Kernel SMOTE Based SVM Classifier. *Computational Economics*, 56(1), 187-216. <https://doi.org/10.1007/s10614-020-09975-3>
- Ji, G., Wang, J., Ge, Y., & Liu, H. (2014). Urban water demand forecasting by LS-SVM with tuning based on elitist teaching-learning-based optimization. *The 26th Chinese Control and Decision Conference*, 3997-4002.
- Joyce, B. A., Mehta, V. K., Purkey, D. R., Dale, L. L., & Hanemann, M. (2011). Modifying agricultural water management to adapt to climate change in California's central valley. *Climatic Change*, 109(1), 299-316. <https://doi.org/10.1007/s10584-011-0335-y>
- Kartal, S., & Arslan Fırat. (2021). Comparison of methods used in predicting irrigation performance indicators. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 45(5).
- Kouziokas, G. N. (2020). A new W-SVM kernel combining PSO-neural network transformed vector and Bayesian optimized SVM in GDP forecasting. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 92(December 2019), 103650.
<https://doi.org/10.1016/j.engappai.2020.103650>
- Lei, C. (2011). Genetic least squares support vector machine approach to hourly water consumption prediction. *Journal of Zhejiang University (Engineering Science)*, 6(22).
- Li, M., Cao, X., Liu, D., Fu, Q., Li, T., & Shang, R. (2022). Sustainable management of agricultural water and land resources under changing climate and socio-economic conditions: A multi-dimensional optimization approach. *Agricultural Water Management*, 259, 107235.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agwat.2021.107235>

- Lu, S., Bai, X., Li, W., & Wang, N. (2019). Impacts of climate change on water resources and grain production. *Technological Forecasting and Social Change*, *143*, 76-84.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.techfore.2019.01.015>
- McNabb, D. E. (2019). Agriculture and Inefficient Water Use. İçinde D. E. McNabb (Ed.), *Global Pathways to Water Sustainability* (ss. 99-115). Springer International Publishing.
https://doi.org/10.1007/978-3-030-04085-7_7
- Mugagga, F., & Nabaasa, B. B. (2016). The centrality of water resources to the realization of Sustainable Development Goals (SDG). A review of potentials and constraints on the African continent. *International Soil and Water Conservation Research*, *4*(3), 215-223.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2016.05.004>
- OECD. (2021). *OECD Data Bank*, <https://data.oecd.org/water/water-withdrawals.htm>
- Ozden, E., Guleryuz, D. Optimized Machine Learning Algorithms for Investigating the Relationship Between Economic Development and Human Capital. *Comput Econ* *60*, 347–373 (2022).
<https://doi.org/10.1007/s10614-021-10194-7>
- Ren, P., Huang, F., & Li, B. (2022). Spatiotemporal patterns of water consumption and irrigation requirements of wheat-maize in the Huang-Huai-Hai Plain, China and options of their reduction. *Agricultural Water Management*, *263*, 107468.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agwat.2022.107468>
- Rijun, Z. , & Huifang, D. (2010). Water demand forecast model of Poyang Lake area based on support vector machine. *Water Resources and Power*, *4*(9).
- Schulz, E., Speekenbrink, M., & Krause, A. (2018). A tutorial on Gaussian process regression: Modelling, exploring, and exploiting functions. *Journal of Mathematical Psychology*, *85*, 1-16. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.jmp.2018.03.001>
- Sharifzadeh, M., Hien, R. K. T., & Shah, N. (2019). China’s roadmap to low-carbon electricity and water: Disentangling greenhouse gas (GHG) emissions from electricity-water nexus via renewable wind and solar power generation, and carbon capture and storage. *Applied Energy*, *235*, 31-42.
<https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.apenergy.2018.10.087>

- Tang, Y. H., Luan, X. B., Sun, J. X., Zhao, J. F., Yin, Y. L., Wang, Y. B., & Sun, S. K. (2021). Impact assessment of climate change and human activities on GHG emissions and agricultural water use. *Agricultural and Forest Meteorology*, 296, 108218. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.agrformet.2020.108218>
- Worldbank. (2021). *World Bank Open Data*. <https://data.worldbank.org/>
- Yurtkuran, S. (2021). The effect of agriculture, renewable energy production, and globalization on CO2 emissions in Turkey: A bootstrap ARDL approach. *Renewable Energy*, 171, 1236-1245. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.renene.2021.03.009>
- Zhang, Q., Yue, C., Li, Y., & Hu, X. (2022). Effects of Climate and Land Use Change on Agricultural Water Consumption in Baicheng County. *Sustainability*, 14(21). <https://doi.org/10.3390/su142113746>
- Zubaidi, S. L., Abdulkareem, I. H., Hashim, K. S., Al-Bugharbee, H., Ridha, H. M., Gharghan, S. K., Al-Qaim, F. F., Muradov, M., Kot, P., & Al-Khaddar, R. (2020). Hybridised Artificial Neural Network Model with Slime Mould Algorithm: A Novel Methodology for Prediction of Urban Stochastic Water Demand. *Water*, 12(10). <https://doi.org/10.3390/w12102692>
- Zubaidi, S. L., Ortega-Martorell, S., Al-Bugharbee, H., Olier, I., Hashim, K. S., Gharghan, S. K., Kot, P., & Al-Khaddar, R. (2020). Urban Water Demand Prediction for a City That Suffers from Climate Change and Population Growth: Gauteng Province Case Study. *Water*, 12(7). <https://doi.org/10.3390/w12071885>
- Zubaidi, S. L., Ortega-Martorell, S., Kot, P., Alkhaddar, R. M., Abdellatif, M., Gharghan, S. K., Ahmed, M. S., & Hashim, K. (2020). A Method for Predicting Long-Term Municipal Water Demands Under Climate Change. *Water Resources Management*, 34(3), 1265-1279. <https://doi.org/10.1007/s11269-020-02500-z>

Bölüm 8

Toprakların Oluşumu Ve Genetik Oranlarının İlişkisi

Duygu BOYRAZ ERDEM¹

Özet

Toprak oluşumu, anamateryal, topoğrafya, iklim, canlıların etkisiyle uzun bir zaman dilimi içinde fiziksel parçalanma ile kimyasal ve biyolojik ayrışma olaylarının (tecezzi) etkisiyle reaksiyon gösterir. Tecezzi koşulları yerinde ana kayanın üzerinde yerli toprağı oluşturabildiğı gibi çeşitli şekilde taşınmış anamateryal üzerinde taşınmış toprağı da oluşturabilmektedir. Çeşitlilik gösteren toprak horizonlaşma süreçlerinin etkisiyle birbirinden ayrıcalıklı özelliklere sahip topraklar oluşmaktadır. Toprakların oluşumundaki etkiyi, anamateryal ve üzerindeki toprağın ilişkisini, geçirdiğı olayları genetiksel oranlarla içerdikleri elementlerin yıkanması, taşınması, birikmesi gibi durumlarla değerlendirilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Total analiz, genetik oranlar, toprak oluşumu,

Giriş

Pedoloji; doğada çeşitli kayalar veya tortullar üzerinde oluşan toprak bireyleri ile ilgilenen toprak biliminin bir koludur ve toprak genesisi (toprakların kökenleri, oluşları ve dağılışını yöneten doğal yasalar), morfolojisi, toprak etütleri ile yorumlarının yanında toprak sınıflandırmasını ve kullanımlarının yönetimlerini içerir. Bütün bu bilim kolları, üzerinde tarım yaptığımız toprakların amenajmanına (kısaca toprağın sulama, gübreleme, ekim nöbetleşmesi ve sürüm ve ekim teknikleri ile arazi bozulununun giderilmesi kurallarını kapsayan bir deyim) ve sürdürülebilir arazi yönetimine hizmet ederler.

Toprak oluşumu iki farklı aşama altında gerçekleşir. a) Ana maddenin birikimi ve b) Profil içinde horizon farklılaşmasıdır. Bu iki aşamanın ilkinin nerede başladığını ve ikincisinin nerede bittiğini belirlemek olanaklı değildir. Toprak oluşumu organik ve inorganik jeolojik materyallerin parçalanma ve ayrışmasıyla gerçekleşmektedir. Jeolojik materyaller, ayrıcalıklı birçok minerali içeren kayalardan oluşmaktadır. Farklı jeolojik devirlerde oluşmuş çeşitli kayalar ve tortullardan oluşan toprak ana materyali ve ana kayası, toprak

1- ¹ Doç. Dr; Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü. dboyraz@nku.edu.tr ORCID No: 0000-0002-9130-8769

oluşumuna yön ve hız veren faktörlerin en önemlilerinden biridir. Tortul, metamorfik ve magmatik kayalar, toprak oluşumunun ilk dönemlerinde jeokimyasal ayrışmayı gerçekleştirirken, ilerleyen zamanla birlikte toprağa ait reaksiyonlar ve işlemler pedokimyasal ayrışma ürünlerini ortaya çıkarır. Bu olayların sonucunda kayaların içindeki mineraller, toprağın farklı çaplarındaki mineral kısmına (tekstür) kaynak oluştururken; diğer yandan toprakta bulunan bitki besin elementlerinin cins ve miktarına etken olur (Sağlam 1993).

Ana kaya, toprakları oluşturan ana materyalin oluşumuna hizmet eden granit, bazalt, andezit, siyenit, kumtaşı veya kireçtaşı vb. gibi pekişmiş kayalardır. Toprak ana materyali, organik veya mineral maddenin az veya çok kimyasal ayrışma ile pedogenetik olaylar tarafından oluşan, bir toprağın solumunu oluşturan gevşek kitledir. Solum ana materyal üzerinde yer alan, toprak yapan genetiksel faktörlerin ortaya çıkardığı ve olgun topraklarda A, E ve B horizonlarının dahil olduğu, horizonlar topluluğuna verilen isimdir. Solumda, canlı kökler ve diğer bitki ve hayvan hayatının karakteristikleri genişçe görülmektedir.

Bir toprağın oluşumu için beş önemli etmen mevcuttur. Bunlar: A) İklim, B) Fauna ve floranın oluşturduğu canlılar topluluğu, C) Yeryüzü şekillerinin jeomorfolojik konumu ve topoğrafyası, D) Toprakların altında yer alan ve oluşmasına kaynak oluşturan her türlü jeolojik materyal ve/veya kayaç toplulukları ve E) Her türlü jeolojik materyalin atmosfer ile buluşmasından sonra günümüze kadar geçirdiği zaman dilimidir. Bu etmenlerden üçüncüsü yeryuvarlığının derinliklerinden gelen “tektonik yerkaşu hareketleri” ile endojen kuvvetler ve hidrosfer ile atmosferden gelen eksojen kuvvetler yardımıyla yer kaşunun şekillerini oluşturur. Özellikle toprak oluşumunun ilk evrelerinde ana kayaç ve/veya ana materyal oluşan toprak profilinin karakterini önemli derecede etkilemektedir. Toprak oluşum süreçlerinin irdelenmesi ve bir profilin genetiksel özelliklerinin araştırılması, doğal olarak o toprağı oluşturan ana kayaç/materyal ile üstünde yer alan illiviyal (birikme) ve/veya elüviyal (yıkama) horizonlar ile karşılaştırma yöntemleriyle olmaktadır. Her toprağın oluşumuna neden olan beş etmen toprak oluşumunda ayrımlı etki güçleri ile belli bir zaman sürecinde çok farklı derinlikte toprakları oluşturmaktadır.

Topraklarda çeşitli faktörlerin etkenlik derecesine göre horizonlaşmayı doğuran olaylar ise pedogenetik karakterlidir. Toprak profili içinde horizon farklılaşması dört temel esasa oluşur. Bu temel değişiklikler; 1) Toprak sisteminden kayıplar 2) Toprak sistemine katılmalar, 3) Toprak profili içinde taşınmalar (yer değıştirmeler) ve 4) Toprak sistemi içindeki dönüşümler (şekil değıştirmeler)dir. Bu dört olaydan birinin veya birkaçının karşılıklı birlik

faaliyetlerinin sonucu, toprak profili içinde katman veya horizon farklılaşması etkilenir ve topraklar ayrıcalıklı karakterler kazanırlar.

Bu dört grup olaydan her biri, toprağı oluşturan horizonları ayrı ayrı etkilemektedir. Örneğin bitkisel artıklar veya toprak canlıları öldükten sonra toprağı katılır (toprak sistemine katılma), ayrışarak yeni bileşiklere dönüşür (toprak sistemi içinde dönüşüm). Organik madde ayrışma ürünleri ve humus, taşınarak aşağı katlarda birikebilir (toprak profili içinde taşınma) veya ortamdan tamamen uzaklaşabilir (toprak sisteminden kayıp). Bunun sonucunda: Bir profilin, her bir horizonunda bulunan organik maddenin niteliğı ve yüzde oranı daha önce ve günümüzdeki katılma, ayrışmayla oluşan dönüşüm ve taşınma olaylarına bağlıdır. Her bir toprakta meydana gelen horizon farklılaşmasını oluşturan olaylar dizisi farklı yürür. Örneğin Sierozem (Çöl toprağı, Aridisol)'lerde çözünebilir tuzların ve karbonatların, toprak sistemi içinde taşınması; kil minerallerinin, toprak sistemi içinde dönüşümleri ve taşınmaları; organik maddenin, toprak sistemine katılımı; mineral ayrışması sırasında ortaya çıkan serbest demiroksitlerin ve aynı zamanda seskioksitlerin, toprak sisteminde taşınmaları çok düşük düzeyde ortaya çıkar. Buna karşın Doğı Karadeniz Kırmızı topraklarında (Krasnozem, Ultisol) çözünebilir tuzların ve karbonatların, toprak sistemi içinde taşınması ve kaybı; kil minerallerinin, toprak sistemi içinde dönüşümleri ve taşınmaları; organik maddenin, toprak sistemi içinde dönüşümü ve katılımı; mineral ayrışması sırasında ortaya çıkan serbest demiroksitlerin ve aynı zamanda seskioksitlerin, toprak sisteminde taşınmaları yüksek düzeylerde gözlenir (Sağlam 1993).

Toprak profili ilk toprak horizonunun veya A horizonunun oluşması ile toprak tanımına giren varlığın meydana gelmesine neden olur bu evreden sonra toprak yapan etmenler, horizonlaşma sürecine etki eden toprak sistemi içindeki katılmalar, kayıplar, taşınmalar ve dönüşümlerle yürüyen işlemler propedanizotropik veya propedizotropik faktörler ve işlemler ile yeni toprak horizonlarının karakter kazanmasına neden olarak toprak profili çeşitlilik kazanır veya yeni toprak horizonlarının oluşması engellenerek yüzeyaltı horizonları (Bw, Bh, Bs, gibi) oluşamaz.

Propedizotropik faktörler ve işlemler: a) Pedoturbasyon olayları, b) Toprak profili içinde su hareketini önleyen/ su hareketi noksanlığını ortaya çıkaran olaylar ve c) Toprak profilindeki karbonatların yüksek oranda varlığı sonucunda özellikle killerin taşıyıp birikmesinin önlenmesiyle toprak horizonlarının farklılaşmamasına, çeşitlenememesine neden olmaktadır.

Propedanizotropik faktörler ve işlemler: a) Horizonlardan ve/veya horizononlara toprak materyalinin kaybı ve kazancı, b) Toprak materyalinin yerinde dönüşümü, c) Toprak profilinde belli bölümlerinin hacimlerindeki

değişimler ile toprak horizonlarının çeşitlilik kazanarak farklılaşmasını oluşturur. Horizonlar arası yer değiştirmeler, tuzun, karbonatın, kilin, organik maddenin, demir, alüminyum, silisyum, manganez gibi elementlerin, turbalaşma ile humusun yüzeyden ve katlar arası taşınmalar, yer değiştirmeler, birikmeler ve/veya uzaklaşmalar ile toprakalara yeni özellikler kazandırır. Tüm bu olaylar yardımıyla pedonlar oluşur, bu pedonlar bir araya gelerek arazinin belli bir alanını kapsayan polipedonları oluşturur. Polipedonlar ayrıntılı toprak haritalarının kapsamlı kategorik ünitelerinin temelini oluşturarak toprak serilerinin kurulmasına neden olur. (Cangir ve Boyraz, 2006).

Toprak oluşumunu etkileyen ve profil oluşumunun çeşitli evrelerinde ortaya çıkan her olay profilin karakter kazanmasında rol oynar. Değişkenin çok olması nedeniyle birbirlerine komşu iki toprak farklılık gösterebilir. Böylece toprakların dağılım deseni gerek bölgesel ve gerekse yerel farklılıklarla ortaya çıkar. Bu değişimlerin bazıları; katmanlaşmayı durdurabilen veya yavaşlatabilen olayların ortaya çıkmasını da sağlayabilir.

Her toprak tipi, kendini karakterize eden bir oluşum bölgesi içinde bulunur. Bu tip, coğrafik bölgeler veya bir yöre içinde, bölgesel farklılıkların varlığını gösterir. Toprağın, bütün genetik horizonları, üstteki doğal organik katları, ana materyali veya solumun altında bulunan ve toprağın oluşuna ve davranışına etki yapan diğer tabakaları içine alan, dikey bir kesitine *Toprak Profili* denir.

Fiziksel, kimyasal veya biyolojik özellikleri veya renk, strüktür, tekstür, kıvam, mevcut canlıların (kök ve toprak hayvanları) oranları ve cinsleri, por dağılımı, konkresyon veya nodül mevcudiyeti, renk benekleri, penler, asitlik veya alkalilik derecesi vb. gibi karakteristiklerin, bitişiğinde bulunan katlara göre birbirinden farklı olan ve arazi yüzeyine takriben paralel bulunan, kendi içinde bir örnek yapıya sahip toprak materyali veya toprak katına, *Toprak Horizonu* denir (Sağlam 1993).

Toprakların Total Analiz Sonuçları İle Genetiksel Oranlarının Değerlendirilmesi

Total analiz sonuçları toprak profilinde mineral madde kazanç ve kayıplarını belirterek, toprak oluşumunun derece ve yönünün saptanmasında, ayrıca olası kil tiplerinin oluşum ve değişimlerinin belirlenmesinde rol oynamaktadır. Genetik oranlar ise elementlerin oransal yer değişimlerinin belirlenmesinde bir araçtır ve bunun yanında maddelerin gerçek kayıplarına karşılık hatalı yargılar için kontrol görevi görmektedir (Jenny, 1941).

Genetiksel oranlar toprak profili içinde total analiz sonuçlarıyla belirlenen çeşitli elementlerin hareketliliğine, yıkanmasına, birikmesine, yer değiştirmesine bağlı değerlendirmelerin yapılmasında kullanılmaktadır.

Genetiksel oranlarda topraktaki hareketlilik en stabil element olan Al_2O_3 'e oranlanarak elementlerin gerçek kayıpları değerlendirilir. Toprak profili derinliği boyunca litolojik kesikliliğin varlığının değerlendirilmesinde kullanılır. Bu değerlendirmeler total analiz sonuçlarıyla elde edilen herbir elementin oksit formunun moleküler ağırlığına bölünmesiyle elde edilen moleküler değerlerinin oranlanmasıyla hesaplanır. Aşağıda moleküler değeri ve genetik oranları verilmiştir.

Jenny (1941)'ye göre Genetiksel Oranlar

Bileşiğin moleküler değeri=Bileşiğin % oranı/Bileşiğin moleküler ağırlığı (gr)

ki değeri (Harrossowitz) = sa değeri (Marbut) = SiO_2 / Al_2O_3

sf değeri (Marbut) = SiO_2 / Fe_2O_3

$SiO_2 / R_2O_3 (Al_2O_3 + Fe_2O_3)$

SiO_2 / Fe_2O_3

ba değeri (Harrossowitz) = $K_2O + Na_2O + CaO / Al_2O_3$

ba1 değeri (Harrossowitz) = $K_2O + Na_2O / Al_2O_3$

ba2 değeri (Harrossowitz) = $CaO + MgO / Al_2O_3$

□ = Yıkanmış horizonun ba / Ana materyalin ba

□I = Yıkanmış horizonun ba1 / Ana materyalin ba1

□II = Yıkanmış horizonun ba2 / Ana materyalin ba2

Yıkanma Faktörünün Değerlendirilmesi

Yıkanma Faktörü	Değerlendirilmesi
□ < 1	Yıkanma var
□ = 1	Yıkanma da birikme de yok
□ > 1	Birikme var

Total analiz sonuçlarından elde edilen veriler genetiksel oranlarla değerlendirilerek profil derinliği içinde yıkanma, elüviyasyon, birikme, podzolizasyon, kalsifikasyon, alkalileşme, tuzlulaşma, vb. olayların biri yada birkaçının meydana geldiğini belirlemede kullanılmaktadır. □ yıkanma faktörü, 1'den ne kadar küçük ise yıkanmanın o oranda fazla olduğunu, 1'den büyük ise birikmenin olduğunu, 1'e eşit ise yıkanmanın da birikmenin de olmadığını göstermektedir.

Coly (2017) yaptığı çalışmada genetik oranların toprakların gelişme evresinde çok önemli veriler sağlamadığını, ancak majör oksitlerin değerlendirildiği genetik oranlar da toprak oluşumunda ayrışmanın yavaş seyrettiğini, toprağa kayıpların, katımların, ayrışmaların ve değişimlerin çok az olduğunu belirlemiştir. Özellikle ana materyalin kireç miktarına ve kireç

birikim horizonunun varlığına bağlı olarak horizonlar arasında özellikle bazik katyonlara ait oranlar için farklılaşmalar saptamıştır.

Karaman vd. (1997), Karacadağ- Şanlıurfa bölgesinde bazaltik katena üzerinde bulunan dört farklı toprak profilinden alınan örneklerde fiziksel, kimyasal, mineralojik ve mikro morfolojik özellikler belirleyerek, toprakların sınıflandırmalarını yapmıştır. Güneydoğu Anadolu bölgesinde yaygın olarak bulunan araştırma topraklarında, smektit kil minerali başat, bunu sırasıyla kaolinit, illit ve paligorskit izlemektedir. Katena boyunca ve derinlikle, serbest Fe- Al oksitlerin, kireç ve kil- kalsit kütanlarının arttığı organik maddenin azaldığı saptanmıştır. Toprakların kil, kireç, Fe- Al oksitleri ve kütan alan ve kalınlıklarının da katena boyunca toprak yaşlılığı ile birlikte arttığı belirlenmiştir. Araştırma profillerinde kalsifikasyon, pedoturbasyon, translokasyon ve neoformasyon olayları gözlemlenmiştir. Benzer ana materyal ve aynı iklim koşullarında oluşmalarına karşın, farklı topoğrafya ve zaman faktörlerinin etkisinde kalarak, farklı ayırt edici horizonları içermektedirler. Çalışma profilleri katena boyunca Vertisol, Aridisol ve Entisol Ordolarında sınıflandırılmışlardır.

Martí ve ark. (2003) İtalya'da Gauro ve Vico volkan depozitleri üzerinde oluşan topraklarda bazı minör ve majör elementlerin varlığını belirlemişler ve düşük ayrışma nedeniyle elementlerin düşük zenginleşme-fakirleşme oranları gösterdiğini saptamışlardır.

Trakya Bölgesinde kıyı şeridinde nehirleri dikine yararak oluşturduğu katenada Kayı ve Aydımpınar dereleri toposequensi arasında kalan bölgede çalışılmıştır. Bu derelerinin oluşturduğu topografya üzerindeki Oligosen marin ve Kuaterner alüviyal çökeller üzerinde 9 toprak profili açılarak horizon esasına göre örnekleme yapılmıştır. Bu örneklerin morfolojik tanımlamaları, fiziksel, kimyasal, total analizleri yapılmış, zemin mühendisliği, mineralojik özellikleri saptanmıştır. Genetiksel oranları incelendiğinde; KA2, KA3, KA5, KA6, KA9 profillerinde alkali ve toprak alkalisi elementler solum derinliği boyunca yıkanırken; KA1, KA7 profillerinde epipedonda birikmiştir. Akarsu yatağının nehir sekilerindeki alüviyal karakterli KA4 ve KA8 profillerinde litolojik kesiklilik nedeniyle genetiksel oranlarda zıt karakterli sonuçlar ortaya çıkmıştır (Boyraz, 2003).

Zhang ve ark. (2007) Çin'de Hainan Adası'nda farklı yaştaki bazaltlar üzerinde oluşan toprakların jeokimyasal karakterli özelliklerini değerlendirmişler ve toprak oluşumu sırasında K, Na, Ca, Mg ve Si'un önemli miktarda yıkanırken Fe ve Al'un biriktiğini belirlemişlerdir. Araştırmacılar yaşa bağlı olarak ayrışmayı belirleyebilmek için CIA, CIW, Sa, Sat ve Wi indislerini kullanmışlar Wi indisinin toprak yaşı ile oldukça iyi bir sonuç verdiğini

açıklamıştır. Ayrıca Ba/Nb oranında toprak yası ile ilişkili olduğunu ve toprak gelişimi belirteci olarak kullanılabileceğini öne sürmüşlerdir.

Ozaytekin vd. (2012), eski Konya gölü terasları üzerinde oluşan toprakların pedojenik gelişimlerini, fiziksel ve kimyasal özellikleri ile birlikte Kimyasal Ayrışma İndeksi (CIW), Kimyasal Alterasyon İndeksi (CIA), Product İndeks (P), Parker Ayrışma İndeksi (WIP), Plajiyoklaz Alterasyon İndeksi (PIA), Baz/Seski Oksit Oranı (Baz/R_2O_3), Vogt indeksi (V) gibi ayrışma indeksleri ve bazı genetik oranlar kullanarak karşılaştırmışlar ve zamana bağlı olarak gelişimlerini değerlendirmişlerdir. Araştırmacılar, araştırma alanındaki topraklar farklı seviyelerdeki teraslarda oluşmalarına rağmen benzer ayrışma oranlarına ve pedojenik aktiviteye sahip olduğunu, bunun sonucu olarak toprak oluşumunda belirleyici faktörlerin, diğer toprak oluşum faktörlerinden daha çok yıkanma rejimini ve ayrışma oranlarını belirleyen iklim ve ana materyalin etkisi olduğunu öne sürmüşlerdir.

Brezilya Cerrado bölgesi topraklarında jeomorfoloji ve majör element jeokimyası arasındaki ilişki araştırılmış ve sedimenter ana materyal üzerinde gelişen topraklarda çok düşük Na, K, Ca ve Mg içeriği belirlenirken volkanik ve metamorfik ana materyal üzerinde profil gelişimi gösteren toprakların daha yüksek bazik katyon içeriğine sahip oldukları bulunmuştur (Marques vd. 2004).

Guicharnaud ve Paton (2006), Andosol ve Cambisol ordosuna ait topraklarda yıkanma ve ayrışma oranlarını incelemişler ve her iki toprak tipinde de asidik girdilerin pH seviyesini düşürdüğünü, yıkanma ve ayrışmayı artırdığını belirlemişlerdir.

Sonuç

Toprak oluşumu, anamateryal, topoğrafya, iklim, canlıların etkisiyle uzun bir zaman dilimi içinde fiziksel parçalanma ile kimyasal ve biyolojik ayrışma olaylarının (tecezzi) etkisiyle reaksiyon gösterir. Tecezzi koşulları yerinde ana kayanın üzerinde yerli toprağı oluşturabildiğı gibi çeşitli şekilde taşınmış anamateryal üzerinde taşınmış toprağı da oluşturabilmektedir. Çeşitlilik gösteren toprak horizonlaşma süreçlerinin etkisiyle birbirinden ayrıcalıklı özelliklere sahip topraklar oluşmaktadır. Toprakların oluşumundaki etkiyi, anamateryal ve üzerindeki toprağın ilişkisini, geçirdiğı olayları genetiksel oranlarla içerdikleri elementlerin yıkanması, taşınması, birikmesi gibi durumlarla değerlendirilmektedir.

Referanslar

- Boyraz, D. (2003). Kayı ve Aydınpınar Dereleri (Tekirdağ) Arasında Yer Alan Oligosen Marin ve Kuaterner Alüviyal Çökellerin Üzerinde Oluşmuş Toprakların Genesisleri, Katenasal ve Toposequens İlişkileri, Doktora Tezi. Tekirdağ.
- Cangir, C ve Boyraz, D. (2006). Jeoloji (Jeopedoloji). Namık Kemal Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü. ISBN:9944-5195-0-2. Tekirdağ
- Coly, L. (2017). Geç Kuvarterner Dönemde Bir Kalsik Katena Üzerinde Oluşan Toprakların Ayrışma Oranları ve Gelişimi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Konya.
- Fedo, C. M., Nesbitt, H. W. ve Young, G. M., 1995, Unraveling the effects of potassium metasomatism in sedimentary rocks and paleosols, with implications for paleoweathering conditions and provenance, *Geology*, 23 (10), 921-924.
- Guicharnaud, R. ve Paton, G. I. (2006). An evaluation of acid deposition on cation leaching and weathering rates of an Andosol and a Cambisol, *Journal of geochemical Exploration*, 88 (1), 279-283.
- Harnois, L., 1988, The CIW index: a new chemical index of weathering, *Sedimentary Geology*, 55 (3-4), 319-322.
- Jenny, H., 1941, Factors of soil formation. McGraw-Hill Book Comp, Inc., New-York and London.
- Karaman, C., Kapur, S., Seyrek, A., Akça, E. ve Açıkgöz, E., (1997). Şanlıurfa'da Bir Bazaltik Katena Üzerinde Yer Alan Toprakların Kil Mineralojisi ve Mikroyapısal Özellikleri. VIII. Ulusal Kil Sempozyumu Bildiriler Kitabı. Dumlupınar Üniversitesi. Kil Bilimleri Türk Milli Komitesi. 24-27 Eylül 1997. Kütahya. S:489-598. ISBN 975-7120-00-6
- Marques, J. J., Schulze, D. G., Curi, N. ve Mertzman, S. A. (2004). Major element geochemistry and geomorphic relationships in Brazilian Cerrado soils, *Geoderma*, 119 (3), 179-195.
- Martí, A., Garcí, E., Gayoso, R., Muñoz, J. N., Pombal, X. P., Buurman, P. ve Terribile, F. (2003). Distribution of some selected major and trace elements in four Italian soils developed from the deposits of the Gauro and Vico volcanoes, *Geoderma*, 117 (3), 215-224.
- Nesbitt, H. ve Young, G. M., 1989, Formation and diagenesis of weathering profiles, *The Journal of Geology*, 129-147.

- Ozaytekin, H. H., Mutlu, H. H. ve Dedeoglu, M., 2012, Soil formation on a calcic chronosequence of Ancient Lake Konya in Central Anatolia, Turkey, *Journal of African Earth Sciences*, 76, 66-74.
- Parker, A., 1970, An index of weathering for silicate rocks, *Geological Magazine*, 107 (06), 501-504.
- Price, R., Gray, C., Wilson, R., Frey, F. ve Taylor, S., 1991, The effects of weathering on rare-earth element, Y and Ba abundances in Tertiary basalts from southeastern Australia, *Chemical Geology*, 93 (3), 245-265.
- Sağlam, T., Bahtiyar, M., Cangir C. Ve Tok, H. H. (1993). *Toprak Bilimi. Anadolu Matbaa. Tic. Koll. Şti. Tekirdağ*
- Zhang, G.-L., Pan, J.-H., Huang, C.-M. ve Gong, Z.-T. (2007), Geochemical features of a soil chronosequence developed on basalt in Hainan Island, China, *Revista mexicana de ciencias geológicas*, 24 (2), 261-269.

Bölüm 9

Küresel ve Ulusal Perspektiften Organik Tarıma Genel Bir Bakış

Harun SOLHAN¹
Emrah KUŞ²

1. Giriş

Bitkisel üretimde birim alandan daha fazla ürün elde etmek amacıyla kullanılan pestisitler ve sentetik gübreler, doğada ve çevrede insanların giderebileceği güç olan kötü sonuçları doğurmuştur (Bulut, 2011). Bu sonuçlara bağlı olarak ürün kalitesinde düşme, toprağın fiziksel yapısında bozulma, tuzlanma ve erozyona uğrama, yüzey ve yeraltı sularında kirlenme, içeceklerde pestisit tortularının görülmesi gibi sonuçlar netice vermiştir (Aksoy ve Altındışli, 1998; Yürüdü vd., 2010). İnsan ve çevre sağlığı üzerindeki bu etkileri ortadan kaldırmak veya minimize etmek amacıyla tarımda yeni arayışlar ve alternatif tarım sistemleri önerilmiştir. Birçok alternatif tarım yöntemi olmakla birlikte öne çıkan bazıları; geleneksel tarımın bir parçası olan ve entegre mücadelenin (ekim nöbeti, korumalı toprak işleme, kimyasal kullanımının azaltıldığı veya ortadan kaldırıldığı ve bunun yerine biyolojik mücadelenin esas alındığı mücadele şekli) dikkate alındığı “alternatif tarım”, yeterli ve kaliteli gıda maddesinin uygun maliyetlerde üretimini; tarım arazilerinin, çiftçilerin, çevrenin ve doğal tarım kaynaklarının korunmasını geliştirecek sistem ve uygulamalarını içeren “sürdürülebilir tarım”, değişken oranlı uygulamaların esas alındığı akıllı tarım ve kimyasal kullanımını ortadan kaldıran “organik tarım” uygulamaları olarak sıralanabilir (Anonymous, 2005; Gold, 2007).

Organik tarım kavramı, üretiminin bütün aşamalarında doğaya ve çevreye zarar vermeyen yöntemlerin kullanıldığı bir tarımsal üretim sürecini ifade etmektedir. Organik üretim faaliyetleri, ürün yetiştirme odaklı bir anlayışa hakim olmakla birlikte; ürünün tarladan yetiştirilip tüketicinin sofrasına ulaştırılınca kadar geçen süre içinde kimyasal girdinin kullanılmadığı, üretilen ürünlerin Kontrol ve Sertifikasyon Kuruluşları (KSK) tarafınca kayıt ve kontrol altına

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi; Iğdır Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Organik Tarım İşletmeciliği Anabilim Dalı. harun-solhan@hotmail.com ORCID No: 0009-0001-1760-9918

² Doç. Dr.; Iğdır Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü. emrah.kus@igdir.edu.tr ORCID No: 0000-0001-6880-5591

alınarak takip edildiği, güven ve sağlık esaslı üretim sistemleri olarak tanımlanabilir.

Bitkisel üretim açısından organik tarımı iki şekilde değerlendirmek mümkündür. Bunlardan ilki organik tarım öncesi süreç, diğeri ise ürünün yetiştirilme aşamasıdır. Organik tarım öncesi süreç, arazi seçimi, kontrol ve sertifikasyon kuruluşuna başvuru ve geçiş süreci aşamalarından oluşmaktadır. Arazi seçiminde, Karayolları Genel Müdürlüğü ağındaki yollara en az 1 km, ağır sanayi tesislerinin olduğu santraller ve çöp boşaltma alanlarından en az 3 km uzaklıkta olması gerekmektedir. Ayrıca bu iki koşul dışında kalan arazilerde kontrol ve sertifikasyon kuruluşları tarafından olumsuzluk raporu verilmemiş olması gerekmektedir. Başvuru sürecinde, müteşebbisin bilgileri, işletme bilgileri, organik tarım tecrübesi vb. bilgiler yer almaktadır. Geçiş süreci ise organik üretime başlanılmasından üretilen ürünün belgelendirilmesine kadar geçen süreci kapsamaktadır. Bu süreçte üretilen ürün, “Organik Tarım Geçiş Süreci Ürünü” olarak etiketlenip satılabilmektedir. Ancak bu ürün organik ürün olarak pazarlanamamaktadır. Geçiş süreci, ürünün tek veya çok yıllık olmasına bağlı olarak genellikle 2-3 yıl kadardır. Ürünün yetiştirilme aşaması; geleneksel tarımda da uygulanan toprak koruma ve tohum yatağı hazırlığı, ekim/dikim, gübreleme, bitki koruma, sulama ve hasat işlemlerinden oluşur. Bu aşamada, gereksiz toprak işlemeden kaçınmak, ekim işleminde kullanılacak tohumun organik olması (organik; tohum, fide, fidan, çelik, misel, anaç vb.), hastalıklara dayanıklı tür ve çeşitlerin seçilmesi ve zararlılara karşı kimyasalların kesinlikle kullanılmayarak kültürel yöntemlerin kullanılması, vejetasyon süresince bitkinin ihtiyaç duyacağı su miktarı belirlenerek su planının yapılması ve salma sulama yönteminin kullanılmaması ve hasat işleminde kullanılacak makine teçhizatın ekolojik tahribata ve kirliliğe sebebiyet vermemesi esastır (Acar ve Gizlenci, 2003).

Organik tarım, hem çevresel hem de sağlık yönünden büyük potansiyele sahip olan bir tarım tekniğidir. Toprak, su, biyoçeşitlilik ve insan sağlığına zararsız veya daha az zarar veren bu üretim tekniği, tarımsal üretim sisteminde önemli bir yere sahiptir. Bu çalışmada, organik tarımın tarihsel gelişimi, Dünya’daki durumu ve Türkiye’de organik tarımın dünü, bugünü ve geleceğiyle ilgili bilgiler incelenmiştir.

2. Organik Tarımda Tarihçe

Gıda kaynaklarının yokluğu endişesiyle ortaya çıkan organik tarım fikrinin başlangıcı sanayi devrimine dayanmaktadır. Bununla birlikte, organik tarımın köklerinin çok daha eskilere uzandığı ve yüzyıllara yayılan zengin bir tarihi kapsadığı; geleneksel tarım uygulamalarının toprak verimliliğini korumaya ve

bitkisel ürünlerin ve çiftlik hayvanlarının sağlığını geliştirmeye odaklandığı eski uygarlıklara kadar gittiği tahmin edilmektedir. Çin, Hindistan, Mısır ve daha birçok ülkenin önceki tarım toplumları, doğa ile tarımın birbirine bağlı olduğunu fark etmiş; doğal gübrelerin, ürün rotasyonunun ve eşlik eden ekimin kullanımını vurgulayan yöntemler geliştirmişlerdir.

20. yüzyılın başlarından itibaren modern tarım faaliyetlerinin bir parçası olarak kimyasal gübrelerin ve pestisitlerin yaygın olarak kullanılmaya başlanmasıyla birlikte, bilinçsizce yapılan tarımsal uygulamalar sonucu bozulan doğa dengesini yeniden kurmak ve çevre dostu üretimi geliştirmek kritik öneme sahiptir. Bu sorunu çözmek amacıyla ilk olarak Amerika ve Avrupa ülkelerinde organik tarım faaliyetleri başlamış ve zamanla diğer ülkelere de yayılmıştır. Organik üretim şekline olan ilgi artıkça, sosyo-ekonomik koşulların gelişmişliğinin bir göstergesi olarak çevre ve sağlık ile ilgili endişelerin artmasını da beraberinde getirmiştir. Özellikle 1910'dan sonraki savaş yıllarında tarım ürünlerine olan talep hâlihazırda artmışken, II. Dünya Savaşı'nı takiben hızla artan nüfusta gıda kaynakları sorununu ortaya çıkarmış ve sonraki yıllarda ucuz gıdaya olan talebi artırmıştır. Bu dönemde sınırlı girdi kullanılarak gerçekleştirilen organik faaliyetler, Amerikan tarımının gerilemesine neden olmuş ve artan nüfusun gıda ihtiyacını karşılamak için antibiyotikler, kimyasal hormonlar ve zararlı gübrelerin tarımsal üretimde yeniden kullanılmasına yol açmıştır (Merdan, 2014). Bununla birlikte, Avrupa'da da 1970'li yıllarda kurulan tarım topluluklarının uygulamaları ve tarımı destekleme politikaları doğal dengeyi büyük ölçüde bozmuş ve insan sağlığını olumsuz etkileyen sonuçlara neden olmuştur.

Sentetik kimyevi tarımsal girdilerin meydana getirdiği olumsuz etkilerin hissedilmesiyle 20. yüzyılın başlarında konvansiyonel tarım yöntemine alternatif sistem arayışları başlamıştır. Sir Albert Howard (1873-1947), Lady Eve Balfour (1898-1990) ve J. I. Rodale (1898-1971) gibi organik tarım hareketinin öncüleri, doğa ile uyum içinde çalışma fikrini savundular ve sürdürülebilir, çevre dostu ve besleyici gıda üretebilen çiftçilik uygulamaları geliştirmeye çalıştılar (Vogt, 2007). Bu araştırmacılar, organik tarım sistemlerinin gelişmesine yol açan, toprak sağlığının, kompostlamanın, ürün rotasyonlarının ve sentetik girdilerden kaçınmanın önemini vurguladılar. İlk olarak İngiltere'de 1910'lu yıllarda başlayan bu süreç, Albert Howard'ın "Tarımsal Vasiyetnamesi" ve 1924 yılında Dr. Rudolf Steiner'in "Biyodinamik Tarım Yöntemi" çalışmaları ve 1928 yılında kurduğu "Biyodinamik Tarım Enstitüsü sayesinde duyarlı üretici ve tüketiciler bir araya gelerek ABD ve birçok Avrupa ülkesinde organik tarım çalışmalarına başlanmıştır. Daha önceleri mahalli organizasyonlar olarak başlanan organik tarım süreci, ülkeler bazında organize olunmasıyla ulusal organizasyonlara

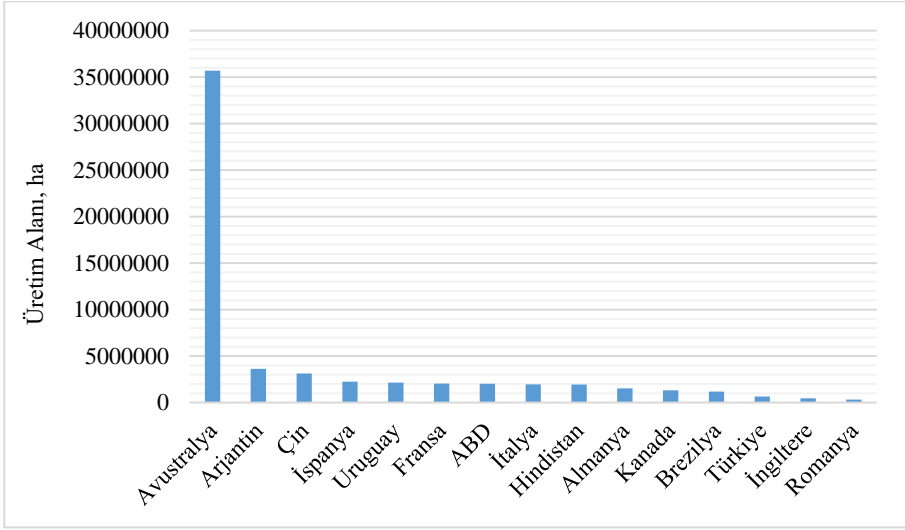
dönüşmüştür (İlter ve ark., 1999; Aksoy ve Altındişli, 1999; Köse ve Odabaş, 2005). Bu hareket, 1960 ve 1970'lerde çevreci ve karşı kültür hareketlerinin ortaya çıkmasıyla daha da ivme kazanmıştır. Özellikle konvansiyonel tarımın çevre üzerindeki etkileri; toprak bozulması, su kirliliği ve biyoçeşitlilik kaybına ilişkin endişeleri artırmış, organik ve sürdürülebilir gıda talebinin artmasına neden olmuştur. Bu çalışmalar, 1972 yılında Uluslararası Organik Tarım Hareketleri Federasyonu'nun (IFOAM/International Federation of Organic Agriculture Movement) kurulmasıyla uluslararası ölçekte nitelik kazanmıştır. Rio'da 1992 yılında 178 ülkeden 30 binden fazla delegenin katıldığı ve sonuçta çok önemli bir bildirin yayımlandığı Birleşmiş Milletler Çevre ve Kalkınma Konferansını, yine önemli kararların alındığı 1997'deki Kyoto'daki çalışmalar takip etmiştir. Türkiye de 1992 yılında Rio'da imzalanan Biyolojik Çeşitlilik Sözleşmesi'ni onaylayarak, 1996 tarihli 4177 sayılı Kanun'la uygun bulmuş ve 27 Aralık 1996 tarihli Resmi Gazete'de yayımlayarak yürürlüğe sokmuştur. Bununla birlikte, 25 Nisan 2006 tarih ve 26149 sayılı Resmi Gazetede yayımlanan 5488 sayılı Tarım Kanunu ile Biyolojik çeşitlilik hüküm altına alınarak, organik tarımın biyolojik çeşitliliğe katkılarından dolayı desteklenmesi deklere edilmiştir (İlbaş, 2009).

Dünya, 21. yüzyılda iklim değişikliği, toprak bozulması ve gıda güvenliğinin zorluklarını aşmaya çalışırken, organik tarım bir umut ışığı olarak keşfedilmiş ve tarımsal üretimde sürdürülebilir ve bütünsel bir yaklaşım sunmuştur. Yapılan uygulamalar, bilimsel ilerlemeler, yenilikçi teknikler ve geleneksel çiftçilik sistemlerinden gelen bilgilerin birleştirilmesiyle her geçen gün gelişmeye devam etmektedir. Bu süreç, günümüzde ayrılmış milyonlarca hektarlık arazi ve dünya çapındaki pazarlarda bulunan çok çeşitli organik ürünler ile organik tarımı küresel bir harekete dönüştürmüştür.

3. Dünyada Organik Tarım

Organik tarım modelinin temelleri Danimarka, İngiltere ve İsviçre de atılmıştır (İlbaş, 2009). Bununla birlikte, Dünya'nın birçok ülkesinde organik tarım çalışmaları ve araştırmaları 1940'larda başlamakla birlikte, uluslararası konuma 1972 yılında Almanya'da Uluslararası Organik Tarım Hareketleri Federasyonu'nun (IFAOM) kurulması ve İsviçre'de organik tarım yapmak amacıyla kurulan Tarımsal Araştırma Enstitüsünün 1973 yılında faaliyetlerine başlamasıyla ulaşılmıştır. IFOAM'ın yıllık organik tarım faaliyetleri kayıtlarına göre, 1999 yılında 11 milyon hektar olan organik tarım üretim alanı, geçen 20 yılda 6.5 kat artarak 2019 yılında 72.3 milyon hektara yükselmiştir. Bu miktar dünyadaki toplam tarım alanlarının %1.5'ine tekabül etmekte ve bu alanın neredeyse yarısı (35.9 milyon hektar, %49.6) Okyanusya kıtasındadır.

Okyanusya'yı sırasıyla Avrupa (16.5 milyon hektar, %22.9), Latin Amerika (8.3 milyon hektar, %11.5), Asya (5.9 milyon hektar, %8.2), Kuzey Amerika (3.7 milyon hektar, %5) ve Afrika (2 milyon hektar, %2.8) takip etmektedir (Çınaroğlu ve Akçacı, 2019). Bu kıtaların toplam ülke sayıları ile yine bu ülkelerde organik tarım yapan ülkelerin sayısı oranlandığında, birçok ülkesinde organik tarım yapılan Avrupa kıtası ilk sırada yer almaktadır. Organik tarım alanları ülkeler bazında incelendiğinde ise en büyük pay Avustralya'ya (35.69 milyon hektar) aittir. Bunu 3.67 milyon hektar ile Arjantin, 3.14 milyon hektarlık alan ile Çin ve 2.35 milyon hektarlık üretim alanıyla İspanya takip etmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Dünya en fazla organik tarım alanlarına sahip olan ülkeler (Anonymous, 2021).

Dünyadaki tarım alanlarının sadece %1.5'i organik tarıma ayrılırken, bazı ülkeler tarım alanlarının çok daha fazlasını organik üretim için ayırmaktadır. Dünyadaki 16 ülkede toplam tarım arazilerinin en az %10'u organik tarıma ayrılmıştır. Bu ülkelerden Lihtenştayn (Liechtenstein) tarım alanlarının %41.0'ini, Avusturya %26.1'ini ve yüzölçümü yaklaşık bin kilometrekare olan Sao Tome ve Principe Demokratik Cumhuriyeti %24.9'unu ayırmıştır. Ülkelerin uygun tarım alanlarını organik yetiştiriciliğe ayırması her geçen gün artmaktadır. Dünyadaki toplam organik alanlar 2019 verilerine göre 1.1 milyon hektar (%1.6) artmıştır. Bu artışta öne çıkan ülkelerden ikisi Hindistan (%18.6 artışla 0.36 milyon hektardan fazla katkı) ve Kazakistan'dır (%18.6 artışla 0.1 milyon hektarlık katkı).

2005 yılından önce dünyada 130 ülkede organik tarım yapılırken (Atlı, 2005), bu sayı 2015 yılında 179'a yükselmiştir. Bununla birlikte, IFOAM (2021)

organik tarım faaliyeti gösteren ülke sayısının 2019 yılında 187'ye ulaştığını raporlamıştır. Kirchner et al. (2020) bu ülkelerin 108'inde organik tarımla ilgili yönetmelikler olduğunu; yönetmeliği olan ülkelere 72'sinin bu yönetmelikleri tam uyguladığını, 22'sinin tam uygulamadığını ve 14 ülkenin ise yönetmelikleri taslak sürecinde olduğu için uygulayamadığını bildirmiştir. Ayrıca, sertifikalı organik tarım üreticisi sayısının 1999 yılında 200 bin iken, 2010 yılında 1.6 milyona ulaştığı ve bundan sonraki yaklaşık 10 yıllık süreçte ise neredeyse 2 kat artarak 2019 yılında 3.1 milyona kadar çıktığı bildirilmiştir. Organik üreticilerin yarısından fazlası Asya kıtasında olup, ardından Afrika (%27), Avrupa (%14) ve Latin Amerika (%7) gelmektedir. Ülkeler bazında ise 1.366 bin üretici sayısı ile Hindistan ilk sırada iken, onu Uganda (210 bin) ve Etiyopya (203 bin) takip etmektedir (Anonymous, 2021).

Organik tarımda, üretim alanı miktarı, üretici sayısı, toplam tarım arazisi içerisindeki organik tarıma ayrılan alanın oransal değeri ve organik pazar birlikte değerlendirildiğinde, aralarında doğrusal bir ilişkinin olmadığı görülecektir. Şöyle ki, üretim alanı bakımından Avustralya, Arjantin ve Çin ön sıralarda iken, üretici sayısı ve üretim miktarı bakımından Hindistan, toplam tarım arazisi içerisinde organik tarıma ayrılan alan miktarı bakımından Avrupa ve Afrika'daki bazı ülkeler ve organik pazar piyasası yönünden Avrupa kıtası ön sırada yer almaktadır. Organik pazar piyasası 1999 yılında 15 milyar Avro iken, 2019'da 106 milyar avroya ulaşmıştır. Bu payda ilk sırayı ABD ve Avrupa ülkeleri almaktadır. Organik yiyecek ve içecek satışlarında en büyük pay yaklaşık 45 milyar avro ile ABD, onu 12 milyar avro ile Almanya ve 11.3 milyar avro ile Fransa takip etmektedir. En büyük tek pazarı (küresel pazarın %42'sini) ABD elinde bulundururken, ardından Avrupa Birliği 41.4 milyarlık avro ile %39'unu ve Çin 8.5 milyar avro ile %8'lik kısmını elinde bulundurmaktadır. Bununla birlikte, kişi başına en yüksek tüketim ise yine Avrupa ülkelerinde olup, ilk sıralarda Danimarka (344 avro, %12.1), İsviçre (338 avro, %10.4), Avusturya (302 avro, %9.3) ve Lüksemburg (265 avro, %8.1) gelmektedir (Anonymous, 2021).

Organik tarımda diğer önemli bir husus ülkelerin organik ürün pazarındaki katkılarıdır. ABD, Japonya, Avustralya, Kanada ve Avrupa Birliği ülkeleri gibi gelişmiş ülkelerde üretilen organik ürünler sürekli artarak iç pazarın devamlı olarak gelişmesine katkı sağlarken, gelişmekte olan ülkelerde durum biraz farklıdır. Bu ülkelerde gerçekleştirilen organik üretim, iç pazarın taleplerini karşılamak için değil, tamamen ihracat amacıyla gerçekleştirilmektedir (İlbaş, 2009).

Sahota (2021), organik ürün pazarı satışlarının çoğunun Kuzey Amerika ve Avrupa gerçekleştirirse de, bu kıtaların toplam pazardaki paylarının azaldığını,

organik gıdalarda bölgesel pazarların geliştiğini ve Covid-19 pandemi sürecinin bu eğilimi tahminen hızlandırmış olabileceğini bildirmiştir. Bu nedenle de Çin, Hindistan, Brezilya ve Endonezya gibi ülkelerin bundan sonraki süreçte organik tarım pazarında daha fazla yer alacağını bildirmektedir. Bununla birlikte, pandemi sürecinin tüketicinin de tercihlerini etkilediğini, tüketicilerin sağlık, sıhhat ve beslenmede daha dikkatli davrandığını ve bu etkinin tüketiciyi organik ürünlere yönelttiğini belirtmiştir. Pandemi sürecinde, gıda tedarik zincirlerinin küresellikten çıkarılması, artan gıda güvenliği, devlet desteklerinin artışı; gıda tedarik zincirlerinde şeffaflık ve izlenebilirlik, değişen tüketici davranışları ve online perakendecilikteki önemli artışlar gibi eğilimler, küresel organik üretim endüstrisini daha da geliştirip, katkı sağlayarak değiştirdiği tahmin edilmektedir.

4. Uluslararası Organik Tarım Kuruluşları

Organik tarımla ilgili kurulmuş birçok organizasyon bulunmaktadır. Bu organizasyonların bazıları genel tarımsal üretimi kapsarken, bazıları ise sadece organik tarımla ilgili kuruluşlardır. Bunlar, 1970'lerde ticari değer kazanmaya başlayan organik tarım organizasyonlarıdır.

4.1. Ifoam (Uluslararası Organik Tarım Federasyonu)

1972'de Almanya'da kurulmuştur. IFOAM, organik tarım yapan ülkelerin tarımsal faaliyetlerini ve gelişmelerini tek merkezde toplamayı hedefleyen ve yapılan çalışmaları uluslararası ölçekte birleştirerek organik tarıma rehberlik eden ve üretim tekniklerini kullanarak yenilenemeyen kaynakların kullanımını azaltmayı hedefleyen bir organizasyondur (Demirkol ve İsmail 2006; Demiryürek, 2011; Anonymous, 2021).

4.2. FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü)

1945 yılında kurulan FAO, gelişmekte olan ülkelerin doğal kaynaklarının korunması amacıyla tarımsal faaliyetlerini daha fazla desteklemek, beslenme için ihtiyaç duyulan gıda ürünlerinin sağlıklı ve güvenilir olarak elde edilmesini sağlamak ve tarımda sürdürülebilirliği ön plana çıkarmak temel hedefleri arasındadır. Bununla birlikte, açlık ve kıtlığı ortadan kaldırmak, kırsal alanların geliştirilmesine katkıda bulunarak tarımsal üretimi iyileştirmek, yüksek düzeyde kaliteli gıda güvenliği sağlamak, dünyanın dört bir tarafındaki yoksulları barındırarak kırsal nüfusun yaşam koşullarını iyileştirmek ve insanların düzenli olarak sağlıklı yaşam sürmelerini sağlamak için tüm uluslara hizmet etmektedir. Ayrıca, bir kuruluş olarak kurulan FAO, bilgi ve tavsiye kaynağı olarak ta görev yapmaktadır (Demiryürek, 2011; Birişik, 2019). 2020 yılı itibarıyla FAO'ya üye ülke sayısının 194'tür.

4.3. ITC (Uluslararası Ticaret Merkezi)

Dünya Ticaret Örgütü (WTO) ve Birleşmiş Milletler Ticaret ve Kalkınma Konferansı (UNCTAD)'ın ortak işbirliği ajansı olan ITC, GATT (Gümrük ve Ticaret Genel Antlaşması) tarafından 1964 yılında oluşturulmuştur (Anonymous, 2022). Uluslararası ticaretin bölgelerarası ve bölgeler üstü gelişmesini çeşitli yayın, eğitim ve yönlendirme faaliyetleriyle sağlayan bir kuruluştur (Özdemir, 1989). Bununla birlikte, Geçiş ekonomilerine ve gelişmekte olan Devletlerde sürdürülebilir kalkınmanın sağlanması amacıyla, ihracat potansiyellerin, ithalat faaliyetlerinin ise geliştirilmesine yönelik pazar araştırması ve kalkınma projesi uygulamalarının yapılabilmesini hedefleyen bir kuruluştur. Ayrıca ITC, BM (Birleşmiş Milletler) sistemi içinde, ticaretin teşviki ve ihracatın geliştirilmesinde gelişmekte olan ülkeler ve geçiş ekonomileri ile teknik işbirliği için odak nokta olarak nitelenmektedir (Yüksel, 2023).

4.4. OTA (Organik Ticaret Birliği)

Kuzey Amerika'da 1994 yılında faaliyete başlayan OTA'nın (The Organic Trade Association), kuruluş amacı, organik ürünlerin standardizasyonunu koruyarak mevcut pazar payının artırılmasını sağlamaktır. Üyeliğe dayalı çalışan OTA, çevreye, çiftçilere, halka ve ekonomiye fayda sağlamak için organik ticaretin büyümesini teşvik ederek ve koruyarak etik tüketiciliği teşvik etmeyi misyon edinmiştir. OTA genel olarak, organik tarım üreticileri, çiftçi birlikleri, ürün işleyicileri, komisyoncular, ürün dağıtıcıları, kontrolörler, ürün taşıyıcıları ve perakendeci satıcılardan meydana gelmektedir (Anonymous, 2023).

5. Türkiye'de Organik Tarım

Türkiye'nin organik tarım tarihi, Dünya'da olduğu gibi çok eskilere dayanmaktadır. Bunu, tarımsal üretimde uygulama geçmişi çok eski olmayan pestisit ve kimyevi gübrelerin kullanılmadığı zamanlardan anlayabiliriz. Diğer bir deyişle, kimyasalların tarımsal üretimde ilk kullanıldığı tarih baz alındığında, öncesinde yapılan üretim faaliyetlerinden elde edilen ürünlerin organik olduğu söylenebilir. Sertifikalı organik ürün üretimi ise yakın geçmişte başlamış; yasal düzenlemeler, sertifikasyon işlemleri, kontrol ve denetleme mekanizmaları bu sürecin gelişmesine önemli katkılar sağlamıştır.

Türkiye'de organik tarım, ulusal organik tarım kanununun çıkarılıp yürürlüğe girdiği 2004 yılına kadar (Anonim, 2004), Avrupa ülkelerinin bağlı olduğu mevzuat dikkate alınarak gerçekleştirilmiştir (Boz ve Kılıç, 2021). Başlangıçta ithalatçı ülkelerin mevzuatları dikkate alınarak gerçekleştirilen üretim; 2092/91 sayılı Avrupa Birliği Konsey Tüzüğü esas alınarak, 1991 yılından sonra bitkisel

üretim ve 1999 yılından sonra ise hayvansal üretim gerçekleştirilmeye başlanmıştır. Özellikle 90'lı yıllardaki organik ürün üretiminin dünyada önem kazanması ve buna bağlı olarak organik üretimin cazip hale gelmesi, ulusal üretim mevzuatının oluşturulmasını zorunlu kılmıştır (Anonim, 2011). Organik ürünlere olan talebin giderek artması organik tarımla ilgili sivil toplum kuruluşlarının ortaya çıkmasına neden olmuştur. Türkiye'de organik tarımla ilgili ilk sivil toplum hareketi 1992 yılında İzmir'de faaliyet gösteren Ekolojik Tarım Organizasyonu (ETO)'dur. ETO, üretici, tüketici, sertifika şirketleri ve çalışanları, teknik elemanlar, tüccarlar, araştırmacılar gibi farklı grupları aynı çatı altında toplamış, organik faaliyetlerin sağlıklı ve hızlı gelişimini hedeflemiştir (Anonim, 2021a).

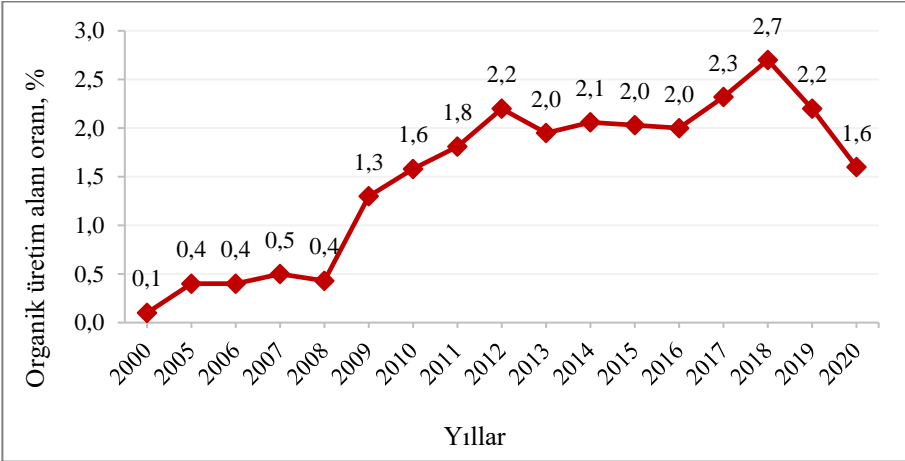
Bunun yanı sıra, organik tarım adının geçtiği ilk mevzuat 2002 yılında 24812 sayılı "Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik" ile çıkarılmıştır (Anonim, 2002). Organik Tarım Yasası ise 1 Aralık 2004 yılında mecliste kabul edilerek yürürlüğe girmiştir. Bu yasa ile organik tarımın yol haritası belirlenerek; organik tarım işiyle uğraşacak üretici ve satıcıların organik tarımı nasıl yapılacağı, kontrol ve sertifikasyon zorunluluğu, organik ürünlerin diğer ürünlerle aynı reyonda satılamayacağı gibi hususlara yer verilmiştir.

Türkiye'nin organik tarım sektörü, ülkenin tarım ortamında dinamik ve hızla büyüyen bir sektör olarak ortaya çıkmıştır. Sürdürülebilir ve çevre dostu tarıma yönelik giderek daha popüler hale gelen küresel trend, Türkiye'nin organik tarım uygulamalarını benimsemesini hızlandırmıştır. Farklı coğrafyası, elverişli iklimi ve zengin tarım mirasıyla Türkiye, organik tarımın yaygınlaşması için verimli bir zemin sunmaktadır. Gelişmekte olan bu sektör, yalnızca yurt içinde organik ürünlere yönelik artan talebi karşılamakla kalmıyor, aynı zamanda Türkiye'yi uluslararası organik pazarda önemli bir oyuncu olarak konumlandırıyor.

Organik üretim faaliyetlerinin gerçekleştirilebileceği ülkeler arasında, Türkiye ön sıralarda yer alabilecek bir potansiyele sahiptir. Son on yılda kayda değer bir büyüme ve dönüşüm deneyimlemiş ve bu durum onu küresel organik tarım arenasında dikkate değer bir aktör haline getirmiştir. Organik tarımsal üretimdeki bu artış; tüketicinin sağlık ve çevresel kaygılar konusundaki farkındalığının artması, hem yurt içinde hem de yurt dışında organik ürünlere olan talebin artması, Türkiye'nin avantajlı coğrafyası ve farklı iklim koşulları gibi çeşitli faktörlerle açıklanabilir.

Türkiye'de organik ürün üretiminin önemli nedenlerinden birisi geleneksel ürünlerin Avrupa'daki organik tarım pazarında gördüğü taleptir. 1985 yılında sadece ihracat amaçlı 8 ürünle başlanan organik üretim, 2002 yılında 150 ürüne ve 2021 yılında ise 267 ürüne ulaşmıştır. Aynı şekilde, 2002 yılında yaklaşık 12 428 olan üretici sayısı 48 244'e ulaşmıştır. Yaklaşık 20 yıllık süreçte üretim

yapılan arazi miktarında da 4 kata yakın bir artış gerçekleşmiştir. Türkiye’de organik üretim yapılan alanın toplam tarım alanı içerisindeki payı 2000 yılında %0.1 iken, %2.7’lere kadar artmış, 2020 yılında Dünya’daki orana da (Anonymous, 2021) paralel olarak %1.6 civarında seyretmiştir (Şekil 2). Ancak bu oran Avrupa Birliği ülkelerindeki oranın (%9.2) çok altındadır (Anonymous, 2020). Bitkisel üretimin yanı sıra organik hayvansal üretimde de önemli aşamalar kaydetmiştir. 2021 yılı verilerine göre, 8109 adet büyükbaş, 2004 adet küçükbaş ve 801 bin adette kanatlı hayvan ile organik hayvansal ürün üretimi gerçekleştirilmektedir. Ancak, tüketici alışkanlıkları ve salgın hastalıkların yanı sıra, girdi maliyetleri, pazarlama sıkıntısı gibi kısıtlayıcılar üretim miktarında, verimde ve organik üretim yapan çiftçi sayısında yıllara bağlı olarak dalgalanmalara neden olmaktadır. Buna örnek olarak, 2021 yılındaki organik hayvancılık verileri önceki yıllara kıyaslandığında; büyükbaş hayvan sayısındaki artış ve küçükbaş ve kanatlı sayısındaki azalış verilebilir (Anonim, 2022).



Şekil 2. Türkiye’deki organik tarım alanlarının toplam tarım alanları içerisindeki payı (Anonim, 2022). Not: Geçiş süreci ve organik doğal toplama alanı verileri dahil edilmiştir.

Çizelge 1. Türkiye organik tarım üretim verileri

Yıllar	Çiftçi Sayısı	Üretim Alanı (Ha)*	Üretim Miktarı (Ton)
2013	26 181	549 970	922 623
2014	33 738	652 553	1 065 567
2015	36 732	341 820	1 164 202
2016	45 991	373 083	1 627 106
2017	51 796	378 001	1 610 913
2018	54 666	452 774	1 714 769
2019	53 782	381 743	1 374 535

2020	40 984	262 588	1 123 409
2021	38 748	241 197	1 101 236
2022	36 093	209 992	1 153 161

*: Geçiş süreci verileri dahil değildir. Doğal toplama üretim alanı dahildir.

Dünya’da organik tarım arazilerine sahip olan ve organik tarım faaliyeti yapan ülkeler sıralamasında Türkiye, geçiş süreci verileriyle birlikte 518 435 hektar alanıyla 18. sırada yer almaktadır. Ancak kullanılabilir organik üretim alanı, üretimin yapıldığı mevcut alandan çok daha büyük bir potansiyel olmasına rağmen, toplam tarım arazilerinin sadece %1.6’sını ayırarak Dünya sıralamasında çok daha gerilerde yer almıştır. Bununla birlikte, Avrupa Birliği’ne aday ülkeler sıralamasında ise ilk sırada yer almaktadır (Anonymous, 2021). Ayrıca Çizelge 1 incelendiğinde, 2013-2022 yılları arasında üretim alanında bir dalgalanma olsa da, genel olarak azalma eğilimindedir. Üretim alanında dikkate çarpan diğer bir husus, ilk yıllardaki üretim alanı miktarının çok fazla olmasıdır. Organik üretim alanında özellikle 2013 ve 2014 yılındaki yüksek rakamlar o yıllardaki doğal toplama alanlarının fazlalığından kaynaklanmaktadır. Üretim alanındaki azalma ise doğal toplama alanlarının yıllara bağlı olarak azalma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Benzer durum yıllık üretim potansiyelinde de görülmektedir. Yüksek potansiyele rağmen, yıllara bağlı olarak üretimde inişli-çıkışlı bir durum söz konusudur. Örneğin, 2002 yılında 310 bin ton olan organik üretim, 2016 yılına kadar artış göstererek 1.62 milyon tonun üzerine çıkmıştır. 2017 yılında 1.61 milyon tona düşen üretim 2018 yılında şimdiki kadarki en yüksek üretim miktarı olan 1.71 milyon ton değerine ulaşmıştır. Daha sonra, tekrar düşmeye başlayarak 2019 yılında 1.37 milyon tona, 2020’de 1.12 milyon tona ve 2021’de ise 1.10 milyon tona düşmüştür. Kayıtlı son veriye göre 2022 yılında tekrar artmaya başladığı ve 1.15 milyon ton organik ürün elde edildiği tespit edilmiştir (Çizelge 1), (Anonim, 2023).

Coğrafik yapısı nedeniyle dört mevsimi bir arada yaşayabilen Türkiye, ürün çeşitliliği bakımından zengin bir ülkedir. Her bir coğrafi bölge kendi bölgesine has ürünlerle ön plana çıkmaktadır. FIBL verilerine göre, Türkiye’de organik üretimi ön plana çıkan ürünler, organik sebze, fındık başta olmak üzere sert kabuklu meyveler ve organik pamuk olarak sıralanmıştır (Anonymous, 2018). Ayrıca Tarım ve Orman Bakanlığı’nın verilerine göre, Türkiye’de en çok yetiştirilen organik ürünler; Buğday, mercimek, nohut, soya, mısır, ayçiçeği, çeltik, çay, Antep fıstığı, incir, elma, armut, kayısı, fındık, patates, portakal, üzüm, soğan, limon, mandalina, vişne, vb. olarak belirtilmiştir (Anonim, 2021b; Boz ve Kılıç, 2021). Bunların yanı sıra, susam tohumu, biber, domates, kestane, karpuz ve tıbbi ve aromatik bitkileri de saymak mümkündür.

Türkiye’de organik tarım faaliyetlerinin teşvik edici, engelleyici ve tarımsal üretime sağladığı bazı hususlar.

Organik üretim alanların genişletilebilmesi: Türkiye, çok çeşitli organik ürünler için elverişli bir iklime ve verimli topraklara sahiptir. Ülkenin bu geniş tarım potansiyeli, organik tarım alanlarında önemli artışlara yol açmıştır. Özellikle, sanayinin olmadığı ve pestisitlerle kirlenmemiş birçok tarım arazisine sahip olması organik yetiştiricilik açısından büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajlar, çiftçilerin organik uygulamaları giderek daha fazla benimsemesine; organik arazilerin genişlemesine ve sertifikalı organik ürünlerin etkileyici bir çeşitlilik göstermesine neden olmuştur. Ancak nüfusun da artışına bağlı olarak birim alandan daha fazla ürün elde etmek amacıyla kimyasal gübre ve zararlılarla mücadelede pestisit kullanımının üreticiler için daha kolay ve cazip olması organik üretim yapılabilecek alanların güç geçtikçe kirlenmesine neden olmaktadır. Zaten var olan ancak kimyasalların kullanımıyla her gün biraz daha daralan bu araziler, gıda güvenliğinin ve buna bağlı olarak organik üretimin öneminin anlaşılmasıyla ön plana çıkmaktadır.

Organik ürün çeşitliliği: Türkiye'nin organik tarım sektörü meyve, sebze, tahıl, fındık ve süt ürünleri de dahil olmak üzere çok çeşitlidir. Zeytinyağı, kuru meyveler ve organik pamuk ülkenin önde gelen organik ihracatları arasındadır. Bununla birlikte Türkiye, küresel pazara zengin bir çeşitlilik sunan organik baharatları ve tıbbi ve aromatik bitkileriyle de ünlüdür.

İç ve dış pazarlar: Türkiye'de organik ürünlere yönelik iç pazar, organik gıdaların faydaları konusunda artan tüketici bilinci nedeniyle istikrarlı bir şekilde büyümektedir. Tüketiciler beslenme tercihleri konusunda bilinçlendikçe, sağlıkları ve çevre için organik ürünler önemli bir alternatif tercih haline gelmiştir. Organik ürünlere yönelik artan bu ilgi, daha fazla çiftçiye organik uygulamalara geçmeye teşvik etmektedir.

Küresel konum: Türkiye, dünyanın önde gelen organik ürün ihracatçılarından biridir. Avrupa ve Asya'nın kesişme noktasındaki stratejik konumu, uluslararası pazarlara erişim için lojistik bir avantaj sağlamaktadır. Kalitesi ve rekabetçiliğiyle tanınan Türk organik ürünleri, başta Avrupa ve Orta Doğu olmak üzere çeşitli ülkelere ihraç edilmektedir.

Sertifikasyon ve düzenlemeler: Organik ürünlerin üretilmesi ve pazarlanmasında bütünlüğün ve devamlılığın sağlanması için, sertifikasyon işlemi ve düzenlemelerle güçlü bir sistem kurulmuştur. Bu sistemde, Tarım ve Orman Bakanlığı, uluslararası standartlara bağlı olarak sertifikasyon sürecini denetlemekte ve organik ürünlerin hem yerel hem de küresel pazarlarda güvenilirliğinin korunmasına yardımcı olmaktadır. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın 2023 yılı verilerine göre, Türkiye’de 44 adet kontrol ve

sertifikasyon kuruluşu bulunmaktadır. Bu kuruluşlardan 2 tanesinin yetkisi iptal edilmiş, bir tanesinin ise yetkisi askıya alınmıştır.

Sürdürülebilir tarım (Sürdürülebilirlik): Türkiye'de organik tarım sadece daha sağlıklı gıda ürünleri üretmekle ilgili değildir; aynı zamanda sürdürülebilir tarımı da teşvik eder. Organik uygulamalar toprak sağlığını, biyoçeşitliliği, kimyasal kullanımının azaltılmasını ve sorumlu su yönetimini vurgulayarak ülkedeki tarımın uzun vadede yaşayabilirliğine katkıda bulunur.

Riskler ve fırsatlar: Türkiye'deki organik tarım sektörü önemli bir büyüme sağlamış olsa da, hileli etiketleme, tedarik zinciri bütünlüğü ve altyapı geliştirme ile ilgili sorunlar da dahil olmak üzere hala zorluklarla karşı karşıyadır. Yine de, bu zorluklar sektörde iyileştirme ve inovasyon için fırsatlar sunmaktadır.

Tüketici talepleri, sürdürülebilir ve sağlık bilincine sahip tercihlere doğru kaymaya devam ettikçe, Türkiye'nin organik tarım sektörünün önümüzdeki yıllarda daha da büyümeye ve başarılı olmaya aday bir ülke olacağı öngörülmektedir.

6. Sonuç

Sürdürülebilir uygulamalara ve doğal girdilere dayanan bir tarım yöntemi olan organik tarım, son yıllarda önemli bir popülerlik kazanmıştır. Tüketiciler, geleneksel tarım yöntemlerinin insan sağlığı ve çevre üzerindeki etkisi konusundaki endişeleri artıkça, organik tarım uygulanabilir bir alternatif olarak ön plana çıkmıştır.

Dünya'da organik olarak yapılan tarım pazarlarında ilk sırada gelen ülkeler sıralamasında birinci sırada bulunan ülkeler grubunda Avrupa ülkeleri bulunmaktadır. Birleşmiş Milletler tarafından 2030 yılına kadar yoksulluk ve iklim değişikliklerinin üstesinden gelebilmek, sağlıklı ve düzenli bir yaşamın sürdürülebilmesi için kaliteli ve güvenli gıdaya ulaştırmak, tarımsal üretim faaliyetlerini geliştirmek, kırsal alanlarda yaşayan nüfusun yaşam koşullarını düzeltmek ve dünya ekonomisi faaliyetlerinin geliştirilmesine fayda sunmak amacıyla bugüne kadar birçok çalışma yapılmıştır. Bu çalışmalardan çıkarılan sonuç organik tarımın, yoksunluk, yoksulluk, iklim ve çevre değişikliği, kıtlık, açlık, ekosistem, yer altı su kaynakları, sürdürülebilir tüketim ve üretim ve biyolojik çeşitliliklerle ilgili amaçlara ulaşılmasının çok önemli olduğunu göstermektedir.

Türkiye'nin organik tarım sektörü dinamik ve gelişen bir sektöre dönüşmüştür. Kayda değer büyümesi, ürün çeşitliliği, güçlü iç pazarı ve küresel varlığı, Türkiye'yi dünya organik tarım pazarında önemli bir oyuncu haline getirmektedir. Türkiye'nin el değmemiş toprakları olarak tabir edebileceğimiz sanayi girmemiş, pestisit ve kimyasal gübre kullanılmamış bakir topraklarını göz

önüne aldığımızda hem Avrupa hem de Dünya piyasasında önemli bir aktör olacağını öngörmek mümkün değildir.

Kaynaklar

- Acar, M. ve Gizlenci, Ş. (2003). Yeni organik tarım yönetmeliği bitkisel üretime neler getirmektedir. *Hasad dergisi*, 223, 54-57.
- Aksoy, U. ve Altındişli, A., (1998). Ekolojik (Organik, Biyolojik) Tarım. Ekolojik Tarım Organizasyonu Derneği (ETO). İzmir.
- Aksoy, U. ve Altındişli, A., (1999). Dünya’da ve Türkiye’de Ekolojik Tarım Ürünleri Üretimi, İhracatı ve Geliştirme Olanakları. İstanbul Ticaret Odası, Yayın No: 1999-70, İstanbul.
- Anonim, (2002). Organik Tarımın Esasları ve Uygulanmasına İlişkin Yönetmelik. Resmi Gazete Sayı: 24812, 11 Temmuz 2002.
- Anonim, (2004). Organik Tarım Kanunu. Kanun No: 5262, Kabul Tarihi: 1.12.2004, Resmi Gazete Sayı: 25659, 3 Aralık 2004.
- Anonim, (2011). Üretici Rehberi Organik Tarım. Konya Ovası Projesi İdaresi (KOP), <http://www.kop.gov.tr/upload/dokumanlar/223.pdf> Erişim Tarihi: 09.09. 2023
- Anonim, (2021a). Ekolojik Tarım Organizasyonu Derneği. (<https://eto.org.tr/hakkimizda.php>), (Erişim tarihi: 08.09.2023).
- Anonim, (2021b). Organik Tarım İstatistikleri. (<https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Istatistikler>), (Erişim tarihi: 09.09.2023).
- Anonim, (2022). Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB). Organik Tarım İstatistikleri, (Erişim Tarihi: 9 Eylül 2023), <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Istatistikler>
- Anonim, (2023). Organik Tarım İstatistikleri. (<https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Istatistikler>), (Erişim tarihi: 09.09.2023).
- Anonymous (2005). American Society of Agricultural Engineers (ASAE). Cubes, Pellets, and Crumbles—Definitions and Methods for Determining Density, Durability, and Moisture Content, ASAE S269.4 DEC01. St. Joseph Mich. USA.
- Anonymous, (2018). The World of Organic Agriculture Statistics and Emerging Trends. (Erişim Tarihi: 10 Eylül 2023), <https://www.fibl.org/de/shop/1076-organic-world-2018>
- Anonymous (2020). EUROSTAT, https://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php?title=Organic_farming_statistics

- Anonymous (2021). The World Of Organic Agriculture (IFOAM): Statistics & Emerging Trends <https://www.ifoam.bio/en/organic-landmarks/definition-organic-agriculture> Erişim Tarihi: 10.03.2023.
- Anonymous (2022). The World Trade Organization (WTO) and the International Trade Centre (ITC). (Erişim Tarihi: 20 Eylül 2023), https://www.wto.org/english/res_e/publications_e/anrep22_e.htm
- Anonymous (2023). Organic Trade Association (OTA). (Erişim Tarihi: 21 Eylül 2023), <https://ota.com>.
- Atlı, S. (2005). Orgüder ve Dünya’da AB ülkelerinde organik ürün pazarları ve ihracatındaki gelişmeler. GAP 4. Tarım Kongresi (21-23 Eylül, Şanlıurfa), 667-683.
- Birişik, N. (2019). Küresel ve Ulusal Ölçekte Tarım ve Gıda Politikaları “Gerçekler, Sorunlar ve Çözüm Önerileri. Memur-Sen Konfederasyonu TOÇ BİR-SEN Tarım-Orman Çalışanları Birliği Sendikası, Ankara.
- Boz, İ. ve Kılıç, O. (2021). Türkiye’de organik tarımın gelişmesi için alınması gereken önlemler. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 8(3), 390-400.
- Bulut, S. (2011). Organik tarımın tanımı, önemi ve Yahyalı’nın organik tarım potansiyeli. *Organik Tarım Eğitim Kitabı* (Editör; Sancar Bulut), M grup matbaacılık A.Ş., ss. 280.
- Çınaroğlu, M.S. ve Akçacı, T. (2019). Organik tarımın ekonomik analizi: Kilis ili uygulaması. ASSAS Uluslararası Hakemli Dergi, 6(13), 112-131.
- Demirkol, M. ve İsmail, G., (2006) “Organik Tarımda Sivil Toplum Örgütlerinin Rolü ve Önemi. Sürdürülebilir Rekabet Avantajı Elde Etmede Organik Tarım Sektörü Sektörel Stratejiler ve Uygulamalar. Editör: İ.Hakkı Eraslan ve Ferhat Şelli. İstanbul: URAK Yayınları.
- Demiryürek, K., (2011). Organik Tarım Kavramı ve Organik Tarımın Dünya ve Türkiye’deki Durumu. GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi, 28(1), 27-36.
- Gold, M.V. (2007). Organic farming and marketing: publications from the United States Department of Agriculture, 1977-2005. Book Chapter pp. 223-247.
- Kirchner, C., Katto-Andrighetto, J. ve Castro, F.M. (2020). Organic Agriculture Regulations Worldwide: Current Situation. Standards, Legislation, Policies, Public Standards and Regulations, IFOAM-2021. 151-157.
- Köse, B. ve Odabaş, F. (2005). Bağcılıkta organik tarım. OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi, 20(3), 96-104.
- Merdan, K., (2014). Türkiye’de Organik Tarımın Ekonomik Analizi: Doğu Karadeniz Uygulaması. (Doktora Tezi). Erzurum: Atatürk Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü İktisat Anabilim Dalı.
- İlbaş, İ. (2009). *Organik Tarım İlkeler ve Ulusal Mevzuat*. Eflatun Yayınevi, ss. 280.

- İlter, E., Altındışli, A. ve Uğur, İ., (1999). Ekolojik Tarımın Tarihçesi. ETO Ekolojik Tarım Organizasyonu Derneği, Kasım 1999, İzmir.
- Özdemir, K. (1989). İhracat Finansmanı Alanında Uluslararası Girişimler ve İşbirliği İhtiyacı . İstanbul Üniversitesi İktisat Fakültesi Mecmuası, 47 (1-4), Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/iuifm/issue/837/9243>
- Sahota, A. (2021). The global market for organic food & drink. The World of Organic Agriculture The World of Organic Agriculture (Edited By Helga Willer, Jan Travnicek, Claudia Meier and Bernhard Schlatter), Organic World Congress (6-10 September 2021), France.
- Vogt, G. (2007). Organic Farming An International History (Edit. By Lockeretz, W.), Chapter 2: The Origins of Organic Farming, 9-29. (295 pp.).
- Yüksel, H. G. (2023). Ticaretin Kolaylaştırılmasında Uluslararası Organizasyonlar ve Türkiye'nin Durumu. İnsan ve Toplum Bilimleri Araştırmaları Dergisi, 12 (2) , 888-911 . DOI: 10.15869/itobiad.1214983
- Yürüdü, E., Kara, H., ve Arıbaş, K., (2010). Türkiye'nin Organik (Ekolojik) Tarım Coğrafyası. Elektronik Sosyal Bilimler Dergisi, 9(32), 402-424.

Bölüm 10

Coğrafi Bilgi Sistemleri Ortamında Analitik Hiyerarşi Süreci ile Orman Yangını Risk Analizi: 2021 Yılı Büyük Orman Yangınları Örneği

Esra EREN¹

Tuğçe BİROL²

Nergis NEHTEPAROV³

Buket DERE⁴

Emre ÖZELKAN⁵

ÖZET

İklim değişikliğinin etkisiyle artan ekstrem meteorolojik koşulların neden olduğu şiddetli rüzgarların ve yüksek sıcaklıkların sebep olduğu kuraklığın etkisiyle orman yangınlarının sıklığı ve şiddeti artmaktadır. Çok sayıda canlının yaşamını tehdit eden, ekolojik değerlerin kaybedilmesine ve ciddi çevre kirliliğine neden olan orman yangınları, hızlı çözüm üretilmesi ve acil müdahale edilmesi gereken afetlerdendir. Ancak afet riskini ve zararını azaltmada afet yönetiminin risk yönetimi yani afet öncesi aşama daha önemlidir. Bu amaçla afet olmadan önce riskin ortaya koyulması ve buna yönelik risk ve zarar azaltma planlamaları yapılması gereklidir. Bu çalışmada 2021 yılında birçok noktada eş zamanlı ve birden çok noktada çıkan orman yangınlarının yaşandığı Ege ve Akdeniz kıyılarında yer alan 9 ilçeye (Adana-İmamoğlu, Adana-Kozan, Adana-İmamoğlu, Antalya-Manavgat, Kayseri-Yahyalı, Mersin-Aydıncık, Mersin-Silifke, Muğla-Bodrum, Muğla-Marmaris, Osmaniye-Kadirli) ait tüm aylar için

¹ Yüksek lisans öğrencisi; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Enstitüsü Doğal Afetlerin Risk Yönetimi ABD esraa.eeren@gmail.com ORCID No: 0000-0002-8672-9286.

Yüksek lisans öğrencisi; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi esraa.eeren@gmail.com ORCID: 0000-0002-8672-9286.

² Lisans öğrencisi; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü biroltuğce5@gmail.com ORCID: 0009-0009-8879-6683.

³ Lisans öğrencisi; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü nergis.nehteparov@gmail.com ORCID: 0009-0001-2007-6104.

⁴ Lisans öğrencisi; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi Şehir ve Bölge Planlama Bölümü buketdere@gmail.com ORCID: 0009-0001-0116-3552.

⁵ Doç. Dr.; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü emreozelkan@comu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2031-1610.

Doç. Dr.; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Enstitüsü Doğal Afetlerin Risk Yönetimi ABD emreozelkan@comu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2031-1610.

Doç. Dr.; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi emreozelkan@comu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-2031-1610.

(Ocak-Aralık) orman yangını risk haritaları Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden (ÇKKVY) Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) modeli kullanılarak CBS ortamında oluşturulmuştur. Çalışmada orman yangına neden olan doğal ve beşerî nedenlerden; bitki örtüsü, topografya, insan faaliyetlerine yakınlık ve iklim kriterlerine ait 11 alt kriter (ormanlık alanlar, eğim, yükseklik, bakı, yerleşim yerlerine yakınlık, tarım alanlarına yakınlık, yola yakınlık, sıcaklık, nem, yağış, rüzgâr hızı) bir arada incelenmiştir. Elde edilen sonuçlar doğrultusunda en yüksek sıcaklıklar ile minimum bağıl nemin görüldüğü yaz aylarında şiddetli rüzgarların oluşmasıyla orman yangını riski en yüksek seviyelere ulaşmaktadır. Diğer yandan alanın topografyası rüzgar yönlenmesinde ve mikroiklimlerin oluşmasında belirleyici olmaktadır. Bunlara ek olarak orman alanlarına yakın bulunan yerleşim (turistik alanlar), tarım ve yol alanları gibi beşerî etkenler yangın riskini artıran en önemli parametrelerdendir.

Anahtar Kelimeler: Orman yangınları, Coğrafi Bilgi Sistemleri, Analitik Hiyerarşi Süreci, Risk

1. GİRİŞ

2021 yılı Türkiye için afetler yılı olmuştur. 2020 yılında başlayan ve 2021’de devam eden COVID-19 küresel salgınının yanında orman yangınları, seller, fırtınalar, müsilaj gibi birçok afetle karşı karşıya kalınmıştır (Gündoğmuş, 2022). 2021 yılında yaşanan orman yangınları, birden çok noktada eş zamanlı olarak çıkmış ve geniş alanları etkilemiştir. Orman yangınları, oksijen, sıcaklık ve yakıt olarak adlandırılan 3 faktörün doğal veya beşerî nedenlerle bir araya gelmesiyle oluşan kimyasal bir reaksiyondur (Bilgili, 2021). Orman alanlarında tutuşma özelliği bulunan ağaçlar, otsu bitkiler yangın başlaması için gereken yakıtlardır. Diğer bir faktör olan sıcaklık, doğal veya beşerî nedenlerden oluşabilir. Atmosferik koşullardan kaynaklanan yüksek sıcaklıklar, yıldırımlar, volkan patlamaları doğal nedenlerden, kasıt, ihmal, kaza ve dikkatsizlik nedeniyle bilinçli ve bilinçsiz bir şekilde tutuşturma ise beşerî nedenlerindedir. Yangın üçgeninin son faktörü ormanlık alanlarda bol miktarda bulunan oksijendir.

İklim değişikliğiyle artan atmosferik kararsızlık, kuraklık, sıcaklık dalgaları gibi meteorolojik ve iklimsel koşullar orman yangınlarının artmasına neden olur (Trouet vd., 2009). Yüksek sıcaklık, düşük bağıl nem, şiddetli rüzgarlar ve kısa süreli şiddetli yağış ile oluşan ani fırtınalar bir yangının başlamasına neden olan ve iklim değişikliğinin etkileriyle giderek sıklaşmaya başlayan hava koşullarıdır (Boğaziçi Üniversitesi, 2023). Özellikle Akdeniz ikliminin görüldüğü bölgelerde yangın sezonu olarak adlandırılan Haziran- Eylül ayları arasında iklim değişikliğiyle birlikte orman yangınlarının sayısında artışlar yaşanmaya başlamıştır (Sarri vd., 2014; Öztürk vd., 2010; Bedia vd., 2014). Avrupa Orman

Yangın Bildirgesi Sistemi (EFFIS) verilerine göre, Akdeniz iklim kuşağındaki Avrupa Ülkelerinde 10 yıllık (2012-2021) ortalama yanan alan miktarı Portekiz’de 125831 ha, İspanya’da 94249 ha, İtalya’da 72815 ha, Yunanistan’da 32181 ha, Türkiye’de 22685 ha, Fransa’da 13710 ha olmuştur (EFFIS, 2023). Avustralya’da 2019 yılında başlayan ve 240 gün süren, birçok canlının (1,1 milyar hayvan ve 28 kişi) hayatını kaybettiği ve 5 milyon hektar orman alanının tahrip olduğu büyük orman yangınları etkilerinin bütün dünyada hissedildiği yakın zamanlı afetlerdendir. Orman yangınları özellikle Akdeniz’e kıyısı olan birçok ülkede yaşanmaya devam etmektedir (TMMOB İzmir İl Koordinasyon Kurulu, 2021). Akdeniz iklim kuşağında yer alan Türkiye de yaz aylarında yangın mevsimleri yaşayan ülkelere dendir. 2021 yılında Türkiye’de eş zamanlı olarak birden çok noktada çıkan ve geniş alanlara yayılan orman yangınları ulusal çapta etkileri olan ve uluslararası müdahaleye ihtiyaç duyulan büyük bir afettir. 2021 yılı 28 Temmuz’da başlayıp, 12 Ağustos’a kadar süren, 54 ilde toplam 299 noktada orman yangınları meydana gelmiştir. Antalya’nın Manavgat ilçesinde başlayıp, Türkiye’nin birçok şehrinde, özellikle kıyı şehirlerinde başlayan ve yayılan orman yangınları, 8 kişinin ve binlerce hayvanın hayatını kaybetmesine, 161.000 ha alanın (135.000 ha’ı orman alanı) yanmasına ve yaşam alanlarının küle dönmesine neden olmuştur (Alan, 2021). “Yangınlara 16 su atar uçak, 65 helikopter, 9 insansız hava aracı (İHA), 1 insansız helikopter, 850 arazöz ve su tankeri, 430 iş makinesi ve 5.250 personelle müdahale edilmiştir. Ayrıca Azerbaycan, Ukrayna, Rusya, İspanya, Hırvatistan, Katar ve İran gibi birçok ülke personel ve araç desteğinde bulunmuştur” (Bilgili, 2021). Türkiye’de 2021 yılı içinde 2.793 adet orman yangını çıkmış ve bu yangınlarda 139. 503 hektar orman alanı zarar görmüştür. Bu alanın büyük bir kısmı, 28 Temmuz-10 Ağustos arasındaki 16 büyük yangın sonucunda oluşmuştur. 2021 yılında, bir önceki yıla göre çıkan yangın sayısında %17,82 azalmıştır. Diğer taraftan yanan orman alanı ise önceki yıla oranla %84,9 artmıştır (Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, 2021).

Türkiye de yaklaşık 22,9 milyon ha ormanlık alan bulunmaktadır ve bu alanların yarısından fazlası, orman yangınına hassas alanlarda (iklim, bitki örtüsü vb. açılardan) bulunmaktadır. Ülke ormanlarının yaklaşık %25’i Akdeniz havzasının doğal ve asli ağaç türü olan iğne yapraklı ağaçlardan (kızılçam) oluşturmaktadır (Çalışkan, 2021). Ülkemizde en fazla Ege ve Akdeniz Bölgelerinde yayılış gösteren Kızılçam ormanları, yüksek riskli yakıt özellikleri taşıyan bir türdür ve hem yangın başlangıcı hem de yayılmasında etkili olmaktadır (Eroğlu, 2021; Tavşanoğlu, 2021). Bölgenin topografik durumu yangınları etkileyen diğer bir önemli faktördür. Topografik durum yangın davranışı hakkında bilgi vermektedir. Bununla beraber arazinin topografyası,

iklim ve günlük hava koşullarındaki değişikliklere neden olur (Goldammer ve Nikolov, 2009; Gigovic vd., 2018). Bu nedenle topografyanın yangınlarla olan ilişkisi arazinin çeşitli durumuna (eğim, bakı, yükseklik) göre incelenmelidir. Sıcaklığın artması yangın riskini de arttırmaktadır. Nem arttıkça sıcaklık daha fazla hissedilmektedir. Sıcaklıkların artması havanın hacminin büyümesine neden olmaktadır. Büyüyen havanın doyması için gerekli olan su buharı azalır ve hava kuru hale gelerek bir yangının başlaması için gerekli olan uygun iklim koşullarını oluşturur. Yağışların az olması ya da olmaması yakıt nem içeriğini düşürerek kuru bitki örtüsündeki tutuşma riskini artırır. Rüzgâr hızı ise hem yangının başlamasında tutuşma anında etkilidir hem de yangının yayılma hızı ve yönünü belirlemeden kritik öneme sahiptir. Orman yangınlarının başlamasında doğal nedenler yanında insan etkinliklerini kapsayan beşerî nedenler de bulunmaktadır. Orman yangını riski belirlenmesinde can ve mal kayıpları riskin artmasına neden olmaktadır. Bu nedenle insan faaliyetlerinin yoğun olduğu yerleşim, tarım ve yol alanlarına mesafe orman yangın riskini belirlemede önemli unsurlardandır. Çok sayıda canlının yaşamını tehdit etmesi, ekolojik değerlerin kaybedilmesi ve ciddi çevre kirliliği gibi tehditlere neden olan orman yangınları, hızlı çözüm üretilmesi ve acil müdahale edilmesi gereken afetlerdendir. Bu bağlamda Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) günümüzde yaygın olarak kullanılan tekniklerdir (Dong vd., 2005; Pradhan vd. 2007; Malik vd., 2013; Matin vd., 2017). Uzaktan algılama teknikleri ile toplanan veriler geniş alanları tek seferde analiz edebilme imkânı tanımaktadır. Özellikle uydudan uzaktan algılama verileri, yangın öncesi ve sonrası afet yönetiminin hazırlıklı olma ve zarar tespiti süreçlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Lentile vd., 2006). CBS ise farklı kaynaklardan birden çok katmanla çalışma olanağı sunduğundan çok kriterli karar vermelerde sıklıkla kullanılmaktadır (Karakuş ve Cerit, 2017; Erdoğan, 2019). Orman yangın riskine neden olan kriterlerin önem derecelerinin belirlenmesinde literatürde sıklıkla Çok Kriterli Karar Verme Yöntemlerinden (ÇKKVY) uzman görüşünü dikkate alan ve kriterler arasındaki subjektif uzaklığın belirlenmesine olanak tanıyan Analitik Hiyerarşi Süreci (AHS) kullanılmaktadır (Saaty, 1980; Mendoza vd., 1999; Nikhil vd., 2021; Nuthammachot vd., 2021).

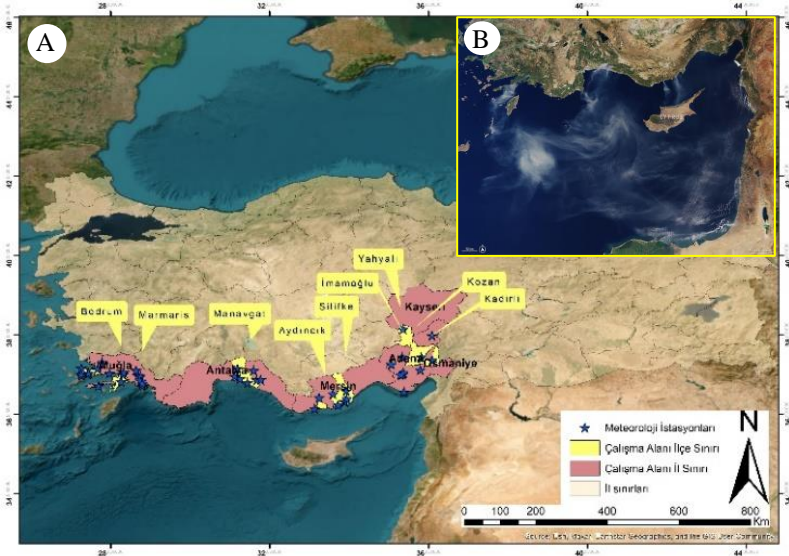
Bu çalışmanın amacı, 2021 yılında orman yangınlarının yaşandığı Ege ve Akdeniz kıyılarında yer alan 9 ilçeye (Adana-İmamoğlu, Adana-Kozan, Adana-İmamoğlu, Antalya-Manavgat, Kayseri-Yahyalı, Mersin-Aydıncık, Mersin-Silifke, Muğla-Bodrum, Muğla-Marmaris, Osmaniye-Kadirli) ait tüm aylar için (Ocak-Aralık) orman yangını risk haritalarının oluşturulmasıdır. Orman yangını risk haritaları, belirlenen bitki örtüsü, topografya, insan faaliyetlerine yakınlık ve iklim kriterlerine ait 11 alt kriterin (ormanlık alanlar, eğim, yükseklik, bakı,

yerleşim yerlerine yakınlık, tarım alanlarına yakınlık, yola yakınlık, sıcaklık, nem, yağış, rüzgâr hızı) literatür araştırması ve uzman görüşlerinin alınmasıyla risk derecelendirmesi yapılması ve daha sonra AHS ile kriter ağırlıklarının belirlenmesi sonucunda CBS ortamında karşılaştırılmasıyla elde edilmiştir. Elde edilen haritalar 2021 yılında gerçekleşmiş yangınlar dikkate alınarak değerlendirilmiştir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Alanı

Bu çalışmada, 2021 yılında yangın çıkan Ege ve Akdeniz kıyılarında yer alan İmamoğlu, Kozan, Manavgat, Yahyalı, Aydıncık, Silifke, Bodrum, Marmaris ve Kadiri ilçelerinde orman yangın riski belirlenmiştir (Şekil 1).



Şekil 1 A) Çalışma alanı sınırı, B) 2021 yılında yaşanan orman yangınları esnasında dumanların uydudan görüntülenmesi

Kaynak: (ESA, 2021).

Ege ve Akdeniz kıyılarında bulunan çalışma alanlarında genellikle Akdeniz iklim tipi hakimdir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Ege ve Akdeniz bölgesi kıyı bandı kesimindeki ormanlık alanlarda iğne yapraklı ağaç türlerinin yoğunlaştığı görülmektedir (OGM, 2012; Çömert vd., 2019).

1.2. Çalışmada Kullanılan Veriler ve Yöntem

Bu çalışmada orman yangını riski tüm aylar için ÇKKVY'nden AHS modeli ile CBS ortamında belirlenmiştir. Orman yangını riski belirlenmesi için 11 alt kritere ait verilerin alana göre kesilmesi, sınıflandırma, eğim, bakı, yükseklik haritalarının oluşturulması, yerleşim, yol ve tarım koridorlarının oluşturulması, yılın tüm ayları için aylık iklim haritalarının oluşturulması ve yeniden sınıflandırılması CBS ortamında gerçekleştirilmiştir. Elde edilen tüm kriter haritaları risk derecesine göre yeniden sınıflandırılmış ve ek bir mekansal çözünürlüğe (15m) getirilerek analize hazır hale getirilmiştir. Çalışma alanında yangın risk alanlarının belirlenmesi amacıyla her bir kritere ilişkin ağırlık katsayıları AHS yöntemiyle hesaplanmıştır. Son aşama olarak hazırlanan kriter haritaları kriter ağırlıklarına göre CBS ortamında karşılaştırılarak çalışma alanlarına ait orman yangını risk haritaları elde edilmiştir.

1.2.1. Bitki Örtüsü Verisi

Bitki örtüsü haritası, CORINE (Coordination of Information on the Environment) 2018 haritası kullanılarak oluşturulmuştur (Copernicus, 2023).

1.2.2. Topografya Verisi

Tüm topografik şartların belirlenmesi amacıyla Mekik Radarı Topografi Misyonunun (SRTM) 30 m mekânsal çözünürlüğe sahip sayısal yükseklik modeli verisi kullanılmıştır.

1.2.3. İnsan Faaliyetlerine Mesafe Verisi

2018 yılına ait CORINE verilerinden yol ağları, tarım ve yerleşim alanları verileri elde edilmiştir. Her bir alt kritere ait sınıflandırmaya göre mesafe analizleriyle insan faaliyetlerine yakınlık kriterine ait haritalar üretilmiştir.

1.2.4. İklim Verileri

Çalışmada orman yangını risk alanlarının belirlenmesi için, alanı iyi temsil edecek istasyonlar belirlenmiş ve MGM'den elde edilen 45 adet meteoroloji istasyonuna ait iklim verileri; uzun yıllar aylık ortalama hava sıcaklığı (°C), nispi nem (%), toplam yağış (mm), ve rüzgâr hızı (m/s) kullanılmıştır (Şekil 1).

1.2.5. Analitik Hiyerarşi Süreci

Çok kriterli bir karar verme yöntemi olan AHS yöntemi, çok kriterli bir problemin çözülmesinde, alanında uzman kişilerin kriter ağırlıklarını belirlemesine olanak sağlamaktadır (Akıncı vd., 2012). AHS modeli Şekil 2'de gösterilen işlem adımlarına sahiptir



Şekil 2 AHS işlem adımları

Belirlenen kriterlerin literatür taraması ve uzman görüşlerine göre Tablo 1'e göre önem dereceleri belirlenerek ikili karşılaştırma matrisleri oluşturulmaktadır. Oluşturulan matrisler normalize edilerek öncelik vektörler hesaplanmaktadır. Öncelik vektörlerinin tutarlı olup olmadığı ise tutarlılık indeksinin rastgele indeks değerine bölünmesiyle elde edilen tutarlılık oranıyla hesaplanmaktadır. Tutarlılık oranının 0.10'dan küçük olması belirlenen öncelik vektörlerinin çalışmada kullanılmasının uygun olduğu anlamına gelmektedir.

Tablo 1 AHS yönteminde kullanılan ikili karşılaştırma tercih ölçeği

Önem Derecesi	Açıklama
1	Ölçütler eşit öneme sahip
3	1. Ölçüt 2. ölçüte göre biraz daha önemli
5	1. ölçüt 2. ölçüte göre fazla önemli
7	1. ölçüt 2. ölçüte göre çok fazla önemli
9	1. ölçüt 2. ölçüte göre en kuvvetli (aşın derecede fazla) önemli
2,4,6,8	Ara değerler

Kaynak: (Saaty,1980)

1.2.6. Risk Kriterlerinin Değerlendirilmesi

ÇKKVY ile orman yangını riskli alanların belirlenmesi için belirlenen alt kriterler; ormanlık alanlar, eğim, bakı, yükseklik, uzun yıllar aylık ortalama sıcaklık, nem, toplam yağış ve rüzgâr hızıdır. Belirlenen kriterler risk derecelerine göre yeniden sınıflandırılmış ve veri bütünleşmesinin sağlanması amacıyla hepsi raster veri olacak şekilde ortak bir mekânsal çözünürlüğe (15m) örneklenmiştir. Seçilen kriterlerden oluşan veri setlerinin etki dereceleri AHS'de ikili karşılaştırma ile belirlenmiştir. AHS de ikili karşılaştırma ile belirlenen ağırlık değerleri, her kriter için CBS ortamında öznelik veri tabanına işlenmiştir. Kullanılan kriterler, ağırlıklarının toplamı 1 olacak şekilde CBS ortamında çakıştırılarak orman yangını risk haritaları üretilmiştir.

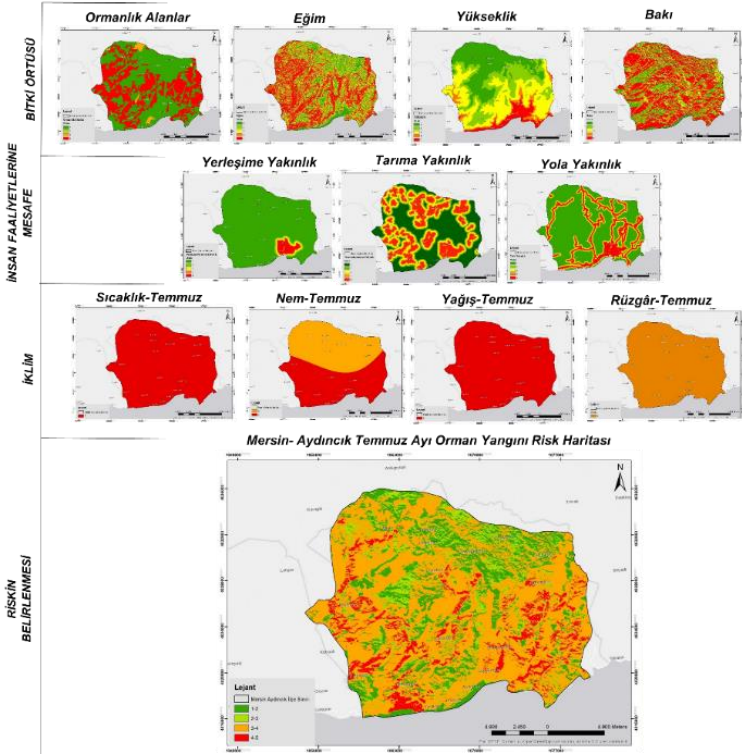
3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Orman Yangını Risk Haritalarının Üretilmesi

Orman yangını riski belirlenmesinde kullanılan kriterlere ait sınıflandırma ve derecelendirme Tablo 2’de verilmiştir. Belirlenen kriterler uzman görüşü ve literatürden yararlanılarak derecelendirilmiş ve ağırlıkları belirlenmiştir (Çanakçıoğlu, 1993; Karabulut vd., 2013; Sakellariou vd., 2019; Baltacı ve Yıldırım, 2020; Alkayış vd., 2022; Tezcan ve Eren, 2022; Coşkun ve Toprak, 2023). Belirlenen alt kriterler 1 en az 5 en çok risk olmak üzere 1-5 puan arasında derecelendirilmiştir (Tablo 2). Belirlenen kriterlerin risk derecesine göre sınıflandırılmış tematik haritalar Şekil 3’te gösterilmektedir. Şekil 3 Mersin Aydıncık örneği ile bu çalışma genelinde uygulanan hiyerarşiyi ve yöntemi göstermektedir. Şekil 3’te Aydıncık’a ait Tablo 2’de belirtilen her bir kriter için sınıflandırılmış haritalar en kurak ay olan Temmuz için gösterilmektedir. Şekil 3’ün en alt kısmında ise oluşturulan yangın risk haritası verilmiştir.

Tablo 2 Orman yangın riski belirlenmesindeki alt kriterlerin risk dereceleri

Kriterler	Alt Kriterler	Kriter Sınıfları	Risk Derecesi	Kriterler	Alt Kriterler	Kriter Sınıfları	Risk Derecesi	
Topografya	Eğim	0 – 10	1	Bitki Örtüsü	Ormanlık Alanlar	İğne Y.O.	5	
		10 – 20	2			Geniş Y. O.	3	
		20 – 30	3			Karışık O.	4	
		30 – 40	4					
		40 >	5					
	Yükseklik	Yükseklik	-9 – 100	5	İnsan Faaliyetlerine Mesafe	Tarım Alanlarına Yakınlık (m)	0 – 25	5
			100 – 300	4			25 – 100	4
			300 – 500	3			100 – 500	3
			500 – 700	2			500 – 1000	2
			700 >	1			1000 >	1
	Bakı	Bakı	Güney, GD, GB	5	İnsan Faaliyetlerine Mesafe	Yola Yakınlık (m)	0 – 100	5
			Batı	4			100 – 200	4
			Doğu	3			200 – 300	3
			KB, KD	2			300 – 400	2
			Kuzey, Düz	1			400 >	1
	İnsan Faaliyetlerine Mesafe	Yerleşim Yerlerine Yakınlık (m)	0 – 100	5	İklim	Sıcaklık	< 10	3
			100 – 250	4			10-20	4
			250 – 500	3			20 >	5
500 – 750			2	Nem			0 -30	5
750 >			1				30 – 60	4
						60 >	3	
						Yağış	0 – 30	5



Şekil 3 Alt kriter haritalarının sınıflandırılması ve birleştirilmesi

Bu çalışma kapsamında belirlenen kriterlerin birbirine etkilerine göre 1-9 arasında uzman görüşü ve literatür dikkate alınarak puanlanmıştır ve AHS modeli ile kriter ağırlıkları belirlenmiştir (Tablo 3). Yapılan işlemlerin tutarlılık değerleri hesaplanmıştır. Tutarlılık değeri 0,038'dir. Saaty (1980)'e göre hesaplama sonucu 0,10'dan küçük ise karşılaştırma matrisi tutarlıdır. Bu sonuç çalışmada kullanılan kriterlerin ağırlık değerlerinin tutarlı olduğunu göstermektedir.

Tablo 3 AHS modeli ile belirlenen kriter ağırlıkları

Kriter	Bitki Örtüsü	Eğim	Yükseklik	Bakı	Yerleşim	Tarım	Yol	Sıcaklık	Nem	Yağış	Rüzgâr
Kriter Ağırlığı	0,216	0,032	0,022	0,151	0,151	0,032	0,051	0,155	0,058	0,046	0,086

Risk haritalarının üretilmesinde son aşama, kriterlerin ağırlıklarına göre çakıştırılmasıdır. Çalışmanın önceki aşamalarında her bir kriterin alt kriteri için yapılan risk derecelendirilmesine (1-5 arasında) göre yeniden sınıflandırılmıştır. Bu aşamada her bir kritere ait belirlenen kriter ağırlıkları kullanılarak bu

çalışmadaki orman yangını riski formülize edilmiştir (Denklem 1). Böylelikle çalışma alanına ait risk haritaları tüm aylar için (Ocak-Aralık) elde edilmiştir.

$$\begin{aligned} \text{Risk} = & \text{Bitki örtüsü} * 0,216 + \text{eğim} * 0,032 + \text{yükseklik} * 0,022 + \text{bakı} * 0,151 \\ & + \text{yerleşim} * 0,151 + \text{tarım} * 0,032 + \text{yol} * 0,051 + \text{sıcaklık} * 0,155 + \text{nem} * 0,058 \\ & + \text{yağış} * 0,046 + \text{rüzgâr} * 0,086 \end{aligned} \quad \text{Denklem 1}$$

3.2. Orman Yangını Risk Analizi

Çalışma alanına ait orman yangını risk haritaları tüm aylar için oluşturulmuştur. Bitki örtüsü, topografya, insan faaliyetlerine mesafe ve iklim kriterlerini kapsayan on bir alt kriter bir arada değerlendirilmiş ve çok kriterli karar verme yöntemlerinden AHS'nin CBS ortamında uygulanması ile risk haritaları oluşturulmuştur. Haritalar en yüksek risk 5 olacak şekilde sınıflandırılmıştır (Şekil 4 ve 5). Bu çalışmada incelenen yangınların değerlendirmesi sırasıyla aşağıdaki gibidir.

İmamoğlu/Adana Orman Yangını: 2021 yılı Temmuz ayında Aladağ ilçesinde ormanlık alanda başlayan ve rüzgârın etkisiyle İmamoğlu ilçesine sıçrayarak büyük hasar veren yangın meydana gelmiştir. Bu çalışma sonucunda elde edilen risk haritalarına göre İmamoğlu ilçesinde orman yangını riski Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında yüksektir. İlçe Çukurova'nın kuzeyindeki ovalık Alanlar üzerine kurulmuştur. İlçenin tüm yüzölçümü 424 km²'dir. Bu alanın %82'lik kısmı tarım arazisidir. Tarım arazilerinin %57'lik kısmı tamamen ova geriye kalan %43'lük kısmı %10- %15 eğimli ve hafif engebeli arazilerden oluşmaktadır. İnsan etkinliklerinin fazla olduğu tarım arazilerinin bulunduğu alanlar riski artırmaktadır. Bunun yanında ilçede görülen tipik Akdeniz iklimi nedeniyle yazlar sıcak ve kurak geçerken kışlar ılık ve yağışlıdır. İlçede maki ve çalılıklardan oluşan maki tipi bitki örtüsü görülmektedir.

Kozan/Adana Orman Yangını: 2021 yılı Temmuz ayında Kozan ilçesinde tanıkların ifadesine göre barajın kenarında çıkan küçük bir ateşin rüzgârın etkisiyle büyümesiyle ciddi hasarlara neden olan orman yangını yaşanmıştır ([URL.1](#)). Çalışma neticesinde Kozan ilçesinde orman yangını riski en fazla Haziran ayında, daha sonra ise Temmuz ve Ağustos aylarında görülmektedir. Anti Torosların eteğinde konumlanmış olan Kozan ilçesinde yağmurlu kış ayları ile sıcak ve luru yaz aylarının görüldüğü Akdeniz iklimi hüküm sürmektedir. Eteğinde olduğu Toros dağları bölgenin kuzeyinden gelen serin rüzgârların ilçeye ulaşmasını engellediği için yaz aylarında (Temmuz ve Ağustos) yaylaya çıkma ihtiyacı hissedilir (Kozan Belediyesi, 2023). Yörede dağlık kesimin alçak

yamaçlarında maki türü bitkiler görülür. Riskin fazla bulunduğu dağlık alanlarda yüksek kesimlerine doğru ormanlar görülür.

Manavgat/Antalya Orman Yangını: 2021 yılı temmuz ayında 4 ayrı noktada çıkan ve poyrazın etkisiyle hızla yayılan orman yangını meydana gelmiştir ([URL.2](#)). İlçede risk en fazla yaz aylarında olmakla birlikte iğne yapraklı orman alanlarında yüksek risk grubu görülmektedir. İlçe merkezinde rakım 110 m olup Manavgat ilçesinde ortalama sıcaklıkların en yüksek değerleri Temmuz ve Ağustos aylarında görülür. İlçede Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları kurak; aralık, ocak ve şubat ayları ise bol yağışlı geçmektedir.

Marmaris/Muğla Orman Yangını: 2021 yılı temmuz ayında 2 çocuğun çıkardığı tespit edilen ve şiddetli rüzgârın etkisiyle yayılan orman yangını meydana gelmiştir ([URL.2](#)). İlçede en yüksek risk grubu (5) en fazla Mayıs, Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında görülmektedir. İlçede en fazla yağış kış mevsiminde (Aralık) gerçekleşirken, en az yağış yaz mevsiminde (Temmuz) gerçekleşmektedir. İlçenin bitki örtüsü Akdeniz makisi ve ormandır. İlçenin %80 'i ormanlık alandan oluşmaktadır.

Yahyalı/Kayseri Orman Yangını: 2021 yılında ormanlık alanların ziyaretçi merkezi girişi yakınında belirlenemeyen nedenle orman yangını çıkmıştır ([URL.3](#)). Yüksek risk grubunun (5) yaz aylarında fazla olduğu Yahyalı ilçesinde karasal iklim görülmektedir ve bununla beraber özellikle güneyindeki rakımı düşük ormanlık bölgede Akdeniz iklimi görülmektedir.

Aydıncık/Mersin Orman Yangını: 2021 yılı Temmuz ayında bilinmeyen bir nedenle Kızılcım ormanlarında çıkan ve rüzgârın etkisiyle geniş alanlara yayılan orman yangınları yaşanmıştır. Aydıncık ilçesi, Orta Torosların Akdeniz'e inen kolları üzerinde yerleşmiştir. Dağ ve deniz arasına sıkışmış bir ilçe olan Aydıncık'ın arazi yapısı son derece engebeli ve dağlıktır. Aydıncık'ın iklimi Akdeniz iklimidir (KTB, 2023). İlçenin sıcaklığı yaz aylarında 25 °C ve üstünü görürken, yağışların azalması ilçede kurak bir yaza neden olmaktadır. Aydıncık ilçesinde Orman yangını açısından en riskli aylar Mayıs, Temmuz, Haziran ve Eylül'dür.

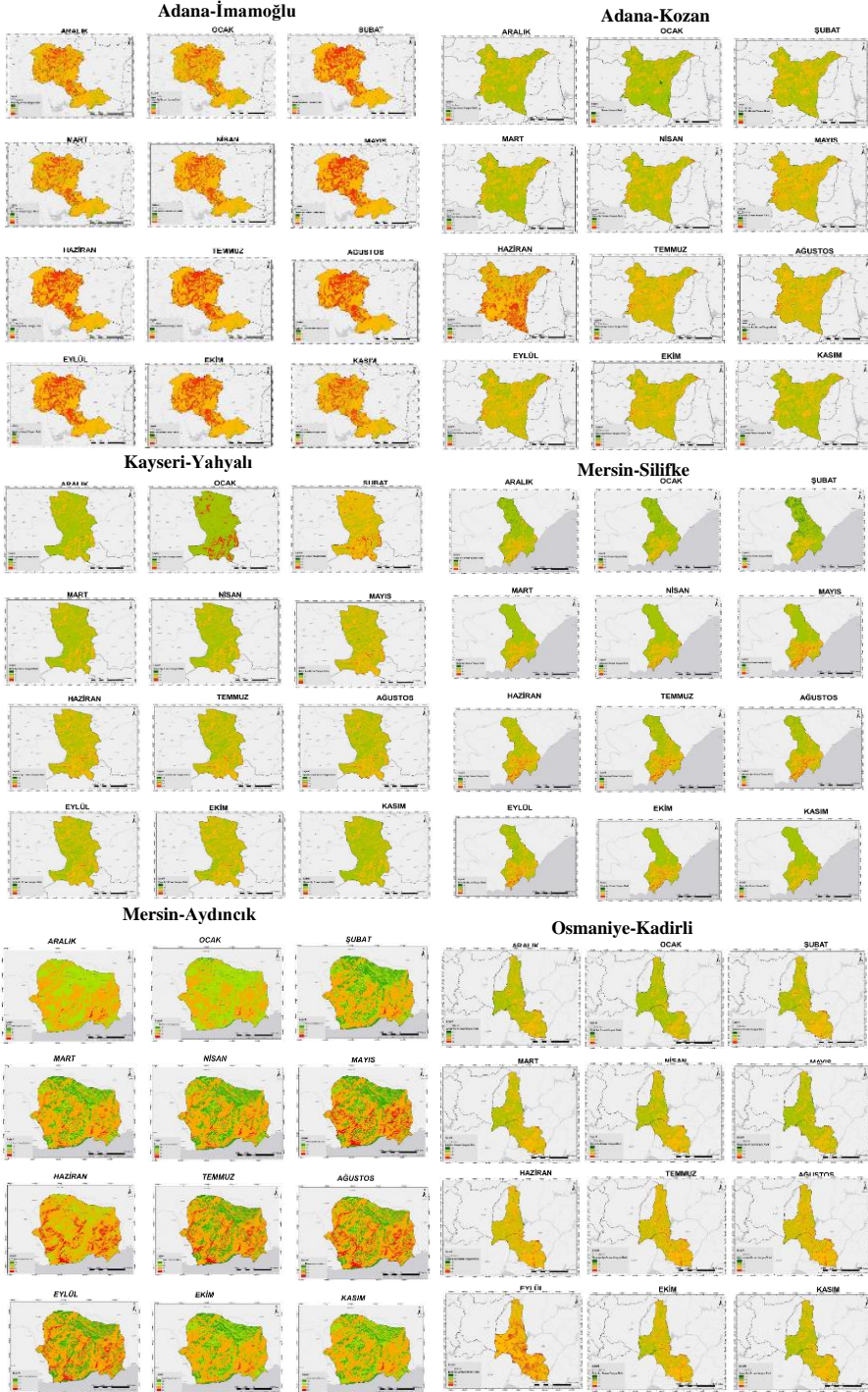
Silifke/Mersin Orman Yangını: 2021 yılı Temmuz ayında orman alanlarında çıkan ve 3 mahalleye sıçrayarak rüzgâr nedeniyle etkisini artıran yangınlar yaşanmıştır. Çalışma neticesinde ilçede orman yangını açısından en riskli ay Temmuz olarak bulunmuştur. Risk en çok ilçenin %89'unu kaplayan dağlık alanların yoğun olduğu güney bölgesinde görülmektedir.

Bodrum/Muğla Orman Yangını: 2021 yılı Temmuz ayında ormanlık alanda başlayan ve yerleşim alanlarını içine alarak rüzgâr nedeniyle etkisini artıran yangınlar yaşanmıştır. Bodrum ilçesinde risk en fazla ortalama sıcaklık değerlerinin görüldüğü Temmuz ve Ağustos aylarındadır. İlçede Haziran, Temmuz ve Ağustos ayları kurak; Aralık ve Ocak ayları ise bol yağışlı geçmektedir.

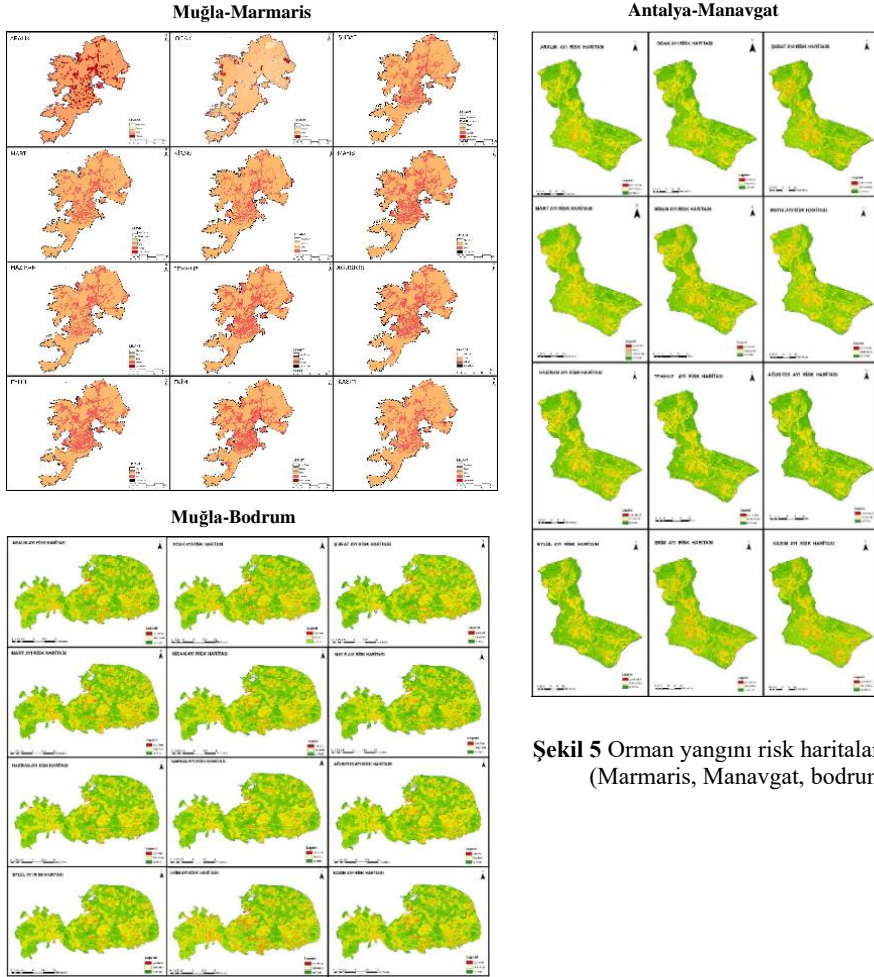
Osmaniye-Kadirli Orman Yangını: 2021 yılı Temmuz ayında orman alanlarında başlayan ve rüzgâr etkisiyle büyüyen yangınlar meydana gelmiştir. Çalışma neticesinde ilçede en yüksek risk Eylül ayında bulunmuştur. İlçede uzun yıllar (1987-2022) en yüksek sıcaklık (45 °C) Eylül ayında görülmüştür (MGM, 2023). İlçenin üçte biri dağlık üçte ikisi ise ovalıktır.

2021’de eş zamanlı birden çok noktada çıkan orman yangınlarının çıkması yangın öncesi hava koşullarıyla yakından ilişkilidir. 29 Temmuz’dan önce Türkiye’nin kuzeyindeki çok şiddetli yağışlar nedeniyle sel felaketleri yaşanmıştır. Bu yağışlardan sonra ülkenin kuzeyinden esen serin ve kuru rüzgarların Akdeniz ve Ege bölgelerindeki sıcak havayla karşılaşması sonucunda rüzgar hızını artırmış ve fırtına derecesinde hava akımları oluşturmuştur. Kuzey’den nemli bir şekilde gelen hava akımları İç Anadolu’da tamıyla kuruyarak Akdenize ulaşmıştır. Yüksek şiddetli poyrazın etkisiyle bağıl nem de %10’un altına düşerek bitki örtüsünün daha da kurak hale gelmesine neden olmuştur. Poyrazlı hava akımlarının yanında Basra Alçak Basınç Merkezi ve Kuzey Afrika kökenli Eyyamı Bahur olarak adlandırılan çöl sıcaklıklarının aynı dönemde Türkiye’nin güneybatısında kesişmesi sonucunda tam kuraklık koşulları oluşmuştur (Bilgili, 2021; Güngöroğlu, 2021). 2021 orman yangınlarında meteorolojik ve iklimsel parametrelerin yanında, bitki örtüsü, topografya ve insan etkinliklerine yakınlık gibi parametrelerin de kritik önemi olduğu söylenebilir (OGM, 2023). Son yıllarda ulaşım olanaklarının artmasıyla orman ekosistemlerinde insan etkinlikleri (dinlenme, gezinti, eğlenme ve avlanma gibi) yoğunlaşmıştır. Diğer yandan turizm bölgelerinin yangına hassas orman alanlarıyla iç içe girmesi, ziyaretçilerin orman derinliklerine kolayca ulaşabilmelerine neden olmuştur. Orman alanlarını etkileyen politik ve siyasi kararlar da orman yangınlarının başlangıcında, müdahalesinde ve iyileştirilmesi aşamalarında sorunlar yaratmaktadır. Bu konuda çıkan çeşitli kanun ve yönetmelikler bağlamında yapılan hukuksal düzenlemelerle orman sınırlarının niteliği değiştirilmiştir. Niteliği değişen orman alanları, bu alanlardan rant elde etmek isteyen kişilerde beklentilere yol açmıştır. Bir diğer mesele de ormanların yoğun olduğu Akdeniz ve Ege Bölgesinde yer alan orman köylerinin Büyükşehir Yasası’yla mahalle dönüşmüş ve orman köylüsü olma niteliğini kaybetmesi ve bu durumun Orman-Halk ilişkilerinde olumsuzluklar yaratmasıdır (Sabuncu & Kaplan, 2021).

Daha önceki yıllar ile bu yangınları karşılaştırıldığında bazı farkların olduğu görülmektedir. Bu farklar, Geçmiş yıllarda yaşanan yangınlara göre oldukça geniş alanları etkilemesi ve kırsal Yerleşim alanlarında çok büyük tahribatlara neden olmasıdır. Bu yangınlarda doğal orman varlığına bağlı ekosistem bileşenleri çok büyük zararlar görmüştür. Bir diğer önemli fark da son birkaç yıldır yangın söndürme organizasyonunda yaşanan kapasite eksikliklerinin ortaya çıkmasıdır (Güngöroğlu, 2021).



Şekil 4 Orman Yangını Risk Haritaları (İmamoğlu, Kozan, Yahyalı, Silifke, Aydıncık, Kadirli)



Şekil 5 Orman yangını risk haritaları (Marmaris, Manavgat, bodrum)

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, 2021 yılında orman yangınlarının yaşandığı Ege ve Akdeniz kıyılarında yer alan 9 ilçeye (Adana-İmamoğlu, Adana-Kozan, Adana-İmamoğlu, Antalya-Manavgat, Kayseri-Yahyalı, Mersin-Aydıncık, Mersin-Silifke, Muğla-Bodrum, Muğla-Marmaris, Osmaniye-Kadirli) ait tüm aylar için (Ocak-Aralık) orman yangını risk haritaları ÇKKVY'nden AHS modeli kullanılarak CBS ortamında oluşturulmuştur. Çalışmada orman yangına neden olan doğal ve beşerî kriterler bir arada incelenmiştir. Bu çalışma neticesinde:

- Orman yangını riski en yüksek sıcaklıklar ile minimum bağıl nemin görüldüğü yaz aylarında en yüksektir.

- Yüksek rüzgâr hızının yangının oluşmasında ve yayılmasında tetikleyici rolü vardır.
- Alanın eğimi yaygının yayılmasında ve ayrıca topografyadan dolayı oluşacak vadi etkisiyle rüzgârın yönlenmesinde belirleyici olduğundan çalışma alanının topografyası, yangın koşullarını oluşturan hava koşullarında kritik bir öneme sahiptir.
- Orman alanlarına yakın bulunan yerleşim (turistik alanlar), tarım ve yol alanları gibi beşerî etkenler yangın riskini artıran en önemli parametrelerdendir.
- İnsan etkinliklerinin yoğun olduğu yerleşim alanları yangın riskinin düşük olduğu yüksek rakımlı alanlarda kurulmuş olsa bile yerleşim alanlarının çevresinin yer yüzü şekillerinden (Toros Dağları gibi) dolayı yangın koşullarının oluşma riski artabilir ve bu da yangın riskini yükseltir.

Orman yangınları meteorolojik kökenli bir doğal afet olarak tanımlanır. Ancak beşerî etkenler çoğunlukla tahmin ve kontrol edilememektedir. Beşerî yani insan etkisinin en etkili ve yıkıcı olduğu zamanlar doğal olarak en kırılgan olunan zamandır. Bu nedenle doğal ve beşerî etkenlerin bir arada değerlendirilerek oluşturulacak yangın risk analizi çalışmaları orman yangınlarının önlenmesinde çok daha faydalı olacaktır.

KAYNAKÇA

- Akıncı, H., Özalp Yavuz, A., & Turgut, B. (2012). AHP yöntemi ile tarıma uygun alanların belirlenmesi.
- Alan, M. (2021). Editörden. Orman ve Av, 1.
- Alkayış, M. H., Karslıoğlu, A., & Onur, M. İ. (2022). Muğla ili Menteşe yöresi orman yangını risk potansiyeli haritasının coğrafi bilgi sistemleri ile belirlenmesi. *Geomatik*, 7(1), 10-16.
- Baltacı, U., & Yıldırım, F. (2020). Muğla Orman Bölge Müdürlüğü'nde orman yangını riskinin çok kriterli analizi ve haritalandırılması. *Ormancılık Araştırma Dergisi*, 8(1), 1-11.
- Bedia, J., Herrera, S., Camia, A., Moreno, J. M., & Gutiérrez, J. M. (2014). Forest fire danger projections in the Mediterranean using ENSEMBLES regional climate change scenarios. *Climatic Change*, 122, 185-199.
- Bilgili, E. (2021). 2021'de Orman Yangınları. 12 17, 2023 tarihinde Türk Kızılay: <https://yillik.kizilayakademi.org.tr/2021de-orman-yanginlari/> adresinden alındı
- Boğaziçi Üniversitesi. (2023). Orman Yangınları Sebepleri Ve Sonuçları. 12 17, 2023 tarihinde iklimBU: <http://climatechange.boun.edu.tr/orman-yanginlari-sebepleri-ve-sonuclari/> adresinden alındı
- Copernicus. (2023). Erişim (2.11.2023): <https://land.copernicus.eu:https://land.copernicus.eu/pan-european/corine-land-cover>
- Coşkun, M., & Toprak, F. (2023). Coğrafi bilgi sistemleri (CBS) tabanlı orman yangını risk analizi: Bartın İli örneği. *Geomatik*, 8(3), 250-263.
- Çalışkan, A. (2021). Yangın Geçirmiş Kızılcım Ormanlarında Uygulanacak Silvikültürel Teknikler. *Orman ve Av*, 8-13.
- Çanakçıoğlu, H. (1993). Orman Koruma. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Yayınları.
- Çevre Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı. (2023). 16.1 Orman Yangınları. 12 17, 2023 tarihinde Türkiye Cumhuriyeti: <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/orman-yanginlari-i-85850> adresinden alındı
- Çömert, R., Matci, D. K., & Avdan, U. (2019). Object based burned area mapping with random forest algorithm. *International Journal of Engineering and Geosciences*, 4(2), 78-87.
- Dong, X. U., Li-min, D. A. I., Guo-fan, S., Lei, T., & Hui, W. (2005). Forest fire risk zone mapping from satellite images and GIS for Baihe Forestry Bureau, Jilin, China. *Journal of forestry research*, 16(3), 169-174.
- EFFIS. (2023). Forest Fires in Europe, Middle East and North Africa 2022. European Commission. doi: doi:10.2760/348120

- Erdoğan, A. (2019). Yangın riski taşıyan orman alanlarında uygulanan yangın koruma çalışmalarının CBS teknikleri ile planlanması (Master's thesis, Bursa Teknik Üniversitesi).
- Eroğlu, V. (2021, 09 09). KIZILÇAM ORMANLARI... <https://www.veyseleroglu.com.tr/haberler/kizilcam-ormanlari> adresinden alındı
- ESA. (2021, 07 30). Smoke billows from fires in Turkey. https://www.esa.int/ESA_Multimedia/Images/2021/08/Smoke_billows_from_fires_in_Turkey adresinden alındı
- Gigović, L., Jakovljević, G., Sekulović, D., & Regodić, M. (2018). GIS multi-criteria analysis for identifying and mapping forest fire hazard: Nevesinje, Bosnia and Herzegovina. *Tehnički vjesnik*, 25(3), 891-897.
- Goldammer, J. G., & Nikolov, N. (2009, October). Climate change and forest fires risk. In *Proceedings of the European and Mediterranean Workshop, Climate change impact on water-related and marine risks*, Murcia (Spain) (pp. 26-27).
- Gündoğmuş, Y. N. (2022, 02 03). 2021 farklı doğal afetlerin yaşandığı bir yıl oldu. Anadolu Ajansı: <https://www.aa.com.tr/tr/cevre/2021-farkli-dogal-afetlerin-yasandigi-bir-yil-oldu/2492758> adresinden alındı
- Güngöroğlu, C. (2021). Büyük Orman Yangınlarına Türkiye Açısından Bakış. *Orman ve Av*, 28-31. (Boğaziçi Üniversitesi, 2023)
- Karabulut, M., Karakoç, A., Gürbüz, M., & Kızılelma, Y. (2013). Coğrafi bilgi sistemleri kullanarak başkonuş dağında (Kahramanmaraş) orman yangını risk alanlarının belirlenmesi. *Uluslararası Sosyal Araştırmalar Dergisi*, 6(24), 171-179.
- Karakuş, C. B., & Cerit, O. (2017). Coğrafi bilgi sistemi kullanılarak Sivas kenti ve yakın çevresi için yerleşim açısından en uygun alanların belirlenmesi. *Cumhuriyet Üniversitesi Fen Edebiyat Fakültesi Fen Bilimleri Dergisi*, 38(1), 131-145.
- Kozan Belediyesi. (2023). İklimi ve Bitki Örtüsü. 12 17, 2023 tarihinde Coğrafi Konum: <https://www.kozan.bel.tr/cografik-konum.html> adresinden alındı
- KTB. (2023). Coğrafi Durumu. 12 17, 2023 tarihinde Mersin İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü: <https://mersin.ktb.gov.tr/TR-73140/aydincik.html> adresinden alındı
- Lentile, L. B., Holden, Z. A., Smith, A. M., Falkowski, M. J., Hudak, A. T., Morgan, P., ... & Benson, N. C. (2006). Remote sensing techniques to assess active fire characteristics and post-fire effects. *International Journal of Wildland Fire*, 15(3), 319-345.

- Malik, T., Rabbani, G., & Farooq, M. (2013). Forest fire risk zonation using remote sensing and GIS technology in Kansrao forest range of Rajaji National Park, Uttarakhand, India. *India. Inter. J. of advanced RS and GIS*, 2(1), 86-95.
- Matin, M. A., Chitale, V. S., Murthy, M. S., Uddin, K., Bajracharya, B., & Pradhan, S. (2017). Understanding forest fire patterns and risk in Nepal using remote sensing, geographic information system and historical fire data. *International journal of wildland fire*, 26(4), 276-286.
- Mendoza, G. A., Macoun, P., Prabhu, R., Sukadri, D., Purnomo, H., & Hartanto, H. (1999). Guidelines for applying multi-criteria analysis to the assessment of criteria and indicators. The criteria and indicators toolbox series No. 9. Center for International Forestry Research (CIFOR), Jakarta, Indonesia.
- Nikhil, S., Danumah, J. H., Saha, S., Prasad, M. K., Rajaneesh, A., Mammen, P. C., ... & Kuriakose, S. L. (2021). Application of GIS and AHP method in forest fire risk zone mapping: a study of the Parambikulam tiger reserve, Kerala, India. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, 5(1), 14.
- Nuthammachot, N., & Stratoulis, D. (2021). A GIS-and AHP-based approach to map fire risk: a case study of Kuan Kreng peat swamp forest, Thailand. *Geocarto International*, 36(2), 212-225.
- OGM. (2023). Ormancılık İstatistikleri. 12 06, 2023 tarihinde T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Orman Genel Müdürlüğü: <https://www.ogm.gov.tr/tr/e-kutuphane/resmi-istatistikler> adresinden alındı
- Ozturk, M., Gucl, S., Kucuk, M., & Sakcali, S. (2010). Forest diversity, climate change and forest fires in the Mediterranean region of Turkey. *Journal of environmental Biology*, 31(1), 1.
- Pradhan, B., Suliman, M. D. H. B., & Awang, M. A. B. (2007). Forest fire susceptibility and risk mapping using remote sensing and geographical information systems (GIS). *Disaster Prevention and Management: An International Journal*, 16(3), 344-352.
- Saaty, T. (1980, November). The analytic hierarchy process (AHP) for decision making. In Kobe, Japan (Vol. 1, p. 69).
- Sabuncu, R., & Kaplan, S. (2021). Orman Yangınları Üzerine Görüş ve Öneriler. *Orman ve Av*, 37-41.
- Sakellariou, S., Tampekis, S., Samara, F., Flannigan, M., Jaeger, D., Christopoulou, O., & Sfougaris, A. (2019). Determination of fire risk to assist fire management for insular areas: the case of a small Greek island. *Journal of Forestry Research*, 30(2), 589-601.
- Sarri, D., A. C., Angelonidi, E., Koutsias, N., Fulé, P. Z., & Arianoutsou, M. (2014). Increasing extremes of heat and drought associated with recent

severe wildfires in southern Greece. Regional Environmental Change, 1257–1268. Saaty, T. (1980, November). The analytic hierarchy process (AHP) for decision making. In Kobe, Japan (Vol. 1, p. 69).

Tavşanoğlu, Ç. (2021). Kızılçam (Pinus brutia) Ormanlarının Yangın Sonrası Doğal Onarımı ve Ormanların Geleceği İçin Öneriler. Orman ve Av, 14-17.

Tezcan, B., & Tamer, Eren. (2023). Orman yangınına sebep olan kriterlerin bulanık ortamda değerlendirilmesi. Politeknik Dergisi, 1-1.

TMMOB İzmir İl Koordinasyon Kurulu. (2021). TMMOB İzmir İl Koordinasyon Kurulu Basın Açıklaması. Orman ve Av, 5-7.

Trouet, V., Taylor, A. H., Carleton, A. M., & Skinner, C. N. (2009). Interannual variations in fire weather, fire extent, and synoptic-scale circulation patterns in northern California and Oregon. Theoretical and Applied Climatology-95, 349-360.

URL.1 Çelik, C., & Serintürk, Y. (2021, 07 29). *Bir acı tablo daha... Bu görüntüler de Adana Kozan'daki yangından.* 12 19, 2023 tarihinde Hürriyet:

<https://www.hurriyet.com.tr/gundem/bir-aci-tablo-daha-bu-goruntuler-de-adana-kozandaki-yangından-41861924> adresinden alındı

URL.2 Sabah. (2021, 07 31). *Son dakika haberler: Antalya Manavgat'ta orman yangını neden çıktı? Antalya Manavgat yangını sabotaj mı, kaza mı?* 12 19, 2023 tarihinde <https://www.sabah.com.tr/gundem/2021/07/31/manavgatta-yangin-neden-cikti-sabotaj-mi-kaza-mi> adresinden alındı

URL.3 İHA. (2021, 07 28). *Kayseri'de orman yangını: Havadan karadan müdahale ediliyor.* Yenişafak: <https://www.yenisafak.com/gundem/kayseride-orman-yangini-havadan-karadan-mudahale-ediliyor-3674791> adresinden alındı

Bölüm 11

Türkiye’de Sürdürülebilir Balıkçılık Hakkında Bir Değerlendirme

Fahrettin YÜKSEL¹¹
Mehmet Zülfü ÇOBAN²

1. Giriş

Balıkçılık, çok eski zamanlardan beri insanlar için gıda ve istihdam sağlayan ve bu aktivite ile uğraşanlar için de ekonomik fayda temin eden temel kaynaktır. Balıkçılık kaynakları yenilenebilir kaynaklar olmalarına rağmen, sonsuz değildirler. Su ürünleri avcılığı, diğer tarımsal faaliyetlerde de olduğu gibi, ekosistem ve insan üzerinde belirli bir etkiye sahiptir. Önemli olan husus, su ürünleri avcılık sektörünün, global istihdama, hayvansal protein teminine ve ekosisteme tahrip edici etki yapmaksızın çevreyle dost şekilde devamının sağlanmasıdır. Avcılıkla neden olunan değişiklikler de dâhil olmak üzere ekosistemde insanın neden olduğu bütün değişiklikler şimdiki ve gelecek neslin refahını tehlikeye atmaktadır. Bugünkü balık avlama endüstrisi, ekosistemlerin üretebileceği balık miktarından daha fazla miktardaki balığı avlayabilecek kapasiteye sahiptir (Seçer ve ark., 2010).

Balıkçılık faaliyeti de diğer ekonomik faaliyetler gibi insanlar veya ekosistem üzerine etki yapar. Ancak önemli olan avcılık faaliyetinin insan üzerine fayda etkisinin yüksek, çevreye olan olumsuz etkisinin ise en düşük kılınmasıdır. Bu şekilde sürdürülebilir gelişmenin hedeflerinden çoğu, balıkçılık sektörünün amaçlarıyla (doğal habitatın korunması ve balık stoklarının sürdürülmesi gibi) uyumlu olacaktır. Sürdürülebilir gelişmenin diğer hedefleri bazı sınırlar koyabilir. Avcılık da konulan bu sınırlar içerisinde kendi kurallarını koyacaktır. Örneğin; endemik deniz kuşlarını koruma ihtiyacı belirli avlama metodlarının kısıtlanmasına yol açabilir ve bir endüstri grubunun sürdürülebilir gelişmesini sınırlayabilir (Seçer ve ark., 2010).

Üç tarafı denizlerle çevrili bir yarımada konumunda olan Türkiye’nin 8333 km²’lik kıyı şeridi ve 177.714 km uzunluğunda nehirleri bulunmaktadır. Deniz ve iç su kaynaklarımızın toplam yüzey alanı 25 milyon hektardır; bu rakam

1- ¹Prof. Dr.; Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Avlama ve İşleme Teknolojisi Bölümü. fahrettinyuksel@munzur.edu.tr ORCID No: 0000-0001-7015-4564

2- Doç. Dr.; Fırat Üniversitesi Keban Meslek Yüksekokulu Gıda İşleme Teknolojisi Bölümü. mzcoban@firat.edu.tr ORCID No: 0000-0002-5645-5456

Türkiye'deki toplam tarım alanlarına yakındır. Bu nedenle balıkçılık kaynaklarının etkin kullanımı büyük önem taşımaktadır. Denizlerimiz ve iç sularımızın birbirlerinden farklı ekolojik özellikleri, biyo çeşitliliğin yüksek olmasını sağlamıştır. Ülke sularında yaklaşık 500 tür bulunmakta ve yaklaşık 100 farklı türün ekonomik üretimi yapılmaktadır (Küçükoğlu, 2012).

2. Sürdürülebilir Balıkçılık

2.1. Dünyada ve Türkiye'de Su Ürünlerinin Durumu

Dünya toplam su ürünleri üretimi (avcılık ve yetiştiricilik) genel olarak son yüz yılda devamlı artış göstermiştir. 1910 yılında 4 milyon ton olan dünya su ürünleri üretimi, 2008 yılında 142,3 milyon tona ulaşmıştır. Dünya su ürünleri üretiminin yaklaşık %63'ü avcılık, %37'si ise yetiştiricilik üretimine karşılık gelmektedir. Dünya'da su ürünleri yetiştiriciliği hızlı bir şekilde artmaktadır. 1950 yılında 1 milyon tonun altında olan su ürünleri yetiştiricilik üretimi 2008 yılında 52,6 milyon tona yükselmiştir. 6,591 milyar kişi olan dünya nüfusu esas alındığında, dünya'da kişi başına su ürünleri tüketimi 2008 yılında 16,8 kg/kişi/yıl olmuştur. Çin'in 2008 yılı avcılık üretimi 14,8 milyon ton, yetiştiricilik üretimi ise 32,7 milyon ton olmak üzere toplam 47,5 milyon ton üretim gerçekleşmiştir. Bu üretim 2008 yılında avcılıktan elde edilen dünya üretimi olan 142,3 milyon tonun %33'üdür. Çin'de 2008 yılı kişi başına su ürünleri tüketimi (26,6 kg/kişi/yıl) dünya ortalamasının iki katına yakındır. 2008 yılı verilerine göre Çin'den sonra dünya sıralamasında 7,4 milyon ton ile Peru ikinci sırada, AB-27 ülkelerinin üretimi ise 6,4 milyon ton ile üçüncü sırada yer almaktadır. Avrupa Birliği'ne üye olan 27 ülke dikkate alındığında yıllık su ürünleri üretiminin ve tüketiminin ülkelere göre büyük farklılıklar gösterdiği görülmektedir. 2007 yılı verilerine göre AB-27 ve aday ülkeler arasında en fazla su ürünleri üretimi İspanya'da gerçekleşmekte, bu ülkeyi Danimarka, Fransa ve İngiltere izlemekte, ülkemiz 7. sırada bulunmaktadır. Dünya ülkeleri su ürünleri tüketimleri dikkate alındığında en fazla tüketim İzlanda'da gerçekleşmektedir. İzlanda'da 91,4 kg/kişi/yıl olan tüketim, dünya ortalaması olan 16,8 kg/kişi/yıl'ın 5,5 katıdır. Yıllık kişi başı su ürünleri tüketimi Japonya'da 65,5 kg, Norveç'te 47,4 kg, Çin'de 26,6 kg, ABD'de 23,8 kg, Kanada'da 23,1 kg, Peru'da 20,3 kg ve Rusya Federasyonu'nda 17,7 kg olarak bildirilmektedir (Anonim, 2011). Türkiye'de ise kişi başına balık tüketimi yılda 8 kg seviyesindedir (Anonim, 2011).

Denizlerdeki avcılıkla elde edilen üretim dikkate alındığında 2007 yılı verilerine göre en fazla üretimin 48,3 milyon ton ile Büyük Okyanus'ta gerçekleştiği, bunu 19,6 milyon ton ile Atlantik Okyanusu ve 10,2 milyon ton ile Hint Okyanusu'nun izlediği görülmektedir. Bu üç deniz 78,2 milyon ton üretim ile avlanan balıkların %86,8'ini sağlamaktadır (Anonim 2011).

Dünya’da doğal stokların giderek azalması ve hızla artan nüfusun protein ihtiyacının karşılanması ihtiyacı kültür balıkçılığının önemini artırmıştır. FAO’ya göre yetiştiricilik sektörü son on yıl içerisinde yılda ortalama yüzde 6,6 oranında büyümüş ve dünya çapında en çok gelişen gıda üretim sektörü olmuştur. Mevcut durumda küresel su ürünleri üretiminin yüzde 37’si yetiştiricilikle sağlanmakta olup, uzun vadede yetiştiricilik sektörünün üretim bakımından avcılık sektörünü geçeceği öngörülmektedir. Türkiye, AB ülkeleri içerisinde en fazla balıkçı gemisi sayısına sahip olmasına karşın, balıkçı gemisi başına üretimde beklenenin çok gerisindedir. AB ülkelerinin gemi başına avladığı su ürünü miktarı ülkemizin yaklaşık 3 katıdır. Bu durumun temel nedeni ülkemiz balıkçıların küçük boydaki (genelde 10-12 m) balıkçı gemileriyle avlanma yaparken, denizcilikte ileri gitmiş ülke balıkçıların daha büyük balıkçı gemileriyle ticari su ürünleri avcılığı yapmalarıdır. Gelişmiş ülkeler teknik donanımları yüksek balık bulucu cihazlar ve av araçları kullanarak avcılık yaptıklarından, tekne başına avladıkları balık miktarı daha yüksek olmaktadır.

AB-27 ülkelerinde su ürünleri avcılık sektöründe çalışanlar kişi başına 45,3 ton/yıl üretim yaparken, ülkemizde 2009 yılı verilerine göre deniz balıkları ve diğer su ürünleri üretimi yapan 47 413 kişi, 425 275 ton üretim gerçekleştirmektedir. Kişi başına su ürünleri üretimi 8,97 ton/yıl’dır. Bu değer AB-27 ülkelerinin yaklaşık %20’si kadardır. Diğer bir ifade ile AB-27 ülkelerinde su ürünleri sektöründe çalışanlar, ülkemizdeki çalışanların 5 katı üretim yapmaktadır (Anonim, 2011).

Türkiye’nin 2012 yılı TÜİK verilerine göre su ürünleri üretimi 2011 yılında bir önceki yıla göre %7,73 artarak toplam 703.545 ton olarak gerçekleşmiş, üretimin %61,44’ü deniz balıklarından, %6,45’i diğer deniz ürünlerinden, %5,27’si iç su ürünlerinden ve %26,83’ü yetiştiricilikten elde edilmiştir. Avcılıkla yapılan üretim 2011 yılında 514.755 ton, yetiştiricilik üretimi ise 188.790 ton olarak gerçekleşmiştir. Yetiştiricilik üretiminin %53,21’i iç sulardan, %46,79’u denizlerden elde edilmiştir. Deniz ürünleri üretiminde ilk sırayı %62,43’lük oran ile Doğu Karadeniz Bölgesi almış, bu bölgeyi %15,49 ile Batı Karadeniz, %8,20 ile Marmara %6,95 ile Ege ve %6,93 ile Akdeniz Bölgesi izlemiştir (Anonim, 2012).

Su ürünleri sektörü Türkiye’nin ihracatında oluşturacağı katma değer yönünden de büyük önem taşımaktadır. 2002-2011 yıllarında su ürünleri ihracatı yaklaşık yüzde 264 artarak 2011 yılı sonunda 448 milyon dolara yükselmiş, FAO verilerine göre Türkiye dünyada su ürünleri yetiştiriciliğinde Çin ve Hindistan’dan sonra en fazla büyüyen üçüncü ülke olmuştur (Anonim, 2012).

Türkiye 2023 yılı su ürünleri ihracat hedefini ise 3 milyar dolara çıkarmıştır. İhracattaki artışa rağmen Türkiye halen önemli oranda ithalat yapan bir ülkedir.

2010 yılında ithalatımız 80,725 ton ve 134 milyon dolar olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2011).

Ekonomik gelişme sınıfları dikkate alınmaksızın dünyadaki birçok ülke; hem ekonomik gelişme hem de şimdiki ve gelecek nesillerin sağlıklı ve refah içerisinde olabilmelerini sağlamak amacıyla avcılığın ekosistem temelli sürdürülebilirliği konusunda sosyal, ekolojik, ekonomik ve sağlık gereksinimlerini karşılayacak ve balıkçılık kaynaklarını da koruyacak ulusal stratejiler belirlemekte veya uygulamaya koymaktadırlar (Seçer ve ark., 2010). Sürdürülebilir balıkçılık ve ekosistemler önemli faydalar sağlarlar. Bu faydalar ekonomik çıktı, geçim kaynağı oluşturma, gıda güvenliği ve ekosistemin faydaları olarak sınıflandırılabilir. Balık stoklarının sürdürülebilir yönetimine geçişi gelecek nesiller için bu faydaları sürdürecektir (URL- 1, 2015).

2.2. Türkiye’de Balıkçılık Sektörü Hakkında Yapılan Çalışmalar

Harlıoğlu (2011), Türkiye’nin 2005 yılında dünya balık avcılığında 36. sırada olduğunu, dünya akuakültür uygulamasında ise 23. sırada yer aldığını belirterek ülkemizde balıkçılık sektörünün önemini vurgulamıştır. Hamsi en çok Karadeniz bölgesinde bulunduğu için, deniz ürünleri avcılığının en yoğun gerçekleştiği yerin Karadeniz bölgesi olduğunu ve akuakültür uygulamasının ise en çok Ege bölgesinde yapıldığını belirtmiştir. Harlıoğlu (2011), çalışmasında artan talep ve nüfustan dolayı yakalanan balık türünde azalma olduğunu ifade etmiştir.

Seçer ve ark. (2015), dünya balık stoklarının yaklaşık olarak %52’sinin hesaplanmaya dahil edildiğini ve değerlendirilebilen stokların ya maksimum sürdürülebilir mahsul avlanma düzeyinin sınırında ya da daha fazla olduğunu belirtmiştir. Maksimum sürdürülebilir mahsul düzeyinde avlanmanın gerçekleşmiş olması durumunda balık stoklarının geleceği tehlikeye atılmamaktadır. Bu nedenle maksimum sürdürülebilir mahsul düzeyinde avlanma, ekosistem temelli balıkçılık yönetiminin temelini oluşturmaktadır. Ekosistem temelli balıkçılık, sürdürülebilir balıkçılık yönetimini teşvik etmektedir. Ekosistem temelli balıkçılık yönetiminin başarılı olması hem balık stokları ve sürdürülebilirlik arasında dengenin oluşmasına hem de coğrafi bölgelerin yönetiminde ekonomik, sosyal ve çevresel hedeflere ilişkin kriterlerin eklenmesine bağlıdır.

Çeliker ve Korkmaz (2006), Karadeniz’de balıkçılıkla uğraşan işletmeleri sosyo-ekonomik açıdan incelemiştir ve ülkemizde balıkçılık faaliyetinde bulunan çoğu kişinin ilkökul mezunu olduğunu belirtmiştir.

Özdemir ve Dirican (2006), Muğla’da kültür balıkçılığında karşılaşılan problemleri yavru balık temininin zor olması, yüksek yem fiyatları ve yem kalitesinin yetersiz olması ile açıklamıştır.

Ulman ve ark. (2013), aşırı avlanma olgusunun nedenlerini endüstriyel gelişme, teknolojik gelişme, devletin uyguladığı sübvansiyon ve vergi indirimi gibi politikalar ile ilişkilendirmiştir. 1960 ve 1970'li yıllarda aşırı avlanma nedeniyle avlanan balık cinsinde dönüşüm yaşandığını belirtmiştir. Bu dönüşümün palamut, Atlantik uskumrusu gibi pahalı balık türlerinden hamsi, çaça gibi ucuz balık türlerinin daha çok avlanmasına yönelik olduğunu belirtmiştir.

Ulman ve ark. (2013), aşırı avlanma probleminin yanı sıra avlanılan miktar kayıtları tutulurken, gerçekte avlanılan miktarın en az %30 kadarının eksik yansıtıldığını belirtmişlerdir. Gerçekte avlanılan miktarın kayıtlara eksik geçirilmesinin nedenini ise balıkçıların gelirine ve balık satışına yansıtılan yüksek vergi ile açıklamışlardır. Bunun yanı sıra, avlanma yasakları ile ilgili kısıtlamalara uyulmaması ve balıkçılık sektörünün ülke gelirine %1'den daha az katkı sağlaması nedeniyle ihmal edilmesi ülkemiz balıkçılık sektörünün karşılaştığı problemler olarak ifade etmiştir.

Düzgüneş ve Karaçam (1991), balıkçılıkla ilgili esas problemin pazarlamadan kaynaklandığını ve ikincil önemdeki problemin ise fiyatlarda gözlemlenen dalgalanma olduğunu belirtmişlerdir.

Atay ve Korkmaz (2000), 1999-2008 yılları arasını temel alarak yapmış oldukları projeksiyonda balık ithalatının balık ihracatının yaklaşık olarak beş katına ulaşacağını belirtmişlerdir. Balıkçılık sektöründe dış ticaret dengesini sağlamak için ihracatın artırılması gerektiğini söylemişlerdir. Ülkemiz su ürünleri ihracatının artması için de balık üretiminin yetiştiricilik ve açık deniz balıkçılığı ile artırılması, kapasite kullanımını artırmak için maliyetlerin azalması ve balıkçılık sektöründeki kişi ve kurumlar için devletin destek vermesi gerektiğini belirtmişlerdir.

İhtiyatlı balıkçılık yönetimi, sürdürülebilirliği amaçlamaktadır. Bunun yanı sıra balıkların biyokütlelerinde azalma ve avlanmadan kaynaklanmayan balık ölümleri karşısında tedbir alınmasını gerektirmektedir. Kılıç (2014), ihtiyatlı balıkçılık yönetiminin hem ülkemizde hem de dünyada uygulanamama nedenlerini aşırı avlanma düzeyinin yüksekliği, avlanma ile ilgili sınırlamaların uygulanamaması ve balık stoklarını hesaplamının zor olmasından kaynaklandığını söylemiştir.

2.3. Ekosistem Temelli Balıkçılık

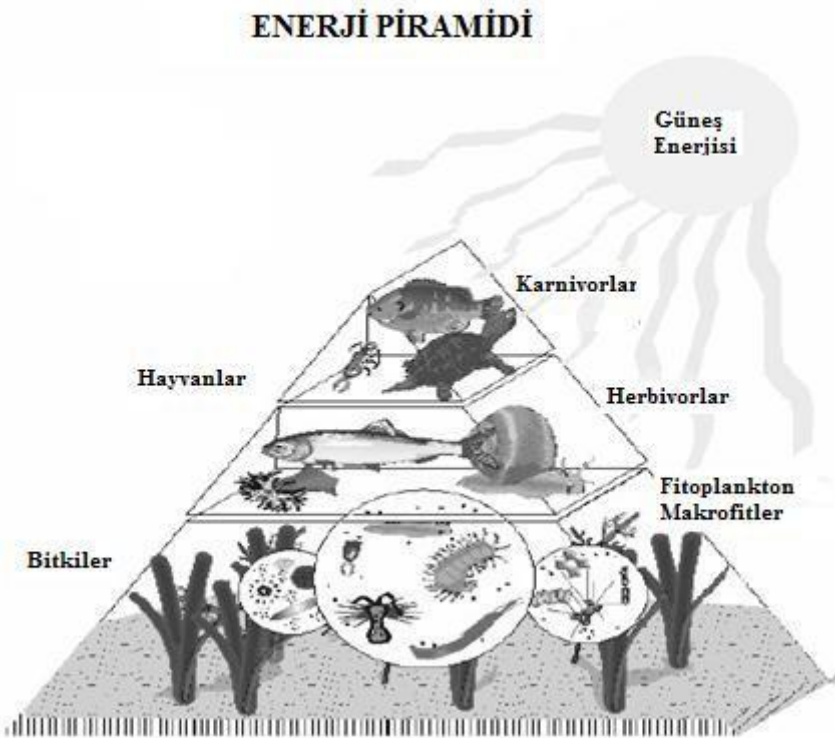
Balıkçılık yönetiminde stokların korunması kavramı doğal kaynağın en iyi ve en ekonomik şekilde insan yararına kullanılmasının bir gereği olarak ortaya çıkmıştır. Stokların korunmasındaki amaç, ekonomik su ürünleri türlerinin üreme ve verim yeteneklerinin altına düşmeden, topluma ucuz ve çeşitli su ürünlerini sağlayabilmektir. Yıllardan beri balıkçılık yönetiminin amaçları tek yönlü olarak

değerlendirilmiş ve bütün çabalar biyolojik bir varsayım olan ‘‘Maksimum Sürdürülebilir Ürün’’(MSY) üzerine yoğunlaşmıştır. Fakat son yıllarda balıkçılık yönetiminin amaçlarının biyolojik, ekonomik, sosyal ve kültürel olmak üzere 4 grupta toplanabileceği vurgulanmıştır (Atay ve Rad, 1998). Balıkçılık yönetimi değişik şekillerde uygulanan farklı modellere sahiptir. Bunlardan biri de ekosistem yaklaşımı balıkçılık yönetimidir.

Kendi kendini destekleyen bir komünitede birbirini etkileyen canlı ve cansız elemanların karşılıklı ve karmaşık ilişkilerinin tümüne ekosistem denir. Bir ekosistemin elemanları arasında enerji ve madde değişimleri kendine, öz bir yapıda meydana gelir.

Bir ekosistemin biyolojik elemanları üreticiler, tüketiciler ve ayrıştırıcılar olmak üzere üç grupta toplanır. Bu biyolojik elemanlara ek olarak sistemde, abiyotik maddeler ve enerji akışı gibi cansız fizikokimyasal çevre etmenleri de vardır (Şekil 2.1) (Tanyolaç, 2004).

Ekosistem yönetimi, ekosistemi temsil eden ekolojik sürecin sürdürülmesi, türlerin evrimsel potansiyelinin korunması, ekosistemlerde insan kullanımının yönetilmesi ve uzun vadede çevresel değerlerin korunması gibi amaçlar taşıyan bir kavramdır (Grumbine, 1994).



Şekil 2.1. Bir ekosistemde mevcut enerji dönüşüm piramidi (Browne ve ark., 2004)

Ekosistem terimi büyük olasılıkla tek tür yaklaşımı fikirlerini ya da tüm balık toplulukları ya da çoğu balık bilimci için hastalıkları anımsatmaktadır. Fakat bu kavram bu bileşenlerden daha geniştir ve ekosistem üzerindeki hareketli tüm abiyotik faktörleri ve tüm besin ağını kapsar. Bir ekosistem, kendi çevresiyle birlikte bir ekolojik topluluk birimi olarak kabul edilerek tanımlanır (Link, 2002).

Günümüzde insanlar ekosistemin en önemli bileşenlerindedirler. İnsanlar ekosistemleri kendi konumları, ekonomik üretimleri, sosyal ve sportif gibi amaçları için kullanmaktalar. Dolayısıyla ekosistem üzerindeki insanlardan kaynaklı (özellikle balıkçılıktan kaynaklı) ölüm oranları doğal ölüm oranlarından daha büyük olmaktadır.

Sucul ekosistemler yaşamı tam anlamıyla destekleyen, gezegenin büyük bölümünü kaplayan, iklim ve hidrolojik çevrimleri sağlayan alanlardır. Günümüz ve gelecek nesiller için yoksulluğu ortadan kaldırmak ve gıda amaçlı destek sağlamak için ekosistemlerin biyoçeşitliliğinin ve gerçek değerlerinin korunması ve de sürdürülebilir kullanım refahının sağlanması gerekmektedir.

Olası birçok faktör arasında iki ya da üç büyük neden bazı sorunlara tamamıyla hitap etmemektedir. Birden fazla ve karmaşık ekosistem dinamiklerinin ilki doğaldır ve özellikle de öngörülebilirlik noktasında zorlukla açıklanabilir. İkincisi (sık sık gözden kaçan) bazı meselelerin ifadesinin birkaç bilim dalını birlikte ilgilendirdiğinden açıkça adlandırılmaktan yoksun olmalarıdır. Bunlar özellikle ekolojik veriler, oşinografik, ihtiyolojik, sosyal ve ekonomik mozaiklerle birlikte balıkçılık yönetim operatörleridir. Bir dönem sık sık kullanılan ekosistem yönetimi terimi daha geniş sorunların çözümünde yetersizdir (Link, 2002).

Geçen yüzyıl içinde balıkçılık yöneticileri genellikle tek türlerin yönetimine odaklanmıştı. Amaç bu türlerin sürdürülebilir avcılığını sağlamaktı. Fakat balıkçılığın ekosistem üzerine önemli etkileri olabilir. Bir ekosistem yaklaşımli balıkçılık yönetimi, etkileşimleri dikkate alarak ekosistemin fiziksel, kimyasal, biyolojik ve insani özellikleri de dahil olmak üzere her parçasının sürdürülebilirliğini sağlar. Sektöre özel yönetim yaklaşımlarının aksine ekosistem yaklaşımları entegre yaklaşımlardır. Entegre yaklaşımlar birlikte kullanılır ve ulusal, bölgesel ve yerel yönetimlerin ihtiyaçlarının yanı sıra genel ve ilgili kıyı paydaşların ihtiyaçlarını da karşılar.

Sürdürülebilir balıkçılık için, balıkçılık yönetiminin gereği açıktır. Başarılı bir balıkçılık yönetiminin tesis edilmesi ve yürütülmesi her şeyden önce sağlıklı verilere bağlıdır. Herhangi bir ekosistemde ekosistem yaklaşımli

balıkçılık yönetiminin uygulanabilmesi ve desteklenebilmesi için ekosistemin kapsamı ve durumunun iyi belirlenmesi gereklidir.

Devlet göstergeleri, genellikle ekosistemin durumunu, geri bildirim amaçlı bileşenleri ve özellikleri ile yönetim hedeflerinin ne ölçüde olduğunu karşılamaktadır. Bu tür ilişkilerin tahmini ve hedeflere ulaşılmasını desteklemek esastır.

Ekosistem yaklaşımli balıkçılık yönetimi çok farklı bir yönetim tarzı olup balıkçılığı bütün bir ekosistem ile su kaynaklarının diğer kullanım alanlarıyla birlikte ele alır. Bu yönetim şekli FAO'nun önerdiği yönetim şeklidir. Bu da balıkçılık yönetiminin daha geniş sürdürülebilir kalkınma bağlamına oturtulmasını gerektirir.

Unutulmamalıdır ki, ekosistem yaklaşımli balıkçılık yönetimi ekosistemi yönetmez. Ekosisteme dahil edildiği göz önüne alındığında ekosistem üzerindeki insan aktivitelerini yönetir. Ekosistemi etkileyen insan aktiviteleri üzerine yönetim etkilerinin kontrolü ekosistem yaklaşımli balıkçılık yönetiminin amacıdır. Fakat bunun diğer ekosistem hareketlerini nasıl etkileyeceği ve insan aktivitelerinin yönetilmesinde bu etki kuvvetlerinin etkileri düşünölmelidir (Gavaris, 2009).

Ekosistem yaklaşımli balıkçılık yönetimi, balıkçılık yönetimi odaklı olarak kurulmasına rağmen yalnızca balık ve balıkçılığa değil aynı zamanda hedeflenmeyen türlere, ekosistemin doğal özelliklerine, balıkçılık-ekosistem ilişkilerine, insan unsurlarına da odaklanır (FAO, 2009). Aynı zamanda, bir ekosistem yaklaşımli balıkçılık yönetimi sadece kaynaklardan verimlilik düşüncesinin ötesine uzanan geleneksel balıkçılık yönetiminin devamlı gelişmeye ve kullanılmaya hazır olmasıyla yaşam alanlarındaki ekosistemin biyo çeşitliliğinin insan faaliyetleri karşısında birikmiş tepkisiyle ilgilenir (Gavaris, 2009).

Ekosistem yaklaşımli balıkçılık yönetiminin temel prensibi balıkçılık yönetimleri geliştirmek ve gelecek nesillerin ihtiyaçları ve istekleri için sucul ekosistemlerden sağlanan ürün ve hizmetleri tehlikeye atmadan devamlılığını sağlamaktır. Ekosistem yaklaşımli balıkçılık yönetimi belirsiz biyotik, ekosistemlerin abiyotik faktörleri ve gruplar arasındaki ilişkileri entegre bir yaklaşım uygulayarak ve farklı toplumsal hedefleri dikkate alarak ve bilgi dengesini koruyarak ekolojik olarak anlamlı sınırlar içinde balıkçılığı geliştirir.

2.4. Balıkçılık Yönetimi Uygulamaları ve Sürdürülebilir Avcılık Çabaları

Balıkçılık yönetiminde, istikrarlı balık avlama regölasyonunun oluşturulması için bazı yasaklar vardır. Av araçlarının yapısal özellikleri ile

kullanma yöntemi üzerine düzenlemeler bu kapsamdadır. Türkiye’de trol balıkçılığında kullanılan dip trol ağlarının torba ağ göz açıklığı Karadeniz’de kullanılanlarda 20 mm’den, Ege ve Akdeniz’de kullanılanlar da 22 mm’den küçük olamaz. Ayrıca torba dışına konulan muhafazanın ağ göz açıklığı ise bütün hepsinde 42 mm’den küçük olamaz. Görevlilerce, dip trol ağların markalama uygulamasında ilgili mevzuata göre belirlenen standartlara uyup uymadıkları kontrol edilir. Uygun olan trol ağı çeşitli yerlerinden markalanır. Böylece trol ağının, avcılıkta kullanılmasına izin verilmiş olur. Markalanmış trol ağı, denizde ve limandaki denetimlerde kontrol görevlilerinin işini kolaylaştırır. Ayrıca trol ağının kontrollerde her defasında veya sık sık ölçülmesine gerek kalmaz. Avcılığa gereksiz müdahaleler de önlenmiş olur (Kara, 2004).

Trol balıkçılığında, trol kapılarının ölçüleri ve ağırlığı ile özellikle torba kısmında kullanılan ağın göz açıklığı ölçüsü, verimlilik, seçicilik ve yönetim açısından önemlidir. Son yıllarda, trol ağı seçiciliğinin artırılması yönünde, çok sayıda çeşitli çalışmalar yapılmaktadır. Örneğin, torba kısmına kare gözlü ağ pencereleri ilave edilmesi, seçicilik ızgarası ve kaplumbağa dışlama düzeneklerinin donatılması alınması önerilen bazı tedbirlerdir (Hoşsucu, 1998).

Balıkçılık yönetiminde, avcılığın düzenlenmesi konusunda, av aracının takım ve operasyon sayısının sınırlandırılmasıyla ilgili önlemler de vardır. Bu yöntemde, belli av bölgelerinde av aracı sayısı önemlidir. Ayrıca kullanılacak tekne tipi, motor gücü ile ilgili sınırlamalar uygulanmaktadır. Denizlerde ve iç sularda ticari amaçlı su ürünleri avcılığını düzenleyen tebliğde, gırgır balıkçılığında ışık ile avcılığa; lamba teknesi sayısı, lamba gücü, tipi ve jeneratör gücü ile ilgili sınırlamalar mevcuttur. Bunların denetiminde markalama sistemi, etkinlik ve kolaylık sağlayacağından faydalı olacaktır. Balıkçılık yönetiminde avcılığın düzenlenmesi konusunda, minimum ağ göz açıklığı ölçüsünün saptanması ve uygulanması hususunda önlemler de vardır. Özellikle seçiciliği belirlenmiş olan galsama ve fanyalı uzatma ağlarında markalama uygulaması yapılabilir. Hedef türün avcılığı için önceden belirlenen ve uygun göz açıklığına sahip, uzatma ağları için markalama yapılır (Anonim, 2000).

Uygulamada karşılaşılabilecek problemlerin en aza indirilmesi için, ağa takılan markadan başka, özel şamandıra sistemleri geliştirilebilir. Örneğin, direkli şamandıraya belirlenecek renkte bir bayrak takılarak takım markalanır. Bir örnek ile açıklamaya çalışırsak şöyle ki; denizde dil balığı avcılığında fanyalı ağlar kullanılmaktadır. Bunların tor ağ göz açıklığı 36-38 mm’dir. Fakat daha küçük ölçülerde ağlar da kullanılmaktadır. Balıkçılarla yapılan mülakatlarda, 28 mm’lik ağlarında dil balığı avcılığında kullanıldığına dair şikayetler olmaktadır. Yapılan çalışmalar sonucu varsayalım ki, 38 mm’lik ağların kullanılması uygun görüldü, bu ağı tanımlayan bir kimlik markası takıldı. İlave olarak siyah renkli bayrak

takılı direkli şamandıra kullanma zorunluluğu getirildi. Bu işlem koruma kontrol görevlilerinin bu avcılığı izlediği izlenimi verecektir. Ayrıca balıkçılar arasında, oto kontrol isteği gelişebilir. Kooperatifin balıkçıları eğitmesi de markalamanın başarıya ulaşmasında yardımcı olacaktır. Örneğimizde 28 mm'lik ağdan tesadüfi olarak yakalanan dil balığı boyu için satış sınırlamasının getirilmesi ve bunun denetimi ile de küçük gözlü ağların kullanılmasının önüne geçilebilir. Bununla birlikte konu ile ilgili kurumlar; üniversite, araştırma enstitüleri, kontrol şubesi ve balıkçı kooperatifleri kendi aralarında tartışarak ilave markalama yöntemleri de geliştirebilirler (Kara, 2004).

Kısaca değinmek gerekirse, deniz ve iç sularda ticari amaçlı su ürünleri avcılığını düzenleyen sirkülerde deniz salyangozu algarnası, karides avcılığında kullanılan manyatlar, Marmara Denizi'nde kullanılan gırgır ağları, sürütme, uzatma ve diğer ağlarla ilgili olarak çeşitli sınırlamalar vardır (Anonim, 2000). Bu sınırlamalar için etkinliğin artırılmasında markalamanın yapılması yararlı sonuçlar verecektir.

2.5. Türk Avlama Filosunun Yapısı ve Büyüklüğü

Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre, Türkiye'de ruhsatlı 17161 adet avlama teknesi bulunmaktadır. Bu teknelerin dışında 3171 kadar balıkçı teknesinin de iç sularda faaliyet gösterdiği bilinmektedir. Ancak iç ularda çalışan teknelere ilişkin detaylı veri yoktur. 1970'li yılların başlarında su ürünleri sektörüne sağlanan çeşitli teşvik, muafiyet ve destekler sonucunda avlama filosu çok genişleyerek balıkçık kaynakları üzerinde baskı oluşturmaya başlamıştır. Tarım ve Köy işleri Bakanlığı, balıkçılık kaynakları üzerindeki aşırı av baskısının azaltmak, balıkçıların reel gelir kaybını önlemek ve sürdürülebilir avcılık sağlamak amacıyla avlama teknelerine ruhsat verme işlemini 1991 yılında durdurmuştur. Ancak 1994, 1997 ve 2001'deki kısa süreli kesintilerde ruhsatsız teknelere ruhsat alma olanağı tanınmıştır. 2001'deki kesintide, ruhsatlandırma işlemi 29 Mart 2002'ye kadar yapılan başvuruları kapsamıştır. 2008 yılı itibariyle Türkiye'de avlama ruhsatlı 140027 gerçek kişi ve 20903 tekne bulunmaktadır (Anonim 2010). TKB, 2002 yılından sonra avlama filosuna yeni tekne girişine, sadece filodan çıkan tekne yerine olmak kaydıyla izin vermiş ve yeni ruhsatlandırılan teknenin tam boyunun eski tekneninkinden %20'den fazla olmamasını istemiştir. İzin verilen %20'lik boy artışı, avlama teknesinin donanımının yapısal modernizasyonu kapsamında teknenin yaşam kalitesini iyileştirmek amacıyla verilmiş olmasına rağmen tonaj ve motor gücü artışları da olmuştur. Türk avlama filosundaki 17161 avlama teknesinin 1/3'ünden fazlası balık avcılığının yoğun olduğu Karadeniz Bölgesi'nde (6587 adet) bulunmaktadır (Anonim, 2010).

Çizelge 2.1. Türkiye’deki balıkçı teknelerinin 1970-2008 dönemindeki sayısı ve bölgelere göre dağılımı (Anonim, 2010)

Yıllar	Balıkçı Teknelerinin Bölgelere Dağılımı						Toplam
	D. Karadeniz	B. Karadeniz	Toplam	Marmara	Ege	Akdeniz	
1970	2142	629	2771	2404	820	381	6376
1975	1313	724	2037	1099	923	461	4520
1980	2201	436	2637	2148	1217	762	6764
1985	2671	688	3359	3020	1337	888	8604
1990	2604	601	3205	3089	1243	1212	8749
1995	3044	1211	4255	1901	2329	1225	9710
2000	2761	2167	4928	3006	4068	1379	13381
2001	2585	2159	4744	2733	4119	1393	12989
2002	4301	2713	7014	3238	5023	2421	17696
2003	4588	2733	7321	3007	6021	2193	18542
2004	4420	2766	7186	2951	5712	2104	17953
2005	4655	2653	7308	3090	5824	2714	18396
2006	4061	2566	6627	3050	5942	2204	17823
2007	4106	2594	6700	2982	5833	2166	17681
2008	4042	2545	6587	3077	5314	2183	17161

Balıkçı teknesi sayısında 1970 yılından 2000’li yılların başlarına kadar önemli artışlar olduktan sonra, son yıllarda sabit kalmıştır. Ancak tekne sayısı sabit kalırken, özellikle 12 m’den büyük tekneler avlama kapasiteleri (boy, motor gücü ve tonaj) bakımından büyümüşlerdir. Avlama filosunda boyu 10 m’den küçük olan tekne sayısı 2003 yılında 15467 iken, 2008 yılında 14303’e düşmüş, 20 m ve daha büyük olan avlama teknelerinin sayısı da 2003’te 572 iken 2008’de %63,41 oranındaki artışla 902’ye çıkmıştır. Avlama tekneleri içerisinde motor gücü 100 kw ve daha büyük olan tekne sayısı 2003 yılında 1873 iken, 2008 yılında 2925’e çıkmıştır. Aynı şekilde motor gücü 10 kw’dan küçük tekne sayısı 2003 yılında 7612 adet iken 2008 yılında 6141 adede düşmüştür (Çizelge 2.2). Bu iki örnek, Türk avlama filosunun gerek boy gerekse motor gücü (kw) bakımından avlama kapasitesinin büyüdüğüne işaret etmektedir. Bu artış sonuçta, balık stoklarına avlama baskısı olarak yansımayaacaktır.

Çizelge 2.2. Türkiye’deki avlama teknelerinin 2004-2008 yıllarında, motor gücü ve boy değerlerine göre dağılımı (Anonim, 2010)

Yıllar	Motor Gücü (Kw)						Toplam	Uzunluk (m)			
	0	1-9	10-19	20-49	50-99	100+		1-4,9	5-9,9	10-19,9	20+
2004	132	7612	3119	3500	1717	1873	17953	260	15467	1654	572
2005	69	7049	3770	3436	1397	2675	18396	172	15379	2018	827
2006	0	6104	3519	3446	1801	2953	17823	158	15073	1745	847
2007	0	6658	3172	3435	1802	2614	17681	226	14820	1716	919
2008	0	6141	2651	3297	2147	2925	17161	159	14303	1797	902

Boyu 20 m'den büyük olan tekneler genellikle gırgır, trol ve trol-gırgır teknesi olup, çoğunluğu ilk yapıldıkları zamanki boylarından büyüktürler. Bunların sayısında da 2005 yılına kadar artışlar olmuş, ancak bu tarihten sonra sabit kalmıştır.

Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, stokların korunması, av baskısının azaltılması ve sürdürülebilir balıkçılığın sağlanması için on metre ve üzerindeki balıkçı gemisini kendi isteği ile avcılıktan çıkararak gemi sahiplerine birtakım destekler sağlamıştır.

Teşvik, destek ve sübvansiyonlar sonucu, avcılık sektörü, avcılık ve av araç-gereci bakımından dünya standartlarını yakalamıştır. Balıkçılık kaynaklarımızla ilgili araştırmaların azlığı ve devamlı olmaması nedeniyle, avlama filomuz aşırı büyümüştür.

Avlama filosundaki büyüme, eski yılların avcılığındaki tekne başına düşen av miktarına ulaşılması için balıkçıların aşırı avcılığa yönelmesine neden olmuş ve bunun sonucunda, üretimde birkaç yıllık dönemler hâlinde dalgalanmalar olmaktadır. Balıkçılığımızda gözlenen bu durum, mevcut avlama filomuzla balıkçılık kaynaklarımızdan alınabilecek maksimum sürdürülebilir ürün (MSY) seviyesine ulaşıldığına, dünyada olduğu gibi Türkiye'de de avcılıkla elde edilen üretimi daha fazla artırma olanağı kalmadığına işaret etmektedir. Avlama filosundaki endüstriyel teknelerin avlama faaliyetini tam olarak tespit etmek gerekir. Özellikle GD, TGD, TG, TD ve GY ruhsatlı teknelerde ne zaman ve hangi türün avcılığında hangi ağın kullanıldığı önemli bir husustur (Çeliker ve Korkmaz, 2006).

2.6. Su Ürünleri Kooperatiflerinin Amaçları ve Potansiyel Faydaları

Su ürünleri kooperatifleri, balıkçılık endüstrisinin gelişimi ve balıkçıların refah seviyesinin iyileştirilmesine odaklanmış, gelir artışı, yaşam standardının artırılması ve üretimin artırılması gibi hedefler taşıyan, sektördeki avcılık, işleme, yetiştiricilik veya pazarlama faaliyetlerini yürüten ilgililerin bir araya getirdiği bir örgütlenme biçimidir. Balıkçı kooperatifleri deniz balıkçılığı, iç su balıkçılığı ve yetiştiricilik sektöründe olmak üzere dünyanın hemen her tarafında bulunmaktadır. Bu kooperatifler daha ziyade geleneksel balıkçılık ağırlıklıdır (ICA, 1995).

Kooperatiflerin esas amacı; yeteri derecede iktisadi güce sahip olmayan gerçek kişilerin meslek ve geçimlerine ait ihtiyaçlarını karşılıklı yardım, dayanışma ve kefalet suretiyle rasyonel bir şekilde ve ekonomik olarak karşılamak ve temin etmekten ibarettir. 1163 sayılı Kooperatif Kanunu, su ürünleri kooperatiflerinin amacını; her türlü su ürünlerinin istihsal, işleme,

depolama ve pazarlama konularında ortaklarına hizmet vermek ve ortaklarının ihtiyacı olan av araç, gereçlerini ve donatılarını temin etmek şeklinde belirtse de, su ürünleri kooperatiflerinin potansiyel amaç ve faydaları şu şekilde sıralanabilir:

- Kooperatif ortağı balıkçılara; ortakların kooperatifle yaptıkları işlemler sonucunda ortaklardan alınan veya onlar lehine doğan fazlaların yine ortaklarla yaptıkları işlemler esas alınarak iade edilmesini sağlamak,
- Sermaye birikimi oluşturmak; öz sermayesi güçlü bir su ürünleri kooperatifi üyelerine kredi olanağı ve ucuz girdi sağlayabilmek,
- Balıkçılar için en iyi fiyata ulaşmak; kooperatifler aracıyı ortadan kaldırmak suretiyle balığı üyesi için en uygun fiyattan satabilmek,
 - En yüksek ciroya ulaşmak,
- Üyelerine eğitim hizmeti vermek; kooperatifler üniversite, araştırma enstitüleri, ilgili sivil toplum örgütleri ve bakanlığın ilgili kurumlarıyla işbirliğini geliştirmek suretiyle üyelerini sürdürülebilir balıkçılık konusunda eğitebilir ancak bu tür faaliyetlerin Türkiye’de pek yaygın olduğu söylenemez. Bununla birlikte, hemen tüm kooperatifler üyelerini, balıkçılıkla ilgili kanun ve düzenlemeler konusunda bilgilendirmek,
- Ürünü en iyi koşullarda pazarlamak ve aracıyı ortadan kaldırmak; Arısoy (1974), küçük ölçekli balıkçılıkta elde edilen üretimin kişilerin geçimini zor sağladığını bildirmektedir. Yazara göre, ilk üretim-avcılık böyledir ama kendinden sonraki aşamalarda kar ve verim daha çok görülmektedir. Çünkü tutulan balığın pazarlamasını, değerlendirilmesini, özetle katma değer yaratan diğer hizmetleri ellerinde tutmaktadırlar. Bu tüm dünyada böyledir. Ayrıcalık gösteren örnek bulunamaz ama, balıkçılıkta ilk halkadan son tüketim halkasına dek tüm hizmetler kooperatif bünyesinde tutulduğunda elde edilen katma değerler kooperatif içinde kalabilecek ve bu da balıkçıya yansiyabilecektir.
- Üyeleri adına ilgili girişimlerde bulunmak, gerekli durumlarda onları temsil etmek; kooperatifin tek vücut olması ve gerektiğinde ilgili platformlara balıkçıların sorunlarını tek ses olarak ortaya koyabilmesi çok önemli bir avantaj olmakla birlikte, bir çok su ürünleri kooperatifi kendilerini ilgilendiren çok önemli konuların tartışıldığı, kararların alındığı toplantılara duyarsız kalmayı sürdürmektedir,
- Üyelerin ekonomik ve mesleki haklarını korumak, problemlerini demokratik yollardan çözme olanağı yaratmak,
 - Öz sermayesini güçlendirmek suretiyle üyelerine kredi ve ucuz girdi olanakları yaratmak, tefeci bağımlılığını ortadan kaldırmak,

- Güven problemini ortadan kaldırmak (üreten ve pazarlayan aynı oluşum içindedir),
- Üyelerinin saygınlığını arttırmak,
- Sübvansiyon olanaklarından yararlanmak (Ünal ve Yercan, 2006).

2.7. Hedef Dışı Av Sorunu

Belirli tür ve büyüklükteki bireylerin stoktan çekilmesi esasına dayanan su ürünleri avcılığında, hedef dışı türlerin de avcılığı, günümüzde balıkçılık yönetimi açısından önemli bir sorunu oluşturmaktadır. Bir av operasyonunda hedeflenen türlerin avcılığı sırasında, zaman zaman önemli oranlarda hedef olmayan türler de avlanılabilmektedir. Dünya su ürünleri üretiminin yaklaşık %27'lik bir kısmının üretiminin hedeflenmeyen türlerin kaybı ile sonuçlanmış olması, sorunun büyüklüğünü çarpıcı olarak göz önüne sermektedir (Alverson ve ark., 1994). Bu sorun, tür çeşitliliği bakımından fakir olan denizlerde bir dereceye kadar kabul edilebilir düzeyde olmasına karşın, tür çeşitliliği bakımından zengin olan denizlerde, hedeflenen tür stoklarının yanında hedeflenmeyen tür stokları için de sürdürülebilir kaynak kullanımı bakımından sorunların doğmasına neden olmaktadır. Bu tip yan ürünler, kullanım amacına yönelik olarak çeşitli canlı grupları için bir gıda maddesi veya bunlara katkı maddesi olarak değerlendirilebilmekte, böylece de ülkelerin gıda gereksinimlerine ve ekonomilerine önemli katkılar sağlayabilmektedirler.

Diğer taraftan, balıkçılığın avlanılan stok ve habitat üzerinde bir takım etkilerinin olması kaçınılmaz bir sonuç olmakla birlikte, denizel canlı kaynakların ileriye dönük olarak, sürdürülebilir bir şekilde kullanımı için, bu etkilerin en aza indirilmesi oldukça önemlidir.

Hedeflenmeden avlanan türler sorununun balıkçılık yönetimi açısından çözümlenmesindeki temel amaçlar; öncelikle türlerin nesillerini tükenmesini engelleyerek, bunların sürdürülebilirliklerinin sağlanması yanında ekosistemin fonksiyonunun ve temel yapısının korunması, balıkçılıktaki kayıpların ve farklı avcılık tipleri arasındaki etkileşimin azaltılması ile zarar görmüş stokların iyileştirilmesidir.

Hedeflenmeyen türlerin avcılığını tamamen engellemek elbette ki mümkün değildir. Ancak su ürünleri avcılığının stoklar üzerindeki etkilerini en aza indirmek için bazı önlemler alınabilir. Bu önlemler teknolojik, eğitim ve yasal düzenlemeler olarak üç grup altında toplanabilir.

Teknolojik açıdan alınacak önlemlerin başında kullanılan av araçlarının modifikasyonu gelmektedir. Stokların korunmasına yönelik olarak av araçları için geliştirilecek olan seçicilik çalışmaları oldukça önemli olmaktadır. Biyolojik açıdan türlerin ilk avlanma yaşlarının belirlenmesi stokların sürdürülebilirliği

açısından diğerk bir önemli konudur. Alınacak bu tip önlemlerle istenmeden avlanan tür ve bireylerin miktarları belli ölçüde de olsa azalabilecektir.

Yasal düzenlemeler ise bilimsel araştırmaların sonuçlarına dayanılarak, ıskarta oranlarının yüksek olduğu dönemlerin veya sahaların avcılığa kapatılması biçiminde uygulanabilir. Hedeflenmeyen türlerin avcılığı sorunu ile mücadelede kullandığımız tüm araçlara “savunma yolları” adı verilmektedir (Hall, 1996). Bu amaca yönelik olarak alınacak önlemler ise; av aracının avlanma sahası ve zamanı ile ilgili önlemler, av aracının avlanma koşulları ile ilgili önlemler, hedeflenmeyen türlerin ağdan kurtulmasını sağlayacak önlemler, güverte üzerinde alınacak önlemlerle denize canlı iade edilen balık miktarını arttırmak ve istenmeyen ava dönüştürmek şeklindeki önlemler olarak özetleyebiliriz.

Balıkçılık kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için teknolojik ve idari önlemlerle hedeflenmeyen türlerin avcılığının azaltılması veya kontrol altına alınması, balıkçılık yönetimi biliminin önünde bir zorunluluk olarak durmaktadır.

3. Sonuç

Avcılıkta en büyük hata günü kurtarma kaygısıdır. Bazı dönemlerde kaynağa larva bırakılarak sürdürülebilirliğin devamını sağlamak mümkün değildir. Öncelikle çözüm bulunması gereken husus kaynağı negatif etkileyen unsurların ortadan kaldırılmasıdır. Bununla ilgili yaptırımların kesin bir dille ortaya konması ve kanunlaştırılması gerekmektedir.

Bu sistem ve paydaşları bir balıkçılık sistemine uygulandığında kaynak kullanımı daha sürdürülebilir bir hal alarak kaynağın geleceğe taşınması söz konusu olmaktadır. Su kalite ölçütleri, balık hastalıkları dolaşımı kıyı sularına yakın ticari ve sportif balıkçılık sürdürülebilir üretim için sınırlandırılmalıdır. Bugün üç tarafı denizlerle kaplı olan ve pek çok iç su kaynağına sahip olan ülkemiz su ürünleri açısından oldukça zengindir. Bu zenginliğin geleceğe taşınması için uygun kaynak yönetimleri kanunlaştırılmalı ve uygulanmalıdır. Ülkemizde su kaynakları yönetimi pek çok kurumsal yapı rol olabilmektedir. Doğru yönetilmeyen su kaynakları bulunduğu sürece su ürünlerinde sürdürülebilirlikten söz etmek oldukça güçtür (Atar ve Alçicek, 2009).

Bununla birlikte ülkemizde yapılan bazı çalışmalar umut vericidir. Bu çerçevede Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ile Kentsel Atık Suyun Arıtımı Yönetmeliği gibi mevzuat çalışmalarının yanı sıra atık suların arıtımı ve bu suların sulamada kullanılmasıyla su kaynaklarının korunmasına ve sürdürülebilirliğine yönelik uygulama çalışmaları yapılmaktadır. Türkiye’de avcılık ile ilgili, Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı’nın 1 Eylül 2008’de yürürlüğü giren ve 31 Ağustos 2012’ye kadar uygulanacak olan ‘Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığını Düzenleyen Tebliğ’ ile düzenlemeler yapılmıştır. Bu tebliğin amacı bilimsel, çevresel, ekonomik ve sosyal hususlar göz önüne alınarak, su ürünleri

kaynaklarının korunması ve sürdürülebilir işletilmesini sağlamaktır. Tebliğde tüm denizlerimiz ve iç sularımızda av yasağı bulunan yerler ve dönemler açıkça belirtilmektedir. Deniz kaplumbağası ve fok gibi su canlılarının yaşam alanları ile ilgili özel düzenlemelerin yanı sıra hamsi gibi ticari önemi olan balıklar içinde özel düzenlemeler yapılmıştır. Avcılık yapılırken boy ve ağırlık sınırlamaları da getirilmiştir.

Sonuç itibariyle, ülkemizin gelecekte doğal kaynaklarını koruyarak, teknik ve ekonomik kriterleri dikkate alan, koruma ve kullanım dengesini gözetten, katılımcılığı üst düzeye çıkaran, sektörde faaliyet gösteren tüm kesimlerin çıkarlarını gözetten, sürdürülebilir bir balıkçılık politikası oluşturmasının gerekli olduğu görülmektedir (Küçükoğlu, 2012).

Kaynaklar

- Alverson, D.L., Freeberg, M.H., Murawski, S.A., Pope, J.G., (1994). A Global Assessment of Fisheries By-Catch and Discard. *FAO Fisheries Technical Paper*, Rome, 339s.
- Anonim, (2000). Annual Fisheries Regulations (2000-2002) (in Turkish). Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Koruma ve Kontrol Genel Müdürlüğü. Ankara, 68s.
- Anonim, (2011). Ulaştırma Bakanlığı , Demiryolları, Limanlar ve Hava Meydanları İnşaatı Genel Müdürlüğü, *Balıkçılık Kıyı Yapıları Durum ve İhtiyaç Analizi Sonuç Raporu*, Ankara, 1:3s.
- Anonim, (2012). TÜİK, Su ürünleri istatistikleri 2011, haber bülteni, 10863.
- Atay, D., Rad, F., (1998). Balıkçılık amenajmanı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Halkla İlişkiler ve Yayın Ünitesi, Ankara, 182s.
- Atar, H.H., Alçicek, Z., (2009). Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi, Ankara, 2:35-40.
- Atay, D., Korkmaz, Ş., (2000). Avrupa Birliği ve Türkiye Su Ürünleri Sektörleri Arasında İhracat ve İthalat Düzenlemeleri, *IV. Su Ürünleri Sempozyumu*.
- Çeliker S.A., Korkmaz Ş., (2008). Ege Bölgesi Su Ürünleri Avcılığı Yapan İşletmelerin Sosyoekonomik Analizi, yayın no: 168, Ankara, 33s.
- Düzgüneş, E., Karaçam, H., (1991). A General Review of Institutional Factors and Marketing Channels in the Fisheries of Turkey, *Kluwer Academic Publication*, 21:329-346.

- Gavaris, S., (2009). Fisheries management planning and support for strategic and tactical decision in an ecosystem approach context. *Fisheries Research*, 100:6-14.
- Grumbine, R.E., (1994). What is Ecosystem Management? *Conservation Biology* Volume , 8(1):27-38.
- Harlioğlu, A., (2011). Present Status of Fisheries in Turkey, *Reviews Fish Biology Fisheries*, 21:667-680s.
- Hoşsucu, H., (1998). Fisheries , I. Fishing Gear and Technology. (In Turkish) Ege Üniv. Su Ür. Fak. yayın no:55. Ders kitabı dizini no:24. Bornova ,İzmir 247 s.
- ICA, (1995) <http://koop.gtb.gov.tr/kooperatifler-hakkinda/kooperatifcilik-ilkeleri>. 20.10.2017.
- Kara, A., (2004). E.Ü. Su Ürünleri Dergisi 2004 E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences, 21(1-2): 157-165.
- Kılıç, S., (2014). Türkiye denizlerindeki balık stoklarının yönetimi için yeni bir kavram: İhtiyatlı Balıkçılık Yönetimi, *Yunus Araştırma Bülteni*, 4:85-97.
- Küçüköglü, M., (2012). Kalkınma planlarında su ürünleri sektörü (Hedefler ve gerçekleştirmeler, 1963-2012). 16:2-9.
- Link, J.S., (2002). What Does Ecosystem-Based Fisheries Management Mean?, www.fisheries.org. 27:18-21.
- Özdemir, N., Dirican, S., (2006), Muğla İlinde Kültür Balıkçılığı ve Sorunları, *Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi*, 23(1-2), 283-286.
- Seçer, S., Korkmaz, A.Ş., Diñçer, C., Atar, H.H., Seçer, F.S., Keskin, E., (2010). TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası, *Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi*, Milli Kütüphane, Ankara, 11-15 Ocak, 2:789-807s.
- Seçer, S., Korkmaz, Ş., (2015). Türkiye’de Sürdürülebilir Su Ürünleri Avcılığı, http://www.zmo.org.tr/resimler/ekler/f452c63f81d0105_ek.pdf.
- Tanyolaç, J., (2004). *Limnoloji*, Hatiboğlu Yayınevi 4. Ankara, 237s.
- Ulman, A., Bekişoğlu, Ş., (2013). From Bonitoto Anchovy: A Reconstruction of Turkey’s Marine Fisheries Catches (1950-2010), *Mediterranean Marine Science*, 14(2): 309- 349.
- URL-1, International Sustainability Unit, http://www.pcfisu.org/wpcontent/uploads/ISU_Marineprogramme-towards-global-sustainable-fisheries.pdf, 19 Ocak 2012.
- Ünal, V., Yercan, M., (2006). E.Ü. Su Ürünleri Dergisi *Journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 23(1-2):221–227.

Bölüm 12

Sulama Suyunun Fiyatlandırılması ve Çiftçilerin İklim Değişikliği Adaptasyonu

Fırat Arslan¹

Giriş

Akdeniz Bölgesi, iklim değişikliğinin etkilerine karşı özellikle hassas bir coğrafyada bulunmaktadır. Bölgenin iklimi genellikle sıcak ve kuru olup, yaz aylarında yüksek sıcaklıklar ve düşük yağış miktarlarıyla karakterizedir (Todaro ve ark., 2022). Ancak, son yıllarda bölgede gözlemlenen iklim değişiklikleri, bu doğal dengeyi bozmaktadır. Artan sıcaklık, deniz seviyesindeki yükselme, düzensiz yağışlar ve ekstrem hava olayları, Akdeniz Bölgesi'nde biyolojik çeşitliliği, tarımı ve su kaynaklarını ciddi şekilde etkilemektedir.

Bu değişikliklerin etkileri arasında kuraklık riskinin artması, su kaynaklarının azalması, tarım verimliliğinde düşüş, orman yangınlarının sıklığında artış ve deniz seviyesindeki yükselme sonucu kıyı bölgelerinde erozyon gibi sorunlar bulunmaktadır. Ayrıca, iklim değişikliği Akdeniz Bölgesi'nde ekonomik, sosyal ve sağlık alanlarında da önemli sorunlara neden olmaktadır. Bu bağlamda, Akdeniz Bölgesi'nde iklim değişikliğiyle mücadele ve uyum sağlama çabalarının daha da artırılması gereklidir (Zittis ve ark., 2022).

Suyun önemi, yaşamın sürdürülebilirliği ve ekosistemlerin işleyişi açısından kritik bir role sahiptir. Sadece insan sağlığı için değil, aynı zamanda tarım, enerji üretimi, sanayi ve ekonomik kalkınma gibi pek çok sektör için vazgeçilmez bir kaynaktır. Su, bitki ve hayvan yaşamının yanı sıra insanların temel ihtiyaçları için hayati bir kaynaktır. Bu bağlamda, suyun sürdürülebilir yönetimi, gelecek nesillerin ihtiyaçlarını karşılamak ve ekosistem dengesini korumak adına kritik bir öneme sahiptir.

Tarım, suyun en yoğun kullanıldığı sektörlerden biridir ve dünya genelinde su tüketiminin büyük bir kısmını oluşturur. Sulama sistemleri, tarımsal üretimi artırmak ve gıda güvenliğini sağlamak amacıyla yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, artan nüfus, iklim değişikliği ve su kaynaklarının sınırlı olması, tarım sektörünün sürdürülebilir su kullanımı konusunda karşılaştığı zorlukları artırmaktadır. Bu durumda, suyun etkili ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi

¹ Alanya Alaadin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Alanya, Türkiye, firat.arslan@alanya.edu.tr
ORCID: 0000-0002-7168-226X

hem tarımın devamlılığı hem de genel su kaynaklarının korunması açısından önemli bir hedef olarak öne çıkmaktadır.

Tarımda suyun fiyatlandırılması (Chebil ve ark., 2022), su kaynaklarının etkili ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını teşvik etme, su tüketimini optimize etme ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlama açısından önemli bir araçtır. Su kaynaklarındaki talep ve arz dengesizlikleri, tarımsal faaliyetlerde kullanılan su miktarını etkileyerek su kaynaklarının sürdürülebilirliğini tehdit edebilir. Suyun düşük maliyetli veya ücretsiz olması durumunda, çiftçilerin su kaynaklarını verimli bir şekilde kullanma konusundaki teşvikleri azalabilir ve israf eğilimi artabilir. Ancak, suyun doğru bir şekilde fiyatlandırılması, çiftçileri suyu daha etkili ve verimli bir şekilde kullanmaya teşvik ederek su kaynaklarının sürdürülebilirliğini artırabilir. Aynı zamanda, suyun fiyatlandırılması, tarımsal üretim maliyetlerini etkileyerek çiftçilerin gelirlerini etkileyebilir, bu nedenle dengeli bir fiyatlandırma stratejisinin benimsenmesi önemlidir.

Su fiyatlandırmasının (Razzag ve ark., 2022) tarımsal sektördeki etkileri sadece ekonomik değil, aynı zamanda çevresel ve sosyal boyutları da kapsar. Doğru bir su fiyatlandırma politikası, çiftçileri su tasarrufu ve verimliliği konusunda bilinçlendirebilir, çevresel sürdürülebilirliği artırabilir ve su kaynaklarının uzun vadeli korunmasına katkıda bulunabilir. Ancak, bu politikaların adil bir şekilde uygulanması ve çiftçilerin ekonomik durumlarını dikkate alacak şekilde tasarlanması önemlidir, aksi takdirde sosyal adaletsizlikler ve tarımsal üretimde düzensizlikler ortaya çıkabilir. Bu nedenle, suyun fiyatlandırılması stratejileri tasarlarken çoklu boyutları dikkate almak ve katılımcı bir yönetim modeli benimsemek, sürdürülebilir su yönetimi açısından kritik öneme sahiptir.

İklim Değişikliği ve Kuraklığın Sulama Suyu Fiyatlarına Etkisi

İklim değişikliği ve kuraklık, dünya genelinde su kaynaklarının sürdürülebilirliği üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Artan sıcaklık, yağış rejimindeki değişiklikler ve su kaynaklarının azalması, su talebinin artmasına ve su kıtlığının daha yaygın hale gelmesine neden olmaktadır. Bu durum, su yönetimi politikalarının gözden geçirilmesini ve su fiyatlandırmasının daha etkin bir şekilde ele alınmasını gerektirmektedir (Osman ve ark., 2023).

İklim değişikliği, su kaynaklarının azalmasına yol açarak sulama suyu fiyatlandırmasını etkileyen temel faktörlerden biridir. Dünya genelinde tarımın büyük bir su tüketicisi olduğu düşünüldüğünde, iklim değişikliği nedeniyle artan kuraklık, tarım sulamasında kullanılan su miktarını artırabilir. Bu durum, sulama suyu talebindeki artışı beraberinde getirir ve su kaynaklarının daha etkin bir

şekilde kullanılmasını zorunlu kılar. Bu bağlamda, suyun sürdürülebilir yönetimi için su fiyatlandırması önemli bir araç olarak ortaya çıkar.

Akdeniz bölgesi, iklim değişikliği ve kuraklık etkileriyle (Pulido-Valazquez ve ark., 2022) özellikle yoğun bir şekilde karşılaşan bir coğrafyadır. Bu bölgede, artan sıcaklık ve azalan yağışlar, su kaynaklarının azalmasına ve kuraklık koşullarının sıklaşmasına neden olmaktadır. Akdeniz bölgesindeki ülkeler, sulama suyu fiyatlandırmasında iklim değişikliği etkilerini hesaba katmak zorundadır. Yüksek sıcaklık, bu bölgedeki tarım alanlarında daha fazla su kullanımına yol açabilir, bu da sulama suyu fiyatlarını artırabilir.

Su fiyatlandırmasındaki değişiklikler, su kullanımının daha etkin ve sürdürülebilir hale getirilmesine katkı sağlayabilir. Su fiyatlarındaki artışlar, suyun savurgan kullanımını azaltabilir ve su tasarrufunu teşvik edebilir. Aynı zamanda, tarım sektöründeki aktörleri daha su verimli teknolojilere yatırım yapmaya teşvik ederek sulama suyu kullanımını optimize edebilir. Bu, su kaynaklarının uzun vadeli sürdürülebilirliği için önemli bir adım olabilir.

İklim değişikliği ve kuraklık, su kaynaklarının azalmasına ve su kıtlığının artmasına neden olarak sulama suyu fiyatlandırmasını etkilemektedir. Dünya genelinde ve özellikle Akdeniz bölgesinde, su fiyatlandırması politikalarının iklim değişikliği etkilerini göz önüne alacak şekilde revize edilmesi önemlidir. Bu, suyun daha etkin ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlayarak, su kaynaklarının uzun vadeli sağlığını koruma konusunda kritik bir rol oynayabilir.

Suyun Fiyatlandırılması

Dünya genelinde suyun fiyatlandırılması çeşitli modeller ve stratejilerle gerçekleştirilmektedir (Sapino ve ark., 2022). Birçok ülkede, suyun fiyatlandırılması genellikle kamu politikaları ve su yönetimi kuruluşları tarafından belirlenen tarifeler üzerinden yürütülmektedir. Bu tarifeler, suyun çeşidine, kullanım amacına ve miktarına göre değişkenlik gösterir. Suyun içme suyu olarak kullanımı, sanayi ihtiyaçları veya tarımsal sulama gibi farklı kullanım alanları için farklı fiyatlandırma stratejileri benimsenir. Bazı ülkelerde, suyun ekonomik bir mal olarak değerlendirilmesi ve kullanıcılardan alınan ücretlerin su yönetimi altyapısının sürdürülebilirliğini desteklemek üzere kullanılması önemli bir ilkedir. Ancak, suyun temel bir insan hakkı olduğunu savunan görüşler de bulunmaktadır ve bu bağlamda sosyal adaleti sağlamak adına düşük gelirli gruplara erişimi güvence altına alacak tarifeler benimsenmiştir.

Bazı ülkelerde, suyun ekonomik değeri ve sürdürülebilir yönetimi üzerine odaklanan pazar tabanlı modeller de uygulanmaktadır. Bu modellerde, suya talep ve arz dengesini sağlamak amacıyla piyasa güçleri etkin bir şekilde kullanılır. Su ticareti, suyun pazarlanabilir bir mal olarak alınıp satılmasına dayanır. Ancak, bu

yaklaşımın eleştirildiği ve suyun temel bir yaşam kaynağı olarak kabul edilmesi gerektiği savunularak daha insancıl ve sürdürülebilir bir su yönetimi modelinin benimsenmesi gerektiği ifade edilmektedir. Bu çeşitlilik, suyun fiyatlandırılması konusundaki karmaşıklığı ve çeşitliliği vurgular, bu da uluslararası düzeyde su yönetimi stratejilerinin geniş bir yelpazede şekillenmesine neden olmaktadır.

Dünyada sulama suyu fiyatlandırmasında nelere dikkat edilmektedir?

Tarımsal sulama suyu fiyatlandırması, dünya genelinde çeşitli faktörlere bağlı olarak farklılık göstermektedir. Bu fiyatlandırmayı etkileyen temel faktörler arasında coğrafi konum, su kaynaklarının bolluğu veya kıtlığı, tarım sektörünün ekonomik önemi, suyun sürdürülebilir kullanımı ve çevresel faktörler bulunmaktadır. Özellikle su kaynaklarının kıtlığı olan bölgelerde su fiyatları genellikle yüksektir ve tarımsal sulama için çiftçilere maliyetli olabilir. Bu durum, suyun etkin kullanımını teşvik etmek ve su kaynaklarını sürdürülebilir bir şekilde yönetmek amacıyla uygulanabilir. Ayrıca, tarım sektörünün ekonomik önemi göz önüne alındığında, bazı ülkelerde tarımı desteklemek amacıyla sulama suyu fiyatları düşük tutulabilir. Bununla birlikte, dünya genelinde tarımsal sulama suyu fiyatlandırması konusunda bir standart bulunmamakla birlikte, çeşitli ülkeler kendi şartlarına ve ihtiyaçlarına uygun bir şekilde politika oluşturarak bu süreci yönetmektedirler.

Tarımsal sulama suyu fiyatlandırması, genellikle çiftçilerin sulama sistemlerine erişimini düzenleyen bir dizi politika ve yönetmelikle şekillenir. Su kullanım hakları, tarım arazilerinin büyüklüğü, suyun kalitesi ve kullanım amaçları gibi faktörlere dayalı olarak belirlenen tarife sistemleri, sulama suyu fiyatlarını etkiler. Sürdürülebilir su yönetimi için bazı ülkeler, su tasarrufunu teşvik etmek amacıyla su kullanımını belirli bir miktarın üzerine çıkan çiftçilere ek maliyet getiren progressif tarife sistemlerini benimseyebilir. Ayrıca, yerel su yönetimi ve sulama kooperatifleri gibi kuruluşlar, tarımsal sulama suyu fiyatlandırmasını düzenlemede etkili olabilir.

Dünya genelinde tarımsal sulama suyu fiyatlandırmasının karmaşıklığı, çeşitli etkenlerin bir araya gelmesiyle belirlenen bir yapıya sahiptir. Politika yapımcılar, çevresel sürdürülebilirlik, ekonomik büyüme ve sosyal adalet gibi faktörleri dikkate alarak, tarımsal sulama suyu fiyatlandırması konusunda bilinçli ve dengeli kararlar almaya çalışmaktadır. Bu bağlamda, su fiyatlandırması politikalarının, tarımsal sulama suyu kullanımını etkinleştirmek, kaynakları korumak ve çiftçilere adil bir mali yük getirmemek amacıyla stratejik bir şekilde tasarlanması gerekmektedir.

Türkiye’de sulama suyunun fiyatlandırılması

Türkiye’de bulunan Devlet Su İşleri tarafından işletilen sulama şebekelerinde suyun fiyatlandırılması sulama sistemlerine göre değişmektedir. Kapalı ve sayaç bulunan sulama sistemlerinde hacim esaslı sulama yapılmaktadır. Eğer kapalı sulama sisteminde sayaç bulunmuyorsa alan esaslı ücretlendirme yapılmaktadır. Hacim esaslı su ücretlendirilmesi yapılan sistemlerde bitki su ihtiyacını aşan durumlarda sulama suyu ücretleri artmaktadır. Açık sistemlerde ise alan esaslı su ücretlendirmesi yapılmakta, ürün desenine göre fiyatlandırma yapılmaktadır.

Sonuç

Sulama suyu fiyatlandırmasının uygulanması, su kullanımının daha etkin ve verimli hale getirilmesine yönelik olumlu etkiler doğurabilir. Ancak, bazı durumlarda düşük gelirli çiftçiler üzerindeki mali baskıyı artırabilir ve adil bir su erişimine zarar verebilir. Bu nedenle, fiyatlandırma politikalarının adaleti ve sosyal etkileri dikkate alması önemlidir. Su fiyatlarındaki artışlar, suyu daha verimli kullanmaya teşvik etmek ve sürdürülebilir tarım uygulamalarını desteklemek amacıyla tarım sektöründeki çiftçilere eğitim ve destek programları eşliğinde uygulanabilir.

Ayrıca, su fiyatlandırması stratejileri, iklim değişikliği ve su kaynaklarının durumu gibi değişkenlere adapte edilebilmelidir. İklim değişikliğinin etkilerinin öngörülmesi ve su talebindeki dalgalanmalara hızlı bir şekilde uyum sağlanması, su fiyatlandırmasının etkinliğini artırabilir. Yerel yönetimler ve su kaynaklarını yöneten kurumlar, düzenli olarak su fiyatlandırma politikalarını gözden geçirerek, yeni koşullara uyum sağlamak ve sürdürülebilir su kullanımını desteklemek için çabalarını artırmalıdır.

Sonuç olarak, sulama suyunun fiyatlandırılması, su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için önemli bir araç olabilir ancak bu politikaların etkilerini değerlendirmek ve geliştirmek için sürekli bir izleme ve revizyon süreci gerekmektedir. Sosyal, ekonomik ve çevresel etkilerin dengelenmesiyle birlikte, yerel ve küresel düzeyde etkili su fiyatlandırma stratejileri geliştirmek, su kaynaklarının gelecek nesillere sürdürülebilir bir şekilde aktarılmasına katkı sağlayabilir.

Türkiye’de kapalı sistemlerde hacim esaslı fiyatlandırma yapılan sulama şebekelerinde çiftçiler bitki su ihtiyacından fazla su tükettikleri durumda sulama suyu ücreti artmaktadır. Bu durumda Hacim esaslı yapılan sulama sistemlerinin arttırılması için ülkemizde yapılan sulama sistemlerinde kapalı sisteme geçilmesinin yanında sayaçlar ile dağıtılan su hacminin ölçülmesi gerekmektedir. Bunun yanında henüz yeni uygulanmaya başlanan bitki su ihtiyacını aşıldığı

durumlarda su ücretinin de artmasının caydırıcı olup olmadığının araştırılması gerekmektedir.

Kaynaklar

- Todaro, V., D'Oria, M., Secci, D., Zanini, A., & Tanda, M. G. (2022). Climate change over the Mediterranean region: Local temperature and precipitation variations at five pilot sites. *Water*, 14(16), 2499.
- Zittis, G., Almazroui, M., Alpert, P., Ciais, P., Cramer, W., Dahdal, Y., ... & Lelieveld, J. (2022). Climate change and weather extremes in the Eastern Mediterranean and Middle East. *Reviews of Geophysics*, 60(3), e2021RG000762.
- Chebil, A., Soula, R., Souissi, A., & Bennouna, B. (2022). Efficiency, valuation, and pricing of irrigation water in northeastern Tunisia. *Agricultural Water Management*, 266, 107577.
- Razzaq, A., Xiao, M., Zhou, Y., Anwar, M., Liu, H., & Luo, F. (2022). Towards sustainable water use: Factors influencing farmers' participation in the informal groundwater markets in Pakistan. *Frontiers in Environmental Science*, 10, 944156.
- Pulido-Velazquez, D., Collados-Lara, A. J., & Fernandez-Chacon, F. (2022). The impact of climate change scenarios on droughts and their propagation in an arid Mediterranean basin. A useful approach for planning adaptation strategies. *Science of The Total Environment*, 820, 153128.
- Sapino, F., Pérez-Blanco, C. D., Gutiérrez-Martín, C., García-Prats, A., & Pulido-Velazquez, M. (2022). Influence of crop-water production functions on the expected performance of water pricing policies in irrigated agriculture. *Agricultural Water Management*, 259, 107248.

Bölüm 13

Su Ürünlerinin Tazelik Kalite Değerlendirmesinde Yeni Teknikler

Gülderen KURT KAYA¹¹

Fahrettin YÜKSEL²

Giriş

Su ürünleri; biyolojik değeri yüksek proteinlerden oluşan, A ve D vitaminleri, mineraller ve doymamış yağ asitleri açısından zengin bir ürün grubudur (Naylor vd., 2000; Rodrigues vd., 2017; Bosch vd., 2016). Esansiyel yağ asitleri insan vücudunun sağlıklı işleyişinde önemli rollere sahiptir ve kardiyovasküler hastalıklar, diyabet, inflamatuvar hastalıklar ve nörolojik sağlıkla ilgili olarak faydalı etkileri olduğu gösterilmiştir (Lees, 1990; Yashodhara vd., 2009). Bununla birlikte diğer etlerle karşılaştırıldığında, balığın zayıf bağ dokusuna sahip olmasının yanı sıra, endojen enzimlerin varlığı nedeniyle uygun olmayan taşıma, işleme veya depolama koşulları altında hatta soğuk depolama altında bile üreyebilen endojen enzimlerin ve psikrofilik bozulma mikroorganizmalarının varlığı nedeniyle bozulmaya daha da yatkındır. Bu nedenle, balıkların güvenliğini ve kalitesini korumak ve izlemek oldukça önemlidir. Gıda kalitesi ve güvenliği, modern çağda gıda endüstrisinin en kritik ancak bir o kadar da zorlu konuları arasında yer almaktadır. Gıda tedarik zincirinin herhangi bir aşamasında (yani üretim, taşıma ve depolama, işleme, dağıtım ve pazarlama, tüketim) yetersiz izleme ve kontrol, gıda kaybına veya israfına neden olur.

Dünya nüfusunun giderek arttığı günümüzde insanlar, besleyici bir diyet kaynağı olarak balığa doğrudan veya dolaylı olarak bağımlıdır. Su ürünlerine yönelik artan talep ve farkındalık nedeniyle, su ürünlerinin kalite ve tazeliği daha da önem kazanmıştır. Bununla beraber yeni ve yenilikçi teknolojiler, hem ürün kalitelerini iyileştirmiş hem de hasat edildiği andan tüketiciye ulaştığı ana kadar ürünün aynı özellikleri korunmasını sağlamıştır. Su ürünlerinde tazelik, kalite sınıflandırılmasında sektör ve tüketicileri ilgilendiren hayati bir unsurdur. Balıkların tazeliğini değerlendirmek için, kalite indeks yöntemi (KİM) gibi duyuşal değerlendirme teknikleri (Grigorakis vd., 2004) de dahil olmak üzere

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

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

yüksek performanslı sıvı kromatografisi (HPLC) gibi enstrümantal ölçümlere dayanan kimyasal tespit teknikleri (Itoh vd., 2013)), gaz kromatografisi (GK) ve kütle spektrometrisi (KS) (Aro vd., 2003; Iglesias vd., 2009), fiziksel algılama teknikleri (Cheng vd., 2014; Yao vd., 2011; Olafsdottir vd., 2004;) ve ayrıca toplam canlı sayımlara (TVC) veya özel bozulma organizmalarına dayalı mikrobiyal yöntemler (Santos vd., 2013; Gram ve Dalgaard, 2002) gibi birçok geleneksel teknik mevcuttur. Bu geleneksel teknikler, geçerlilikleri ve doğrulukları nedeniyle su ürünlerinin tazeliğini değerlendirmede yaygın olarak kullanılmakla (Cheng vd., 2013) birlikte, bu geleneksel teknikleri tamamlamak veya değiştirmek için çevrimiçi algılamayı bile başarabilen birçok yeni hızlı, hassas teknikler geliştirilmiştir (Vanegas vd., 2017; Rubab vd., 2018; Wang vd., 2018; Rosa vd., 2017). Enzim biyosensörü, elektronik burun, elektrokimyasal biyosensör, kolorimetrik sensör, elektronik dil, bilgisayarla görme teknikleri, görünür/yakın kızılötesi spektroskopisi, hiperspektral görüntüleme spektroskopisi ve floresan spektroskopisi gibi teknikler bunlardan bazılarıdır.

1. Su Ürünlerinde Kalite Kontrol

Su ürünlerinin en büyük iki besin bileşenini, suyun yanı sıra protein (% 15-20) ve yağ (% 0,5-30) oluşturur. Balık yakalandıktan sonra yapısında bulunan enzimler ve bakterilerden kaynaklı olarak bir dizi biyokimyasal, duyu ve mikrobiyal değişimler meydana gelir. Balığın ölümünden sonra kan dolaşımı durur ve bu da oksijen eksikliğine neden olur. Sonuç olarak, depolanan glikojen anaerobik olarak laktik aside metabolize olur ve pH'da bir düşüş meydana gelir. Bunu, rigor mortis olarak bilinen büyük ölüm sonrası değişiklik takip eder. Glikojen tükenmesi ile balık kasındaki ATP, çeşitli biyokimyasal reaksiyonlar yoluyla adenozin di-fosfat (ADP), adenosin mono-fosfat (AMP), iyonozin mono-fosfat (IMP), iyonozin, hipoksantin, ksantine ve nihayetinde ürik aside parçalanır. Bu bileşiklerden IMP ete hoş koku vermesi nedeniyle arzu edilse de, daha ileri parçalanma aşamalarından sonra lezzette de istenmeyen değişimlere neden olduğundan arzu edilmez. Ayrıca mikroorganizmalar, daha önce bozulmuş proteinler üzerinde çoğalarak toksik biyojenik aminlerin gelişmesine yol açarlar (Apetrei ve Apetrei, 2016). Trimetil amin oksidin (TMAO) trimetil amine (TMA) mikrobiyal bozunması, balıkların karakteristik hoş olmayan kokusundan sorumludur. Ayrıca balıklar, düşük alifatik asitlere, aldehitlere ve ketonlara kolayca oksitlenen yüksek miktarda doymamış yağ asidi içeriğine sahiptir. Bu nedenle, su ürünlerinin depolanması ve işlenmesi aşamalarında lipidlerin hidroliz ve oksidasyonunun sonucunda duyu ve kimyasal kalite

bozulmaları oluşabilir ve balık tazeliği için kritik bir özellik olarak kabul edilir (Iglesias vd., 2009).

Su ürünlerinde genel olarak kalite değerlendirmesi için duyuşal, fiziksel, kimyasal ve mikrobiyolojik değişimler izlenir. Hasattan sonra ve depolamaya bağlı olarak su ürünlerinde görünüm, renk, koku, tat doku ve elastikiyet kaybı dahil olmak üzere bir dizi duyuşal değişiklik meydana gelir. Bu nedenle, bu özelliklerin kapsamlı bir değerlendirmesi su ürünlerinin tazeliğini değerlendirmek için kullanılır. Uçucu aminler, trimetilamin amonyak ve dimetilamin, su ürünlerinden sorumlu karakteristik maddeler olan TVBN'yi oluşturur. Bu nedenle, TVBN içeriği genellikle duyuşal kaliteyi belirlemek için bir standart olarak kabul edilmektedir. Genel olarak kimyasal değişimler için; önemli biyokimyasal parametreler arasında pH, biyojenik aminler, trimetil amin, toplam uçucu bazik nitrojen içeriği, K değeri vb. bulunur.

Balık ve işlenmiş su ürünlerin kalitesinin belirlemek için otorite çevrelerce kabul gören pek çok geleneksel yöntem bulunmaktadır. Bu yöntemlerden; duyuşal yöntemler kalifiye personel gerektirmesi ve bireysel görüőe tabi olması, biyokimyasal ve mikrobiyolojik parametre analizlerinin zaman alıcı, pahalı ve zor olması gibi sınırlamaları söz konusudur. Bununla birlikte kalite değerlendirmesi için hızlı, doğru, çok yönlü ve ticari olarak ölçeklenebilir yöntemler geliştirme ihtiyacı ortaya çıkmıştır.

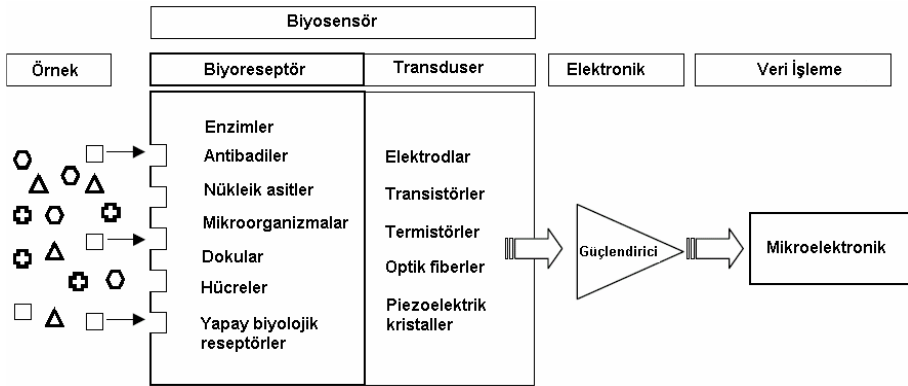
3. Su Ürünlerinin Kalite Değerlendirmesi İçin Yeni Teknikler

Su ürünleri kalite kontrolü için kullanılan geleneksel tespit yöntemlerinin bir takım dezavantajlarından dolayı günümüzde çeşitli görüntüleme ve spektroskopik teknikler, biyosensör, elektronik burunlarda olduğu gibi sensör dizilerinin kullanımı ve akıllı paketleme uygulamaları yer almaktadır. Enstrümantal yaklaşımların yanı sıra, algılama elemanlarının gıda ambalaj malzemesine entegre edilmesi ile tüketiciye balığın kalitesi hakkında okunmaya hazır bilgi sağlayabilmektedir.

3.1. Biyosensör Teknikleri

Ambalajlanmış gıdalarda meydana gelen biyolojik reaksiyonları belirleyen, kayıt eden ve ileten cihazlara biyosensörler denir. Biyosensörler, balık kalitesinin değerlendirilmesinde en önemli analiz tekniklerinden biri olup, temel olarak biyolojik bileşeni tespit etmekten sorumlu bir biyolojik tanıma elemanından (biyoreseptör) ve spesifik biyokimyasal bilgiyi elektriksel, termal veya optik bir sinyale dönüőtüren (transducer) fiziksel veya kimyasal bir dönüőtürücüden oluşur (Thakur ve Ragavan, 2013; Rotariu vd., 2016). Biyosensörler, genellikle kullanılan biyoreseptör ve sinyal dönüőtürücünün

yapısına göre sınıflandırılırlar. Biyoreseptörlerin türlerine göre; enzimatik biyosensörler, immünosensörler, protein reseptör bazlı biyosensörler, DNA-aptamer bazlı biyosensörler ve tam hücre biyosensörleri olarak sınıflandırılabilir. Sinyal dönüştürücülerin türlerine göre; elektrokimyasal (amperometrik ve potansiyometrik), optik (kolorimetrik, floresan, lüminesan ve interferometrik), kütle tabanlı (piezoelektrik ve akustik dalga) ve kalorimetrik (sıcaklığa dayalı) dönüştürücüler olmak üzere ayrılırlar (Bhalla vd., 2016). Biyoreseptörler hormonlar enzimler, antijenler, ve nükleik asit gibi organik materyallerden oluşurken transduser ise elektrokimyasal, kalorimetrik veya optiksel sistemlerden oluşmaktadır. Gıdalarda meydana gelen bozulma sonucunda ortaya çıkan biyojen aminlerin tespiti için birçok enzimatik biyosensör geliştirilmiştir. Örneğin; balık kaslarındaki biyojenik aminleri ve gökkuşağı alabalığı türünde histamin varlığını tespit etmek amacıyla amperometrik bir enzim elektrodu geliştirilmiştir (Mello ve Kubota, 2002).



Şekil 1. Bir biyosensörün çalışma prensibi (Velasco-Garcia ve Mottram, 2003).

3.2. Yapay Duyu Sensörleri

Yapay duyu sensörleri aletlerdeki temel teknoloji, farklı kimyasal maddelere duyarlı farklı sensörler içeren sensör dizisidir. Elektronik burun ve dil şu anda gıda kalitesi ve güvenliği analizinde yapay zeka sensör sistemleri olarak uygulanmaktadır. Elektronik burunlar ve elektronik diller genellikle insanların koku ve tat alma duyularını ve bunların insan beyni ile iletişimini taklit eden gaz sensörleri veya kimyasal sensörlerin bir kombinasyonudur. Gaz sensörleri dizileri elektronik burunlar olarak adlandırılırken, kimyasal sensörler elektronik diller olarak adlandırılır. Elektronik burun, insanın koku alma duyusunu taklit etmek için kokuyu tanıyabilen bir dizi gaz sensöründen oluşur. Elektronik burunlar tipik olarak, aminler, sülfür bileşikleri ve alkoller dahil olmak üzere

bozulma kokusuna katkıda bulunan uçucu bileşiklerin seçici tespitine dayalı olarak balıkların kalitesindeki ve tazeliğindeki değişiklikleri ölçmek için kullanılır (Limbo vd., 2009).

Balık tazeliğinin değerlendirilmesinde duyuusal teknoloji uygulamaları, balık ürünlerini sırasıyla koku, tat ve görme duyularına dayalı olarak değerlendiren elektronik burun, elektronik dil, kolorimetrik sensör dizisi ve bilgisayar görüşünü içermektedir (Shi vd., 2018). Yapay duyu teknolojileri, geleneksel duyuusal değerlendirmenin güçlü özellik ve zayıf tekrarlanabilirlik gibi eksikliklerinin üstesinden gelebilir ve biyosensör yöntemlerine kıyasla uygulanması daha kolaydır. Elektronik burun mekanizması, sensör dizisindeki her bir gaz sensörünün ölçülen gazlara karşı farklı bir duyarlılığa sahip olmasıdır. Prensibe göre, gaz sensörü metal oksit, elektrokimyasal, iletken polimer ve fotoiyonizasyon vb. olarak ayrılabilir. Balık tazeliğinin değerlendirilmesinde en yaygın kullanılan teknik metal oksit gaz sensörüne dayanmaktadır. Hui vd., (2012) elektronik burun kullanarak 4 °C'de depolanan ot sazının tazeliğindeki değişiklikleri incelemiş ve elektronik burnun balık tazeliğindeki değişiklikleri uygun bir şekilde ve tahribatsız olarak değerlendirebildiğini göstermiştir.

Elektronik burunlar gibi, elektronik dil de tat alma mekanizması taklit edilerek geliştirilmiştir. Elektronik dilin sensör dizileri, tek bir bileşen yerine numunedeki belirli kimyasal bileşenlere karşı yüksek çapraz duyarlılığa sahiptir (Jiang vd., 2018). Gil vd., (2008), 4 °C'de depolanan kültür çipurasının tazeliğini tahmin etmek için elektronik dilin etkinliğini incelemiş ve elektronik dil ile tazelik parametreleri arasında oldukça iyi bir korelasyon bulunmuştur. Genel olarak, hem koku hem de tat özellikleri balık tazeliğinin değerlendirilmesinde önemlidir.

Balık bozulması karmaşık bir süreç olduğundan, enzimlerin ayrışması ve mikroorganizma sayısındaki artış bir dizi değişikliğe neden olmaktadır. Bu nedenle, tek bir kimyasal sensör yerine sensör dizisi balık bozulmasının genel sürecini daha doğru bir şekilde yansıtabilir. Kolorimetrik sensör dizileri son zamanlarda gıda güvenliğinde, biyomedikal teşhis, çevresel izleme, kimyasal çalışmalar ve patlayıcıların tanımlanması gibi birçok alanda kullanılmak üzere hızlı ve düşük maliyetli bir analitik araç olarak ortaya çıkmıştır. Kolorimetrik sensör (renk sensör) dizileri tipik olarak hidrofobik bir film veya silikon tabaka içinde çeşitli kimyasal olarak hassas boyalarla kaplanır ve bir pakete yerleştirilir. Balık kalitesinin bozulması sürecinde, sensör boyasının rengi uçucu amin içeriğiyle birlikte değişir. Koku alma görselleştirme teknolojisi olarak da adlandırılan kolorimetrik sensör dizisi, temel olarak metal porfirin gibi kimyasal kromojenik maddeler ile gazlar arasında metal bağı, hidrojen bağı veya π - π

etkileşimi yoluyla oluşan kimyasal bağlanma nedeniyle meydana gelen renk değişimlerine dayanmaktadır. Böylelikle bir koku molekülü, çeşitli reseptörleri farklı yoğunluklarda bağlayabilir ve birkaç reseptörü aktive ederek koku parmak izini oluşturabilir. Buna paralel olarak, bir kolorimetrik sensör dizisi tek bir analite bağlandığında, çeşitli sinyaller oluşturur ve her bir analitin tanımlanması için benzersiz bir desen sağlar.

Bilgisayarla görme, gözlemlenen bir görüntüden, görüntü kümesinden veya görüntü dizisinden bir nesne veya sahne hakkında yararlı bilgilerin otomatik olarak çıkarılabileceği ve analiz edilebileceği teorik ve algoritmik temeli geliştiren bilimdir (Haralick ve Shapiro, 1992). Bilgisayarlı görme sistemleri veya makine ile görme tekniği, insan gözü ile yapılan kalite kontrol ve sınıflandırma işlemleri yerine kamera ve ilgili yazılımlar ile gerçekleştiren sistemler olarak tanımlanmaktadır. Diğer bir ifade ile kamera ve bilgisayar kullanılarak bir kesite ait görüntü (image) yakalanması ve bu görüntünün işlenerek anlamlandırılmasıyla bir sonuç değerini elde edilmesi prensibine dayanmaktadır. Gıda ürünlerinin görsel kalitesini otomatik, ürüne zarar vermeden ve uygun maliyetli bir şekilde izleme potansiyeline sahiptir. Bilgisayarlı görme sistemlerini kullanarak su ürünlerinin kalitesini belirlemek amacıyla yürütülen pek çok çalışma (Quevedo vd., 2010; Cheng vd., 2015; Dutta vd., 2016; Issac vd., 2017; Shi vd., 2018; Taheri-Garavand vd., 2019) mevcuttur.

3.3 Spektroskopik Teknikler

Son teknolojilerdeki gelişmelerle birlikte, balık tazeliğini değerlendirmek için görünür yakın kızılötesi yansıma spektroskopisi (Vis/NIR), Hiperspektral görüntüleme (HSI) teknikleri ve floresan spektroskopisi gibi yöntemler kullanılmaktadır. HSI teknikleri günümüzde balık tazeliğinin değerlendirilmesinde ve denetiminde yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu temel olarak, spektroskopi ve işleme ile elde edilen spektral parmak izlerini geleneksel tekniklerle belirlenen, farklı tazelik parametreleri ile ilişkilendiren modeller oluşturularak yapılmaktadır. Elektromanyetik radyasyonların ve gıda bileşenlerinin etkileşimi, gıda kalitesini analiz etmek için kullanılmaktadır (Prabhakar vd., 2020). Balığın tazeliğini değerlendirmek için spektroskopik tekniklerin kullanılmasının özü, QIM, TVB-N ve doku gibi tazelik parametreleri için spektral toplama ve ön işleme ile elde edilen spektral parmak izlerini geleneksel tekniklerle belirlenenlerle ilişkilendiren modeller oluşturmaktır (Wu vd., 2019). Bozulma sürecinde farklı kimyasal metabolitlerin üretimi Vis/NIR spektroskopisinin absorpsiyon spektrumunu ve ayrıca absorpsiyon yoğunluğunu değiştirir. Böylece balık tazeliği bu yöntemle hesaplanır (Cheng vd., 2013). Tito, vd., (2012) Atlantik somon balığındaki

mikrobiyal yükleri NIR spektroskopisi (800-2500 nm) ile belirlemişlerdir. Bunun yanı sıra, Kimiya vd., (2013) tarafından belirtildiği gibi somon balığının tazeliği Vis/NIR etkileşimli spektroskopisi ile başarılı bir şekilde tahmin edilmiştir. Dolayısıyla, daha hızlı, basit ve tahribatsız olan Vis/NIR spektroskopisi, balık tazeliğinin değerlendirilmesinde kullanılan geleneksel yöntemlere kıyasla daha güçlü bir yaklaşımdır. Vis/NIR ve HSI teknikleri ayrı ayrı kullanılabilirdiği gibi hey iki tekniği birleştirerek balığın kalite indeksini belirleyen çalışmalar da literatürde yer almaktadır (Cheng ve Sun 2015; Wang vd., 2017).

Balıkların mikrobiyal bozulma değerlendirmesi için modeller, TVC'nin (Toplam canlı sayımı) gösterge olduğu Zaman Serisi Hiperspektral Görüntüleme (TS-HSI) ile oluşturulmuştur (Wu ve Sun, 2013; Wang, vd., 2018). HSI, özellikle balık dokusunun analizinde geniş bir uygulama alanına sahiptir. Wu vd., (2014a, 2014b), dalga boylarına (400-1758 nm) dayanan Tekstür Profili Analizini (TPA) bilmek için HSI'nin altı parametresinin uygulandığını belirtmiştir. Bu dalga boylarının seçimi kısmi en küçük kareler regresyonu (PLSR- Partial Least Squares Regression) modellerinin regresyon katsayıları ile yapılmış, HSI'nin yüksek boyutluluğu 11 tahmini optimal dalga boyu (POW) seçilerek en aza indirilmiştir. PLSR modelleri TPA'nın yapışkanlık, sertlik, sakızimsılık, ve çiğnenebilirlik gibi parametreler belirlemiştir. Bu örnekler, HSI'nin hızlı, tahribatsız ve güvenilir bir araç olduğunu, kemometri ile birlikte optimum seçilmiş dalga boylarını kullanarak balık tazeliğinin bir değerlendiricisi olarak işlev görebileceğini ve bozulmadaki değişikliklerin modelini tespit edebileceğini göstermektedir.

Kısa dalga boylu ışıkla uyarılan numunelerdeki floresan bileşikler, çok fazla ön işleme tabi tutulmadan ve herhangi bir kimyasal reaktif olmadan yavaşça daha uzun dalga boylu ışık yayabilir, buna floresans denir ve floresans spektroskopisi, emisyon dalga boyunun bir fonksiyonu olarak floresans yoğunluğunu ölçer. Özellikle, ön yüz floresans spektroskopisi (FFFS- Front Face Fluorescence Spectroscopy) teknolojisi, saçılma ve yansıyan ışığı ve depolarizasyonu en aza indirmek için örnekleri geleneksel floresans spektroskopisi gibi dik açı yerine özel bir geliş açısıyla aydınlatır ve bu nedenle FFFS karmaşık gıda matrislerinin analizi için daha uygundur (Karoui ve Blecker, 2011).

2. Sonuç

Gıda kalitesinin değerlendirilmesi konusunda son yıllarda ortaya çıkan çeşitli yeni teknikler, artan doğruluk, kısa analiz süreleri, gelişmiş enstrümantasyon gibi avantajlarıyla dikkat çekmektedir. Bu teknolojik

gelişmeler, gıda güvenliği ve kalitesine katkı sağlayarak kalite değerlendirme süreçlerini daha etkili ve kolay hale getirmiştir. Çalışmalar, makine görüşü ve NIR spektroskopisi ve elektronik burun gibi tekniklerin doğruluk ve hızlilik açısından umut verici sonuçlar verdiğini göstermiştir. Bu tekniklerin doğruluk, özgüllük ve hız açısından faydalı olduğu bilinmesine rağmen, bu yöntemlerin balık ve işlenmiş su ürünleri endüstrisinde uygulanması hala bir zorluk arz etmektedir. Özellikle kalibrasyon ve veri analizi süreçleri bazı teknikler için hala tam olarak çözülmüş değildir. Söz konusu bu yeni tekniklerin balık ve su ürünlerinin tazeliği için rutin endüstriyel değerlendirme araçları olarak uygulanmasına daha çok yol olsa da, balık tazeliğinin belirlenmesinde standart yöntemler haline gelme konusundaki büyük potansiyelleri nedeniyle, bu teknolojiler için daha çok çaba sarf edilmesi ve daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

3. Kaynaklar

- Apetrei, I. M., ve Apetrei, C. (2016). Amperometric biosensor based on diamine oxidase/ platinum nanoparticles/graphene/chitosan modified screen-printed carbon electrode for histamine detection. *Sensors (Basel)*, 16(4), 422-437.
- Aro, T., Tahvonen, R., Koskinen, L., ve Kallio, H. (2003). Volatile compounds of Baltic herring analysed by dynamic headspace sampling–gas chromatography–mass spectrometry. *European Food Research and Technology*, 216(6), 483-488.
- Bhalla, N., Jolly, P., Formisano, N., ve Estrela, P., (2016). Introduction to biosensors. *Essays Biochem*, 60(1),1-8.
- Bosch, A.C., O'Neill, B., Sigge, G.O., Kerwath, S.E., ve Hoffman, L.C. (2016). Heavy metals in marine fish meat and consumer health: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 96, 32-48.
- Cheng, J.H., Sun, D.W., Han, Z., ve Zeng, X.A. (2014). Texture and structure measurements and analyses for evaluation of fish and fillet freshness quality: A review. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 13(1), 52-61.
- Cheng, J.H., Dai, Q., Sun, D.W., Zeng, X.A., Liu, D., ve Pu, H.B. (2013). Applications of non-destructive spectroscopic techniques for fish quality and safety evaluation and inspection. *Trends in Food Science & Technology*, 34(1), 18-31.
- Cheng, J., Sun, D., Pu, H., ve Zhu, Z. (2015). Development of hyperspectral imaging coupled with chemometric analysis to monitor K value for evaluation of chemical spoilage in fish fillets. *Food Chemistry*, 185, 245–253.
- Cheng, J.H., ve Sun, D.W. (2015). Data fusion and hyperspectral imaging in tandem with least squares-support vector machine for prediction of sensory quality index scores of fish fillet. *Lebensmittel-Wissenschaft und -Technologie- Food Science and Technology*, 63(2), 892-898.
- Dutta, M.K., Issac, A., Minhas, N., ve Sarkar, B. (2016). Image processing based method to assess fish quality and freshness. *Journal of Food Engineering*, 177, 50-58
- Gram, L., ve Dalgaard, P. (2002). Fish spoilage bacteria – problems and solutions. *Current Opinion in Biotechnology*, 13(3), 262-266.
- Gil, L., Barat, J. M., Escriche, I., Garcia-Breijo, E., Martínez-Manez, R., ve Soto, J. (2008). An electronic tongue for fish freshness analysis using a thick-film array of electrodes. *Microchimica Acta*, 163(1-2), 121-129.

- Grigorakis, K., Alexis, M., Gialamas, I., ve Nikolopoulou, D. (2004). Sensory, microbiological, and chemical spoilage of cultured common sea bass (*Dicentrarchus labrax*) stored in ice: A seasonal differentiation. *European Food Research and Technology*, 219(6), 584-587.
- Haralick, R.M. ve Shapiro, L.C. (1992). *Computer and robot vision*. Addison-Wesley Publishing Company, Reading, MA, USA
- Hui, G., Wang, L., Mo, Y., ve Zhang, L. (2012). Study of grass carp (*Ctenopharyngodon idellus*) quality predictive model based on electronic nose. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 166, 301-308.
- Jiang, H., Zhang, M., Bhandari, B., ve Adhikari, B. (2018). Application of electronic tongue for fresh foods quality evaluation: A review. *Food Reviews International*, (3), 1-24.
- Iglesias, J., Medina, I., Bianchi, F., Careri, M., Mangia, A., ve Musci, M. (2009). Study of the volatile compounds useful for the characterisation of fresh and frozen-thawed cultured gilthead sea bream fish by solid-phase microextraction gas chromatography-mass spectrometry. *Food Chemistry*, 115(4), 1473-1478.
- Issac, A., Dutta, M.K., ve Sarkar, B. (2017). Computer vision based method for quality and freshness check for fish from segmented gills. *Computers and Electronics in Agriculture*, 139, 10-2.
- Itoh, D., Koyachi, E., Yokokawa, M., Murata, Y., Murata, M., ve Suzuki, H. (2013). Microdevice for on-site fish freshness checking based on K-value measurement. *Analytical Chemistry*, 85(22), 10962-10968.
- Karoui, R., ve Blecker, C. (2011). Fluorescence spectroscopy measurement for quality assessment of food systems—a review. *Food and Bioprocess Technology*, 4(3), 364-386.
- Kimiya, T., Sivertsen, A. H., ve Heia, K. (2013). VIS/NIR spectroscopy for non-destructive freshness assessment of Atlantic salmon (*Salmo salar L.*) fillets. *Journal of Food Engineering*, 116(3), 758-764.
- Lees, R.S. (1990). *Impact of dietary fat on human health. In Omega-3 fatty acids in health and disease*, Marcel Dekker, Inc., New York.
- Limbo, S., Sinelli, N., Torri, L., ve Riva, M. (2009). Freshness decay and shelf life predictive modelling of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) applying chemical methods and electronic nose. *LWT-Food Science and Technology*, 42(5), 977-984
- Mello, L. D. ve Kubota, L. T., (2002). Review of the use of biosensors as analytical tools in the food and drink industries. *Food Chemistry* 77,237-256.

- Naylor, R. L., Goldberg, R. J., Primavera, J. H., Kautsky, N., Beveridge, M. C., Clay, J., ve Troell, M. (2000). Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405(6790),1017.
- Olafsdottir, G., Nesvadba, P., Di Natale, C., Careche, M., Oehlenschlager, J., Tryggvadottir, S.V., Schubring, R., Kroeger, M., Heia, K., Esaiassen, M., Macagnano, A., ve Jorgenson, B.M., (2004). Multisensor for fish quality determination. *Trends in Food Science & Technology*, 15(2), 86-93.
- Prabhakar, P.K., Vatsa, S., Srivastav, P.P., ve Pathak, S.S. (2020). A comprehensive review on freshness of fish and assessment: Analytical methods and recent innovations. *Food research international*, 133, 109157.
- Quevedo, R., Aguilera, J., ve Pedreschi, F., (2010). Color of salmon fillets by computer vision and sensory panel. *Food Bioprocess Tech*, 3, 637-643.
- Rodrigues, B.L., Canto, A.C.V.C. S., Costa, M.P. D., Silva, F.A.D., Marsico, E.T., ve Conte-Junior, C.A. (2017). Fatty acid profiles of five farmed Brazilian freshwater fish species from different families. *Plos One*, 12(6), e0178898.
- Rosa, A.R.D., Leone, F., Cheli, F., ve Chiofalo, V. (2017). Fusion of electronic nose, electronic tongue and computer vision for animal source food authentication and quality assessment – a review. *Journal of Food Engineering*, 210, 62-75.
- Rotariu, L., Lagarde, F., Jaffrezic-Renault, N., ve Bala, C., (2016). Electrochemical biosensors for fast detection of food contaminants - trends and perspective. *TrAC Trends in Analytical Chemistry*, 79, 80-87.
- Rubab, M., Shahbaz, H.M., Olaimat, A. N., ve Oh, D.H. (2018). Biosensors for rapid and sensitive detection of staphylococcus aureus in food. *Biosensors and Bioelectronics*, 105, 49-57.
- Santos, J., Lisboa, F., Pestana, N., Casal, S., Alves, M. R., ve Oliveira, M.B.P.P. (2013). Shelf life assessment of modified atmosphere packaged turbot (*Psetta maxima*) fillets: evaluation of microbial, physical and chemical quality parameters. *Food and Bioprocess Technology*, 6(10), 2630-2639.
- Shi, C., Yang, X., Han, S., Fan, B., Zhao, Z., Wu, X., ve Qian, J. (2018). Nondestructive prediction of tilapia fillet freshness during storage at different temperatures by integrating an electronic nose and tongue with radial basis function neural networks. *Food and Bioprocess Technology*, 11(10), 1840-1852.
- Taheri-Garavand, A., Fatahi, S., Omid, M., ve Makino, Y. (2019). Meat quality evaluation based on computer vision technique: A review. *Meat science*, 156, 183-195.

- Thakur, M. S., ve Ragavan, K.V. (2013). Biosensors in food processing. *Journal of FoodScience & Technology*, 50(4), 625-641.
- Tito, N. B., Rodemann, T., ve Powell, S. M. (2012). Use of near infrared spectroscopy to predict microbial numbers on Atlantic salmon. *Food Microbiology*, 32(2), 431-436.
- Velasco-Garcia, M. N., ve Mottram, T., (2003). Biosensor technology addressing agricultural problems. *Biosystems Engineering*, 84(1),1-12.
- Vanegas, D.C., Gomes, C. L., Cavallaro, N. D., Giraldo-Escobar, D., ve Mclamore, E.S. (2017). Emerging biorecognition and transduction schemes for rapid detection of pathogenic bacteria in food. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 16(10), 1188-1205.
- Wang, K., Sun, D.-W., Pu, H., ve Wei, Q. (2017). Principles and applications of spectroscopic techniques for evaluating food protein conformational changes: A review. *Trends in Food Science and Technology*, 67, 207-219.
- Wang, K., Pu, H., ve Sun, D. W. (2018). Emerging spectroscopic and spectral imaging techniques for the rapid detection of microorganisms: An overview. *Comprehensive reviews in food science and food safety*, 17(2), 256-273.
- Wu, L., Pu, H., ve Sun, D. W. (2019). Novel techniques for evaluating freshness quality attributes of fish: A review of recent developments. *Trends in food science & technology*, 83, 259-273.
- Wu, D., ve Sun, D.W. (2013). Potential of time series-hyperspectral imaging (TS-HSI) for non-invasive determination of microbial spoilage of salmon flesh. *Talanta*, 111(13), 39–46.
- Wu, D., Sun, D.-W., ve He, Y. (2014a). Novel non-invasive distribution measurement of texture profile analysis (TPA) in salmon fillet by using visible and near infrared hyperspectral imaging. *Food Chemistry*, 145(4), 417–426.
- Wu, D., Sun, D.-W., ve He, Y. (2014b). Novel non-invasive distribution measurement of texture profile analysis (TPA) in salmon fillet by using visible and near infrared hyperspectral imaging. *Food Chemistry*, 145(4), 417–426.
- Yao, L., Luo, Y., Sun, Y., ve Shen, H. (2011). Establishment of kinetic models based onelectrical conductivity and freshness indictors for the forecasting of crucian carp (*Carassius carassius*) freshness. *Journal of Food Engineering*, 107(2), 147-151.

Yashodhara, B.M., Umakanth, S., Pappachan, J.M., Bhat, S.K., Kamath, R.,
ve Choo, B.H. (2009). Omega-3 fatty acids: a comprehensive review
of their role in health and disease. *Postgraduate Medical Journal*, 85, 84-
90.

Bölüm 14

Tuzla Çayı (Türkiye) Zooplanktonunun Mevsimsel Değişimi

Hilal BULUT¹

Özet

Tuzla Çayı zooplanktonunu belirlemek amacıyla 2017 ve 2018 yılları arasında mevsimsel olarak plankton ağıyla alınan zooplankton örnekleri incelenmiştir. Araştırmada Rotiferadan 13, Cladocera'dan 3 ve Copepodadan 1 olmak üzere toplam 17 zooplankton türü teşhis edilmiştir. Mevcut çalışma bu akarsuda yapılan ilk zooplankton çalışması olması bakımından değerlidir.

Anahtar kelimeler: Rotifera, Cladocera, Copepoda, Tuzla Çayı

Giriş

Akuatik ortamların verimliliği ile zooplankton arasında güçlü bir bağlantı bulunmaktadır. Çünkü sucul canlılar hayatlarının en azında bir döneminde zooplanktonla beslenirler (Güher, 2003). Zooplankton daha yüksek trofik seviyelerle doğrudan bağlantılıdır, dolayısıyla zooplankton dağılımının tüm ekosistemi nasıl etkilediğini ve diğer planktonik organizmalarla etkileşimlerini bilmek (Pinel Alloul ve ark., 1988), diğer planktonik gruplarla ilgili ekolojik modelleri anlamakta yardımcı olabilmektedir (Pinel Alloul ve ark., 1988).

Aynı zamanda zooplankton varlığı ekosistem dinamiklerini etkiler (Bruce ve ark., 2006). Zooplankton, algler ve bakteriler için otlayıcı olarak topluluk popülasyonlarını etkileyen bir konuma sahiptir (Lehman ve Sandgren 1985; Sterner, 2009) dolayısıyla fitoplanktona azot ve fosfor sağlayıp ve mükemmel bir besin geri dönüşüm döngüsüne sahiptirler (Hudson ve ark., 1999, Hudson ve Taylor 1996; Lehman ve Sandgren 1985, Sterner 2009, Urabe ve ark., 1995).

Zooplankton, fitoplanktonun avcılarıdır ve çevresel koşullardaki değişikliklere karşı çok hassastır (Eisner ve ark., 2014; Xiong ve ark., 2016). Zooplankton topluluğunun mevsimsel çevre koşulları altındaki davranışını anlamak, sağlıklı ve üretken bir su ekosistemini desteklemek için gereklidir (Lacerot ve ark., 2013).

Zooplankton türleri, çiftlik balıkları için canlı yem olarak da yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Balık yemi, su ürünleri yetiştiriciliğinde pahalı maliyetlerden biridir (Lupatsch ve ark., 2001) ve en önemlisidir: yemin kalitesi

1- ¹ Doç.Dr.; Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Temel Bilimler Bölümü, Elazığ.
hilalhaykir@gmail.com ORCID No: 0000-0002-0332-8613

ve miktarı balıklarda büyüme doğrudan ve dolaylı olarak olgunlaşma - ölüm oranını etkiler (Wotton, 1990). Bu nedenle, canlı yem kullanarak bu maliyeti hafifletmek mümkündür. Geleneksel canlı yem ürünleri rotiferler (örn. *Brachionus* spp.) ve karideslerdir (*Artemia* spp.) (Hansen, 2017).

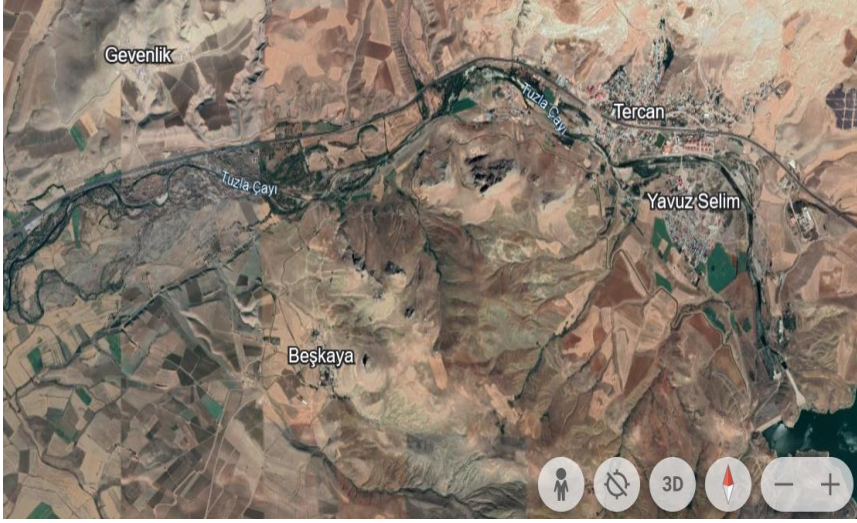
Durgun suların zooplanktonu Türkiye'de geniş çapta araştırılmış olmasına rağmen, akarsular ile ilgili çalışmalar nispeten azdır. Bunlar: İpek ve Saler (2008) Seli Çayı, Saler (2011) Munzur Nehri, Saler ve Haykır (2011) Pülümür Çayı, İpek ve Saler (2012) Görgüşan ve Geban Dereleri, Saler ve İpek Alış (2016) Tohma Çayı, Bulut ve Saler (2014, 2019) Murat Nehri, Fırat Nehri, Saler vd. (2018) Hoşrük Çayı, Saler (2022) Sevsak Deresi, Saler ve Karakaya (2023) Karasu Nehri gibi bölgelerde zooplankton ile ilgili çalışmalar mevcuttur.

Bazı araştırmacılar (Serdar ve Özcan 2016; Serdar ve ark., 2017; Özcan ve ark., 2017; Serdar ve Özcan 2017; Özcan ve Serdar 2018a; Özcan ve Serdar 2018b; Serdar ve Özcan 2019), zooplankton dışında bu alanda farklı çalışmalar yapmışlardır.

Bu çalışma Karasu Nehri'nin kollarından olan Tuzla Çayı'nın zooplanktonunu ve mevsimsel değişimini gözlemlemek adına yapılmıştır. Mevcut çalışma alanını oluşturan bu çayda daha evvel zooplankton ile ilgili araştırmanın bulunmaması, bu araştırmanın ilk olması bakımından önemini açığa çıkarmaktadır.

Materyal ve Metot

Fırat Nehri'nin ana kolu olan Karasu Nehri, Erzurum ovasındaki Dumlu Dağları'ndan doğar. Aşkale ilçesine akarak Karasu vadisi denilen bölgeden Erzincan'ın Mercan beldesine girer. Keban yakınlarında Murat Nehri ile birleşerek, Fırat Nehri'ni oluşturan akarsunun, Keban Barajı'na kadar uzunluğu 460 km'dir (ANONİM, 2015-1). Çalışma alanını oluşturan Tuzla Çayı kaynağını Çat Dağlarından alıp ve güney batıya doğru Karasu Nehrinin bir kolunu oluşturur (Polat ve Güney, 2018) (Şekil 1).



Şekil 1. Zooplankton örneklerinin alındığı bölge

Zooplankton örnekleri 2017-2018 yılları arasında horizontal olarak, göz açıklığı 55 µm olan Hydro Bios standart plankton ağıyla alınıp 250 ml'lik kavanozlarda % 4'lük formalinde korunmuştur. Zooplankton örnekleri Leitz marka ters mikroskop altında incelenerek tür teşhisleri yapılmıştır. Teşhislerde Rotifera için Edmondson (1959), Kolisko (1974); Cladocera için Flössner (1972), Negrea (1983); Copepoda için Einsle (1996) nin kaynaklarından yararlanılmıştır (Tablo 1). Çalışma alanında teşhis edilen türler aşağıda verilmiştir:

Rotifera

- Ascomorpha saltans* Bartsch, 1870
- Brachionus angularis* Gosse, 1851
- Cephalodella ventripes* Dixon-Nuttall, 1901
- Colurella obtusa* (Gosse, 1886)
- Filinia longiseta* (Ehrenberg, 1834)
- Keratella cochlearis* (Gosse, 1851)
- Keratella quadrata* (O. F. Müller, 1785)
- Lecane luna* (Müller, 1776)
- Lecane bulla* (Gosse, 1851)
- Lepadella ovalis* (Müller, 1786)
- Notommata glyphura* Wulfert 1935
- Synchaeta pectinata* (Ehrenberg, 1832)
- Trichocerca similis* (Wierzeski, 1893)

Cladocera

Bosmina longirostris (O.F. Müller, 1785)

Daphnia cucullata Sars, 1862

Daphnia magna Straus, 1820

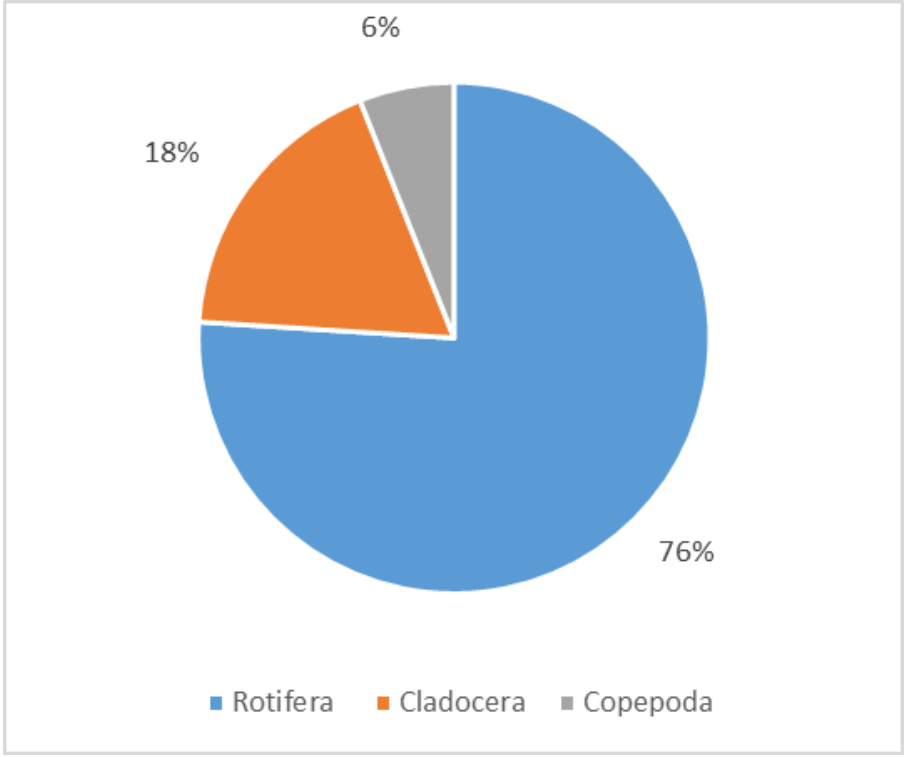
Copepoda

Cyclops vicinus Uljanin, 1875

Tablo 1. Tuzla Çayı zooplanktonunun mevsimlere göre dağılımı

Rotifera	Yaz	Sonbahar	Kış	İlkbahar
<i>Ascomorpha saltans</i>	-	+	+	-
<i>Brachionus angularis</i>	+	-	-	+
<i>Cephalodella ventripes</i>	-	+	-	-
<i>Colurella obtusa</i>	+	+	-	-
<i>Filinia longiseta</i>	+	-	-	-
<i>Keratella cochlearis</i>	+	+	+	+
<i>Keratella quadrata</i>	+	-	-	+
<i>Lecane luna</i>	+	-	+	+
<i>Lecane bulla</i>	+	+	-	+
<i>Lepadella ovalis</i>	-	+	-	+
<i>Notommata glphura</i>	-	+	-	-
<i>Synchaeta pectinata</i>	+	+	+	+
<i>Trichocerca similis</i>	-	-	-	+
Cladocera				
<i>Bosmina longirostris</i>	+	-	+	+
<i>Daphnia cucullata</i>	+	-	-	-
<i>Daphnia magna</i>	+	+	+	-
Copepoda				
<i>Cyclops vicinus</i>	+	+	+	-
Toplam	12	10	7	9

Zooplanktonun mevsimsel dağılımlarına bakıldığında Rotifera'dan *K. cochlearis* ve *S. pectinata* mevsimlerin tümünde gözlemlenmiştir. *L. luna* ise, sonbahar dışında tüm mevsimlerde teşhis edilmiştir. Cladocera'dan *B. longirostris* ve *D. magna* Copepoda'dan *C. vicinus* sadece 3 mevsimde gözlemlenmiştir. Yaz mevsiminde 12, sonbaharda 10, kışın 7 ve ilkbahar mevsiminde ise 9 tür teşhis edilmiştir. Teşhis edilen türlerin gruplara göre yüzde yoğunluğu Şekil 2 de verilmiştir. Rotifera %76 Cladocera % 18 ve Copepoda ise % 6 oranında dağılmıştır.



Şekil 2. Zooplanktonun gruplara göre % dağılımları

Tartışma Ve Sonuç

Tuzla Çayı'nda Rotifera'dan 13, Cladocera'dan 3 ve Copepoda'dan 1 olmak üzere toplam 17 zooplankton türü teşhis edilmiştir. Önceki yıllarda kollarından biri olan bu çayında üzerinde bulunduğu Karasu Nehri'nde yapılan araştırmada 3 istasyondan mevsimsel olarak alınan örneklerden Rotifera'dan 32, Cladocera'dan 5 ve Copepoda'dan 2 olmak üzere toplam 39 zooplankton türü teşhis edilmiştir (Saler ve ark., 2015). Bir başka çalışmada ise yine Rotifera'dan 35, Cladocera'dan 11 ve Copepoda'dan 3 tür bulunmuştur (Saler ve Karakaya, 2023).

Çalışma mevsimsel yapılmış olup Rotifera grubuna ait olan türler tür sayısı bakımından baskın olmuşlardır. Araştırma boyunca Rotifera türlerinin kısa jenerasyon süreleri, sayısı, ve değişen ekolojik koşullara yüksek adaptasyonları nedeniyle (Ruttner-Kolisko, 1974) diğer zooplanktonlardan daha fazla olmuştur. Bu çalışmada kaydedilen türler daha önce bu alanda yapılmış çalışmalar ile benzerlik göstermektedir (Saler ve ark., 2015; Saler ve Kararkaya 2023).

Lotik habitatlarda yapılan çalışmalara bakıldığında Özdemir Mis ve ark. (2011) Yuvarlak Çayı, Güher (2012), Delice Nehri ve kollarında, Saler ve ark.

(2018) Hoşrük Çayı zooplanktonunu incelemişlerdir. Çalışmaların sonuçlarına bakıldığında genelde zooplanktonun Rotiferaya ait türlerden olduğu, ilkbahar ve yaz aylarında tür sayılarının oldukça çok olmasına rağmen sıcaklığın azaldığı kış aylarında ise tür sayılarında azalmalar olduğunu belirtmişlerdir.

Keratella, Brachionus ve Trichocerca cinslerine ait bazı türler genellikle akarsu habitatlarının baskın türleri olarak bilinir (Ruttner-Kolisko, 1974). Tanımlanan taksonların çoğu kozmopolittir ve lotik alanların baskın zooplanktonu olarak rapor edilmişlerdir (Ruttner-Kolisko, 1974). Mevcut çalışma süresince rotiferler arasında Brachionus (*B. angularis*) Lecane (*L. luna*) ve Keratella (*K. cochlearis*) gibi bazı kozmopolit türler gözlenmiştir. Cladocera'dan Bosmina gibi daha küçük gövdeli türler genel olarak nehirlerde bol miktarda bulunur (Acharya ve ark., 2005). Çalışma alanında *Bosmina longirostris* bol miktarda bulunması bu bilgiyi destekler niteliktedir. Lentik ekosistemlerinin tersine lotik habitatlar tipik olarak daha az Cladocera ve Copepoda içerir ve daha çok rotiferler baskın rol oynarlar (Shiel vd., 1982). Akuatik habitatlarda zooplanktonun tür çeşitliliği üzerine etkili olan parametrelerden biri de suyun sıcaklığıdır. Bu parametre sudaki biyokimyasal reaksiyonları etkileyip, sulara yaşayan canlıların metabolik aktiviteleri ve üreme gibi faaliyetlerini de etkilemektedir (Taş vd. 2010). Buna bağlı olarak sıcaklık artışıyla fitoplankton artar ve buda zooplankton yoğunluğunu artırıp ekosistem verimliliğini de etkiler. Sıcaklığın artmaya başladığı mevsimlerde zooplanktonunda artış göstermesi bunun sonucu olabilir. Bu çalışmada tespit edilen türlerin Türkiye iç sularında yaygın olarak bulunduğu bildirilmektedir.

Kaynaklar

- Acharya, K., Jack, J. D., ve Bucaveckas, P. A. (2005). Dietary effects on life history traits of riverine bosmina, *Freshwater Biology*, 50, 965.
- Anonim, 2015-1, 2015. https://tr.wikipedia.org/wiki/Karasu_Nehri
- Bruce, L.C., Hamilton, D., Imberger, J., Gal, G., Gophen, M., Zohary, T., ve Hambright, K.D. (2006). A numerical simulation of the role of zooplankton in C, N and P cycling in Lake Kinneret, Israel. *Ecol. Modell.* 193 (3-4), 412–436.
- Bulut, H., ve Saler, S. (2014). Zooplankton variation of Murat River (Elazığ-wthin the borders Palu district), *Turk J Agriculture and Food Sci Tech*, 2(1), 13-17
- Bulut, H., ve Saler. S. (2019). Effect of physicochemical parameters on zooplankton at a freshwater body of Euphrates Basin (Elazığ-Turkey), *Cellular and Molecular Biology*, 65(1), 8-1.
- Edmondson, W. T. (1959). *Fresh Water Biology*. Second edition. University of Washington, Seattle. 1248pp
- Einsle, U. (1996). Copepoda: Cyclopoida, Genera Cyclops, Megacyclops, Acanthocyclops. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World No.10 SPB Academic Publishing, London.
- Eisner, L.B., Napp, J.M., Mier, K.L., Pinchuk, A.I, ve Andrews, A.G. (2014). Climate-mediated changes in zooplanktoncommunity structure for the Eastern Bering Sea. *Deep-Sea Res.* 109,157–171.
- Flössner, D. *Krebstiere*, (1972). *Crustacea*. Kiemen and Blattfüsser Brachiopoda Fischlause, Branchiura, Tierwelt-Deutschlands, 60. Tiel Veb. Gustav Fischer Verlag, Jena.
- Güher, H. (2003). “Mert, Erikli, Hamam ve Pedina (İğneada, Kırklareli) Göller’inin Zooplanktonik Organizmaların Kommunitite Yapısı”, *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi*, 20, 51-62
- Güher, H. (2012). The investigation of zooplanktonic organisms (rotifera, copepoda, cladocera) of Meriç River (Turkey). *J Anim Vet Adv*, 11(24), 4673-4677.
- Hansen, B.W. (2017). Advances using copepods in aquaculture. *J. Plankton Res.* 39, 972–974. <https://doi.org/10.1093/plankt/fbx057>.
- Hudson, J.J., ve Taylor, W.D. (1996). Measuring regeneration of dissolved phosphorus in planktonic communities. *Limnol. Oceanogr.* 41 (7), 1560–1565. <https://doi.org/10.4319/lo.1996.41.7.1560>.
- Hudson, J.J., Taylor, W.D., ve Schindler, D.W., 1999. Planktonic nutrient 461, 1998–2000.

- İpek, N., ve Saler, S. (2008). Seli Çayı (Elazığ-Türkiye) rotifer faunası ve bazı biyoçeşitlilik indeksleri ile analizi, Ege Üniversitesi Su Ürünleri Dergisi, 25(3), 211-215
- İpek, N., ve Saler, S. (2012). Görgüşan Çayı and ve Geban Deresi (Elazığ-Turkey) zooplanktonu, J FisheriesSciences.com, 6(2), 155-163
- Kolisko, W. R. (1974). *Planktonic Rotifers Biology and Taxonomy Biological Station*, Lunz of The Austrian Academy of Science.Stuttgart, 974pp.
- Lacerot, G., Kruk, C., Lfurling, M., ve Scheffer, M. (2013). The role of subtropical zooplankton as grazers of phyto-plankton under different predation levels. Freshw Biol, 58(3), 494-503
- Lehman, J.T., ve Sandgren, C.D. (1985). Species-specific rates of growth and grazing loss among freshwater algae. Limnol. Oceanogr., 30, 34-46.
- Lupatsch, I., Kissil, G.W., ve Sklan, D. (2001). Optimization of feeding regimes for European sea bass *Dicentrarchus labrax*: as factorial approach. Aquaculture 202 (3-4), 289-302.
- Negrea, S.T. (1983). *Fauna Republici Socialiste Romania*, Crustacea Cladocera. Academia Republici Socialiste Romania. Bukres, 399 pp.
- 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., Doi: 10.17693/yunusae.v17i26557.284938
- Özcan E.İ., ve Serdar, O. (2018a). Artificial Neural Networks as New Alternative Method to Estimating Some Population Parameters of Tigris Loach (*Oxynoemacheilus tigris* (Heckel, 1843) in the Karasu River, Turkey. Fresenius Environmental Bulletin, 27(12B), 9840-9850.
- Özcan E.İ., ve Serdar, O. (2018b). Length-Weight and Length-Length Relationships of Red-Spotted Trout (*Salmo trutta macrostigma* (Dumeril, 1858)) in Karasu River (East Anatolia, Turkey). Nwsa-Ecological Life Sciences, 13(1), 27-31.
- Özdemir Mis, D., Aygen C., Ustaoglu, M.R., ve Balık, S. (2011). The Zooplankton Fauna of Yuvarlak Stream (Köyceğiz-Muğla), Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 11, 661-667.
- Pinel Alloul, B., Downing, J. A., Perusse, M., ve Codin-Blumer, G. (1988). Spatial heterogeneity in freshwater zooplankton: variation with body size, depth, and scale. Ecology, 69(5), 1393-1400.
- Polat, S., ve Güney, Y. (2018). Karasu Irmağı (Fırat) Yukarı Havza Kesiminde Tuzlu-Acı Su Kaynakları ve Tuzlalar, Gaziantep University Journal of Social Sciences, 17 (3), 774-795.

- Saler, S., Eroğlu, M., ve Haykır, H. (2011). Peri ayı (Tunceli-Türkiye) zooplanktonu. e-Journal of New World Sciences Academy, Ecological Science, 6(2), 14-20.
- Saler, S., Bulut, H., Birici, N., Tepe, R., ve Alpaslan, K. (2015). Karasu Nehri (Erzincan)'nin zooplanktonu, Eğirdir Su Ürünleri Fakóltesi Dergisi, 11(1), 10-16
- Saler, S., elik, B., ve Yüce, S. (2022). Zooplankton of Behramaz Stream (Elazığ- Türkiye). Ecological Life Sciences, 17(4), 212-219.
- Saler, S. (2022). Zooplankton diversity of Sevsak Stream (Elazığ-Turkiye). Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research, 18(6), 15-21.
- Saler, S. (2011). Zooplankton of Munzur River (Tunceli-Turkey). J Anim Vet Adv, 10(2), 192-194.
- Saler, S., Yüce, S., elik, B., ve Bulut, H. (2018). Hoşrük ayı(Elazığ-Türkiye) zooplanktonu. Türk TarımGıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 6(5), 607-612
- Saler, S., ve İpek Alış, N. (2016). Zooplankton composition of Tohma Stream (Malatya - Turkey). Journal of Aquaculture Engineering and Fisheries Research, 2(1), 30- 35.
- Saler, S., ve Haykır, H. (2011). Zooplankton composition of Pülümür Stream (Tunceli-Turkey). J Anim Vet Adv, 10(11), 1401-1403.
- Saler, S. (2022). Zooplankton diversity of Sevsak Stream (Elazığ-Turkiye). Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research, 18(6), 15-21.
- Saler, S., İpek, N., ve Aslan S. (2011). Kürk ayı (Elazığ-Türkiye) zooplanktonu. Journal of FisheriesSciences.com, 5(3), 219-225. <https://doi.org/10.3153/jfsc.com.2011026>
- Saler, S., ve Karakaya, G. (2023). Karasu Nehri (Türkiye) Zooplanktonu. Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi, 6(1),40-51.
- Serdar O., ve Özcan E.İ. (2016). Length-weight and length-length relationships of Capoeta umbla in Karasu River (East Anatolia, Turkey). Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 33(4), 413-416., Doi: 10.12714/egejfas.2016.33.4.16
- 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.
- Serdar O., ve Özcan E.İ. (2017). Preliminary Study on Feeding Habits and Condition Factor of Salmo trutta macrostigma (Dumeril, 1858) in Karasu River. International Journal of Nature and Life Sciences (IJNLS), 1(1), 17-21.

- Serdar O., ve Özcan E.İ (2019). Some growth parameters of *Chondrostoma regium* (Heckel, 1843) inhabiting Karasu River (East Anatolia, Turkey). *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(1), 205-216.,
Doi: DOI: 10.25092/baunfbed.543593
- Shiel, R. J., Walker, K. F., ve Williams, W. D. (1982). Plankton of the lower River Murray, South Australia. *Australian Journal of Marine and Freshwater Research*, 33, 210-227.
- Sterner, R.W. (2009). *Encyclopedia of Inland Waters*. *Encycl. Inl. Waters* 678–688.
- Taş, S., Okuş, E., Ünlü, S., ve Altıok, H. (2010). A study on phytoplankton following ‘Volgoneft-248’ oil spill on the north-eastern coast of the Sea of Marmara. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom* 91, 715-725. <https://doi.org/10.1017/S0025315410000330>
- Urabe, J., Nakanishi, M., ve Kawabata, K. (1995). Contribution of metazoan plankton to the cycling of nitrogen and phosphorus in Lake Biwa. *Limnol. Oceanogr.* 40 (2), 232–241. <https://doi.org/10.4319/lo.1995.40.2.0232>
- Wotton, R., (1990). *Fishes. Ecology of teleost*. Chapman & HaHall, London.
- Xiong, W., Li, J., Chen, Y., Shan, B., Wang, W., ve Zhan, A. (2016). Determinants of community structure of zoo-plankton in heavily polluted river ecosystems. *Sci Rep.* 6(1):22043–22243.

Bölüm 15

Farklı Tuz (NaCl) Konsantrasyonlarında Kolza (*Brassica Napus* L.) Çeşitlerinin Tohum Çimlenme Performanslarının Karşılaştırılması

Murat ÇAVUMİRZA¹
İsmail DEMİR²

Giriş

Akdeniz Bölgesi kökenli olan kolza (McNaughton, 1979:53), dünyada en yaygın olarak ekilen yağ bitkilerinden biridir. Kolza tarımının 1600'lerden bu yana var olduğu ve özellikle 1700'lerden itibaren Çin'den Kanada'ya kadar geniş bir üretim alanına sahip olduğu belirtilmektedir. (Appelovist ve Ohlson, 1972:391), (Downey ve Röbbelen, 1989:63), (Tan, 2009:3).

Kolza tohumlarında bulunan %16-24 protein ve %38-50 yağ, zengin linoleik ve oleik asit içeriği ile yüksek kaynama noktasına sahip olması, kolzanın değerli bir yağ bitkisi olarak öne çıkmasını sağlar (Başalma, 2004:211). Ülkemizde, bitkisel kaynaklı yağ açığını kapatmada kolza bitkisi önemli bir rol oynar. Kolza bitkisinin sarı çiçekleri, arıları cezbetme özelliği sayesinde bal üreticilerine avantaj sağlar. Ayrıca, küspesinin hayvan beslemesinde %38-40 oranında protein içermesi, hayvan yetiştiricileri için değerli bir yem kaynağı olduğunu gösterir. Bu avantajlar, kolza bitkisinin ne kadar değerli bir yağ bitkisi olduğunu göstermektedir. Bu özellikler, kolza bitkisini dünyanın en çok ekilen yağ bitkileri arasında yer almasını sağlar (Demir, 2020:433), (Kolsarıcı ve Başalma, 1988:256), (Balcı ve Boydak, 2021:1012).

Kolzanın hem yazlık hem de kışlık çeşitleri mevcuttur. Kışlık çeşitlerin verimleri ve yağ oranları, yazlık çeşitlere kıyasla daha yüksektir, bu nedenle özellikle ülkemizde kışlık kolza tarımı büyük önem taşımaktadır. Bu bitkinin yüksek yağ oranı ve verimliliği, birim alandan daha fazla yağ elde edilmesine olanak tanır, bu da diğer yağ bitkilerine göre avantaj sağlar (Öz, 2013:3), (Tan, 2009:3), (Esra, 2020:1).

Tuzluluk, tarımsal üretim alanlarında toprak verimliliğini olumsuz etkileyen ve ürün verimini kısıtlayan temel abiyotik stres faktörlerinden biridir. Özellikle

¹- Yüksek Lisans.; Kırşehir Ahi Evran üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. cavumirza.murat@ogr.ahievran.edu.tr Orcid ID: 0000-0003-1370-929X

²- Doç. Dr.; Kırşehir Ahi Evran üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü. ismail.demir@ahievran.ed.tr Orcid ID:0000-0002-8950-5253

kurak ve yarı kurak bölgelerde, sulanan alanlarda, uygun olmayan sulama ve drenaj, düşük yağış, yüksek buharlaşma ve tuzlu sularla sulama gibi nedenlerden dolayı yaygın bir sorundur (Munns ve Tester, 2008:651). Toprakta biriken tuz, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini bozmaktadır. Bu bozulmaların ardından bitki, gerekli besinleri alamaz hale gelir ve bu durum, bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz yönde etkiler (Ekmekçi vd., 2005:119). Tuzluluk, bitkinin ölmesine neden olabileceği gibi, tolere edilebilir duruma bağlı olarak büyümeyi engelleyebilir, bu da verim ve kalitenin azalmasına yol açabilir (Hasegawa vd., 1986:1318), (Erkoyuncu ve Yorgancılar, 2020:1012).

Tuzluluk, kanola bitkisinde çimlenme döneminden itibaren başlayarak bitki gelişimini olumsuz yönde etkiler ve verimde ciddi kayıplara neden olur (Uyanık vd., 2014:368). Ülkemizin topraklarının tuzlanması, doğal bir kaynak olan ve yaşam için vazgeçilmez unsurlardan biri olan topraklarımızla mücadele hedefleri arasında, tarım açısından önemli olan tuz dayanıklı bitki çeşitlerinin belirlenmesini vurgulamaktadır. Bu çalışmanın amacı; önemli yağlı tohum bitkilerinden biri olan kolzanın (*Brassica Napus* L.) çimlenme süreci ve çimlenme sırasında tuz (NaCl) stresine olan tepkisinin belirlenmesidir.

Materyal Ve Yöntem

Materyal

Araştırma, 2023 yılında Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü laboratuvarında yürütülmüştür. Araştırmada; EsMercure, PR46W10 ve Recordie kışlık kolza çeşitleri tohumları materyal olarak kullanılmıştır. Bitkilerde tuz stresi sağlamak üzere 0 (kontrol), 50 mMol, 100 mMol, 150 mMol ve 200 mMol NaCl kullanılmıştır.

Yöntem

Araştırma 2023 yılında 20°C sabit sıcaklığa ayarlanmış inkübatörde karanlık ortamda tesadüf parselleri faktöriyel deneme deseni düzenine göre 4 tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Denemede kullanılacak malzemelerin sterilizasyonu malzemelerin 105°C'de 2 saat boyunca etüvde bekletilerek sağlanmıştır. Çimlenme denemesinde, tuzluluk stresi faktörü sağlamak amacıyla kontrol (0) dozu dışında dört farklı tuz konsantrasyonları 50 mMol, 100 mMol, 150 mMol ve 200 mMol olarak hesaplanmıştır. Kolza tohumluklarında fungusit oluşmaması için thiram ilaçlı saf su ile sterilize edilmiştir. Her petri kabına 25'er adet tohum yerleştirilmiştir. Konsantrasyonları hazırlanmış solüsyonlardan 7 ml eklenerek iklim dolabına yerleştirilmiştir. Çimlenmiş ve çimlenmemiş bitkiler 24 saat aralıklarla sayılarak tuz dozları uygulanmıştır. Çimlenme denemesinde 2 mm kökçük uzunluğuna sahip olanlar çimlenmiş olarak kabul edilmiştir

(Mohammadi, 2009:697). 3 gün üst üste çıkış yapmayan uygulamalar sonlandırılmıştır.

Araştırmada, Çimlenme Oranı (%), 1. gün sonu su alımı değişimi (%), 2. gün sonu su alımı değişimi (%), 3. gün sonu su alımı değişimi (%), Gövde Uzunluğu (cm), Kök Uzunluğu (cm), Fide yaş ağırlığı (g/bit), Fide kuru ağırlığı (g/bit), özellikleri incelenmiştir. Elde edilen veriler, MSTAT-C istatistik programında tesadüf parselleri faktöriyel deneme desenine göre varyans analizi yapılarak istatistiksel olarak önemli seviyeleri belirlenmiş ve önem seviyelerine göre Duncan çoklu karşılaştırma testi ile ortalamalar karşılaştırılmıştır.

Bulgular Ve Tartışma

Tohumların Su Alım Oranı Değişimi

Çeşitlere ait tohumların bin dane ağırlıkları eşit büyüklükte olacak şekilde hazırlanmış ve farklı tuz konsantrasyonlarında eşit su miktarı verilerek çimlenme süresine kadar su alma oranı yüzde olarak belirlenmiştir. Su alımı oranı değişimlerin çeşitler ve tuz konsantrasyonları bakımında 1, 2 ve 3. gün sonunda su alım oranları değişimi $P < 0.01$ önem düzeyinde istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur.

Tablo 1: Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza tohumlarının su alımına ilişkin varyans analiz tablosu

Kaynaklar	SD	Su Alım Oranı (%)		
		1. gün	2. gün	3. gün
Çeşit (Ç)	2	935.78 **	1337.55 **	622.86 **
Konsantrasyon (T)	4	773.41 **	503.46 **	532.44 **
Ç*T(interaksiyon)	8	143.81 **	67.94 **	151.30 *
Hata	45	1844.6	1919.00	1085.00

** : $P \leq 0,01$ düzeyinde, * : $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli ve öd :Önemli değil

Çeşit ve Tuz konsantrasyonları interaksiyonuna göre tohumların su alımı oranı değişimi 1 ve 3. günde $P < 0.01$ düzeyinde ve 2. günde su alımı oranı $P < 0.05$ düzeyinde istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur.

Tablo 2: Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza çeşitlerinin 1.gün sonu su alımına ilişkin ortalamaların (%) karşılaştırması

	EsMercure	PR46W10	Recordie	Ortalama
0 mMol	%49.85 b-e	%52.02 bcd	%45.48 efg	%49.12 BC

50 mMol	%49.05 c-f	%52.56 abc	%43.72 g	%48.44 BC
100 mMol	%49.05 c-f	%52.95 abc	%47.19 d-g	%49.73 B
150 mMol	%54.65 ab	%57.08 a	%51.69 bcd	%54.47 A
200 mMol	%48.80 c-g	%44.35 fg	%46.15 efg	%46.43 C
Ortalama	%50.28 A	%51.79 A	%46.85 B	%49.64

Çeşitlerin 1.gün sonunda su alımlarına göre ağırlık değişiminde EsMercure (%50.28) ile PR46W10 (%51.79) çeşidi en yüksek grupta yer alırken Recordie ise %46.85 ile en düşük grupta yer almıştır. Tuz konsantrasyonlarına göre en yüksek su alımı 150 mMol dozunda %54.47 olarak gerçekleşirken en düşük su alım yüzdesi ise %46.43 ile 200 mMol dozunda gerçekleşmiştir. Çeşit tuz konsantrasyonları interaksiyonuna göre 1.gün sonunda PR46W10 çeşidinin 150 mMol dozu %57.08 ile en yüksek su alımını sağlarken en düşük su alım yüzde değişimi ise Recordie çeşidinin 50 mMol dozunda tespit edilmiştir (Tablo 2).

Tablo 3: Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza çeşitlerinin 2.gün sonu su alımına ilişkin ortalamaların (%) karşılaştırması

	EsMercure	PR46W10	Recordie	Ortalama
0 mMol	%56.67 a-d	%59.26 ab	%53.85 cde	%56.59 B
50 mMol	%54.90 b-e	%58.99 abc	%50.68 e	%54.86 BC
100 mMol	%55.95 a-d	%56.18 a-d	%51.56 de	%54.56 BC
150 mMol	%60.48 a	%60.82 a	%56.57 a-d	%59.29 A
200 mMol	%56.77 a-d	%53.89 cde	%49.97 e	%53.54 C
Ortalama	%56.95 A	%57.83 A	%52.52 B	%55.77

Çeşitlerin 2.gün sonunda su alımlarına göre oransal ağırlık değişiminde PR46W10 (%57.83) ile EsMercure (%56.95) çeşidi en yüksek grupta yer alırken Recordie ise %52.52 ile en düşük grupta yer almıştır. Tuz konsantrasyonlarına göre en yüksek su alımı 150 mMol dozunda %59.29 olarak gerçekleşirken en düşük su alım yüzdesi ise %53.54 ile 200 mMol dozunda gerçekleşmiştir. Çeşit tuz konsantrasyonları interaksiyonuna göre 2.gün sonunda PR46W10 ile EsMercure çeşitlerinin 150 mMol dozu sırasıyla %60.82 ve %60.48 ile en yüksek

su alımını sağlarken en düşük su alım yüzde değişimi ise Recordie çeşidinin 50 ve 200 mMol dozunda sırasıyla %50.68 ve %49.97 olarak tespit edilmiştir (Tablo 4).

Tablo 4: Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza çeşitlerinin 3.gün sonu su alımına ilişkin ortalamaların (%) karşılaştırması

	EsMercure	PR46W10	Recordie	Ortalama
0 mMol	%70.10 a	%65.23 abc	%59.87 bcd	%65.07 A
50 mMol	%60.90 bcd	%66.04 ab	%55.08 d	%60.67 B
100 mMol	%61.52 bcd	%61.22 bcd	%55.09 d	%59.28 BC
150 mMol	%60.25 bcd	%57.30 d	%59.41 bcd	%58.99 BC
200 mMol	%58.35 cd	%54.57 d	%54.96 d	%55.96 C
Ortalama	%62.22 A	%60.87 A	%56.88 B	%59.99

Çeşitlerin 3.gün sonunda su alımlarına göre oransal ağırlık değişiminde EsMercure (%62.22) ile PR46W10 (%60.87) çeşidi en yüksek grupta yer alırken Recordie ise %56.88 ile en düşük grupta yer almıştır. Tuz konsantrasyonlarına göre en yüksek su alımı 0 mMol (kontrol) dozunda %65.07 olarak gerçekleşirken en düşük su alım yüzdesi ise %55.95 ile 200 mMol dozunda gerçekleşmiştir. Çeşit tuz konsantrasyonları interaksyonuna göre 3.gün sonunda EsMercure çeşiti 0 mMol (kontrol) dozu %70.10 ve %60.4 ile en yüksek su alımını sağlarken en düşük su alımı değişimi ise Recordie çeşidinin 50, 100 ve 200 mMol dozları ile PR46W10 çeşidinin 150 ve 200 mMol dozunda sırasıyla %55.08, %55.09, %54.96 ve %57.30 ile %54.57 olarak tespit edilmiştir (Tablo 4).

Çimlenme Oranı Değişimi

Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza çeşitleri tohumlarının çimlenme oranı çeşitler bazında $P<0.05$, Tuz konsantrasyonu ve çeşit tuz konsantrasyonu interaksyonu bakımında $P<0.01$ düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 5).

Tablo 5: Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza tohumların çimlenme oranına (%) ilişkin varyans analiz tablosu

Kaynaklar	SD	Çimlenme Oranı (%)
Çeşit (Ç)	2	0.367*

Konsantrasyon (T)	4	108.010**
Ç*T(interaksiyon)	8	0.579**
Hata	45	0.3529

** : $P \leq 0,01$ düzeyinde, * : $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli ve öd : Önemli değil

Çeşitlerin çimlenme oranlarına göre EsMercure (%47.00) ile Recordie (%47.00) çeşidi en yüksek grupta yer alırken PR46W10 ise %44.00 ile en düşük grupta yer almıştır. Tuz konsantrasyonlarına göre en yüksek çimlenme yüzdesi 0 mMol (kontrol) dozunda %92.50 olarak gerçekleşirken en düşük su alım çimlenme yüzdesi ise %2.5 ile 200 mMol dozunda gerçekleşmiştir.

Tablo 6: Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza tohumlarının çimlenme oranına ilişkin ortalamaların (%) karşılaştırması

	EsMercure	PR46W10	Recordie	Ortalama
0 mMol	90.00 abc	95.00 a	92.50 ab	92.50 A
50 mMol	80.00 a-d	67.50 c-f	70.00 b-e	72.50 B
100 mMol	47.50 ef	45.00 f	57.50 def	50.00 C
150 mMol	12.50g	10.00g	15.00g	12.50 D
200 mMol	5.00g	2.50g	0 g	2.50 D
Ortalama	47.00 A	44.00 B	47.00 A	46.00

Çeşit tuz konsantrasyonları interaksiyonuna göre çimlenme yüzdesi PR46W10 çeşidi 0 mMol (kontrol) dozu %95.00 ile en yüksek çimlenme sağlarken en düşük çimlenme yüzdesi ise 150 ve 200 mMol dozlarında gerçekleşmiştir. Çimlenme yüzdesi 150 mMol dozunda %10 ile %15 aralığında gerçekleşirken bu oran 200 mMol dozunda EsMercure çeşidi %5.00, PR46W10 çeşidi %2.5 ve Recordie çeşidi ise çimlenme göstermemiştir (Tablo 6). Benzer çalışmalarda da çimlenme oranındaki düşüşün tuz konsantrasyonundaki artışa bağlı olarak azaldığını bildirmişlerdir (Balcı ve Boydak, 2021:1115), (Kaya vd., 2005:3).

Kök Uzunluğu Değişimi

Kök uzunluğu değişimi tuz konsantrasyonları bakımından $P < 0.01$, Çeşit*tuz konsantrasyonu interaksyonu bakımından $P < 0.05$ önem düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 7).

Tablo 7: Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza tohumlarının kök uzunluğu (mm) ilişkin varyans analiz tablosu

Kaynaklar	SD	Kök Uzunluğu (cm)
Çeşit (Ç)	2	1.440 öd
Konsantrasyon (T)	4	21.350 **
Ç*T(interaksiyon)	8	0.2598*
Hata	45	4.3349

Kolza çeşitlerinin farklı tuz konsantrasyonlarındaki kök uzunlukları 1.048-0.1250 cm arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Farklı tuz konsantrasyonlarında çeşitlerin kök uzunluğu değişimi her ne kadar istatistiksel anlamda önemli olmasa da EsMercure çeşidi Recordie ve PR46W10 çeşitlerine göre daha yüksek kök uzunluğuna sahip çeşit olmuştur.

Tablo 8: Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza tohumlarının kök uzunluğuna (cm) ilişkin ortalamaların (%) karşılaştırması

	EsMercure	PR46W10	Recordie	Ortalama
0 mMol	1.048 a	0.8600 ab	0.9450 a	0.9508 A
50 mMol	0.4925 bc	0.3625 c	0.4000 c	0.4183 B
100 mMol	0.5125 bc	0.2750 c	0.2000 c	0.3292 B
150 mMol	0.1750 c	0.1250 c		0.1500 C
200 mMol				
Ortalama	0.4455	0.3245	0.309	

Tuz konsantrasyonlarına göre en yüksek kök uzunluğu 0 mMol (kontrol) dozunda 0.9508 cm olarak gerçekleşirken en düşük kök uzunluğu 0.10 cm ile 150

mMol dozunda gerçekleşmiştir (Tablo 8). 200 mMol dozunda gelişme olmadığından kök uzunluğu ölçülemedi. Çeşit * tuz konsantrasyonları interaksyonuna göre kök uzunluğu EsMercure çeşidinde 1.048 cm ve Recordie çeşidinde 0.9450 cm ile en yüksek kök uzunluğu sağlarken en düşük kök uzunluğu ise 150 mMol dozu PR46W10 çeşidinden 0.125cm olarak gerçekleşmiştir (Tablo 8). Tuz konsantrasyonlarındaki artış kök uzunluklarında kıalmaya neden olmuştur. Kolza çeşitlerinin artan tuz konsantrasyonlarında kök gelişiminin önemli ölçüde azaldığını bildirmişlerdir (Takıl, 2020:22), (Osman, 2021:27).

Gövde Uzunluğu Değişimi

Gövde uzunluğu değişimi hem tuz konsantrasyonu hem de Çeşit*tuz konsantrasyonu interaksyonu bakımından $P < 0.01$ önem düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo19).

Tablo 9: Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza tohumların gövde uzunluğu (mm) ilişkin varyans analiz tablosu

Kaynaklar	SD	Gövde Uzunluğu (cm)
Çeşit (Ç)	2	1.670 öd
Konsantrasyon (T)	4	100.627 **
Ç*T(interaksiyon)	8	1.7936 **
Hata	45	3.4167

Kolza çeşitlerinin farklı tuz konsantrasyonlarındaki gövde uzunlukları 4.865-0.05 cm arasında değiştiği gözlemlenmiştir. Farklı tuz konsantrasyonlarında çeşitlerin gövde uzunluğu değişimi istatistiksel anlamda önemli olmamakla birlikte EsMercure çeşidi 2,004 cm ile Recordie ve PR46W10 çeşitlerine göre daha yüksek gövde uzunluğuna sahip çeşit olmuştur. Tuz konsantrasyonlarına göre en yüksek kök uzunluğu 0 mMol (kontrol) dozunda 4.448 cm olarak gerçekleşirken en düşük kök uzunluğu 200 mMol dozunda gerçekleşmiştir (Tablo 10).

Tablo 10: Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza tohumlarının gövde uzunluğuna (cm) ilişkin ortalamaların (%) karşılaştırması

EsMercure	PR46W10	Recordie	Ortalama
-----------	---------	----------	----------

0 mMol	4.588 ab	3.892 b	4.865 a	4.448 A
50 mMol	2.550 c	2.200 cd	2.150 cd	2.300 B
100 mMol	1.610 de	2.150 cd	1.160 ef	1.640 C
150 mMol	1.100 ef	0.625 fg	0.175 g	0.6333 D
200 mMol	0.175 g	0.050 g		0.075 E
Ortalama	2.004	1.783	1.670	

200 mMol dozunda çimlenme ve gelişme çok düşük olduğundan gövde uzunluğu Recordie çeşidinden ölçülemedi. Çeşit * tuz konsantrasyonları interaksiyonuna göre kök uzunluğu 4.865 cm ile Recordie çeşidinden gerçekleşmiştir. En düşük gövde uzunluğu 0,05 cm ile PR46W10 çeşidi gerçekleşmiştir (Tablo 10). Genel olarak 150 ve 200 mMol tuz konsantrasyonları en düşük gövde uzunluğunun saptandığı dozlar olmuştur. Tuz konsantrasyonlarındaki artış, gövde uzunluklarında kısılma ile sonuçlanmıştır. Kolza çeşitlerinin artan tuz konsantrasyonlarında gövde uzunluğunda azalış gösterdiğini bildirmişlerdir (Balcı ve Boydak, 2021:1017), (Kaya vd., 2005:3).

Yaş Fide Ağırlığı Değişimi

Yaş fide ağırlığı değişiminde tuz konsantrasyonu bakımından $P < 0.01$ önem düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 11).

Tablo 11: Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza tohumların yaş fide ağırlığı (g) ilişkin varyans analiz tablosu

Kaynaklar	S D	Yaş Fide Ağırlığı (g)
Çeşit (Ç)	2	0.218 öd
Konsantrasyon (T)	4	15.080 **
Ç*T(interaksiyon)	8	1.4435 öd
Hata	45	0.8976

Kolza çeşitlerinin farklı tuz konsantrasyonlarındaki yaş fide ağırlıkları 0.4081–0.0054g arasında değişiklik göstermiştir. Farklı tuz konsantrasyonlarında çeşitlerin yaş fide ağırlığı (g) değişimi istatistiksel anlamda önemli olmamakla

birlikte PR46W10 çeşidi 1.674g ile diğer çeşitlere göre daha yüksektir. Tuz konsantrasyonlarına göre yaş fide ağırlığı 0.3441- 0.0044g arasında gerçekleşmiştir. 50 mMol ve 100 mMol tuz konsantrasyonları aralarında istatistiksel anlamda fark bulunmadığından aynı önem grubunda yer almışlardır.

Tablo 12: Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza tohumlarının yaş fide ağırlığı (g) ilişkin ortalamaların (%) karşılaştırması

	EsMercure	PR46W10	Recordie	Ortalama
0 mMol	0.3704	0.2538	0.4081	0.3441 A
50 mMol	0.2664	0.215	0.1637	0.2150 B
100 mMol	0.1392	0.3467	0.1275	0.2045 B
150 mMol	0.0355	0.0165	0.0144	0.0220 C
200 mMol	0.0079	0.0054		0.0044 C
Ortalama	0.1639	0.1674	0.1427	

Tuz konsantrasyonlarına göre en yüksek yaş fide ağırlığı 0 mMol (kontrol) dozunda 0.3441 g olarak gerçekleşirken en düşük yaş fide ağırlığı ise 150 ve 200 mMol dozlarında gerçekleşmiştir (Tablo 10). PR46W10 çeşidinin 100 mMol değeri dışında artan tuz konsantrasyonlarının fide yaş ağırlığında azalmaya neden olduğu görülmektedir. Fide yaş ağırlığından elde edilen bulgular diğer araştırmacıların çalışmaları ile benzerlik göstermektedir (Takıl, E. 2020:33), (Balcı ve Boydak, 2021:1017), (Osman, Y. 2021:28).

Kuru Fide Ağırlığı Değişimi

Kuru fide ağırlığı değişiminde tuz konsantrasyonu bakımından $P < 0.01$ önem düzeyinde anlamlı olduğu belirlenmiştir (Tablo 13).

Tablo 13: Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza tohumlarının kuru fide ağırlığı (g) ilişkin varyans analiz tablosu

Kaynaklar	SD	Kuru Fide Ağırlığı (g)
Çeşit (C)	2	0.690 öd
Konsantrasyon (T)	4	28.800 **
Ç*T(interaksiyon)	8	1.2310 öd
Hata	45	0.6122

Kolza çeşitlerinin farklı tuz konsantrasyonlarındaki fide kuru ağırlıkları 0.02295- 0.001925 g arasında değişiklik göstermiştir. Tuz konsantrasyonları arasında önemli farklılıklar görülürken en yüksek kuru fide ağırlığı 0.01914 g ile kontrol dozunda gerçekleşmiştir.

Tablo 14: Farklı tuz konsantrasyonlarında kolza tohumlarının kuru fide ağırlığı (g) ilişkin ortalamaların (%) karşılaştırması

	EsMercure	PR46W10	Recordie	Ortalama
0 mMol	0.019	0.01547	0.02295	0.01914 A
50 mMol	0.02187	0.01773	0.01361	0.01774 B
100 mMol	0.01335	0.01325	0.01798	0.01486 C
150 mMol	0.003475	0.001625	0.0039	0.00300 D
200 mMol	0.001925	0.002275		0.00140 E
Ortalama	0.01192	0.01007	0.01169	

Çeşitler arasından istatistiksel anlamda fark olmamasına karşın en yüksek kuru fide ağırlığı 0.01192 g ile EsMercure çeşidinde gerçekleşmiştir. Tuz konsantrasyonlarındaki artış kuru fide ağırlıklarına azalamaya sebep olmuştur. Çalışmamızdaki azalış değerleri Takıl (2020:35) ve Osman'ın (2021:31) yaptıkları çalışmalar ile benzerlik göstermektedir.

Sonuç Ve Öneriler

Araştırmanın sonucunda çimlenme oranı bakımından EsMercure ve Recordie çeşitleri yüksek oranda çimlenirken, 1. gün sonu su alımı, 2. gün sonu su alımı, 3. gün sonu su alımı bakımından EsMercure ve PR46W10 çeşitleri önde gelmiştir. Tohum ağırlığı, gövde uzunluğu, kök uzunluğu, fide yaş ağırlığı, fide kuru ağırlığı bakımından çeşitler arasında istatistiksel anlamda farklılık görülmemiştir. Artan tuz konsantrasyonları çimlenme oranı, gövde uzunluğu, kök uzunluğu, fide yaş ağırlığı, fide kuru ağırlığı, 3. gün sonu su alımı değerlerinin azalmasına neden olmuştur.

Kaynakça

- Appelovist, L. A., ve Ohlson, R. (1972). Rapeseed, Cultivation, Composition, Processing and Utilization. Amsterdam, London and Newyork 391.
- Balcı A. K., ve Boydak, E. (2021). Farklı Kolza (*Brassica Napus* L.) Genotiplerinde NaCl Konsantrasyonlarının Çimlenme ve Çıkış Üzerine Etkisi. *KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(5): 1011-1020.
- Başalma, D. (2004). Kışlık kolza (*Brassica napus* ssp. *oleifera* L.) Çeşitlerinin Ankara koşullarında verim ve verim öğeleri yönünden karşılaştırılması. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 10(2), 211-217.
- Demir, İ. (2020). Bazı kolza (*Brassica napus* L.) çeşitlerinin Kırşehir ekolojik koşullarında verim ve verim performanslarının değerlendirilmesi. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 24(4): 432-439.
- Downey, R. K., ve Röbbelen, G. (1989). Brassica species. Chapter 16. (Pp. 63-86). In Röbbelen, G, R. K. Downey, and A. Ashri (Eds.). Oil crops of the world. McGraw-Hill Publ. Co. New York, USA.
- Ekmekçi, E., Apan, M., ve Kara, T. (2005). Tuzluluğun Bitki Gelişimine Etkisi. *OMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(3):118-125.
- Erkoyuncu, T. M., ve Yorgancılar, M. (2020). Tuz Stresine Maruz Bırakılan Kanola (*Brassica napus* L.)’da Priming Uygulamalarının (Salisilik Asit ve Askorbik Asit) Çimlenme Üzerine Etkisi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4): 3109-3121.
- Hasegawa, P., Bressan, R., ve Handa, A. (1986). Cellular Mechanisms of Salinity Tolerance. *HortScience*, 21 (6): 1317-1324.
- Kolsarıcı, Ö., ve Başalma, D. (1988). Yabancı kökenli yazlık çeşitlerinin tohum verimi ile bin tohum ağırlığının saptanması. Ankara Üniv, Zir, Fak, Yıllığı, 39(1-2), 255-265.
- McNaughton, I. H. (1979). Swedes and rapes. In: Simmonds, N.W. (Ed.), (53-56). *Evolution of Crop Plants*. Longman. London and New York.
- Mohammadi, G. (2009). The Influence of NaCl Priming on Seed Germination and Seedling Growth of Canola (*Brassica napus* L.) Under Salinity Conditions. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Science*, 5 (5): 696-700.
- Munns, R., ve Tester, M. (2008). Mechanisms of Salinity Tolerance. *Annual Review of Plant Biology*, 59: 651-681.
- Osman, Y. U. (2021). Tuzluluğun bazı kanola çeşitlerinde çimlenme ve fide büyümesi üzerine etkileri, Yüksek Lisans Tezi, Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.

- Öz, E.S. (2013). Bazı yazlık kolza (kanola) çeşit ve hatlarının Bornova koşullarında kışlık ve yazlık olarak performanslarının belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Takıl, E. (2020). Bazı Kışlık Kolza Çeşitlerinin Erken Gelişim Dönemlerinde Tuz Stresine Morfolojik ve Fizyolojik Tepkileri, Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Tan, A.Ş. (2009). Bazı kolza (kanola) çeşitlerinin Menemen koşullarında verim potansiyelleri, *Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, Anadolu*, 19 (2): 1-32.
- Uyanık, M., Kara, Ş. M., ve Korkmaz, K. (2014). Bazı Kışlık Kolza (*Brassica napus* L.) Çeşitlerinin Çimlenme Döneminde Tuz Stresine Tepkilerinin Belirlenmesi. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20 (2014):368-375.

Bölüm 16

Su Kalitesini Etkileyen Faktörler: Ağır Metaller ve Toksikitesi

Kahraman SELVİ¹

Özet

Su, dünya üzerindeki yaşamın varlığı için son derece önemli bir kaynaktır. Hızlı nüfus artışı ve plansız kentleşme, sanayileşme, tarımsal faaliyetler ve doğal su kaynaklarının bilinçsiz kullanımı nedeniyle su kalitesi büyük ölçüde etkilenmektedir. Ağır metaller; evsel atık sular, tarımsal akış ve endüstriyel deşarjlar yoluyla sucul sistemlere girerek kalıcılıkları ve canlılarda artan miktarlarda birikebilmeleri nedeniyle su kirliliğinin önemli sebepleri arasında sayılmaktadır. Ayrıca düşük konsantrasyonlarda dahi insan sağlığı üzerinde kanserojen etkilere ve diğer olumsuz sonuçlara yol açabilmektedir. Bu çalışmada, sudaki ağır metal kirliliğinin kaynakları ve insan sağlığı üzerindeki önemli etkileri derlenmiştir.

Giriş

Su; insanoğlunun ikame edemediği son derece önemli bir kaynak olup, tüm yaşamın temel maddesidir. Yeryüzündeki toplam suyun %3'ü tatlı su içerirken, bu tatlı suyun sadece küçük bir kısmı (%0,01) insanların kullanımına açıktır (Hinrichsen ve Tacio, 2002). Tatlı suyun bu miktarı bile hızlı nüfus artışı, kentleşme, iklim değişikliği, doğal kaynakların bilinçsiz kullanımı ve gıda ihtiyacı nedeniyle büyük bir baskı altındadır. 21. yüzyılda, insan kaynaklı faaliyetler için gerekli olan su talebinin artışı hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkeleri çeşitli su sorunları ile karşı karşıya getirmiştir (Pendergast ve Hoek, 2011; Chaudhry ve Malik, 2017). Dünya Su Konseyi (WWC); dünya üzerinde su sıkıntısı yaşanan bölgelerde yaşayan bireylerin sayısının 2030 yılına kadar yaklaşık 3,9 milyara yükseleceğini öngörmektedir (Xu vd., 2018).

Ormanlar, tarım arazileri, tatlı su kaynakları, kıyusal bölgeler ve kentsel alanlar kirlilikten birincil seviyede etkilenen ekosistemlerdir. Özellikle su kaynakları; içme suyu temininde, tarımda, balıkçılıkta ve elektrik üretiminde büyük önem taşımaktadır. Fiziksel, kimyasal ya da mikrobiyolojik anlamda kirlilik, bu suların kalitesini doğrudan etkilediği için kabul edilebilir seviyelerde tutulması esastır.

¹Dr. Öğr. Üyesi; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Yenice MYO Ormancılık Bölümü.
kahramanselvi@gmail.com ORCID No: 0000-0002-6974-4441

Su kalitesi; yağış, iklim, toprak tipi, bitki örtüsü, jeoloji, akış koşulları, yeraltı suyu ve antropojenik aktiviteler gibi birçok faktörden etkilenmektedir. Su kirliliğinin başlıca kaynakları arasında endüstriyel atık suların deşarjı, madensel atıkların salınımı, fosil yakıt yakma faaliyetleri, tarım alanlarından kaynaklanan yüzeysel akışlar ve kentsel gelişim yer almaktadır (Selvi, 2012).

Farklı kirletici gruplarının (endüstriyel atıklar, yapay gübreler, pestisitler, farmasötikler, sentetik boyalar, petrol türevleri, ağır metaller, yüzey aktif maddeler ve inorganik tuzlar, vb.) değişen yoğunlukları, sudaki oksijen seviyelerinin azalmasına ve sucul canlıların ölümlerine neden olmaktadır. Biyolojik olarak parçalanabilen kirleticilerin kısa vadeli etkilerine kıyasla; ortamda artan oranlarda birikebilen kimyasal kirleticiler, daha uzun vadede ekosisteme zarar verme potansiyeline sahiptir. Örneğın, DDT gibi bazı kirleticiler, DDD ve DDE gibi kirleticilere dönüşebilme eğiliminde olduğundan, bu kirleticilerin konsantrasyonundaki artışla birlikte ekosistem sağlığına yönelik risk de artmaktadır (Chaudhry ve Malik, 2017). Bu kirleticilerle kontamine olmuş su ürünlerinin tüketimi de insan sağlığı açısından ciddi problemler oluşturmaktadır.

Ağır Metaller

Ağır metal kavramının net bir tanımı olmamasına rağmen, yoğunluk genellikle belirleyici faktör olarak kabul edilmektedir. Bu nedenle atomik yoğunluğu 4 g/cm³'ten fazla olan metaller ve metaloitler grubu genellikle ağır metaller olarak tanımlanmaktadır (Hawkes, 1997; Edelstein ve Ben-Hur, 2018). Kurşun, cıva, kadmiyum ve arsenik gibi ağır metallere maruz kalmak, organizma sağlığı açısından büyük risk taşımaktadır. Bu metallere ek olarak; altın, gümüş, platin, demir, bakır, çınko, manganez, krom, nikel, kalay, kobalt, bizmut, tellür, uranyum, antimon, seryum, galyum, talyum ve vanadyum dahil olmak üzere ağır metal olarak bilinen 19 element daha vardır (Babula vd., 2010).

İçme suyunda ve gıdalarda bulunan bazı metaller, sağlıklı bir yaşam için önemlidir. Bu metallerin düşük konsantrasyonları metabolizma faaliyetleri için önemli iken; yüksek dozları organizmalarda akut veya kronik toksisiteye yol açabilmektedir (Kabata-Pendias ve Mukherjee, 2007).

Ağır metaller biyolojik süreçler üzerindeki etki derecelerine göre hayati olanlar ve hayati olmayanlar olarak adlandırılmaktadır. Enzimatik bir reaksiyonda ko-faktör olarak rol oynayan ve organizmada belirli bir konsantrasyonda bulunması gereken vitamin ve hormon bileşenleri, hayati olarak sınıflandırılmaktadır. Ancak bu metaller (Fe, Cu, Zn, Ni, Cr vb.). belirli bir konsantrasyondan sonra toksik etki de göstermektedirler.

Diğer yandan yaşamsal rolü olmayan ağır metaller (Pb, Cd ve Hg) başlangıç konsantrasyonlarından itibaren toksik etki gösterebilmekte ve çok düşük konsantrasyonlarda bile metabolik yapıyı etkileyerek sağlık sorunlarına yol açabilmektedir (Montuori vd., 2013).

Ağır metaller, çeşitli kaynaklardan sucul ortamlara karışabilmeleri nedeniyle en önemli kimyasal kirleticiler arasında yer almaktadır. Çevresel koşullara karşı dirençli olan bu grup, deşarj edildikleri ortamda uzun süre kalabilmektedir. İnsan kaynaklı faaliyetler yüzünden atmosfere veya toprağa salınan ağır metaller, özellikle asit yağmurlarının etkisiyle ve yüzeysel akışlarla sucul ekosistemlere taşınabilmektedir (Wang vd., 2015). Suyun sedimenti, metalleri adsorbe ederek sürekli toksik su kaynağı sağlamaktadır (Chowdhury vd., 2001). Sucul ortamdaki ağır metallerin toksikokinetiği, çeşitli flora ve fauna türleri üzerindeki olası riskleri nedeniyle önemli bir endişe kaynağıdır. Ağır metaller, sudan ve sedimentlerden sucul organizmalara geçerek biyoakümülyasyon yeteneği ile kolayca birikme potansiyeline sahiptir. Ayrıca bu metaller, besin zinciri boyunca biyomagnifikasyon adı verilen süreçle alt trofik seviyelerden üst trofik seviyelere doğru artan miktarlarda birikme eğilimindedir (Li vd., 2013; Gu vd., 2015). Sucul ekosistemlerde besin zincirinin en tepesinde yer alan balıklar; solungaç, deri ve ağız yoluyla, sudan ve besinlerden bünyelerinde önemli miktarda ağır metal biriktirebilmektedir (Squadrone vd., 2013; Voigt vd., 2015). Dünya çapında yaygın bir şekilde tüketilen, omega-3 yağ asidi ve yüksek kaliteli protein kaynağı olarak bilinen balıklar ağır metallerle maruz kaldığında insan sağlığı açısından risk oluşturabilmektedir. Bu bağlamda, sucul ortamların kalitesinin izlenmesi ve değerlendirilmesinde balık türleri sıklıkla biyoindikatör olarak kullanılmaktadır (Ahmed vd., 2015).

Ağır metallerin vücuttaki etkisi sadece konsantrasyonlarına göre değil, aynı zamanda metal iyonunun yapısı, çözünürlüğü, kimyasal yapısı, redoks ve kompleks oluşturma yeteneği ve çevrede bulunma sıklığı gibi faktörlere göre de belirlenmektedir. Ağır metaller, hücre içi metabolik süreçleri bozarak toksik etkilere yol açmaktadır. Bu bozukluklar arasında DNA hasarı, artan oksidatif strese bağlı oksidatif protein bozulması, mitokondriyal hasar ve apoptozun indüklenmesi yer almaktadır. Ağır metaller; ülseratif kolit, Crohn hastalığı ve romatizma gibi otoimmün hastalıkların yanı sıra böbrek hastalığı, alerji, egzama ve astım gibi hastalıklara da yol açabilmektedir. Bununla birlikte depresyon, migren, Alzheimer hastalığı ve Parkinson hastalığı gibi nörolojik bozukluklar söz konusudur. Ağır metallerin neden olduğu sağlık sorunlarının çoğu, ileri tanı ve tedavi gerektiren kronik hastalıklar veya kanserlerdir. Bu durumların birçoğu için tedavi seçenekleri sınırlı olup, sıklıkla ölüm gözlenmektedir (Özbolet ve Tuli, 2016; Dağ ve Arıcı, 2021).

Ağır Metal Kaynakları ve İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri

İnsanların ağır metallere maruz kalması temel olarak oral alım, solunum ve dermal maruziyet olmak üzere yolla gerçekleşmektedir. Uzun süreli ağır metal maruziyeti, zihinsel ve merkezi sinir sistemi işlevlerine olumsuz etki edebileceği gibi akciğerler, karaciğer, böbrekler ve kan bileşimi gibi hayati organlara da zarar verebilmektedir. Bununla birlikte; kas distrofisine, Alzheimer hastalığına, farklı kanser türlerine ve multipl skleroza neden olabilmektedir. İnsanların ağır metallere maruz kalmasının en temel yolu, ağır metallerin özelliklerine bağlı olarak değişmektedir (Asaduzzaman vd., 2017; El-Kady ve Abdel-Wahhab, 2018).

Bakır (Cu)

Doğada yaygın olarak bulunan bakır (Cu), hemoglobin sentezine katılımı nedeniyle önemli bir eser elementtir. Birçok önemli enzimin yapısal ve katalitik özellikleri için gerekli bir kofaktör olup, en yüksek konsantrasyonları karaciğerdedir (Turnlund, 1998). Bakır, vücutta Cu^{1+} ve Cu^{2+} formlarında bulunmaktadır. Oksidasyon ve redüksiyon reaksiyonlarında kolayca elektron alışverişi yapabilmesi nedeniyle oldukça önemlidir. Cu alımı, gıda seçimlerine ve beslenme alışkanlıklarına bağlı olarak değişmekle birlikte; istiridye, karaciğer, fındık, baklagiller, tahıllar ve kuru meyveler bakır açısından zengin gıda kaynaklarıdır (Sandstead, 1995). Sağlıklı bir insanda, emilim azaltılarak veya atılım artırılarak fazla bakır seviyelerini düzenlenebilmektedir. Bu nedenle akut ve kronik Cu toksisitesi nispeten nadirdir. Günlük bakır alımının %6-13'ü içme suyundan sağlanmaktadır. Doğal sularda bakır, ortalama 4-10 $\mu\text{g/l}$ konsantrasyona sahip olup, genellikle organik maddeye bağlı olarak bulunmaktadır (Barceloux, 1999).

Bakır, atmosfere hem doğal hem de antropojenik yollarla yayılmaktadır. Doğal kaynaklar arasında volkanlar ve orman yangınları yer alırken; insan yapımı kaynaklar arasında çeşitli endüstri kuruluşları (demir-çelik, otomotiv, boya, elektrik-elektronik, vb.), tarımsal gübreler ve pestisitler yer almaktadır (Selvi, 2012).

Yüksek konsantrasyonlarda bakır alımının hem hayvan hem de insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri olabilmektedir. (Sivaperumal vd., 2007). Kan dolaşımına girdikten sonra bakır toksisitesi ilk olarak karaciğeri etkilemektedir. Bakır toksisitesinin tipik belirtileri arasında, hemoliz atakları ve böbrek tübülleri, beyin ve diğer organlarda hasarın eşlik ettiği karaciğer sirozunun gelişmesidir. Semptomlar; koma, hepatik nekroz, vasküler kollaps ve ölüme kadar ilerleyebilmektedir (Winge ve Mehra, 1990).

Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO, 2011), Cu için izin verdiği içme suyu limiti 2 mg/l'dir.

Çinko (Zn)

İnsan sağlığını korumak için düşük dozlarda gerekli bir iz element olan çinko (Zn); hormon üretimi, büyüme, bağışıklık ve sindirim sistemlerinin iyileştirilmesi yaşamı destekleyen birçok biyokimyasal süreçte önemli rol oynamaktadır. Birçok protein, enzim ve transkripsiyon faktörü işlevleri için çinkoya ihtiyaç duyulmaktadır (Nriagu, 2007). Kalitesi ve biyoyararlanımı, kaynağına göre değişebilen çinko; başta kırmızı et, beyaz et, deniz ürünleri, süt ürünleri ve tahıllar olmak üzere çeşitli gıdalarda bulunabilmektedir. Çinko eksikliği; emilim bozukluğu (malabsorpsiyon), büyüme geriliği, immünolojik anormallikler, doğurganlık sorunları, kronik karaciğer ve böbrek hastalıkları gibi çeşitli kronik hastalıklara yol açabilmektedir (Walsh vd., 1994).

Çinko; çelik işleme, gemi yapımı, otomobil ve inşaat endüstrisi başta olmak üzere çeşitli sektörlerde (ilaç, boya, kauçuk, kozmetik, plastik, mürekkep, sabun, pil, tekstil, vb.) yaygın olarak kullanılmaktadır. gibi çeşitli kullanılmaktadır (Jamshaid vd., 2018).

Yüksek konsantrasyonlarda çinko alımı; mide krampları, cilt iltihabı, kusma, bulantı, anemi, pankreas sorunları, damar sertliği ve protein metabolizması bozuklukları gibi çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilmektedir (Nriagu, 2007; Walsh vd., 1994).

Dünya Sağlık Örgütü'nün içme suyunda çinko için izin verdiği sınır 3 mg/l'dir.

Manganez (Mn)

Manganez (Mn); sindirim enzimlerinin üretimi, besinlerin emilimi, yaraların iyileşmesi, kemik gelişimi ve bağışıklık sistemi savunması için vücut tarafından küçük miktarlarda ihtiyaç duyulan eser bir mineraldir. Yetersiz veya aşırı manganez alımının sağlık üzerinde olumsuz etkileri olabilmektedir. Birçok yaygın gıdada bulunması nedeniyle insanlarda manganez eksikliği nadirdir. Eksikliği; zayıf kemikler (osteoporoz), kas ve eklem ağrısı ve cinsel işlev bozukluğu gibi önemli sağlık sorunlarına yol açabilmektedir (Zhu vd., 2015).

Manganez, kayalarda ve toprakta doğal olarak bulunan bir mineraldir. Ancak, yeraltı sularının bu element tarafından kirletilmesinden büyük ölçüde insan kaynaklı faaliyetler sorumludur. Yüksek düzeyde manganeze maruz kalmak akciğerlerde, beyinde ve sinir sisteminde ciddi bozukluklara neden olabilmektedir. Uzun süreli magnezyum maruziyeti; kaslarda zayıflık, titreme, anksiyete, depresyon, hafıza kaybı ve sık idrara çıkma gibi Parkinson hastalığına benzer semptomlara ve kalıcı nörolojik etkilere neden olabilmektedir (USEPA, 2004).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) içme suyunda magnezyum için 0,5 mg/L'lik bir sınır belirlemiştir.

Demir (Fe)

Demir (Fe), vücutta çeşitli olaylarda görev ala ve insan sağlığı için gerekli olan bir elementtir. En iyi bilinen görevi, akciğerlerden vücudun geri kalanına oksijen taşıyan protein hemoglobinin üretilmesidir. Düşük ya da yüksek demir seviyelerinin vücut fonksiyonları üzerinde olumsuz etkileri olabilir. Demir eksikliğinin belirtileri arasında halsizlik, baş dönmesi, baş ağrısı, nefes darlığı, soluk cilt ve göğüs ağrısı yer almaktadır (Berg vd., 2001).

Sudaki demir birikimi; endüstriyel atık sularından, asit maden drenajından, kanalizasyondan kaynaklanmaktadır. Karaciğer, vasküler yapısı nedeniyle büyük miktarda demir biriktirme eğilimindedir. Bu nedene, karaciğerdeki demir içeriği diğer dokulardan birkaç kat daha yüksektir (Sayre vd., 2000).

Hayati organlarda aşırı demir birikimi; depresyon, karın ağrısı, karaciğer hastalığı (siroz, kanser), kalp yetmezliği, diabetes mellitus (diyabet), osteoporoz, osteoartrit, kısırlık, hipogonadizm, hipotiroidizm ve başka semptomlar da dahil olmak üzere çeşitli sağlık sorunları riskini artırabilirken; bazı durumlarda erken ölüme bile neden olabilmektedir (Beckman vd., 1999; Parkkila vd., 2001; Ellervik vd., 2001; Perez de Nanclares vd., 2000).

Dünya Sağlık Örgütü'nün (WHO, 2011) içme suyunda demir için önerdiği sınır değer 0,3 mg/L'dir.

Krom (Cr)

Krom (Cr), insan vücudunda kan şekeri seviyelerini düzenleyen ve insülinin glikozu enerji için hücrelere taşımaya yardımcı olan metabolik süreçlerde önemli bir rol oynamaktadır. Vücut tarafından sadece az miktarda kroma ihtiyaç duyulur. Krom, , karbonhidratların, proteinlerin ve yağların diğer besin maddelerinin metabolizmasına katılımı sebebiyle kardiyovasküler hastalıkların önlenmesinde rol oynar. Krom eksikliğinin belirtileri arasında yorgunluk, yüksek kolesterol düzensiz kan şekeri ve anksiyete yer almaktadır (Selvi, 2012).

Endüstriyel kirlilikten kaynaklanan altı değerlikli (+6) krom, üç değerlikli (+3) kroma kıyasla daha toksiktir. Bu formun yüksek konsantrasyonlarda alımı cilt tahrişine, sindirim sorunlarına ve akciğer kanserine neden olabilmektedir (Dumlu, 1975).

Dünya Sağlık Örgütüne (WHO, 2011) göre suda izin verilen maksimum krom konsantrasyonu 0,05mg/L'dir.

Nikel (Ni)

Nikel (Ni), ihtiyacı minimum düzeyde olup, folik asit ve B12 vitamininin kullanımında önemli bir rol oynamaktadır. Ayrıca, bazı hayvan çalışmaları Nikel konsantrasyonunun belirli hormonların üretimini etkileyebileceğini göstermektedir (Selvi, 2012).

Nikel; havada, toprakta ve suda doğal olarak bulunan ve bulunabilen bir metaldir. İnsanlar kirli havayı soluyarak, kirli su veya yiyecek tüketerek nikel

maruz kalabilmektedir. Yüksek dozlarda nikel maruziyeti; baş dönmesi, astım, akciğer kanseri, gırtlak kanseri, prostat kanseri, burun kanseri ve kalp rahatsızlıkları gibi çeşitli sağlık sorunlarına yol açabilmektedir (Fort ve ark., 1998).

Dünya Sağlık Örgütü'nün sudaki nikel için izin verdiği değer 0,02 mg/L'dir.

Kadmiyum (Cd)

Yer kabuğunda doğal olarak bulunan bir elementtir. Kadmiyum, insan vücudunda birikebilen ve çok düşük konsantrasyonlarda bile çeşitli organik biyolojik sistemlerde geri dönüşü olmayan hasara neden olabilen oldukça toksik bir metaldir (Robards ve Worsfold 1991).

Hava, su ve topraktaki yüksek kadmiyum seviyeleri genellikle endüstriyel kaynaklara (madencilik, metal sanayi, vb.) yakın yerlerde bulunur. Batarya, seramik, elektronik, metal kaplama, boya, petrol, tekstil, böcek ilaçları, lehim, metalürji, sentetik kimya ve fotoğrafçılık gibi çeşitli sektörlerde kadmiyum yaygın olarak kullanılmaktadır (Zheng vd., 2018).

Kadmiyum insan vücuduna kontamine olmuş gıdalar ve sigara yoluyla kolayca girebilmektedir. Memelilerin sakatlarında (böbrek, karaciğer, vb.) yüksek düzeyde kadmiyum bulunmaktadır. Çalışmalar, kadmiyumun solunum sisteminde gastrointestinal sistemden daha kolay tutulduğunu göstermiştir (Frery vd., 1993; Johnson vd., 2003; Piasek ve Laskey, 1999). Önemli ölçüde yüksek kadmiyum seviyelerine akut olarak maruz kalmak; ishal, kusma, ateş, akciğer hasarı ve kas ağrısı gibi çeşitli olumsuz sağlık etkilerine yol açabilmektedir. Sürekli kadmiyum alımı; böbrek bozuklukları ve kemik hasarı gibi hastalıkların yanı sıra üreme sorunlarına ve hatta kansere neden olabilmektedir (Nordberg, 2004).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) içme sularında maksimum 0,003 mg/L kadmiyuma izin vermektedir.

Kurşun (Pb)

Kurşun (Pb), yer kabuğunda doğal olarak bulunan toksik bir ağır metaldir (Raviraja vd., 2008). İnsan faaliyetleri yoluyla ekolojik sisteme ciddi zarar veren birincil metaldir. Sucul yaşamdaki kurşun kirliliği genellikle endüstriyel atıkların su yoluyla taşınmasından kaynaklanmaktadır.

Endüstriyel atıklar, boyalar ve araç egzozları da dahil olmak üzere atmosfere kurşun veren çok sayıda kaynak bulunmaktadır (Nadeem-ul-Haq vd., 2009). Partikül halindeki kurşun bileşiklerinin kaynakları katı ve sıvı yakıtların yakılması, alkali kurşun sentez tesisleri, kurşun çıkarma fırınları, kurşun oksit işletmeleri vb. olarak sıralanabilmektedir. Özellikle tetraetil kurşun, motorlu taşıtlarda kullanılan benzinin yanmasından kaynaklanan çevresel kurşun kirliliğinin birincil nedenidir (Seven vd., 2018).

Kurşun toksisitesinde ilk etkilenen sinir sistemidir. Eser düzeyde kurşun maruziyeti, hamile kadınlarda düşük doğum ağırlığına ve düşüğe neden olabilirken, yeni doğan bebekler üzerinde de zararlı etkilere sahiptir. Kurşunun önemli bir bölümü kemiklerde depolanmasına rağmen; beyne, anne karnındaki fetüse ve anne sütüne de geçebilmektedir. Bebeklerde ve çocuklarda düşük kurşun oranı; yaşa ve kurşuna maruz kalma süresi ile artmaktadır (Bellinger, 2005; McMichael vd., 1986; García-Lestón vd., 2010).

Yüksek seviyelerde kurşuna maruz kalmak; erkeklerde sperm üretiminden sorumlu organlara, böbrek yetmezliğine, hematopoetik bozukluklara, kardiyovasküler hastalıklara, sinirsel bozukluklara ve bağışıklık sistemi üzerinde olumsuz bir etkilere neden olabilmektedir (Gidlow, 2004; Riess ve Halm, 2007; Venkatesh, 2004).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011), kurşun için içme suyunda 0,01mg/L sınır belirlemiştir.

Cıva (Hg)

Cıva (Hg) çevrede doğal olarak oluşan bir metaldir. Metalik formda, cıva tuzlar veya organik cıva bileşikler olarak bulunabilmektedir. Cıva, canlı organizmalara zarar verebilen kalıcı biyoakümülatif bir toksindir (Weiss ve Wright, 2001). Cıva uçucu bir element olduğundan, oda sıcaklığında buharlaşan tek elementtir. Termal iletkenliği zayıf elektrik iletkenliği güçlüdür. Diğer metallerle kolayca “amalgam” olarak bilinen alaşımlar oluşturabilen cıva; neon, argon, kripton ve ksenon gibi soy gazlarla birleşebilmektedir (Seven vd., 2018). Kayaçlardaki minerallerin parçalanması, fosil yakıtların yanması, tarımsal gübre kullanımı ve endüstriyel atık suların bertarafı gibi çeşitli kaynaklardan atmosfere girebilmektedir (Weiss ve Wright, 2001).

Tarımda, kâğıt, kimya ve elektrik endüstrisinde, diş hekimliğinde, floresan lamba yapımında, termometre ve barometre üretiminde kullanılan cıvanın hem insanlar hem de çevre üzerinde çeşitli etkileri vardır. Sucul ortamlarda cıva, en toksik formu olan metil cıvaya dönüşerek, biyoakümülyasyon yoluyla besin zincirinde artan yoğunluklarda birikebilmektedir (Fatoki ve Awofolu, 2003). Metil cıva, sinir hücrelerindeki çeşitli süreçleri etkileyebilen potansiyel bir hücrel toksin olup, cıvanın gıda yoluyla zararlı etkilerinden birincil derecede sorumludur. Gıdalar arasında deniz ürünleri en önemli organik cıva kaynaklarıdır. Vücutta tiroit ve testosteron gibi hormonların üretimini azaltabilmekte ve nörotransmitter üretimini etkileyebilmektedir (Fatoki ve Awofolu, 2003).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) içme suyunda maksimum cıva konsantrasyonunun 0,001mg/L olmasını önermektedir.

Arsenik (As)

Arsenik (As), bir metaloit olsa da tipik olarak ağır metal olarak sınıflandırılmaktadır. Yer kabuğunda doğal olarak oluşan bir bileşen olup; çevreye geniş ölçüde dağılmıştır. Volkanik faaliyetler, orman yangınları ve insan faaliyetleri yoluyla daha yüksek miktarlarda salınabilmektedir. İnorganik formu insanlar için kanserojendir. Düşük dozlarda inorganik arseniğe kronik olarak maruz kalmanın; karaciğer, deri, kardiyovasküler sistem ve hematopoetik sistem üzerinde çeşitli etkileri olabilmektedir (Mandal ve Suzuki, 2002).

Topraktaki organik maddelerle de bağlantılı olarak bulunan arsenik, organik maddelerin oksitlenmesiyle suya ve bitkilere geçmektedir. Kayaçlardan sucul ekosistemlere karışan inorganik arsenik; arsenik trioksit, arsenopirit, orpiment ve realgar şeklinde çözünebilmektedir Yeraltı sularında, ayrılmış kayalardan ve topraklardan türetilmektedir. Doğal su kaynaklarında ve denizlerde değişen miktarlarda arsenik bulunmaktadır (Jamshaid vd., 2018).

Endüstriyel olarak arsenik bir alaşım maddesi olarak ve cam, metal yapıştırıcılar, pigmentler, kâğıt, ahşap koruyucular ve mühimmat üretim sürecinde kullanılmaktadır. İnsanlar, kontamine olmuş içme suyu, gıdalar veya sigara sebebiyle inorganik arseniğe maruz kalabilmektedir (Jamshaid vd., 2018).

Düşük seviyeli arsenik zehirlenmesinin anlık belirtileri arasında kusma, anormal kalp ritmi, kan damarlarında hasar, karın ağrısı, ishal, uyuşma ve kas krampları yer almaktadır.

Yüksek seviyelerde inorganik arseniğe uzun süre maruz kalmak genellikle pigmentasyon değişiklikleri, cilt lezyonları ve avuç içlerinde sert lekeler gibi cilt ile ilgili semptomlarla sonuçlanır. Aşırı durumlarda cilt kanseri ve böbreklerde, akciğerlerde, mesanede ve karaciğerde tümörler gelişebilmektedir (Jamshaid vd., 2018).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO, 2011) içme suyunda arsenik sınırını 0,01 mg/L olarak belirlemiştir.

Sonuç

Doğal ya da antropojenik kaynaklı olarak ekosisteme karışan tehlikeli metal iyonlarının varlığı hem su ve toprak kalitesi hem de yüksek toksisiteleri nedeniyle bitki, hayvan ve insan yaşamı için önemli bir sorundur. İnsan nüfusunun az olduğu dönemlerde su kütlelerine karışan kirleticiler seyrelip, doğal yollarla daha hızlı ayrışabilirken; nüfus patlamaları ve teknolojik ilerlemelerden kaynaklanan endüstriyel, evsel ve tarımsal atıkların artışı, su sistemlerinin kendi kendini temizleme potansiyelinin yok olmasına sebep olmaktadır. Bu nedenle; su kirliliğinin küresel bir sorun haline geldiği günümüzde, bu sorunla mücadele etmek için hükümetler tarafından su kaynaklarını korumaya ve iyileştirmeye yönelik politikaların sürekli olarak değerlendirilmesi, çeşitli yasa

ve yönetmeliklerin güncellenmesi veya oluşturulması gerekmektedir. Ayrıca ağır metallerle kontamine olmuş su kaynaklarının ekosistemde ve insanlarda oluşturabileceği potansiyel sağlık riskleri konusunda kamu eğitim programları ile bilinçli farkındalık oluşturulması sağlanmalıdır.

Referanslar

- Ahmed, M.K., Baki, M.A., Islam, M.S., Kundu, G.K., Habibullah-Al-Mamun, M., Sarkar, S.K., Hossain, M.M., 2015. Human health risk assessment of heavy metals in tropical fish and shellfish collected from the river Buriganga, Bangladesh. *Environ Sci Pollut Res* 22:15880 – 15890.
- Asaduzzaman, K., Khandaker, M.U., Baharudin, N.A.B., Amin, Y.B.M., Farook, M.S., Bradley, D.A., Mahmoud, O., 2017. Heavy metals in human teeth dentine: A bio-indicator of metals exposure and environmental pollution, *Chemosphere* 176: 221–230.
- Babula, P., Adam, V., Opatrilova, R., Zehnalek, J., Havel, L., & Kizek, R., 2010. Uncommon heavy metals, metalloids and their plant toxicity: a review. *Organic Farming, Pest Control and Remediation of Soil Pollutants: Organic farming, pest control and remediation of soil pollutants*, 275-317.
- Barceloux, D.G., 1999. Copper. *J. Toxicol. Clin. Toxicol.* 37: 217-237.
- Beckman, L.E., Van Landeghem, G.F., Sikstrom, C., Wahlin, A., Markevarn, B., Hallmans., G., 1999. Interaction between haemochromatosis and transferrin receptor genes in different neoplastic disorders. *Carcinogenesis* 20(7): 1231–1233.
- Bellinger, D.C., 2005. Teratogen update: lead and pregnancy. *Birth Defects Research: Part A, Clinical Molecular Teratology* 73(6): 409–20.
- Berg, D., Gerlach. M., Youdim, M.B., Double, K.L., Zecca L, Riederer, P., 2001. Brain iron pathways and their relevance to Parkinson's disease. *Journal of Neurochemistry* 79(2): 225–236.
- Chaudhry, F. N. ve Malik, M. F., 2017. Factors affecting water pollution: a review. *J. Ecosyst. Ecography*, 7(1): 225-231.
- Chowdhury, U.K., Rahman, M.M., Mandal, B.K., Paul, K., Lodh, D., Biswas, B.K., Basu, G.K., Chanda, C.R., Saha, K.C., Mukherjee, S.C., Roy, S., Das, R., Kaies, I., Barua, A.K., Palit, S.K., Quamruzzaman, Q., Chakraborti, D., 2001. Groundwater arsenic-contamination and human sufferings in West Bengal, India and Bangladesh. *Environ. Sci.* 8: 393 – 415.
- Dağ, N. ve Arıcı, Ö.K., (2021). Heavy Metals in Soils Pb (Lead), Hg (Mercury), Cd (Cadmium), As (Arsenic) Effects on Human Health. *International Journal of Environmental Trends (IJENT)*, 5(2): 48-59.
- Dumlu, G., 1975. Kirli Su El Kitabı. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Edelstein, M. ve Ben-Hur, M., 2018. Heavy metals and metalloids: Sources, risks and strategies to reduce their accumulation in horticultural crops, *Sci. Hortic.* 234: 431–444.

- El-Kady, A.A. ve Abdel-Wahhab, M.A., 2018. Occurrence of trace metals in foodstuffs and their health impact. *Trends in food science & technology*, 75:36-45.
- Ellervik, C., Mandrup-Poulsen, T., Nordestgaard, B.G., Larsen, L.E., Appleyard, M., Frandsen, M., 2001. Prevalence of hereditary haemochromatosis in late-onset type 1 diabetes mellitus: a retrospective study. *The Lancet* 358(9291):1405-1409
- Fatoki, O.S., Awofolu, R., 2003. Levels of Cd, Hg and Zn in some surface waters from the Eastern Cape Province, South Africa. *Water SA* 29(4): 375 – 80.
- Fort, D.J., Stover, E.L., Bantle, J.A., Finch, R.A., Linder-Gdumont, J.N. ve King, M.K., 1998. Phase III Interlaboratory Study of FETAX, Part 2: Interlaboratory Validation of an Exogenous Metabolic Activation System for Frog Embryo Teratogenesis Assay-Xenopus (FETAX). *Drug and Chemical Toxicology*. 21(1): 1 – 14.
- Frery, N., Nessmann, C., Girard, F., Lafond, J., Moreau, T., Blot, P., 1993. Environmental exposure to cadmium and human birth weight. *Toxicology* 79(2): 109 – 118.
- García-Lestón, J., Méndez, J., Pásaro, E., Laffon, B., 2010. Genotoxic effects of lead: an updated review. *Environ Int* 36: 623–636
- Gidlow, D.A., 2004. Lead toxicity. *Occupational Medicine* 54(2): 76 – 81.
- Gu, Y-G., Lin, Q., Wang, X-H., Du, F-Y., Yu, Z-L., Huang, H-H., 2015. Heavy metal concentrations in wild fishes captured from the South China Sea and associated health risks. *Mar Pollut Bull* 96: 508–512.
- Hawkes, J.S., 1997. Heavy metals, *J. Chem. Educ.* 74: 1369–1374
- Hinrichsen, D. ve Tacio, H., 2002. The coming freshwater crisis is already here. The linkages between population and water. Washington.
- Jamshaid, M., Khan, A. A., Ahmed, K., & Saleem, M., 2018. Heavy metal in drinking water its effect on human health and its treatment techniques-a review. *Int. J. Biosci*, 12(4): 223-240.
- Johnson, M.D., Kenney, N., Stoica, A., Hilakivi Clarke, L., Singh, B., Chepko, G., 2003. Cadmium mimics the in vivo effects of estrogen in the uterus and mammary gland. *Nature Medicine* 9(8): 1081– 1084.
- Kabata-Pendias, A., Mukherjee, A.B., 2007. Trace elements from soil to human. New York: Springer-Verlag.
- Li, F., Huang, J., Zeng, G., Yuan, X., Li, X., Liang, J., Wang, X., Tang, X., Bai, B., 2013. Spatial risk assessment and sources identification of heavy metals in surface sediments from the Dongting Lake, Middle China. *J Geochem Explor* 132: 75–83.

- Mandal, B.K., Suzuki, K.T., 2002. Arsenic round the world: a review. *Talanta* 58: 201–235.
- McMichael, A.J., Vimpani, G.V., Robertson, E.F., Baghurst, P.A., Clark, P.D., 1986. The Port Pirie cohort study: maternal blood lead and pregnancy outcome. *Journal of Epidemiology and Community Health* 40(1): 18–25.
- Montuori, P., Lama, P., Aurino, S., Naviglio, D., Triassi, M., 2013. Metals loads into the Mediterranean Sea: estimate of Sarno River inputs and ecological risk. *Ecotoxicology* 22(2): 295–307
- Nadeem-ul-Haq, Arain, M.A., Haque, Z., Badar, N., Mughal, N., 2009. Drinking water contamination by chromium and lead in industrial lands of Karachi. *Journal of Pakistan Medical Association* 59(5): 270– 274.
- Nordberg, G.F., 2004. Cadmium and health in the 21st century-historical remarks and trends for the future. *BioMetals* 17(5): 485 – 489.
- Nriagu, J., 2007. Zinc toxicity in humans. School of Public Health, University of Michigan, 1-7.
- Özbolat, G. ve Tuli, A., 2016. Effects of heavy metal toxicity on human health. *Archives Medical Review Journal*, 25(4): 502 – 521.
- Parkkila, S., Niemelä, O., Savolainen, E.R., Koistinen, P., 2001. HFE mutations do not account for transfusional iron overload in patients with acute myeloid leukemia. *Transfusion* 41(6): 828 – 831.
- Pendergast, M.M., Hoek, E.M.V., 2011. A review of water treatment membrane nanotechnologies, *Energy Environ. Sci.* 4: 1946 – 1971.
- Perez de Nanclares, G., Castano, L., Gaztambide, S., Bilbao, J.R., Pi, J., Gonzalez, M.L., 2000. Excess iron storage in patients with type 2 diabetes unrelated to primary hemochromatosis. *The New England Journal of Medicine* 343: 890–891.
- Piasek, M., Laskey, J.W., 1999. Effects of in vitro cadmium exposure on ovarian steroidogenesis in rats. *Journal of Applied Toxicology* 19(3): 211–217.
- Raviraja, A., Babu, G.N.V., Bijoor, A.R., Menezes, G., Venkatesh, T., 2008. Lead toxicity in a family as a result of occupational exposure. *Archives of industrial Hygiene and Toxicology.* 59: 127 – 133.
- Riess, M.L. ve Halm, J.K., 2007. Lead poisoning in an adult: lead mobilization by pregnancy? *Journal of General Internal Medicine.* 22: 1212 – 1217.
- Robards, K. ve Worsfold, P., 1991. Cadmium: toxicology and analysis. A review. *Analyst* 116: 549 – 568.
- Sandstead, H.H., 1995. Requirements and toxicity of essential trace elements illustrated by zinc and copper. *Am. J. Clin. Nutr.* 61: 621 – 621.

- Sayre, L.M., Perry, G., Atwood, C.S., Smith, M.A., 2000. The role of metals in neurodegenerative diseases. *Cellular and Molecular Biology*. 46(4): 731 – 741.
- Selvi, K., 2012. Umurbey çayı ve barajında (Çanakkale) suda, sedimentte, bazı makro omurgasız canlılarda ağır metal birikimi ve toksisitesi. Seven, T., Can, B., Darende, B.N. ve Ocak S., 2018. Hava ve Toprakta Ağır Metal Kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2): 91 – 103.
- Sivaperumal, P., Sankar, T.V., Viswanathan Nair, P.G., 2007. Heavy metal concentrations in fish, shellfish and fish products from internal markets of India vis-a-vis international standards. *Food Chem*. 102: 612 – 620.
- Squadrone, S., Prearo, M., Brizio, P., Gavinelli, S., Pellegrino, M., Scanzio, T., Guarise, S., Benedetto, A., Abete, M.C., 2013. Heavy metals distribution in muscle, liver, kidney and gill of European catfish (*Silurus glanis*) from Italian rivers. *Chemosphere* 90: 358 – 365.
- Turnlund, J.R., Keyes, W.R., Peiffer, G.L., Scott, K.C., 1998. Copper absorption, excretion, and retention by young men consuming low dietary copper determined by using the stable isotope ⁶⁵Cu. *Am. J. Clin. Nutr.* 67: 1219 – 1225.
- USEPA, 2015. Regulated drinking water contaminants. United States Environmental Protection Agency, Health and Ecological Criteria Division, Washington, DC 20460.
- USEPA, 2004. Drinking water health advisory for manganese. United States Environmental Protection Agency, Health and Ecological Criteria Division, Washington, DC 20460.
- Venkatesh, T., 2004. The effects of environmental lead on human health - a challenging scenario. *Environmental Health Focus*. 2: 8-16.
- Voigt, C.L., da Silva, C.P., Doria, H.B., Ferreira Randi, M.A., de Oliveira Ribeiro, C.A., de Campos, S.X., 2015. Bioconcentration and bioaccumulation of metal in freshwater Neotropical fish *Geophagus brasiliensis*. *Environ Sci Pollut Res*. 22: 8242 – 8252.
- Walsh, C.T., Sandstead, H.H., Prasad, A.S., Newberne, P.M., Fraker, P.J., 1994. Zinc: health effects and research priorities for the 1990s. *Environmental Health Perspectives* 102(2): 5 – 46.
- Walsh, C.T., Sandstead, H.H., Prasad, A.S., Newberne, P.M., Fraker, P.J., 1994. Zinc: health effects and research priorities for the 1990s. *Environmental Health Perspectives* 102(2): 5 – 46.
- Wang, G., Yinglan, A., Jiang, H., Fu, Q., Zheng, B., 2015. Modeling the source contribution of heavy metals in surficial sediment and analysis of their

- historical changes in the vertical sediments of a drinking water reservoir. *Journal of Hydrology*. 520. 37 – 51.
- Weiss, L., Wright, S., 2001. Mercury on the road to zero. Recommended strategies to eliminate mercury releases from human activities in Oregon by 2020. Oregon: Oregon Environmental Council & The Mercury Solution Team.
- WHO, 1996. Trace Elements in Human Nutrition and Health. World Health Organization, Geneva.
- WHO, 2011. Guidelines for Drinking-water Quality. Fourth edition World Health Organization, Geneva.
- Winge, D.R., Mehra, R.K., 1990. Host defenses against copper toxicity. *Int. Rev. Exp. Pathol.* 31: 47 – 83.
- Xu, J., Cao, Z., Zhang, Y., Yuan, Z., Lou, Z., Xu, X., & Wang, X., 2018. A review of functionalized carbon nanotubes and graphene for heavy metal adsorption from water: Preparation, application, and mechanism. *Chemosphere*, 195: 351-364.
- Zheng, L. Peng, D. Meng, P., 2018. Promotion effects of nitrogenous and oxygenic functional groups on cadmium (II) removal by carboxylated corn stalk, *J. Clean. Prod.* 201: 609 – 623.
- Zhu, F., Qu, L., Fan, W., Wang, A., Hao, H., Li, X., Yao, S., 2015. Study on heavy metal levels and its health risk assessment in some edible fishes from Nansi Lake, China. *Environ Monit Assess.* 187.

Bölüm 17

İmazamox Ve Penoxsulam + Cyhalofob-Butyl Etkili Maddeli Herbisitlerin Biyolojik Etkinliklerinin Belirlenmesi

Koray KAÇAN¹

Abstract

Rice is the third most grown agricultural product after corn and sugar cane with 787293867.41 tons. In terms of nutrition, rice plays an important role around the world. There are many countries that rely on rice as a staple food, as it is the most widely cultivated plant used in human nutrition, is highly adaptable, has a high nutritional value, and is easy to store and process. There is a problem with weeds not only in agriculture, but also in cultural processes, in which they prevent the completion of cultural processes on time and with the desired effectiveness. We have to fight weeds in order to minimize the product loss of rice plants, which compete with weeds during the early stage of growth because of their poisonous seeds. The trial used imazamox and Penoxsulam + Cyhalofob-butyl for this purpose. The effect of Imazamox, the active ingredient in the tested herbicides, on weeds was determined. As a result, herbicides applied to weeds at the 2-4 leaf stage were effective in controlling *Echinochloa crus-galli* and *Echinochloa oryzoides*.

Key words: Rice, *Echinochloa crus-galli*, *Echinochloa oryzoides*, Herbicide

Giriş

Günümüzde bitkisel ürünler içerisinde en fazla ekiliş ve üretimi olan tahılların insan beslenmesinde kullanılan toplam kalori ve proteinlerdeki payları sırasıyla % 75 ve % 67'dir (NEWFOOD,2023;. Tahıl taneleri dünya çapında enerji, karbonhidrat ve bitkisel proteinlerin ana besin kaynağıdır. Şu anda tahılların yalnızca %41'i insan tüketimi için kullanılıyor ve %35'e kadarı hayvan yemi için kullanılıyor.(Poutanen et al., 2022) . Artan gelirler, değişen tercihler ve artan kentleşme beslenme çeşitliliğine yol açmış, dolayısıyla tahıllar günümüzde dahil olan ürünlerden elde edilen toplam kalori alımının yalnızca %37'sini oluşturur. Az gelişmiş ülkelerde hala %71 oranında tedarik sağlanırken diğer gelişmekte olan ülkelerde ise %54'tür (OECD-FAO Agricultural Outlook, 2015)

¹1-Doç. Dr.; Muğla Sıtkı Koçman Üniversitesi. Ortaça Meslek Yüksek okulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü. koraykacan@mu.edu.tr ORCID No: 0000-0003-3316-9286

Tüm tahıl taneleri özellikle de nişastanın yanı sıra yağ ve proteinden içerirler. Nem içeriği, selüloz ve yenmeyen bölümler dışında, nişasta (% 65 ila 75'), proteinler (%6 ila 12) ve yağ (%1 ila 5), eser miktarda mineral ve vitamin içerir (Sarwar et al., 2013).

Diyet enerjisinin ve besin öğelerinin büyük bir kısmını sağlarlar. Yaklaşık %75'i karbonhidratlardan, esas olarak nişastalardan ve yaklaşık %6-15'i proteinden oluşur ve küresel anlamda enerji arzının %50'sinden fazlasına katkıda bulunur (Atak, 2004).

Dünyada en fazla yetiştirilen tarımsal ürünlerden mısır ve şeker kamışından sonra 787293867.41 tonla üçüncü sırayı çeltik almaktadır (FAO, 2023). Çeltik dünyada beslenme açısından stratejik bir öneme sahiptir. Çeltik, insan beslenmesinde kullanılan kültür bitkileri arasında dünyada ekiliş ve üretimi bakımından ilk sırada olması, geniş bir adaptasyon yeteneğine sahip olması, çeltik tanesinin uygun besleme değeri, saklama ve işlenmesindeki kolaylıklar nedeniyle birçok ülkenin temel besini durumundadır.

Ülkemizde tahıllar, tarla bitkileri içerisinde ekim alanı bakımından mısır ve arpadan sonra gelmesine rağmen elde edilen verim bakımından en yüksek orana sahiptir. Üretim miktarı 1 000 000 tonla 3. Sırayı almaktadır (FAO, 2023). Gerek tarla tarımı içerisindeki toplam ekim alanı ve gerekse üretim miktarı bakımından çeltik tahıllar içerisinde önemli bir yer teşkil etmektedir. Ülkemizde 1. 205. 226 dekar alandan çeltik üretilmektedir (TÜİK, 2023) Denemenin gerçekleştirildiği Edirne ili 2018-2022 yılları arasındaki çeltik için ekilen alan, hasat edilen alan, verim ve üretim miktarları verileri Tablo 1'de verilmiştir.

Tablo 1. 2018-2022 yılları arasındaki Edirne ili çeltik üretim verileri (TÜİK)

EDİRNE	2018	2019	2020	2021	2022
Ekilen Alan (Dekar)	485.932	512.612	494.179	515561	454.800
Verim (Kg/dekar)	845	842	803	798	840
Üretim Miktarı (Ton)	410.681	431658	396993	411525	382189

Tarım alanlarında, yabancı otlar ürün azalmasının yanında kültürel işlemlerin zamanında ve istenilen etkinlikte yapılmasını engellemekte, zehirli tohumları ürüne karışarak insan ve hayvan sağlığını olumsuz etkilemekte, hastalık ve zararlılara da konukçuluk etmektedir. Dünyada buğday, mısır, çeltik, pamuk, soya gibi bazı önemli kültür bitkilerinde hastalık, zararlı ve yabancı otlardan dolayı ürün kaybı yaklaşık % 67,15 olup, bunun %13,78'i hastalıklardan % 21,75' i zararlılardan ve % 31,62' si ise yabancı otlardan kaynaklanmaktadır.

Yabani otlar, ışık, nem, besin ve alan için rekabet ederek mahsulleri etkiler ve ürünleri daha hızlı baskılayarak. Ürün çeşidine bağlı olarak verim kayıplarının %10 ila 90 arasında neden olmaktadır. Ürün bazında toplam kayıplar çeltik için %90' a kadar yüksek olduğu tahmin edilmektedir (Amare, & V. Raghavaiah, 2015)

Yabancı otların verebileceği zararı istenilen seviyeye düşürebilmek için çeşitli yabancı ot mücadele yöntemleri bulunmaktadır. Ancak bir yabancı ota mücadeleye başlayabilmek için o yabancı otun Ekonomik Zarar Eşiği' nin (EZE) bilinmesi yabancı otlarla mücadelede ana prensiplerden biridir (Kadıoğlu ve ark, 1993).

Özellikle ilk çimlenmeden itibaren yabancı ot rekabetine oldukça hassas olan çeltik bitkisinde yabancı otlarla mücadele kritik periyot olan çıkıştan sonra 7-49, 15-73 veya 70 günlük bir dönem olduğu ifade edilmektedir (Fischer et al., 1993; Juraimi et al., 2009; Anwar et al., 2012).

Denenen herbisitlerin içerdiği etken madde olan *Imazamox*, çeltik bitkisinde kız otu, darıcan, çeltiksi darıcan gibi yabancı ot türlerinde ruhsatlı olduğu bilinmektedir (10). *Imazamox* etken maddeli pestisitler sistemik, gövdeden ve yapraklardan alınabilen, amino asit sentezini etkileyen, Acetolactate sentez (ALS) enzimi inhibitörü olarak etkili olmaktadır (Lewis et al., 2016). Penoxsulam + Cyhalofob-butyl etken maddesinin çeltikte yabancı otlara karşı ruhsatlı olduğu bilinmektedir (Lewis et al., 2016) *Penoxsulam*, triazolopyrimidin sulfonamid grubundan, Acetolactate sentez (ALS) enzimi inhibitörü olarak çoğunlukla yapraklar tarafından absorbe edilen ve daha az oranda kök ve translokasyona tabi tutulan geniş spektrumlu, kalıntı kontrol özelliği vardır. Bitki amino asit sentezini inhibe edici etkisi de vardır. *Cyhalofob-butyl* etken maddesi ise, topraksız ortamda sistemik, yapraktan etki alımı yüksek ve ACCase inhibitörü olarak, lipit sentezini inhibe ederek görev yapmaktadır. (Lewis et al., 2016).

Bu çalışma, Imazamox ve Penoxsulam + Cyhalofob-butyl etkili maddeli EC ve OD formülasyondaki preparatlar Marmara Bölgesi ekolojik koşullarında çeltik üretim alanlarında sorun olan yabancı otlara karşı biyolojik etkinliğinin belirlemek amacıyla yapılmıştır.

Materyal Ve Metot

Deneme, 2019 yılında Marmara Bölgesi ekolojik koşullarında, Edirne ili, İpsala ilçesi, osmancık çeşidinin ekili olduğu çeltik tarlasında açılmıştır. Denemenin kurulduğu alanda 15-15-15 kompoze gübre ve üre kullanılmıştır. Toprak tipi kumlu-tınlı toprak olup, kuru tarım yapılmaktadır. Deneme alanında Darıcan (*Echinochloa crus galli*) ve Çeltiksi Darıcan (*Echinochloa oryzoides*)

gibi yabancı otların yoğun olarak bulunduğu çeltik tarlası deneme yeri olarak seçilmiştir. Çeltiklerin fenolojik olarak ilaçlamalar sırasında 4-8 yapraklı, sayımlar sırasında ise 6-8 kardeş, kardeşlenme, sapa kalkma ve hasat döneminde (katı olum dönemi) olduğu belirlenmiştir. Çeltik tohumları tarlaya ekilmenden önce toprak derin olarak sürülmüştür ve ekim işlemi mibzerle gerçekleştirilmiştir.

Deneme alanında bir önceki yıl çeltik bitkisinin ekili olduğu bilinmektedir. Deneme alanında yapılan ön gözlemler neticesinde yabancı ot yoğunluğunun, kaplamı alanının % 30-40 olduğu tespit edilmiştir. Deneme, Yabancı Ot Standart İlaç Deneme Metotlarına göre tesadüf blokları deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak çeltik tarlasında açılmıştır. Denemede parsel büyüklüğü 20 m² olarak alınmış olup bloklar arasında 1 m, parseller arasında 0,5 m genişliğinde emniyet şeridi bırakılmıştır. Deneme kontrol parselleriyle beraber toplam 1053,5 m² lik alanda kurulmuştur.

İmazamox 5 farklı dozda ve Penoxsulam + Cyhalofob-butyl etkili maddeli preparat 4 farklı dozda denemeye alınmıştır. Denemede kullanılan ilaçlar ve dozları Tablo 2’de gösterilmiştir.

Tablo 2. Edirne ili, İpsala ilçesinde çeltik tarlasında denemede kullanılan ilaç ve dozları

Etki Mekanizması	Hedef Yeri	Etkili Madde Adı ve Miktarı	Formulasyon	Uygulama dozu (ml/da)
Amino Asit Sentezi Engelleyici	Acetolactate sentez (ALS) enzimi	40 g/l İmazamox	SL	80 ml/da 100 ml/da 125 ml/da 150 ml/da 300 ml/da
Amino Asit Sentezi Engelleyici + Lipid Sentezi Engelleyici	Acetolactate sentez (ALS) enzimi + ACCase (acetylCoA carboxylase) sentez enzimi	13,3 g/l Penoxsulam + 100 g/l Cyhalofob-butyl	OD	100 ml/da 150 ml/da 250 ml/da 400 ml/da 500 ml/da

İlaçlama, bütün deneme alanında tekdüze dağılım sağlayan ve doğru bölgesel ilaçlama yapabilen Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığının Ruhsatlı Bitki Koruma Makinaları Listesinde (13) yer alan Artun Tarım Makinaları İnşaat Taşımacılık Toprak Sanayi ve Tic. A.Ş. firmasına ait 15 L kapasiteli, depo altındaki bataryadan enerjisini alan elektrik motorundan hareketli, membranlı pompası bulunan, düşük basınçlı özelliklere sahip sabit basınçta çalışan ve üzerinde yelpaze hüzmeli çoklu meme bulduran ilaçlama koluna

sahip ARTUN E1 marka akülü sırt pülverizatörü ile yapılmıştır. İlaçlama sırasında f 03 080 kodlu yelpaze tipi meme kullanılmıştır. Burada;

f: yelpaze püskürtmeyi,

03: memenin debisini (3 l/dakika),

080: memenin püskürtme açısını (80⁰) ifade etmektedir.

Ayrıca yelpaze memeden çıkan damlaların birbirine çarpıp çok büyük damlacıkların oluşmasını önlemek dolayısıyla sürüklenme riskini azaltmak için memeler püskürtme borusuna 5⁰ açı ile yerleştirilmiştir.

İlaçlamalardan önce kalibrasyon ile bir parsele kullanılacak su miktarı belirlenmiştir. Kalibrasyon için, öncelikle tarla içinde büyüklük olarak özel bir alan (100 m²) seçilip işaretlenmiştir. Pülverizatörün deposuna ölçülü miktarda su konulmuş ve bu konulan su seçili parsellere uygulanmıştır. Uygulama sonrası depoda kalan su miktarı hesaplanıp ilaçlama öncesi ve sonrası su miktarı arasındaki fark kaydedilmiştir. Aşağıdaki formülden ilaç normu (ilaç+su miktarı) hesaplanmıştır.

$$\text{ilaç normu} = \frac{\text{Harcanan su miktarı (litre)}}{\text{İlaçlanan alan (metrekare)}} = \frac{40}{1000} = 0,04 \text{ l/m}^2$$

Buna göre deneme alanında tavsiye edilen dozun birim alana atılabilmesi için ilaçlama öncesi yapılan kalibrasyon ile her parsele (20 m²) 0,8 litre ilaçlı su harcanmıştır. İlaçlamada ilacın parseldeki bitkilere homojen olarak dağılımına ve her tarafın ilaçlanmasına özen gösterilmiştir.

Denemede, uygulama ilaçların teknik özellikleri dikkate alınarak çıkış sonrası olarak, çeltiğin kardeşli dönemi öncesi yapılmıştır. Deneme alanında yoğun olarak bulunan hedef yabancı ot türleri Tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Deneme parsellerinde bulunan yabancı otlar, fenolojileri ve yoğunlukları

Yabancı Otların (Toprağı kaplama oranı (%38))			
Bilimsel Adı	Türkçe Adı	Kaplama Alanı (%)	Gelişme Dönemi
<i>Echinochloa crus-galli</i> (L.) Beauv.	Darıcan	22	2-4 yaprak
<i>Echinochloa oryzoides</i> (Ard.) Fritsch.	Çeltiksi Darıcan	16	2-4 yaprak

Sayımlar gözleme dayalı olarak aşağıda belirtilen tarihlerde yapılmıştır.

Ön değerlendirme: 08.06.2019 : Ön değerlendirme ve ilaçlama

1.Değerlendirme:18.06.2019 (10.gün):Fitotoksisite ve etki değerlendirmesi

2.Değerlendirme:28.06.2019(20.gün): Fitotoksisite ve etki değerlendirmesi

3.Değerlendirme:28.07.2019(50.gün): Fitotoksisite ve etki değerlendirmesi

4.Değerlendirme:18.09.2019 (100.gün): Fitotoksisite ve etki değerlendirmesi
(Hasat öncesi dönem)

İlaçlamalardan sonra ilk değerlendirme uygulamadan 10 gün sonra 18 Haziran 2019 tarihinde kontrol parsellerinde çeltik bitkilerinin tamamının çıkmış olduğu ve 1-2 kardeşlenme döneminde, ikinci değerlendirme uygulamadan 20 gün sonra 28.06.2018 tarihinde 6-8 kardeş döneminde, üçüncü etki değerlendirmesi 28.07.2019 tarihinde çeltiğin kardeşlenme sonu ve başaklanma başlangıcı olan dönemde ve son değerlendirme ise hasattan önce 18.09.2019 tarihinde yapılmıştır. Her sayım ve değerlendirmede, ilaçlı ve kontrol parselleri birbirleri ile karşılaştırarak yabancı ot türleri tek tek ele alınmış olup, kontrole göre bunlarda meydana gelen azalmalar yüzde olarak verilmiştir. Uygulamadan sonraki gözlemlerde) tespit edilen etki oranları istatistiki analiz uygulanmış, farklı gruplar IBM SPSS *Statistics Version 20 Software* paket programındaki (ANOVA) duncan-range testi ile belirlenmiştir. Deneme süresince deneme alanında başka bir pestisit uygulaması yapılmamıştır. Denemede kullanılan ilaçların çeltik bitkilerine fitotoksik etkisinin olup olmadığı gözlenmiştir.

Denemede kullanılan ilaçların diğer organizmalar, özellikle doğal düşmanlar üzerine olumlu veya olumsuz etkilerinin olup olmadığı gözlenmiştir. Kullanılan ilaçların diğer hastalık, zararlı ve yabancı otlara karşı herhangi bir olumsuz etkisinin olup olmadığı gözlenmiştir.

Bulgular

Deneme, 2019 yılında Marmara Bölgesi ekolojik koşullarında, Edirne ili, İpsala ilçesi, Köprü Mahallesinde çeltik tarlasında yabancı otlara karşı belirtilen preparatların, biyolojik etkinliğini belirlemek amacıyla deneme alanında yoğun olarak bulunan Darıcan (*Echinochloa crus galli*) ve Çeltiksi Darıcan (*Echinochloa oryzoides*) yabancı ot türlerinin yüzde etkilerinin istatistiki analizleri gerçekleştirilmiştir (Çizelge 4). İstatiksel analiz sonucunda tüm değerlendirme dönemlerinde darıcan (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.) ve çeltiksi darıcan (*Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch.)' a karşı Imazamox ve Penoxsulam + Cyhalofob-butyl etkili maddeli prepatların dozları arasındaki farklılıkların 0,05 oranında önemli olduğu belirlenmiştir. Denemede ilaçların yabancı ot türleri üzerine etkilerinin değerlendirme zamanlarındaki etkileri belirlenmiştir. İmazamox etkili maddeli preperatın darıcan kontrolü için yapılan istatiksel analizinde tüm değerlendirme dönemlerinde % etki oranlarının arasındaki farklılıkların % 0,5 önem derecesine göre önemli bulunmuştur.

Değerlendirme zamanlarında belirlenen İmazamox preparatının etki oranlarının istatistiki analiz sonuçları Tablo 4 ve 5’de verilmiştir.

İmazamox Etkili Maddeli Preparatın Hedef Yabancı Otlar Üzerindeki Etkinliği

Birinci Değerlendirme (18.06.2019 tarihinde) çeltiğin 1-2 kardeş döneminde Darıcan (*Echinochloa crus galli*) için yapılan değerlendirmede imazamox etkili maddeli preparatın 80 ml/da dozunda ortalama %45,00 oranında en düşük etkiyi göstermiştir. En yüksek etki %73,75 oranıyla 150 ve 300 ml/da dozlarında olduğu belirlenmiştir. Aynı zamanda 125 ml/da dozuyla da aynı istatistiksel grupta yer almışlardır. İmazamox ‘un çeltiksiz darıcan (*Echinochloa oryzoides*)’a etkileri analiz edildiğinde en yüksek etkiyi aynı istatistiksel grupta olan %66,25 etkiyle 300 ml/da ve %65,00 etkiyle 150 ml/da dozunda olduğu belirlenmiştir.

Değerlendirmeler sırasında uygulama yapılan parsellerde çeltik bitkileri fitotoksite bakımından, kontrol parselleri ve kendi aralarında olmak üzere karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Tüm parsellerde yapılan bu incelemeler sonucunda herhangi bir fitotoksik etkiye rastlanmamıştır.

İkinci Değerlendirme (28.06.2019 tarihinde) çeltiğin 5-7 kardeş döneminde imazamox preparatının Darıcan (*Echinochloa crus galli*) için yapılan değerlendirmede en etkili dozların aynı grupta yer alan 125, 150 ve 300 ml/da dozlarının % 87,50 oranında etkiye sahip oldukları görülmektedir. İmazamox’ un Çeltiksiz Darıcan’ a olan kontrol etkinliği ise, aynı grupta yer alan 125, 150 ve 300 ml/da dozlarının %86,25, %91,25 ve %90,00 oranında belirlenmiştir.

Üçüncü Değerlendirme (28.07.2019 tarihinde) çeltiğin kardeşlenme sonu ve başaklanma başlangıcında olduğu görülmüştür. İmazamox herbisitinin Darıcan (*Echinochloa crus galli*) için yapılan değerlendirmede en etkili dozların aynı grupta yer alan 125 ml/da (%80,00), 150 ml/da (%76,25) ve 300 ml/da (76,25) dozunda saptanmıştır.

Çeltiksiz Darıcan (*Echinochloa oryzoides*) için yapılan değerlendirmede en etkili dozların aynı grupta yer alan 150 ml/da (%86,25) ve 300 ml/da (%81,25) dozlarının olduğu görülmüştür.

Dördüncü Değerlendirme (18.09.2019 tarihinde) hasat öncesi değerlendirmede; çeltiğin katı olum (hasat olgunluğu) döneminde ve yabancı otların ise tohumlu devrede olduğu gözlenmiştir. Hasat öncesi dönemde İmazamox preparatın Darıcan (*Echinochloa crus galli*) için yapılan değerlendirmede 150 ml/da (%76,25) ve 300 ml/da(%77,50) dozlarının etkinliği devam etmiştir. Çeltiksiz Darıcan’a olan etkiler ise aynı grupta yer alan 125 ml/da (%73,75), 150 ml/da (76,25) ve 300 ml/da (%80,00) dozlarının en etkili

dozlar olduğu belirlenmiştir. İkinci sayım döneminden sonraki vejetasyon sürecinde yeni yabancı ot çıkışlarının devam etmiş olması etkinliğin giderek düşmesine neden olmuştur (Tablo 5).

Tablo 4. İmazamox etkili madeli preparatın yabancı otlara etki sonuçlarına ait varyans analiz sonucu

<i>Darıcan (Echinochloa crus-galli)</i>						
ANOVA		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Birinci Sayım	Between Groups	2367,500	4	591,875	21,854	,000
	Within Groups	406,250	15	27,083		
	Total	2773,750	19			
İkinci Sayım	Between Groups	4280,000	4	1070,000	53,500	,000
	Within Groups	300,000	15	20,000		
	Total	4580,000	19			
Üçüncü Sayım	Between Groups	2107,500	4	526,875	14,208	,000
	Within Groups	556,250	15	37,083		
	Total	2663,750	19			
Dördüncü Sayım	Between Groups	2032,500	4	508,125	9,996	,000
	Within Groups	762,500	15	50,833		
	Total	2795,000	19			

<i>Çeltiksi Darıcan (Echinochloa oryzoides)</i>						
ANOVA		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Birinci Sayım	Between Groups	2007,500	4	501,875	14,870	,000
	Within Groups	506,250	15	33,750		
	Total	2513,750	19			
İkinci Sayım	Between Groups	5705,000	4	1426,250	65,827	,000
	Within Groups	325,000	15	21,667		
	Total	6030,000	19			
Üçüncüsayım	Between Groups	3000,000	4	750,000	20,690	,000

	Within Groups	543,750	15	36,250		
	Total	3543,750	19			
Dördüncüsayım	Between Groups	3212,500	4	803,125	21,417	,000
	Within Groups	562,500	15	37,500		
	Total	3775,000	19			

Tablo 5. İmazamox etkili maddeli herbisitn etki sonuçlarına ait duncan testi grup sıralaması

Dönem	Etkili Madde	Dozlar	Darıcan (<i>Echinochloa crus-galli</i>)	Çeltiksi Darıcan (<i>Echinochloa oryzoides</i>)
Birinci Sayım	40 g/l İmazamox	80 ml/da	45,00 ± 2,88 c	38,75 ± 4,27 c
		100 ml/da	61,25 ± 2,39 b	53,75 ± 2,39 b
		125 ml/da	70,00 ± 2,04 a	60,00 ± 2,04 ab
		150 ml/da	73,75 ± 2,39 a	65,00 ± 2,88 a
		300 ml/da	73,75 ± 3,14 a	66,25 ± 2,39 a
İkinci Sayım	40 g/l İmazamox	80 ml/da	52,50 ± 2,50 c	48,75 ± 3,14 c
		100 ml/da	65,00 ± 2,04 b	63,75 ± 2,39 b
		125 ml/da	87,50 ± 2,50 a	86,25 ± 2,39 a
		150 ml/da	87,50 ± 1,44 a	91,25 ± 1,25 a
		300 ml/da	87,50 ± 2,50 a	90,00 ± 2,04 a
Üçüncü Sayım	40 g/l İmazamox	80 ml/da	55,00 ± 2,88 b	51,25 ± 1,25 c
		100 ml/da	58,75 ± 3,14 b	66,25 ± 2,39 b
		125 ml/da	80,00 ± 4,08 a	71,25 ± 4,26 b
		150 ml/da	76,25 ± 2,39 a	86,25 ± 1,25 a
		300 ml/da	76,25 ± 2,39 a	81,25 ± 4,26 a
Dördüncü Sayım	40 g/l İmazamox	80, ml/da	55,00 ± 2,88 b	45,00 ± 2,88 d
		100 ml/da	53,75 ± 2,39 b	62,50 ± 2,50 b
		125 ml/da	65,00 ± 6,45 b	73,75 ± 3,75 a
		150 ml/da	76,25 ± 2,39 a	76,25 ± 2,39 a
		300 ml/da	77,50 ± 1,44 a	80,00 ± 3,54 a

Penoxsulam + Cyhalofob-Butyl Etkili Maddeli Preperatın Hedef Yabancı Otlar Üzerindeki Etkinliği

İstatistiksel analiz sonucunda tüm değerlendirme dönemlerinde darıcan (*Echinochloa crus-galli* (L.) Beauv.) ve çeltiksi darıcan (*Echinochloa oryzoides* (Ard.) Fritsch.)' a karşı Penoxsulam + Cyhalofob-butyl etkili maddeli prepatların dozları arasındaki farklılıkların 0,05 oranında önemli olduğu

belirlenmiştir. Değerlendirme zamanlarında belirlenen preparatın etki oranlarının istatistiki analiz sonuçları Tablo 6 ve 7’de verilmiştir.

Birinci Değerlendirme (18.06.2019 tarihinde) çeltiğin 1-2 kardeş döneminde Darıcan (*Echinochloa crus galli*) için yapılan değerlendirmede Penoxsulam + Cyhalofob-Butyl etkili maddeli preparatın 100 ml/da dozunda ortalama %50,00 oranında en düşük etkiyi göstermiştir. En yüksek etkiyi aynı grupta yer alan sırasıyla 400 ml/da (%91,25), 500 ml/da (%88,75) ve 150 ml/da (%86,25) dozlarından elde edilmiştir. Çeltiksi darıcan (*Echinochloa oryzoides*)’a etkileri analiz edildiğinde en yüksek etkiyi aynı istatistiksel grupta olan %93,75 etkiyle 500 ml/da ve dozunda olduğu belirlenmiştir (Tablo 6).

Değerlendirmeler sırasında uygulama yapılan parsellerde çeltik bitkileri fitotoksite bakımından, kontrol parselleri ve kendi aralarında olmak üzere karşılaştırmalı olarak incelenmiştir. Tüm parsellerde yapılan bu incelemeler sonucunda herhangi bir fitotoksik etkiye rastlanmamıştır.

İkinci Değerlendirme (28.06.2019 tarihinde) çeltiğin 5-7 kardeş döneminde Penoxsulam + Cyhalofob-Butyl preparatının Darıcan (*Echinochloa crus galli*) için yapılan değerlendirmede en etkili dozların aynı grupta yer alan 250, 400 ve 500 ml/da dozlarının oldukları görülmektedir. Penoxsulam + Cyhalofob-Butyl preparatının Çeltiksi Darıcan’ a olan kontrol etkinliği ise, 500 ml/da dozunda %86,25 oranında betki belirlenmiştir.

Üçüncü Değerlendirme (28.07.2019 tarihinde) çeltiğin kardeşlenme sonu ve başaklanma başlangıcında olduğu görülmüştür. Penoxsulam + Cyhalofob-Butyl herbisitinin Darıcan (*Echinochloa crus galli*) için en yüksek etki 500 ml/da (%88,75) dozunda saptanmıştır.

Çeltiksi Darıcan (*Echinochloa oryzoides*) için en etkili uygulamaların aynı grupta yer alan 400 ml/da (%78,75) ve 500 ml/da (%85,00) dozlarının olduğu görülmüştür.

Dördüncü Değerlendirme (18.09.2019 tarihinde) hasat öncesi değerlendirmede; çeltiğin katı olum (hasat olgunluğu) döneminde ve yabancı otların ise tohumlu devrede olduğu gözlenmiştir. Hasat öncesi dönemde Penoxsulam + Cyhalofob-Butyl preparatın Darıcan (*Echinochloa crus galli*)’a 500 ml/da dozunun en etkili doz olduğu belirlenmiştir.

Çeltiksi Darıcan’a olan etkiler ise aynı grupta yer alan 400 ml/da (%66,25) ve 500 ml/da (%80,00) dozlarının en etkili dozlar olduğu belirlenmiştir. Herbisit uygulamasından sonraki sayım dönemleri karşılaştırıldığında herbisit dozlarının yeni çıkış yapan yabancı otlar üzerinde kontrol etkisinin azalarak daha düşük etkinlik oranlarına sahip olmasına neden oldukları saptanmıştır.

Tablo 9. Penoxsulam + Cyhalofob-Butyl Etkili Madeli Preparatın etki sonuçlarına ait varyans analiz sonucu

Darıcan (*Echinochloa crus-galli*)

ANOVA		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Birinci sayım	etween Groups	4895,000	4	1223,750	25,319	,000
	ithin Groups	725,000	15	48,333		
	otal	5620,000	19			
İkinci sayım	etween Groups	5932,500	4	1483,125	57,411	,000
	ithin Groups	387,500	15	25,833		
	otal	6320,000	19			
Üçüncü sayım	etween Groups	6392,500	4	1598,125	72,368	,000
	ithin Groups	331,250	15	22,083		
	otal	6723,750	19			
Dördüncü sayım	etween Groups	3650,000	4	912,500	70,645	,000
	ithin Groups	193,750	15	12,917		
	otal	3843,750	19			

Çeltiksi Darıcan (*Echinochloa oryzoides*)

NOVA		Sum of Squares	df	Mean Square	F	Sig.
Birinci	etween Groups	3537,500	4	884,375	43,316	,000
	ithin Groups	306,250	15	20,417		
	otal	3843,750	19			
İkincisayım	etween Groups	1832,500	4	458,125	18,025	,000
	ithin Groups	381,250	15	25,417		
	otal	2213,750	19			
Üçüncüsayım	etween Groups	1807,500	4	451,875	26,451	,000
	ithin Groups	256,250	15	17,083		
	otal	2063,750	19			
Dördüncü sayım	etween Groups	1107,500	4	276,875	8,519	,001
	ithin Groups	487,500	15	32,500		
	otal	1595,000	19			

Tablo 7. Penoxsulam + Cyhalofob-Butyl etkili maddeli herbisitn etki sonuçlarına ait duncan testi grup sıralaması

Değerlendirme Dönemi	Herbisit Maddesi	Etkili Dozlar	Darıcan (<i>Echinochloa crus galli</i>)	Çeltiksi Darıcan (<i>Echinochloa oryzoides</i>)
Birinci	13,3 g/l Penoxsulam + 100 g/l Cyhalofob-	100 ml/da	50,00 ± 2,04 c	55,00 ± 2,04 d
		150 ml/da	68,75 ± 2,39 b	75,00 ± 2,04 c

	butyl	250 ml/da	86,25 ± 2,39 a	83,75 ± 2,39 b
		400 ml/da	91,25 ± 1,25 a	86,25 ± 2,39 b
		500 ml/da	88,75 ± 6,57 a	93,75 ± 2,39 a
İkinci sayım	13,3 g/l Penoxsulam + 100 g/l Cyhalofob- butyl	100 ml/da	46,25 ± 2,39 c	58,75 ± 3,14 d
		150 ml/da	58,75 ± 2,39 b	68,75 ± 1,25 c
		250 ml/da	85,00 ± 2,88 a	77,50 ± 1,44 b
		400 ml/da	87,50 ± 2,50 a	80,00 ± 2,04 ab
		500 ml/da	87,50 ± 2,50 a	86,25 ± 3,75 a
Üçüncü sayım	13,3 g/l Penoxsulam + 100 g/l Cyhalofob- butyl	100 ml/da	42,50 ± 1,44 d	60,00 ± 2,04 c
		150 ml/da	56,25 ± 2,39 c	66,25 ± 2,39 b
		250 ml/da	85,00 ± 2,88 ab	81,25 ± 1,25 a
		400 ml/da	78,75 ± 3,14 b	78,75 ± 1,25 a
		500 ml/da	88,75 ± 1,25 a	85,00 ± 2,88 a
Dördüncü sayım	13,3 g/l Penoxsulam + 100 g/l Cyhalofob- butyl	100 ml/da	42,50 ± 1,44 d	60,00 ± 2,88 b
		150 ml/da	56,25 ± 2,39 c	65,00 ± 2,04 b
		250 ml/da	70,00 ± 2,04 b	76,25 ± 4,27 b
		400 ml/da	67,50 ± 1,44 b	66,25 ± 2,39 a
		500 ml/da	82,50 ± 1,44 a	80,00 ± 2,04 a

Sonuç Ve Öneriler

Deneme, 2019 yılında Marmara Bölgesi ekolojik koşullarında Edirne ili, İpsala ilçesi, Köprü Mahallesinde çeltik tarlasında yabancı otlara İmazamox ve Penoxsulam + Cyhalofob-butyl etken maddeli herbisitlerin etkinlikleri denenmiştir.

Denemeye alınan İmazamox etkili maddeli herbisit 125, 150 ve 300 ml/da dozlaerını hemen hemen aynı etkinliğe sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte seçilecek uygulama dozunun belirlenmesinde dayanıklılık geliştirmemiş yabancı otlara karşı düşük dozlarda uygulanması hem ekonomik hemde çevre zararın en düşük seviyeye indirilmesi konusunda değerlendirilebileceği düşünülmektedir.

Penoxsulam + Cyhalofob-butyl etkili maddeli herbisit uygulamalarında 250 ml/da, 400 ml/da ve 500 ml/da dozlarının genel olarak aynı grupta yer aldığı ve bahsedilen dayanıklılık ve çevre konusunda hasasiyet gösterilerek uygulanması gerektiği açıktır. Bununla beraber çeltiğin kritik periyodu dönemlerinde yeterli kontrol etkinliklerini gösterdiği, dayanıklılık oluşumunun önüne geçilmesinde yeterli kontrolü sağladığı görülmektedir.

Sonuç olarak, her iki herbisitın eltik tarlasında sorun olan yabancı otlara karşı yeterli etkiyi gösterdiği ve uygulanabilir olduğu düşünölmektedir. Bununla birlikte uygulanabilecek herbisit karışımıları sayesinde herbisit dayanıklılık gelişmesi sürecinin uzatılabileceği ve yapılacak çalışmalarla önerilebilecek herbisit stratejilerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Referanslar

- Amare, T., & V. Raghavaiah, C. (2015). Productivity, Yield Attributes and Weed Control in Wheat (*Triticum aestivum* L.) as Influenced by Integrated Weed Management in Central High Lands of Ethiopia, East Africa. *Advances in Crop Science and Technology*, 04(01). <https://doi.org/10.4172/2329-8863.1000206>
- Anwar, M. P., Juraimi, A. S., Samedani, B., Puteh, A., & Man, A. (2012). Critical period of weed control in aerobic rice. *The Scientific World Journal*, 2012. <https://doi.org/10.1100/2012/603043>
- Atak, M. (2000). Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Danışman, A., & Yaşar ÇİFTÇİ, C. ÖZET Doktora Tezi FARKLI TRİTİCALE HATLARININ MORFOLOJİK VE DNA MARKÖRLERİYLE GENETİK KARAKTERİZASYONU Mehmet ATAK.
- Cereal grain health benefits as a functional food. (2023). Retrieved December 2, 2023, from <https://www.newfoodmagazine.com/article/74005/cereal-grain-functional-food/>
- Fischer, A. J., Lozano, J., Ramirez, A., & Sanint, L. R. (1993). Yield loss prediction for integrated weed management in direct-seeded rice. *International Journal of Pest Management*, 39(2), 175–180. <https://doi.org/10.1080/09670879309371786>
- Juraimi, A. S., Najib, M., Begum, M., Anuar, A. R., Azmi, M., & Puteh, A. (2009). Critical period of weed competition in direct seeded rice under saturated and flooded conditions. *Pertanika Journal of Tropical Agricultural Science*.
- Lewis, K. A., Tzilivakis, J., Warner, D. J., & Green, A. (2016a). An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment*, 22(4), 1050–1064. <https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242>
- Lewis, K. A., Tzilivakis, J., Warner, D. J., & Green, A. (2016b). An international database for pesticide risk assessments and management. *Human and Ecological Risk Assessment*, 22(4), 1050–1064. <https://doi.org/10.1080/10807039.2015.1133242>
- OECD-FAO Agricultural Outlook. (2015). https://doi.org/10.1787/agr_outlook-2015-en
- Poutanen, K. S., Kårlund, A. O., Gómez-Gallego, C., Johansson, D. P., Scheers, N. M., Marklinder, I. M., Eriksen, A. K., Silventoinen, P. C., Nordlund, E., Sozer, N., Hanhineva, K. J., Kolehmainen, M., & Landberg, R. (2022). Grains – a major source of sustainable protein for health.

Nutrition Reviews, 80(6), 1648–1663.
<https://doi.org/10.1093/NUTRIT/NUAB084>

Sarwar, M. H., Sarwar, M. F., Sarwar, M., Qadri, N. A., & Moghal, S. (2013). The importance of cereals (Poaceae: Gramineae) nutrition in human health: A review. *Journal of Cereals and Oilseeds*, 4(3), 32–35.
<https://doi.org/10.5897/JCO12.023>

TÜİK - Veri Portalı. (2023). Retrieved December 2, 2023, from <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>

Bölüm 18

Sülfat Pişirme Yönteminde Kullanılan Sodyum Borhidrür'ün Kenevir (*Cannabis Sativa L.*) Kâğıt Hamuru Özelliklerine Etkisinin Araştırılması

Nasır NARLIOĞLU¹
Nihat Sami ÇETİN²
Nilgöl ÇETİN³

ÖZET

Bu çalışmada, sülfat (Kraft) yönteminde pişirme çözeltilisine eklenen Sodyum borhidrür'ün (NaBH_4) kâğıt hamuru özelliklerine etkisi araştırılmıştır. Kenevir (*Cannabis sativa L.*) lifleri kısaltılarak pişirme için uygun boyutlara getirildikten sonra, aynı pişirme parametreleri kullanılarak bir adet NaBH_4 'süz (kontrol) ve üç adet (%0.3-0.5-0.7) NaBH_4 'lü pişirmeler yapılmıştır. Pişirmeler sonrasında kontrol ve %0.7 NaBH_4 'lü kâğıt hamurlarından alfa-selülozlar elde edilmiştir. Pişirmeler sonucunda elenmiş kâğıt hamuru verimi, kontrol pişirmesinde %71.82 olarak, %0.3-0.5-0.7 oranında NaBH_4 katkılı pişirmelerde ise sırasıyla %74.19, %76.1 ve %77.94 olarak belirlenmiştir. Kâğıt hamurları ve alfa-selülozların kristal yapılarının incelenmesi için X-Işını Kırınımı (XRD) ve Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) spektroskopileri kullanılmıştır. XRD spektroskopisi sonuçlarına göre %0.7 NaBH_4 'lü pişirmeden elde edilen kâğıt hamurunda kristalite oranının arttığı, bunun yanı sıra kristalit boyutunun azaldığı tespit edilmiştir. XRD spektroskopisi ile kristal kafes yapılarının incelenmesi sonucunda, kâğıt hamurlarının tamamının monoklinik yapıda olduğu, alfa-selülozların ise triklinik yapıda olduğu tespit edilmiştir. FTIR spektroskopisi sonuçlarına göre kâğıt hamurları ve alfa-selülozların kristalite indeksleri 0.7 ile 1.51 arasında hesaplanmıştır. FTIR spektroskopisi ile kristal kafes yapılarının incelenmesi sonucunda, kâğıt hamurları ve alfa-selülozların kristal kafes yapılarının monoklinik olduğu tespit edilmiştir. Termogravimetrik Analiz (TGA) ile yapılan incelemelerde ise pişirme çözeltilisine %0.7 NaBH_4 eklenmesi sonucunda kâğıt hamuru ve alfa-selülozun termal özellikleri gelişmiştir.

Anahtar kelimeler: Sülfat, Kenevir, Kâğıt, Sodyum borhidrür, Kristalite

1- 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

1. Giriş

Kâğıt hamuru üretiminde yumuşak ve sert ağaç odunlarının yaygın olarak kullanılmasının yanı sıra buğday, pamuk vd. yıllık bitki sapsarı da kullanılmaktadır. Daha çok iplik/kumaş üretimi için değerlendirilen kenevir veya kendir ismiyle bilinen bitki ise kâğıt hamuru üretimi için oldukça ilgi çekicidir. Doğal kaynakların azalması, çevre kirliliği, iklim değişikliği ve sağlık riski gibi insani konulara duyulan ilgi, çevre sorunlarına çözüm ve çevre dostu alternatiflerin arayışına yol açmıştır. Son zamanlarda kenevir, toksik olmayan, sera etkisi yaratmayan ve biyolojik olarak parçalanabilen özellikleri nedeniyle popülerlik kazanmaya başlamıştır. Kökeni Orta Asya bozkırlarından gelen kenevir (*Cannabis sativa* L.), insanlar tarafından ıslah edilen en eski bitkilerden biridir. Günümüzde gıda, ilaç, tekstil, kâğıt, inşaat, enerji ve diğer endüstriler, kenevirin sentetik bazlı ekonomiler için umut verici bir çözüm olduğunu göstermiştir (Karche, 2019). Kenevir, ısırgangillere yakın, *cannabinaceae* familyasına mensup, tek yıllık odunsu bir bitkidir. Anavatanı Asya olan bu bitki çeşitli yollar izleyerek tüm dünyaya yayılmıştır. Bugün iki alttürü bulunmaktadır. Bunlar; *Cannabis sativa* ve *Cannabis indica*'dır. Lif üretimi için kullanılan ve endüstriyel öneme sahip olan cinsi *Cannabis sativa*'dır. Diğer türünün narkotik özellikleri nedeniyle tüm dünyada üretimi yasaklanmış bulunmaktadır (Harmancıoğlu ve Yazıcıoğlu, 1979). Tekstil endüstrisi dışında başka alanlarda da kenevirden yararlanılmaktadır. Tohumları yağ üretiminde ve hayvan yemi yapımında, ayrıca lifleri kâğıt yapımında kullanılmaktadır (İmer, 1999; Amaducci ve ark., 2005; Rawson, 2005).

Kenevir lifinden genel olarak sigara kâğıdı, filtre kâğıdı gibi özel amaçlı kâğıtlar üretilmektedir. Kenevir lifi kâğıt üretiminde tek başına değil, farklı özellikteki liflerle karıştırılarak kullanılmaktadır. Kenevir lifinden kâğıt hamuru üretiminde pişirme süresi, uygulanan sıcaklık ve basınca göre 1-8 saat arasında değişmektedir. Elde edilen kâğıt hamurunun dövülmesi için de yaklaşık 12 saat gerekmektedir. Bunun yanı sıra kenevir lifi, odun liflerine göre çok daha iyi fiziksel ve mekanik özelliklere sahip olup, bu liflerinden elde edilen kâğıtlar 7-8 defa geri dönüştürülebilmektedirler. Odun lifleri ise en fazla 2-3 defa geri dönüştürülebilmektedir. Ayrıca, kâğıtlık lif üretimi için gerekli olan bir ağacın yetişmesi için ortalama 20 yıl gibi bir zaman gerekli iken, kenevirin yetişmesi için 4-5 ay yeterli olmaktadır. Bu sebeple kenevir bitkisi dünyada en çok kullanım alanına sahip bir bitki olarak dikkatleri üzerine çekmiştir (Abel, 1980).

Kenevir ve diğer odun dışı lif kaynaklarından kâğıt hamuru elde etmek için özel teknikler mevcuttur. Kâğıt hamuru üretimindeki verim ve optimizasyon, hammaddenin lif yapısına ve kullanılan yöntemlere göre değişmektedir. Kenevir lifinden kâğıt hamuru elde etme yöntemlerinden biri sülfat (Kraft) yöntemidir. Bu yöntem tamamen kimyasal ve ağartılabilir kâğıt hamuru üretim yöntemidir. Bu yöntem ile kâğıt hamuru üretiminde Sodyum hidroksit (NaOH) ve Sodyum sülfür (Na₂S) kullanılır. Sülfat yöntemi yüksek kalite ve orta verimde kâğıt hamuru üretimine olanak sağlamaktadır (Johnson, 1998).

İndirgen maddeler olarak tanımlanan ve pek çok kimyasal reaksiyonun oluşmasında hidrojen kaynağı olarak kullanılan borhidrürler içerisinde en çok bilineni Sodyum borhidrür'dür. Sodyum borhidrür (NaBH_4), güçlü bir indirgeyici olup birçok organik ve inorganik bileşikler ile reaksiyona girebilmektedir. Hidrürler, özellikle indirgeme işlemlerinin büyük oranda kullanıldığı gelişmiş kimya sanayiine sahip ülkelerde en önemli indirgeyiciler olarak kullanılmaktadırlar. NaBH_4 kullanım kolaylığı, stabilitesi ve diğer indirgeyicilere göre daha ekonomik oluşu nedeniyle indirgeme, ağartma ve atık suların temizlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır (Bilici, 2004).

Sülfat yöntemiyle kâğıt hamuru üretiminde hamur verimini arttırmak için birçok modifiye yöntem denenmiştir. Bu yöntemlerden biri de bor bileşenlerinin pişirme çözeltilisine ilavesi ile yapılan pişirmelerdir. Pettersson ve Rydholm (1961), yaptıkları çalışmada, huş yongalarından kraft yöntemi ile kâğıt hamuru üretimi esnasında pişirme çözeltilisine %2 NaBH_4 ilave edildiğinde toplam hamur veriminin yaklaşık %13 oranında arttığını bildirmişler. Diaconescu ve Petrovan (1976), kraft yöntemine göre kâğıt hamuru üretiminde NaBH_4 kullanımının kâğıt hamuru verimini artırdığını rapor etmişler. Khaustova ve ark., (1971), Dahurian melezi (*Larix gmelinii*) yongaları ile kraft pişirmesi esnasında pişirme çözeltilisine NaBH_4 eklenmesinin hamur verimini yaklaşık %4 oranında artırdığını bildirmişler. Türkoğlu (2004), kraft hamurunun soda-oksijen-borhidrür yöntemiyle delignifikasyonu sırasında çözeltiliye %0,1 oranında NaBH_4 ilave edildiğinde elenmiş hamur veriminin %88.52 olduğunu, %0.3 oranında NaBH_4 ilave edildiğinde %89.47 olduğunu, %0.5 oranında NaBH_4 ilave edildiğinde ise %90.98 olduğunu rapor etmiştir. Özkan (2006), titrek kavak (*Populus tremula*) yongalarının kraft yöntemi ile pişirilmesi sonucunda NaBH_4 'ün hamur verimini artırdığını bildirmiş. Gülsoy (2009), pişirme çözeltilisindeki NaBH_4 oranının artması durumunda elenmiş hamur veriminin arttığını belirtmiştir.

Kimyasal kâğıt hamuru üretim yönteminde sıcaklık ve basınç etkisiyle lignoselülozik maddelerin (odun, yıllık bitki sapı vd.) karbonhidrat bileşenleri parçalanarak lif yapısı zarar görmektedir. Liflerin zarar görmesi sonucunda kâğıt ürünlerinin (yazı-temizlik kâğıdı, mukavva vd.) kalitesi azalmakta ve buna paralel olarak üretim maliyetleri artmaktadır. Araştırmacılar ve üreticiler kâğıt hamuru üretimi esnasında lignoselülozik maddelerin yapısına zarar vermeden liflerine ayırarak yüksek kalite ve verimle kâğıt hamuru üretme çabası içerisindeyler. Bu çalışmada, sülfat yönteminde pişirme çözeltilisine eklenen NaBH_4 'ün kenevir liflerinden elde edilen kâğıt hamurlarının verimi ve kristalitesine etkisi araştırılmıştır. Kâğıt hamurlarının ve alfaselülozların kristal yapısını incelenmek için X-Işığın Kırınımı (XRD) ve Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) spektroskopileri kullanılmıştır. Ayrıca, Termogravimetrik Analiz (TGA) ile kâğıt hamuru ve alfaselülozların termal karakterizasyonları yapılmıştır.

Malzeme

Bu çalışmada kullanılan kenevir (*Cannabis sativa* L.) lifi Kastamonu-Taşköprü menşeli olup, aracı firmadan satın alma yoluyla temin edilmiştir.

Pişirmelerden önce lifler makasla 10-15 mm uzunluğında kısaltılarak kâğıt hamuru üretimi için uygun boyuta getirilmiştir.

Pişirme çözeltilinde kullanılan Sodyum sülfür (Na₂S), Sodyum hidrosit (NaOH), Sodyum karbonat (Na₂CO₃) ve Sodyum borhidrür (NaBH₄) Merck firmasından satın alma yoluyla temin edilmiştir.

Yöntem

Kâğıt Hamuru ve Alfaselüloz Üretimi

Pişirmeler için uygun boyutlara getirilen liflerin rutubet miktarları belirlendikten sonra tam kuru ağırlığı 500 g olacak şekilde torbalanmıştır. Kâğıt hamuru üretimi için önceki çalışma parametreleri dikkate alınarak deneme pişirmeleri yapılmış ve aynı deney parametreleri kullanılarak bir adet kontrol, üç adet (%0.3-0.5-0.7) NaBH₄ ilaveli pişirmeler yapılmıştır (Tablo 1).

Tablo 1: Pişirme parametreleri

Pişirme Kodu	NaBH ₄ (%)	Aktif alkali (%)	Sülfidite (%)	Lif/Çözelti	Sıcaklık (°C)	Süresi (saat)
1 (K)	0	19	20	5/1	160	150
2	0.3	19	20	5/1	160	150
3	0.5	19	20	5/1	160	150
4	0.7	19	20	5/1	160	150

(K): Kontrol pişirmesi

Pişirmeler için 15 litre kapasiteli, elektrikle ısıtılan, 25 kg/cm² basınca dayanıklı, 2 d/d dönüş hızına sahip laboratuvar tipi pişirme kazanı kullanılmıştır. Pişirmeler sonucunda elde edilen hamurlar 150 mesh'lik elek üzerinde bol su ile siyah çözelti giderilinceye kadar yıkanmıştır. Yıkanan hamurlar laboratuvar tipi bir karıştırıcıda 15 dakika süreyle liflendirildikten sonra yarık açıklığı 0.15 mm olan yıkama eleğinde elenerek pişmeyen kısımlar uzaklaştırılmıştır. Elenmiş kâğıt hamurları suyunu bırakması için elle sıkıldıktan sonra plastik torbalara konularak 24 saat süresince rutubet dengelemesi yapılmıştır. Sürenin sonunda torbalardan alınan kâğıt hamurları 103±2 °C'ye ayarlı fırında tam kuru hale gelinceye kadar kurutulmuş ve ardından Eşitlik 1'de verilen formüle göre tam kuru hamur oranları hesaplanmıştır.

$$\text{Tam kuru hamur oranı} = \frac{\text{Yaş ağırlık} - \text{Kuru ağırlık}}{\text{Yaş ağırlık}} \times 100 \quad (\text{Eşitlik 1})$$

Pişirmeler sonrasında NaBH₄'süz (kontrol) ve %0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamurlarından alfaselülozlar üretilmiştir. Alfaselüloz üretimi için ilk önce kâğıt hamuru lignini Wise'nin (Wise, 1962) klorit yöntemine göre uzaklaştırılmıştır. Klorit yöntemine göre yapılan lignin uzaklaştırılması sonucunda holoselülozlar elde edilmiştir. Daha sonra, holoselülozlardan TAPPI T203 OS-71 standardına göre alfaselülozlar üretilmiştir.

Fourier Dönüşümlü Kızılötesi (FTIR) Spektroskopisi

FTIR analizleri için tam kuru lifler Potasyum bromür (KBr) ile 100'e 1 oranında karıştırılarak (KBr/lif) cihazın özel presi yardımıyla sıkıştırıldıktan

sonra KBr/lif pelletleri elde edilmiştir. FTIR analizleri için 400–4000 cm⁻¹ dalga sayısı aralığına ayarlı Shimadzu 8400s FTIR spektrofotometresi kullanılmıştır.

FTIR Spektroskopisi ile Kristalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Kızılötesi (IR) spektroskopisi çeşitli lif kaynaklarından elde edilen selülozun kristal yapı özelliklerini belirlemede kullanılmaktadır (Evans ve ark., 1995). FTIR spektrumları kristal ve amorf bölgeleri içerdikleri için kristalite indeksi belirlenmesinde bu spektroskopik yöntemi izafi bulunmuştur. FTIR spektroskopisi ile yapılan birçok çalışmada kristalite özellikleri XRD ve NMR spektroskopileri ile karşılaştırılmıştır (Schenzel ve ark., 2005).

Bu çalışmada, FTIR analizleri sonucunda elde edilen spektrumlardan farklı yöntemlerle kristalite indeksleri hesaplanmıştır. Richter ve ark., (1991) tarafından kullanılan A1370/A670 oranı bunlardan biridir. Bu yöntem alkali muamelesi boyunca Selüloz II içerisindeki Selüloz I dönüşüm çalışması için kullanılmıştır. Bu oran, 670 cm⁻¹'deki pik alanı ile 1300 ve 1400 cm⁻¹ arasındaki pik alanlarının birbirine oranıdır. Diğer bir yöntem ise H1429/H897 ve H1372/H2900 oranlarıdır.

Kâğıt hamuru ve alfaselülozların kristal kafes yapısının belirlenmesinde 710 cm⁻¹ ve 750 cm⁻¹ dalga sayısındaki pikler incelenmiştir. 710 cm⁻¹, I β (monoklinik) yapıyı; 750 cm⁻¹, I α (triklinik) yapıyı temsil etmektedir. Kâğıt hamurlarında ve alfaselülozlardaki kristal kafes yapısı belirlenmesinde Rondeau-Mouro ve ark., (2003) tarafından önerilen formül (Eşitlik 2) kullanılmıştır.

$$\% I\beta = A_{710}/(A_{710}+A_{750}) \quad (\text{Eşitlik 2})$$

X-Işını Kırınımı (XRD) Spektroskopisi

XRD spektroskopisi, malzemelerin kristal yapılarını incelemek için kullanılan önemli bir spektroskopik analiz yöntemidir. XRD analizleri için monokromatik CuK α radyasyonu (λ) 0.1544 nm olan, 40 kV ve 30 mA'ya ayarlı Philips X'Pert PRO cihazı kullanılmıştır. XRD analizlerinin tamamı oda sıcaklığında, 0.1 °C/s hızında ve 10°-80° Bragg açısı aralığında yapılmıştır.

XRD Spektroskopisi ile Kristalite Özelliklerinin Belirlenmesi

Selülozun kristal yapısı ile ilgili ilk çalışma 1858 yılında Carl Von Nageli tarafından yapılmıştır (Wilkie, 1961). Selülozun moleküller arası düzeni X-Işını ve Kızılötesi spektrumları ile belirlenebilmektedir. Kırınım modeli ve düzeni arasındaki yakın ilişkiden dolayı X-Işını kırınımı bütün kristalizasyon çalışmaları için temel metod olarak kabul edilmiştir (Mann, 1962). Selülozun kristalite indeksi (CI); XRD, katı-faz ¹³C-NMR, Infrared (IR) spektroskopisi ve Raman spektroskopisi gibi spektroskopik yöntemler kullanılarak belirlenebilmektedir (Akerholm ve ark., 2004; Kataoka ve ark., 1998). Bu çalışmada kâğıt hamurları ve alfaselülozların kristalite özellikleri Segal ve ark., (1959) tarafından önerilen Eşitlik 3 kullanılarak, XRD spektroskopisi ile belirlenmiştir.

$$Xcr = \frac{I_{(002)} - I_{(amorf)}}{I_{(002)}} \times 100 \quad (\text{Eşitlik 3})$$

Burada; X_{cr} : kristalite derecesi; $I(002)$: kristal kısmın kırınım şiddeti (yaklaşık $22.5 \text{ } 2\theta^\circ$), $I(\text{amor})$: amorf kısmın kırınım şiddetidir (yaklaşık $18 \text{ } 2\theta^\circ$).

XRD spektroskopisiyle selülozun kristal kafes yapısı belirlenmesinde, Wada ve ark., (2001) tarafından önerilen Eşitlik 4 kullanılmıştır.

$$Z = 1693d_1 - 902d_2 - 549 \quad (\text{Eşitlik 4})$$

Burada; $Z > 0$ ise triklinik ($I\alpha$) yapı, $Z < 0$ ise monoklinik ($I\beta$) yapı baskındır.

XRD Spektroskopisiyle Kristalit Boyutu Belirlenmesi

Kâğıt hamurları ve alfaselülozlardaki kristalit boyutunun belirlenmesi için Scherrer eşitliği kullanılmıştır. Scherrer eşitliği, XRD spektroskopisinde kristal bölgelerdeki yansımalarla oluşan piklerin genişliğini referans alan bir yöntemdir (Ahtee ve ark., 1983). Bu çalışmada kâğıt hamurlarının ve alfaselülozların 002 düzleminde ölçülen pik değerlerinden Scherrer eşitliği (Eşitlik 5) kullanılarak kristalit boyutları hesaplanmıştır.

$$D(hkl) = \frac{k \lambda}{B(hkl) \cos \theta} \quad (\text{Eşitlik 5})$$

Burada; $D(hkl)$: kristalit boyutu, k : Scherrer sabiti (0.84), λ : X-Işını dalga boyu, $B(hkl)$: kristal yansımada elde edilen pik yarı genişliği (FWHM), $\cos \theta$: Bragg açısıdır (Ahtee ve ark., 1983).

Termogravimetrik Analiz (TGA) ile Termal Özelliklerin Belirlenmesi

TGA, malzemelerin sıcaklık artışı ile yapısında meydana gelen ısısal ve kütleli değişimleri tespit etmek için kullanılan bir analiz yöntemidir. Sıcaklık artışı sonucunda lignoselülozik maddelerin yapısal bileşenlerinin bozunması TGA'dan gözlenebilir. Bu çalışmada kâğıt hamurları ve alfaselülozların Shimadzu TGA-50 cihazı kullanılarak termal analizleri yapıldı. Termal analizlerin tamamı 20 ml/d akış hızına ayarlı nitrojen gazı atmosferinde, $10 \text{ } ^\circ\text{C/d}$ ısıtma hızında ve $25\text{--}800 \text{ } ^\circ\text{C}$ sıcaklık aralığında yapıldı.

Bulgular

Piştirme Bulguları

Kenevir liflerinin sülfat yöntemine göre pişirilmesi sonucunda elde edilen elenmiş hamur verimleri Tablo 2'de verilmiştir. Sülfat piştirme çözeltisine eklenen NaBH_4 , kâğıt hamuru verimlerini arttırmıştır. Çözeltiye eklenen NaBH_4 oranındaki artışa paralel olarak hamur verimlerinin de giderek arttığı görülmüştür. NaBH_4 'lü pişirmelerdeki verim artışı, güçlü bir indirgeyici olan NaBH_4 'ün yüksek sıcaklıklarda selüloz moleküllerindeki soyulma reaksiyonlarını önlemesine bağlanmıştır.

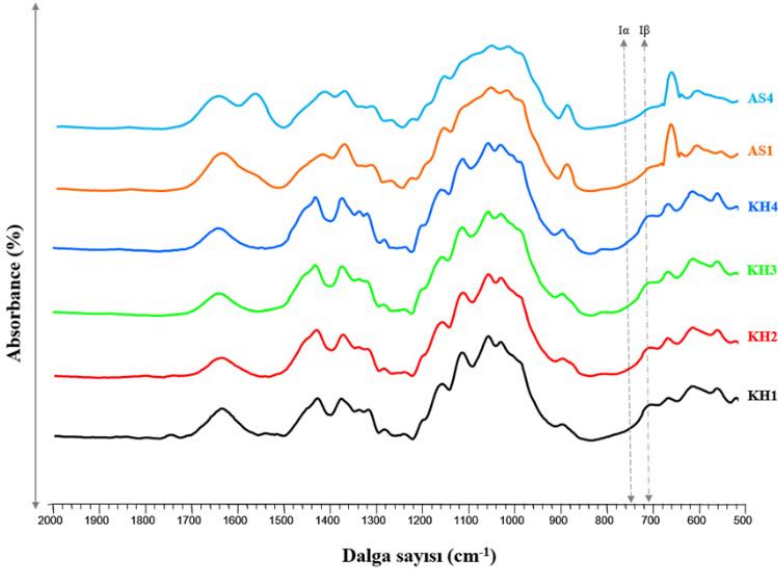
Tablo 2: Kâğıt hamuru verimleri

Piştirme No	NaBH ₄ (%)	Verim (%)
1 (Kontrol)	0	71.82
2	0.3	74.19
3	0.5	76.10
4	0.7	77.94

Kontrol (NaBH₄'süz) piştirme sonucunda elenmiş hamur verimi %71.82 olarak belirlendi. Kontrol piştirme ile aynı piştirme parametreleri kullanılarak piştirme çözeltisi içerisine %0.3-0.5-0.7 NaBH₄ elenerek yapılan piştirmeler sonucunda elenmiş hamur verimleri sırasıyla %74.19, %76.10 ve %77.94 olarak belirlendi. Demir, (1996) soda-oksijen yöntemiyle kâğıt hamuru üretimi için kenevir liflerini kullandığı çalışmasında %58.3 ile %66.72 arasında hamur verimi elde etmiştir. Gümüşkaya, (2002) alkali sülfite yöntemiye göre kenevir liflerinin piştirilmesi sonucunda kâğıt hamuru verimlerini %62.87 ile %74.90 arasında tespit etmiştir.

FTIR Spektroskopisi Bulguları

Sülfat yöntemine göre yapılan piştirmeler sonucunda elde edilen kâğıt hamurları ve alfaselülozların FTIR spektrumları Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Kâğıt hamuru ve alfaselülozların FTIR spektrumları (AS1: NaBH₄'süz kâğıt hamuru alfaselülozu, AS4: %0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamuru alfaselülozu, KH1-KH2-KH3-KH4: sırasıyla %0-0.3-0.5-0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamurları)

FTIR spektroskopisi ile yapılan incelemeler sonucunda kâğıt hamuru ve alfaselülozların kristalite indeksleri ve kristal kafes yapıları Tablo 3'te verilmiştir.

FTIR analizi sonucunda kristalite indeksi belirlemelerinde farklı kristalite indeksleri (H1429/H897, H1372/H2900 ve A1370/A670) kullanılmıştır. A1370/A670 indeksi, kontrol pişirmesinde 1.44, %0.3-0.5-0.7 NaBH₄'lü pişirmelerde sırasıyla 1.2, 1.37 ve 1.51 olarak hesaplanmıştır. Bu indeks NaBH₄'süz ve %0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamuru alfaselülozlarında sırasıyla 0.7 ve 1.03 olarak hesaplanmıştır. Diğer kristalite indeksleri (H1429/H897 ve H1372/H2900) kâğıt hamurlarında 0.97 ile 1.3 arasında, alfaselülozlarında ise 0.99 ile 1.05 arasında hesaplanmıştır. Foher ve ark., (2001) tarafından kristalite indeksi hesaplamalarında A1370/A670 indeksinin kendir'de 1.5, kenaf'ta 1.6, keten'de 1.7 ve sorgum'da 1.3 olduğu bildirilmiştir. Gümüşkaya, (2005) kendir bitkisinin A1370/A670 indeksini 7.5, H1429/H897 ve H1372/H2900 indekslerini ise sırasıyla 1.2 ve 0.39 olarak hesaplamış ve kristal kafes yapısının monoklinik (I β) olduğunu tespit etmiştir. Bu çalışmada, sülfat pişirmeleri sonucunda üretilen bütün kâğıt hamurlarında ve alfaselülozlarda monoklinik (I β) kristal kafes yapısının baskın olduğu görülmüştür.

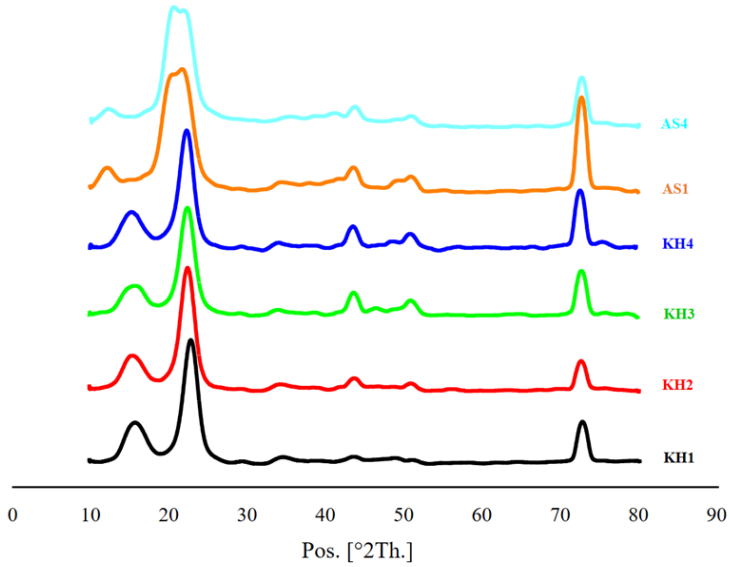
Tablo 3. Kâğıt hamuru ve alfaselülozların FTIR kristalite indeksleri ve kristal kafes yapıları

Kod	A _{1370/A670}	H _{1429/H897}	H _{1372/H2900}	I α (750) (%)	I β (710) (%)
1 (K)	1.44	1.30	0.97	45	55
2	1.20	1.18	1.10	45	55
3	1.37	1.25	1.09	44	56
4	1.51	1.28	1.12	45	55
1(AS)	0.70	1.05	1.00	47	53
4(AS)	1.03	1.05	0.99	46	54

(K): NaBH₄'süz kâğıt hamuru, **4:** %0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamuru **1(AS):** NaBH₄'süz kâğıt hamuru alfaselülozu, **2(AS):** %0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamuru alfaselülozu, **I α :** Triklirik, **I β :** Monoklinik

XRD Spektroskopisi Bulguları

Sülfat pişirmeleri sonucunda üretilen kâğıt hamurları ve alfaselülozların XRD spektrumları Şekil 2'de gösterilmiştir. XRD spektrumlarında en şiddetli pikin 22.5 °2Th'de olduğu görülmektedir. Bu pik selülozun kristal bölgelerini temsil etmektedir. Buna ek olarak 18 °2Th'deki pik amorf bölgeleri temsil etmektedir.



Şekil 2. Kâğıt hamuru ve alfaselülozların XRD spektrumları (AS1: NaBH₄'süz kâğıt hamuru alfaselülozu, AS4: %0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamuru alfaselülozu, KH1-KH2-KH3-KH4: sırasıyla %0-0.3-0.5-0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamurları)

XRD spektroskopisi ile yapılan incelemeler sonucunda kristalite indeksleri ve kristal kafes yapıları Tablo 4'te verilmiştir. XRD spektrumlarından faydalanarak yapılan kristalite oranı hesaplamaları sonucunda, kontrol kâğıt hamurunun %92.13, %0.3-0.5-0.7 NaBH₄'lü pişirmelerin kristalite oranlarının ise sırasıyla %82.93, %92 ve %93.38 olduğu tespit edildi. Bunlara ek olarak, kontrol kâğıt hamurundan elde edilen alfaselülozun kristalite oranı %73.89 olarak, %0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamuru alfaselülozunun kristalite oranı ise %82.88 olarak hesaplandı.

Tablo 4. Kâğıt hamurları ve alfaselülozların XRD spektroskopisi kullanılarak hesaplanan kristalite değerleri ve kristal kafes yapıları

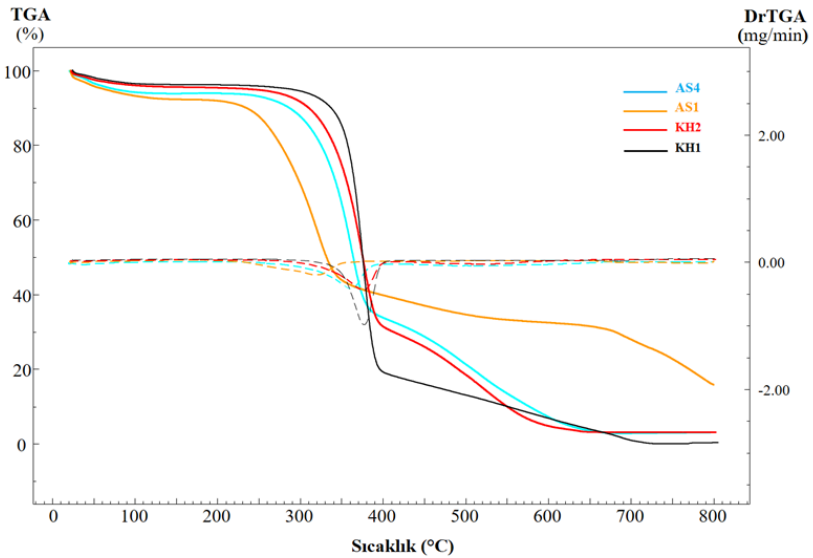
Kod	2θ (°)	FWHM (nm)	Kristalit boyutu (nm)	d1 (nm)	d2 (nm)	d3 (nm)	Xcr (%)	Kristal kafes yapısı
1 (K)	23.02	0.15	52.76	0.55	0.54	0.38	92.13	Iβ
2	22.64	0.11	69.04	0.58	0.54	0.39	82.93	Iβ
3	22.67	0.15	51.78	0.55	0.52	0.39	92.00	Iβ
4	22.49	0.31	25.79	0.57	0.52	0.39	93.38	Iβ
1(AS)	22.23	0.23	34.35	0.69	0.58	0.39	73.89	Iα
4(AS)	22.11	0.31	25.79	0.71	0.58	0.40	82.88	Iα

(K): NaBH₄'süz kâğıt hamuru, **4:** %0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamuru **1(AS):** NaBH₄'süz kâğıt hamuru alfaselülozu, **4(AS):** %0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamuru alfaselülozu, **Iα:** Triklirik, **Iβ:** Monoklinik

Kristalit boyutu hesaplamalarına göre kontrol kâğıt hamuru kristalit boyutu 52.76 nm olarak, %0.3-0.5-0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamurlarının kristalit boyutları ise sırasıyla 69.04 nm, 51.78 nm ve 25.79 nm olarak hesaplandı. Alfaselülozların kristalit boyutları, kontrol kâğıt hamuru alfaselülozunda 34.35 nm olarak, %0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamuru alfaselülozunda ise 25.79 nm olarak hesaplandı. Bunlara ek olarak, kâğıt hamurlarının kristal kafes yapılarında monoklinik yapının, alfaselülozlarda ise triklinik yapının baskın olduğu görüldü. Gümüşkaya, (2002) kenevir liflerinden elde ettiği kâğıt hamurlarının kristalite oranlarının %39.9 ile %54.6 arasında olduğunu, kristalit boyutunun 5.3 nm ile 7.6 nm arasında olduğunu, kristal kafes yapısının ise monoklinik ve triklinik yapıda olduğunu belirtmiştir. Tripp, (1971) odundan elde ettiği kâğıt hamurunun kristalite oranının %60 olduğunu, doğal pamuğun kristalite oranının %73 ve mercerize pamuğun kristalite oranının ise %51 olduğunu bildirmiştir.

TGA Bulguları

TGA ile yapılan ölçümler sonucunda elde edilen termogram eğrileri Şekil 3'te verilmiştir. TGA eğrilerinde ağırlık kaybının fazla olduğu 1. aşama bozunma eğrisinin lignoselülozik madde bileşenlerinin ısı ile parçalanması sonucunda, 2. aşama bozunma eğrisinin ise lignoselülozik madde bileşenlerinin piroliz reaksiyonları sonucunda oluşan yanıcı gazların yanması ile meydana geldiği belirtilmiştir (Narlıoğlu, 2012).



Şekil 3. Kâğıt hamuru ve alfaselülozların TGA termogram eğrileri (AS1: NaBH₄'süz kâğıt hamuru alfaselülozu, AS4: %0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamuru alfaselülozu, KH1: NaBH₄'süz kâğıt hamuru, KH2: %0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamuru)

Tablo 5'te kâğıt hamurları ve alfaselülozların 1. ve 2. aşama bozunma sıcaklıkları ve ağırlık kaybı değerlerine ek olarak inorganik madde veya kül oluşum sıcaklıkları verilmiştir.

Tablo 5. Kâğıt hamurları ve alfaselülozların TGA değerleri

Kod	1. aşama bozunma sıcaklığı (°C)	1.aşama ağırlık kaybı (%)	2. aşama bozunma sıcaklığı (°C)	2. aşama ağırlık kaybı (%)	Kül oluşum sıcaklığı (°C)
1 (K)	359.64	65.04	505.78	27.66	578.08
4	369.02	74.82	556.14	17.79	705.43
1(AS)	348.73	60.41	520.99	30.60	604.93
4(AS)	302.98	53.37	702.33	24.15	799.72

(K): NaBH₄'süz kâğıt hamuru, **4:** %0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamuru **1(AS):** NaBH₄'süz kâğıt hamuru alfaselülozu, **4(AS):** %0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamuru alfaselülozu

Tablo 4'te verilen değerlerden NaBH₄'lü kâğıt hamurunun 1. ve 2. aşama bozunma sıcaklıklarının kontrol kâğıt hamurununkinden daha yüksek olduğu görülmüştür. NaBH₄'lü kâğıt hamuru alfaselülozunun 1. aşama bozunma sıcaklığı NaBH₄'süz olanından daha düşük iken, 2. aşama bozunma sıcaklığının daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunlara ek olarak, %0.7 NaBH₄'lü kâğıt hamuru ve alfaselülozunun kül oluşum sıcaklıkları NaBH₄'süz kâğıt hamuru ve alfaselülozununkine göre daha yüksek değer sergilemiştir. Narlıoğlu ve ark., (2023) sisal (*Agave sisalana*) liflerini kullandıkları çalışmada, kraft pişirme çözeltilisine eklenen NaBH₄'ün kâğıt hamuru ve alfaselülozun termal özelliklerini geliştirdiğini belirtmişlerdir.

Sonuçlar

Bu çalışmada, sülfat pişirme yöntemine göre kenevir lifleri pişirilerek sorunsuz bir şekilde kâğıt hamurları ve alfaselülozlar üretilmiştir. Pişirmeler sonrası yapılan hesaplamalar ve analizlerden elde edilen sonuçlar aşağıda sıralanmıştır:

- Soyum borhidrür'ün kuvvetli indirgeyici özelliği sebebiyle pişirme esnasındaki yüksek sıcaklık ve basıncın yol açtığı karbonhidrat (selüloz ve hemiselüloz) yıkımı azaltılmış ve bunun sonucunda kâğıt hamuru verimi artmıştır.
- FTIR spektrumu değerleri kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda, kâğıt hamurları ve alfaselülozların kristalite indeksi değerlerinin birbirinden farklı olduğu görülmüştür.
- FTIR spektroskopisi sonuçlarına göre, kâğıt hamuru ve alfaselülozların kristal kafes yapılarının monoklinik olduğu görülmüştür.
- XRD spektrumu değerleri kullanılarak yapılan hesaplamalar sonucunda, %0.7 Sodyum borhidrür'lü kâğıt hamuru ve alfaselülozunun kristalite oranının diğerlerinden fazla olduğu görülmüştür.

- XRD spektroskopisi sonuçlarına göre, kâğıt hamurlarının tamamında monoklinik kristal kafes yapısının, alfaselülozların tamamında ise triklinik kristal kafes yapısının baskın olduğu görülmüştür.
- TGA sonuçlarına göre, sülfat pişirme çözeltisine eklenen Sodyum borhidrür'ün kâğıt hamurları ve alfaselülozun termal özelliklerini geliştirdiği görülmüştür.

-

Teşekkür

“Kimyasal Kâğıt Hamuru Üretiminde Sodyum Borhidrür'ün Verim ve Kristalite Üzerine Etkisi” isimli Yüksek lisans tezinden türetilmiş olan bu çalışma, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından (BAP 2011/3-28 YLS) desteklenmiştir.

Referanslar

- Abel, L., (1980). *Marihuana, The First Twelve Thousand Years*, Springer Science & Business Media, 289, New York
- Ahtee, M., Hattula, T., ve Paakkari, T. (1983). An X-Ray diffraction method for determination of crystallinity in wood pulp. *Paperi ja Puu*, 8, 475-480
- Åkerholm, M., Hinterstoisser, B., ve Salmén, L. (2004). Characterization of the crystalline structure of cellulose using static and dynamic FT-IR spectroscopy. *Carbohydrate research*, 339(3), 569-578
- Amaducci, S., Pelatti, F., ve Bonatti, P.M. (2005). Fibre development in hemp (*Cannabis sativa* L.) as affected by agrotechnique: preliminary results of a microscopic study. *Journal of industrial hemp*, 10(1), 31-48
- Bilici, M.S.U. (2004). Enerji taşıyıcısı hidrojen. Hidrojen taşıyıcısı Sodyum borhidrür, TMMOB Madencilik Bülteni, 67
- Demir, H. (1996). Kendir (*Cannabis sativa* L.) soymuk liflerinden soda-oksijen yöntemi ile kağıt hamuru üretim koşullarının belirlenmesi, KTÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Trabzon
- Diaconescu, V., ve Petrovan, S. (1976). Kinetics of sulfate pulping with addition of sodium borohydride. *Cellulose Chem. Technol*, 10(3), 357-378
- Evans, R., Newman, R.H., Roick, U.C., Suckling, I.D., ve Wallis, A.F. (1995). Changes in cellulose crystallinity during kraft pulping. Comparison of infrared, X-ray diffraction and solid state NMR results. *Holzforschung*, 49, 498-504
- Gülsoy, S.K., (2009). Beyaz çürüklük mantarı (*Ceriporiopsis subvermispora*) ile muamele edilen *Pinus nigra* Arnold.'dan NaBH₄ ilaveli biyolojik-kraft kağıt hamuru üretimi, Bartın Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Doktora Tezi, Bartın
- Gümüşkaya, E., (2002). Kendir (*Cannabis Sativa* L.) soymuk liflerinden asidik ve alkali ortamlarda üretilen kağıt hamurlarının kimyasal ve kristal yapı özellikleri, Doktora Tezi, KTÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Trabzon
- Gümüşkaya, E., (2005). Selülozun kristal yapısı, *Kafkas Üniversitesi Artvin Orman Fakültesi Dergisi*, 6, 69-78
- Harmancıoğlu, M., ve Yazıcıoğlu, G. (1979). Bitkisel lifler. Ege Üniversitesi Tekstil Fakültesi Yayınları, İzmir
- İmer, Z. (1999). Sayısız özellikleriyle göze çarpan bir doğal elyaf kendir'in dünya'da ve Türkiye'de geçmişi ve bugünü. *Tekstil ve Konfeksiyon*, 9, 421-427
- Johnson, P. (1999). Industrial hemp: a critical review of claimed potentials for *Cannabis sativa*. *Tappi Journal*, 82(7), 113-123
- Karache, T. (2019). The application of hemp (*Cannabis sativa* L.) for a green economy: A review. *Turkish Journal of Botany*, 43(6), 710-723
- Kataoka, Y., ve Kondo, T. (1998). FT-IR microscopic analysis of changing cellulose crystalline structure during wood cell wall formation. *Macromolecules*, 31(3), 760-764

- 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
- 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
- Narlıoğlu, N., Çetin, N.S., ve Çetin, N. (2023). Sodyum borhidrür'ün sisal (*Agave sisalana*) kâğıt hamuru verimine ve selüloz kristalitesine etkisi, Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde Güncel Yaklaşımlar, Duvar Yayınları, 16, 303-314, İzmir
- Özkan, İ., (2006). Titrek kavak (*Populus tremula*) yongalarından NaBH₄ ilaveli kraft kâğıt hamuru üretimi” ZKÜ, Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Yüksek Mühendislik Tezi, Bartın
- Pettersson, S.E., ve Rydholm, S.A. (1961). Hemicelluloses and paper properties of birch pulps, Part 3. *Svensk Papperstidning*, 64(1), 4-17
- Rawson, J.M. (2006). Hemp as an agricultural commodity. Farm and Agriculture Issues, Nova Science Publishers, Inc. 115-127, New York
- 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
- Schenzel, K., Fischer, S., ve Brendler, E. (2005). New method for determining the degree of cellulose I crystallinity by means of FT Raman spectroscopy. *Cellulose*, 12(3), 223-231
- 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
- TAPPI, T. 203 os-71 (1975). Alpha, beta and gamma cellulose in pulp, 15
- Tripp, V.W. (1971). Measurement of crystallinity, In: Cellulose and Cellulose Derivatives, (Ed. M. Bikales) and L. Segal, Wiley Interscience, 305-323, New York
- Türkoğlu, T., (2004). Kraft hamurunun soda-oksijen-borhidrür yöntemi ile delignifikasyonu, Yüksek Lisans Tezi, ZKÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Orman Endüstri Mühendisliği Anabilim Dalı, Zonguldak
- Wada, M., ve Okano, T. (2001). Localization of Ia and Ib phases in algal cellulose revealed by acid treatments. *Cellulose*, 8, 183-188
- Wilkie, J.S. (1961). Carl Nägeli and the fine structure of living matter. *Nature*, 190(4782), 1145-1150

Wise, E.L., ve Karl, H.L. (1962). Celluloese and hemicellulose in pulp and paper science and technology. Libby, CE (Ed.), 1, New York

Bölüm 19

Sebzelerde Görülen Mildiyö Hastalığına Karşı Biyolojik Mücadele Olanakları

Nuray ÖZER¹

Özet

Sürdürülebilir tarımın iyileştirilmesinde çevre dostu biyolojik mücadelenin önemli bir yeri bulunmaktadır. Bu derleme çalışmasının amacı, sebzelerde görülen mildiyö hastalığının biyolojik mücadelesi ile ilgili günümüze kadar yapılan çalışmaları analiz etmektir. Yapılan değerlendirme sonucunda, sebzeler arasında hıyar, marul, soğan, Çin lahanası ve bezelyede mildiyö hastalığının biyolojik mücadelesi üzerine çalışmalar yapıldığı görülmüştür. Bu bağlamda bu derlemede yapılan çalışmalar sonucunda en etkili bulunan antagonistler göz önüne alınmış, kısa süreli (sporangium çimlenmesine olan etki, koparılmış yaprak ya da yaprak diski testleri, dayanıklılığın teşvikinde rol oynayan enzimler üzerine olan etkiler vb.) testlerin sonuçları tablolarda verilmiş, sera ve tarla koşullarında yapılan uygulamaların sonuçları ülkeler bazında kronolojik sıraya göre açıklanmıştır.

Anahtar kelimeler; Biyolojik mücadele, hıyar, marul, soğan, Çin lahanası, bezelye, mildiyö hastalığı

Abstract

Environmentally friendly biological control plays a crucial role in improving sustainable agriculture. The aim of this review is to analyze studies on biological control of downy mildew in vegetables to date. As a result of the evaluation, it was found that among the vegetables, studies have been carried out on the biological control of downy mildew disease in cucumber, lettuce, onion, Chinese cabbage and pea. In this context, in this review, the most effective antagonists identified from the experiments were considered, the results of short-term tests (effect on sporangium germination, detached leaf or leaf disc tests, effects on enzymes involved in inducement of resistance, etc.) were presented in tables, and the results of greenhouse and field treatment were given in chronological order by country.

¹ Prof. Dr.; Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü. nozer@nku.edu.tr
ORCID No: 0000-0001-6876-7580

Keywords; Biological control, cucumber, lettuce, onion, Chinese cabbage, pea, downy mildew disease

Giriş

Sebzeler, içerdikleri karbonhidratlar, proteinler, yağlar, mineral maddeler ve vitaminler ile insan sağlığına büyük katkı sağlayan (Eriş ve Yanmaz, 1979), dünyanın pek çok ülkesinde yetiştirilen, çiğ ya da pişmiş olarak tüketilebilen bitkilerdir. Sebzelerde solgunluk, kök ve kök boğazı çürüklükleri, yaprak lekeleri ve külleme gibi hastalıkların yanı sıra, mildiyö hastalığı üretimi kısıtlayan önemli biyotik faktörler arasında yer almaktadır. Oomycetes sınıfından olan obligat patojenlerin oluşturduğu mildiyö hastalığının tipik belirtisi yaprakların üst yüzeyinde sarımsı kahverengi lezyonların oluşması, alt yüzeyinde bu lezyonlara isabet eden yerlerde etmene özgü eşeysiz üreme yapılarından oluşan bitkilere göre renkleri değişen bir örtünün meydana gelmesidir. Hastalığın olduğu sebzelerde en yaygın olarak kullanılan mücadele fungusit uygulamaları olup bunu dayanıklı çeşit kullanımı izlemektedir. Fungisit kullanımı çevre ve gıda güvenliği açısından tehlike yaratmasının yanında uzun süre aynı fungusitlerin uygulanması sonucunda mildiyö etmenlerinin dayanıklılık kazanması problemi ortaya çıkmaktadır. Dayanıklı çeşit elde edilmesi ise uzun bir süreç gerektirmekte ve market gereksinimlerine uygun çeşitlerin bulunması her zaman mümkün olmamakta, ayrıca bazı mildiyö türlerinin ırk oluşturması ıslah çalışmalarında güçlükler yaratmaktadır. Bu bağlamda biyolojik mücadele doğa dostu alternatif bir yöntem olarak kabul edilmektedir.

Dünya’da sebzelerde biyolojik mücadele olanaklarının en fazla araştırıldığı mildiyö hastalıkları arasında hıyarda *Pseudoperonospora cubensis* (Berk. et Court.) Rostov tarafından oluşturulan yalancı mildiyö hastalığıdır. Etmenin *Pseudoperonospora* ve hastalığın yalancı mildiyö olarak adlandırılmasının nedeni, sporangioforların dallanışının *Peronospora* cinsi ile aynı olmasına rağmen, *Peronospora*’nın aksine sporangiumlarının renkli olup hem zoospor vererek hem de çim borusu vererek çimlenebilmesi ve diğer mildiyö etmenlerine göre biraz daha yüksek sıcaklıklarda gelişebilmesidir. Söz konusu tür Cucurbitaceae familyasında 20’den fazla cinsi ve 60 türü enfekte edebilmektedir (Lebeda ve Widrechner, 2003; Lebeda ve Cohen, 2011; Kitner vd. 2015). Etmenin sporangiumları rüzgâr, yağmur, böcekler ve alet ekipmanlar yoluyla yaprak yüzeyine ulaşmakta ve sporangiumlarından çıkan zoosporlar çimlenerek stomalardan giriş yapmaktadır (Bouwmeester vd., 2009). Zoospor çimlenmesi ve enfeksiyon 5-28°C arasındaki sıcaklıklarda başlamakla birlikte enfeksiyon için optimum sıcaklık 15°C’dir. Ayrıca yaprak yüzeyinin %90 nemli

olması önemlidir (Yanxia vd., 2002; Arauz vd., 2010; Savory vd., 2011; Neufeld ve Ojiambo, 2012). Uygun iklim koşullarında enfeksiyon hızla ilerlemekte ve yapraklar üzerinde yukarıda verilen belirtiler oluşmaktadır. Yaprak altında sporangiofor ve sporangiumlarından oluşan örtü gri renklidir. Hastalığın mücadelesinde kullanılan carboxylic acid amid (Blum vd., 2011; Okada ve Furukawa, 2008), metalaxyl (Reuveni vd., 1980; Urban ve Lebeda, 2006), fluomorph (Zhu vd., 2007) etkili maddeli ve quinone-outside inhibitör grubu (Ishii vd., 2001) fungusitlere karşı etmeni dayanıklılık kazanmış durumdadır.

Çok fazla sayıda olmamakla birlikte mildiyö hastalığının biyolojik mücadelesi üzerine çalışma yapılan diğer sebzeler ise marul, soğan, Çin lahanası ve bezelye olup, bu sebzelerde hastalığa sırasıyla *Bremia lactucae* Regel, *Peronospora destructor* (Berk.) Caspari, *Hyaloperonospora parasitica* (Gaum.) Goker [Sinonim: *P. parasitica* (Pers. ex. Fr.) Fr.] ve *P. viciae* f. sp. *pisi* (Sydow) Boerema & Verhoven neden olmaktadır. Tüm bu etmenlerin sporangiumları zoospor oluşturmadan direkt çimlenebilmekte bu nedenle sporangium yerine konidi terimi de kullanılabilir.

B. lactucae'nin sporangiumları marul yapraklarına ulaştığında uygun çevre koşullarında (10-22°C sıcaklık ve en az 3 saat süren ıslaklık) çimlenmekte ve genellikle kütikula tabakasından, bazen stomalardan yapraklara giriş yapmaktadır. Enfeksiyon sonucunda genç fidelerin kotiledon ve yeni çıkan yapraklarında beyaz renkli bir sporulasyon oluşmakta, bitki bodurlaşmakta ve ölmektedir. Daha geç dönemde ise, yaşlı yaprakların üst yüzeyinde damarlarla sınırlı açık yeşil alanlar, yaprağın alt yüzeyinde ise yine beyaz renkli sporulasyon meydana gelmekte, gövde içi dokuların kahverengileşmesi şeklinde oluşan sistemik enfeksiyon ise nadiren görülmektedir (Lebeda vd., 2008; Matheron, 2015). Hastalık etmeni her ne kadar eşeyli üreme sonucu oospor oluştursa da hastalığın yayılması sporangiumları aracılığıyla olmaktadır. Ancak hastalığın yoğun olduğu tarlalarda oosporların primer inokulum kaynağı olabileceği (Yuen ve Lorbeer, 1987; Souza vd., 2022), eşeyli üremenin yeni fenotiplerin ortaya çıkmasında (Michelmore ve Ingrain, 1980; Lebeda ve Block, 1990) önemli rol oynayabileceği belirtilmektedir. Etmenin 37 adet ırkı bulunmaktadır (Tör vd., 2023). Son yıllarda Türkiye'de tespit edilen 44-00-01 ve 13-03-04 kodlu izolatların 37 ırktan farklılık gösterdiği bu nedenle yeni patotip ya da ırklar olabileceği bildirilmektedir (Dolar vd., 2022). Hastalığa karşı kullanılan mefonoxam etkili maddeli fungusitlere karşı etmenin dayanıklılık gösterdiği (Crute vd., 1987; Schettini vd., 1991), yine her kadar dayanıklı izolat tespit edilmese de Quinone-outside inhibitör ve carboxylic acid

amide grubu fungusitlere karşı sırasıyla yüksek ve orta derecede dayanıklılık riski olduğu belirtilmektedir (Cohen vd., 2008; Ishii vd., 2023).

Soğan mildiyösü hastalığı, ılıman, tropikal ve subtropikal gibi çok farklı iklim koşullarında görülebilmektedir. Patojenin sporangiumunun çimlenmesi sonucunda oluşan çim tütü stomalardan giriş yapmakta, 10-18°C sıcaklık olduğunda ve yapraklar 2-3 saat ıslak kaldığında enfeksiyon gerçekleşmektedir. Enfeksiyon sonrasında yapraklar sararıp kıvrılmakta ve mor renkli bir sporulasyon oluşmaktadır (Palti, 1989). Etmen hava yoluyla yayılmakta, ancak topraktaki bitki artıklarında bulunan eşeyli üreme sonucunda oluşan oosporları önemli bir enfeksiyon kaynağı olup, bulaşma oosporlar ile olduğunda sistemik enfeksiyon meydana gelmektedir (Nishimura vd., 2022; Watanabe ve Syobu, 2022). Hastalığın kontrolünde uzun yıllardır kullanılan mefenoxam etkili maddeli fungusite karşı patojen dayanıklılık kazanmış durumdadır (O'Brien, 1992; Syobu ve Watanabe, 2022). Yine bu patojende Quinone-ouster inhibitors (Wright ve Beresford, 2019) grubu fungusitlere karşı dayanıklılık belirlenmiştir, ayrıca carboxylic acid grubu fungusitlere karşı da dayanıklılık riski bulunduğu bildirilmiştir (Cohen vd., 2008; Ishii vd., 2023).

Çin lahanasında görülen mildiyö hastalığı Brassicaceae familyasındaki diğer bitkilerde de görülmektedir. Hastalık uygun çevre koşullarında (10-15°C sıcaklık ve yüksek nem) genellikle ilk önce kotiledonlarda görülmekte, daha sonra gerçek yapraklar üzerinde damarlarla sınırlı soluk yeşil sarımsı lekeler oluşmakta, bu lekeler zaman zaman besin noksanlığı ile karıştırılmaktadır. İlk enfeksiyonlar toprakta ve bitki artıklarında bulunan oosporlarının çimlenerek bitki köklerine girişi ile başlamakta, enfeksiyondan 1-2 hafta sonra stomalardan eşeysiz sporları olan sporangium çıkışı gözlenebilmekte, sporangiumlar rüzgâr ve sıçrayan su damlaları ile yayılarak sekonder enfeksiyonları meydana getirmektedirler. Yaprak altındaki sporulasyon gri-beyaz renklidir (Greer vd., 2023). Hastalığa karşı uzun yıllardır kullanılan metalaxyl etkili maddeli fungusitlere karşı etmende dayanıklılık oluşmuştur (Crute vd., 1985).

Bezelye mildiyösü etmeni lokal veya sistemik enfeksiyona neden olabilmektedir. Sistemik enfeksiyon durumunda bitkilerin çiçeklenmeden önce ölümüne neden olacak düzeyde bodurlaşma meydana gelmektedir. Hava koşulları serin ve nemli olduğunda (15-20°C sıcaklık ve 12 saat yaprak ıslaklığı) bitkinin erken gelişme dönemlerinde hastalık kendini göstermekte, yaprakların alt yüzeyinde gri-mor renkli sporulasyon oluşmaktadır (Podea ve Cristea, 2023). Nem çok yüksek olduğunda sporulasyon baklalarda da görülebilmektedir. Etmen toprakta bitki artıklarında ve tohumlarda bulunmakta, toprakta eşeyli sporları olan oosporlar aracılığıyla 10-15 yıl canlı kalabilmekte ve oosporlar erken gelişme döneminde primer enfeksiyon kaynağı olabilmektedir. Sekonder

enfeksiyonlar yapraklarda oluşan sporangiumlarla olmaktadır. Etmenin 16 adet ırkı bulunmaktadır (Tör vd., 2023).

Hıyarda Yalancı Mildiyö Hastalığına Karşı Biyolojik Mücadele

Hıyarda yalancı mildiyö hastalığına karşı Anand vd. (2007) tarafından Hindistan'da yapılan ilk çalışmada *Pseudomonas fluorescens*'in uygulanması (10 g/L) ile yapraklarda dayanıklılığını teşvik eden enzim aktivitesinde ve toplam fenollerdeki artış incelenmiştir (Tablo1). Aynı araştırmacı daha sonraki yılda yaptığı çalışmada (Anand vd. 2009) aynı isimli antagonisti hastalığın biyolojik mücadelesi açısından sera ve tarla koşullarında değerlendirmiştir. Söz konusu çalışmada önce Hindistan'da kültür koleksiyonundan elde antagonistin Pfl izolatının azoxystrobin etkili maddeli fungusitin farklı dozları kullanılarak tolerans düzeyi belirlenmiş ve antagonistin gelişiminin engellenmediği maksimum konsantrasyonun 300 ppm olduğu tespit edilmiştir. Bu aşamadan sonra antagonistin talk formülasyonu hazırlanmış [King B sıvı ortamında 48 saat süre ile geliştirilen antagonist süspansiyonundan (9×10^8 koloni oluşturan birim-cfu/ml) 400 ml sıvı, 1 kg talk (105°C 'de 12 saat süre ile steril edilmiş)+kalsiyum karbonat (5g)+karboksi metil selüloz (10g) karışımına ilave edilerek karıştırılmış, gece boyu kuruttuktan sonra polipropilen torbalarda muhafaza edilmiştir.] ve azoxystrobin etkili maddeli fungusitin farklı dozları ile karıştırılarak tarlada bulunan Mailini hibrit bitkilerine tohum ekiminden 35 gün sonra hastalık belirtileri görülmeye başlandığında uygulanmıştır. Denemeler Şubat-Mayıs ve Ağustos-Kasım olmak üzere iki farklı yetiştirme mevsiminde gerçekleştirilmiş, hastalık bulunma oranının yanı sıra meyve verimi de incelenmiştir. Araştırmacılar doğal enfeksiyon koşullarında yapılan değerlendirmelerde antagonist formülasyonunun 2.5 kg/ha dozu ile fungusitin 250 ml/ha dozu karışımının hastalığın bulunma oranını 1. ci ve 2. ci yetiştirme döneminde sırasıyla %95.02 ve %97.46 oranında azalttığını, meyve verimini ise sırasıyla %250.92 ve %283.01 oranlarında arttırdığını bildirmektedirler. Çalışma süresince ayrıca antagonistin yaprak yüzeyindeki popülasyon dinamiği ve dayanıklılık mekanizmasına etkisi de (Tablo 1) incelenmiştir.

Küba'da, *Trichoderma asperellum*'un T13 nolu izolatu serada 10 günlük HA 436 Hazera genotipinin yapraklarına 7 gün aralıklarla 5 kez uygulanmıştır (2×10^9 cfu/g). Uygulama sonucunda yapraklardaki belirtiler azalmıştır (Martinez vd. 2011). Araştırmada etmenin sporangiumlarının parazitlenme durumu da (Tablo 1) incelenmiştir.

Çin Cumhuriyeti'nde yetiştirilen Zhongnong 16 hıyar çeşidinin sağlıklı yapraklarından nutrient agar kullanılarak izole edilen *Bacillus* sp. CE8 izolatu (2×10^8 cfu/ml) tarlada doğal enfeksiyon koşullarında hıyar bitkilerine

uygulanmıştır. Uygulamadan 12 gün sonra yapılan değerlendirmede antagonistin hastalığı %42.1 oranında azalttığı bildirilmiştir. (Sun vd., 2013). Çalışmada ayrıca aynı izolat ile birlikte Y1 izolatının etkinliği yaprak disklerinde, koparılmış yapraklarda test edilmiş ve sporangium boşalmasına etkisi incelenmiştir (Tablo 1). Aynı ülkede, yalancı mildiyö ile enfekteli hıyar bitkilerinin bulunduğu topraktan ve hasta bitkilerin yapraklarından elde edilen sırasıyla *B. pumilus* DS22, *Enterobacter* sp. DP14 ve sağlıklı bitkilerin bulunduğu topraktan alınan *B. licheniformis* HS10 Luria Bertani sıvı ortamında geliştirildikten sonra elde edilen hücre süspansiyonu serada Jinyou-35 çeşidine ait 10 yapraklı dönemdeki hıyar bitkilerine (1×10^8 cfu/ml+Tween 20 %0.01) uygulanmış ve 5 gün sonra patojen inokulasyonu yapılmış, 15 gün sonra yapılan değerlendirmede DS22 (%87.81), DP14 (%70.66) ve HS10 (%61.96)'un yüksek oranda etkili olduğu bildirilmiştir (Zheng vd., 2018).

Tablo 1. Hıyarda yalancı mildiyö hastalığına karşı *in vitro* koşullarda ve koparılmış yaprak ya da yaprak disklerinde yapılan biyolojik mücadele uygulamaları

Antagonist	Yöntem ve amaç	Sonuç	Yazar
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Saksılarda bulunan 30 günlük fidelerin yapraklarına antagonistin uygulanması, bir gün sonra patojen inokulasyonu ve yaprakların 0-5 gün sonra toplanarak dayanıklılıkta rol oynayan enzimlerin ve fenolik bileşiklerin belirlenmesi	Peroksidaz (PO) enzimi ve izoenzim formlarının oluşumunda 3 gün sonra, polifenol oksidaz (PPO) enzim aktivitesinde 2 ve 3 gün sonra, fenilalanin amonyum liyaz (PAL) enzim aktivitesinde 2 ve 3 gün sonra, β -1-3-glukonaz (GLU), kitinaz enzim aktivitelerinde ve toplam fenol miktarında 3. günde kontrole göre önemli düzeyde artış olmuştur.	Anand vd., 2007
<i>Pseudomonas fluorescens</i> Pf1	1) Tarlada antagonist+azoxystrobin (0.5 ml/L)'in ekimden 35 gün sonra yapraklara uygulanması ve yapraklarda antagonist canlılığının belirlenmesi	1) Antagonist popülasyonundaki azalma yavaşlamıştır. 2) PO, PPO, PAL,	Anand vd., 2009

	2) Serada 30 günlük fidelerin yapraklarına talk formülasyonu (2.5 kg/ha)+azoxystrobin (250 ml/ha) karışımının uygulanmasından bir gün sonra patojenin inokulasyonu (2×10^4 sporangium/ml) ile dayanıklılık mekanizmasının incelenmesi	GLU ve kitinaz enzim aktivitesinde ve fenolik madde miktarında artış olmuştur.	
<i>Trichoderma asperellum</i> T13	Serada 10 günlük bitkilerin yapraklarına 7 gün aralıklarla 5 kez uygulamadan sonra alınan yapraklarda patojenin parazitizmin incelenmesi	Patojenin sporangiumları antagonist tarafından parazitlenmiştir.	Martinez vd., 2011
<i>Bacillus pumilus</i>	1) Nutrient sıvı ortamında geliştirildikten sonra santrifüj edilip, üstte kalan sıvının yapraklara enfeksiyonun görülmesi ile birlikte püskürtülmesi ve patojende meydana gelen değişikliklerin incelenmesi 2) 1. Maddede belirtilen sıvının enfeksiyondan 30 gün sonra yapraklara püskürtülmesi, 10 gün sonra yeni çıkan sağlıklı yapraklarda dayanıklılık mekanizmasının incelenmesi	1) Sporangiumlarda turgor kaybı, sporangioforlarda bozulma (osmoliz) 2) PO aktivitesinde %80.45, PPO aktivitesinde %154.12 artış olmuştur.	El-Gremi vd., 2013

Tablo 1'in devamı

Antagonist	Yöntem ve amaç	Sonuç	Yazar
<i>Bacillus sp.</i> CE8 ve Y1	1) Antagonistin içinde ıslak kurutma kâğıdı bulunan petri kaplarındaki (nemli hücre) yaprak disklerine püskürtülmesi (1×10^8 cfu/ml), 24 saat sonra sporangium süspansiyonunun (1×10^5 cfu/ml) damlatılması (10 µl) ve 7-12 gün inkübasyondan sonra hastalık şiddetinin belirlenmesi 2) Aynı konsantrasyonda hazırlanan antagonistlerin nemli hücrede bulunan koparılmış yapraklara püskürtülmesi, 24 saat sonra patojenin inokulasyonu ile hastalık şiddetinin belirlenmesi 3) Nutrient agarda geliştirilen ve yukarıda belirtilen konsantrasyonda hazırlanan hücre süspansiyonunun santrifüj edilmesi, üstte kalan kısmın patojenin sporangium süspansiyonu ile eşit oranda karıştırılması, 4 saat	1) CE8 uygulaması ile hastalık şiddeti %85.1 oranında engellenmiştir. 2) CE8 uygulaması ile hastalık şiddeti %96.3 oranında engellenmiştir 3) Y1 uygulaması ile sporangium boşalması %81 oranında engellenmiştir.	Sun vd., 2013

	inkübasyondan sonra sporangium boşalmasının belirlenmesi		
<i>Bacillus amyloliquefaciens</i> CC110	<p>1) Serada patojenin inokulasyonundan 5 saat sonra alınan yaprak disklerinin nemli hücreye yerleştirilmesi ve TSB ortamında geliştirilen antagonistin uygulanması ile enfekteli alanın belirlenmesi (Tedavi edici etki)</p> <p>2) Serada antagonist püskürtülmüş yapraklardan elde edilen yaprak disklerinin nemli hücreye yerleştirilerek patojenin sporangium süspansiyonunun damlatılması (10 µl) ile enfekteli alanın belirlenmesi (Koruyucu edici etki)</p> <p>3) TSB ortamının santrifüj edilmesinden sonra üstte kalan kısmın direkt olarak bitkilere püskürtülmesi ve alınan yaprak disklerinin nemli hücreye yerleştirilerek patojen inokulasyonu ile enfekteli alanın belirlenmesi</p> <p>4) Luria Bertani ve King B'de geliştirilen antagonistin yapraklara uygulanmasından 2 saat sonra alınan yaprak disklerinin nemli hücreye yerleştirilmesi ve sporangium süspansiyonunun damlatılması ile enfekteli alanın belirlenmesi</p>	<p>1) Enfekteli alan oluşmamıştır.</p> <p>2) Enfekteli alan oluşmamıştır.</p> <p>3) Enfekteli alan oluşmamıştır.</p> <p>4) Enfekteli alan oluşmamıştır.</p>	Lee vd., 2013

Tablo 1'in devamı

Antagonist	Yöntem ve amaç	Sonuç	Yazar
<i>Trichoderma harzianum</i>	<p>1) Antagonistin (1×10^7 cfu/ml) 3 haftalık bitkilerin yapraklarına püskürtülmesi, patojen inokulasyonu 1×10^4 sporangium/ml, 4 gün sonra yapraklarda patojenin gelişiminin incelenmesi</p> <p>2) Aynı örneklerde dayanıklılık mekanizmasının incelenmesi</p>	<p>1) Patojenin hifinde anormallik</p> <p>2) PO (%81.56) ve PPO (%344.14) enzim aktivitelerinde artış</p>	Elsharkawy vd., 2014
<i>Bacillus licheniformis</i> HS10	Sağlıklı bitkilerin rizosfer bölgesinden izole edilen antagonistin carboxypeptidase isimli proteininden elde edilen solüsyona [30 µg saf protein, 20 mmol/L PBS (Phosphate Buffer saline)] yaprak disklerinin bandırılması (5 da) ve daha sonra	Yaprak altındaki sporulasyon önemli düzeyde baskılanmıştır.	Wang vd., 2014

	sporangium süspansiyonunun (1×10^5 sporangium/ml)) damlatılması ve 10 gün sonra antifungal etkinin belirlenmesi		
<i>Bacillus chitinosporus</i>	Nutrient sıvı ortamında geliştirilen bakterinin metabolik süspansiyonunun seradaki bitkilere şaşırtmadan 4 hafta sonra uygulanması, 24 saat sonra yaprakların elektron mikroskopunda incelenmesi	Sporangiumlarda turgor kaybı, sporangioforlarda şekil bozukluğu ve sporangium oluşamama durumu gözlenmiştir.	Ketta vd., 2016
<i>Bacillus subtilis</i> <i>B. pumilus</i>	1) Antagonistlerin talk formülasyonunun seraya şaşırtılmış 20 günlük fidelere 10 gün aralıklarla 3 kez uygulanmasından sonra alınan yaprak disklerinde klorofil miktarının belirlenmesi 2) Aynı uygulama sonucu yapraklarda dayanıklılık mekanizmasının incelenmesi	1) Klorofil A'da artış olmuştur. 2) PO ve PPO enzim aktivitelerinde artış olmuştur.	Mohamed vd., 2016
<i>Trichoderma atroviride</i> TRS25	1) İzolatın şekerpancarı küspesi, buğday kepeği ve elma püresi ile hazırlanan formülasyonu ile kaplanan tohumların tarlaya ekimi, 2-3 yapraklı dönemde (T1) ve çiçeklenme döneminde (T2), rizosfer bölgesinde antagonistin popülasyonunun incelenmesi 2) T1 ve T2 dönemlerinde dayanıklılığı teşvik mekanizmasının incelenmesi	1) T1 (%87.23) ve T2 (%73.33) dönemlerinde popülasyon artmıştır. 2) Hidrojen peroksit, fenolik bileşik, guaicol peroksidaz (GPX), ascorbate peroksidaz (APX) ve PAL üretimi her iki dönemde de artmış, T2 döneminde hidrojen peroksidaz, GPX ve PAL'deki artışlar daha fazla olmuştur.	Szczzech vd., 2017

Tablo 1'in devamı

Antagonist	Yöntem ve amaç	Sonuç	Yazar
<i>Aneurinibacillus migulanus</i>	Antagonistin sıvı kültürünün santrifüjden sonra üstte kalan kısmın ve yıkamadan sonra elde edilen kısmın 1:1 oranında seyreltilerek seradaki bitkilere püskürtülmesi, bir gün sonra alınan ve su agarına yerleştirilen yaprak disklerine patojenin sporangium süspansiyonunun (1×10^4	Sporangiumdan zoospor çıkışı %30 azalmış, çıkan zoosporlarda bozulma gözlenmiştir.	Schuster ve Schmitt, 2018

	sporangium/ml) damlatılması (20 µl), 24 saat sonra zoosporların çıkışının gözlenmesi		
<i>Bacillus licheniformis</i> HS10 <i>Enterobacter</i> sp. DP14	Her iki antagonistin 100 µg/ml rifampicin içeren Luria Bertani ortamında geliştirilip, 1×10 ⁸ cfu/ml konsantrasyonunda Jinyou-35 ve Wanqui çeşitlerine ait fidelerin tarlaya şaşırtılmasından 50 gün sonra yaprak+kök boğazı şeklinde uygulanması ve uygulamadan 30 gün sonra yaprak ve rizosferdeki antagonistin popülasyon değişiminin incelenmesi	Yapraklarda ve rizosferde en yüksek popülasyon sırasıyla HS10 (2.63×10 ⁴ cfu/g) ve DP14 (5.49×10 ⁶ cfu/g) tarafından Jinyou 35 çeşidinde oluşmuştur.	Zheng vd., 2018
<i>Streptomyces padanus</i> PMS-702	1) Antagonistin Bacto ISP4 ortamında elde edilen süspansiyonun (4×10 ⁸ cfu/ml) SGM ortamına (%0.5 soya unu, %0.5glukoz, %0.04 CaCO ₃) ilavesi, 3 günlük inkübasyon sonucunda oluşan yapışkan maddelerin alınarak tekrar SGM ortamı ile karıştırılıp içine %1 oranında kakao yağı ilave edilmesi, 2 gün inkübasyondan sonra ortamın 100 ve 200 kez seyreltilerek sporangium çimlenmesine etkisinin belirlenmesi 2) Koparılmış hıyar yapraklarına patojenin sporangium süspansiyonunun (5×10 ² sporangium/ml) damlatılması (10 µl) ardından 1. Maddede verilen halinin 200 kez seyreltilerek, patojen inokule edilen yerlere damlatılması, (10 µl) 7 gün sonra lekelerdeki sporangium sayısının belirlenmesi 3) 1. Maddedeki ortam ve SGM ortamındaki bileşiklerin miktarının arttırılması (%1.12 soya unu, %1.12 glukoz, %0.046 CaCO ₃ +%1 kakao yağı) ile fungichromin üretiminin belirlenmesi	1) Her iki seyreltmede sporangium çimlenmesi %80'in üzerinde engellenmiştir. 2) 5 gün sonra sporangium sayısında yaklaşık %70 azalma meydana gelmiş ve zoospor çimlenmesi azalmıştır. 3) Fungichromin üretimde 1. maddede verilen ortam kullanıldığında SGM ortamına göre 25.8 kez, içindeki miktar arttırıldığında 29.4 kez artış sağlanmıştır.	Fan vd., 2019

Tablo 1'in devamı

Antagonist	Yöntem ve amaç	Sonuç	Yazar
<i>Streptomyces padanus</i> PMS-702	4) 1. Maddedeki ortama %2-5 oranlarında Tween 80 ilave ederek koparılmış yaprak testinde (madde	4) Hastalık şiddeti önemli düzeyde azalmıştır.	Fan vd., 2019

2) hastalık şiddetinin belirlenmesi 5) Fungichromin ((10 µg/ml) ve patojenin sporangium süspansiyonunun (1×10 ³ sporangium/ml) eşit oranda karıştırılarak yaprak altlarına püskürtülmesi ile sporangium çimlenmesinin belirlenmesi 6) Fungichromin (10 µg/ml)'in koparılmış yapraklara uygulanmasını takiben 7 gün sonra hastalık şiddetinin belirlenmesi	5) Sporangium çimlenmesi %100 engellenmiş, sporangial çimlenme için IC50 değeri 7.5 µg/ml olarak belirlenmiştir. 6) Hastalık şiddeti %100 azalmıştır.
--	--

Üç antagonistten (Zheng vd., 2018) DS22 ve DP14 *Cucurbita ficifolia* üzerine aşılınmış hıyar fidelerinin 2010 sonbaharında etmenle doğal olarak bulaşık tarlaya dikiminden yaklaşık 50 gün sonra yukarıda belirtilen konsantrasyonda yapraklara uygulandığında hastalık şiddeti sırasıyla %66.19 ve %64.75 oranında azalmış, HS10 yaprak+kök boğazı uygulama şeklinde %77.49 etkili bulunmuştur. 2011 yılı ilkbaharında benzer şekilde tarlada yapılan denemelerde, uygulamadan 48 gün sonra en yüksek etki (%70.74), DP14'ün yaprak+kök boğazı uygulaması ile elde edilmiştir. Çalışmada ayrıca antagonistlerin yaprak ve rizosferde popülasyon artışı tespit edilmiştir (Tablo 1). Araştırmacılar ayrıca test edilen antagonistlerin serada ve tarlada bitki gelişimine etkisini de incelemişler, serada uygulamalar 4-5 yapraklı dönemde yapraklara püskürtme, tarlada ise 2011 yılında 14 yapraklı dönemde yaprak+kök boğazı şeklinde yapılmıştır. Serada bitki boyunda (%24.69), yaprak alanında (%14.12), taze ağırlıkta (%28.52) ve kuru ağırlıkta (%30.33) en yüksek artışlar DP14 ile elde edilmiştir. Aynı uygulama tarlada meyve ağırlığını (%29.45), meyve sayısını (%16.11), verimini (%51.03), meyvedeki su ve şeker miktarını en yüksek oranlarda arttırmış, DS22 ise meyve büyüklüğünün ve meyvedeki protein miktarının artışında etkili olmuştur.

Kore'de sağlıklı hıyar yapraklarından elde edilen *Bacillus amyloliquefaciens* CC110 izolatu yaprak diskinde (Tablo1) ve sera koşullarında test edilmiştir (Lee vd., 2013). Sera koşullarında 2 yapraklı hıyar bitkilerine patojen inokule edildikten 5 saat sonra Tryptic Soy sıvı ortamında (TSB) geliştirilen antogonistin direkt olarak uygulanmasından 7 gün sonra lezyon alanı %57.3 oranında azalmış (Tedavi edici etki), yine serada 5 gün aralıklarla hastalık oluşmadan önce 4 kez uygulandığında son uygulamadan 7 gün sonra lezyon alanı %53.5 oranında (Koruyucu etki) azalmıştır.

Mısır'da serada bulunan 21 günlük DP-164 (Dp Elite Zaden) çeşidine ait hıyar bitkilerine patojenin inokulasyonunu (1×10⁴ sporangium/ml) takiben kültür koleksiyonundan temin edilen *T. harzianum*'un konidi süspansiyonu

(1×10^7 cfu/ml+30 mL/100 L yapıştırıcı) yapraklara 3 hafta süreyle uygulanmış, 7 gün aralıklarla 21 gün hastalık şiddeti ölçülerek hastalık gelişimi altındaki alan (AUDPC) belirlenmiştir (Elsharkawy vd., 2014). Ayrıca uygulamadan 4 gün sonra alınan yapraklarda patojenin gelişimi ve dayanıklılıkta rol oynayan enzimlerin aktive olması durumu incelenmiştir (Tablo 1). Çalışma sonucunda uygulama yapılan bitkilerde belirlenen AUDPC değeri (291.55) uygulama yapılmayan bitkilere (513.45) göre oldukça düşük olmuş ve %43.22 oranında etkinlik tespit edilmiştir. Araştırmacılar, aynı zamanda uygulamanın bitki yüksekliğinde, toplam klorofil miktarında, yaprak sayısında, yaprak ağırlığında, yaprak alanında, taze bitki ağırlığında, kuru bitki ağırlığında, meyve sayısında, bitki veriminde, meyve çapında ve meyve uzunluğunda sırasıyla %9.45, %56.44, %54.85, %67.71, %56.94, %37.74, %36.84, %72.54, %126.67, %36.84 ve %33.08 oranlarında artışa neden olduğunu ileri sürmektedirler. Aynı ülkede yapılan bir diğer çalışmada (Ketta vd. 2016), hıyar bitkilerinin köklerinden elde edilen *B. chitinosporus* 5 gün süre ile nutrient sıvı ortamında geliştirilerek, bakterinin metabolitlerini de içeren ortam hıyar fidelerinin seraya şaşırtılmasından 4 hafta sonra başlayarak 1 hafta aralıklarla 6 kez uygulanmış ve doğal enfeksiyon koşullarında hastalık şiddeti ölçülerek AUPDC değerine göre etkililiği belirlenmiş, ayrıca bitki gelişme parametrelerindeki değişim incelenmiştir. Uygulama sonucunda AUDPC değeri kontrol bitkilere göre %45.37 oranında azalmış, bitki yüksekliğinde, toplam klorofil miktarında, taze bitki ağırlığında, kuru bitki ağırlığında, meyve sayısı ve veriminde sırasıyla %39.33, %84.09, %29.09, %35.47, %114.71 ve %130.30 oranında artışlar olmuştur. Çalışmada ayrıca elektron mikroskopunda da yapraklar incelenmiştir (Tablo 1). Yine Mısır'da kültür koleksiyonundan elde edilen *B. subtilis* ve *B. pumilus*, King B sıvı ortamında 48 saat süre ile geliştirildikten sonra talk ile formulasyon (otoklavda 30 da steril edilmiş 1 kg talk+15g/kg kalsiyum karbonat, 10 g karboksi metil selüloz karışımına bakteriyel ortamdan 400 ml ilave edilerek gece boyu kurutma) hazırlanmıştır (Mohamed vd., 2016). Formulasyon (1×10^8 cfu/ml) 2012-2013 ve 2013-2014 gelişme dönemlerinde seraya şaşırtılmış 21 günlük fidelere (5 ml/L) 10 gün aralıklarla 3 kez uygulanmış ve son uygulamadan 1 hafta sonra doğal enfeksiyon koşullarında oluşan hastalık şiddeti tespit edilmiş ve bazı gelişme parametreleri (bitki yüksekliği, meyve sayısı ve meyve verimi) ile yapraklardaki klorofil miktarı ölçülmüştür. Formulasyon uygulamasının yapraklarda dayanıklılığı teşvikteki rolü de incelenmiştir (Tablo 1). Çalışmada 2012-2013 yılı denemelerinde *B. subtilis* ve *B. pumilus*'un hastalık şiddeti üzerine sırasıyla %58.85 ve %62.5, 2013-2014 yılı denemelerinde yine sırasıyla %62.8 ve %60.12 oranlarında etkili olduğu bildirilmektedir. Araştırmacılar *B. subtilis*'in bitki yüksekliğine

(%36.27), meyve sayısında (%33,31), ve meyve veriminde (%65) daha yüksek artışa neden olduğunu belirtmektedirler. Mısır'da son yıllarda yapılan bir çalışmada (El-khalily vd., 2021), *T. viride* ve *T. harzianum*'un Patates Dekstroz Sıvı (PDB) ortamında hazırlanan konidi süspansiyonu, serada doğal enfeksiyon başlamadan iki gün önce (koruyucu) ve hastalık görüldüğünde (tedavi edici) olmak üzere iki şekilde uygulanmış, uygulama hastalığın başlaması ile birlikte 7 gün aralıklarla 6 kez gerçekleştirilmiştir. 90 gün sonra yapılan değerlendirmede koruyucu etki kapsamında *T. harzianum*, hastalık bulunma oranını ve hastalık şiddetini sırasıyla %55.7 ve %80.74 oranlarında azaltmıştır. Bununla birlikte aynı değerlendirme süresinde tedavi edici etki kapsamında *T. viride* hastalık şiddetini %63.43 oranında azaltarak *T. harzianum*'a göre (%58.35) daha etkili bulunmuştur.

Polonya'da, *T. atroviride* TRS25 izolatının şeker pancarı küspesi, buğday kepeği ve elma püresi (1:1:3) ile hazırlanan toz formülasyonu 1:5 ağırlık/hacim oranında seyreltilerek 5 da süre ile tohum kaplaması yapıp tarlaya ekilmiş, 2013-2015 yılları arasında doğal enfeksiyon koşullarında fide sayısı, 2-3 yapraklı fidelerde ve çiçeklenme döneminde taze bitki ağırlıkları ölçülmüş ve dayanıklılıkta rol oynayan enzimler ile fenolik bileşikler tespit edilmiş (Tablo 1), kontrol bitkilerde ilk hastalık belirtileri görülünce hastalık şiddeti ve meyve verimi değerlendirilmiştir (Szczech vd., 2017). Uygulama sonucunda çimlenmede %28.37, sürgün taze ağırlığında %103.64 artış gözlenmiş, hastalık şiddeti tüm yıllarda %50 azalmış, verim 2013 ve 2014 yıllarında sırasıyla %11.37 ve %7.10 artmıştır.

Almanya'da kültür koleksiyonundan alınan *Aneurinibacillus migulanus*'dan elde edilen daha beyaz renkli fenotip triptone soy sıvı besisi ortamında geliştirilmiş, sıvı kültür direkt olarak, santrifüjden sonra üstte kalan kısım 1:1 oranında destile su ile seyreltilerek Chinesische Slange çeşidine ait bitkilerde koruyucu, tedavi edici, translaminar (yaprak yüzeyindeki hareket) etkisi açısından incelenmiştir (Schuster ve Schmitt, 2018). Patojenin inokulasyonundan (1×10^4 sporangia/ml) 1 gün önce seyreltme yapılmadan uygulanan sıvı kültür (koruyucu etki) hastalık şiddetini %94, 1:1 oranında seyreltilmiş formu ise %83 azaltmıştır. Antagonistin 1:1 oranında seyreltilmiş sıvı kültürü seradaki bitkilerin yapraklarına patojenin inokulasyonundan 1, 3 ve 5 gün sonra uygulandığında 10-14 gün sonra hastalık şiddeti %93 azalmıştır (Tedavi edici etki). Aynı kültür, yaprağın hem alt hem üst tarafına, ayrıca yaprağın alt kısmının yarısına uygulandıktan 1 gün sonra yaprağın alt yüzüne patojen inokule edildiğinde, patojenin yapraktaki hareketi engellenmiştir (Translaminar etki). Antagonistin sıvı kültürünün santrifüjden sonra üstte kalan kısmı (gramicidine içermeyen) ise 1:1 oranında seyreltilerek biyosüpfaktan

(yüzeydeki aktivite) olarak patojenin inokulasyonundan 1 gün önce yaprak altlarına uygulanmış ve 30 da süre ile kurutulduğunda hastalık şiddeti üzerine %71 etkili bulunmuştur. Çalışmada ayrıca antagonistin zoospor çimlenmesine (Tablo 1) etkisi de araştırılmıştır.

Ekvator Cumhuriyeti'nde doğal enfeksiyon koşullarında Elmas F1 çeşidinde *Trichoderma* sp.'nin ticari preparatı Tricho-D, 500g/ha dozunda ekimden 8, 30 ve 50 gün sonra olmak üzere 3 kez uygulanmış, oluşan hastalık şiddeti ve bazı gelişme parametrelerindeki değişiklikler incelenmiştir (Alvarado-Aguayo vd., 2019). Çalışmada 60 gün sonra yapılan değerlendirmede preparatın hastalığı %84.20 oranında azalttığı, meyve uzunluğu (%3.61), meyve çapı (%3.92), meyve sayısı (%45.76) ve verimde (%71.43) artışlar olduğu belirtilmiştir. Aynı ülkede, Custom Bio 5 (*B. subtilis*, *B. laterosporus*, *B. licheniformis*, *B. megaterium* ve *B. pumilus* (8×10^8 cfu/ml) isimli ticari preparat ve *Trichoderma* sp. (3 ml/L), serada Humocaro çeşidine ait bitkilere uygulanmış ve doğal enfeksiyon koşulları altında AUDPC değerleri belirlenmiştir (Gabriel-Ortega vd., 2020). Araştırmacılar, ticari preparat ve *Trichoderma* sp.'nin AUDPC değerini sırasıyla %28.5 ve %32.7 oranında azalttığını, *Trichoderma* sp.'nin gövde çapında (%16), meyve sayısında (%36.46), meyve ağırlığında (%0.45) ve bitki yüksekliğinde (%11.54) daha yüksek artışlara neden olduğunu, ticari preparatın sadece ölü meyve sayısını azaltmada (%24) etkili olduğunu bildirmektedirler.

Tayvan'da mantar kompostundan elde edilen *Streptomyces padanus* PMS-702 izolatu Bacto ISP4 ortamında geliştirilip, süspansiyon (4×10^8 cfu/ml) SGM (%0.5 soya unu, %0.5glukoz, %0.04 CaCO₃) ortamına ilave edilmiş (1 ml/99 ml SGM), 3 günlük inkübasyon sonucunda oluşan yapışkan maddeler (fungichromin ve bakteri) spatula ile alınarak tekrar SGM ortamı ile karıştırılıp içine %1 oranında kakao yağı ilave edilerek sera denemelerinde kullanılmıştır (Fan vd., 2019). Hazırlanan bu ortam serada patojen (5×10^2 sporangia/ml) ile aynı zamanda ve patojenin inokulasyonundan 24 saat önce 2 gerçek yapraklı bitkilere uygulandıktan 7 gün sonra hastalık şiddeti %50'nin üzerinde azalmıştır. Araştırmacılar hazırladıkları ortamın farklı konsantrasyonlarının sporangium çimlenmesine, sporangium sayısına, fungichromin üretimine ve koparılmış yapraklarda hastalık şiddetine olan etkisini de incelemiştirler (Tablo 1).

Irak'da Sayf F1 çeşidine ait bitkilerde *Pseudomonas fluorescens*'in ticari preparatı (Bactvipe, (2×10^8 cfu/ml) 2.5 g/L dozunda tohum+yaprak uygulaması şeklinde kullanılmış ve enfeksiyon oranı ile bitki gelişme parametrelerindeki değişim incelenmiştir (Al-Aswad ve Al-Azzawi, 2021). Araştırmacılar gerçekleştirdikleri iki ayrı denemede uygulamanın %79.79-%85.18 oranında

doğal enfeksiyonu kontrol ettiğini, ayrıca meyve ağırlığında, meyve sayısında, bitki kuru ağırlığında, yaş ağırlığında ve bitki yüksekliğinde sırasıyla %72.14, %28.21, %30.27, %30.79 ve %2.9 oranlarında artış sağladığını bildirmektedirler.

Meksika’da kültür koleksiyonlarından alınan *B. subtilis* (VOB1 ve VOB2) ve *T. harzianum* (VOT1) izolatlarının serada doğal koşullar altında yalancı mildiyö hastalığına karşı etkileri, sonbahar-kış ve ilkbahar-yaz vejetasyon dönemlerinde test edilmiştir (Núñez-Paleniús vd., 2022). Çalışmada, kullanılan izolatlardan VOB1 (1×10^9 cfu/ml, 0.8 ml/L), VOB2 (1×10^7 cfu/ml, 0.8 ml/L) ve VOT1 (1×10^7 cfu/ml, 0.8 g/L) haftada iki kez uygulanmışlar, sonbahar-kış döneminde Paraiso çeşidinde 30, 60, 90 ve 120 gün sonra, ilkbahar yaz döneminde ise Kathrina çeşidinde 30, 60 ve 90 gün sonra hastalık şiddeti ve bazı bitki gelişme parametreleri belirlenmiştir. En yüksek etkiler dikkate alındığında, VOB2 uygulaması 60 gün sonra sonbahar kış ve ilkbahar yaz döneminde sırasıyla %55.17 ve %13.6 oranında hastalık şiddetini azaltmıştır. Sonbahar kış döneminde uygulamadan 90 gün sonra bitki yüksekliğinde (%6.97 ve meyve ağırlığında (%3.90), 120 gün sonra birinci kalite verimde (%4.69) en yüksek artışlar VOT1 izolatu ile elde edilmiştir. Aynı izolat ilkbahar yaz döneminde de uygulamadan 90 gün sonra bitki yüksekliğinde (%9.26), meyve ağırlığında (%14.28) ve birinci kalite verimde (%7.93) en yüksek artışları sağlamıştır.

Marul, Soğan, Çin Lahanası ve Bezelyede Mildiyö Hastalığına Karşı Biyolojik Mücadele

Fransa’da *B. subtilis* BBG131 ve BBG125 [BBG131, yabani tip 168’in, BBG125 Amerikan tipi (ATCC-6633)’nin genetik optimizasyonu sonucu elde edilmiştir.]’in ürettikleri sırasıyla surfactin ve mycosubtilin’in karışımı (50:50 mg/L) küçük kutularda geliştirilen 10 günlük marul fidelerinin yapraklarına püskürtülmüş, daha sonra *B. lactucae*’nin B1:26 nolu ırkı ile (1×10^5 sporangium-konidi/ml) inokule edilmiş, 24 saat karanlıkta inkübasyona bırakıldıktan sonra aydınlık koşullar uygulanmış ve 8 gün sonra sağlıklı bitki oranı belirlenmiştir (Deravel vd., 2014). Yapılan değerlendirmede sağlıklı bitki oranının kontrole göre 2.4 kez daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca tere bitkisinde yapılan testlerde pestisitlerle karşılaştırıldığında her iki bileşiğin düşük toksisiteye sahip olduğu bildirilmektedir.

İspanya’da *B. subtilis* IAB/BSO3 (1×10^8 cfu/g) Carrascoy marul çeşidi ile serada şaşırtmadan sonra başlayıp 1 hafta aralıklarla uygulanmış ve 19 gün sonra hastalık bulunma oranı ve hastalık şiddeti belirlenmiştir (Hinarejos vd., 2016). Çalışmada antagonist 100 ve 150 g/hL dozlarında uygulandığında

hastalık bulunma oranını sırasıyla %72.40 ve %70.70, hastalık şiddetini yine sırasıyla %78.50 ve %72.60 oranlarında azaltmıştır.

Mısır'da Balady marul çeşidi kullanılarak sağlam marul bitkilerinin yaprak yüzeyinden izole edilen *P. fluorescens* (1×10^6 cfu/ml) ve *T. harzianum* (1×10^6 konidi/ml)'un mildiyö hastalığına karşı etkinliği araştırılmıştır (Abada ve Attia, 2017). Çalışmada 35 günlük fideler önce 2 saat süre ile 20 mM benzothiazole (BTH) içine bandırılarak seradaki saksılara dikilmiş, patojenin inokulasyonundan (1×10^3 sporangium/ml) 5 gün önce ve 10 gün sonra olmak üzere 2 kez antagonistler yapraklara püskürtülmüş, uygulamadan 15 gün sonra hastalık şiddeti ölçülmüştür. Araştırmacılar *P. fluorescens* ve *T. harzianum*'un sırasıyla %81.3 ve %80.4 oranlarında hastalık şiddetini azalttığını bildirmektedirler. Yine aynı çeşit kullanılarak Ekim ve Aralık aylarında olmak üzere iki farklı dönemde doğal enfeksiyon koşullarında tarla denemeleri yürütülmüş, aynı antagonistler hastalık belirtileri görüldüğünde ve 10 gün sonra yapraklara püskürtülmüş, hastalık şiddeti ile bitki ağırlığı belirlenmiştir. Tarla denemeleri sonucunda *P. fluorescens* Ekim (%74.6) ve Aralık (%73.6) dönemi denemelerinde *T. harzianum*'a göre daha etkili bulunmuş, aynı zamanda bitki ağırlığını aynı dönemlerde sırasıyla %26.29 ve %30.39 ile daha yüksek oranlarda arttırmıştır. Söz konusu antagonistlerin sporangium çimlenmesi ve dayanıklılığı teşvikte rol oynayan enzimlerin üretimine etkisi de incelenmiştir (Tablo 2).

Tablo 1. Marul ve soğanda yalancı mildiyö hastalıklarına karşı *in vitro* koşullarda ve koparılmış yaprak ya da disklerinde yapılan biyolojik mücadele uygulamaları

Antagonist /bitki	Yöntem ve amaç	Sonuç	Yazar
<i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Trichoderma harzianum</i> /marul	1. <i>P. fluorescens</i> 'in nutrient sıvı ortamında 48 saat, <i>T. harzianum</i> 'un gliotoxin fermentasyon ortamında 7 gün geliştirilmesi, her iki antagonistin kültür filtratlarının %60 konsantrasyona ayarlanması, içine patojenin sporangium süspansiyonunun eklenmesi ve nemli hücrede bulunan lam üzerine damlatılması (1 ml), 24 saat sonra sporangium çimlenmesinin gözlenmesi 2) Yapraklara <i>P. fluorescens</i> uygulandıktan (1×10^6 cfu/ml) 2 hafta sonra dayanıklılık mekanizmasının incelenmesi	1) Patojenin sporangiumları çimlenememiştir. 2) <i>P. fluorescens</i> PAL (%91.87), PO (%98.56) ve PPO (%148.84) üretiminde daha yüksek artışlara neden olmuştur.	Abada ve Attia, 2017

<i>Pseudomonas fluorescens</i> JY8)/soğan	Antagonistin talk formülasyonunun (%0.25), tarlada Behairy soğan çeşidine uygulanmasından 1 hafta sonra alınan yapraklarda dayanıklılığı teşvik mekanizmasının incelenmesi	Mildiyö hastalığına karşı savunmada önemli rol oynayabilecek polyphenol sentetik genleri teşvik edilmiştir.	Abd-Elbaky vd., 2021
---	--	---	----------------------

Mısır'da 2014 ve 2015 yılları arasında Giza 20 (sarı) ve Giza Red (kırmızı) isimli iki soğan çeşidine ait 6 günlük fideler tarlaya şaşırtıldıktan sonra, farklı ticari preparatlar 2 hafta aralıklarla 6 kez püskürtme şeklinde uygulanmış ve doğal enfeksiyon koşullarında 3 ay sonra hastalık şiddeti indeksi ve soğan yumru verimi belirlenmiştir (Shahin, 2017). Ayrıca yumruda toplam karbonhidrat, azot ve çözünebilir kuru madde miktarları ölçülmüştür. Çalışma sonucunda Blight stop (*Trichoderma* spp., 30×10^6 konidi/g) Giza 20 çeşidinde hastalığı 2014 ve 2015 yıllarında sırasıyla %85.38 ve %94.60 oranlarında engellemiştir. Aynı deneme yıllarında Bio Zeid (*T. album* 1×10^7 konidi/g) sırasıyla %76.45 ve %90.14 engelleme oranları ile Giza Red çeşidinde etkili olmuştur. Kontrole göre verim artışı ise Bio arc (*B. megaterium*, 2.5×10^7 cfu/g) uygulaması ile sağlanmış, ticari preparat 2014 ve 2015 yıllarında Giza 20 çeşidinde sırasıyla %210.71 ve %167.76, Giza Red çeşidinde ise sırasıyla %290.91 ve %219.23 oranları ile kullanılan ticari preparatlar arasında en yüksek verimi sağlamıştır. Araştırmacılar ayrıca uygulamalarda Clean root (*Bacillus subtilis* 30×10^6 cfu/g) kullanılması sonucunda Giza 20 çeşidinin yumrularında 2014 ve 2015 yıllarında karbonhidrat miktarının sırasıyla %2289.23 ve %1123.68, azot miktarının %81.108 ve %89.75 ve çözünebilir kuru maddenin %32.64 ve %32.43 oranlarında arttığını, Giza red çeşidinde bu artışların karbonhidrat miktarı için %15.41 ve %1557.27, azot miktarı için %107.52 ve 82.05, kuru madde için %20.04 ve %27.15 oranlarında olduğunu bildirmektedirler. Yine aynı ülkede soğanda mildiyö hastalığına karşı *P. fluorescens* (JY8)'in talk formülasyonu (%0.25) ve saf limonene (%5) karışımı serada ve tarlada doğal enfeksiyon koşullarında Behairy soğan çeşidinde 3 hafta aralıklarla 3 kez uygulanarak hastalık şiddeti ve yumru verimi belirlenmiştir (Abd-Elbaky vd., 2021). Araştırmacılar uygulamanın serada hastalığı %54.53 engellediğini ve yumru verimini %35.59 oranında arttırdığını bildirmektedirler. Tarlada 2018-2019 ve 2019-2020 vejetasyon dönemlerinde yapılan denemelerde aynı uygulama hastalık şiddetini %54.04 azaltmış, yumru verimini ise %46.60 arttırmıştır. Antagonist tek başına uygulandığında serada ve tarlada hastalık şiddeti üzerine daha az etkili bulunmuş ancak tarlada yumru verimini daha yüksek oranda (%50.52) arttırmış ve yapraklarda dayanıklılığı teşvik etmiştir (Tablo 2).

Endonezya'da rizosferden izole edilen *Pseudomonas* sp. (A, H ve F)'nin 1×10^7 hücre/ml konsantrasyonundaki süspansiyona 1 haftalık Çin lahanası fidelerinin kökleri 4 saat süre ile daldırılmış ve seradaki saksılara dikilmiş, bir hafta sonra ise patojenin sporangium süspansiyonu (1×10^4 sporangium/ml) bitkilere püskürtülerek enfekteli yaprak oranı, hastalık şiddeti ve bitki ağırlığı ölçülmüştür (Damiri vd., 2017). Çalışmada antagonistin A izolatının enfekteli yaprak oranını %22.08, H izolatının hastalık şiddetini %48.05 azalttığı, bitki ağırlığının artışında (%42.86) F izolatının etkili olduğu ileri sürülmektedir.

Hindistan'da *P. fluorescens*'in ticari preparatı ile (10 g/L), 2013, 2014 ve 2014-2015 yıllarında doğal enfeksiyon koşullarında bezelye mildiyösüne karşı, belirtilerin görüldüğü dönemde ve 15 gün sonra yapraklara püskürtme şeklinde uygulama yapılarak hastalık şiddeti ve AUDPC değerleri belirlenmiştir (Pandey vd., 2017). Araştırmacılar uygulamanın 2013, 2014 ve 2014-2015 yıllarında hastalık şiddetini sırasıyla %43.36, %45.45 ve %44.40, AUDPC'yi sırasıyla %43.53, %48.72 ve %46.01 azalttığını bildirmektedirler.

Sonuç

Sebzelerde görülen mildiyö hastalığına karşı yapılan çalışmalar irdelendiğinde, bazı biyoajanların sadece patojenin çimlenme ve çoğalma organları üzerine etkilerinin incelendiği görülmektedir. Bazılarında ise aynı zamanda sera ve tarla denemelerinde olumlu sonuçlar alınmış, ayrıca mildiyö hastalığına karşı dayanıklılıkta rol oynayan enzimler ya da fenolik bileşikler teşvik edilmiş ve bitki gelişme parametreleri üzerinde olumlu etkiler elde edilmiştir. Derlemede yer alan hıyarda yalancı mildiyö, marul, soğan ve bezelyede mildiyö hastalıkları ülkemizde görülmekle birlikte söz konusu hastalıklara karşı ruhsatlı ya da tavsiye niteliğinde olan bir biopreparat bulunmamaktadır. Derlemede mümkün olduğunca metot detayları ile birlikte anlatılan araştırma sonuçları farklı sebzelerde görülen mildiyö hastalığına karşı ileride yapılacak biyolojik mücadele çalışmaları için önemli bir temel oluşturacaktır.

Referanslar

- Abada, K. A. M., ve Attia, A. M. F. (2017). Potentiality of inducer resistance chemicals and bioagents in managing lettuce downy mildew. *American Journal of BioScience*, 5(1), 4-12.
- Abd-Elbaky, A. A., Abo-Zaid, G. A., Ahmed, H. E. M., Matar, S. M., ve Abdel-Gayed, M. A. (2021). Reducing the incidence of onion downy mildew disease using bio-formulation of *Pseudomonas fluorescens*, limonene and acetyl salicylic acid. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 22(1-2), 103-120.
- Al-Aswad, R. M. A., ve Al-Azzawi, Q, K. Z. (2021). Control of downy mildew disease on cucumber caused by the fungus *Pseudoperonospora cubensis* by using environmentally friendly materials *Euphrates Journal of Agriculture Science*, 13(1), 98-110.
- Alvarado-Aguayo, A., Pilalao-David, W., Torres-Sánchez, T., ve Torres-Sánchez, K. (2019). Efecto de *Trichoderma harzianum* en el control de mildiu (*Pseudoperonospora cubensis*) en pepino. *Agronomía Costarricense*, 43(1), 101-111.
- Anand, T., Chandrasekaran, A., Kuttalam, S., Raguchander, T., ve Samiyappan, R. (2009). Management of cucumber (*Cucumis sativus* L.) Mildews through azoxystrobin-tolerant *Pseudomonas fluorescens*. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 11(2), 211-226.
- Anand, T., Raguchander, T., Karthikeyan, G., Prakasam, V., ve Samiyappan, R. (2007). Chemically and biologically mediated systemic resistance in cucumber (*Cucumis sativus* L.) against *Pseudoperonospora cubensis* and *Erysiphe cichoracearum*. *Phytopathologia Mediterranea*, 46(3), 259-271.
- Arauz, L. F., Neufeld, K. N., Lloyd, A. L., ve Ojiambo, P. S. (2010). Quantitative models for germination and infection of *Pseudoperonospora cubensis* in response to temperature and duration of leaf wetness. *Phytopathology*, 100(9), 959-967.
- Blum, M., Waldner, M., Olaya, G., Cohen, Y., Gisi, U., Sierotzki, H. (2011). Resistance mechanism to carboxylic acid amide (CAA) fungicides in the cucurbit downy mildew pathogen *Pseudoperonospora cubensis*. *Pest Management Science*, 67(10), 1211-1214.
- Bouwmeester, K., van Poppel, P. M. J. A., ve Govers, F. (2009). Genome biology cracks enigmas of oomycete plant pathogens. *Annual Plant Reviews*, 34, 102-133.
- Cohen, Y., Rubin, A., ve Gotliev, D. (2008). Activity of carboxylic acid amide (CAA) fungicides against *Bremia lactucae*. *European Journal of Plant Pathology*, 122:169-183.

- Crute, I. R., Norwood, J. M., ve Gordon, P. L. (1985). Resistance to phenylamide fungicides in lettuce and brassica downy mildew. *The Mixture Centenary Meeting, Bordeaux. British Crop Protection Council Monograph, Croydon, Surrey Kongresine Sunulmuş Bildiri.*
- Crute, I. R., Norwood, J. M., ve Gordon, P. L. (1987). The occurrence, characteristics and distribution in the United Kingdom of resistance to phenylamide fungicides in *Bremia lactucae* (lettuce downy mildew). *Plant Pathology*, 36(3), 297-315.
- Damiri, N., Mulawarman, M., Umayah, A., Agustin, S. E., ve Rahmiyah, M. (2017). Effect of *Pseudomonas* spp on infection of *Peronospora parasitica* (Pers. Fr), the pathogen of downy mildew on Chinese cabbage. *International Symposium on Food and Agro-biodiversity (ISFA) Kongresine Sunulmuş Bildiri.*
- Deravel, J., Lemière, S., Coutte, F. Krier, F., VanHese, N., Béchet, M., Sourdeau, N., Höfte, M., Leprêtre, A. ve Jacque, P. (2014). Mycosubtilin and surfactin are efficient, low ecotoxicity molecules for the biocontrol of lettuce downy mildew. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98, 6255-6264.
- Dolar, F. S., Ebrahimzadh, R., Sözmez, K., Smilde, D., ve Ellialtıoğlu, Ş. Ş. (2022). Evaluation of the existence of a new race of *Bremia lactucae* on lettuce. *Horticultural Studies*, 39(1), 28-32.
- El-Gremi, Sh. M. A., Ghoniem, K. E., Mohamed, H. A., ve Kamel S. M. H. (2013). Mode of action of *Bacillus pumilus* in suppressing *Pseudoperonospora cubensis* (Berk and Curt) Rostow, the pathogen of downy mildew of cucumber. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 23(1), 71-77.
- El-khalily, M. R., Al Gazar, T., ve EL-Sheshtawi, M. (2021). Ability of some antagonistic fungi for controlling cucumber downy mildew disease caused by *Pseudoperonospora cubensis*. *Journal of Plant Protection and Pathology, Mansoura University*, 12(1), 76 – 76.
- Elsharkawy, M. M., Kamel, S. M., ve El-Khateeb, N. M. M. (2014). Biological control of powdery and downy mildews of cucumber under greenhouse conditions. *Egyptian Journal of Pest Control*, 24(2), 407-414.
- Eriş, A., ve Yanmaz, R. (1979). Sağlık ve beslenme açısından sebzelerin önemi. *Gıda*, 4(1), 25-40.
- Fan, Y. T., Chung, K. R., ve Huang, J. W. (2019). Fungichromin production by *Streptomyces padanus* PMS-702 for controlling cucumber downy mildew *The Plant Pathology Journal*, 35(4), 341-350.

- Gabriel-Ortega, J., Pereira-Murillo, E., Ayón-Villao, F., Castro-Piguave, C., Delvalle-García, I., ve Castillo, J.A. (2020). Development of an ecological strategy for the control of downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*) in cucumber cultivation (*Cucumis sativus* L.). *Revista Bionatura*, 5(2), 1101-1105.
- Greer, F. S., Surendran, A., Grant, M., ve Lillywhite, R. (2023). The current status, challenges, and future perspectives for managing diseases of brassicas. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1209258.
- Hinarejos, E., Castellano, M., Rodrigo, I., Bélles, J. M., Conejero, V., Pilar López-Gresa, M. P., ve Lisón, P. (2016). *Bacillus subtilis* IAB/BS03 as a potential biological control agent. *European Journal of Plant Pathology*, 146, 597-608.
- Ishii, H., Fraaije, B. A., Sugiyama, T., Noguchi, K., Nishimura, K., Takeda, T., Amano, T., ve Hollomon, D. W. (2001). Occurrence and molecular characterization of strobilurin resistance in cucumber powdery mildew and downy mildew. *Phytopathology*, 91(12), 1166-1171.
- Ishii, H., Stammler, G., Yamabe, S., Tashiro, N., ve Yamaoka, Y. (2023). PCR–RFLP analysis for detecting potential QoI and CAA fungicide resistance in onion and lettuce downy mildews. *Journal of Plant Diseases and Protection* 130, 985-990.
- Ketta, H. A., Kamel, S. M., Ismail, A. M., Ibrahim, E. S., (2016). Control of downy mildew disease of cucumber using *Bacillus chitinosporus*. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 26(4), 839-845.
- Kitner, M., Lebeda, A., Sharma, R., Runge, F., Dvorak, P., Tahir, A., Choi, Y. J., Sedlakova, B., ve Thines, M. (2015). Coincidence of virulence shifts and population genetic changes of *Pseudoperonospora cubensis* in the Czech Republic. *Plant Pathology*, 64(6), 1467-1470.
- Lebeda, A., Sedlářová, M., Petřivalský, M., ve Prokopová, J. (2008). Diversity of defence mechanisms in plant–oomycete interactions: a case study of *Lactuca* spp. and *Bremia lactucae*. *European Journal of Plant Pathology*, 122, 71-79.
- Lebeda, A., ve Blok, I. (1990). Sexual compatibility types of *Bremia lactucae* isolates originating from *Lactuca serriola*. *Netherland Journal of Plant Pathology*, 96, 51-54.
- Lebeda, A., ve Cohen, Y. (2011). Cucurbit downy mildew (*Pseudoperonospora cubensis*)-biology, ecology, epidemiology, host-pathogen interaction and control. *European Journal of Plant Pathology*, 129, 157-192.

- Lebeda, A., ve Widrechner, M. (2003). A set of Cucurbitaceae taxa for differentiation of *Pseudoperonospora cubensis* pathotypes. *Journal of Plant Disease and Protection*, 110(4), 337-349.
- Lee, S. Y., Weon, H. Y., Kim, J. J., ve Han J. H. (2013). Selection of *Bacillus amyloliquefaciens* CC110 for biological control of cucumber downy mildew caused by *Pseudoperonospora cubensis*. *The Korean Journal of Mycology*, 41(4), 261-267
- Martinez, B., González, E., Infante, D. (2011). Nuevas evidencias de la acción antagonista de *Trichoderma asperellum* Samuels. *Revista de Protección Vegetal*, 26(2), 131-132.
- Matheron, M. E. (2015). *Biology and management of downy mildew of lettuce*. University of Arizona. <https://extension.arizona.edu/pubs/biology-management-downy-mildew-lettuce> adresinden 20 Kasım 2023 tarihinde alınmıştır.
- Michelmore, R. W., Ingrain, D. S. (1980). Heterothallism in *Bremia lactucae*. *Transactions of the British Mycological Society*, 75(1), 47-56.
- Mohamed, A., Hamza, A., ve Derbalah, A. (2016). Recent approaches for controlling downy mildew of cucumber under greenhouse conditions. *Plant Protection Science*, 52(1), 1-9.
- Neufeld, K. N. ve Ojiambo, P. S. (2012). Interactive effects of temperature and leaf wetness duration on sporangia germination and infection of cucurbit hosts by *Pseudoperonospora cubensis*. *Plant Disease*, 96(3), 345-353.
- Nishimura, F., Fujisawa, H., Mori, M., Nakashima, C., Nakanishi, M., Iwamoto, Y., Mimuro, G., Nakamura, Y., Komori, M., ve Ikeda, K. (2022). Monitoring of *Peronospora destructor* oospores from field samples using real-time PCR. *Plant Pathology*, 71(8), 1784-1792.
- Núñez-Palenius, H.G., Orosco-Alcalá, B.E., Espitia-Vázquez, I., Olalde-Portugal, V., Hoflack-Culebro, M., Ramírez-Santoyo, L.F., Ruiz-Aguilar, G.M.L., Cruz-Huerta, N., Valiente-Banuet, J. I. (2022). Biological control of downy mildew and yield enhancement of cucumber plants by *Trichoderma harzianum* and *Bacillus subtilis* (Ehrenberg) under greenhouse conditions. *Horticulturae*, 8, 1133.
- O'Brien, R. G. (1992). Control of onion downy mildew in the presence of phenylamide-resistant strains of *Peronospora destructor* (Berk.) Caspary. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 32(5), 669-674.
- Okada, K., ve Furukawa, M. (2008). Occurrence and countermeasure of fungicide-resistant pathogens in vegetable field of Osaka prefecture. *Journal of Pesticide Science*, 33(3), 326-329.

- Palti, J. (1989). Epidemiology, prediction and control of onion downy mildew caused by *Peronospora destructor*. *Phytoparasitica*, 17(1), 31-48.
- Pandey, P., Kushwaha, K. P. S., ve Upadhyay, V., 2017. Evaluation of potential fungicides and bio agents for the management of pea downy mildew and yield under field condition. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 6(12), 1381-1388.
- Podea, M. M., ve Cristea, S. (2023). Pea crop diseases - An overview. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 66(1), 817-828.
- Reuveni, M., Eyal, H., ve Cohen, Y. (1980). Development of resistance to metalaxyl in *Pseudoperonospora cubensis*. *Plant Disease*, 64(12), 1108-1109.
- Savory, E. A., Granke, L. L., Quesada-Ocampo, L. M., Varbanova, M., Hausbeck, M. K., ve Day, B. (2011). The cucurbit downy mildew pathogen *Pseudoperonospora cubensis*. *Molecular Plant Pathology*, 12(3), 217-226.
- Schettini, T. M., Legg, E. J. ve Michelmore, R.W. (1991). Insensitivity to metalaxyl in California populations of *Bremia lactucae* and resistance of California lettuce cultivars to downy mildew. *Phytopathology*, 81, 64-70.
- Schuster, C., Schmitt, A. (2018) Efficacy of a bacterial preparation of *Aneurinibacillus migulanus* against downy mildew of cucumber (*Pseudoperonospora cubensis*). *European Journal of Plant Pathology*, 151, 439-450.
- Shahin, 2017. Effect of some biocides on development of the onion downy mildew disease caused by *Peronospora destructor* (Berk.). *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 27(1), 71-77.
- Souza, L. N., Marin, M. V., Franco, C. A., Silva, E. H. C., Caprio, C. H., Panizzi, R. C., Braz, L. T., ve Lebeda, A. (2002) Monitoring virulence and sexual compatibility in Brazilian *Bremia lactucae* populations. *Plant Pathology*, 71(2), 446-457.
- Sun, Z. B., Yuan, X. F., Zhang, H., Wu, L. F., Liang, C., ve Feng Y. J. (2013). Isolation, screening and identification of antagonistic downy mildew endophytic bacteria from cucumber. *European Journal of Plant Pathology*, 137, 847-857.
- Syobu, S., ve Watanabe, S. (2022). Characteristics of meteorological conditions during a severe outbreak of onion downy mildew and metalaxyl sensitivity of *Peronospora destructor* in Saga, Japan, in 2016. *Horticulturae*, 8, 578
- Szczech, M., Nawrocka, J., Felczyński, K., Małolepsza, U., Sobolewski, J., Kowalska, B., Maciorowski, R., Jas, K., ve Kancelista, A. (2017).

- Trichoderma atroviride* TRS25 isolate reduces downy mildew and induces systemic defence responses in cucumber in field conditions. *Scientia Horticulturae*, 224, 17-26.
- Tör, M., Wood, T., Webb, A., Gol, D., ve McDowell, J. M. (2023). Recent developments in plant-downy mildew interactions. *Seminars in Cell and Developmental Biology*, 148-149, 42-50,
- Urban, J., ve Lebeda, A. (2006). Fungicide resistance in cucurbit downy mildew-methodological, biological and population aspects. *Annals of Applied Biology*, 149(1), 63-75.
- Wang, Z., Wang, Y., Zheng, L., Yang, X, Liu, H., ve Guo, J. (2014). Isolation and characterization of an antifungal protein from *Bacillus licheniformis* HS10. *Biochemical and Biophysical Research Communications*, 454(1), 48-52.
- Watanabe, S., ve Syobu, S.I. (2022). Primary infection of onion downy mildew on onion seedlings caused by belowground *Peronospora destructor* inoculum containing germinable oospores. *Journal of Phytopathology*, 170(10), 711-723.
- Wright, P., ve Beresford, R. (2019). Sensitivity of *Peronospora destructor* (onion downy mildew) to diferent fungicides under controlled conditions. Plant and Food Research, SPTS No. 17364, 1-7
- Yanxia, S., Baoju, L., ve Xuemin, L. (2002). The study of cucumber downy mildew. *Journal of Northeast Agricultural University*, 33(4), 391-395.
- Yuen, J. E., ve Lorbeer, J. W. (1987). Natural and experimental production of oospores of *Bremia lactucae* in lettuce in New York. *Plant Disease*, 71(1), 63-64.
- Zheng, L., Gu, C., Cao, J., Li, S., Wang, G., Luo, Y., ve Guo, J. (2018). Selecting bacterial antagonists for cucurbit downy mildew and developing an effective application method. *Plant Disease*, 102(3), 628-639.
- Zhu, S. S., Liu, X. L., Wang, Y., Wu, X. H., Liu, P. F., Li, J. Q., Yuan, S. K., ve Si, N. G. (2007). Resistance of *Pseudoperonospora cubensis* to flumorph on cucumber in plastic houses. *Plant Pathology*, 56(6), 967-975.

Bölüm 20

Mantar Yetiştiriciliğinde Hastalık ve Zararlıların Kontrolünde Biyolojik Yöntemler

Nurhan ÖZTÜRK¹

Özet

Yenilebilir mantarlar, yüksek besin değeri açısından birçok önemli bileşeni içermesinden dolayı tüketimde yarar sağlamaktadır. Yenilebilir mantarların lezzetli ve besin değerinin yüksek olmasının son yıllarda daha ön plana çıkmasıyla mantar üretimine olan talep her geçen gün artmaktadır. Bu artışla birlikte küçük ve büyük mantar üreticilerinin sayısı artış göstermektedir. Ancak, diğer tarım alanlarında olduğu gibi mantar üretiminde de üretimde oluşan hastalıklar ve zararlıların varlığı, mantar yetiştiriciliğini zorlaştırmaktadır. Bu hastalıklar ve zararlılar, ekonomik açıdan üreticiyi zor durumda bırakırken aynı zamanda mantarın verimini, kalitesini ve pazar değerini düşürmektedir. Mantarın yetiştiriciliğinde üretim süresinin kısa olmasından dolayı kimyasal mücadele mümkün olmamakta yerine alternatif mücadele yöntemlerinin tercih edilmesi gerekmektedir. Bu açıdan bu alanda sürdürülebilir tarım tekniklerine uygun, çevreye, insan ve hayvan sağlığına duyarlı ve mantar sektöründe de uygulamaları bulunan biyolojik mücadele yöntemlerini içeren yapılmış çalışmalardan elde edilen veriler derlenerek sunulmuştur.

Anahtar Kelimeler: Mantar, biyolojik mücadele, hastalık, zararlı

Biological Methods In The Control Of Diseases And Pests In Mushroom Cultivation

Abstract

Edible mushrooms are beneficial in consumption because they contain many important components in terms of high nutritional value. The demand for mushroom production is increasing day by day as the delicious and high nutritional value of edible mushrooms has become more prominent in recent years. With this increase, the number of small and large mushroom producers is

1. ¹ Öğr. Gör. Dr. Akdeniz Üniversitesi, Korkuteli Meslek Yüksekokulu, Mantarcılık Programı
ozturkn@akdeniz.edu.tr
Orcid No: <https://orcid.org/0000-0002-4395-7780>

increasing. However, as in other agricultural areas, the presence of diseases and pests in mushroom production makes mushroom cultivation difficult. These diseases and pests leave the producers in a difficult economic situation and at the same time reduce the yield, quality and market value of mushrooms. Due to the short production period in mushroom cultivation, chemical control is not possible and alternative control methods should be preferred instead. In this respect, the data obtained from the studies including biological control methods that are suitable for sustainable agricultural techniques, sensitive to the environment, human and animal health and have applications in the mushroom sector was compiled and presented.

Keywords: Mushroom, biological control, disease, pest

Giriş

Mantarlar, dünya çapında lezzetli olmaları ve besinsel içerikleri bakımından yenilebilir türler gıda alanlarında ve tıbbi türler de birçok alanda değerlendirilmektedir. 10 bin civarında makro mantar türleri arasında 5020 yenilebilir ve 1820 tıbbi özellik gösteren mantar bulunmaktadır (Hawksworth, 2001; Pekşen, 2013). FAO verilerine göre Çin, 40 milyon tonun üzerinde üretim miktarı ile 2020 yılında en yüksek mantar üretim değerine sahiptir Bu değer dünya üretim değerinin %93'ünü oluşturmaktadır. Türkiye, 2020 yılında dünya üretiminin %0,13'ünü oluşturan 55 tonun üzerinde üretimle 17. sırada yer almaktadır (FAO 2022). Dünya çapında yetiştirilen birçok mantar türü mevcuttur. Ticari olarak yetiştirilen en önemli yenilebilir mantar cinsi, küresel pazarın yaklaşık %30'unu oluşturan *Agaricus*'tur (özellikle *Agaricus bisporus*, düğme mantarı türü). Diğer önemli yenilebilir cinsler ise; *Pleurotus* (ticari olarak yetiştirilen 5-6 tür istiridye mantarı), *Lentinula* (shiitake), *Auricularia* (3-4 türü ağaç kulak mantarı), *Flammulina* (enoki) ve *Volvariella* (çeltik samanı)'dir. Yenilebilir mantar üretimi, büyük ölçekli endüstriyel yetiştirme teknolojisinin optimize edildiği birkaç türün hakimiyetinde (Chang ve Miles 2004), ancak birçok ülkede çok sayıda küçük ölçekli çiftlik de mevcuttur ve yerel mantarları yetiştirmeye ve kültüre almaya yönelik artan girişimler mevcuttur (Mwai ve Muchane, 2016).

Mantar yetiştiriciliğinde en önemli hususlar; raf ömrü kısa bir ürün olmasından dolayı üretimin verimli, kaliteli ve pazar değeri yüksek olan ürün yetiştirmektir. Bunların oluşabilmesi için mantar üretimi yaparken uygun yetiştiricilik koşulların sağlanması ve ekonomik kayba neden olacak etkenlerin oluşmaması gerekmektedir. Yetiştiricilikte ekonomik kayba neden olacak sorunlar; yetiştiricilik için en önemli olan hijyenik önlemlere dikkat edilmemesi,

üretim materyallerinin optimum kalitede olmaması, üretim koşullarının uygun olmaması, hastalıklardan ve zararlılardan kaynaklanan etkiler için önlemlerin alınmamasından kaynaklı olmaktadır. Bunlar içinde mantar yetiştiriciliğinde ekonomik açıdan üreticiyi en çok zorlayan sorunlar; hastalık ve zararlıların meydana getirdiği etkilerdir ki sonuçları oldukça yıkıcı olmaktadır. Bu doğrultuda tarımsal mücadele yöntemlerini etkin bir şekilde oluşturmak gerekmektedir. Mücadele yöntemlerinin en başını mantar sektörü açısından önemli olan mantar üretimin her aşamasında özenli olarak uygulanması gereken hijyenik önlemler almaktadır. Buna rağmen meydana gelen hastalık ve zararlılarla mücadele de etkili, çevreye ve insana zarar vermeyen teknikler tercih edilmelidir. Mantar hastalık ve zararlılarına karşı uygulanabilir kimyasal mücadelede örümcek ağına ve mantar sineklerine karşı uygulanabilir birkaç ruhsatlı ilaçlar mevcuttur. Fiziksel veya mekanik mücadele yöntemleri de mantar sineklerine karşı uygulanabilmektedir. Diğer bir mücadele yöntemi de biyolojik mücadele yöntemi olmaktadır. Son yıllarda da biyolojik mücadele yöntemleri oldukça gelişme göstermiştir. Bu bölümde mantarcılıkta hastalık ve zararlılarına karşı geliştirilen ve uygulanabilir olan çalışmalarda biyolojik mücadele yöntemlerine değinilecektir.

1. Biyolojik Mücadele

Biyolojik mücadele ile ilgili yapılan çalışmalara değinilmeden önce biyolojik mücadelenin tanımsal karşılığına bakıldığında farklı tanımlar ortaya çıkmaktadır. Biyolojik mücadele terimini ilk kez Smith 1919 yılında kullanmış ve en basit şekliyle “zararlı popülasyonlarını doğal düşmanları aracılığıyla baskı altına alma ve düzenleme” olarak tanımlamıştır. Bosch vd. ise 1982 yılında iki şekilde belirtmiştir; hem “dışardan uygulanabilir yani insanlar tarafından doğal düşmanların zararlılara karşı kullanılması” ve hem de “doğal mücadele yani insanın müdahalesi olmadan doğada kendiliğinden oluşabilen baskı” olarak ifade etmiştir. Debach ise 1974 yılında, doğal mücadelenin bir parçası olarak kabul etmiş ve “parazitoit, predatör ve patojenlerle, herhangi bir zararlının popülasyon yoğunluğunu, bu etmenlerin olmadığı zamanki yoğunluğundan daha düşük düzeyde tutulmasını sağlayan düzenlemeler” olarak tanımlamıştır. Bu tanımlamalardan anlaşılacağı üzere biyolojik mücadele canlıya karşı kullanılan canlı faktörlerin kullanıldığı mücadele yöntemi olarak özetleyebiliriz. Bu tanımlar doğrultusunda mantar sektöründe biyolojik mücadelede; *Bacillus thuringiensis*, entomopatojen nematodlar, *Bacillus subtilis*, *Beauveria bassia*, *Pseudomonas fluorescens* ve Azadirachtin gibi biyolojik içerikli preparatlar kullanılmaya başlanmıştır (Eren vd., 2019).

Son yıllarda biyolojik mücadele ile ilgili çalışmalarda avantajlı durumların gözlenmesi ile yönteminin uygulanmasında ve alternatif metotların geliştirilmesinde artışlar gözlenmiştir.

2. Hastalıklar

Mantar yetiştiriciliğinde; hastalık etmenleri içerisinde en fazla hastalık etmeni içeren fungal patojenler yer almaktadır. Bu fungal hastalıkları ise; sarı küf (*Chrysosporium* spp.), zeytin yeşili küfü (*Chaetomium* spp.), mürekkep şapka (*Coprinus* spp.), örümcek ağı (*Cladobotryum dendroides*), yaş kabarcık (*Mycogone perniciosa*), kuru kabarcık (*Verticillium fungicola*), kahverengi alçı (*Papulospora byssina*), beyaz alçı (*Scopulariopsis fimicola*), yalancı domalan (*Diehliomyces microspora*) ve yeşil küf (*Trichoderma* spp.) (Öztürk vd., 2017). Yeşil küf hastalığına neden olan patojenler; *T. atroviride*, *T. hazianum*, *T. virens*, *T. asperellum*, *T. citrinoviride* and *T. pleuroticola* (Nongthombam vd., 2021).

Mantar yetiştiriciliğinde bakteriyel hastalıklardan kaynaklı patojenlerden Pseudomonad'lar ürün kayıplarına neden olmaktadır (Fermor, 1987). Bunlardan en yaygın karşılaşılan bakteriyel hastalıklardan biri bakteriyel kahverengi benek etmeni *Pseudomonas tolaasii*'dir ve en çok düğme mantarında görülmektedir (Han vd., 2012). Ayrıca istiridye mantarında bulunan ciddi bakteriyel hastalıklardan biri olarak ta kabul edilmektedir (Zhang vd., 2007).

Mantar yetiştiriciliğinde bir diğer sorun oluşturan hastalık etmeni virüslerdir. Ekonomik kayıplar açısından günümüzde en büyük zarara yol açan mantarda görülen virüs etmenleri, La France Isometric Virüs (Sinden ve Hauser, 1950) ve Mushroom Virüs X (Gaze vd., 2000)' dir.

3. Zararlılar

Mantar yetiştiriciliğinde üreticilerin sıkıntı yaşadığı bir diğer sorunlarda zararlılar tarafından oluşmaktadır. Mantarda en çok karşılaşılan zararlılar grubunun başında mantar sinekleri gelmektedir ve üç familya mevcuttur. Bunlar; sciarid (Diptera: Sciaridae), phorid (Diptera: Phoridae) ve cecid (Diptera: Cecidomyiidae) sinekleridir (Clift, 1979; Clancy, 1981). Sineklerin zararlarına bakıldığında; doğrudan ve dolaylı olarak gerçekleşmektedir. Doğrudan zarar, sineklerin biyolojik dönemlerinden yavru dönemi olan larvalarının misel ve mantarla beslenmesinden; dolaylı zararları ise yaşam süreçlerinde hareketleri ve ağız yapılarıyla taşıdıkları hastalık etmenleri, nematodlar, akarlar ve diğer atıklar için vektör olmalarından kaynaklıdır.

Mantar üretiminde karşılaşılan mantar sinekleri; *Lycoriella* spp. (sciarid sinekleri), mantar üretim alanlarına sıklıkla karşılaşılan türdür (Binns, 1980). Phorid sineklerinde ise en sık görülen tür; *Megaselia halterata*' dır ve dünyada

mantar üretiminde ki önemli phorid zararlısıdır (Scheepmaker vd., 1997; Jess ve Bingham, 2004). Cecidomyiidae familyasına ait birçok tür mevcuttur (Fletcher ve Gaze, 2008). Bunlardan; *Heteropeza pygmaea* Winnertz, 1846 ve *Mycophila speyeri* Barnes, 1926 cecid türleri en çok rastlanan türlerdir (Wyatt, 1963).

Mantar üretiminde zararlı kategorisinde ki bir başka grup akarlardır. Akarlar genellikle saman ve gübrede bulunur ve mantar üretim alanlarına bu şekilde aktarılmaktadır. Çoğu tür, nematod ve diğer akarlarla beslendikleri için mantar yetiştiriciliği için faydalıda olabilmektedir. Mantar üretiminde zararlı olan akarlar; miseller ve mantarlar üzerinde beslenerek mantar yüzeyinde renk bozulmasına neden olabilmektedir. Bu akarlar içerisinde üretimde en çok karşılaşılan akar familyaları; Tarsonemidae ve Tyrophagidae ve tür olarak *Tarsonemus* spp; *Tyrophagus* spp; *Pygmephorous* ' dir (Singh ve Sharma 2016).

Mantar üretiminde zararlı olan bir diğer grup nematodlardır. Dünya da yaygın olarak en çok görülen nematod türleri; Aphelenchida ve Tylenchida takımlarında bulunan 21 tür olarak rapor edilmiştir. Bunlardan 20'si Aphelenchida takımına bağlı olan; *Aphelenchoides*, *Aphelenchus*, *Paraphelenchus* ve *Seinura* cinslere aittir. Diğer tür ise Tylenchida takımında ki; *Ditylenchus myceliophagus* Goodey, 1958 türüdür (Singh ve Sharma, 2016).

4. Hastalık ve Zararlı Kontrollü

Mantar üretim yöntemlerinde; diğer tarım sektöründe ki gibi çok alternatifli yöntemler olmasa da hastalık ve zararlılarına karşı farklı mücadele teknikleri kullanılmaktadır. Bu tekniklerin uygulanabilir, etkili, çevreye ve insan sağlığına zarar vermeyen teknikler olması gerekmektedir. Mantar sektöründe tercih edilen yöntemler sınırlı olmaktadır. Bu yöntemler içerisinde son yıllarda çalışmalarla desteklenen ve alternatifliği artan yöntem biyolojik mücadeledir. Biyoloji mücadele canlıya karşı canlı yöntemi olarak geçen doğal düşmanların kullanımını içermektedir. Bu yöntemde; mantar gelişimini etkileyen hastalıkları ve zararlıları kontrol altına alarak, popülasyonlarını düşürmek veya yok etmek için biyolojik doğal düşmanların kullanılması hedeflenmektedir.

Mantar sinekleriyle biyolojik mücadelede kullanılan doğal düşman kategorileri; bakteri, fungus, akar, predatör böcek ve entomopatojenik nematodlar olmaktadır (Öztürk vd., 2017; Gouge ve Hague, 1995; Şahin vd., 2016; Shamshad, 2010).

Richardson (Richardson, 1987) mantar sineklerini kontrol etmek için *Steinernema* ve *Heterorhabditis* cinslerinden entomopatojenik nematodları kullanan ilk yazardır. *Steinernema* spp. nematodları sinek larvalarını anüs, ağız veya spiracles yoluyla bulur ve istila eder ve bunlarla ilişkili bakterileri (*Xenorhabdus* spp. veya *Photorhabdus* spp.) serbest bırakır, bu da istila edilen

sineklerin ölümüne neden olur. *Heterorhabditis* spp. nematodları, larva duvarını delmek için kullandıkları stilet adı verilen bir yapıya sahiptir. Kullanılan insektisitlerle uyumlu olmamalarının yanı sıra, nematodların mantar kültüründeki etkinliği, etkinliklerini etkileyebilecek pH, sıcaklık, nem ve CO₂ seviyeleri gibi diğer faktörlere de bağlı olmaktadır (Kirk ve Keil, 2001, Edmunds vd., 2020).

Mantar üretiminde; kompost ve üretim aşamasında phorid sineklerine karşı; *Steinernema feltiae* (entomopatojenik nematod) ve *Hypoaspis aculeifer*, *H. miles* (predatör akarlar) uygulamaları yapılmış ve olumlu etkiler gözlenmiştir. Ayrıca; *H. aculeifer* predatör akarının phorid ve sciarid sinekleriyle mücadelede sineklerin farklı larva dönemlerine etki etmesiyle oldukça başarılı olduğu bildirilmiştir (Jess ve Kilpatrick, 2000). Predatör akar *Hypoaspis* spp. ve entomopatojen nematod *Steinernema feltiae* sciarid ve phorid türlerinin kontrolünde kullanılmıştır. Çalışmada; incelenen *Hypoaspis* cinsi akar türlerinin *Lycoriella ingenua* ve *Megaselia halterata*'nın biyolojik kontrolü için potansiyel olarak daha etkin türler olduğu sonucu çıkmıştır. (Jess ve Bingham, 2004). Bir başka çalışmada da; *H. miles* akar türünün etkili biyolojik mücadele ajanı olabileceği belirlenmiştir (Jess ve Schweizer, 2009). *Parasitus consanguineus*'un diğer avcı akarlarla kıyasla daha kısa gelişim süresi, diptera zararlıların kontrolü için potansiyel olarak avantajlı kabul edilebilir ve optimum koşullar altında akar sayısında hızlı bir artışa yol açabildiği gözlenmiştir. Bu tür, daha fazla sinek larvasına avcı olabileceği belirtilmiştir (Szlendak vd., 2009).

Birkaç akar türü, özellikle diptera larvaları olmak üzere mantar zararlılarının etkili avcıları olduğu saptanmıştır (Knapp vd., 2018). *Orius sauteri* (Poppius) predatör böcek türünün sciarid sineklerine karşı; yumurta ve larva dönemlerinde başarıyla kullanılabileceğini belirtmiştir (Wang vd., 2019). *Lycoriella auripilla* (Diptera: Sciaridae) mantar sineğine karşı entomopatojenik mantar *Metarhizium anisopliae* (Hypocreales: Clavicipitaceae) ve predatör toprak akarı *Gaeolaelaps aculeifer* (Canestrini) (Mesostigmata: Laelapidae) uygulaması yapılmıştır. *M. anisopliae*'nin 10⁸ spor/ml konsantrasyonunda yapılan uygulama ve *G. aculeifer* eklenmesiyle mantarda verimlilik daha yüksek olduğu gözlenmiştir (Tavoosi vd., 2020).

Pseudomonas fluorescens uygulaması yapılmış örtü topraklarında; mantar üretiminde sorun olan örümcek ağı hastalığı, kuru kabarcık hastalığı ve bakteriyel leke hastalığına karşı başarılı sonuçlar elde edilmiştir (Berendsen et al. 2012).

Sciarid sinekleriyle mücadelede; *Beauveria bassiana* fungus türü kullanılarak yapılan çalışmada mücadelede etkin olduğu bildirmiştir (Andreadis vd., 2016).

Mantarı sineği ile mücadelede; geliştirilen %1,5 *Beauveria bassiana* strain Bb-1 içerikli Nostalgist BL ticari isimli ruhsatlı biyolojik preparattır. Preparatın etkisi; sporların mantar sineklerine teması ve sonrasında penetrasyon gerçekleşir.

Böceğin vücudunda çoğalıp tamamen her yerini kaplayarak böceği öldürmektedir. Uygulama zamanı örtü toprağı serildikten sonradır ayrıca koruma amaçlı kompostada riskli dönemlerde uygulanabilirliği önerilmektedir (Eren, 2018).

Biyolojik mücadelede mikroorganizma etkinliklerinde; Ascomycota ve Zygomycota bölümüne ait bazı fungusların, zararlılara karşı biyokontrol ajanları olarak kullanılma potansiyelleri araştırılmış ve böceklerdeki kütikül tabakasını parçalayan enzimlerin etkisiyle insektisidal bileşikler salgıladıkları tespit edilmiştir (Han vd., 2012). *Beauveria bassiana*'nın canlı sporlarını içeren mantar biyoinsektisit BotaniGard ES, phorid *Megaselia halterata*'nın olgunlaşmamış ve yetişkin aşamalarının kontrolü için düğme mantarı mahsullerinde test edilmiştir. Etkinliği değerlendirmek için yapılan laboratuvar biyoanalizleri, pupalara ve yetişkinlere karşı belirli bir düzeyde kontrol bildirirken, yumurtalar ve larvalar mantarların neden olduğu enfeksiyona duyarlı olmadığı tespit edilmiştir (Andreadis vd., 2021).

Yeşil küf ve kuru kabarcık hastalıklarının kontrolünde *Bacillus* spp. etkisi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Çalışmada *Trichoderma aggressivum* f. *europaeum* T77, *Trichoderma harzianum* T54 ve *Lecanicillium fungicola* var. *fungicola* test edilmiştir. Test edilen 33 *Bacillus* spp. izolatları patojenlerin büyümesini inhibe ettiği tespit edilmiştir. *T. aggressivum* f. *europaeum* ile mantar yetiştirme odası denemelerinde, patojen bastırmada en etkili olanlar (azalan sırayla) prokloraz-Mn, *Bacillus amyloliquefaciens* B-241, *Bacillus velezensis* QST 713, *Bacillus pumilus* B-138 ve *B. subtilis* B-233 olmuştur. Ticari prokloraz-Mn fungusit, *L. fungicola* var. *fungicola*'nın baskılanmasında en iyisiyken *B. amyloliquefaciens* B-241, test edilen üç *Bacillus* spp. izolatından en etkili olmuştur (Stanojević vd., 2019).

Mantar üretiminde; zararlılara karşı entomopatojenik bakterilerden *Bacillus thuringiensis* var. *israelensis* içeren preparatlar komposta uygulanmış ve sciarid sineklerine etkili olduğu belirlenmiştir (Clift ve Terras, 1996). Bir başka çalışmada; sciarid türü *Lycoriella mali* larvalarına karşı *Bacillus thuringiensis* subsp. *israelensis* strainleri test edilmiş ve olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Lee vd.. 2002). Entomopatojenik bakteri *Bacillus thuringiensis* türünün mantar sciarid sinekleriyle mücadelede etkinliğinin oldukça yüksek olduğunu bildirmiştir (Wang vd.. 2019).

Kekik ve anasondan elde edilen uçucu yağlarının mantar sineklerini uzaklaştırıcı etkilerinin olduğu ve phorid sineklerinin oluşumunu %60- 90 oranında azalttığı gözlenmiştir (Erler vd. 2009). Mantar Scatopsid Sineklerine karşı uçucu yağ denemeleri yapılmıştır. Çalışmada; yarpuz adaçayı ve kekiklerden elde edilen uçucu yağların ve ana bileşenler test edilmiştir.

Yarpuzdan elde edilen uçucu yağın ve pulegone bileşenin testleme sonuçları en etkili olduğu gözlenmiştir (Başbağcı ve Erler 2015). Sarımsak özütünün kovucu etkisi için farklı konsantrasyonlar phorid ve scarid türlerine karşı denenmiştir. Bazı olumlu etkiler elde edilmiştir (Çetin vd., 2006, Jess vd. 2017). Bitki özütünün phoridlerin integument/vücut duvarındaki kitinaz aktivitesi üzerindeki müdahalesi de *Origanum onites* ve *Pimpinella anisum*'un sıcak su özütlerinin uygulanmasıyla ilgili insektisidal aktivite olarak rapor edilmiştir (Geösel vd., 2014).

Biyolojik mücadelede; bitki özleri denemeleri olumlu sonuçlar vermiştir. Bunlar içerisinde; neem özlerinin fungitoksik etkisi bildirilmiştir (Steinhauer 1996). Mantar sinekleriyle mücadelede özellikle neem tohumlarında bulunan limonoid grubuna ait kimyasal bir bileşik olan azadiraktin etkin olduğu ve azadiraktin bazlı ürünlerin diptera takımı dahil çok sayıda böcek türüne karşı kullanılması başarılı sonuçlar vermiştir (Erler vd. 2009, Jess, ve Bingham, 2004).

Sonuç

Türkiye’de tüketim davranışlarının gelişmesi ve mantarın besin içeriğinin zengin olmasıyla; mantarcılık sektörüne olan ilginin artması, farklı mantar türlerinin tespiti ve kültüre alınmasıyla üretim sektörünün gelecek yıllarda hızlı bir gelişim içerisinde olacağı düşünülmektedir. Bu doğrultuda mantarcılık sektöründe verimli ve kaliteli ürün yetiştirme önem arz etmektedir. Mantarcılık sektöründe verim ve üründeki kayıplarda en büyük paya sahip olan hastalık ve zararlılara karşı mücadelede kısıtlayıcı mevzuatın olması, çevresel oluşan kaygılar ve üründen dolayı sınırlayıcı durumlar bazı mücadele koşullarını tercih edilmez kılmaktadır. Bu çalışmanın hedef noktası gelişebilir, alternatif olarak kullanılabilir, çevre ve insan sağlığına etki etmeyen başarılı sonuçlar oluşturabilecek yöntem olan biyolojik mücadeleyi öne çıkarmaktır.

Çalışmada mantar sektöründe ürün ve verim kaybına neden olan mantar zararlılarına karşı biyolojik mücadele çeşitlenmesinin hastalık türlerine nazaran daha fazla yapılan çalışmalarla test edildiği gözlenmiştir. Yapılan çalışmalarda başarılı sonuçlar elde edildiği gözlenmiştir. Ayrıca biyokontrol ajanlarının bir arada kullanılması, tek bir biyokontrol ajanı kullanılarak yapılan tedaviye kıyasla çeşitli zararlı türlerine karşı daha etkin sonuçlar elde edileceği de belirtilmiştir.

Bu çalışma ile mantar yetiştiriciliğinde hastalık ve zararlılara karşı kullanılan biyolojik mücadele ajanlarının çeşitliliği ve elde edilen sonuçların etkinlik seviyeleri literatür destekli derlenmiş ve ileri ki yapılacak çalışmalara bilgi sunması açısından özet kaynak olarak katkı sağlayacağı düşünülmektedir.

Referanslar

- Andreadis SS, Kevin CR, Bellicanta GS, Paley K, Pecchia J, Jenkins NE. 2016. Efficacy of Beauveria bassiana Formulations Against the Fungus Gnat Lycoriella ingenua. *Bio Cont*, 103: 165–171.
- Andreadis, S.S.; Cloonan, K.R.; Bellicanta, G.S.; Jenkins, N.E. Efficacy of BotaniGard® against the mushroom phorid fly *Megaselia halterata*. *Biocontrol Sci. Technol.* 2021, 1–9.
- Başbağcı, G., Erler, F., 2015. Bazı bitki uçucu yağları ve anabileşenlerinin mantar scatopsid sinekleri (Diptera: Scatopsidae) üzerine fümigant etkilerinin araştırılması. Tarla Bitkileri Kongresi, 2015, Çorum.
- Berendsen R.L., Kalkhove S.I.C., Lugones L.G., Baars J.J.P., Wösten H.A.B. and Bakker P.A.H.M. 2012. Effect of fluorescens Pseudomonas spp. Isolated from mushroom cultures on Lecanicillium fungicola. *Biological Control* 63, p; 210-221.
- Binns, E.S. Mating behaviour, fecundity and feeding in the mushroom phorid *Megaselia halterata* (Wood) (Dipt.). *Entomol. Mon. Mag.* 1980, 116, 45–48
- Bosch, R. van den, Messenger, R. P. S. and A. P. Gutierrez, 1982. An introduction to biological control. New York: Plenum Press.
- Cetin, H.; Cinbilgel, I.; Yanikoglu, A.; Gokceoglu, M. Larvicidal activity of some labiatae (lamiaceae) plant extracts from Turkey. *Phytother. Res.* 2006, 20, 1088–1090.
- Clancy, G., 1981. Observations of Mites Associated with the Low Yielding Crops of Cultivated *Agaricus bisporus* in Australia. *Mushroom Science*, 11: 233-244.
- Clift, A. D., 1979. The Pest Status and Control of Insects and Mites Associated with Cultivated Mushrooms in Australia. *Mushroom Journal*, 75: 113-116
- Chang S-T, Miles PG (2004) *Mushrooms: cultivation, nutritional value, medicinal effect and environmental impact*, 2nd edn. CRC Press, Boca Raton.
- Clift, AD, Terras MA. 1996. Evaluation of fipronil for use against mushroom pests. Evaluate options for sustainable pest management in cultivated mushrooms, Final Report MU 206, NSW Agriculture Rydalmere, 14-19.
- DeBach, P., 1974. Biological control by naturel enemies. Cambridge University Press, London, 323 p.
- Edmunds, C.; Wilding, C.S.; Rae, R. Pathogenicity and environmental tolerance of commercial and UK native entomopath-ogenic nematodes (*Steinernema* and *Heterorhabditis* spp.) to the larvae of mosquitoes (*Aedes aegypti* and *Ochlerotatus de-tritus*). *Int. J. Pest Manag.* 2020, 67, 1–9.

- Eren E.2018. Kültür Mantarı Üretiminde Mantar Sineği ve Biyolojik Mücadele. *Apelasyon*, 59. ISSN:2149-4908.
- Eren, E., Demirci, M. ve Pangal, O. (2019). Kültür Mantarı Üretiminde Biyolojik Mücadele. XI. Türkiye Yemeklik Mantar Kongresi Bildiri Özet Kitapçığı, s. 38.
- Erler, F.; Polat, E.; Demir, H.; Cetin, H.; Erdemir, T. Control of the mushroom phorid fly, *Megaselia halterata* (Wood), with plant extracts. *Pest Manag. Sci.* 2009, 65, 144–149.
- FAO (Food and Agricultural Organization). (2022). <http://www.fao.org>
- Fermor TR. (1987). Bacterial diseases and their control. In: PJ Wuest, DJ Royse and RB Beelman (Eds), *Science and Cultivation of Edible Fungi*. Elsevier: Amsterdam, pp. 361– 370.
- Fletcher, J.T.; Gaze, R.H. Mushroom Pest and Diseases Control; Manson Publishing Ltd.: London, UK, 2008.
- Gaze RH, Calvo-Bado L, Challen MP, Adie BAT, Romaine CP. 2000. A new virus disease of *Agaricus bisporus*? *Mush. Sci.* XV, 701-705.
- Geösel, A.; Szabó, A.; Akan, O.; Szarvas, J. Effect of essential oils on mycopathogens of *Agaricus bisporus*. In Proceedings 8th Conference of Mushroom Biology and Mushroom Products; ICAR-DMR, Solan HP & WSMBMP: New Delhi, India, 2014; pp. 530–535.
- Gouge DH, Houge NGM, 1995. The susceptibility of different species of sciarid flies to entomopathogenic nematodes. *J Helmit*, 69: 313 – 318.
- Han Hye-Su, Chang-Sung Jhune, JongChun Cheong, Jin-A. Oh, Won-Sik Kong, Jae-Soon Cha, and Chan-Jung Lee. "Occurrence of black rot of cultivated mushrooms (*Flammulina velutipes*) caused by *Pseudomonas tolaasii* in Korea. *European Journal of Plant Pathology*. 2012;133(3):527-535.
- Hawksworth D. L. (2001)). The magnitude of fungal diversity: the 1.5 million species estimate revisited. *Mycological Research*, 105(12): 1422-1432.
- Jess S, Schweizer H. 2009. Biological control of *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae) in commercial mushroom (*Agaricus bisporus*) cultivation: A comparison between *Hypoaspis miles* and *Steinernema feltiae*. *Pest Manag Sci*, 65: 1195-1200.
- Jess, S.; Bingham, J. 2004. Biological control of sciarid and phorid pests of mushroom with predatory mites from the genus *Hypoaspis* (Acari: Hypoaspidae) and the entomopathogenic nematode *Steinernema feltiae*. *Bull. Èntomol. Res.* 2004, 94, 159–167.
- Jess, S.; Kilpatrick, M. 2000. An integrated approach to the control of *Lycoriella solani* (Diptera: Sciaridae) during production of the cultivated mushroom (*Agaricus bisporus*). *Pest Manag. Sci.* 2000, 56, 477–485.

- Jess, S.; Kirbas, J.M.; Gordon, A.W.; Murchie, A.K. 2017. Potential for use of garlic oil to control *Lycoriella ingenua* (Diptera: Sciaridae) and *Megaselia halterata* (Diptera: Phoridae) in commercial mushroom production. *Crop Prot.* 2017, 102, 1–9.
- Kirk, D.J.; Keil, C.B. Factors influencing efficacy of two entomopathogenic nematodes used for fly control in commercial mushroom crops. *Mushroom News* 2001, 49, 4–17.
- Knapp, M.; van Houten, Y.; van Baal, E.; Groot, T. Use of predatory mites in commercial biocontrol: Current status and future prospects. *Acarologia* 2018, 58 (Suppl.), 72–82.
- Lee SH, Lim EK, Choi KH, Lee JP, Lee HO, Kim IS, Moon BJ. 2002. Isolation and identification of entomopathogenic bacteria for biological control of the mushroom fly, *Lycoriella mali*. *Korean J Mycology*, 30: 44-49.
- Mwai S, Muchane N (2016) Domestication of wild edible mushrooms in eastern Africa: a review of research advances and future prospects. *Sci Cultivation Edible Fungi* 19:384–388.
- Nongthombam, J., Kumar, A., Ladli, Manikanta, B., Madhushekhar, M., & Patidar, S. (2021). A review on study of growth and cultivation of oyster mushroom. *Plant Cell Biotechnology and Molecular Biology*, 22(5and6), 55-65.
- Öztürk N, Basım E, Mamay M. 2017. Yemeklik kültür mantarı üretim alanlarında görülen genel mantar zararlıları ve mücadelesi. *Harran Tar ve Gıda Bil Derg.* 21(4): 507-523.
- Pekşen A. (2013). The place of mushrooms in human life and health. *Garden News*, 2(1): 10-15.
- Richardson, P.N. (1987) Susceptibility of mushroom pests to the insect-parasitic nematodes *Steinernema feltiae* and *Heterorhabditis heliothidis*. *Annals of Applied Biology* 111, 433–438.
- Scheepmaker, J.W.A.; Geels, F.P.; Smits, P.H.; Van Griensven, L.J.L.D. Control of the mushroom pests *Lycoriella auripila* (Diptera: Sciaridae) and *Megaselia halterata* (Diptera: Phoridae) by *Steinernema feltiae* (Nematoda: Steinernematidae) in field experiments. *Ann. Appl. Biol.* 1997, 131, 359–368
- Shamshad, A. The development of integrated pest management for the control of mushroom sciarid flies, *Lycoriella ingenua* (Dufour) and *Bradysia ocellaris* (Comstock), in cultivated mushrooms. *Pest Manag. Sci.* 2010, 66, 1063–1074.
- Sinden JW, Hauser E. 1950. Report on two new mushroom diseases. *Mush. Sci.* I, 96-100.

- Singh AU, Sharma K (2016) Pests of Mushroom. *Adv Crop Sci Tech* 4: 213. doi:10.4172/2329-8863.1000213.
- Smith, H. S., 1919. On some phase of insect control by the biological method. *Journal of Economic Entomology*, 12: 288-292.
- Stanojević, O.; Berić, T.; Potočnik, I.; Rekanović, E.; Stanković, S.; Milijašević-Marčić, S. Biological control of green mould and dry bubble diseases of cultivated mushroom (*Agaricus bisporus* L.) by *Bacillus* spp. *Crop Prot.* **2019**, *126*, 104944.
- Steinhauer, B. Fungicidal activity of commercial neem products. In *Practice Oriented Results on Use and Production of Neem Ingredients and Pheromones*; Kleeberg, H., Micheletti, V., Eds.; Druck & Graphic: Giessen, Germany, 1996; pp. 105–116.
- Szlendak, E.; Lewandowski, M. 2009. Development and reproductive capacity of the predatory mite *Parasitus consanguineus* (Acari: Parasitidae) reared on the larval stages of *Megaselia halterata* and *Lycoriella ingenua*. *Exp. Appl. Acarol.* 2009, *47*, 285–292.
- Şahin İ, Erler F, Catal M. 2016. Efficacy of coloured sticky traps in capturing mushroom flies (Diptera: Phoridae, Sciaridae and Scatopsidae). *Fresenius Envir Bull*, 25(12a): 6106-6110
- Tavoosi Ajvad, F.; Madadi, H.; Michaud, J.P.; Zafari, D.; Khanjani, M. Combined applications of an entomopathogenic fungus and a predatory mite to control fungus gnats (Diptera: Sciaridae) in mushroom production. *Biol. Control* 2020, *141*, 104141.
- Wang S, Di N, Chen X, Zhang F, Biondi A, Desneux N, Wang S. 2019. Life history and functional response to prey density of the flower bug *Orius sauteri* attacking the fungivorous sciarid fly *Lycoriella pleuroti*. *J Pest Sci*, 92(2): 715-722.
- Wyatt, I. J., 1963. Mushroom Cecids. *Annual Report of Glasshouse Crops Research Institute, Australia*, 75-76pp.
- Zhang Ruiying, Dandan Hu, Xuemei Zuo, Hexiang Wang, Ruibo Jiang. Research advancement on brown blotch disease of *Nongthombam* et al. 64 oyster mushroom and button mushroom. 2007;549-554.

Bölüm 21

Ana Arı Kalite Kriterleri

Ömer ERTEN¹
İbrahim ŞEKER²

Giriş

Arıcılık, önemli bir yetiştiricilik faaliyetidir. Arı ürünleri insanların dengeli ve sağlıklı beslenmesi için gerekli ve değerli bir besin maddesidir (Burucu ve Gülse Bal, 2017). Arıcılık faaliyetleri, doğal yaşamda küresel ısınmaya bağlı olarak ortaya çıkan birtakım olumsuzlukları önlemek veya azaltmak için, bitkilerin tozlaşmasına ve ekolojik dengenin korunmasına dolaylı olarak yaptığı katkılardan dolayı da oldukça önemlidir (Wakgari vd, 2021:7). Ayrıca, son yıllarda arı ve arı ürünleri alternatif tıp uygulamalarında da daha fazla ön plana çıkmaya başlamıştır.

Arıcılık faaliyetleri Dünyada birçok ülkede, kısa sürede gelir getirmesi, az bir sermaye ile yapılabilmesi ve arazi varlığına bağlı olmaması, insanlara ek iş ve gelir kaynağı olması, sağlıklı beslenme imkanı sunması gibi nedenlerle dikkat çekici düzeyde hızlı bir gelişme göstermektedir (Burucu, 2023).

Türkiye, arı yetiştiriciliği için uygun bitki örtüsü, iklim koşulları ve mera olanakları bakımından dünyada önde gelen ülkelerden biridir. Dünyada kovan sayısı bakımından Hindistan ve Çin'den sonra üçüncü sırada, bal üretiminde ise Çin'den sonra ikinci sırada yer alan Türkiye, önemli bir üretici konumundadır (Tablo 1 ve Tablo 2) (Burucu ve Gülse Bal, 2017).

Tablo 1. Dünyada bazı ülkelerdeki kovan sayıları (bin adet) *

Ülkeler	2017	2018	2019	2020	2021
Hindistan	12.166	12.124	12.348	12.589	12.848
Çin	9.096	9.158	9.165	9.192	9.217
Türkiye	7.991	8.108	8.128	8.179	8.733
İran	6.951	7.466	7.247	7.333	7.527
Etiyopya	6.524	7.075	6.958	6.986	7.106
Tanzanya	2.968	3.005	3.012	3.031	3.051
Arjantin	2.923	2.966	2.959	2.962	2.965
Dünya	93.054	97.253	98.047	99.469	101.624

1- ¹ Öğr. Gör. Dr.; Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi Kemaliye Hacı Ali Akın Meslek Yüksekokulu Veterinerlik Bölümü. oerten@erzincan.edu.tr ORCID No: 0000-0003-0075-1149

2- Prof. Dr.; Fırat Üniversitesi Veteriner Fakültesi Zootekni ve Hayvan Besleme Bölümü. iseker52@gmail.com ORCID No: 0000-0002-3114-6411

* (FAO, 2023; TÜİK, 2023)

Tablo 2. Dünyada bazı ülkelere ait bal üretimi (ton)*

Ülkeler	2017	2018	2019	2020	2021
Çin	542.544	446.879	444.054	458.100	472.700
Türkiye	114.471	107.920	109.330	104.077	96.344
İran	72.206	72.796	72.851	74.293	77.152
Arjantin	76.379	79.468	78.909	72.441	71.318
Ukrayna	66.231	71.279	69.937	68.028	68.558
Hindistan	62.810	63.826	64.514	65.250	66.278
Dünya	1.878.308	1.838.509	1.757.124	1.774.477	1.771.944

* (FAO, 2023; TÜİK, 2023)

Türkiye 2022 verilerine göre ise bir önceki yıla göre hem kovan sayısını (8.984.676) adet hem de bal üretimini (118.297 ton) artırmıştır (TÜİK, 2023).

Türkiye’deki mevcut koloni varlığı dikkate alındığında ve her iki yılda bir ana arı değişikliği düşünüldüğünde, yılda yaklaşık 4.5 milyon adet ana arıya ihtiyaç duyulmaktadır. Türkiye’de Tarım ve Orman Bakanlığı’ndan ana arı üretim izni almış toplam 52.6800 adet ana arı üretim kapasitesine sahip 157 adet ticari işletme bulunmaktadır (Anonim1, 2023). Bu sayı en iyimser şartlarda ana arı ihtiyacının %10-15’ini karşılamaktadır. Arıcılık faaliyeti içerisinde genç ve kaliteli ana arının önemli bir faktör olarak kabul edildiği modern arıcılıkta, ana arı açığının çok fazla olduğu açıkça görülmektedir. Ana arı üretiminin geriye kalan büyük kısmı ise (doğal oğul ve bölme) doğal yollarla ve kontrolsüz olarak yapılmaktadır. Bu durum ise hem miktar hem de kalite açısından yetersiz ana arı üretimine neden olmaktadır.

Ana arı üretiminin nicelik ve nitelik olarak gerekli seviyelere çıkarılması, arıcılık faaliyetinin gelir artışını yüksek düzeyde etkilemekle birlikte ana arı üretim faaliyetine dair yeni bir gelir ve istihdam alanı oluşturacaktır (Cengiz ve Servet, 2023:296).

Ana arı, koloni içerisinde hem sosyal hem de genetik nedenlerle en önemli bireydir. Ana arıların üreme kapasitesinin değerlendirilmesi, koloni verimliliğini etkileyen faktörler hakkında yararlı bilgiler sağlayabilir (De Souza vd. 2019:14).

Bir koloninin hayatta kalması, koloni performansını ve verimliliğini artırması ana arıya ve onun üreme yeteneğine bağlıdır (Villar vd. 2019:588; Amiri vd. 2020:322). Ana arılar, her bir koloninin kalbi gibidir. Koloni üretkenliğini ve sürdürülebilirliğini sağlamada çok önemli bir rol oynar.

Koloninin yumurtlama yeteneğine sahip tek bireyi olan ana arı, koloninin hayatta kalmasını sağlamak ve sosyal yapısını korumaktan sorumludur. Kaliteli

ana arılar üretmek bal arısı kolonilerini performansını artırmak bakımından son derece önemlidir (Cengiz vd. 2019:849)

Ana Arı

Ana arı, koloniye ait tüm genetik özellikleri kalıtım yoluyla genetik olarak aktaran, koloni içinde yumurtlama kabiliyetine sahip tek arıdır ve kolonideki tüm arıların anasıdır (Şekil 1). Bir arı kolonisinin gücü, bal verimi, çalışkanlığı, sakin ya da hırçın olması, hastalıklara karşı duyarlılığı ya da dayanıklı oluşu, kışlama kabiliyeti, propolis toplama ve oğul verme eğilimi gibi özellikleri kalıtsal yapının kaynağı olması nedeniyle, ana arıya ve onunla çiftleşen erkek arılara bağlıdır. Bu yüzden ana arının değiştirilmesi durumunda koloninin sahip olduğu bütün özellikler de birkaç hafta içerisinde tamamen değişebilmektedir (Genç ve Cengiz, 2020:3).

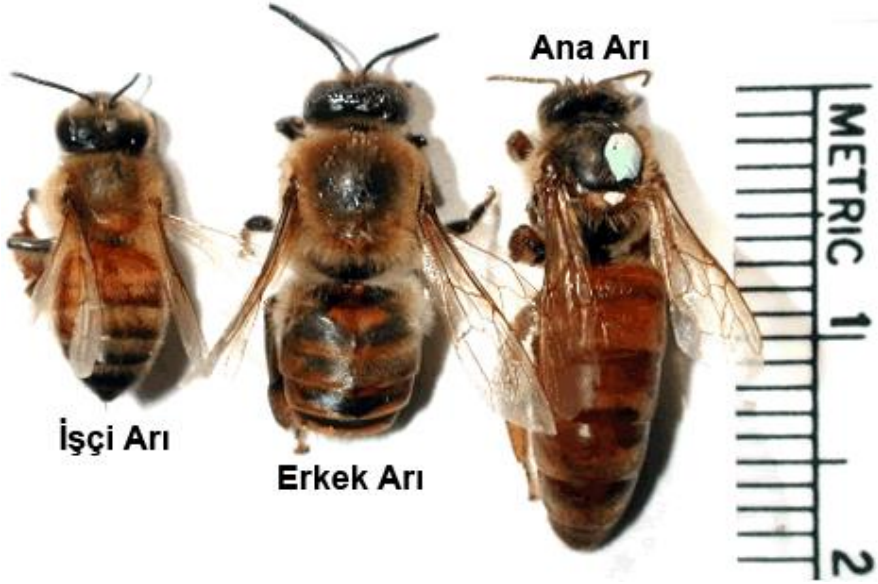
Bir bal arısı kolonisi, oğul verme dönemi hariç bir tane ana arı olmak üzere, mevsime bağlı olarak sayıları değişmekle beraber yaklaşık seksen bin kadar işçi arıdan ve iki bin civarında da erkek arıdan oluşmaktadır (Şekil 2) (Korkma ve Öztürk, 2006:13).

Bir ana arı döllenmiş yumurtadan meydana gelmektedir. Ana arılar gelişimlerini yaklaşık 16 günde tamamlar ve daha sonra ergin hale gelirler. 8-10 günlük yaşa geldiklerinde çiftleşme uçuşuna çıkarlar ve havada 8-15 erkek arı ile çiftleşirler. Başarılı bir çiftleşme sonucu yaklaşık 4-6 milyon adet kadar spermatozoayı spermatekasında saklayabilmesi kaliteli bir ana arı olduğunun göstergesidir. Bitki florası, iklim şartları, vejetasyon çeşitliği ve koloninin durumuna göre günde 1.500-2.000 adet yumurta bırakabilir. Ana arılar 3-4 yıl kadar yaşayabilirler ve ekonomik ömürleri yaklaşık 2 yıldır. Feromonları ile koloninin düzenini sağlarlar (Anonim1, 2023).

Yumurtlaya başlayan bir ana arı, işçi ve erkek arılardan daha uzun ve büyüktür. Kanatları karın bölgesinin 2/3'lik kısmı kaplar. Kanatları işçi arıların kanatlarına göre daha kısa görünmesine karşın gerçekte daha uzundur. Göğsü, işçi arıların göğsünden daha geniş olduğundan işçi arıların her geçtiği yerden geçemezler ve ana arı ızgarası bu farklılıktan yola çıkarak dizayn edilmiştir. Koloni bir şekilde rahatsız edilmediği sürece ana arı genellikle petek üzerinde yavrulu alan içerisinde bulunur. Genç işçi arılar, yüzleri ana arıya dönük bir şekilde ana arıyı antenleri ile sürekli olarak kontrol ederler, onu yalayıp beslerler, artıklarını temizlerler ve etraflarını çevrelerler. Böylece ana arı bu çember içerisinde kolaylıkla görülebilmektedir (Korkma ve Öztürk, 2006:13).



Şekil 1. Bir koloni içerisindeki ana arı (Anonim2, 2023).



Şekil 2. Bir koloni içerisindeki arı çeşitleri (Anonim3, 2023).

Ana Ari Kalite Kriterleri

Ana arılarla ilgili olarak "kalite" terimi, belirli niceliksel fiziksel ve davranışsal karakterleri ifade eder. Genellikle yüksek kaliteli bir ana arının aşağıdaki fiziksel özelliklere sahip olması gerektiğine inanılır: yüksek canlı ağırlık; çok sayıda yumurta tüpü; büyük boyutta spermateka; spermatekada

yüksek sayıda spermatozoa; ve hastalık ve zararlılardan arınmış olmak (Hatjina vd. 2014:337). Bununla birlikte, bir bal arısı kolonisinin performansının, ana arının yanı sıra onunla çiftleşen erkek arıların işlevinin bir sonucu olduğu da bilinmektedir. Bu iki yaklaşım genellikle birlikte ele alınır ve ana arı üretim tekniği ve seçiminin genel bir resmini verir (Amiri vd. 2017:48).

Arı yetiştiriciliğinde bir ana arının değerini, yumurtlama yeteneğinin yüksek olması ve yılın farklı mevsimlerinde koloni içerisindeki görevlerini eksiksiz olarak sürdürebilecek işçi arı varlığını devam ettirilmesiyle belli olur (Öder, 1997).

Ana arıların yumurta bırakması dışında başka bir görevi de bazı feromon ve hormonlar ile kovan içerisinde düzeni sağlamaktır. Ana arı bu özelliğinden dolayı kovan için yönetici konumundadır. Bir ana arı yaklaşık olarak 3-4 yıl kadar yaşayabilmektedir. Fakat ekonomik olanı bir ana arının iki üretim sezonu ve bir kış mevsimi geçirdikten sonra yeni yumurtlamaya başlamış genç ana arılar ile değiştirilmesidir (Doğaroğlu ve Doğaroğlu, 2015).

Ana arı kalitesini etkileyen birçok genetik ve çevresel (genotipik ve fenotipik) faktörler vardır. Bir arının genetik özellikleri, damızlıkta kullanılan ana arı ve onun çiftleştiği erkek arı aracılığıyla üretimi yapılan kolonilere ve kolonide kullanılacak ana arıya aktarılır. Ayrıca ana arı kalitesini, damızlık koloni için bölgeye uyum sağlamış en uygun ırk, ekotipin belirlenmesi ve seçilen bu ırk ve ekotip için yapılan seleksiyon uygulamaları gibi genetik faktörler de etkiler (Doğaroğlu, 2009).

Çevresel faktörlere bakıldığında, ana arının yetiştirilme mevsimi ve uygulanan teknik, transferi yapılan larvanın sayısı ve yaşı ile başlatıcı, bitirici ve çiftleştirme kolonilerin yapısı ve özellikleri ana arı kalitesini etkileyen fenotipik özelliklerdendir (Morse, 1982; Doğaroğlu, 2009).

Ana arı kalitesini;

- ana arının çıkış ağırlığı,
- yumurtlamaya başlama süresi,
- yumurtlama ağırlığı,
- sperm kesesi hacmi,
- spermatozoid sayısı gibi fiziksel özellikler de etkiler.

Ayrıca;

- ana arının yaşı,
- yeni bir koloniye verildiğindeki kabul oranı,
- yumurtlama kapasitesi ve hızı,
- koloniye verildiğinden sonraki üreme performansı,
- hastalıklara karşı bağışıklık direnci,

- hastalık bulaşık durumları da ana arının kalitesini etkileyen diğer faktörler olarak değerlendirilir (Rhodes ve Somerville 2003).

Ana arı kalitesi üzerine pek çok faktörün önemli etkisi bulunmuştur. Bunlar arasında en önemlileri genotip seçimi, damızlık arı temini, yetiştirme yöntemleri, başlatıcı ve bitirici kolonilerin durumu, transfer edilen larvanın yaşı ve sayısı, yetiştirme mevsimi, çiftleştirme dönemindeki erkek arı sayısı ve koloninin beslenme durumudur (Şahinler ve Kaftanoğlu, 1997:124; Doğaroğlu, 2004).

Yapılan bir araştırmaya göre ana arılar; çıkış ağırlığının çiftleşme oranına, çiftleşmiş ana arıların kabul oranına, çiftleşme öncesi süreye, spermateka çapına, spermatekadaki spermatozoa sayısına ve yumurtlama kapasitesine etkisinin olup olmadığına göre değerlendirilmiştir. Bu çalışmada çıkış ağırlıklarına göre ana arılar ağır (207.63 mg), normal (193.47 mg) ve hafif (175.00 mg) olmak üzere üç grupta kategorize edilmiştir. Ağır, normal ve hafif gruplarda sırasıyla ortalama spermateka çapı, 1.25, 1.06, 0.86 mm ve sırasıyla spermatekadaki spermatozoa sayısı, 5.2, 4.8 ve 4.2 milyon/ana arı olarak belirlenmiştir. Ana arılar ilk yumurtlamaya başladıktan 30 gün sonra ağır, normal ve hafif gruplarda yavrulu alanlar ölçülmüş ve sırasıyla ortalama 6605.2, 5571.3 ve 4520.2 cm olarak tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlara göre, ana arının çıkış ağırlığı ile spermateka çapı, spermatozoa sayısı ve ana arının yumurtlama kapasitesi arasındaki fark anlamlı bulunmuş ve önemli korelasyonlar tespit edilmiştir (Akyol vd, 2008:92).

Bazı araştırmacılar; ana arı çıkış ağırlığı, spermatekanın çapı, spermatekanın hacmi ve spermateka içerisinde depo edilen spermatozoa sayısı arasında pozitif korelasyon olduğunu bildirmişlerdir (Arslan vd, 2015:211; Gilley vd, 2003:190; Dodoloğlu vd, 2004:113).

Woyke (1971:45), çıkış ağırlığının bir seçim kriteri olarak kullanılabileceğini savunmuştur. Ana arılar çıkış ağırlıklarına ve canlı ağırlıklarına göre kalite sınıflandırılması yapılarak ağır (210 mg ve üstü), orta (190–200 mg arasında) ve hafif (190 mg ve altı) olması kaydıyla üç farklı grup oluşturulmuştur. Bunlar içerisinde kaliteli olarak kabul edilen ana arıların çıkış ve canlı ağırlığı 200 mg ve üzeri ağırlığa sahip ana arılar olduğu bildirilmiştir (Akyol vd, 2008:92; Kahya vd, 2008:118).

Ana arı üretiminde genç yaştaki larva kullanımının spermateka çapını etkilediği, larva yaşı küçüldükçe de spermateka çapının arttığı pek çok araştırmacı tarafından bildirilmiştir. Bir kraliçenin, spermatekanın boyutuna bağlı olarak spermatozoa depolama yeteneği, kraliçenin üretkenliği ve uzun ömürlülüğü ile ilişkilendirilmiştir (Woyke, 1971:45; Rhodes ve Somerville 2003).

De Souza vd. (2013:5382), ana arıların çıkış ağırlıklarının, yaşam süresi uzunlukları ile ilişkili olduğunu bildirmişler. Daha büyük çaplı spermatekalarda daha fazla spermatozoanın depolanabileceği ve daha fazla spermatozoa depolayan kraliçe arıların daha fazla döllenmiş yumurta bırakabilecekleri ve bu sayede daha uzun yaşayabilecekleri bildirilmiştir (Brutscher, 2019:1).

Araştırmacılar, daha büyük spermatekaya sahip olan ana arının daha fazla spermatozoon biriktirebileceğini, daha fazla spermatozoon biriktire ana arıların daha fazla sayıda dömlü yumurta yumurtlayabileceğini ve dolayısıyla da daha uzun süre yaşayabileceğini bildirmişlerdir. Bundan dolayı da ana arının sperm kesesinin büyüklüğünün bir kalite kriteri olabileceğini belirtmişlerdir (Woyke, 1971:45; Öztürk, 1994; Rhodes ve Somerville 2003; De Souza vd. 2013:5382).

Ana arının üretim mevsimi bölgeden bölgeye farklılık göstermekle beraber, en elverişli zamanın erkek arılarının fazla olduğu, iklim koşullarının ve bitki florasının en iyi olduğu ilkbahar ayları yani oğul verme dönemidir (Doğaroğlu, 2004). Uçak Koç ve Karacaoğlu (2011:271), Nisan, Haziran ve Ağustos aylarında ürettikleri ana arılar içerisinde spermatozoit depolama miktarının en fazla Nisan ayında ürettikleri ana arılarda belirlemişlerdir. Ayrıca ana arı üretme mevsiminin sperm kesesinde biriktirilen spermatozoit sayısı üzerine önemli ölçüde etkisinin olduğunu bildirmişlerdir.

Al-Fattah vd. (2016:284), uzun süre ana arı banka kutularında (kafeslerinde) tutularak saklanan ana arıların yaşam süreleri ve dayanma güçlerinin olumsuz olarak etkilendiklerini bildirmişlerdir. Benzer şekilde, Pettis vd. (2016:11), ana arıların sperm canlılığının düşük olmasını bal arısı kolonilerinde “kalitesiz” olarak değerlendirmişlerdir. Ayrıca arı kovanlarının taşınması esnasında ana arıların değişik sıcaklıklara (40°C) maruz kalabileceğini, dolayısıyla da spermatekalarında depo edilen sperm hücrelerinin %50'si ve daha fazlasının ölebileceğini tespit etmişlerdir.

Rhodes ve Somerville (2003) yaptıkları çalışmada, ana arıların sperm keselerinde tespit ettikleri spermatozoit miktarının çok fazla varyasyon göstermesini çiftleşme sırasında alanda bulunan erkek arı sayısındaki eksikliğe bağlamışlardır. Başarılı ve daha ekonomik bir arıcılıkta aranan ilk şart, kaliteli ve genç ana arıların güçlü kolonilere verilerek daha iyi çalışmasının sağlanmasıdır. Yetersiz ve kalitesiz ana arılar tarafından yönetilen zayıf kolonilere göre kaliteli ana arılarca yönetilen güçlü kolonilerin, koloni başına düşen verim miktarının çok daha fazla olacağı unutulmamalıdır (Öztürk, 2014:59). Böylece bir koloninin sürekliliği, kaliteli ve sağlıklı olan ana arıların varlığına, bu ana arıların genetik kapasitesinin ise ana arının ve çiftleştiği erkek arıların genetik üstünlüğüne bağlı olduğu söylenebilir (Öztürk, 2012:67).

Bu bilgiler ışığında ana arı fiziksel kalite kriterleri aşağıdaki başlıklar altında değerlendirilmektedir.

Ana Arı Larva Kabul Oranı

Kaliteli ve standart ana arı üretimi kontrollü koşullarda ve modern yöntemlerle yapılmaktadır. Doolittle yöntemi, dünya çapında ana arı yetiştiriciliğinde en yaygın kullanılan standart yöntemdir. Bu metot, petekte bulunan işçi arı gözeneklerindeki uygun yaştaki larvaların transfer için özel olarak yapılmış larva transfer kaşığı ile alınarak daha önceden hazırlanmış temel yüksüklere aktarılması prensibine dayanmaktadır. Larva transferi yapılmış yüksüklerin daha öncesinde belirlenmiş başlatıcı kolonilere verilerek beslenmesi, olgunlaşan ana arı memelerinin bitirici kolonilere aktarılması ile yapılır. Başlatıcı kolonilerine verilen larva transferi yapılmış olan çerçeveler transferin 10. gününde çıkartılarak kontrolleri yapılır (Şekil 3). Bu kontroller sonrasında larva kabul oranları aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanır (Rhodes ve Somerville 2003).

$$\text{Larva Kabul Oranı} = (\text{Kabul edilen miktar} / \text{Transfer edilen miktar}) \times 100$$



Şekil 3. Ana arı larva kabul oranı (Anonim4, 2023).

Ana Arı Çıkış Randımanı

Başlatıcı kolonide larva transferi yapılmış yüksüklerde oluşan ana arı memeleri 10. günde kontrol edildikten sonra ana arı yüksük gövdelerine bigudi takılıp bu ana arıların kafesler içerisine çıkışları sağlanır. Sağlıklı çıkan ana arılar kontrol edildikten sonra kayıt altına alınır (Şekil 4). Ana arıların çıkış işlemi

sonrasında çıkış randımanı aşağıda belirtilen formüle göre hesaplanmıştır (Doğaroğlu, 2004).

$$\text{Çıkış Randımanı} = (\text{Çıkış yapan miktar} / \text{Verilen toplam hücre miktar}) \times 100$$



Şekil 4. Ana arı çıkış randımanı (Anonim4, 2023).

Ana Arı Çıkış Ağırlığı

Her başlatıcı kolonisindeki çıkan arılar 1/10.000 hassasiyetine sahip olan terazi ile tartılıp çıkış ağırlıkları belirlenir (Akyol vd, 2008:92).

Ana Arı Yumurtlama Öncesi Süre

Ana arılar çıktıktan sonra çiftleştirme kutularına nakledilir ve çiftleştirme kutuları günlük olarak kontrol edilir. Ana arıların petek gözlerine yumurta bırakıp bırakmadıkları gözlemlenir (Şekil 5). Yumurtlama öncesi süreyi belirlemek için ilk yumurtanın görüldüğü gün kaydedilir. Böylece ana arının çıktığı gün ile ilk yumurta bıraktığı gün arasında geçen süre yumurtlama öncesi süre olarak kabul edilir (Doğaroğlu, 2009).



Şekil 5. Ana arı yumurtlama öncesi süre (Anonim5, 2023).

Ana Arı Çiftleşme Oranı

Ana arılar çiftleşme kutularına aktarıldıktan sonra yaklaşık 15-20 gün boyunca her gün petek gözlerine yumurta bırakıp bırakmadıkları kontrol edilir. 20. günden itibaren petek gözüne yumurta bırakmayan ana arılar çiftleşmedi olarak kabul edilir. Yumurtlamaya başlayan ana arılar kayıt altına alınır çiftleşme oranları aşağıda belirtilen formüle göre belirlenir (Doğaroğlu, 2009).

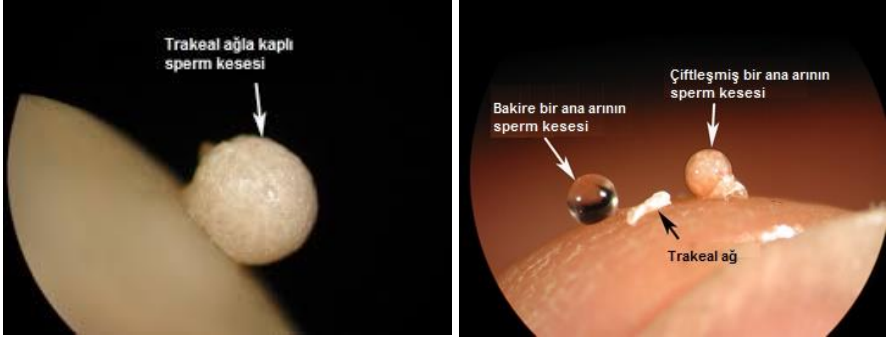
$$\text{Çiftleşme Oranı} = (\text{Çiftleşen miktar} / \text{Kutuya verilen miktar}) \times 100$$

Ana Arı Yumurtlama Ağırlığı

Ana arı yumurtlama ağırlıkları, çiftleşme kutularındaki petek gözlerinde ilk yumurtanın görüldüğü gün 1/10.000 hassasiyetine sahip olan terazi ile canlı ağırlıkları tartılarak belirlenir (Akyol vd, 2008:92).

Ana Arı Spermateka Çapı ve Hacmi

Ana arıların petek gözlerine ilk yumurta bıraktıkları gün spermatekaları çıkartılır. Bu spermatekalar üzerinde bulunan trake ağı temizlendikten sonra lam üzerine konulup 4,5x10 büyütme stereo mikroskop ile oküler mikrometre kullanılarak spermatekaların çapları ölçülür (Dodoloğlu vd, 2004:113) (Şekil 6). Çapları ölçülen spermatekaların hacimleri (mm³) küre formülü kullanılarak belirlenir.



Şekil 6. Ana arı spermatekası (Anonim6, 2023).

Ana Arı Spermatozoon Sayısı

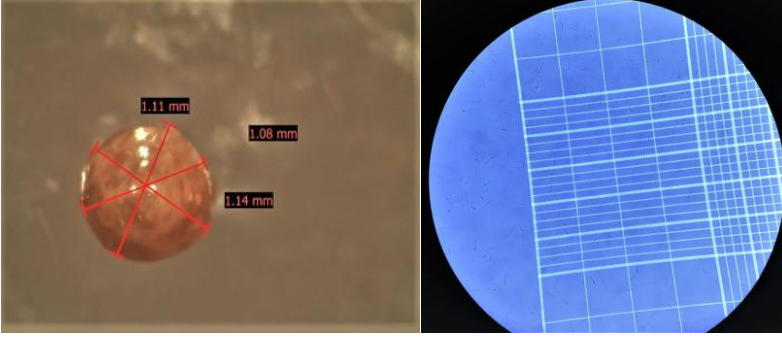
Ana arı spermatozoon sayısını belirlemek için, porselen veya cam bir kap içerisine 1 ml serum fizyolojik konulup ana arı spermatekası bu kap içerisinde parçalanır. Daha sonra kap içerisine 9 ml çeşme suyu ilavesi yapılarak pastör pipet yardımıyla veya sperm hücrelerine zarar vermeyecek bir kaşık ile karıştırılıp spermatozoonlar kıvrılıp yuvarlak bir şekil almaları sağlanır. Hazırlanan bu sıvıdan birkaç damla örnek alınarak Thoma lamı üzerine damlatılır ve arasında hava kalmayacak şekilde lamel ile kapatılır. Thoma lamı üzerinde bulunan kareli kısımlardaki kıvrımlı yapıdaki olan spermatozoonlar sayılır (Şekil 7). Böylece 10 ml'lik karışımdaki dolayısıyla da ana arının spermatekasında bulunan toplam spermatozoon sayısı (milyon adet/ana) belirlenir (Njeru vd, 2017:183).

Hesaplama aşağıda belirtildiği şekliyle yapılır;

Thoma lamının kareli kısmının hacmi = 1mm x 1mm x 0,1 mm = 0,1 mm³ olmaktadır.

1ml karışım içerisindeki spermatozoon miktarı = Gözlenen spermatozoon sayısı/Gözlenen kare sayısı x 10.000 şeklinde hesaplanır.

Hesaplanan bu değer 1ml karışım içerisindeki spermatozoon sayısını verdiği için, 10 ile çarpıldığında 10 ml karışım içerisindeki spermatozoon sayısı vermiş olup bu değer ise ana arının spermatekasında bulunan toplam spermatozoon sayısını vermiş olur (Arslan vd. 2015:211).



Şekil 7. Ana arı Spermateka çapı ve spermatozoon sayımı (Arslan vd. 2015:211).

Sonuç

Arı yetiştiriciliğinde ana arı, genetik çeşitlilik, koloni sağlığı, yumurtlama performansı, çiftleşme başarısı ve uzun ömürlülük gibi nedenlerden dolayı oldukça önemlidir. Özellikle güçlü ve dayanıklı bal arısı kolonileri oluşturmak için yüksek kaliteli ana arılar yetiştirmek gerekmektedir. Dolayısıyla gerek ticari ana arı yetiştiriciliği yapanlar, gerekse de kendi kolonileri için ana arı üreten kişilerin ana arı kalite kriterlerini ve bunları etkileyen faktörleri iyi bilmeleri gerekmektedir. Bu şekilde daha kaliteli ana arı seçimi ve üretimi yapılması söz konusu olabilecektir. Bununla birlikte, ana arı ve kalite kriterleri üzerine daha fazla bilimsel çalışmaların yapılması önerilmektedir.

Referanslar

- Akyol, E., Yeninar H, Kaftanoglu O. (2008). Live weight of queen honey bees (*Apis mellifera* L.) predicts reproductive characteristics. *J Kansas Entomol Soc.* 81(2): 92-101.
- Al-Fattah, M.A., El-Din HAS, Ibrahim YY. (2016). Factors affecting the quality of mated honey bee queens stored for different periods in queen-right bank colonies. Effect of cage level and position on holding frame. *J of Apic Res;* 55(4): 284-291.
- Amiri, E., Strand MK, Rueppell O, Tarpay DR. (2017). Queen quality and the impact of honey bee diseases on queen health: potential for interactions between two major threats to colony health. *Insects*, 8(2): 48.
- Amiri, E., Strand MK, Tarpay DR, Rueppell O. (2020). Honey bee queens and virus infections. *Viruses*, 12(3): 322.
- Anonim1. “Türkiye Tarım ve Orman Bakanlığı verileri-2023”. <http://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Hayvancilik/Arıcılık> adresinden 8 Aralık 2023 tarihinde alınmıştır.
- Anonim2. Saf Kafkas Camili Ekotipi Damızlık Ana Arı. <https://macahelas.com/urun/saf-kafkas-damizlik-ana-ari/> adresinden 9 Aralık 2023 tarihinde alınmıştır.
- Anonim3. Koloni İçerisinde Arı Çeşitleri. <https://kocaricilik.com/bal-arisi/ari-ailesi/> adresinden 8 Aralık 2023 tarihinde alınmıştır.
- Anonim4. Karniyol F1 Ana Arı üretimim. <https://mehmetyuksel1.blogspot.com/2013/06/karniyol-f1-ana-ar-uretimim.html> adresinden 9 Aralık 2023 tarihinde alınmıştır.
- Anonim5. Ana arı çiftleşme kovanı. <https://www.avrasyaaricilik.com.tr/urun/ana-ari-ciftlestirme-kovan-kati/> adresinden 8 Aralık 2023 tarihinde alınmıştır.
- Anonim6. Ana arılarda suni tohumlama yöntemi. <https://www.aricilik.gen.tr/index.php?topic=13483.0> adresinden 9 Aralık 2023 tarihinde alınmıştır.
- Arslan, S., Güler A, Arslan HS. (2015). Quality criteria and standards compliance with grown queen bee at Mediterranean Region in Turkey. In: International Conference on Engineering and Natural Science, 21-23 January, Bangkok/Tayland, 211-220.
- Brutscher, L.M., Baer B, Niño EL. (2019). Putative drone copulation factors regulating honey bee (*Apis mellifera*) queen reproduction and health: a review. *Insects*;10(1):1-18.
- Burucu, V. ve Gülse Bal, H.S. (2017). Türkiye’de arıcılığın mevcut durumu ve bal üretim öngörüsü. *Tarım Ekonomisi Araştırmaları Dergisi.* 3(1): 28-37.

- Burucu, V. Ürün Raporu Arıcılık (2023). Tarımsal Ekonomi Ve Politika Geliştirme Enstitüsü (TEPGE). TEPGE yayım No: 370 ISBN: 978-625-8451-83-22023. Ankara, 2023. 1-10.
- Cengiz, M., Yazıcı K, Arslan S. (2019). The effect of the supplemental feeding of queen rearing colonies on the reproductive characteristics of queen bees (*Apis mellifera* L.) Reared from egg and different old of larvae. Kafkas Univ. Vet. Fak., 25 (6): 849-855.
- Cengiz, MM, Servet Arslan S. (2023). Türkiye'de yetiştirilen ana arıların fiziksel kalite kriterleri ve Türkiye arıcılığı için önemi (Physical quality criteria of queen bees reared in Türkiye and their importance for Turkish beekeeping). U. Arı D. / U. Bee J., 23(2):296-306.
- De Souza, DA, Bezzera-Laure MAF, Franco TM, Gonçalves LS. (2013). Experimental evaluation of the reproductive quality of Africanized queen bees (*Apis mellifera*) on the basis of body weight at emergence. Genet Mol Res;12(4):5382-5391.
- De Souza, DA, Huang MH, Tarpy DR. (2019). Experimental improvement of honey bee (*Apis mellifera*) queen quality through nutritional and hormonal supplementation. Apidologie., 50: 14-27.
- Dodologlu, A, Emsen B, Genç F. (2004). Comparison of some characteristics of queen honey bees (*Apis mellifera* L.) reared by using Doolittle method and natural queen cells. J Appl Animal Res; 26(2): 113-115.
- Doğaroğlu, M, Doğaroğlu OK. (2015). Modern Arıcılık Teknikleri (Arıcılıkta Başarının Yolları). 6 Basım. Anadolu Matbaa, İstanbul.
- Doğaroğlu, M. (2004). Modern Arıcılık Teknikleri Kitabı. Tekirdağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Tekirdağ.
- Doğaroğlu, M. (2009). Modern Arıcılık Teknikleri. 3. Basım. Doğa Arıcılık San. Tic. Ltd. Şti. Tekirdağ.
- FAO. 2023. Food and Agriculture Organization of the United Nations, FAO <http://www.fao.org/faostat/en/#data> adresinden 12 Aralık 2023 tarihinde alınmıştır.
- Genç, F, Cengiz MM. (2020). Arıcılık Üzerine Bilimsel Araştırmalar. Ankara: 1-3:5.
- Gilley, DC, Tarpy DR, Land BB. (2003). Effect of queen quality on interactions between workers and dueling queens in honeybee (*Apis mellifera* L.) colonies. Behav Ecol Soci; 55(2): 190-196.
- Hatjina, F, Bien 'kowska M, Charistos L, Chlebo R, Costa C, Draz 'ic MM, Wilde J. (2014). A review of methods used in some European countries for assessing the quality of honey bee queens through their physical characters and the performance of their colonies. J. Apic. Res., 53: 337–363.

- Kahya, Y, Gencer HV, Woyke J. (2008). Weight at emergence of honey bee (*Apis mellifera caucasica*) queens and its effect on live weights at the pre and post mating periods. *J Apic Res*; 47(2): 118-125.
- Korkmaz, A, Öztürk C. (2006). Ana Arı yetiştiriciliği. Samsun Tarım İl Müdürlüğü Çiftçi Eğitimi ve Yayım Şubesi Yayını. 13.
- Morse, RA. (1982). Rearing queen honey bees. Wicwas Press, Ithaca, N.Y., U.S.A.
- Njeru, LK, Raina SK, Kutima HL, Salifu D, Cham DT, Kimani JNAA, Muli EM. (2017). Effect of larval age and supplemental feeding on morphometrics and oviposition in honey bee *Apis mellifera scutellata* queens. *J. Apic. Res.*, 56 (3) pp. 183-189.
- Öder, E. (1997). Uygulamalı Ana Arı Yetiştiriciliği. Hasad yayıncılık Ltd. Şti. İstanbul.
- Öztürk, Aİ. (1994). Ana arı yetiştiriciliğinde çıkış ağırlığı ve depolamanın ana arı kalitesine etkileri. Doktora Tezi, İzmir: Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Öztürk, Aİ. (2014). Ana Arıda Kalite Kavramı ve Ana Arı Kalitesini Etkileyen Faktörler. *Anadolu Journal of Aegean Agricultural Research Institute*; 24 (1): 59-65.
- Öztürk, C. (2012). Türkiye'de Ana Arı Yetiştiriciliği Sorunları ve Alınması Gereken Önlemler. In: 3 Uluslararası Muğla Çam Balı Kongresi. Kongre Kitabı: 67-72.
- Pettis, JS, Ricae N, Joselow K, Van Engelsdorp D, Chaimanee D. (2016). Correction: Colony Failure Linked to Low Sperm Viability in Honey Bee (*Apis mellifera*) Queens and an Exploration of Potential Causative Factors. *Plos One*; 11(5): e0155833.
- Rhodes, J, Somerville D. (2003). Introduction and early performance of queen bees-some factors affecting success, Publication No. 03/049, Rural Industries Research and Development Corporation, Canberra, Australia.
- Şahinler N, Kaftanoğlu O. Yumurta ve Larva Transferinin Anaarı (*Apismellifera*) Kalitesi Üzerine Etkileri, Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 1997; 1: 124-138.
- TÜİK, 2023. Türkiye İstatistik Kurumu/ Hayvancılık İstatistikleri. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> adresinden 9 Aralık 2023 tarihinde alınmıştır.
- Uçak Koç A, Karacaoğlu M. Effects of queen rearing period on reproductive features of Italian (*Apismelliferaligustica*), Caucasian (*Apismelliferacaucasica*), and Anatolian honeybee (*A. m. anatoliaca*) queens. *Turk J Vet Anim Sci* 2011; 35 (4): 271-276.

- Villar G, Hefetz A, Grozinger CM. Evaluating the effect of honey bee (*Apis mellifera*) queen reproductive state on pheromone-mediated interactions with male drone bees. *J. Chem. Ecol.* 2019, 45, 588-597.
- Wakgari M, Yigezu G, Moral MT. (Reviewing editor) Honeybee keeping constraints and future prospects. *Cogent Food Agr* 2021; 7:1.
- Woyke J. Correlations between the age at which honeybee brood was grafted, characteristics of their sultan queens, and results of insemination. *J Apic Res* 1971; 10(1): 45–55.

Bölüm 22

Beyhan Baraj Gölü (Elazığ) Zooplanktonunun Zamansal Değişimleri

Serap SALER¹¹
Kenan ALPASLAN²
Gökhan KARAKAYA³

Özet

Beyhan Baraj Gölü'nde Ocak 2019 - Aralık 2021 tarihleri arasında alınana zooplankton örneklerinden tür teşhisi yapılarak gölün zooplankton dağılımı belirlenmiştir. Gölde toplam 24 zooplankton türü kaydedilmiş olup, Rotifera 12, cladocera 8 ve Copepoda 4 tür ile temsil edilmiştir. Rotifera ya ait türler her mevsimde ortaya çıkmışlardır. Ayrıca ortaya çıkış sıklığı ve birey sayıları bakımından bu grup diğerlerine nispeten dominant olmuştur. Kış mevsimi birey sayısı ve tür çeşitliliği bakımından fakir mevsim olurken yaz ve ilkbaharda birey sayıları ve tür çeşitliliğinde artışlar gözlenmiştir. Shannon Wiener indeks değeri $H' = 1,55$ ile yaz mevsiminde çıkmıştır. Gölün su sıcaklığı, çözünmüş oksijen, elektriksel iletkenlik, pH ve klorofil a gibi bazı özellikleri de belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Zooplankton, Rotifera, Cladocera, Copepoda, Beyhan Baraj Gölü

Temporal Changes of Beyhan Dam Lake (Elazığ) Zooplankton Abstract

Zooplankton distribution was determined by species identification from zooplankton samples taken between January 2019 and December 2021 in Beyhan Dam Lake. A total of 24 zooplankton species were recorded in the lake, represented by 12 species of Rotifera, 8 species of cladocera and 4 species of Copepoda. Rotifera species appeared in every season. In addition, this group is relatively dominant over the others in terms of frequency of occurrence and number of individuals. While winter was the poor season in terms of individual number and species diversity, increases in individual numbers and species

¹ 1 Prof. Dr.;Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Elazığ, serapsaler@gmail.com ORCID NO: 0000-0001-5900-491X

2. Su Ürünleri Yük. Müh.; Elazığ Su Sürüleri Araştırma Enstitüsü Elazığ, alpaslankenan@gmail.com ORCID NO: 0000-0002-0522-4084

3. Su Ürünleri Yük. Müh.; Elazığ Su Sürüleri Araştırma Enstitüsü Elazığ, gkarakaya23@gmail.com ORCID NO: 0000-0001-6475-2058

diversity were observed in summer and spring. Shannon Wiener index value was found in summer with $H' = 1.55$. Some characteristics of the lake such as water temperature, dissolved oxygen, electrical conductivity, pH and chlorophyll a were also determined.

Key Words: Zooplankton, Rotifera, Cladocera, Copepoda, Beyhan Dam Lake

Giriş

Serbest yüzen organizmalar olan Zooplankton, su ekosisteminin farklı bölgelerinde yaşar ve herhangi bir su kütesinin ekolojik durumu hakkında değerli bilgiler sağlar ve üreticiler ile tüketiciler arasında vazgeçilmez bir bağlantı görevi görür. Zooplanktonik canlıların alışkanlık ve habitatlara uyum sağlama yeteneklerine bağlı olarak bir yıl içinde ani artışlar ve azalmalar gösterdikleri dönemler gözlenmektedir. Sayılarını artışıdaki en önemli faktörler arasında kendi türlerinin predatörleri olmasıdır. Birey sayılarını etkileyen faktörler arasında çeşitli fizikokimyasal faktörlerde etkilidir (Devi ve Gupta, 2017)

Tatlı su zooplanktonu Protozoa, Rotifera, Cladocera, Copepoda ve Ostracoda'dan oluşur. Cladocera ve Copepoda tatlı sularda yaygın olarak bulunan planktonik mikro kabuklulardır. Zooplanktonlar arasında önemli gruplardır ve balıklar gibi besin zincirinin üst üyeleri için kabukluların en yararlı ve besleyici grubunu oluştururlar. Cladocera, içindeki organizmaları hapsedmek için suyu filtrelediğinden filtre besleyiciler olarak bilinir. Cladocera, kirleticilerin düşük konsantrasyonlarına karşı bile oldukça hassastır (Güher, 2022).

Materyal Ve Metot

Murat Nehri, Doğu Anadolu Bölgesi'nde Fırat ırmağının iki kolundan uzun olan akarsudur. Uzunluğu 722 km'dir. Van Gölü'nün kuzeyinde, Aladağ'dan ve Murat başı Dağı'ndan çıkan kolların birleşmesiyle oluşur. Beyhan Barajı ve HES, Murat Nehri üzerinde inşa edilmiş olup Elazığ iline bağlı Palu ilçesi bağlı Beyhan Beldesi sınırlarında kalmaktadır (Şekil 1.) Baraj aks yeri Palu ilçesine ait Beyhan Beldesine yaklaşık 3 km kuzeydoğusunda yer almaktadır. Baraj yeri, Palu ilçesinin yaklaşık 20 km kuzeybatısında, Beyhan barajı ve HES, enerji üretim amaçlı bir tesistir (URL1, 2023; Özcan, 2019, 2020).

Örnekleme Noktaları

Beyhan Barajı Gölü'nde Ocak 2019 - Aralık 2021 tarihleri arasında seçilen 4 istasyon alanından mevsimsel olarak örnekler alınmıştır (Şekil 1.)



Şekil 1. Beyhan Baraj Gölü Örnekleme Noktaları

Su Örneklerinin Alınması ve Analizi

Çalışma alanında örnekleme noktalarında yüzey-orta ve dip olmak üzere üç farklı derinlikte yerinde YSI 6600 V2 Model Ölçüm Cihazı ile ölçümler (sıcaklık, çözülmüş oksijen, pH, elektriksel iletkenlik ve klorofil a) yapılarak su örnekleri alınmıştır.

Zooplankton numuneleri, bir Hydro-Bios plankton ağı (25 cm çapında, 100 cm uzunluğunda, 55 mikron ağ boyutuna sahip) kullanılarak pelajik bölgeden dikey çekimlerle toplandı ve hemen %4 formalin çözeltisi ile sabitlendi. Zooplankton sayımı Botrell ve arkadaşlarına göre yapıldı. (1976). Zooplankton türlerini tanımlamak için çeşitli kaynaklardan yararlanılmıştır: Kolisko (1974), Koste (1978), Edmondson (1959), Harding ve Smith (1974), Segers (1995) Smirnov (1996).

Göldeki zooplankton tür çeşitliliğini ve tür zenginliğini belirlemek için Shannon-Weaver indeksi, Margalef ve Simpson çeşitlilik indeksleri kullanılmıştır (Krebs, 1989; James ve Aderaje, 2010; Kwak ve Peterson, 2007).

Bulgular

Beyhan Baraj Gölü'nde Gölde toplam 24 zooplankton türü kaydedilmiş olup, Rotifera 12, cladocera 8 ve Copepoda 4 tür ile temsil edilmiştir. Türlerle ait liste ve mevsimsel dağılımları tablolarda verilmiştir (Tablo1-2).

Tablo 1. Beyhan Baraj Gölü zooplanktonu listesi

ROTIFERA	CLADOCERA	COPEPODA
<i>Ascomorpha ecaudis</i> Perty, 1850:	<i>Bosmina coregoni</i> Baird, 1857	<i>Acanthodiptomus</i> <i>denticornis</i> (Wierjesky, 1887)
<i>Ascomorpha saltans</i> Bartsch, 1870	<i>Bosmina longirostris</i> (Müller, 1785)	<i>Cyclops abyssorum</i> (Sars, 1860)
<i>Asplanchna sieboldi</i> (Leydig, 1854)	<i>Chydorus sphaericus</i> (Müller, 1776)	<i>Cyclops vicinus</i> Uljanin, 1875
<i>Kellicottia longispina</i> (Kellicott, 1879)	<i>Coronetalla rectangula</i> (Sars, 1862)	<i>Nitocra hibernica</i> (Brady, 1880)
<i>Keratella cochlearis</i> (Gosse, 1851)	<i>Daphnia cucullata</i> Sars, 1862	
<i>Keratella quadrata</i> (Müller, 1786)	<i>Daphnia longispina</i> Müller, 1785	
<i>Keratella tecta</i> (Gosse, 1851)	<i>Leptodora kindtii</i> (Focke, 1844)	
<i>Keratella valga</i> Ehrenberg, 1834	<i>Sida crystallina</i> (Müller, 1776)	
<i>Polyarthra dolichoptera</i> Idelson, 1925		
<i>Polyarthra remata</i> Skorikov, 1896		
<i>Sychaeta pectinata</i> Ehrenberg, 1832		
<i>Synchaeta oblonga</i> Ehrenberg, 1832		

Tablo 2. Beyhan Baraj Gölü zooplanktonunun mevsimlere göre dağılımı ve tür çeşitliliği indeks değerleri

KİŞ	İSTASYON NO			
	1	2	3	4
ROTIFERA				
<i>Keratella cochlearis</i>	+	+		+
<i>Keratella quadrata</i>				
<i>Keratella tecta</i>	+	+	+	+
<i>Keratella valga</i>			+	
<i>Sychaeta pectinata</i>				+
<i>Synchaeta oblonga</i>		+		
CLADOCERA				
<i>Bosmina coregoni</i>	+			
<i>Bosmina longirostris</i>	+			+
<i>Chydorus sphaericus</i>	+			
<i>Daphnia longispina</i>				+
<i>Sida crystallina</i>	+			
COPEPODA				

<i>Cyclops obsyrum</i>			+	+
<i>Cyclops vicinus</i>	+	+		+
TOPLAM	7	4	3	7
Shannon indeks	1,41	1,26	0,98	1,47
Margalef indeks	1,47	1,20	0,91	1,70
Simpson indeks	0,28	0,24	0,58	0,29

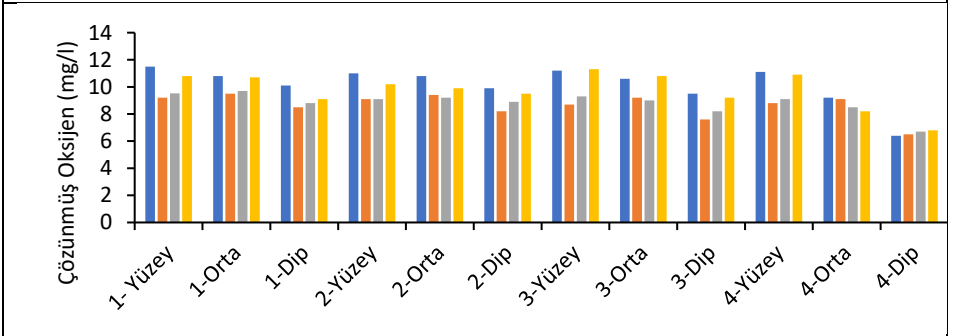
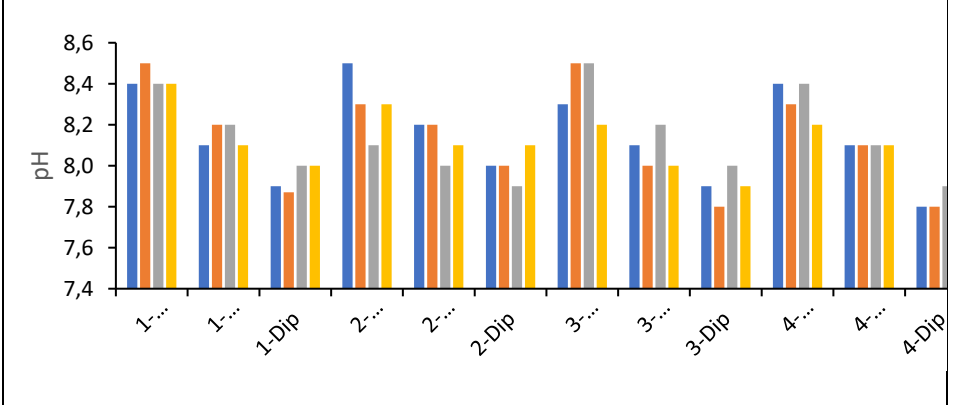
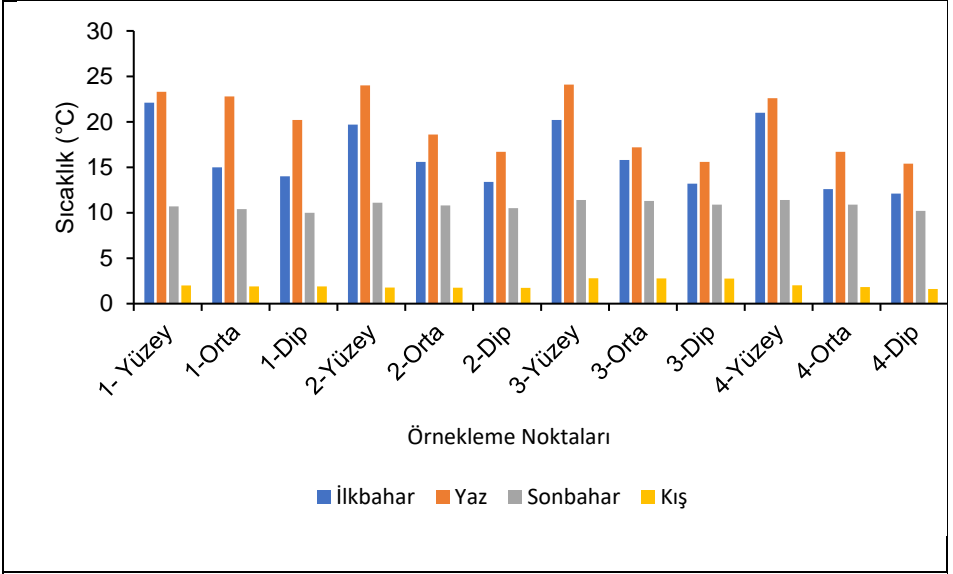
İLKBHAR	İSTASYON NO			
	1	2	3	4
ROTIFERA				
<i>Kellicottia longispina</i>	+		+	+
<i>Keratella cochlearis</i>	+	+	+	+
<i>Keratella quadrata</i>	+			
<i>Keratella tecta</i>	+	+		+
<i>Synhaeta oblonga</i>			+	
CLADOCERA				
<i>Bosmina coregoni</i>	+	+	+	+
<i>Bosmina longirostris</i>	+	+	+	+
<i>Leptodora kindtii</i>	+			
COPEPODA				
<i>Cyclops obsyrum</i>	+			+
<i>Cyclops vicinus</i>	+			+
TOPLAM	9	4	5	7
Shannon indeks	1,50	1,03	1,11	1,28
Margalef indeks	1,41	0,84	0,60	0,81
Simpson indeks	0,28	0,42	0,37	0,35

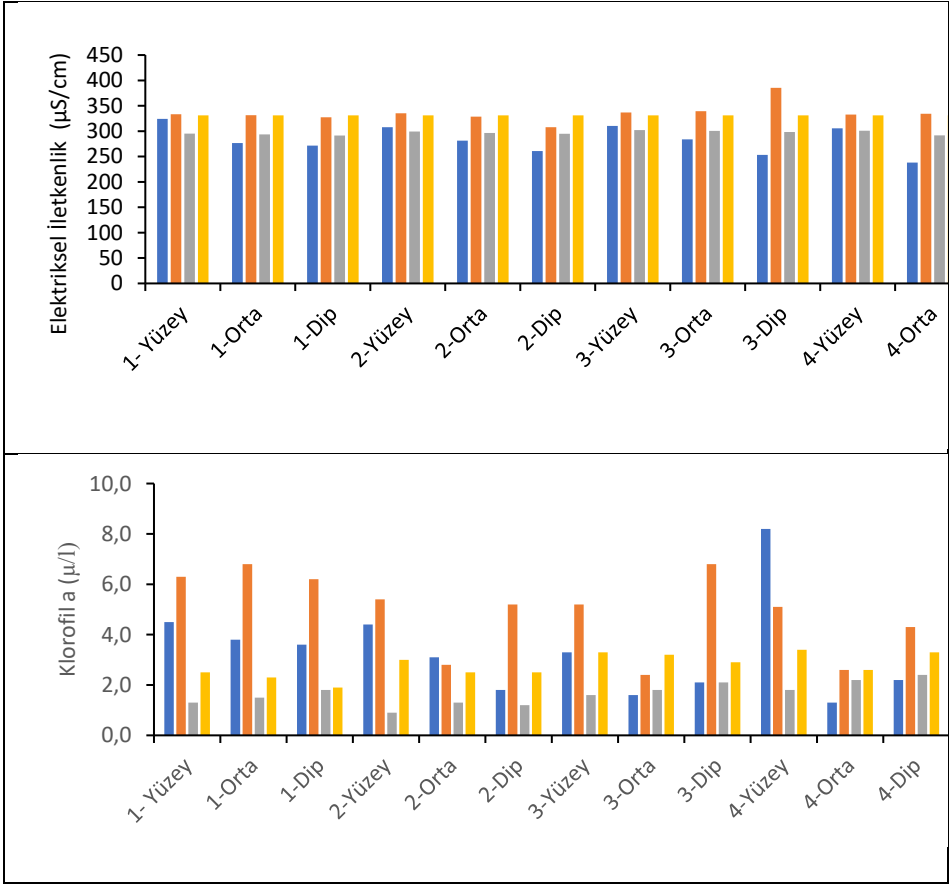
YAZ	İSTASYON NO			
	1	2	3	4
ROTIFERA				
<i>Ascomorpha ecaudis</i>			+	
<i>Asomorpha saltans</i>		+	+	+
<i>Asplanchna sieboldi</i>				+
<i>Kellicottia longispina</i>	+		+	+
<i>Keratella cochlearis</i>	+	+		+
<i>Keratella quadrata</i>				
<i>Keratella tecta</i>	+	+	+	+
<i>Keratella valga</i>				
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	+	+	+	+
<i>Polyarthra remata</i>	+	+	+	+
CLADOCERA				
<i>Coronotella rectangula</i>	+			
<i>Daphnia cucullata</i>			+	
<i>Sida crystallina</i>	+		+	
COPEPODA				

<i>Cyclops vicinus</i>	+	+	+	+
TOPLAM	8	6	9	8
Shannon indeks	1,30	1,32	1,55	1,61
Margalef indeks	1,25	0,91	1,38	1,26
Simpson indeks	0,34	0,33	0,24	0,26

SONBAHAR	İSTASYON NO			
	1	2	3	4
ROTIFERA				
<i>Keratella cochlearis</i>	+	+		
<i>Keratella quadrata</i>			+	
<i>Keratella tecta</i>		+	+	
<i>Keratella valga</i>	+			
<i>Polyarthra dolichoptera</i>	+			
CLADOCERA				
<i>Bosmina longirostris</i>	+		+	+
<i>Daphnia longispina</i>				+
<i>Leptodora kindtii</i>		+	+	
COPEPODA				
<i>Acanthodiptomus denticornis</i>		+		
<i>Cyclops vicinus</i>	+	+	+	+
<i>Nitokra hiberna</i>	+			
TOPLAM	6	5	5	3
Shannon indeks	1,52	1,41	1,35	0,53
Margalef indeks	1,31	1,66	1,73	0,67
Simpson indeks	0,25	0,21	0,24	0,70

Beyhan Baraj Gölü yüzey suyunda en düşük sıcaklık değeri 1,8 °C olarak kış mevsiminde 2. istasyonda ve en yüksek sıcaklık değeri 24,1°C olarak yaz mevsiminde 3. istasyonda ölçülmüş, yüzey suyunun yıl boyu ortalama sıcaklık değeri 14,4±8,7°C olarak ölçülmüştür (Şekil 2).





Şekil 2. Beyhan Baraj Gölü'nde ölçülen bazı parametrelerin değerlerinin değişimi

Beyhan Baraj Gölü yüzey suyunda en düşük pH değeri 8,1 olarak sonbahar mevsiminde 2. İstasyonda, en yüksek pH değeri ise 8,5 olarak ilkbahar, yaz ve sonbahar mevsimlerinde 1, 2 ve 3. istasyonlarda ölçülmüş, yüzey suyunun yıl boyu ortalama pH değeri $8,4 \pm 0,1$ olarak ölçülmüştür (Şekil 2).

Beyhan Baraj Gölü yüzey suyunda en düşük çözünmüş oksijen değeri 8,7 mg/L olarak yaz mevsiminde 3. istasyonda, en yüksek çözünmüş oksijen değeri ise 11,5 mg/L olarak ilkbahar mevsiminde 1. istasyonda ölçülmüştür. Yüzey suyunun yıl boyu ortalama çözünmüş oksijen değeri $10,1 \pm 0,1$ mg/L olarak ölçülmüştür (Şekil 2).

En düşük elektriksel iletkenlik değeri 295 $\mu\text{S/cm}$ olarak sonbahar mevsiminde 1. istasyonda ve en yüksek elektriksel iletkenlik değeri 337 $\mu\text{S/cm}$ olarak yaz mevsiminde 3. istasyonda ölçülmüştür. Yüzey suyunda elektriksel iletkenlik değerinin ortalaması 319 ± 15 $\mu\text{S/cm}$ olarak belirlenmiştir (Şekil 2).

En düşük klorofil-a ölçümü 0,9 µg /L olarak sonbahar mevsiminde 3.istasyonda ve en yüksek klorofil-a değeri 8,2 µg /L olarak İlkbahar mevsimi 4.İstasyonlarda ölçülmüş, yıl boyu ortalama klorofil-a değeri yüzey sularında 3,8±2,0 µg /L olarak ölçülmüştür (Şekil 2).

Tartışma Ve Sonuç

Araştırma süresince toplam 24 zooplankton türü bulunmuştur. Bu türlerden 12 tür Rotifera, 8 tür Cladocera ve 4 tür Copepoda grubuna ait olan türlerdir. İlkbahar ve yaz aylarında sonbahar ve kış aylarına göre hem birey sayılarında hem de tür sayılarında artışlar gözlenmiştir. İlkbaharda 1. İstasyon ve yaz mevsiminde 9 tür teşhis edilerek en fazla organizma türünün kaydedildiği dönem olarak belirlenmiştir.

Bulut ve Saler (2014) Beyhan Baraj Gölü'nde yaptıkları zooplankton araştırmasında toplam 32 tür teşhis etmişlerdir Göldeki zooplanktonik organizmaların sayısal (birey/m³) olarak % 93,38'ini Rotifera, % 3,99'nu Cladocera ve % 2,63'ünü Copepoda türlerinin oluşturduğu belirlemişlerdir. Bu araştırmada toplam 24 tür teşhis edilmiş olup, teşhis edilen türlerin %50 sini Rotifera, % 33,3 ünü Cladocera ve % 16,7 'sini Copepoda ya ait türler oluşturmuştur. Zooplankton dağılımı her iki araştırmada da benzerlik göstermiştir. Rotiferler iki araştırmada da en fazla kaydedilen grup olmuştur. Ayrıca iki araştırmada da ilkbahar en fazla türün kaydedildiği dönem olmuştur. Bulut ve Saler (2014) ün teşhis ettiği *K. cochlearis*, *K. quadrata*, *K. tecta*, *P. dolichoptera*, *S. oblonga*, *S. pectinata*, *B. longirostris*, *D. longispina*, *D. cucullata*, *C. sphaericus*, *C. vicinus* ve *A. denticornis* bu araştırmada da kaydedilen ortak türlerdir. Her iki araştırmada da kış mevsimi organizma sayısı ve tür sayısının en az olduğu dönem olarak ortaya çıkmıştır.

Beyhan Barajı'nın üzerine kurulduğu Murat Nehri'nde yapılan zooplankton araştırmasında toplam 33 tür teşhis edilmiştir. 25 tür Rotifera, 6 tür Cladocera ve 2 tür ise Copepoda grubundandır. Zooplanktonik organizmaların sayısal olarak % 75,76 'sını Rotifera, % 18,18'ini Cladocera ve % 6,06'sını Copepoda türleri oluşturmuştur. *K. cochlearis* en fazla çıkan tür olarak kayda geçmiştir. Ayrıca nehirde ilkbahar ve yaz aylarında zooplankton sayı ve tür çeşitliliğinde artış gözlemlendiği de ifade edilmiştir (Bulut ve Saler, 2014). Murat Nehrinin önemli kollarından biri olan Karasu Nehri'nde yapılan araştırmada 49 zooplankton türü (35 tür Rotifera, 11 tür Cladocera ve 3 tür Copepoda) teşhis edilmiştir (Saler ve Karakaya, 2023).

Türkiye'de çeşitli baraj göllerinde yapılan çalışmalarda da zooplankton ilkbahar aylarında sayı ve tür çeşitliliği bakımında artış göstermiş, kış aylarında ise azalmalar rapor edilmiştir. Örneğin Gelingülü Baraj Gölü'nde (Kaya ve

Altındağ, 2007), Kepektaş Baraj Gölü (Saler, 2009), Kesikköprü Baraj Göl (Yiğit, 2006) Keban Baraj Gölü (Saler, 2010), Sürğü Baraj Gölü (İpek Alış ve Saler, 2013), Kalecik Baraj Gölü (Bulut ve Saler, 2013), Uzunçayır Baraj Gölü (Saler vd. 2014; Bulut vd., 2021), Kapıkaya Baraj Gölü (Bulut ve Saler, 2020), Kığı Baraj Gölü (Bulut, 2019), Çat Baraj Gölü (Saler vd., 2019) zooplanktonik tür kompozisyonları ve dağılımları ilkbahar aylarında artmış kış mevsiminde azalmıştır.

Bölgede yapılan zooplankton araştırmalarında zooplankton grupları içinde Rotifera grubunun tür çeşitliliği ve birey sayısı bakımından dominant olduğu tespit edilmiştir. Kapaçmaz Göleti (Bulut, 2018), Nazik Gölü, (Saler vd., 2019), Murat Nehri'nin önemli bir kolu olan Peri Çayı (Saler vd, 2011), Ulaş Gölü (2015); Kığı Baraj Gölü (Bulut, 2019), Kapıkaya Baraj Gölü (Bulut ve Saler, 2020), Büyük Çay (Bulut, 2022), Sevsak Deresi (Saler, 2022), Behramaz Deresi (Saler vd. 2022),

Pejler (1957), *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*, ve *Polyarthra* türlerinin mesotrofik ve ötrofik sularda yaşadığını bildirmiştir.

Sládeček, (1983); (Blancher, 1984), *Asplanchna priodonta*, *Keratella cochlearis*, *K. quadrata*, *Polyarthra dolichoptera*, *P. vulgaris*, *Bosmina sp.*, *Chydorus sphaericus*, *Daphnia cucullata*, *Cyclops vicinus* türlerinin trofik indikatör olduklarını bildirmiştir.

Tür zenginliği ve çeşitliliği indeks sonuçlarına göre en yüksek tür zenginliği Shannon Wiener indeks değeri $H' = 1,55$ ile yazın üçüncü istasyonda çıkmıştır. Bu değer baraj gölünün tür zenginliği ve çeşitliliği bakımından fakir olduğunu göstermiştir. Benzer olarak Margalef ve Simpson indeks değerlerinin de düşük çıkması bu bulguyu desteklemiştir.

Rotiferler pH tercihlerine göre üç gruba ayrılabilir: alkalifilik, euryonik ve asidofilik. Genel olarak, asidik sularda çok sayıda tür vardır ancak bolluk azdır; alkali ortamlarda ise bunun tersi geçerlidir (Zhang ve Huang, 1991). Segers, (2007) en çeşitli rotifer topluluklarının yumuşak, hafif asidik, oligo ve mezotrofik sularda bulunabileceğini belirtmiştir. Beyhan Baraj Gölü'nde pH değerleri 7,8 ile 8,5 arasında değişmiştir. Gölün sularının alkali olduğu söylenebilir.

Sonuç

Beyhan baraj Gölü'nde yapılan bu araştırmada bulunana zooplankton türleri ile önceki yıllarda gölde tespit edilen türler karşılaştırılmıştır. Yıllar içinde zooplankton türlerinde bazı değişimler olsa da mevsimsel bazda zooplankton gruplarının ortaya çıkış profilinde çok değişimler olmadığı kaydedilmiştir. Bulunan türlerin Türkiye zooplankton dağılımı envanterine katkıda bulunacağı düşünülmektedir.

Teşekkür

Bu proje Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından **TAGEM/HAYSÜD/Ü/20/A-6/P4/1503** nolu proje olarak desteklenmiştir. Desteklerinden dolayı bakanlığa teşekkür ederiz.

Kaynaklar

- Blancher, E. C. (1984). Zooplankton-trophic state relationships in some north and central Florida lakes. *Hydrobiologia*, 109(3), 251-263. doi:10.1007/BF00007743/METRICS
- Bulut, H., Saler, S. (2014). Murat Nehri'nin (Elazığ-Palu ilçe merkezi sınırları içindeki bölümünde) zooplanktonu ve değişimi. *Türk Tarım- Gıda Bilim ve Teknolojisi Dergisi*, 2 (1): 13-17.
- Bulut, H. (2018). A taxonomic study on zooplankton fauna of Kiğı Dam Lake (Bingöl-Turkey). *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14(2), 74-79.
- Bulut, H., 2018. Kapaçmaz Göleti (Kovancılar, Elazığ) zooplanktonunun mevsimsel değişimi. *Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 6(11): 1617-1621,
- Bulut, H. (2022). Zooplankton of a freshwater body (Elazığ city sample-Turkey),Ed. Taner Akar, Research & Reviews in Agriculture, Forestry and Aquaculture Gece Kitaplığı, Ankara
- Bulut, H., Saler, S. (2013). Kalecik Baraj Gölü (Elazığ-Türkiye) zooplanktonu. *Fırat Üniv. Fen Bilimleri Dergisi* 25(2): 99-103.
- Bulut, H., ve Saler, S. (2014). Zooplankton of Beyhan Dam Lake (Elazığ-Turkey). *Turkish Journal of Science and Technology*, 9(1): 23-28.
- Bulut, H., ve Saler, S. (2020). Monthly distribution of zooplankton in Kapıkaya Reservoir, Turkey. *Maejo Int. J. Sci. Technol.*, 14(01), 1-10
- Bulut, H., Sesli, A., ve Tepe, R. (2021). Uzunçayır Baraj Gölü güncel zooplanktonunun bazı su kalite parametreleri ile değerlendirilmesi. *Int. J. Pure Appl. Sci.*, 7(3):429-441.
- Devi, S., ve Gupte s. (2017). Temperature: A vital factor for the zooplankton growth and seasonal fluctuations. *Int. J. Adv. Res.*, 5(6), 2274-2281
- Edmonson, W.T. (1959). Freshwater Biology. 2nd edition. New York, NY, USA: John Wiley and Sons Inc.; London: Chapman and Hall Limited.
- Güher, H. (2022). Spatial and temporal changes of planktonic microcrustaceans (Cladocera, Copepoda) and their relationship with physicochemical parameters in Kırklareli Reservoir (Kırklareli-Türkiye). *LimnoFish*. 8(3): 269-281. doi: 10.17216/LimnoFish.1057805
- Harding, J.P, ve Smith, W.A. (1974). A Key to the British Freshwater Cyclopoid and Calanoid Copepods. 2nd edition. Ambleside,UK: Freshwater Biological Association
- İpek Alış, N., ve Saler, S. (2013). Zooplankton of Sürgü Dam Lake (Malatya-Turkey). *Bitlis Eren Üniversitesi Journal of Science*, 2(1) 40-44.

- James, B.K., ve Adejare, L.I. (2010). Nutrients and phytoplankton production dynamics of a tropical harbor in relation to water quality indices. *Journal of American Science*, 6(9): 261-275.
- Kaya M., ve Altındağ, A. (2007). Zooplankton fauna and seasonal changes of Gelingülü Dam Lake (Yozgat, Turkey). *Turkish Journal of Zoology*, 31: 347- 351.
- Kolisko, R. (1974). Plankton Rotifers Biology and Taxonomy. Stuttgart, Germany: E. Schweizerbart'sche Verlagsbuchhandlung (Nagele u. Obermiller).
- Koste, W. (1978). Radertiere Mitteleuropas. 2. Berlin, Germany: Tafelband.
- Krebs, C.J. (1989). Ecological methodology (No. QH541. 15. S72. K74 1999.). New York: Harper and Row.
- Kwak, T. J. ve Peterson, J.T. (2007). Community indices. parameters and comparisons. C.S. Guy and M.L. Brown. Editors. Analysis and interpretation of freshwater fisheries data. American Fisheries Society. Bethesda. Maryland. ISBN-13: 978-1-888569-77-3.
- Özcan E.İ., (2019). Artificial neural networks (a new statistical approach) method in length-weight relationships of *Alburnus mossulensis* In Murat River (Palu-Elazığ) Turkey. *Applied Ecology And Environmental Research*, 17(5):10253-10266.
- Özcan, E.İ., (2020). Murat Nehri (Palu-Elazığ)'nde yaşayan *Capoeta trutta* (Heckel, 1843) türünün bazı meristik ve morfometrik özellikleri. *Ecological Life Sciences (NWSAELS)*, 15(4):155-162, DOI: 10.12739/NWSA.2020.15.4.5A0142.
- Pejler, B. (1957). On Variation And Evolution In Planktonic Rotatoria. Almqvist & Wiksells Boktryckeri Press
- Saler, S. (2009). Rotifers of Kepektaş Dam Lake, (Elazığ-Turkey). *Iranian Journal of Science and Technology, Transaction A1*, 33: 121-126.
- Saler, S. (2010). Fluctuations in Rotifera Fauna of Keban Dam Lake Ova Region (Elazığ Turkey) during spring. *Turkish Journal of Science & Technology*, 5(2): 53-58.
- Saler, S. (2022). Zooplankton Diversity of Sevsak Stream (Elazığ-TURKIYE), *Asian Journal of Fisheries and Aquatic Research*, 18(6): 15-21, 2
- Saler, S., Haykır, H., ve Eroğlu, M. (2011). Peri Çayı (Tunceli-Türkiye) Zooplanktonu . *Ecological Life Sciences*, 6, (2), 14-20.
- Saler, S., Haykır, H., ve Baysal, N. (2014). Zooplankton of Uzunçayır Dam Lake (Tunceli-Turkey). *Journal of Fisheries Sciences.com*, 8(1): 1-7.

- Saler, S. Bulut, H. Örneği, G.N. ve Uslu, A.A. (2015). Ulaş Gölü (Ulaş-Sivas) zooplanktonu. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 1(2): 112- 121
- Saler, S., Bulut, H., Güneş, S., Alpaslan, K., ve Karakaya, G. (2019). Seasonal variations of zooplankton in Nazik Lake, Turkey *Turkish Journal of Science & Technology*, 14(2), 79-84.
- Saler, S., Çelik, B., ve Yüce, S., (2022). Zooplankton of Behramaz Stream (ElazığTürkiye). *Ecological Life Sciences*, 17(4):212-219, DOI: 10.12739/NWSA.2022.17.4.5A0180.
- Saler, S., ve Karakaya, G. (2023). Karasu Nehri (Türkiye) zooplanktonu. *Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi*, 6:1, 40-51
- Segers H (1995). The Lecanidae (Monogononta). Ghent, Belgium: Ghent University.
- Segers, H. (2007). Annotated checklist of the rotifers (Phylum Rotifera), with notes on nomenclature, taxonomy and distribution. *Zootaxa*, 1564 1-104
- Sládeček, V. (1983). Rotifers as indicators of water quality. *Hydrobiologia*, 100(1), 169-201.
- Smirnov NN (1996). Cladocera: the Chydorinae and Sayciinae (Chydoridae) of the World. Guides to the Identification of the Microinvertebrates of the Continental Waters of the World, Vol. 11. Amsterdam, the Netherlands: SPB Academic Publishing
- URL 1(2023). <https://bolge09.dsi.gov.tr/>
- Yiğit, S. (2006). Analysis of the zooplankton community by the Shannon- Weaver index in Kesikköprü Dam Lake, Turkey. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi*, 12(2): 216-220.
- Zhang, Z.S. Huang X.F. (1991). Research methods of freshwater plankton Science Press, Beijing,

Bölüm 23

Geç Ekiminin Makarnalık Buğday (*Triticum Durum* L.) Genotiplerinin Fizyolojik, Kalite ve Verim Özelliklerine Etkisi

Canan GÜNEN¹,
Seval ELİŞ²,
Ferhat KIZILGEÇİ³,
Mehmet YILDIRIM⁴

ÖZET

İnsan beslenmesinde önemli bir yere sahip olan makarnalık buğday küresel gıda güvenliği bakımından stratejik bir bitkidir. Bu çalışma makarnalık buğdayın fizyolojik, kalite ve verim özelliklerinin incelenmesi ve bölgeye uygun genotiplerin belirlenmesi amacıyla Diyarbakır koşullarında yürütülmüştür. ICARDA'dan temin edilen 7 ileri hat ve 3 standart çeşit tesadüf blokları deneme desenine göre yürütülen araştırmada; SPAD, NDVI, bitki boyu, tane verimi, bin dane ağırlığı, protein, nişasta, yağ oranı, parlaklık L ve renk b^* parametreleri incelenmiştir. Araştırmadan elde edilen sonuçlara göre; tane verimi ve yağ içeriği özelliği hariç genotipler arasında önemli farklılıklar olduğu belirlenmiştir. Korelasyon analizine göre Bitki boyu özelliği ile tane verimi ve bin dane ağırlığı özellikleri arasında negatif yönden önemli ilişki olduğu görülürken bin dane özelliği ile L ve b^* değerleri arasında pozitif yönden önemli ilişki olduğu belirlenmiştir. Biplot analizine göre Seçkin 21 incelenen tüm özellikler yönünden en stabil genotip olmuştur. Tane verimi için 53DSN-7099 genotipi ön plana çıktığı görülmüştür. Korelasyon analizi ve biplot analizine göre başaklanma dönemine ölçülen SPAD ve NDVI değerleri ile tane ve kalite özellikleri arasında ilişkinin bulunmaması geç ekim çalışmalarında bu aletlerin seleksiyonda kullanılamayacağı kanaati oluşmuştur.

Anahtar Kelimeler: makarnalık buğday, tane verimi, protein içeriği, renk değeri, SPAD

¹ Mardin Artuklu Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Mardin

² Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Çanakkale

³ Mardin Artuklu Üniversitesi, Kızıltepe Meslek Yüksekokulu, Mardin

⁴ Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Diyarbakır

Effect of Late Sowing on Physiological, Quality and Yield Traits of Durum Wheat (*Triticum Durum* L.) Genotypes

ABSTRACT

Durum wheat, which is essential for human nutrition, is a crucial plant for global food security. This study was carried out in Diyarbakır conditions to investigate the physiological, quality and yield characteristics of durum wheat and to determine genotypes suitable for the region. Three cultivars and seven advanced lines obtained from ICARDA were used as materials in this study. SPAD, NDVI, plant height, grain yield, thousand grain weight, protein, starch, fat ratio, L and b* parameters were examined. According to the research findings, there were significant differences between genotypes except for grain yield and fat content. According to the correlation analysis, it was determined that there was a negative significant relationship between the plant height trait and grain yield and thousand grain weight traits, while there was a positive significant relationship between the thousand grain trait and L and b* values. According to biplot analysis, Seçkin 21 was the most stable genotype throughout all traits studied. The 53IDSN-7099 genotype was found to have the highest grain yield. According to correlation analysis and biplot analysis, the lack of a relationship between SPAD and NDVI values measured during the heading period and grain and quality characteristics led to the conclusion that these tools cannot be used in selection in late sowing studies.

Key Words: durum wheat, grain yield, protein content, color value, SPAD

1. GİRİŞ

Dünya da 2020-2021 üretim sezonunda 774 milyon ton buğday üretimi ve 33,8 milyon ton makarnalık buğday üretimi yapılırken, Türkiye ise makarnalık buğdayın üretim payı 4,0 milyon ton olmuştur (Anonymous 2023). Küresel olarak ekmeclik buğday üretiminin %95'ini ve makarnalık buğday üretiminin %5'ini oluşturmaktadır. Durum buğdayı (*Triticum turgidum* L. var. Durum) $2n = 4x = 28$ kromozom ve tetraploid AABB genomuna sahiptir. İnsan beslenmesinin de temel gıda olan makarnalık buğday makarna, kuskus, bulgur ve birçok yerel gıda kullanımıyla üretime ve tarımsal gelire önemli ölçüde katkı sağlamaktadır.

Dünya besin sisteminin tüm insanlar için yeterli ve sağlıklı besin sağlayamadığı bir gerçektir. Bu gerçekliğin oluşumuna sebep nüfus artışı ve son yıllarda etkisini giderek artıran iklim değişikliği gün geçtikçe kalıcı zorluklar oluşturmakta ve yeterli beslenme sürdürülebilirliğini kaybetmektedir (Zingale vd., 2022). Bu bağlamda temel gıda kaynaklarının başında gelen tahıllar değişkenlik gösteren iklim koşulları karşısında yıllar arasında üretim farklılığı oluşturarak üretimde istikrarsızlıklar ve düşük kalitede ürünler oluşturmaktadır.

Değişen yeni dünya dengesine uyum sağlayabilecek farklı yetiştirme ve değişen stres koşullarına daha fazla adapte olabilecek çeşitlerin belirlenmesi gerekmektedir (Kizilgeci, 2020). Tahıl grubu içerisinde yetiştirilen onuncu ürün olması (IGC, 2020), beslenmede önemli bir besin kaynağı (protein içeriği %12–16, karbonhidrat içeriği %70, yağ içeriği %1,9, lif içeriği %1,6 ve mineral içeriği %1,6) (Saini vd., 2023), yaygın yetiştiriciliği yapılabilme imkânı sunması ve adaptasyon yeteneğinin fazla olması makarnalık buğdayın beslenme sorununa çözüm olacak bir bitki olarak karşımıza çıkmaktadır. Dolayısıyla makarnalık buğdayda farklı analiz yöntemiyle bölgeye en uygun genotiplerin belirlenmesi, verim ve kalite performanslarının karşılaştırılması amaçlanmıştır

2. MATERYAL ve METOT

Çalışma Diyarbakır ilinde faaliyet gösteren Teknobiltar Ar-Ge şirketine ait deneme alanında ($37^{\circ}55'34.24''K$; $40^{\circ}15' 27.34''D$), 2023 üretim sezonunda yürütülmüştür.

Çalışmada materyal olarak ICARDA'dan temin edilen 7 (45IDON-51, 45IDON-78, 53IDSN-7075, 53IDSN-7088, 53IDSN-7099, 53IDSN-7102, 53IDSN-7140) ve bölgede yaygın olarak kullanılan 3 makarnalık çeşit (Seçkin-21, Sümerli, Svevo) kullanılmıştır. Çalışma tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak 09.04.2023 tarihinde geç ekim olarak kurulmuştur. Ekim deneme mibzeriyle yapılmış, her parsel büyüklüğü $4,8 \text{ m}^2$ ($4 \times 1,2$) ve 6 sıradan oluşturulmuştur.

Ekim ile birlikte dekara 6 kg saf N ve 6 kg saf fosfor olacak şekilde 20-20

kompoze gübre ve sapa kalkma döneminde 6 kg saf azot üre formunda uygulanmıştır. Deneme çok geç bir tarihte ekildiği için deneme alanı toplamda 2 gün 6 şar saat sulama yapılmıştır Deneme sahasında görülen yabancı otlar elle uzaklaştırıldı ve hastalıklara karşı kimyasal ilaç uygulaması yapıldı. Hasat deneme biçer döver makinasıyla 22. 07.2023 tarihinde gerçekleştirilmiştir.

Denemenin yürütüldüğü aylara ve uzun yıllara ait iklim verileri Tablo 1’de verilmiştir. İklim verileri incelendiğinde; 2023 yetiştirme döneminde ortalama sıcaklık, maksimum sıcaklık ve toplam yağış oranı sırasıyla 18.5 °C, 30.6 ve 285.9 mm olarak görülmüştür (Tablo 1). Başaklanma öncesi ve tane dolum dönemi geç ekim dolayısıyla Mayıs ayının son haftası ve haziran ayı içerisinde meydana geldiği için bitkiler maksimum gün sıcaklığı yaşamıştır.

Tablo 1. Deneme alanının 2023 yılı ve uzun yıllarına ait iklim verileri

Aylar	Aylık Sıcaklık (°C)		Aylık Toplam Yağış (mm)	
	2023	Max	2023	Uzun Yıllar
Şubat	4.0	19.5	57.6	67.2
Mart	12.0	21.3	131.0	66.7
Nisan	14.7	27.0	79.4	68.4
Mayıs	20.1	32.5	16.0	44.8
Haziran	27.6	39.7	0.0	8.7
Temmuz	32.3	43.4	1.9	1.3
Ort /Toplam	18.5	30.6	285.9	257.1

Araştırmada SPAD (bayrak yaprak klorofil içeriği), NDVI (Normalleştirilmiş vejetasyon farklılık indeksi), bitki boyu, tane verimi, bin dane ağırlığı, protein oranı, nişasta oranı, yağ oranı, *L* parlaklık değeri ve *b** renk değeri özellikleri incelenmiştir. NDVI ölçümü bitkinin çiçeklenme döneminde açık ve rüzgârsız havada, bitki yüzeyinin yağmur, çığ vs. den ıslanmadığı dönemde, güneş ışığının yüksek olduğu günün 11:00-14:00 saatleri arasında bitki genel sağlığını belirlemek için GreenSeeker aletiyle ölçülmüştür. SPAD ölçümü yapraktaki klorofil miktarını dolaylı olarak ölçmek amacıyla, taşınabilir klorofil metre cihazı (Minolta SPAD-502, Osaka, Japan) ile her parselde rastgele seçilen 10 bitki Zadoks vd., (1974) gelişme skalasına göre çiçeklenme (GS 65) dönemindeyken her bitkinin ana sap bayrak yaprağının orta bölümünde damara gelmeyecek şekilde, 10.00-14.00 saatleri arasında açık havada ölçülerek belirlenmiştir. Bitki boyu her parselden 10 bitkinin toprak yüzeyinden başağın en uç kısmı cm cinsinden ortalaması alınarak belirlenmiştir. Tane verimi, hasat sonunda her parselden elde edilen tane ürünü 0.01 g hassas terazide tartılarak elde edilen

rakamlar kg/da'a çevrilmiştir. Taneler öğütme işlemine tabi tutulmadan, her parselden alınan örneklerin protein, nişasta ve yağ oranı GrainSense cihazında % olarak tespit edilmiştir. Buğdayda *L* rengin parlaklığını, *b** ise rengin sarılığını ifade eden kalite parametrelerindedir. *L* bir parlaklık ölçüsüdür; 0 (tamamen yansıtıcı olmayan veya siyah) ve 100 (mükemmel beyaz veya tam yansıma) arasında değişen değer aralığındadır. *b** değeri mavi-sarı renklilik koordinatıdır ve -60 (saf mavi) ile +60 (saf sarı) arasında değişen renk değeri aralığındadır. *b** değeri ne kadar yüksek olursa sarılık da o kadar fazla olur. İyi kaliteli makarnalık buğday yaklaşık olarak 27,3 veya daha fazla *b** değerine sahip olmalıdır. *L* ve *b** değerleri hunterLab ColorFlex cihazı ile ölçülmüştür.

Elde edilen sonuçlara ait veriler JMP Pro-17 istatistik paket programı ve biplot grafikleri GenStat 12th paket programı kullanılarak analiz edilmiştir.

3. BULGULAR TARTIŞMA

3.1. Fizyolojik, Verim ve Kalite özellikleri

Makarnalık buğday genotiplerinin fizyolojik, verim ve kalite değerlerinin incelendiği bu çalışmada incelenen özelliklere ait ortalama değerler ve önemlilik dereceleri Tablo 2'de verilmiştir.

SPAD, NDVI, bitki boyu, bin dane ağırlığı, protein oranı, nişasta, *L* parlaklık ve *b** renk parametreleri bakımından farklılıklar istatistiki olarak $P < 0.05$ düzeyinde önemli, tane verimi ve yağ oranı parametreleri bakımından önemsiz bulunmuştur.

Tablo 2. Makarnalık genotiplerine ait parametrelerin ortalama varyans değerleri

Genotip	SPAD	NDVI	BB (cm)	TV (kg/da)	BD (g)	P (%)	N (%)	Y (%)	<i>L</i>	<i>b*</i>
45IDON-51	55.1 abc	0.57 d	66.2 bc	396.6	39.42 ab	17.5 a	82.9 a	2.0	56.4 ab	24.46 bc
45IDON-78	53.0 bc	0.59 cd	66.2 bc	409.5	42.69 a	16.9 abc	82.4 ab	2.1	56.5 ab	24.75 abc
53IDSN-7075	56.4 a	0.62 bcd	71.4 ab	402.5	27.91 f	16.4 bcd	81.6 abc	2.1	49.3 d	17.80 d
53IDSN-7088	52.5 c	0.64 ab	63.6 c	424.5	34.59 cde	17.4 ab	81.5 bcd	2.3	57.2 a	25.98 ab
53IDSN-7099	54.8 abc	0.62 bcd	64.1 c	462.1	36.09 bcd	16.4 bcd	81.5 bcd	2.2	56.7 ab	26.74 a
53IDSN-7102	52.7 bc	0.66 ab	73.4 a	407.9	31.85 ef	17.3 abc	81.0 cd	2.3	56.8 ab	26.69 a
53IDSN-7140	52.1 c	0.67 a	70.3 ab	391.4	35.91 b-e	16.3 cd	80.5 cd	2.1	55.8 abc	24.99 abc
SEÇKİN-21	55.8 ab	0.65 ab	68.6 abc	412.5	37.25 bc	17.4 ab	80.5 cd	2.1	55.8 bc	23.53 c
SÜMERLİ	53.3 abc	0.62 abc	70.4 ab	403.5	32.63 de	15.5 d	80.5 cd	2.1	56.9 ab	24.99 abc
SVEVO	54.6 abc	0.65 ab	73.3 a	399.2	34.59 cde	16.7 abc	80.3 d	2.1	54.6 c	23.78 c
Ortalama	54.0	0.63	68.7	410.7	35.29	16.8	81.3	2.1	55.6	24.37
VK (%)	2.59	3.32	3.59	12.38	5.11	2.72	0.67	3.60	1.12	3.93
LSD(0,05)	1.40*	0.02*	2.47*	ns	1.80**	4.46*	0.55*	ns	0.62**	0.96**

Bitki Boyu: BB, Tane Verimi:TV, Bin dane: BD, Protein Oranı: P, Nişasta Oranı: N, Yağ Oranı: Y, Parlaklık: *L*, Renk: *b**

SPAD değeri 52,1 ile 56,4 arasında değişen değerler almış olup ortalama değer 54,0 olmuştur. Aynı harflendirmeye ve en düşük değere 53IDSN-7088 ve 53IDSN-7140 genotipleri, en yüksek değere ise 53IDSN-7075 genotipi sahip olmuştur. Normalleştirilmiş vejetasyon farklılık indeksi (NDVI) bakımından en

düşük 0,57 değeriyle 45IDON-51 genotipi olurken 53IDSN-7140 genotipi 0,67 değeriyle en yüksek değeri almıştır. Kızılgöçü vd., (2017) bitkilerde SPAD değerinin yüksek olması istenilen bir özellik olduğunu ve bayrak yaprağında klorofil değerinin yüksek olan genotiplerin daha fazla fotosentez kapasitesine sahip olduğu böylelikle daha fazla tane verimine sahip olacağını bildirmişlerdir. Baykara vd., (2022)'nin bulduğu SPAD değerler bulgularımızdan düşük, Kızılgöçü ve Yıldırım (2019)'ın değerleriyle benzer bulunmuştur. Aynı araştırmacıların buldukları NDVI değerleri bulgularımızın en düşük ve en yüksek değerlerinden farklılık göstermiş olmasına rağmen aynı aralık seviyesini izlemiştir. Eliş ve Biçer (2022)'in yaptığı çalışmada buldukları NDVI değerleri (0,67-0,71) bulgularımızdan yüksek olduğu gözlenmiştir.

Bitki boyu değerleri 63,6-73,4 cm arasında değişmiştir. Geç ekimden kaynaklı günlük sıcaklıkların yüksek ve hava neminin düşük seyretmesi bitki boyu değerlerine yansıttığı gözlenmiştir. Dolayısıyla bitki boyu bulgularımız çoğu araştırmacının bulgularından düşük olduğu belirlenmiştir (Özateş ve Kendal 2023, Başkonuş vd., 2022, Baykara vd., 2022, Öner ve Kendal 2022).

Tane verimi bakımından istatistiki olarak genotipler arasında önemli bir fark tespit edilmemiş olup 53IDSN-7099 genotipi diğer genotiplere göre daha iyi performans göstermiştir. Bu benzerliğin geç ekimden kaynaklı vejetasyon süresinin kısa olduğundan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ortalama tane verim değeri 410,7 kg/da olarak belirlenmiştir. Ortalama tane verimi Göy ve Sakin, (2023) 284,4 kg/da ve Öner ve Kendal (2022) 395,9 kg/da değerleri bulgularımızdan düşük olduğu, Başkonuş vd., (2022) 583,3 kg/da, Baykara vd., (2022) 521,4 kg/da, Kızılgöçü ve Yıldırım (2019) 498,8 kg/da ve Özateş ve Kendal (2023) 474,7 kg/da tespit ettiği değerler ise bulgularımızdan yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

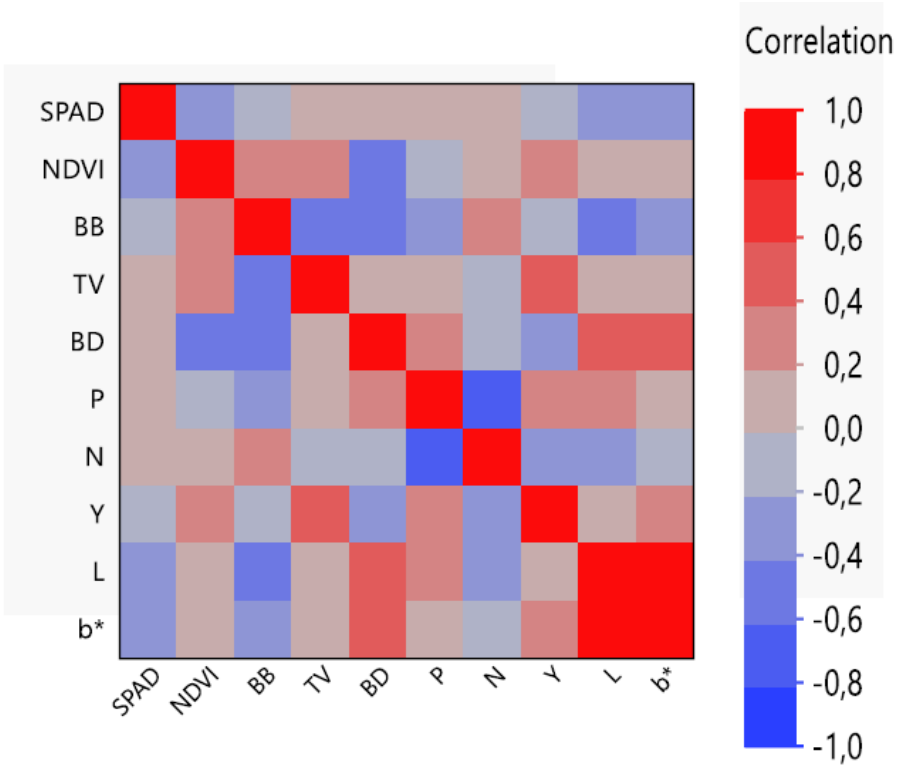
Bin dane ağırlığında genotip ortalama değeri 35,29 g olarak belirlenmiş olup genotipler arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. En düşük değer 53IDSN-7075 genotipi, en yüksek değer 45IDON-78 genotipinde olduğu belirlenmiştir. Geç ekimle birlikte nem seviyesinin çok düşük ve sıcaklığın yüksek olması bitkinin özellikle başaklanma döneminde yeterli metabolik aktiviteyi istenilen şekilde yapamaması ortalama değerlerin düşük olmasına sebep olmuştur (Eliş ve Biçer 2022). Bin dane ortalama bulgumuz çoğu araştırmacının bulgularından düşük olduğu tespit edilmiştir (Başkonuş vd., 2022, Baykara vd., 2022, Öner ve Kendal 2022, Göy ve Sakin, 2023).

Kalite parametreleri olan protein oranı, nişasta oranı, *L* parlaklık değeri ve *b** renk genotip ortalama değerleri sırasıyla; %16,8, %81,3, 55,6 ve 24,37 olarak tespit edilmiştir. Protein ve nişasta oranı bakımından 45IDON-51, *L* parlaklık değeri bakımından 53IDSN-7088 ve *b** renk değeri bakımından 53IDSN-7099

ve 53IDSN-7102 genotipleri en yüksek değeri olarak ön plana çıkmıştır. İrmik ve makarna yapımında L ve b^* değerleri önemli bir kriterdir. Kızılgöçü ve ark. (2016) L değerinin genotip ve çevre faktörleri dışındaki faktörlerden daha fazla etkilendiğini ancak b^* değerinin ise genotipik etkinin daha fazla olduğunu bildirmişlerdir.

3.2. Color Map ve korelasyon analizi

Çalışmada incelenen özelliklere ait Color Map ve pearson korelasyon analizi Şekil 1 ve Tablo 3’de verilmiştir. Bitki boyu özelliği ile tane verimi ve bin dane ağırlığı özellikleri arasında negatif yönden önemli ilişki olduğu görülürken bin dane özelliği ile L ve b^* değerleri arasında pozitif yönden önemli ilişki olduğu belirlenmiştir.



Bitki Boyu: BB, Tane Verimi:TV, Bindane: BD, Protein Oranı: P, Nişasta Oranı: N, Yağ Oranı: Y, Parlaklık: L, Renk: b^*

Şekil 1. Araştırmada incelenen özelliklere ait Color map korelasyon gösterimi

Tablo 3. Çalışmada incelenen özelliklere ait pearson korelasyon analizi

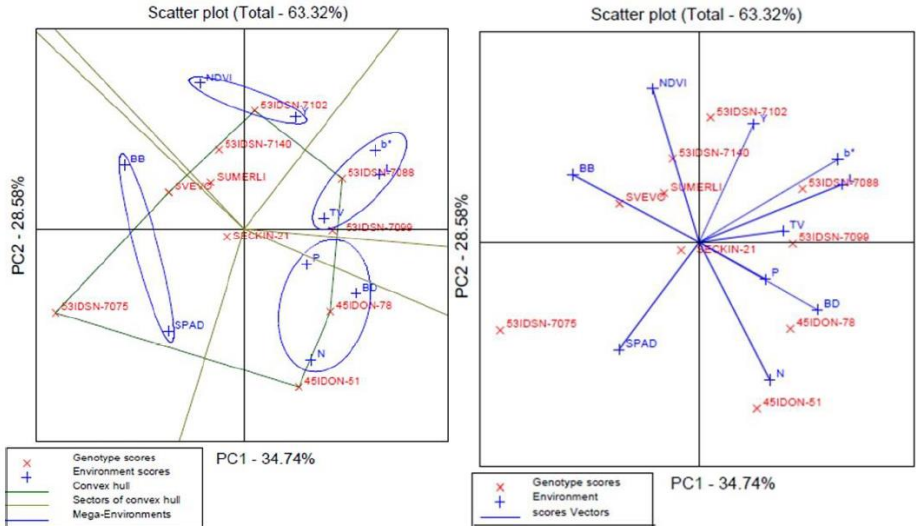
	SPAD	NDVI	BB	TV	BD	P	N	Y	L
NDVI	-0,2896								
BB	-0,1555	0,3521							
TV	0,0753	0,2701	-0,4771*						
BD	0,0773	-0,4310	-0,4662*	0,0188					
P	0,1876	-0,0761	-0,3513	0,1229	0,2896				
N	0,0602	0,1421	0,3690	-0,0773	-0,1721	-0,7593			
Y	-0,1037	0,3900	-0,1817	0,4249	-0,3254	0,2359	-0,2461		
L	-0,3824	0,0538	-0,4160	0,1675	0,5114*	0,2124	-0,2233	0,1775	
b*	-0,2950	0,0258	-0,2807	0,0984	0,4760*	0,1440	-0,1503	0,3068	0,8657

Bitki Boyu: BB, Tane Verimi:TV, Bindane: BD, Protein Oranı: P, Nişasta Oranı: N, Yağ Oranı: Y, Parlaklık: L, Renk: b^*

3.3. Biplot analizi

Biplot analizi grafikleri Şekil 2’de verilmiştir. PC1 (%34,74) + PC2 (%28,58) = %63,32’sini temsil etmektedir. Özellikler arası ilişki 6 sektöre ayrıldığı görülmüştür. SPAD ile bitki boyu; NDVI ile yağ oranı; tane verimi ile b^* ; Protein, bin dane ve nişasta özelliği aynı sektörde yer almışlardır.

Araştırmada kullanılan Seçkin 21 incelenen tüm özellikler yönünden en stabil genotip olmuştur. Tane verimi için 53IDSN-7099 ve L ve b^* değerleri için 53IDSN-7088 genotipi ön plana çıktığı görülmüştür.



Bitki Boyu: BB, Tane Verimi:TV, Bindane: BD, Protein Oranı: P, Nişasta Oranı: N, Yağ Oranı: Y, Parlaklık: L, Renk: b^*

Şekil 2. Özelliklere ait Biplot analizi grafiği

4. SONUÇ

Geç ekimin makarnalık buğday genotiplerinin fizyolojik, kalite ve verim yönünden etkilerinin incelendiği araştırmada başaklanma döneminde ölçülen SPAD ve NDVI değerleri ile kalite özellikleri için genotipler arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenirken tane veriminde farklılık oluşmamıştır. Korelasyon analizi ve biplot analizine göre fizyolojik ölçümler ile tane ve kalite özellikleri arasında ilişkinin bulunmaması bu aletlerin geç ekim çalışmalarında seleksiyonda kullanılamayacağı kanaati hasıl olmuştur.

KAYNAKÇA

- Anonim, (2023).
https://www.ankaratb.org.tr/lib_upload/Bugday%20Raporu.pdf.
- Başkonuş, T., İlker, Y., Dokuyucu, T., Akkaya, A., Güngör, H., ve Dumlupınar, Z. (2022). Bazı Makarnalık Buğday (*Triticum durum* Desf.) İleri Hatlarının Kahramanmaraş Ekolojik Koşullarında Tarımsal ve Kalite Özellikleri Bakımından Değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(3), 674-681. <https://doi.org/10.30910/turkjans.1106305>
- Baykara, F., Yıldırım, M., ve Mehmet, A. (2022). Diyarbakır Ekolojik Koşullarında Bazı Yerel ve Güncel Makarnalık Buğday Çeşitlerinin Verim ve Kalite Unsurlarının Belirlenmesi. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 253-270. doi: 10.55007/dufed.1101506.
- Göy, A.G., ve Sakin, M.A. (2023). Determination of Yield and Yield Characteristics of Some Durum Wheat Cultivars in Rainfed and Irrigated Conditions in Tokat – Zile Region. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 11(3), 513–521. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v11i3.513-521.5949>
- International Grains Council [IGC], (2020). World Grain Statistics 2016. Available: <https://www.igc.int/en/subscriptions/subscription.aspx>. Accessed 21 May 2020
- Kevser, Ö., ve Kendal, E. (2022). Mardin İli Sınırlarından Toplanan Yerel Makarnalık Buğday Popülasyonlarının Karakterizasyonu. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(1), 137-156.
- Kızılgöçü, F., Akıncı, C., Albayrak, Ö. ve Yıldırım, M. (2017). Tritikale hatlarında bazı fizyolojik parametrelerin verim ve kalite özellikleriyle ilişkilerinin belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*.
- Kızılgöçü, F., Akıncı, C., Albayrak, Ö., Biçer, B. T. ve Yıldırım, M. (2016). Tane Rengi ve Protein Miktarı Yönünden F5 Makarnalık Buğday *Triticum durum* Desf. Popülasyonlarının Değerlendirilmesi. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 51-55.
- Kızılgöçü, F., ve Yıldırım, M. (2019). Durum Buğdayın Başaklanma Dönemine ait Bazı Fizyolojik Ölçümlerin Verim ve Kalite Özellikleri ile İlişkilerinin Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(4), 777-785. <https://doi.org/10.30910/turkjans.633593>
- Kızılgöçü, F. (2020). Diallel analysis of spad, yield component and nitrogen use efficiency of some bread wheat genotypes under low and high nitrogen levels. *Fresenius Environ Bull*, 29, 7071-7080.
- Özates, M.A., ve Kendal, E. (2023). Diyarbakır İli Sınırlarından Toplanan Bazı Yerel Makarnalık Buğday Popülasyonlarının İncelenmesi. *Dicle*

Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 12(2), 209-230.doi: 10.55007/dufed.1232264.

- Saini, P., Kaur, H., Tyagi, V., Saini, P., Ahmed, N., Dhaliwal, H. S., ve Sheikh, I. (2023). Nutritional value and end-use quality of durum wheat. *Cereal Research Communications*, 51(2), 283-294.
- Seval, E., ve BİCER, B.T. (2022). Yetiştirme Sistemlerinin Kurak Şartlarda Buğdayın Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi. *Dicle Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 11(2), 351-360.
- Zadoks, J. C., Chang, T. T., ve Konzak, C. F. (1974). A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Research*, 14(6), 415-421.
- Zingale, S., Guarnaccia, P., Matarazzo, A., Lagioia, G., ve Ingrao, C. (2022). A systematic literature review of life cycle assessments in the durum wheat sector. *Science of The Total Environment*, 844, 157230.

Bölüm 24

Fungusların Nematisidal Metabolitleri

Şerife Evrim ARICI^{1}*
Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR²

Özet

Tarım yapılan alanlarda bitki paraziti nematodların neden olduğu yıllık kayıpların 173 milyar dolar olduğu tahmin edilmektedir. Çoğu nematisitin potansiyel toksisiteleri ve çevreye zarar verme olasılığının yüksek olması nedeniyle kullanımı önemli ölçüde azalmaktadır. Bu nedenle çevre dostu, insan sağlığını, bitkileri ve diğer hedef olmayan organizmaları etkilemeyen, ekonomik alternatiflere ihtiyaç duyulmaktadır. Bunlardan birisi de doğada bulunan funguslardır. Bitkilerde hastalık yapmayan bu fungusların bitkisel üretime dahil edilmesi, tarımsal verimliliğin sürdürülmesi ve inorganik gübre, herbisit ve pestisit kullanımının azaltılması için en umut verici stratejidir. Mevcut senaryoda funguslar üzerine yapılan çalışmalar bilim insanları için önem taşıyan bir alan olmuştur. Funguslar zengin doğal antibiyotik kaynaklarıdır. Bunların ürettiği ikincil metabolitler antimikrobiyal, antitümör ve antioksidan özelliklere sahiptir. Fungusların çoğu, nematisit ve insektisidal özelliklere sahip olduğu kaydedilen çeşitli bileşikler üretir. Nematofag funguslar ve nematisidal metabolit üreten funguslar, bitki paraziti nematodları baskılamakta, biyokontrol stratejileri için ekofizyolojik bir kaynak sunmaktadır. Bu kitap bölümünde nematofag funguslar ile funguslar tarafından üretilen nematisit etkisi olan sekonder metabolitler ve bu fungusların nematisit olarak potansiyel rolü tartışılmaktadır.

Anahtar kelimeler: Fungus, Nematod, Nematisal bileşikler, Biyolojik mücadele

Abstract

It is estimated that annual losses caused by plant parasitic nematodes in agricultural areas are 173 billion dollars. The use of most nematicides is decreasing significantly due to their potential toxicity and high likelihood of harming the environment. Therefore, alternative methods that are

¹ *Prof. Dr.; Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Isparta
Corresponding author evrimarici@isparta.edu.tr , ORCID: 0000-0001-5453-5869

2. Dr. Öğr. Üyesi; Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Isparta
ORCID: 0000-0003-1969-4041

environmentally friendly, do not harm human health, plants and other non-target organisms and are economical are needed. One of these methods is using naturally occurring fungi. Incorporating these fungi, which do not cause disease in plants, into crop production is the most promising strategy to maintain agricultural productivity and reduce the use of inorganic fertilizers, herbicides and pesticides. In the current scenario, studies on fungi have become an important area for scientists. Fungi are rich natural sources of antibiotics. The secondary metabolites they produce have antimicrobial, antitumor and antioxidant properties. Most fungi produce a variety of compounds that have been recorded to have nematicidal and insecticidal properties. Nematophagous fungi and nematicidal metabolite-producing fungi suppress plant parasitic nematodes and provide an ecophysiological resource for biocontrol strategies. In this book chapter, nematophagous fungi and secondary metabolites with nematicidal effects produced by fungi and the potential role of these fungi as nematicides are discussed.

Keywords: Fungus, Nematode, Nematicidal compounds, Biological control

1.Giriş

Nematodlar, hayvanlar, mikroorganizmalar ve bitkiler de dahil olmak üzere çok çeşitli organizmayı enfekte edebilen ve beslenebilen mikroskopik canlılardır (Abad vd., 2008). Tanımlanan 26.000 nematod türünden 4.100'ün üzerinde bitki paraziti nematod bulunmaktadır (Jones vd., 2013). Bitki paraziti nematodlar küresel bir patojen olup, dünya çapında tarımda 173 milyar dolarlık ekonomik kayba neden olduğu tahmin edilmektedir (Elling, 2013). Bitki paraziti nematodlar toprakta veya bitki kısımlarında yaşayıp, bitki dokularıyla beslenen zararlılardır. Nematodların verdiği zarar erken fide-fidan gibi dönemlerde daha büyük olabilmektedir. Ekonomik zarar bitki paraziti nematod türüne, konukçu bitkiye, toprak faktörlerine, popülasyon yoğunluğu ve çevre koşullarına göre değişim göstermektedir. Bitki paraziti nematodların zararı, bitki hücrelerini delmek, enzimleri iletmek ve beslenirken hücre içeriğini alabilmek için stiletlerini kullanmalarının bir sonucu olarak ortaya çıkmaktadır. Beslenmeleri nedeniyle hastalıklı bitkiler genellikle bodur, klorotik, solmuş, kök sistemleri küçülmüş ve deforme olmuş duruma gelmektedir. Bu, verimin azalmasına, uzun ömürlü bitkilerin ölmesine ve bitkinin diğer patojenlerin neden olduğu ikincil enfeksiyonlara yatkın olmasına yol açmaktadır (Phani vd., 2021; Howland ve Quintanilla, 2023). Dünya çapındaki tüm ürün kayıplarının kabaca %5 ila 10'u bitki paraziti nematodlardan kaynaklanmaktadır (Mitiku, 2018).

Bitki paraziti nematodlarla mücadele hala sentetik nemasitlerin kullanımına bağlıdır, ancak birçok kimyasalın insan sağlığına, çevre kirliliğine ve diğer

etmenlere yönelik riskleri nedeniyle kullanımları geri çekilmiş veya kısıtlanmıştır. Sentetik kimyasal nematisitlerin kullanımının azalması, çevre dostu alternatif stratejilere yönelik önemli talepler doğurmuştur (Meira vd., 2006). Toprak ıslahı, yeşil gübreler, biyofumigasyon, ürün rotasyonu, örtücü bitkiler, aşılama, dayanıklı çeşitler, toprak solarizasyonu ve buhar sterilizasyonu dahil olmak üzere çok çeşitli tarımsal stratejiler tek başına veya kombinasyon olarak nematod mücadelesinde kullanılmaktadır. Biyolojik mücadele bir potansiyel olarak etkili bir alternatiftir. Son zamanlarda “doğal kökenli pestisitler” veya “biyopestisitler” dahil olmak üzere sürdürülebilir kontrol araçlarına daha fazla önem verilmektedir (Vernico vd., 2023). Biyolojik etmenler hem canlı organizmaları baskıladığı, hem de içerdikleri metabolik ürünlerden dolayı bu etmenlere ilgi giderek artmaktadır (Thomas ve Willis, 1998).

Nematodların mücadelesinde alternatif olarak kullanıma potansiyeline sahip olan funguslar, bitki paraziti nematodların mücadelesinde ve yeni nematisitler için gelecek vaat eden bir rezervuar sağlamaktadır. Günümüzde az sayıda fungus sekonder metabolitinin potansiyel nematisit aktiviteleri test edilmiştir. Bu nedenle fungusların doğal ortamlarında sistematik olarak taranması, sekonder metabolitlerin nematisit veya antihelmintik aktivitelerinin araştırılmasına ihtiyaç duyulmaktadır (Laatsch, 2014; Garcia-Bustos vd., 2019). Bununla birlikte, nematisidal aktivitenin kantitatif tespiti için standartlaştırılmış protokoller mevcut değildir ve biyoaktivite analizlerinde kullanılan model nematodlara karşı aktif olan bileşikler, arazi koşullarında aktif olmayabilir veya bunun tersi de geçerlidir (Anderson vd., 1995). Bu nedenle çalışmalarda yaygın kullanılan model nematod türleri saprofit beslenme özelliğine sahip olan *Caenorhabditis elegans* ve *Panagrellus redivivus* nematodları dışında parazitik nematodlarla çalışılması daha da büyük önem arz etmektedir.

Nematofag funguslar, bitki paraziti nematod popülasyonlarını baskılayabilen önemli ve etkileyici bir toprak mikroorganizmaları grubudur. Nematofag funguslar, nematodlara saldırdıkları mekanizmalara göre kategorize edilmektedir. Bunlar; (1) yapışkan veya mekanik hif tuzakları kullanarak nematod yakalayan funguslar, (2) sporlarını kullanan endoparazit funguslar, (3) hif uçlarıyla nematod yumurtalarını veya dişileri istila eden yumurta paraziti funguslar ve (4) enfeksiyondan önce nematodları hareketsiz kılan toksin üreten funguslar olarak ayrılmaktadır (Liu vd., 2009). Nematofag fungus olarak ilk *Arthrobotrys superba* Corda 1839'da tanımlanmıştır, ancak o zamanlar bu fungusun avcı alışkanlığı bilinmiyordu. Avcı yani tuzaklayıcı özelliği ilk olarak 36 yıl sonra Zopf (1888) tarafından gözlemlendi ve *Orbilina* ve onun nematod yakalayan yaşam tarzıyla bağlantısı Pfister (1994) tarafından doğrulanmıştır. Tüm nematofag funguslarda enfeksiyon süreci sırasında ilk bariyer nematod

kütikulasıdır ve delinmesi gerekir. Daha sonra fungusun saldırı özelliğine bağlı olarak nematod hareketsiz hale getirilir ve sonunda av istila edilip sindirilmektedir (Lopez-Llorca ve Duncan, 1988). Bununla birlikte, birçok nematofag fungusun, nematodları hareketsiz hale getiren veya öldüren nematotoksinler ürettiği rapor edilmiştir ve ultrastrüktürel ve histokimyasal çalışmalar, nematod kütikülünün penetrasyonunun hidrolitik enzimlerin aktivitesini içerdiğini göstermektedir (Pham vd., 2020; Perez-Anzures vd., 2022).

Nematofag fungusların, nematodların biyokontrolünde kullanılma potansiyeli çok yüksek olmasına rağmen, araştırılması ve çözülmesi gereken bazı sorunlar bulunmaktadır. Nematofag fungusların çoğu fakültatif parazitlerdir. Bu tür fungusların yapay ortamda seri bir şekilde üretilmesi arzu edilir bir durum olmasına rağmen, yapay saprotrofik koşullar altında iyi büyüyen fungus türleri ve ırkları, doğal koşullarda gelişen funguslara nazaran zararlı nematodlara karşı daha az antagonistik veya parazitleştirme özelliği gösterebilir, ya da toprağa iyi yerleşmeyebilir (Akhtar ve Malik, 2000; Moosavi ve Zare, 2020). Ayrıca birçok nematofag fungusun konakçı aralığı nispeten dardır (Moosavi ve Zare 2020). Bunun yanı sıra, funguslardan doymamış yağ asitleri ve oligosporon tipi antibiyotikler gibi bileşiklerin saf formlarında elde edilmesi ve kullanılması pek olası değildir. Doğal ortamlarda nematofag bir fungus ile onun nematod konakçıları arasındaki doğrudan temasın ardından bu bileşikler aktif hale gelebilir ve nematodlar üzerinde öldürücü bir etkiye sahip olabilir (Stadler vd., 2003; Ahmad vd., 2021). Son olarak, nematofag bir fungusun tarımsal biyokontrol etmeni olarak kaydedilebilmesinden önce doğal faydalı organizmalara, insan ve çevreye karşı negatif etkisi olmamalı, sağlık ve güvenlik hususlarının dikkate alınması gerekmektedir. *Paecilomyces variotii*'nin farklı ırkları (teleomorph *Byssochlamys spectabilis*) herbisidal, insektisit ve nematisidal sekonder metabolitler üretebilir, ancak bazı ırkları ayrıca viriditoksin, C-6/C-6 üretmektedir (Houbraken vd., 2006). Bu bileşik bir mikotoksindir ve omurgalılara karşı benzer, istenmeyen etkiler sergileyebilir (Frisvad vd., 2006). Çevre, insan ve hayvanlara karşı olumsuz etki göstermeyen ancak nematodlar üzerinde etkin bir kontrol sağlama adına nematofag fungusların doğal bileşiklerinin tespit edilmesi için ayrıntılı çalışmaların devam etmesi gerekmektedir (Perez-Anzures vd., 2022).

Funguslar içerisinde Ascomycota ve Basidiomycota'nın 150 cinsindeki yaklaşık 280 fungus türünün, nematodlara karşı aktif olan toksik bileşikler ürettikleri için nematisit aktiviteye sahip olduğu rapor edilmiştir. Bu bileşiklerin 200'den fazlası nematisidal özelliğe sahiptir ve alkaloid, kinon, izoepoksidon, pıran, furan, peptid, makrolid, terpenoidler, yağ asidi, diketopiperazin, aftalin, linoloik asit ve basit aromatikleri içeren çeşitli kimyasal gruplara aittir

(Degenkolb ve Vilcinskas, 2016a, b). *Lachnum papyraceum* (Hyaloscyphaceae), nematisit sekonder metabolitlerin en üretken üreticilerinden biridir ve farklı koşullar altında kültürlenerek bu taksonomik gruptan 30'dan fazla nematisit metabolit izole edilmiştir. İzole edilen bu bileşiklerin yapısı izoepoksidon, izokumarin, mikorizin ve furan olarak belirlenmiştir (Shan vd., 1996). Khan ve Kgan (1992), 15 aseksüel Ascomycetes'ten elde edilen kültür filtratların nematisit etkisini *Meloidogyne incognita*'ya karşı test edilmiş ve *Acremonium strictum*, *Alternaria alternata*, *Curvularia pallescens*, *Nigrospora sphaerica*, *Paecilomyces lilacinus*, *Penicillium spinulosu*, ve *Trichoderma harzianum* yumurtadan çıkışı önemli oranda baskılamıştır. Çalışmada kültür filtratlarının nematoda karşı etkisi bazı toksik metabolitlerin üretimine atfedilmiştir. Termofilik bir fungus olan *Talaromyces thermophilus*'tan izole edilen Termolit A ve B, Avermektinlerle benzer aktiviteye sahip olup nematodlara karşı en güçlü aktiviteyi göstermiştir (Guo vd., 2012).

Alkaloidler güçlü sinirsel zehirleri, enzim inhibitörleri ve hücre zarı geçirgenliğini bozucu özellikleri ile etki gösterirler (Panche vd., 2016). Monoterpenoid grubunda yer alan bileşiklerinin asetilkolinesteraz aktivitesinin önemli ölçüde inhibe edilmesine neden olduğu bildirilmiştir (Saad vd., 2018). Monoterpenler ve fenilpropenler, seskiterpen ve alkollere kıyaslandığında asetilkolinesteraz aktivitesi üzerindeki inhibitör etkisi ile güçlü bir nematisidal aktivite gösterdiği belirtilmektedir (El-Habashy vd., 2020).

Bu kitap bölümünde Ascomycota ve Basidiomycota içerisinde yer alan önemli fungusların nematofag etkileri ve nematisidal bileşikleri ele alınmıştır.

2. Ascomycota

2.1. Arthrotrys Türlerinin Nematisidal Bileşikleri

Bu fungusların nematodları yakalayan özel yapılar üretmenin yanı sıra, nematodları yakalama işlemiyle aynı anda nematisit bileşikler de üretebileceği belirtilmektedir. Dolayısıyla bu fungusların nematodu sindirme ve yakalama süreci karmaşıktır. Nematod avlayıcı funguslar *Arthrotrys conoides*, *A. brochopaga*, *A. dactyloides*, *A. oligospora*, *Dactylella candida* ve *Monacrosporium doedycoides*'in misel ekstraktlarında bir alifatik bileşik linoleik asit tespit edilmiştir. Bileşiğin *C. elegans*'a karşı LD50'si 10 µg mL⁻¹ ve *M. incognita*'ya karşı LD30'u 100 µg mL⁻¹ olarak belirlenmiştir (Perez vd., 2022). Linoleik asit aynı zamanda *Chlorosplenium* sp. ve (Anke vd., 1995) ve Basidiomycete *Hericium coralloides* (Xiang ve Feng, 2001) ve *Pleurotus pulmonarius* (Stadler vd., 1994) da tespit edilmiştir. Linoleik asitin yanı sıra, *A. oligospora*'dan iki izoepoksidon bileşiği oligosporon ve bunun dihidro-türevi 4',5'-dihidro-oligosporon izole edilmiştir. Bu iki bileşik, koyun ve keçilerde,

özellikle tropik ve subtropik bölgelerde, anemiye sebep olan *Haemunchus cortortus* parazit nematoduna karşı test edilmiş ve LD50 değerleri 25 ve 50-100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ saptanmıştır. Ancak, *C. elegans* nematoduna karşı oligosporon ve 4',5'-dihidro-oligosporon 100 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 'e kadar konsantrasyonlarda etkisiz bulunmuştur (Anderson vd., 1995; Stadler vd., 1993). *Arthrobotrys oligospora*'dan artrobotrisin A-C (10-12) olarak adlandırılan üç yeni oligosporon izole edilmiştir, ancak yalnızca artrobotrisin A'nın *Panagrellus redivivus*'a karşı nematisit aktivite gösterdiği bulunmuştur (Wei vd., 2011).

2.2. Paecilomyces Türlerinin Nematisidal Bileşikleri

Paecilomyces türleri nematodları parazitleştirme yeteneğine sahiptir. Bunun yanısıra bu fungus türlerinin nematodlar üzerinde antimikrobiyal etkili sekonder metabolitlerin üretimi geniş çapta tanımlanmıştır. Bugüne kadar bir çok Paecilomyces türlerinden 223 sekonder metabolit belirlenmiştir (Dai vd., 2020). Bunlar arasında alkaloidlerin, fenolik bileşiklerin, uçucu organik bileşiklerin, steroidlerin, flavonoidlerin, peptidlerin, poliketidlerin, kinonların ve terpenoidlerin sentezi öne çıkmaktadır (Mousa vd., 2013; Lugtenberg vd., 2016; Li vd., 2020). Li vd., (2020) yakın zamanda farklı Paecilomyces türleri tarafından üretilen ve ilaç veya tarım kimyasalları geliştirme için kullanılabilir toplam 148 aktif metabolit tanımlamışlardır. Pirolobenzoksazin iskeletine sahip bir makrosiklik lakton türevi paeciloksazin, Paecilomyces sp. BAUA3058 izolatının kültür besiyerinden izole edilmiştir. Biyolojik analiz, bileşiğin 50 $\mu\text{g mL}^{-1}$ 'de *Rhabditis pseudoelongata*'ya karşı aktif olduğunu göstermiştir (Kanai vd., 2004). Nematisidal bileşikler serebrosid A ve B, başka bir Paecilomyces türünden izole edilmiştir (Zhang vd., 2010). Nematisidal bileşik 4-(4'-karboksi-2'-etil hidroksipenti)-5,6-dihidro-6-metil-siklobuta[b]piridin-3,6 dikarboksilik asit, Paecilomyces sp. YMF1.01761'den tanımlanmıştır. Bileşiğin *P. redivivus*'a karşı 48 saat içindeki LD50 değeri 50,86 mg L^{-1} , *M. incognita* için 47,1 mg L^{-1} ve *Bursaphelenchus xylophilus* için 167,7 mg L^{-1} olarak saptanmıştır (Liu vd., 2009b).

2.3. Trichoderma Türlerinin Nematisidal Bileşikleri

Nematisidal bir seskiterpen trikodermin, Trichoderma sp. YMF1.02647'nin etil asetat ekstraktından izole edilmiştir. Bileşik, 0,4 g L^{-1} 'de 72 saatte hem *P. redivivus* hem de *C. elegans*'ın %95'inden fazlasını öldürmüştür (Yang vd., 2010). Trikodermin, *T. viride*, *T. harzianum*, *T. longibrachiatum* ve *T. reesei* dahil olmak üzere Trikoderma'nın çeşitli türlerinden ve *Stachybotrys cylindrospora* ve *Memnoniella echinata* gibi diğer taksonomik gruplardan izole edilmiştir (Reino vd., 2008). Trikodermin bileşiği hücre zarından hızla yayılır ve

ribozoma bağlanarak peptidil transferaz ile etkileşime girerek proteinlerin translasyonunu engeller (Barua vd., 2019). Nematisidal aktivite gösteren gliotoksin, *Trichoderma virens* fungus izolatından elde edilmiştir (Anitha ve Murugesan, 2005). Uçucu organik bileşik 6-pentil-2H-piran-2-on, 1β-vinylcyclopentane-1α,3α-diol, ve 4-(2-hydroxyethyl) phenol isimli metabolitler *Trichoderma* sp. YMF 1.00416'den izole edilmiştir. Nematisidal aktivite analizleri, bileşiğin 2 mL'lik bir şişede 200 mg L⁻¹'de *P. redivivus*, *C. elegans* ve *B. xylophilus*'un %85'ini 48 saatte öldürebildiğini göstermiştir (Yang vd., 2012). Asetik asit, *P. lilacinus* ve *T. longibrachiatum*'un kültür filtratlarından izole edilmiştir (Djian vd., 1991; Park vd., 2004). Asetik asitin belirli nematodlara karşı seçici nematisit aktiviteye sahip olduğu gösterilmiştir (Djian vd., 1991).

2.4. Aspergillus Türlerinin Nematisidal Bileşikleri

Bitkilerde yaygın olarak bulunan bir antrakinon olan emodin aynı zamanda *Aspergillus glaucus*'tan da elde edilmiştir (Anke vd., 1980a, b). Emodin *M. incognita*'ya karşı aktivite göstermiştir (Mayer, 1995). Aspyrone, *A. melleus*'tan izole edilmiş ve 100 mg L⁻¹ ve 300 mg L⁻¹ konsantrasyonlarında sırasıyla %39 ve %80,8 öldürme oranlarıyla *Pratylenchus penetrans*'a karşı nematisit aktivite göstermiştir (Kimura vd., 1996). Nafuredin, *A. niger* FT-0554'ün kültür sıvısından anaerobik elektron taşıyıcısının bir inhibitörü olarak izole edilmiştir (Ui vd., 2001). *Aspergillus ustus*'tan nematisit özellik gösteren ofiyobolin, ophiobolin K ve 6-epiophiobolin K elde edilmiştir (Singh vd., 1991). İki bileşik aynı zamanda *Cochliobolus heterostrophus*'tan da izole edilmiştir (Rosegay vd., 1996). ββ,γ-dehidrokurvularin ve αβ-dehidrokurvularin, 8-β-hidroksi-7-oksokurvularin ve 7-oksokurvularin içeren dört makrolid *Aspergillus* sp.'den izole edilmiş ve kök lezyonu nematodu *P. penetrans*'a karşı nematisit aktivite göstermiştir. Ancak dört bileşiğin hiçbiri test edilen konsantrasyonlarda (1-1000 mg L⁻¹) *C. elegans* üzerinde gözlemlenebilir bir etkiye sahip olmamıştır (Kusano vd., 2003). αβ-dehidrokurvularin, 8-β-hidroksi-7-oksokurvularin ve 7-oksokurvularin bileşikleri *Alternaria*, *Cochliobolus*, *Curvularia* ve *Penicillium* cinslerindeki birçok tür tarafından üretilmektedir (Ghisalberti ve Rowland 1997; Zhang ve Hayde, 2014). Aspergillimid ve 16-keto aspergillimid, *Aspergillus* sp. IMI 337664'den izole edilmiştir (Banks vd., 1997). Ek olarak paraherkuamid SB203105, SB200437 ve VM54159 da bu ırktan izole edilmiştir. Bu çalışma, *Penicillium* cinsinin dışındaki bir organizmadan paraherkuamidleri bildiren ilk çalışmadır (Banks vd., 1997). *Aspergillus* sp. kültürlerinden elde edilen 5-hidroksimetil-2-furoik asit bileşiği *B. xylophilus*, *C. elegans* ve *M. incognita*'ya karşı etkili nematisit aktivite göstermiştir (Kimura vd., 2007; Wang vd., 2022).

Bir piran bileşiği olan patulin'in, 100 µg mL⁻¹'lik LD30 dozu ile *M. incognita*'ya karşı etkili olduğu kanıtlanmıştır ve bir oksijen heterosikl penisilik asidin *Anguillula aceti*'ye karşı zayıf aktiviteye sahip olduğu bulunmuştur (Mayer, 1995). Patulin, *Aspergillus* spp. dahil birçok fungusda bulunmuştur (Lopez-Diaz ve Flannigan, 1997). Gliotoksin, *Gliocladium fimbriatum*, *Aspergillus fumigatus*, *Penicillium* sp.'den izole edilmiştir (Tarbell vd., 1960; Beecham vd., 1966).

Fumikinin A, B ve spinulosin LL-S490 ve pseurotin A, *A. fumigatus*' ta saptanmıştır. Fumikinin A, *P. penetrans* ve *B. xylophilus*'a karşı etkili nematisidal aktivite gösterirken, fumikinin B yalnız *B. xylophilus*'a karşı aktivite göstermiştir. Ancak bu bileşiklerin *C. elegans*'a karşı hiçbir nematisidal aktivitesi belirlenememiştir (Hayashi vd., 2007). Bunun yanısıra *A. welwitschiae* izolatından izole edilen αβ-dehydrocurvularin (αβ-DC), *in vitro* ve *in vivo* çalışmalarda *M. graminicola*'ya karşı nematisidal etki göstermiş ve tarla koşullarında çeltik bitki köklerinde kök gal indeksini de etkili bir şekilde azaltmıştır (Xiang, vd., 2020).

2.5. *Penicillium* Türlerinin Nematisidal Bileşikleri

Penicillium bilaiae kültür filtratından elde edilen penipratinolen, *P. penetrans*'a karşı, 300 mg L⁻¹ konsantrasyonunda nematodun %77'sini öldürebilen nematod öldürücü aktivite göstermiştir (Alfaro vd., 2003; Nakahara vd., 2004). Alkin karbonlarının, *Penicillium* türlerinin nematisit aktivitesinde önemli bir rol oynamasının muhtemel olduğu ileri sürülmüştür (Mori vd., 1982). Nakahara vd., (2004), 6-metoksi-karbonilpikolinik asit ve 2,6 piridindikarboksilik asit bileşiklerinin *P. penetrans*'a karşı sırasıyla %52 ve %98 mortalite ile nematisidal aktivite gösterdiğini bildirerek, bileşiklerdeki karboksi gruplarının nematisit aktivitelerinde önemli rol oynayabileceğini belirtmişlerdir. Oksindol alkaloid paraherkuamid orijinal olarak *Penicillium paraherquei*'den izole edilerek, yapısı X-ışını kırınım analiziyle belirlenmiştir (Yamazaki vd., 1981). Paraherkuamid ve onun yeni analogları paraherkuamidler B, C, D, E, F, G, *P. charlesii*'nin (20841ATCC) başka bir türünden elde edilmiştir (Liesch ve Wichmann 1990). Yedi metabolitin tümü, *C. elegans*'a karşı 2,5-160 µg mL⁻¹ aralığında LD50 değerleri ile nematisidal aktivite göstermiştir. Bunların arasında paraherkuamid 2,5 µg mL⁻¹ LD50 değeriyle en güçlü olanı olarak rapor edilmiştir (Blanchflower vd., 1991).

Penicillium roqueforti miselyumundan alkaloid marcfortin A, B ve C elde edilmiştir (Prangé vd.,1981). Marcfortin A ve C'nin kimyasal yapıları X-ışını analiziyle belirlenmiştir. Bu üç bileşik, bitki paraziti ve hayvan endoparazit nematodlarına karşı güçlü antihelmitik özelliklere sahiptir (Zhang ve Hayde,

2014). *Penicillium*'un sıvı kültüründe alkaloid olan penipprekinolon, bilinen bileşikler olan penigeekinolonlar A, B ve 3-metoksi-4,6-dihidroksi-4-(4'-metoksifenil) kinolinon ile birlikte izole edilmiştir (Kusano vd., 2000). Bu bileşikler, 1000 mg L⁻¹ konsantrasyonunda *P. penetrans* karşı sırasıyla %82,4, %69,2 ve %57,7 öldürme oranları göstermiştir. Bu sonuçlar, C-5'teki bir fenolik hidroksil grubunun veya bu bileşiklerdeki bir tetrahidropiran halkasının *P. penetrans*'a karşı nematisit aktivitelerinden sorumlu olabileceğini düşündürmüştür (Kusano vd., 2000). Van Thi Nyguyen vd., (2022), *P. commune* KACC 45973 ırkından izole edilen cyclopiazonic acid'in domates bitkilerinin köklerinde *M. incognita*'nın 2. Dönem larva ve yumurta oluşumunu ciddi anlamda engellediğini belirlemişlerdir.

Brefeldin A, bilinen iki kimyasal askotoksin ve dekumbin ile aynıdır. İlk olarak *P. decumbens*'ten (Singleton vd., 1958) elde edilmiş ve daha sonra *P. brefeldianis* (Kim ve Kochevar 1995), *P. camemberti* (Abraham ve Arfmann 1992) ve *Hemicarpenetes paradoxus* (Anke vd., 1995) dahil olmak üzere diğer birçok mantar türünden izole edilmiştir.

2.6. *Pochonia chlamydosporia* Fungusunun Nematisidal Bileşikleri

Pochonia chlamydosporia nemasidal etki gösteren bazı sekonder metabolitler (pokonin, antiviral ve antiparazitik olan resorcylic acid, lactone, chonia) içermektedir. Aurovertin, *P. chlamydospora* tarafından üretilen ana bileşenler arasında yer alır ve antibiyotik özelliktedir (Niu vd., 2017). İki nematisidal aurovertin bileşiği aurovertin F ve D, *P. chlamydosporia*'dan izole edilmiştir. İki bileşiğin *P. redivivus*'a karşı LD50 değeri sırasıyla 88,6 ve 41,7 µg mL⁻¹ bildirilmiştir (Niu vd., 2010; Manzanilla-López vd., 2013). Funguslardan elde edilen Aurovertin tipi metabolitlerin (A3 ve A4), in vitro analizlerde *P. redivivus*'a karşı toksik olduğu kanıtlanmıştır (Niu vd., 2010). Aurovertin benzeri metabolitlerin kimyasal yapılarının, nematisit özelliklere sahip bir bileşik olan fomalaktona kısmen benzer olduğu gösterilmiştir.

Azafilon metaboliti psödohalonekrin A ve B'nin, suda yaşayan *Pseudohalonestria adversaria* YMF 1.01019 tarafından üretildiği ve *B. xylophilus*'a karşı nematisit aktiviteye sahip olduğu rapor edilmiştir (Dong vd., 2006).

3. Tanımlanamayan Ascomycetes'den Nematisidal Metabolitler

5-pentil-2-furaldehit, Dermateaceae familyasına ait tanımlanamayan bir Ascomycete'den ana nematisit bileşik olarak izole edilmiştir (Anke vd., 1995). Ayrıca Basidiomycete *Irpex lacteus* (Hayashi et al. 1981) ve tanımlanamayan bir mantar türü olan Kyu-W63 (Koitabashi et al. 2004) gibi diğer taksonomik gruplar

da bulunmuştur. 5-pentil-2-furaldehit, hem Ascomycetes hem de Basidiomycetes'te bulunan nematisit aktiviteye sahip birkaç metabolitten birisidir. Bu bileşik, 75 µg mL⁻¹'de LD50 ile *C. elegans*'a karşı, 60 µg mL⁻¹'de LD50 ile *M. incognita*'ya karşı ve 200 µg mL⁻¹'de LD90 ile *Aphelenchoides besseyi*'ye karşı etkili bulunmuştur (Hayashi vd., 1981). Bileşikler ymf 1029 A, B, C, D, E, preusomerin C, D, (4RS)-4,8-dihidroksi-3,4-dihidronaftalen-1(2H)-on ve 4,6,8 trihidroksi-3,4-dihidronaftalen-1(2H)-on tanımlanamayan bir tatlı su fungusundan (YMF 1.01029) izole edilmiştir. Bu bileşiklerin *B. xylophilus*'a karşı nematisit aktiviteleri bildirilmiştir (Dong vd., 2008). Ascomycetes A111-95 kültürlerinden dört bileşik 5-(2E)-2-buten-1-yliden-3-(1E)-1-propen-1-yl-2(5H) furanon, pregaliellalakton ve 5(R)-(1E)-1,3-bütadien-1-yl-3-(1E)-1-propen-1-yl-2(5H)-furanon, *C. elegans* ve *M. incognita*'ya karşı nematisidal aktiviteye sahiptir (Köpcke vd., 2002).

4. Basidiomyota

Bir çok araştırmacı Basidiomycota içerisinde yer alan fungusların nematodlara karşı inhibitör etkisini ve biyokontrol potansiyelini tespit etmişlerdir (Dong vd., 2006; Zhao vd., 2009; Themuhi vd., 2020). *Ganoderma lucidum* (Reişi mantarı)'nın içerisinde lektin bileşiği bulunmaktadır ve kök ur nematodları üzerinde baskılayıcı etki tespit edilmiştir (Themuhi vd., 2020). *Pleurotus* türleri gibi yenilebilir Basidiomycetes üyesi bazı türlerin, nematod hareketini engelleyebilen ve enzimatik etkisiyle nematodun vücuduna zarar veren nematisit aktiviteye sahip olduğu belirlenmiştir (Comans-Pérez vd., 2014). Basidiomycota içerisinde yer alan *Pleurotus pulmonarius*, *Bjerkandera adusta*, *Hypholoma fasciculare* ve *Pholiota squarrosa* funguslarından anisaldehit, 3-kloro-anisaldehit ve (4-metoksifenil)-1,2-propandiol izole edilmiştir ve antifungal ve nematisit özellikleri olduğu bildirilmiştir (Dejong vd., 1994). Peptit beauverisin aynı zamanda birçok Ascomycete'ten izole edilmiştir, fakat aynı zamanda Basidiomycota içerisinde yer alan Agaricomycetes sınıfı içerisindeki *Polyporus sulphureus*'tan da izole edilmiştir (Deol vd., 1978). *Polyporus cocos* yaygın olarak kullanılan geleneksel bir tıbbi mantardır ve 12 saat içinde 500 ppm'de *M. arenaria*'nın %83,9'unu ve *P. redivivus*'un %73,4'ünü öldürme kapasitesine sahip bir alkin 2,4,6 triasetilenik oktan diasit üretmektedir (Li vd., 2005).

Peptidal bileşikler omfalotin A ve bunun türevleri omfalotin B, C ve D, Basidiomycota içerisinde yer alan yine Agaricomycetes sınıfı içerisindeki *Omphalotus olearius*'tan elde edilmiştir (Mayer vd., 1997; Büchel vd., 1998; Anke vd., 1999). Tüm bu bileşiklerin, nematodlara karşı güçlü nematisit aktivitesi bulunmuştur (Chue vd., 2005). Nematisidal cyclic dodecapeptid olan Omphalotin A, *M. incognita*'ya karşı oldukça toksiktir (LD90: 0,76 µM). Ancak *C. elegans*'a

(LD90: 38 µM) karşı yaklaşık 50 kat daha az aktif belirlenmiştir (Büchel vd., 1998). Ticari olarak temin edilebilen nemasit ivermektin için karşılık gelen LD90 değerleri, *M. incognita* ve *C. elegans*'a karşı sırasıyla 4,6 µM ve 0,46 µM 'dı. Omfalotin A herhangi bir antimikrobiyal ve fitotoksik aktiviteden yoksundur ve yalnızca zayıf sitotoksik aktivite içerir, bu da onu potansiyel olarak yararlı bir nemasit yapar. Omfalotin B, C ve D türevlerinin tümü, omfalotin A'ninkine benzer nematisidal aktivitelere sahip bulunmuştur (Anke vd., 1999).

Seskiterpenler içerisinde yer alan marasmik asidin *M. incognita*'ya karşı zayıf aktiviteye sahip olduğu Mayer (1995) tarafından rapor edilmiştir. Marasmik asit orijinal olarak *Marasmius conigenus*'tan izole edilmiştir (Kavanagh et al. 1949). Daha sonra, *Lachnella villosa*, *Lachnella* sp. ve *Peniophora laeta* dahil diğer birçok basidiomisetlerden marasmik asit elde edilmiştir (Kupka vd., 1983; Sterner vd., 1985).

Üç furan seskiterpenoid laktarorufin A, laktarorufin B ve furantriol *Lactarius mitissimus*'tan izole edilmiştir ve her üç bileşik de *C. elegans*'a karşı yaklaşık 100 µg mL⁻¹ LD50 değerleriyle nematisidal aktivite göstermiştir (Daniewski vd., 2011). Marasmane seskiterpen izovelleral, *L. vellereus* mantarının yaralı meyve veren gövdelerinde bulunabilir. İzovelleral, 100 µg mL⁻¹'de LD30 ile *M. incognita*'ya karşı ve 50 µg mL⁻¹'de LD50 ile *C. elegans*'a karşı nematisidal aktivite göstermiştir (Mayer, 1995). Isovelleral, aynı zamanda diğer mantarların yaralanmış meyve veren gövdelerinde de bulunmuştur (Clerkyjzio ve Sterner, 1997).

Metil 3-p-anisoloksipropiyonat ve furan bileşiği 5-(4-pentenil)-2-furaldehid (203), *Irpex lacteus*'tan izole edilmiştir. İki bileşiğin *Aphelenchoides besseyi*'ye karşı LD50 değeri sırasıyla 25 µg mL⁻¹ ve 50 µg mL⁻¹ bulunmuştur (Hayashi vd., 1981). Ek olarak 5-pentil-2-furaldehid de *I. lacteus*'tan izole edilmiştir (Hayashi et al. 1981). *Dichomitus squalens*'in katı misel kültürlerinden aromadendrane olan 2β,13-dihidroksiledol izole edilmiş ve bu bileşik, 35.6 µg mL⁻¹'de LC50 ile *B. xylophilus*'a karşı güçlü aktivite sergilemiştir (Huang vd., 2004).

Alkaloid fenoksazon, *Calocybe gambosa*'nın misel kültürlerinden ve *Pycnoporus sanguineus*'un meyve veren gövdelerinden izole edilmiştir (Schlunegger vd., 1976; Gill, 1994). Bu bileşik *M. incognita*'ya karşı nematisidal aktivite göstermiştir (LD50: 50 µg mL⁻¹) (Mayer, 1995). *Cheimonophyllum candidissimum* TA 8644'ün batık kültürlerinden altı bisabolan seskiterpen cheimonophyllon A, B, C, D, E ve cheimonophyllal elde edilmiştir. Bu bileşiklerin *C. elegans*'a karşı LD50 değeri 10 ila 100 µg mL⁻¹ arasında belirlenmiştir (Stadler vd., 1994). Başka bir çalışmada, 1,2-dihidroksimintlakton bileşiği aynı mantardan izole edilmiştir (Stadler vd., 1995). 1,2-

Dihidroksimintlakton bir menitol monoterpenti *C. elegans*'a karşı LD50'si 25 µg mL⁻¹ belirlenmiştir. Bu, bir basidiomycete'den bildirilen p-mentan grubundaki ilk bileşik olarak rapor edilmiştir (Stadler et al. 1995). *Omphalotus olearius* Omfalotin A üretmektedir ve ticari olarak temin edilebilen nematisit ivermektin ile benzer nematisidal aktiviteye sahip bulunmuştur (Büchel vd., 1998; Zhang ve Hayde, 2014).

Lakantrilik asitler A-C (368-370) ve bilinen (3S)-1,2,3,4-tetrahidro3-β-karbolin-3-karboksilik asit olarak adlandırılan, daha önce tanımlanmamış üç antranilik asit türevidir, *Laccaria laccata*'nın (Schrey) bazidiomlarından izole edilmiştir. Bu bileşiklerin sitotoksikite olmaksızın 10 µg/mL öldürücü dozda (LD50) *C. elegans*'a karşı nematisidal etki gösterdiği bulunmuştur (Schrey vd., 2019).

5. Sonuç

Nematisidal etki gösteren funguslar hakkında yapılan araştırmaları incelediğimizde, biyolojik olarak aktif sekonder metabolitler açısından zengin bir kaynak oluşturdukları belirlenmiştir. Funguslar antimikrobiyal, antiinsektisit ve antinematisit özelliklerinden dolayı tıbbi ve biyolojik araştırma alanlarında önemli bir konuma sahiptir. Funguslar kolayca yapay ortamlarda kültüre alınabilir ve ekonomiktirler. Bu sayede aktif prensiplere sahip sekonder metabolitleri uygun maliyetle üretilebilmektedir. Mevcut incelemeler sonucunda fungusların bileşiklerinin nematodlara karşı çeşitli biyolojik özellikleri açıkça gösterilmektedir. Nematodların kontrolü için funguslardan yeni doğal ürünlerin keşfedilmesi ile çevre dostu bitki koruma yöntemlerine ulaşılabilecektir. Fungusların biyoaktif metabolitleri ile konakçı hücreler arasındaki etkileşimler, bunların nematisit ve diğer aktivitelerinin ardındaki mekanizmaları anlamak için incelenmelidir. Uluslararası ve disiplinler arası işbirlikler ile funguslardan gelecekte daha çevreci nematisit özellikte ürünler geliştirmek için araştırmalar teşvik edilmeli ve güçlendirilmelidir. Literatürde zararlılara ve hastalıklara karşı biyolojik kontrol etmenleri olarak çok sayıda mikroorganizma tanımlanmış olsa da, bazıları farklı mahsullerde yaşayabilirlik veya etkinlik eksikliğinden dolayı henüz ticarileştirilmemiştir. Sentetik kimyasalların istenmeyen etkilerini azaltmak için funguslardan elde edilen potansiyel biyoaktif metabolitlerin acilen ticarileştirilmesi gerekmektedir.

Kaynaklar

- Abad, P., Gouzy, J., Aury, J. M., Castagnone-Sereno, P., Danchin, E. G., Deleury, E. & Wincker, P. (2008). Genome sequence of the metazoan plant-parasitic nematode *Meloidogyne incognita*. *Nature biotechnology*, 26(8), 909-915.
- Abraham, W. R. & Arfmann, H. A. (1992). *Penicillium camemberti* a new source of brefeldin A. *Planta Medica*, 58, 484.
- Ahmad, G., Khan, A., Khan, A. A., Ali, A., & Mohhamad, H. I. (2021). Biological control: a novel strategy for the control of the plant parasitic nematodes. *Antonie van Leeuwenhoek*, 114(7), 885-912.
- Akhtar, M. & Malik, A. (2000). Roles of organic soil amendments and soil organisms in the biological control of plant-parasitic nematodes: a review. *Bioresource Technology*, 74(1), 35-47.
- Alfaro, M. C., Urios, A., González, M. C., Moya, P. & Blanco, M. (2003). Screening for metabolites from *Penicillium novae-zeelandiae* displaying radical-scavenging activity and oxidative mutagenicity: Isolation of gentisyl alcohol. *Mutation Research*, 539, 187–194.
- Anderson, M.G., Jarmin, T.B. & Rickards, R.W. (1995). Structures and absolute configurations of antibiotics of the oligosporon group from the nematode-trapping fungus *Arthrobotrys oligospora*. *Journal of Antibiotics*, 48:391–398.
- Anitha, R. & Murugesan, K. (2005). Production of gliotoxin on natural substrates by *Trichoderma virens*. *Journal of Basic Microbiology: An International Journal on Biochemistry, Physiology, Genetics, Morphology, and Ecology of Microorganisms*, 45(1), 12-19.
- Anke, H., Kolthoum, I., Zähler, H., & Laatsch, H. (1980a). Metabolic products of microorganisms. The anthraquinones of the *Aspergillus glaucus* group. I. Occurrence, isolation, identification and antimicrobial activity. *Archives of Microbiology*, 126, 223–230.
- Anke, H., Kolthoum, I. & Laatsch, H. (1980b). Metabolic products of microorganisms. The anthraquinones of the *Aspergillus glaucus* group. II. Biological activity. *Archives of Microbiology*, 126, 231–236.
- Anke, H., Stadler, M., Mayer, A., & Sterner, O. (1995). Secondary metabolites with nematicidal and antimicrobial activity from nematophagous fungi and Ascomycetes. *Canadian Journal of Botany*, 73(Suppl. 1), 932–939.
- Banks, R. M., Blanchflower, S. E., Everett, J. R., Manger, B. R., & Reading, C. (1997). Novel anthelmintic metabolites from an *Aspergillus* species; the *Aspergillimides*. *Journal of Antibiotics*, 50, 840–846.

- Barúa, J. E., de la Cruz, M., de Pedro, N., Cautain, B., Hermosa, R., Cardoza, R. E., ... & Collado, I. G. (2019). Synthesis of trichodermin derivatives and their antimicrobial and cytotoxic activities. *Molecules*, 24(20), 3811.
- Beecham, A. F., Fridrichsons, J., & Mathieson, A. M. (1966). The structure and absolute configuration of gliotoxin and the absolute configuration of sporidesmin. *Tetrahedron Letters*, 27, 3131–3138.
- Büchel, E., Martini, U., Mayer, A., Anke, H., & Sterner, O. (1998). Omphalotins B, C and D, nematocidal cyclopeptides from *Omphalotus olearius*. Absolute configuration of omphalotin A. *Tetrahedron*, 54, 5345–5352.
- Comans-Pérez, R., Aguilar-Marcelino, L., Mendoza de Gives, P., Sánchez, J. E., & López-Arellano, M. E. (2014). In vitro lethal capability of ten strains of edible mushrooms against *Haemonchus contortus* (Nematoda) infective larvae [conference poster]. In *Proceedings of 8th International Conference on Mushroom Biology and Mushroom Products (ICMBMP8), New Delhi, India*, 19-22 November 2014. Volume I & II (pp. 557-562). ICAR-Directorate of Mushroom Research.
- Dai, J. Y., Yang, Y., Dong, Y. S., & Xiu, Z. L. (2020). Solid-state co-cultivation of *Bacillus subtilis*, *Bacillus mucilaginosus*, and *Paecilomyces lilacinus* using tobacco waste residue. *Applied Biochemistry And Biotechnology*, 190, 1092-1105.
- Degenkolb, T., & Vilcinskis, A. (2016a). Metabolites from nematophagous fungi and nematocidal natural products from fungi as an alternative for biological control. Part I: metabolites from nematophagous ascomycetes. *Applied microbiology and Biotechnology*, 100, 3799-3812.
- Degenkolb, T., & Vilcinskis, A. (2016b). Metabolites from nematophagous fungi and nematocidal natural products from fungi as alternatives for biological control. Part II: metabolites from nematophagous basidiomycetes and non-nematophagous fungi. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100, 3813-3824.
- Deol, B. S., Ridley, D. D., & Singh, P. (1978). Isolation of cyclodepsipeptides from plant pathogenic fungi. *Australian Journal of Chemistry*, 31, 1397–1399.
- Djian, C., Pijarouovski, L., Ponchet, M., & Arpin, N. (1991). Acetic acid, a selective nematocidal metabolite from culture filtrate of *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samsan and *Trichoderma longibrachiatum* Rifai. *Nematologica*, 37, 101–102.
- Dong, J. Y., Song, H. C., Li, J. H., Tang, Y. S., Sun, R., Wang, L., Zhou, Y. P., Wang, L. M., Shen, K. Z., Wang, C. R., & Zhang, K. Q. (2008). Ymf

- 1029A E, Preussomerin Analogues from the Fresh-Water-Derived Fungus YMF 1.01029. *Journal of Natural Products*, 71, 952–956.
- Dong, J. Y., Zhou, Y. P., Li, R., Zhou, W., Zhu, Y. H., Huang, R., & Zhang, K. Q. (2006b). Newnematicidal azaphilones from the aquatic fungus *Pseudohalonectria adversaria* YMF1.01019. *FEMS Microbiology Letters*, 264, 65–69.
- El-Habashy, D. E., Abdel Rasoul, M. A., & Abdelgaleil, S. A. (2020). Nematicidal activity of phytochemicals and their potential use for the control of *Meloidogyne javanica* infected eggplant in the greenhouse. *European Journal of Plant Pathology*, 158, 381-390.
- Elling, A. A. (2013). Major emerging problems with minor *Meloidogyne* species. *Phytopathology*, 103(11), 1092-1102.
- Frisvad, J. C., Thrane, U., Samson, R. A., & Pitt, J. I. (2006). Important mycotoxins and the fungi which produce them. *Advances in food mycology*, 3-31.
- Garcia-Bustos, J. F., Sleeb, B. E., & Gasser, R. B. (2019). An appraisal of natural products active against parasitic nematodes of animals. *Parasites & Vectors*, 12(1), 1-22.
- Ghisalberti, E. L., & Rowland, C. V. (1997). 6-Chlorodehydrocurvularin, a new metabolite from *Cochliobolus spicifer*. *Journal of Natural Products*, 56, 2175–2177.
- Gill, M. (1994). Pigments of fungi (Macromycetes). *Natural Product Reports*, 11, 67–90.
- Guo, J. P., Zhu, C. Y., Zhang, C. P., Chu, Y. S., Wang, Y. L., Zhang, J. X., ... & Niu, X. M. (2012). Thermolides, potent nematocidal PKS-NRPS hybrid metabolites from thermophilic fungus *Talaromyces thermophilus*. *Journal of the American Chemical Society*, 134(50), 20306-20309.
- Hayashi, H., Nakatani, T., Inoue, Y., Nakayama, M., & Nozaki, H. (1997). New dihydroquinolinone toxic to *Artemia salina* produced by *Penicillium* sp. NTC-47. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 61, 914–916.
- Houbraken, J., Samson, R. A., & Frisvad, J. C. (2006). Byssochlamys: significance of heat resistance and mycotoxin production. In *Advances in food mycology* (pp. 211-224). Boston, MA: Springer US.
- Howland, A. D., & Quintanilla, M. (2023). Plant-Parasitic Nematodes and their Effects on Ornamental Plants: A Review. *Journal of Nematology*, 55(1).
- Jones, J. T., Haegeman, A., Danchin, E. G., Gaur, H. S., Helder, J., Jones, M. G., ... & Perry, R. N. (2013). Top 10 plant-parasitic nematodes in molecular plant pathology. *Molecular plant pathology*, 14(9), 946-961.

- Kanai, Y., Fujimaki, T., Kochi, S., Konno, H., Kanazawa, S., & Tokumasu, S. (2004). Paeciloxazine, a novel nematocidal antibiolic from *Paecilomyces* sp. *Journal of Antibiotics*, 57, 24–28.
- Khan, S. T., & Kgan, T. A. (1992). Effect of culture filtrates of soil fungi on the hatching and mortality of root knot nematode (*Meloidogyne incognita*). *Current Nematology*, 3(1), 53-60.
- Kim, H. L., & Kochevar, J. (1995). Isolation of brefeldin A. *General Pharmacology*, 26, 363–364.
- Kimura, Y., Nakahara, S., & Fujioka, S. (1996b). Aspyrone, a nematocidal compound isolated from the fungus, *Aspergillus melleus*. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 60, 1375–1376.
- Kimura, Y., Tani, S., Hayashi, A., Ohtani, K., Fujioka, S., Kawano, T., & Shimada, A. (2007). Nematocidal activity of 5-hydroxymethyl-2-furoic acid against plant-parasitic nematodes. *Zeitschrift Fur Naturforschung C*, 62, 234–238.
- Köpcke, B., Johansson, M., Sterner, O., & Anke, H. (2002). Biologically active secondary metabolites from the ascomycete A111-95. 1. Production, isolation and biological activities. *Journal of Antibiotics*, 55, 36–40.
- Kusano, M., Koshino, H., Uzawa, J., Fujioka, S., Kawano, T., & Kimura, Y. (2000). Nematocidal alkaloids and related compounds produced by the fungus *Penicillium* cf. *Simplicissimum*. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 64, 2559–2568.
- Kusano, M., Nakagami, K., Fujioka, S., Kawano, T., Shimada, A., & Kimura, Y. (2003). β,γ -dehydrocurvularin and related compounds as nematocides of *Pratylenchus penetrans* from the Fungus *Aspergillus* sp. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 67, 1413–1416.
- Laatsch, H. (2014) *Antibase 2014 SciDex v. 1.2.495 – The natural compounds identifier*. Wiley-VCH, Weinheim.
- Li, G. H., Shen, Y. M., & Zhang, K. Q. (2005). Nematocidal activity and chemical component of *Poria cocos*. *The Journal of Microbiology*, 43, 17–20.
- Li, X.Q., Xu, K., Liu, X.M. & Zhang, P. A. (2020). Systematic review on secondary metabolites of *Paecilomyces* species: Chemical diversity and biological activity. *Planta Med.*, 86, 805–821.
- Liesch, J. M., & Wichmann, C. F. (1990). Novel antinematodal and antiparasitic agents from *Penicillium charlesii*. II. Structure determination of paraherquamides B, C, D, E, F, and G. *Journal of Antibiotics*, 43, 1380–1386.
- Liu, X., Xiang, M., & Che, Y. (2009). The living strategy of nematophagous fungi. *Mycoscience*, 50(1), 20-25.

- Liu, Y. J., Zhai, C. Y., Liu, Y., & Zhang, K. Q. (2009b). Nematicidal activity of *Paecilomyces* spp. and isolation of a novel active compound. *The Journal of Microbiology*, 47, 248–252.
- Lopez-Diaz, T. M., & Flannigan, B. (1997). Production of patulin and cytochalasin E by *Aspergillus clavatus* during malting of barley and wheat. *International Journal of Food Microbiology*, 35, 129–136.
- López-Llorca, L. V., & Duncan, G. H. (1988). A scanning electron microscopy study of fungal endoparasitism of cereal cyst nematode (*Heterodera avenae*). *Canadian Journal of Microbiology*, 34, 613–619.
- Lugtenberg, B.J.; Caradus, J.R.; Johnson, L.J. Fungal endophytes for sustainable crop production. *FEMS Microbiology Ecology* 2016, 92, 194.
- Manzanilla-Lopez, R. H., Esteves, I., Finetti-Sialer, M. M., Hirsch, P. R., Ward, E., Devonshire, J., & Hidalgo-Díaz, L. (2013). *Pochonia chlamydosporia*: Advances and challenges to improve its performance as a biological control agent of sedentary endo-parasitic nematodes. *Journal of Nematology*, 45(1), 1.
- Mayer, A. (1995). Ph.D. thesis, University of Kaiserslautern, Kaiserslautern.
- Meira, B. E., Edna, S., & Yitzhak, S. (2006). Nematicidal activity of *Chrysanthemum coronarium*. *European Journal of Plant Pathology*, 114, 427–433.
- Mitiku, M. (2018). Plant-parasitic nematodes and their management: A review. *Agric. Res. Technol*, 8, 30–38.
- Moosavi, M. R., & Zare, R. (2020). Fungi as biological control agents of plant-parasitic nematodes. *Plant defence: biological control*, 333–384.
- Mori, M., Hyeon, S., Kimura, Y., & Suzuki, A. (1982). The nematicidal activity of acetylene compounds. *Agricultural and Biological Chemistry*, 46, 309–311.
- Nakahara, S., Kusano, M., Fujioka, S., Shimada, A., & Kimura, Y. (2004). Penipratynolene, a novel nematicide from *Penicillium bilaiae* Chalabuda. *Bioscience Biotechnology and Biochemistry*, 68, 257–259.
- Niu, X. M. (2017). Secondary metabolites from *Pochonia chlamydosporia* and other species of *Pochonia*. *Perspectives In Sustainable Nematode Management Through Pochonia Chlamydosporia Applications For Root And Rhizosphere Health*, 131–168.
- Niu, X. M., Wang, Y. L., Chu, Y. S., et al. (2010). Nematodetoxic aurovertin-type metabolites from a root-knot nematode parasitic fungus *Pochonia chlamydosporia*. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 58, 828–834.

- Panche, A. N., Diwan, A. D., & Chandra, S. R. (2016). Flavonoids: an overview. *Journal of Nutritional Science*, 5, e47.
- Park, J. O., Hargreaves, J. R., McConville, E. J., Stirling, G. R., Ghisalberti, E. L., & Sivasithamparam, K. (2004). Production of leucinostatins and nematicidal activity of Australian isolates of *Paecilomyces lilacinus* (Thom) Samson. *Letters in Applied Microbiology*, 38, 271–276.
- Pérez-Anzúrez, G., Olmedo-Juárez, A., Von-Son de Fernex, E., Alonso-Díaz, M. Á., Delgado-Núñez, E. J., López-Arellano, M. E., ... & Mendoza-de Gives, P. (2022). *Arthrotrrys musiformis* (Orbiliales) kills *Haemonchus contortus* infective larvae (Trichostrongylidae) through its predatory activity and its fungal culture filtrates. *Pathogens*, 11(10), 1068.
- Pfister, D. H. (1994). *Orbilia fimicola*, a nematophagous discomycete and its *Arthrotrrys* anamorph. *Mycologia*, 86(3), 451–453.
- Pham, M. T., Huang, C. M., & Kirschner, R. (2020). Antagonism against soil nematodes and plant pathogens and test of oxide solubilization in a subtropical wood-decay mushroom. *Tropical Ecology*, 61, 173–179.
- Phani, V., Khan, M. R., & Dutta, T. K. (2021). Plant-parasitic nematodes as a potential threat to protected agriculture: Current status and management options. *Crop Protection*, 144, 105573.
- Prangé, T., Billion, M. A., Vuilhorgne, M., Pascard, C., Polonsky, J., & Moreau, S. (1981). Structures of marcfortine B and C (X-ray analysis), alkaloids from *Penicillium Roqueforti*. *Tetrahedron Letters*, 22, 1977–1980.
- Reino, J. L., Guerrero, R. F., Hernández-Galán, R., & Collado, I. G. (2008). Secondary metabolites from species of the biocontrol agent *Trichoderma*. *Phytochemistry Reviews*, 7, 89–123.
- Saad, M. M., & Abdelgaleil, S. A. (2018). Effectiveness of monoterpenes and phenylpropenes on *Sitophilus oryzae* L. (Coleoptera: Curculionidae) in stored wheat. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 21(4), 1153–1158.
- Schlunegger, U. P., Kuchen, A., & Clemençon, H. (1976). Mycelium products in higher fungi. I. phenoxazine derivatives in *Calocybe gambosa*. *Helvetica Chimica Acta*, 59, 1383–1388.
- Schrey, H., vd., 2019. Nematicidal anthranilic acid derivatives from *Laccaria* species. *Phytochemistry* 160, 85–91. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2019.01.008>
- Shan, R., Anke, H., Stadler, M., & Sterner, O. (1996). Papyracillic acid, a new penicillic acid analogue from the ascomycete *Lachnum papyraceum*. *Tetrahedron*, 52(30), 10249–10254.
- Singh, S. B., Smith, J. L., Sabnis, G. S., Dombrowski, A. W., Schaeffer, J. M., Goetz, M. A., & Bills, G. F. (1991). Structure and conformation of

- opiophiobolin K and 6- epiopiobolin K from *Aspergillus ustus* as a nematocidal Agent. *Tetrahedron*, 47, 6931–6938.
- Singleton, V. L., Bohonos, N., & Ullstrup, A. J. (1958). Decumbin, a new compound from a species of *Penicillium*. *Nature*, 181, 1072–1073.
- Stadler, M., Anke, H., & Sterner, O. (1993). Linoleic acid—The nematocidal principle of several nematophagous fungi and its production in trap-forming submerged cultures. *Archives of Microbiology*, 160, 401-405.
- Stadler, M., Mayer, A., Anke, H., & Sterner, O. (1994). Fatty acids and other compounds with nematocidal activity from cultures of basidiomycetes. *Planta Medica*, 60, 128–132.
- Stadler, M., Tichy, H. V., Katsiou, E., & Hellwig, V. (2003). Chemotaxonomy of *Pochonia* and other conidial fungi with *Verticillium*-like anamorphs. *Mycological Progress*, 2(2), 95-122.
- Tarbell, D. S., Carman, R. M., Chapman, D. D., Huffman, K. R., & McCorkinadale, N. J. (1960). The structure of Fumagillin. *Journal of the American Chemical Society*, 82, 1005–1007.
- Themuhi, M., Shanthi, A., Krishnamoorthy, A. S., Swarnakumari, N., & Amirtham, D. (2020). In vitro screening of macro basidiomycetous fungi against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 8, 641-644.
- Thomas, M. B., & Willis, A. J. (1998). Biocontrol—risky but necessary?. *Trends in Ecology & Evolution*, 13(8), 325-329.
- Ui, H., Shiomi, K., Yamaguchi, Y., Masuma, R., Nagamitus, T., Takano, D., Sunazuka, T., Namikoshi, M., & Ōmura, S. (2001). Nafuredin, a novel inhibitor of NADH-fumarate reductase, produced by *Aspergillus niger* FT-0554. *Journal of Antibiotics*, 54, 234–238.
- Van Thi Nguyen, N. H. Y., Lee, Y., Hwang, I. M., Bui, H. X., & Kim, J. C. (2022). Nematicidal Activity of Cyclopiazonic Acid Derived From *Penicillium commune* Against Root-Knot Nematodes and Optimization of the Culture Fermentation Process. *Innovative Biocontrol Strategies to Manage Crop and Pest Diseases*.
- Wang, X. C., & Zhuang, W. Y. (2022). New species of *Aspergillus* (*Aspergillaceae*) from tropical islands of China. *Journal of Fungi*, 8(3), 225.
- Wei, L. X., Zhang, H. X., Tan, J. L., Chu, Y. S., Li, N., Xue, H. X., Wang, Y. L., Niu, X. M., Zhang, Y., & Zhang, K. Q. (2011). Arthrobotrisins A-C, oligosporons from the nematode-trapping fungus *Arthrobotrys oligospora*. *Journal of Natural Products*, 74, 1526–1530.

- Xiang, C., Liu, Y., Liu, S.M., Huang, Y.F., Kong, L.A., Peng, H., Huang, W.K. (2020). $\alpha\beta$ -Dehydrocurvularin isolated from the fungus *Aspergillus welwitschiae* effectively inhibited the behaviour and development of the root-knot nematode (*Meloidogyne graminicola*) in rice roots. *BMC Microbiology*, 20, 48
- Xiang, H. Q., & Feng, Z. X. (2001). The nematicidal toxicity of the fruits bodies of *Pleurotus ostreatus*. *Journal of Shenyang Agricultural University*, 32, 173–175.
- Yamazaki, M., Okuyama, E., Kobayashi, M., & Inoue, H. (1981). The structure of paraherquamide, a toxic metabolite from *Penicillium paraherquei*. *Tetrahedron Letters*, 22, 135–136.
- Yang, Z. S., Li, G. H., Zhao, P. J., Zheng, X., Luo, S. L., Li, L., Niu, X. M., & Zhang, K. Q. (2010). Nematicidal activity of *Trichoderma* spp. and isolation of an active compound. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26, 2297–2302.
- Yang, Z. S., Yu, Z. F., Lei, L. P., Xia, Z. Y., Shao, L., Zhang, K. Q., & Li, G. H. (2012). Nematicidal effect of volatiles produced by *Trichoderma* sp. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 15, 647–650.
- Zhang, K. Q., & Hyde, K. D. (Eds.). (2014). *Nematode-trapping fungi* (Vol. 23). Springer Science & Business.
- Zhang, Y. G., Yuan, W. P., Xia, X. Q., Liu, X., Meng, X. M., Wang, X. J., Zhang, J. S., & Liu, C. H. (2010). Isolation and identification of the nematicidal secondary metabolites from one strain of entomogenous fungi. *Chinese Journal of Pesticide Science*, 12, 225–228.
- Zhao, S., Guo, Y.X., Liu, Q.H., Wang, H.X. & Ng T.B.(2009). Lectins but not antifungal proteins exhibit anti-nematode activity. *Environmental Toxicology and Pharmacology*, 28(2), 265-268.
- Zopf, W. (1888). *Zur Kenntniss der Infections-Krankheiten niederer Thiere und Pflanzen* (Vol. 52, No. 7). E. Blochmann.

Bölüm 25

Türkiye'nin Akdeniz Bölgesine Özgü Bal Arısı (*Apis Mellifera* L.,) Genotiplerinde Hijyenik Davranış Karakterinin Belirlenmesi

Ulviye KUMOVA¹¹

Özet

Bu araştırma, Akdeniz Bölgesini temsil eden lokasyonlardaki bal arısı (*Apis mellifera* L.,) gen kaynaklarının hijyenik davranış karakterlerinin tanımlanması, seleksiyon programlarının uygulanabilmesi, bölge koşullarına uygun, arı hastalık ve zararlılarına karşı dirençli, hijyenik ıslah materyalinin ortaya çıkarılması, bölge arıcılığında arıcılık potansiyelinin yükseltilmesi amacıyla yapılmıştır. Araştırma, Akdeniz bölgesini temsil eden 9 ilin, 25 farklı lokasyondan (Isparta: *Sütçüler, Merkez, Eğirdir.*, Burdur: *Ağlasun, Merkez.*, Antalya: *Akseki, Ibradi, Manavgat.*, Kahramanmaraş: *Afşin, Nurhak, Merkez.*, Kilis: *Musabeyli.*, Hatay: *Yayladağ, Kırıkhan, Hassa.*, Osmaniye: *Sumbas, Toprakkale, Düziçi.*, Mersin: *Çamlıyayla, Erdemli, Mut.*, Adana: *Karataş, Tufanbeyli, Aladağ, Balcalı*) toplanmıştır.

Akdeniz bölgesinin 25 farklı coğrafi yöresinden temin edilen, orjinal ana arılara sahip 120 araştırma kolonisinde hijyenik test, 2010 yılının Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz aylarında 4 kez uygulanmıştır. Akdeniz Bölge arı materyali kolonilerin, hijyenik davranışını belirleme testinde, sıvı nitrojen gazı yöntemi kullanılmıştır. Sıvı nitrojen gazı uygulamasından ilk 24 ve 48 saat sonra, yavrulu peteklerin fotoğrafları çekilmiş ve bilgisayar ortamında ilk 24 ve 48 saat sonra temizlenen petek gözlerinin sayımı yapılarak temizleme miktarı (adet/koloni) ve temizleme yüzde (%) değeri belirlenmiştir. Hijyenik test sonucuna ait veriler, Tesadüf Blokları Deneme Planına göre analiz edilerek. DUNCAN ÇKT'ne göre karşılaştırmaları yapılmıştır.

Akdeniz Bölgesinden toplanan orijinal arı genotip gruplarına ait hijyenik test değerlerine ve dönem ortalama değerlerine uygulanan varyans analizinde; genotip grupları, dönemler ve genotipxdönem interaksyonunun $P<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Araştırma genotip grubu kolonilerinin, toplam 48 saatte temizledikleri ölü pupa sayısı ve temizleme yüzdesi ortalama 174.38 ± 29.01 adet pupa/koloni ve $\% 85.06\pm 14.15$ olarak belirlenmiştir. Akdeniz

1-Prof. Dr. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü. Balcalı
Adana/Türkiye. ulkumova@cu.edu.tr ORCID No:0000-0002-1461-8587

Bölge arı genotiplerinin bireysel hijyenik davranış açısından gösterdikleri sonuçlar irdelendiğinde; 120 adet bireysel bal arısı kolonisinden 11 adet koloninin % 100 ile % 95 arasında, 18 adet koloninin % 94 ile % 90 arasında ve 34 adet koloninin % 89 ile % 85 düzeyinde temizleme davranışı sergilediği ortaya konmuştur. Sonuç olarak araştırmaya giren 120 bal arısı kolonisinden 63 adet koloninin % 85 ve üzeri hijyenik davranış gösterdiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: *Apis mellifera*, Akdeniz Bölgesi, Hijyenik Davranış, Sıvı Nitrojen Gazı, Temizleme Miktarı, Temizleme Yüzdesi.

Identification Of Hygienic Behavior Character İn Genotypes Of Honey Bees (*Apis Mellifera* L.) Specific To The Mediterranean Region Of Turkey

Abstact

This research was conducted to identify the hygienic behavior characteristics of honey bee (*Apis mellifera* L.) genetic resources in locations representing the Mediterranean Region, to enable the implementation of selection programs, to develop hygienic breeding characteristics resistant to bee diseases and pests suitable for regional conditions, and to enhance the beekeeping potential in the region. The research involved the collection of honey bee samples from 25 different locations in 9 provinces representing the Mediterranean Region (*Sütçüler, Merkez, Eğirdir* in Isparta; *Ağlasun, Merkez* in Burdur; *Akseki, Ibradi, Manavgat* in Antalya; *Afşin, Nurhak, Merkez* in Kahramanmaraş; *Musabeyli* in Kilis; *Yayladağ, Kırıkhan, Hassa* in Hatay; *Sumbas, Toprakkale, Düziçi* in Osmaniye; *Çamlıyayla, Erdemli, Mut* in Mersin; *Karataş, Tufanbeyli, Aladağ, Balcalı* in Adana).

Hygienic tests were conducted four times in April, May, June, and July of 2010 on 120 research colonies with original queen bees obtained from 25 different geographical locations in the Mediterranean Region. The liquid nitrogen gas method was used to determine the hygienic behavior of the Mediterranean Region bee colonies. Photographs of brood frames were taken 24 and 48 hours after the application of liquid nitrogen gas, and the number of cleaned cells within the first 24 and 48 hours was counted in a computer environment to determine the amount of cleaning (number/colony) and the cleaning percentage (%). The data from the hygienic test results were analyzed according to a Randomized Complete Block Design and compared using the Duncan Multiple Range Test. In the variance analysis applied to the hygienic test values of the original bee

genotype groups collected from the Mediterranean Region and the period mean values, it was determined that genotype groups, periods, and genotype x period interaction were significant at the $P<0.05$ level. The average number of dead pupae cleaned by the genotype group colonies in a total of 48 hours and the cleaning percentage were determined to be 174.38 ± 29.01 pupae/colony and $85.06\pm 14.15\%$, respectively.

When the results of the individual hygienic behavior of the bee genotypes in the Mediterranean Region were examined, it was revealed that out of 120 individual honey bee colonies, 11 colonies exhibited cleaning behavior between 95% and 100%, 18 colonies exhibited cleaning behavior between 90% and 94%, and 34 colonies exhibited cleaning behavior between 85% and 89%. As a result, it was determined that 63 out of the 120 honey bee colonies included in the study exhibited hygienic behavior of 85% and above.

Keywords: *Apis mellifera*, Mediterranean Region, Hygienic Behavior, Liquid Nitrogen Gas, Cleaning Amount, Cleaning Percentage.

Giriş

Günümüze kadar çeşitli yöntemlerle tanım ve sınıflandırılması yapılan, yirmi altı adet *Apis mellifera* bal arısı türünün coğrafik ırkları içersin de dördü (*A. m. ligustica*, *A. m. caucasica*, *A. m. carnica* ve *A. m. mellifica*) ekonomik açıdan önem kazanmış ve çeşitli ülkelerde yaygın yetiştiriciliği yapılan arı ırklarını oluşturmuştur. Belirlenen bu coğrafik arı ırklar arasında önemli morfolojik farklılıkların yanında, davranış karakterleri ve performansları (yaşama gücü, kuluçka etkinliği, koloni populasyon gelişimi, hijyenik davranış, polen ve nektar toplama davranışı, savunma davranışı, oğul eğilimi, bal verimi, kışı geçirme yeteneği) açısından da çok önemli farklılıkların olduğu ortaya konmuştur (Rothenbuhler vd., 1968., Stort, 1975., Johansson ve Johansson, 1979., Collins vd., 1982., Harbo, 1986., Oldroyd ve Goodman, 1988., Arathi ve Spivak, 2001., Neupane ve Thapa, 2005).

Bal arısı ırkları, ekotipleri ve genotipleri arasında davranış özelliği ile hastalık ve parazitlere karşı direnç mekanizmasının belirlenmesi, arı yetiştiriciliğinde önemle durulması gereken bir konuyu oluşturmaktadır (Warrit vd., 2004). Diğer tüm canlılarda olduğu gibi bal arılarının sağlığını etkileyen, yaşama gücünü ve verimliliğini düşüren birçok bulaşıcı özellikte hastalıklar, iç ve dış parazitler, zararlı böcekler, kuşlar, diğer zararlılar) ve çevresel faktörler (pestisitler, iklim değişiklikleri, kuraklık, GND değiştirilmiş bitkiler, zehirli bitkiler, beslenme yetersizliği) bulunmaktadır.

Bal arılarının davranışları, özellikle çeşitli hastalık ve zararlılara karşı gösterdiği direnç mekanizmaları, arasında büyük varyasyon bulunmaktadır. Bal

arılarında, hastalık ve zararlılara karşı kullanılan genetik direnç mekanizması; fizyolojik, hijyenik ve anatomik açıdan üç farklı yönde ortaya çıkmaktadır (Cobey, 2007). Ergin bal arısının veya larvaların fizyolojik ürün üreterek hastalık etmeninin gelişimini veya üremesini baskı altına almasını sağlaması bir fizyolojik direnç mekanizmasıdır.

Bal arılarının Amerikan Yavru Çürüklüğüne (AFB) karşı gösterdikleri dayanıklılık bir hijyenik davranıştır. Bu hastalığa karşı gösterdikleri direncin hastalıklı yavruların petek gözlerinden çıkartılarak kovandan dışarı atılması ile olmaktadır (Kumova, 1989., Spivak ve Gilliam, 1998a).

Bal arısında hijyenik davranış ilk olarak, AFB kontrolünde bir potansiyel yöntem olarak kabul edilmiştir (Park vd., 1937). AFB'ne dayanıklılık ve hijyenik davranışın genetik bilimini araştıran ve hijyenik davranış deyiminin seviyesinin farklı hatlardaki koloniler arasında değişebildiğini göstermiştir (Rothenbuhler, 1964a).

Hijyenik davranış 28 gün yaşına kadar işçi arılar tarafından gerçekleştirilmekte, (Thompson, 1964), hızla hareket eden az sayıdaki, hijyenik işçi arılar çok sayıda ölü pupayı etkinlikle ortadan kaldırmaktadırlar (Rothenbuhler 1964b., Jones ve Rothenbuhler 1964). Bu durum aynı zamanda davranışın hijyenik arılar için kalıtsal olduğunu ve öğrenilmeden yapıldığını ve eşit sayıda hijyenik ve hijyenik olmayan işçi arılardan oluşturulan karma kolonilerde bile davranışsal fenotipin bulunduğunu göstermektedir (Trump vd., 1967).

Hijyenik davranışın, 12-18 günlük yaştaki bal arısı (*A.mellifera* L.) işçi arılarının yavru hastalıklarına, kireç hastalığına ve *Varroa* zararlısına karşı gösterdikleri, önemli bir davranışsal direnç mekanizması olduğu ortaya konmuştur (Arathi vd., 2000; Palacio vd., 2000; Andere vd., 2001; Flores vd., 2001; Kamel vd., 2003). Bal arılarında (*A. mellifera* L.) hijyenik davranışın, populasyon içinde ve türler arasında yüksek derecede farklılık gösterdiği, hijyenik arılarda görülen davranışların tamamının Amerikan Yavru Çürüklüğü, Kireç hastalığı ve *Varroa*'yı içine alan, değişik arı hastalıklarına karşı gösterilen direnç mekanizmasından kaynaklandığı belirtilmektedir (Spivak ve Gilliam, 1998b., Wilkes ve Oldroyd, 2002).

Varroa zararına karşı toleranslı bal arıları geliştirme çalışmaları Güney Amerika, Meksika ve Avrupa ülkelerinde başlatılmış ve olumlu sonuçlar alınmıştır. *Varroa*'ya tolerans gösteren arı genotiplerinin kalıtım ve çevresel faktörlerin bağımsız veya birlikte etkisine bağlı olarak ortaya çıktığı belirlenmiştir (Erickson vd., 1998). Genetik varyasyondan yararlanarak, varroya dayanıklı ve hassas olan koloniler selekte edilerek, bu kolonilerden ana arılar yetiştirilmekte ve bu arı genotipleri ile çalışmalar yapılmaktadır. Bal arısı ırkları

arasında, varroa parazitiine karşı önemli genetik farklılıkların bulunması, bu yönde ümit verici gelişmelerdir (Arathi ve Spivak, 2001., Andere vd., 2001., Kamel vd., 2003).

Avustralya'da 10 farklı ticari arı genotipi hijyenik davranış yönünden değerlendirmiş ve iki irkin yüksek hijyenik davranış gösterdiği bildirilmiştir (Oldroyd vd., 1996).

Kolonilerde hijyenik davranışı belirlemek için, kapalı yavru gözü bulunan bir peteğin belirli bir kısmını keserek, kolonilerin temizleme davranışı gözlenmiştir. Petekten kesilen kapalı yavru gözü, dondurulduktan sonra, kesilen peteğe tekrar yerleştirilerek, kolonilerin 24 ve 48 saatteki temizleme davranışı belirlenmiştir. Test sonucunda kolonilerin 48 saat içerisinde de temizledikleri ölü pupa sayısına göre koloninin hijyenik açıdan değerlendirilmesi yapılmıştır (Spivak vd., 1998).

Bal arısı kolonilerinde hijyenik davranışın, orta yaşta işçi arılar tarafından yapıldığını ve özellikle arı hastalıklarına ve *Varroa destructor*'ın saldırılarına karşı önemli bir davranışsal direnç mekanizması olduğunu, bu davranışın bal arıları arasında herhangi bir iş veya görev dağılımı yapılmadan içgüdüsel veya ayırt edebilme kabiliyetlerinin üstün olmasından kaynaklandığını, işçi arıların hasta veya ölü yavruyu bularak üzerini açma davranışının, yavru gözünü temizleme davranışından daha yüksek frekans gösterdiğini bildirilmektedir (Arathi vd., 2000).

Bal arısı kolonilerinde kapalı gözlerdeki pupaların öldürülerek işçi arıların hijyenik davranışlarının değerlendirildiği araştırmada; 24 saat içerisinde % 80'den daha çok temizleme davranışı gösteren koloniler seçilerek, bu kolonilerden ana ve erkek arılar yetiştirilmiş ve yeni koloniler oluşturularak, bu kolonilerinde temizleme davranışları belirlenmiştir. Kolonilerin toplam hijyenik davranışı 1992 yılında % 66.25 iken 1997 yılında % 84.56'ya yükseldiği, hijyenik koloniler, hijyenik olmayan kolonilerle karşılaştırıldığında yavru hastalıkları oranının daha düşük olduğu ve her yıl seçilen hijyenik kolonilerden yetiştirilen ana arıların, ana arı yetiştirmede bir seleksiyon kriteri olarak kullanılabileceği belirtilmiştir (Palacio vd., 2000).

Bal arılarında savunma ve temizlik davranışı arasındaki ilişki incelenerek; her iki davranışın benzerlik gösterdiği ve aralarındaki korelasyonun negatif ($r = -0.4753$) ve önemli olduğu ($P < 0.01$) bildirilmiştir (Andere vd., 2001).

Bal arısında hijyenik davranışın performans üzerine, koloni genetik kompozisyonunun etkisinin araştırıldığı çalışmada; farklı düzeyde hijyenik ve hijyenik olmayan arı hatlarının hijyenik davranış hareketliliği incelenmiştir. Çalışmada hijyenik davranış gösteren 4 farklı gruptan (% 0, % 25, % 50 ve % 100) 4 adet koloni oluşturularak, bu kolonilerdeki hijyenik arıların davranışlarının analizi yapılmıştır. % 25'lik hijyenik koloni grubunun çok iyi bir davranış

gerçekleştirdiği, % 50 ve % 100 hijyenik koloni gruplarının davranış görevlerini aralarında bölüştükleri ve bazı arıların yüksek frekans değerine sahip olan ölü gözleri çıkarma görevini üstlendikleri belirlenmiştir. Koloni içerisindeki hijyenik arıların oranı, temizleme davranışı üzerinde önemli ve bağımlı bir özellik olduğu, kolonilerin genotipik kompozisyonun, hijyenik davranış performansı üzerinde etkili olduğu sonucu ortaya konmuştur (Arathi ve Spivak, 2001).

Rusya’da yerli bal arıları ile Primorsky bal arılarının hijyenik davranışlarını karşılaştırmak üzere yaptıkları denemede; Primorsky bal arılarının, yerli bal arılarından % 41 düzeyinde daha fazla hijyenik davranış sergiledikleri (ölü arıların \geq % 95’i çıkarılmıştır) ve arı hastalık ve zararlılarına karşı daha iyi dayanıklılık gösterdikleri belirterek, kolonide bulunan yetişkin arı topluluğu ile çıkarma oranı arasında bir korelasyonun olmadığı bildirilmektedir (De Guzman vd., 2002).

Hijyenik davranış karakterinin iki gen çifti tarafından determine edildiği, ancak son yıllarda bu özelliğin 7 gen çifti tarafından determine edildiği bildirilmektedir (Lapidge vd., 2002).

Bal arılarında hijyenik davranışın, kireç ve AFB gibi yavru hastalıklarına karşı etkili bir kontrol mekanizması olduğu; kireç hastalığının Avusturya’da 1993 yılında tanımlanmasından bu yana bal endüstrisinde sorunların yaşandığı belirtilmektedir. Çalışmada hijyenik saf bir hat ile hijyenik olmayan saf bir hattan yetiştirilen geriye melezlenmiş kolonilerde, standart deneme kullanılarak hijyenik davranış test edilmiştir. *A. mellifera*’nın genomu içerisinde her lokusun yeri, etkili akrabalık seviyesi ve hijyenik davranışı doğrudan etkileyen locinin kaç tane olduğunu belirlemek üzere moleküler teknik, soyağacı ile benzerlik ve kantitatif özellik lokusları (QTL) analizleri üzerine çalışmalar yapılmıştır. Hijyenik davranışın ortaya konmasında, çeşitli ticari hatlardan elde edilmiş 32 koloniye sıvı nitrojen gazı uygulanmıştır. Test kolonilerden 4’nün (% 12.5) belirgin olarak hijyenik davranış, 13’nün (% 41) belirgin biçimde hijyenik olmayan davranış ve geri kalan 15’nin (% 46.5) ikisi arasında ortada kalan bir durum gösterdiği; önceki çalışmalardan Avusturya’daki ticari bal arısı stoklarının % 20’nin hijyenik davranış fenotipinin açıklanması nedeniyle, 1995 yılından bu yana hijyenik özelliğin frekansında herhangi bir gelişmenin olmamasının oldukça düşündürücü olduğu ve Avusturya’da hijyenik stok dağıtımı için oldukça fazla çabaların gösterilmesi gerektiği belirtilmektedir (Wilkes ve Oldroyd, 2002).

Mısır’da *A. mellifera lamarckii* ve *A. mellifera carnica* arı ırkları üzerinde yaptıkları hijyenik davranış çalışmasında; Mısır tarımında yaygın olarak kullanılan iki arı popülasyonu arasında önemli farklılıkların bulunduğu belirtilmiştir. Çalışma sonucunda 24 saat içerisinde *A. m. lamarckii* kolonilerinin % 43’nün, 48 saat sonra % 72’nin tüm ölü pupaları çıkardığını, *A. m. carnica*

kolonilerinin 24 saat içerisinde herhangi bir temizleme hareketi içerisinde bulunmadığı ve 48 saat içerisinde de bu ırkın sadece % 9'nun temizleme hareketi yaptığı belirlenmiştir. Mısır'da *A. m. lamarckii* kolonilerinin, *A. m. carnica* kolonilerinden daha fazla hijyenik davranış gösterdikleri bildirilmektedir (Kamel vd., 2003).

Avrupa ve Afrika bal arılarının hijyenik davranış yönünden karşılaştırdıkları araştırmada; her iki ırka ait kolonilerin 48 saat içerisinde % 12 ile % 21 arasında ölü pupaları temizlediği, Afrika bal arılarının kireç hastalığına karşı yüksek hijyenik davranış göstermesine karşın, *Varroa* parazetine karşı etkisiz kaldıkları belirtilmektedir (Medina, 2003).

Hijyenik davranışın genetik yapıya bağlı olarak değişebildiği ve 15-20 günlük işçi arıların sahip oldukları fizyolojik bir özellik olduğu, bu özelliğin ortaya çıkmasında arıların beyinlerinin ön lobundan salgıladıkları octopamin hormonunun etkili olduğu bildirilmektedir (Lodesani ve Costa., 2005).

Bal arısı kolonilerinde hijyenik davranışa göre yapılacak seleksiyon ile hijyenik davranışı yüksek bir arı genotipi elde etmenin olası olduğu ve bu sayede kolonilerde antibiyotik ve ilaç kullanımının azalma göstereceği bildirilmektedir (Spivak vd., 2003).

Bal arısı kolonisinde bulunan işçi arıların karşı hijyenik davranış gösterebildikleri belirtilmektedir (Spivak, 2006).

SMR (Mite Üremesinin Önlenmesi) ve HYG (Hijyenik Davranış) için geliştirilen arı hatlarının *Varroa destructor*'a karşı direnç mekanizmasının karşılaştırıldığı bir araştırmada; SMR ve HYG kökenli kolonilerin kuluçkalıklarına, hassas kolonilerden veya inkübatör içinde tutulan *Varroa*'lardan aşılama yapılmış ve işçi arı pupaları kapatıldıktan sonra bu kolonilerin, bulaştırılmış *varroa*'ya karşı gösterdikleri hijyenik davranış test edilmiştir. SMR kolonilerinin HYG kolonilerinden önemli derecede daha çok bulaşık pupayı gözlerden çıkardıkları ve SMR arılarının hijyenik davranış eğiliminin daha iyi olduğu belirlenmiştir (İbrahim ve Spivak, 2006).

İtalyan ırkı (*A. m. ligustica*) hijyenik koloniler ile hijyenik olmayan ticari kolonilerin, hijyenik davranışlarının karşılaştırıldığı araştırmada; İtalyan ırkı hijyen kolonilerin, ticari kolonilere göre daha fazla ölü pupa temizledikleri, bu kolonilerin kullanılması ile birlikte ülkede kireç hastalığının önemli düzeyde azaldığı, A.Y.Ç. hastalığına rastlanmadığı ve bal arıları üzerinde daha az *V. destructor* parazitinin görüldüğü belirlenmiştir (Spivak vd., 2006).

Türkiye'nin Karadeniz Bölgesinden tesadüfi olarak seçilen 90 adet yöresel bal arısı kolonisinde, bireysel temizleme davranışının karşılaştırıldığı bir çalışmada; kolonilere altı aylık sürede, toplam 5 kez, sıvı nitrojen gazı uygulaması (kapalı göz aşamasındaki toplam 165 pupanın bulunduğu alana) yapılarak, 48 saat sonra

ölü pupa sayıları belirlenmiştir. Kolonilerin ortalama 138.18 ± 1.37 adet ölü pupa temizleyerek % 83.75 hijyenik davranış gösterdiği, bireysel koloniler arasında hijyenik davranış yönünden önemli düzeyde ($P < 0.01$) farklılıkların olduğu ve hijyenik davranış gösteren kolonilerden yararlanılarak, bölgede arıcılığın geliştirmesinin olası olabileceği bildirilmektedir (Toy, 2009).

Yapılan bir çalışmada, hijyenik davranışın 6 kantitatif lokus tarafından kontrol edildiği ve koloni bireylerinin %30'nun hijyenik davranış gösterebildiği belirtilmiştir (Oxley vd., 2010).

Türkiye'nin farklı coğrafik bölgelerinde, farklı bal arısı genotiplerinin bulunması nedeniyle arıcılık çalışmalarında, üretim ve verimlilikte çok büyük farklılıklar görülmektedir. Yöresel bal arısı populasyonları, buldukları bölge içersin de 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.

Türkiye'de 50-60 yıldır yoğun ve bilinçsizce yapılan göçer arıcılık uygulamaları, bal arısı populasyonlarının genetik yapısını değiştirmekte ve saflığını bozmaktadır. Ülkemiz arı yetiştiricilerinin doğal seleksiyon sonucu oluşmuş, verimsiz ve niteliksiz arı materyali ile çalışması nedeniyle, bal verimi son 10 yılda koloni başına 14-17 kg'ın üzerine çıkamamıştır.

Türkiye, var olan çeşitli bal arı genotipleri ve bitki çeşitliği açısından dünyanın en zengin gen merkezinden biri konumundadır. Türkiye'nin her ekolojik bölgesine uygun, bal verim özelliği yüksek, iyi huylu, hastalıklara karşı dirençli arı ırk, hat ve ekotiplerinin geliştirilmesi ve yetiştirilmesi için gereken ıslah çalışmalarının başlatılması, günümüze kadar arı yetiştiriciliğinde ve ıslahında yaşanan olumsuzlukların yol açtığı kayıpları önlemesi açısından son derece gereklidir. Mevcut arı genotipleri arasında davranış özelliklerini tamamlayıcı, populasyonları geliştirici ve koruyucu ıslah programlarının başlatılması, arıcılık ve diğer tarımsal faaliyetlere ekonomik katkılar getirecektir.

Akdeniz Bölgesi coğrafi konumu, ekolojisi ve tarımsal etkinlikleri ile arıcılık faaliyetleri için ideal bir bölge konumundadır. Akdeniz Bölgesini içine alan Adana, İçel, Osmaniye, Hatay, Kahramanmaraş, Kilis, Antalya, Burdur, Isparta ilinde toplam 2009 köyde 749.575 koloni varlığı ile 14.029 ton bal ve 718 ton balmumu üretilmektedir (TÜİK, 2021). Tarım sektöründe önemli bir potansiyele sahip olan Akdeniz Bölgesi koloni sayısı ve bal üretimi açısından 3. sırada bulunmaktadır. Bu illerde bal verimi ortalama 18.7 kg/koloni olup, ülke bal verim ortalamasının üzerinde bulunmaktadır. Akdeniz bölgesi, genel olarak geniş

narenciye alanları, yem ve endüstri bitkisi ekiliş alanları ve dağlık bölgelerdeki doğal bitki kaynakların elverişliliği ile arı kolonilerinin geliştirilmesi, denetimli ana arı yetiştirme, bal üretiminin sağlanması ve kolonilerin kışlatılması için ülke genelinde binlerce arıcının tercih ettiği bir bölge konumundadır (Kumova ve Özkütük 1988., Akdemir vd., 1990., Kumova, 1995., Kumova, 2000., Kumova ve Korkmaz 2000). Ancak, ülkenin dört bir yerinden kışlatma, bitki kaynaklarından yararlanma ve koloni geliştirme amacıyla, bölgeye gelen binlerce arıcının, ana arıları kontrolsüz yetiştirmeleri bölgeye ait arı genotipinin yok olmasına, ana arı kalitesinin düşmesine ve bal verim kaybına neden olmaktadır. Ayrıca Akdeniz bölgesinde bulunan Hatay ilinin, Suriye'ye yakın olması da bölge arıcıları için bir dezavantaj oluşturabilmektedir. Tarımsal ve sanayi faaliyetlerinde ön sırada bulunan Akdeniz Bölgesinde, yoğun olarak kullanılan pestisitler ile sanayi bölgelerinde oluşan ağır metaller ve diğer çevresel faktörler arı sağlığını olumsuz yönde etkilemekte, arı ürünlerinde kalıntı, verimlilikte düşme ve koloni kayıplarına neden olmaktadır.

Bölge arıcılık uygulamalarında yaşanan bu olumsuzlukların giderilebilmesi, arıcılığın hızla gelişmesi, koloni başına düşen verim payının yükseltilmesi, arı ürünlerinde kalite ve üretim etkinliğinin sağlanması ve rekabet gücü yüksek bir arıcılık yapısının oluşturulması için mutlaka arı genotipinin iyileştirilmesi gerekmektedir. Bölge arıcılığının kalkınmasında etkin rol oynayacak, bölge koşullarına uygun, hastalık ve zararlılara dayanıklı, yüksek verim ve üreme özelliği gösteren arı genotipinin belirlenerek, bölge genelinde kullanımının yaygınlaştırılması bu araştırmanın amacını oluşturmaktadır.

Bu araştırma ile, bölgede mevcut bal arısı popülasyonlarının hijyenik davranış ve özellikleri belirlenerek, bölgeye uygun, verimli ve hastalıklara dayanıklı arı genotipinin geliştirilmesi, bu genotipin korunması, yaygın kullanımının sağlanması ve bölge arıcılığının hizmetine sunulması, bölgede bu konuda gereksinim duyulan açığı kapatmak amaçlanmıştır. Tüm bu sonuçlar Türkiye ve Akdeniz bölge ekonomisine katkı sağlayacaktır.

Bu araştırmadan elde edilen sonuçlar, Akdeniz Bölgesine özgü yöresel bal arısı genotiplerinin hijyenik davranış karakterlerini ortaya koyarak, kaliteli ve hijyen davranışı yüksek genotiplerin yetiştirilmesinde; arıcılığın bölgede güvenilir bir şekilde sürdürülebilirliği garanti altına alınmasında, konu ile ilgili araştırmacılara ve arı yetiştiricilerine ışık tutan bilimsel ve uygulamalı sonuçları kapsamaktadır.

Materyal Ve Metot

Akdeniz Bölgesinden Arı Materyalinin Toplanması

Arı materyali, Akdeniz Bölgesinin 9 ilinin 25 farklı lokasyonundan toplanmıştır. Bölgeden arı materyali toplanmadan önce bölgedeki illeri temsil eden yörelere gidilerek, ön incelemeler yapılmıştır. Bu incelemelerde araştırma kapsamındaki yörelerin arıcılık potansiyeli, uygulanan arıcılık teknikleri, kolonilerin kapalı arı popülasyonunu temsil etme özelliği, koloni sayıları, kolonilerin hastalık ve zararlı durumu, kolonilerin ana arılarının (yaşı, doğal değişme) özelliklerini belirleyici ön çalışma yapılmıştır. Bu ön çalışmaların ışığı altında proje kapsamında coğrafik kot farklılığına göre ele alınan lokasyonlarda istenilen özellikleri temsil eden arı popülasyonları belirlenerek, koloniler tesadüfi olarak seçilmiştir. Araştırma arı materyalinin sağlanması için Akdeniz Bölgesinde yapılan ön çalışmalar Temmuz-Ekim 2009 döneminde tamamlanmıştır (Şekil, 1)



Şekil 1. Akdeniz Bölgesinde Arı Materyalinin İncelenmesi
(Orjinal, Kumova).

Araştırma arı materyali, Akdeniz Bölgesi illerini kapsayan Isparta (*Sütçüler, Merkez, Eğirdir*), Burdur (*Ağlasun, Merkez*) Antalya (*Akseki, Ibradi, Manavgat*), Kahramanmaraş (*Afşin, Nurhak, Merkez*), Kilis (*Musabeyli*), Hatay (*Yayladağ, Kırıkhan, Hassa*), Osmaniye (*Sumbas, Toprakkale, Düziçi*), Mersin (*Çamlıyayla, Erdemli, Mut*), Adana (*Karataş, Tufanbeyli, Aladağ, Yüreğir*) göçer arıcıların girmedikleri yörelerden, o yörede uzun yıllar saf ve doğal arı kolonileri ile çalışan arı yetiştiricilerden temin edilmiştir (Şekil 2).

Araştırma kapsamındaki illerden ana arı ve oğul arı alımları, yöresel arıcıların koloni işlerini tamamladıkları ve mevsimin uygun olduğu Ekim 2009-Nisan 2010 döneminde gerçekleşmiştir. Araştırmanın başlangıç arı materyalini oluşturan ve bölgenin 9 farklı coğrafik yöresinden toplanan 120 adet (orijinal ana arılı ve beş çerçevesi) ruşet koloniler, araştırmanın yürütüleceği Ç. Ü. Zootekni Bölümü Araştırma ve Uygulama Arılığına getirilmiştir (Şekil 3).



Şekil 2. Akdeniz Bölgesinden Arı Materyalinin Toplanması (Orjinal, Kumova).





Şekil 3. Akdeniz Bölgesinden Toplanan Bal Arısı Materyalinin Arılığına Getirilmesi (Orjinal, Kumova).

Araştırma Kolonilerinin Oluşturulması

Başlangıç popülasyonunu oluşturmak amacıyla, Akdeniz Bölgesini temsil eden yörelerden toplanan orijinal ana arılı oğul arılar, Zootečni arılığına getirilerek arılık içinde tesadüfi olarak dağılımları sağlanmıştır. Koloniler araştırma alanına getiriliş zamanlarına bağlı olarak ruşet kovanlardan Langstroth kovanlara aktarılmıştır (Şekil 3.5). Araştırma materyali kolonilerin kuluçka ve koloni popülasyon gelişimleri, ana arı, arı hastalık ve zararlı durumu kontrol edilerek, genel bakım ve beslenmeleri yapılmıştır. Koloni gücü ve besin madde stoku açısından eşit duruma getirilen, Akdeniz Bölgesini temsil eden 120 adet koloninin, orjinal ana arılarla koloni oluşumu, 13 Nisan 2010 tarihinde tamamlanmıştır. Koloni gücü ve besin madde gereksinimi eşitlenmiş, ana arısı orijinal yöreye ait kolonilere, 1'den, 120'e kadar kovan numarası ile koloni kimliğini belirletici kodlama verilmiştir. Araştırma verilerinin toplanmasında kullanılacak, proje materyali 120 adet koloniye ait koloni kontrol kartları bastırılmıştır (Şekil 4).



Şekil 4. Akdeniz Bölge Arı Genotip Gruplarına Koloni Kimliklerinin Verilmesi (Orjinal, Kumova).

Hijyenik Davranış Karakterinin Belirlenmesi

Kolonilerde hijyenik davranışı belirleme testinde sıvı nitrojen gazı yöntemi kullanılmıştır (Spivak ve ark., 1998, Wilkes ve Oldroyd., 2002). Denemeye giren kolonilerin herbirinden kapalı yavru alanı geniş olan birer petek seçilerek, bu alana çapı 10 cm² (en az 150 kapalı yavruyu kaplayacak şekilde) olan silindirik metal bir kalıp yerleştirilmiştir. Bu kalıp içerisine 250 ml sıvı nitrojen gazı dökülerek, bu alan içerisinde bulunan pupaların ölmesi sağlanmış ve petekler 5 dakika dışarıda bekletildikten sonra kolonilerine geri verilmiştir (Palacio ve ark., 2000., Harbo ve Harris, 2005., Ibrahim ve Spivak, 2004., Ibrahim ve Spivak, 2006), (Şekil 5). Sıvı nitrojen gazı uygulamasından ilk 24 ve 48 saat sonra, yavrulu peteklerin fotoğrafları çekilmiş ve bilgisayar ortamında ilk 24 ve 48 saat sonra temizlenen petek gözlerinin sayısı yapılmıştır (Andere ve ark., 2001). Kolonilerin hijyenik davranışları yüzde olarak belirlenmiş ve her hijyenik teste % 85 ve yukarısında yüzde temizleme oranı olan koloniler belirlenmiştir. Hijyenik çalışma, SPSS Paket programında tek değişkenli varyans analizi ile değerlendirilmiştir (Kamel ve ark., 2003).



Şekil 5. Hijyenik Davranışın Belirlenmesi (Orjinal, Kumova).

Hijyenik Davranış Karakterinin İstatistiksel Değerlendirilmesi

Araştırmaya giren Akdeniz Bölgesi arı genotip grubu 120 adet kolonide hijyenik test, 19 Nisan, 17 Mayıs, 29 Haziran ve 20 Temmuz 2010 tarihlerinde 4

kez uygulanarak, elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Arı materyali kolonilere, sıvı nitrojen gazı uygulaması yapıldıktan sonra, her koloninin işçi arı bireyleri tarafından, 205 kapalı pupa gözünü içeren alanın, ilk 24 saatte, ikinci 24 saatte ve toplam 48 saatte temizleme miktarı ve temizleme yüzde değeri belirlenmiştir. Hijyenik test çalışmasından elde edilen değerler; temizlenen göz sayısı (adet/koloni), hijyenik davranış yüzde (%) değeri ve kolonilerin bireysel temizleme davranışı olarak, dönemlere (aylara) ve sayım saatlerine (ilk 24 saat, ikinci 24 saat, toplam 48 saat) göre ortaya konmuştur. Hijyenik test sonucuna ait veriler, Tesadüf Blokları Deneme Planına göre analiz edilerek. DUNCAN Çoklu Karşılaştırma Testine göre karşılaştırmaları yapılmıştır. Genotip gruplarına ait hijyenik test değerlerine ve dönem ortalama değerlerine varyans analizi uygulanarak; genotip grupları, dönemler ve genotipxdönem interaksyonu ortaya konmuştur.

Araştırma Bulgular Ve Tartışma

Hijyenik Davranış Karakterlerine Ait Bulgular

Araştırmada, Akdeniz Bölgesinin 25 farklı lokasyonundan toplanan 120 adet arı genotipine uygulanan sıvı nitrojen gazı uygulaması sonucu; genotip grupları düzeyinde ve bireysel koloni düzeyinde ilk 24 saatte, ikinci 24 saatte ve toplam 48 saatte belirlenen temizlenen göz sayısı ve hijyenik davranış yüzde değerleri elde edilerek aşağıda belirtilmiştir (Çizelge, 1, 2, 3, 4).

Akdeniz Bölge Arı Genotip Gruplarının Hijyenik Davranışı

Araştırmaya giren 120 adet koloniye uygulanan sıvı nitrojen gazı uygulaması sonucu genotip grupları düzeyinde ve bireysel koloni düzeyinde ilk 24 saatte, ikinci 24 saatte ve toplam 48 saatte belirlenen temizlenen göz sayısı ve hijyenik davranış yüzde değerleri belirlenmiştir (Çizelge 1, 2, 3).

Araştırma genotip grubu kolonilerinin, ilk 24 saatte ve ikinci 24 saatte ölü pupa temizleme davranışları arasında önemli düzeyde bir farkın olduğu belirlenmiştir ($P<0.05$). Kolonilerin ilk 24 saatte ve ikinci 24 saatte pupa temizleme davranışı ve temizleme yüzde değeri sırası ile ortalama 156.21 ± 34.56 adet pupa/koloni, % 76.20 ± 16.86 ve 18.17 ± 17.07 adet pupa/koloni, % 8.86 ± 8.32 olmuştur. Genotip grubu kolonilerin, toplam 48 saatte temizledikleri ölü pupa sayısı ve temizleme yüzdesi ortalama 174.38 ± 29.01 adet pupa/koloni ve % 85.06 ± 14.15 olarak belirlenmiştir (Çizelge 1, 2).

Genotip grubu kolonilerin, toplam 48 saatte temizledikleri ölü pupa sayısı ve temizleme yüzdesi incelendiğinde; Balcalı genotip grubunun, ortalama 183.87 ± 25.13 adet pupa/koloni ve % 89.69 ± 12.26 değeri ile birinci grubu oluşturduğu görülmektedir. Toplam 48 saatte temizlenen ölü pupa sayısı ve

temizleme yüzdesi açısından; Kahramanmaraş genotip grubu ortalama 179.20 ± 25.49 adet pupa/koloni ve $\% 87.41 \pm 12.43$, Hatay genotip grubu ortalama 178.82 ± 28.08 adet pupa/koloni ve $\% 87.22 \pm 13.70$, Osmaniye genotip grubu ortalama 177.43 ± 29.45 adet pupa/koloni ve $\% 86.55 \pm 14.36$, Kilis genotip grubu ortalama 174.79 ± 25.81 adet pupa/koloni ve $\% 85.26 \pm 12.59$ adet pupa/koloni, Mersin genotip grubu ortalama 173.60 ± 23.49 adet pupa/koloni ve $\% 84.68 \pm 11.46$ adet pupa/koloni değeri ile birinci ve ikinci grup arasında yer almıştır. Adana genotip grubu ortalama 173.14 ± 27.94 adet pupa/koloni ve $\% 84.46 \pm 13.63$ ve Antalya genotip grubu 173.04 ± 31.57 adet pupa/koloni ve $\% 84.41 \pm 15.40$ değer ile üçüncü grubu oluşturmuştur. Burdur genotip grubu ortalama 168.41 ± 32.41 adet pupa/koloni ve $\% 82.15 \pm 15.81$ değer ile ikinci ve üçüncü grup arasında; Isparta genotip grubu ortalama 160.62 ± 34.19 adet pupa/koloni ve $\% 78.35 \pm 16.68$ değer ile üçüncü grubu oluşturmuştur (Çizelge 1, 2).

Çizelge 1. Akdeniz Bölgesi Arı Genotip Gruplarının Hijyenik Davranışı.

Genotip Grupları		N	İlçe Düzeyinde Göz Temizleme Sayısı (Adet Pupa/Koloni) (X±Sx)			İl Düzeyinde Göz Temizleme Sayısı (Adet Pupa/Koloni) (X±Sx)		
			İlk 24 Saat ^a	İkinci 24 Saat ^b	Toplam 48 Saat	İlk 24 Saat	İkinci 24 Saat	Toplam 48 Saat
Isparta ^c	Merkez	4	141.50±31.55	15.69±9.21	157.19±30.19	144.79±36.52	15.83±12.03	160.62±34.19
	Eğirdir	4	137.63±40.71	13.31±10.97	150.94±39.46			
	Sütçüler	4	155.25±36.67	18.50±15.29	173.75±29.99			
Burdur ^{bc}	Ağlasun	6	139.13±35.50	24.42±21.29	163.54±31.17	145.95±36.50	22.45±19.76	168.41±32.41
	Merkez	6	152.79±36.96	20.50±18.37	173.29±33.56			
Antalya ^{ab}	Akseki	4	149.00±42.11	19.69±18.91	168.69±39.46	151.93±36.06	21.10±18.23	173.04±31.57
	Ibradi	4	160.13±32.02	26.06±22.85	186.19±17.50			
	Manavgat	4	146.69±34.17	17.56±10.99	164.25±31.19			
Kah.Maraş ^{ab}	Nurhak	4	156.13±32.93	17.31±17.60	173.44±27.09	161.91±30.38	17.29±17.44	179.20±25.49
	Merkez	3	166.75±29.06	13.50±10.66	180.25±28.22			
	Avşin	5	163.65±29.88	19.55±20.70	183.20±22.83			

Hatay ^{ab}	Kırıkhan	5	168.60± 29.25	13.55± 16.36	182.15± 22.24	162.23± 34.47	16.58±1 6.75	178.82± 28.08
	Hassa	5	147.70± 38.44	19.80± 12.98	167.50± 34.10			
	Yayladag	4	172.44± 30.92	16.38± 21.23	188.81± 22.40			
Mersin ^{ab}	Çamlıyayla	3	155.75± 35.49	14.83± 13.74	170.58± 33.43	156.47± 27.79	17.12±1 4.64	
	Mut	4	154.75± 22.66	15.50±1 1.54	170.25± 20.99			
	Erdemli	3	159. 50±27.6 6	21.5 8± 18.9 4	181. 08±12.3 0			
Kilis ^{ab}	Musabeyli	1 2	155. 67±33.3 2	19.1 3± 15.3 0	174. 79±25.8 2	155. 66±33.3 1	19.1 2±15.30	174. 79±25.8 1
Osmaniye ^{ab}	Toprakkele	4	151. 25±35.9 9	18.9 4± 18.4 4	170. 19±30.5 8	161. 66±34.5 5	15.7 7±17.55	177. 43±29.4 5
	Düzici	4	162. 88±30.3 4	16.3 8± 20.4 0	179. 25±27.1 6			
	Sumbas	4	170. 88±36.2 9	12.0 0± 13.5 5	182. 88±30.8 9			
Adana ^b	Aladağ	4	145. 00±49.7 0	23.3 8± 21.2 5	168. 38±34.1 1	153. 62±36.5 4	19.5 2±17.07	173. 14±27.9 4
	Karataş	4	163. 63±29.0 8	20.0 6±16.11	183. 69±22.2 9			
	Saimbeyli	4	152. 25±26.1 0	15.1 3± 12.9 0	167. 38±24.6 6			
Balıcalı ^a	Balıcalı	1 2	166. 90±33.5 1	16.9 8± 10.2 4	183. 88±25.1 4	166. 8±33.5	16.9 7±20.23	183. 87±25.1 3

Genel Ortalama (X±Sx)	1 20	156. 21±34.5 6	18.1 7± 17.0 7	174. 38±29.0 1	156. 21±34.5 6	18.1 7±17.07	174. 38±29.0 1
------------------------------	-----------------------	---	---	---	---	-------------------------------	---

Bu bulguların incelenmesinden; araştırmaya giren arı genotip grupları arasında hijyenik davranış açısından, en yüksek ölü pupa temizleme sayısı ve temizleme yüzdesi gösteren grubun, Balcalı genotip grubu (ortalama 183.87±25.13 adet pupa/koloni ve % 89.69±12.26); en düşük ölü pupa temizleme sayısı ve temizleme yüzdesi gösteren grubun ise Isparta genotip grubu (ortalama 160.62±34.19 adet pupa/koloni ve % 78.35±16.68) olduğu görülmektedir (Çizelge 1).

Araştırma materyali arı genotip gruplarının, 2010 yılında, hijyenik davranış açısından incelenen, toplam 48 saat sonrasında ortalama ölü pupa temizleme sayısı ve temizleme yüzdesi, ortalama 174.38±29.01 adet pupa/koloni ve % 85.06±14.15 olarak belirlenmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Akdeniz Bölgesi Arı Genotip Gruplarının Hijyenik Davranış Yüzde Değeri.

Genotip Grupları		N	İlçe Düzeyinde Temizleme Oranı (%) (X±Sx)			İl Düzeyinde Temizleme Oranı (%) (X±Sx)		
			İlk 24 Saat ^a	İkinci 24 Saat ^b	Toplam 48 Saat	İlk 24 Saat	İkinci 24 Saat	Toplam 48 Saat
Isparta ^c	Merkez	4	69.66±1 4.82	7.65±4. 49	76.67±1 4.72	70.71±1 7.73	7.72±5. 86	78.35±1 6.68
	Eğirdir	4	67.28±1 9.82	6.49±5. 35	73.62±1 9.24			
	Sütçüle r	4	75.18±1 8.38	9.02±7. 46	84.75±1 4.63			
Burdur ^{bc}	Ağlasu n	6	68.21±1 7.14	11.91±1 0.33	79.77±1 5.20	71.47±1 7.66	10.98± 9.64	82.15±1 5.81
	Merkez	6	74.73±1 7.93	10.00±8 .96	84.53±1 6.36			
Antalya ^{ab}	Akseki	4	73.99±2 0.94	9.60±9. 22	82.28±1 9.24	74.54±1 7.71	10.24± 8.89	84.41±1 5.40
	Ibradi	4	75.48±1 6.99	12.72±1 1.16	90.82±8 .534			
	Manav gat	4	74.14±1 5.93	8.56±5. 36	80.12±1 5.21			
Kah.M araş ^{ab}	Nurhak	4	76.09±1 6.01	8.44±8. 58	84.60±1 3.21	78.71±1 4.74	8.43±8. 51	87.41±1 2.43
	Merkez	3	78.73±1 5.57	6.59±5. 19	87.92±1 3.76			

	Avşın	5	80.80±1 3.59	9.53±10 .0	89.36±1 1.13			
Hatay ab	Kırıkhan	5	81.07±1 5.65	6.60±7. 97	88.85±1 0.84	79.08±1 6.83	8.09±8. 17	87.22±1 3.70
	Hassa	5	71.80±1 9.04	9.65±6. 33	81.70±1 6.63			
	Yaylad ağ	4	85.70±1 2.10	7.98±10 .34	92.10±1 0.92			
Mersin ab	Çamlıy ayla	3	76.09±1 7.30	7.23±6. 70	83.21±1 6.30	76.40±1 3.55	8.35±7. 14	84.68±1 1.46
	Mut	4	75.64±1 1.06	7.56±5. 62	83.04±1 0.24			
	Erdeml i	3	77.72±1 3.49	10.59±9 .23	88.33±6 .00			
Kilis ^{ab}	Musab eyli	12	75.28±1 6.84	9.32±7. 46	85.26±1 2.59	75.28±1 6.84	9.32±7. 46	85.26±1 2.59
Osman iye ^{ab}	Toprak kale	4	74.60±1 6.40	9.23±8. 99	83.01±1 4.91	79.91±1 6.29	7.69±8. 56	86.55±1 4.36
	Düziçi	4	81.73±1 4.16	7.98±9. 95	87.43±1 3.24			
	Sumba s	4	83.41±1 7.75	5.85±6. 60	89.20±1 5.07			
Adana ^b	Aladağ	4	68.99±2 3.28	11.42±1 0.34	82.13±1 6.63	74.59±1 7.56	9.52±8. 33	84.46±1 3.63
	Karataş	4	79.42±1 4.61	9.782±7 .85	89.60±1 0.87			
	Saimbe yli	4	75.36±1 2.35	7.37±6. 29	81.64±1 2.02			
Balcalı ^a	Balcalı	12	80.83±1 6.90	8.28±9. 87	89.69±1 2.26	80.83±1 6.90	8.28±9. 87	89.69±1 2.26
Genel Ortalama (X±Sx)		12 0	76.20±1 6.86	8.86±8. 32	85.06±1 4.15	76.20±1 6.86	8.86±8. 32	85.06±1 4.15

Araştırmaya giren 120 adet koloniye uygulanan sıvı nitrojen gazı sonucu; 10 genotip grubunun dönemler düzeyinde toplam 48 saatte belirlenen % hijyenik davranış değerleri Çizelge 3'de verilmiştir.

Akdeniz Bölgesi arı genotip gruplarının Nisan, Mayıs, Haziran ve Temmuz dönemlerine ait hijyenik davranışı incelendiğinde; toplam 48 saat süre sonunda temizleme yüzdesi Nisan ayında ortalama 77.07±16.60, Mayıs ayında ortalama 83.17±14.80, Haziran ayında ortalama 92.76±7.71 ve Temmuz ayında ortalama 87.25±10.91 düzeyinde belirlenmiştir. Genel olarak dönemler bazında; arı genotip gruplarının toplam 48 saatte sürede, en yüksek pupa temizleme davranışı Haziran ayında ortalama 92.76±7.71, en düşük pupa temizleme davranışı ise Mart ayında ortalama 77.07±16.60 düzeyinde olmuştur (Çizelge 3).

Araştırma arı genotip grubu kolonilerin, etkin arıcılık mevsiminin değişik dört ayında farklı hijyenik davranış gösterdikleri belirlenmiştir. Mevsime bağlı hijyenik davranış değerleri arasındaki bu farklılığın; arı genotipi, koloni populasyonu, kolonideki işçi arıların yaş dağılımı, nektar ve polen kaynakları ile çevresel ve ekolojik faktörlerden kaynaklandığı söz konusu olabilmektedir. De Guzman ve ark., (2002)'nin, Amerika ve Doğu Rusya arılarının karşılaştırmalı hijyenik davranışları ile ilgili çalışmasında, bu arı genotip gruplarının ölü pupa temizleme davranışı üzerine, nektar ve polen kaynaklarının, bölgesel ve iklimsel farklılıkların ve sıcaklığın etkili faktörler olduğunu bildiren sonuçları, bu araştırmanın hijyenik davranış bulgularını destekler niteliktedir.

Çizelge. 3. Arı Genotip Gruplarının Dönemler Bazında Hijyenik Davranışı.

Genotip Grupları	N	2010 YILI DÖNEMLERİ				Genel Ort. (%) (X±Sx)
		Temizleme Değeri (%) (X±Sx)				
		Nisan ^d	Mayıs ^c	Haziran ^a	Temmuz ^b	
		Toplam 48 s	Toplam 48 s	Toplam 48 s	Toplam 48 s	Toplam 48 s
Isparta ^c	12	62.68±17.6 6	73.41±12.0 9	91.09±7.18	86.21±11.8 2	78.35±16.6 8
Burdur ^{bc}	12	68.98±17.7 2	82.56±14.3 5	93.65±6.41	83.41±13.1 0	82.15±15.8 1
Antalya ^b	12	69.83±14.0 2	81.78±18.5 4	95.81±2.92	90.20±6.82	84.41±15.4 0
K.Maraş ^{ab}	12	86.01±14.4 1	82.88±12.0 9	94.91±5.21	85.85±13.8 0	87.41±12.4 3
Hatay ^{ab}	14	84.18±17.8 0	81.91±17.0 2	91.04±6.15	91.77±8.42	87.22±13.7 0
Mersin ^{ab}	10	81.95±9.51	82.09±13.5 1	86.24±9.94	88.43±12.7 7	84.68±11.4 6
Kilis ^{ab}	12	77.84±13.6 8	79.63±14.4 4	96.65±3.31	86.93±5.63	85.26±12.5 9
Osmaniy ^{e ab}	12	80.69±17.5 0	87.39±14.7 4	95.08±7.85	83.04±12.8 5	86.55±14.3 6
Adana ^b	12	74.75±16.2 7	87.27±10.5 0	92.15±9.43	83.65±12.3 7	84.46±13.6 3
Balcalı ^a	12	83.41±12.3 5	92.80±15.4 1	90.16±11.6 8	92.39±7.33	89.69±12.2 6
Genel Ort. (X±Sx)	120	77.07±16.60	83.17±14.80	92.76±7.71	87.25±10.91	85.06±14.15

Bu araştırma sonunda genel olarak, Akdeniz bölgesinin 25 farklı lokasyonundan tesadüfi olarak seçilen 120 adet yöresel bal arısı kolonilerinin

hijyenik davranışı olarak; temizlenen göz sayısı ortalama 174.38 ± 29.01 adet pupa/koloni ile temizleme yüzde ortalama değeri $\% 85.06 \pm 14.15$ olarak ortaya konmuştur (Çizelge 3).

Araştırmadan elde edilen bu bulgular; De Guzman ve ark., (2002)'nin, Primorsky bal arıları ile ticari bal arılarının hijyenik davranışını incelediği araştırmada, Primorsky bal arılarının $\% 41$ 'nin, ticari arıların ise $\% 21$ 'nin $\% 95$ ve üzerinde temizleme davranışı yaptığını; Bu araştırma sonuçları; Palacio ve ark., (2000)'nin, işçi arıların hijyenik davranışlarını incelediği araştırmada, kolonilerin toplam hijyenik davranışı 1992 yılında $\% 66.25$ iken 1997 yılında $\% 84.56$ 'ya yükseldiğini; Kamel ve ark., (2003)'nin, Mısır'da *A. m. lamarckii* ve *A. m. carnica* arı ırkları üzerinde yaptıkları hijyenik davranış çalışmasında, 24 saat içerisinde *A. m. lamarckii* kolonilerinin $\% 43$ 'nün, 48 saat sonra $\% 72$ 'nin tüm ölü pupaları temizlediğini, *A. m. carnica* kolonilerinin 24 saat içerisinde herhangi bir temizleme hareketi içerisinde bulunmadığını ve 48 saat içerisinde ise bu ırkın sadece $\% 9$ 'nun temizleme hareketi içerisinde bulunduğunu; Medina, (2003)'nin, Avrupa ve Afrika bal arılarını hijyenik davranış yönünden karşılaştırdıkları araştırmada, her iki ırka ait kolonilerin 48 saat içerisinde $\% 12$ ile $\% 21$ arasında ölü pupaları temizlediğini; Toy, (2009)'un, Karadeniz Bölgesi arı popülasyonlarından tesadüfi seçilen 90 adet bal arısı kolonisinin, 48 saat sonra ortalama 138.18 ± 1.37 adet ölü pupa temizlediklerini ve $\% 83.75$ hijyenik davranış gösterdiğini; Oxley ve ark., (2010)'nin, hijyenik davranışın 6 kantitatif lokus tarafından kontrol edildiğini ve koloni bireylerinin $\% 30$ 'nun hijyenik davranış gösterebildiğini, bildiren bildirişlerinden daha farklı ve yüksek düzeyde çıkmıştır.

Akdeniz Bölgesinin 25 farklı lokasyonundan toplanan arı popülasyonlarının, bireysel hijyenik davranışları, dört ayrı dönemin birlikte değerlendirilmesi ile ilk 24 saatte, ikinci 24 saatte ve toplam 48 saatte temizledikleri pupa sayısı ve temizleme yüzde değerleri ile ortaya konmuştur. Bireysel genotiplere ait hijyenik test değerlerine uygulanan varyans analizinde; genotipler, sayım saatleri, genotipxsayım saatleri interaksiyonun $P < 0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Akdeniz Bölge Arı Genotiplerinin Bireysel Hijyenik Davranış Değerleri

Araştırma materyali 120 adet koloniye, sıvı nitrojen gazı uygulaması sonucu, kolonilerin ilk 24 saatte, ikinci 24 saatte ve toplam ortalama 48 saatte belirlenen bireysel yüzde hijyenik davranış değerleri Çizelge 4'de verilmiştir. Akdeniz Bölgesini temsil eden 120 adet koloninin bireysel hijyenik davranış yüzde

değerleri, kolonilerin karşılaştırılmasında, seleksiyon çalışmaları için damızlık koloni seçiminde kullanılmak üzere belirlenmiştir.

Kolonilerin ilk 24 saatte gösterdikleri bireysel hijyenik davranışları arasında önemli bir fark bulunmuştur ($P<0.05$). Çizelge 4'ün incelenmesinden; 120 koloni arasında ilk 24 saatte bireysel temizleme davranışı en yüksek genotipin ortalama 94.99 ± 4.94 değeri ile Osmaniye/Düziçi (88 numaralı) genotipin; bireysel temizleme davranışı en düşük genotipin ise ortalama 60.24 ± 14.25 değeri ile Isparta/Eğirdir (8 numaralı) genotipinin olduğu belirlenmiştir.

Kolonilerin ikinci 24 saatte sergiledikleri bireysel hijyenik davranışları arasında önemli bir fark ($P<0.05$) bulunmuştur. Çizelge 4.'ün incelenmesinden, 120 koloni arasında ikinci 24 saatte bireysel temizleme davranışı en yüksek genotipin ortalama 20.74 ± 7.37 yüzde değeri ile Burdur/Ağlasun (14 numaralı) genotipinin; bireysel temizleme davranışı en düşük genotipin ise ortalama 3.30 ± 1.98 yüzde değeri ile Adana/Balcalı (112 numaralı) genotipinin olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. Akdeniz Bölgesi Arı Genotiplerinin Bireysel Hijyenik Davranışı.

Koloni Kimlik No	Hij. Test N	Temizleme Oranı (%) ($X\pm Sx$)		Toplam 48 Saat Temizleme (%) ($X\pm Sx$)
		İlk 24 Saat (%) ($X\pm Sx$)	İkinci 24 Saat (%) ($X\pm Sx$)	
1-Isparta/Merkez	4	66.95±21.92	6.34±1.96	73.29±23.21
2-Isparta/Merkez	4	72.80±12.33	6.34±5.37	79.14±14.62
3-Isparta/Merkez	4	71.83±21.38	9.51±6.72	81.34±15.58
4-Isparta/Merkez	4	64.51±5.62	8.44±8.09	72.92±4.18
5-Isparta/Eğirdir	4	71.58±22.90	3.42±4.47	75.00±22.59
6-Isparta/Eğirdir	4	67.44±25.75	7.44±1.51	74.88±21.97
7-Isparta/Eğirdir	4	69.26±22.01	7.81±4.31	77.07±21.55
8-Isparta/Eğirdir	4	60.24±14.25	7.32±3.57	67.56±18.03
9-Isparta/Sütçüler	4	65.48±18.91	8.05±3.43	73.53±19.61
10-Isparta/Sütçüler	4	82.80±16.15	5.37±1.03	88.17±11.56
11-Isparta/Sütçüler	4	82.80±18.36	11.83±4.83	94.63±10.09
12-Isparta/Sütçüler	4	71.83±18.71	10.85±3.86	82.68±11.43
13-Burdur/Ağlasun	4	72.19±26.98	7.69±4.06	79.88±22.89
14-Burdur/Ağlasun	4	63.53±19.69	20.74±7.37	84.27±16.74
15-Burdur/Ağlasun	4	61.46±19.18	9.51±6.93	70.97±15.25
16-Burdur/Ağlasun	4	65.48±13.03	14.64±3.97	80.12±12.87
17-Burdur/Ağlasun	4	77.44±13.53	11.21±3.44	88.65±8.37
18-Burdur/Ağlasun	4	67.07±15.03	7.68±3.86	74.75±15.19
19-Burdur/Merkez	4	71.83±25.99	10.85±1.03	82.68±25.31
20-Burdur/Merkez	4	71.58±13.53	14.02±3.87	85.60±9.59
21-Burdur/Merkez	4	78.53±24.79	5.49±4.88	84.02±20.92

22-Burdur/Merkez	4	77.80±18.52	6.46±7.71	84.26±14.30
23-Burdur/Merkez	4	77.31±21.16	13.78±4.15	91.09±17.15
24-Burdur/Merkez	4	70.12±11.61	9.39±3.04	79.51±16.93
25-Antalya/Akseki	4	69.14±25.18	11.10±3.67	80.24±27.99
26-Antalya/Akseki	4	65.85±25.09	12.44±6.04	78.29±23.16
27-Antalya/Akseki	4	72.80±21.83	10.00±3.34	82.80±18.88
28-Antalya/Akseki	4	82.92±12.26	4.88±3.80	87.80±10.39
29-Antalya/Ibradi	4	81.10±17.45	12.19±3.98	93.29±9.42
30-Antalya/Ibradi	4	76.46±12.71	15.49±9.34	91.95±7.18
31-Antalya/Ibradi	4	78.53±21.21	15.49±4.80	94.02±7.30
32-Antalya/Ibradi	4	76.34±16.84	7.68±3.36	84.02±9.22
33-Antalya/Manavgat	4	64.26±14.46	11.59±7.00	75.85±14.47
34-Antalya/Manavgat	4	80.36±7.49	10.98±5.62	91.34±6.25
35-Antalya/Manavgat	4	71.34±23.37	7.19±5.21	78.53±19.62
36-Antalya/Manavgat	4	70.24±20.00	4.51±3.91	74.75±17.02
37-Kah.Maraş/Nurhak	4	80.36±11.91	5.61±3.47	85.97±10.79
38-Kah.Maraş/Nurhak	4	72.80±19.56	14.88±9.92	87.68±13.66
39-Kah.Maraş/Nurhak	4	77.56±16.06	8.78±4.48	86.34±13.91
40-Kah.Maraş/Nurhak	4	73.90±21.42	4.51±4.34	78.41±17.49
41-Kah.Maraş/Merkez	4	89.87±7.09	7.08±4.31	96.95±3.94
42- Kah.Maraş/Merkez	4	75.00±17.30	5.36±2.75	80.36±18.83
43- Kah.Maraş/Afşin	4	70.85±15.45	16.22±3.95	87.07±5.80
44- Kah.Maraş/Merkez	4	79.14±15.15	7.32±3.96	86.46±11.69
45- Kah.Maraş/Afşin	4	93.41±7.26	4.27±4.27	97.68±4.00
46- Kah.Maraş/Afşin	4	83.65±10.79	8.66±3.93	92.31±11.99
47- Kah.Maraş/Afşin	4	77.56±17.53	8.41±4.22	85.97±17.06
48- Kah.Maraş/Afşin	4	73.66±14.10	10.12±8.47	83.78±11.54
49-Hatay/Kırıkhan	4	84.02±10.63	5.97±5.97	89.99±8.37
50-Hatay/Kırıkhan	4	86.46±14.04	8.78±3.58	95.24±5.77
51-Hatay/Kırıkhan	4	83.04±16.72	3.66±3.13	86.70±13.41
52-Hatay/Kırıkhan	4	72.92±13.70	12.93±7.56	85.85±8.31
53-Hatay/Hassa	4	69.02±16.95	12.32±5.92	81.34 ± 9.89
54-Hatay/Hassa	4	64.02±41.73	9.51±3.21	73.53±24.33
55-Hatay/Hassa	4	68.17±17.83	9.02±4.16	77.19±16.78
56-Hatay/Hassa	4	75.73±20.42	6.83±3.92	82.56±21.04
57-Hatay/Yayladağ	4	78.53±20.82	6.95±4.80	85.48±19.80
58-Hatay/Yayladağ	4	92.19±5.44	3.91±2.73	96.10±4.76
59-Hatay/Yayladağ	4	88.53±10.34	3.17±3.50	91.70±8.28
60-Mersin/Çamliyayla	4	82.80±15.16	3.54±31.29	86.34±14.09
61-Mersin/Çamliyayla	4	77.80±18.44	12.44±4.57	90.24±11.38
62-Mersin/Çamliyayla	4	67.31±19.02	5.73±4.03	73.04±20.73
63-Mersin/Mut	4	78.65±4.80	7.08±3.97	85.73±4.66
64-Mersin/Mut	4	67.80±8.20	8.29±6.67	76.09±15.12
65-Mersin/Mut	4	71.34±13.00	9.75±7.11	81.09±5.53
66-Mersin/Mut	4	84.14±11.68	5.13±3.74	89.27±10.60

67-Mersin/Erdemli	4	81.09±7.55	10.37±4.01	91.46±4.22
68-Mersin/Erdemli	4	75.72±15.99	9.52±3.10	85.24±6.42
69-Mersin/Erdemli	4	76.58±18.23	11.71±8.86	88.29±6.86
70-Kilis/Musabeyli	4	80.48±19.37	6.35±4.97	86.83±14.61
71-Kilis/Musabeyli	4	73.17±19.00	8.66±4.32	81.83±13.50
72-Kilis/Musabeyli	4	85.36±5.95	8.46±7.21	93.82±3.43
73-Kilis/Musabeyli	4	84.39±19.11	4.75±2.76	89.14±15.41
74-Kilis/Musabeyli	4	72.19±18.40	15.25±3.05	87.44±11.37
75-Kilis/Musabeyli	4	65.61±23.17	7.80±5.08	73.41±18.48
76-Kilis/Musabeyli	4	71.82±18.10	11.22±7.71	83.04±15.96
77-Kilis/Musabeyli	4	72.07±19.13	12.19±5.21	84.26±11.09
78-Kilis/Musabeyli	4	75.85±13.60	9.64±6.13	85.49±13.18
79-Kilis/Musabeyli	4	69.88±12.40	9.37±3.28	79.26±6.22
80-Kilis/Musabeyli	4	75.48±17.63	6.83±3.54	82.31±14.17
81-Kilis/Musabeyli	4	84.88±13.05	11.46±7.37	96.34±4.01
82-Osmaniye/Toprakkale	4	68.90±24.72	7.07±3.13	75.97±21.67
83-Osmaniye/Toprakkale	4	69.75±18.59	9.03±6.56	78.78±14.84
84-Osmaniye/Toprakkale	4	83.90±16.84	5.49±3.07	89.39±12.20
85-Osmaniye/Toprakkale	4	72.56±10.39	15.36±2.38	87.92±9.85
86-Osmaniye/Düziçi	4	73.04±15.88	11.47±8.49	84.51±17.41
87-Osmaniye/Düziçi	4	73.90±9.59	12.07±3.75	85.97±8.12
88-Osmaniye/Düziçi	4	94.99±4.94	4.03±4.02	99.02±1.05
89-Osmaniye/Sumbas	4	91.22±5.34	4.14±3.76	95.36±1.85
90-Osmaniye/Sumbas	4	79.02±23.35	6.22±5.24	85.24±17.29
91-Osmaniye/Sumbas	4	88.66±13.16	4.14±34.95	92.80±8.80
92-Osmaniye/Sumbas	4	74.51±23.89	8.90±6.90	83.41±24.94
93-Adana/Aladağ	4	77.07±29.94	7.56±5.64	84.63±20.59
94-Adana/Aladağ	4	68.29±29.03	12.19±4.03	80.48±23.12
95-Adana/Aladağ	4	68.17±25.35	12.43±5.63	80.60±16.16
96-Adana/Aladağ	4	69.39±22.00	13.41±9.54	82.80±12.19
97-Adana/Karataş	4	76.34±12.20	16.21±3.93	92.55±4.10
98-Adana/Karataş	4	78.53±14.24	7.93±3.65	86.46±9.59
99-Adana/Karataş	4	77.07±18.20	8.54±4.08	85.61±17.19
100-Adana/Saimbeyli	4	69.63±21.73	7.81±3.29	77.44±19.86
101-Adana/Saimbeyli	4	78.41±9.75	7.32±6.26	85.73±4.28
102-Adana/Saimbeyli	4	75.97±8.41	5.00±3.65	80.97±8.53
103-Adana/Saimbeyli	4	73.05±10.71	9.38±8.77	82.43±13.80
104-Hatay/Kırkhan	4	84.75±18.92	1.71±0.71	86.46±17.63
105-Hatay/Hassa	4	83.29±12.29	10.61±4.29	93.90±4.61
106-Hatay/Yayladağ	4	77.19±18.66	17.93±4.09	95.12±4.59
107-Adana/Balcalı	4	79.63±15.21	8.90±3.08	88.53±12.44
108-Adana/Balcalı	4	73.41±12.99	11.59±7.79	85.00±6.21
109-Adana/Balcalı	4	88.41±7.44	4.75±4.70	93.16±7.84
110-Adana/Balcalı	4	92.92±3.48	4.27±4.23	97.19±3.72
111-Adana/Balcalı	4	89.02±7.56	4.64±3.83	93.66±6.53

112-Adana/Balcalı	4	86.21±9.73	3.30±1.98	89.51±11.30
113-Adana/Balcalı	4	82.43±14.09	8.91±4.30	91.34±6.78
114-Adana/Balcalı	4	78.78±22.93	10.12±4.95	88.90±14.01
115-Adana/Balcalı	4	62.44±28.01	16.82±4.63	79.26±24.15
116-Adana/Balcalı	4	90.36±7.15	5.61±4.21	95.97±4.27
117-Adana/Balcalı	4	84.39±19.52	13.41±4.18	97.80±2.05
118-Adana/Balcalı	4	68.90±19.17	7.07±6.72	75.97±19.59
119-Adana/Karataş	4	87.31±14.82	6.47±4.22	93.78±10.83
120-Osmaniye/Düziçi	4	75.85±17.06	4.39±3.76	80.24±15.63
Genel Ortalama (X±Sx)	480	76.20±16.86	8.86±2.98	85.06±14.15

Bireysel genotiplerin ilk 24 saat ve ikinci 24 saat süre sonunda gösterdikleri toplam hijyenik yüzde değerleri arasında, istatistiksel açıdan önemli ($P<0.05$) farklılık olduğu belirlenmiştir. Araştırma genotipi 120 adet bireysel koloninin ilk 24 saat ve ikinci 24 saat sonunda gösterdikleri toplam bireysel temizleme davranışı en yüksek genotipin ortalama 99.02 ± 1.05 değeri ile Osmaniye/Düziçi (88 numaralı) genotipinin; toplam bireysel temizleme davranışı en düşük genotipin ise ortalama 67.56 ± 18.03 değeri ile Isparta/Eğirdir (8 numaralı) genotipinin olduğu ortaya konmuştur.

Sonuç

Akdeniz Bölge arı genotipini oluşturan, 120 adet bireysel bal arısı kolonisinden; 11 adet koloninin 100 ile 95 arasında, 18 adet koloninin 94 ile 90 arasında ve 34 adet koloninin 89 ile 85 düzeyinde hijyenik davranış gösterdiği belirlenmiştir. Araştırmada 120 bal arısı genotipinden 63 adetinin 100 ile 85 düzeyinde hijyenik davranış gösterdiği ortaya konmuştur. Akdeniz Bölgesi yöresel arı genotip gruplarının, 2010 yılında, hijyenik davranış açısından toplam 48 saatte pupa temizleme yüzdesi ortalama 85.06 ± 14.15 olarak belirlenmiştir.

Akdeniz Bölge arı genotip gruplarında hijyenik davranış açısından; 2010 yılında, Osmaniye/Düziçi (88 nolu) arı genotip grubu, 99.02 ± 1.05 ile en yüksek davranışı göstermiştir. Bu yöre bal arısı popülasyonunun hijyenik davranış özelliği dikkate alınarak; Akdeniz bölge arı gen kaynaklarının ortaya çıkarılması ve seleksiyonla genetik ilerlemenin sağlanarak, arı popülasyonlarını geliştirici, koruyucu ıslah programlarının başlatılması ve iyileştirilmesi çalışmalarının, bölgede sürdürülebilir arıcılık faaliyetlerine önemli katkı sağlayacaktır.

Türkiye’de mevcut yöresel arı gen kaynaklarının kaybedilmeden ortaya çıkarılması, iyileştirilmesi için bu çalışmaların diğer bölge koşullarında da yapılmasının gerekliliği, ülke arıcılığının geliştirilmesinde, arıcılıkta ve diğer tarımsal faaliyetlere ekonomik katkılar getirecektir.

Açıklama

Bu makale TAGEM/09-ARGE-05 No'lu Proje'nin ışığı altında üretilmiştir.

Kaynakça

1. Akdemir, Ş., Kumova, U., Yurdakul, O., Kaftanoğlu, O., 1990. Adana İlinde Arı Yetiştiriciliğinin Ekonomik Yapısı, Ç.Ü.Z.F. Dergisi, 5(1):123-136, Adana.
2. Andere, C., Palocio, M.A., Pelgada, P., Figini, E., Rodriquez, E.M., Colombani, M., Bedascarrasbure, E. L., 2001. Relationship Between Defensive and Hygienic Behavior in a Honeybee (*A. m. L.*) Population, Proceedings of the 37th Int. Apicultural Congress, Durban, South Africa.
3. Arathi, H. S., Burns, I., Spivak, M., 2000. Ethology of Hygienic Behavior in The Honey Bee: Behavioral Repertoire of Hygienic Bees, Ethology, 106:365-379.
4. Arathi, H. S., Spivak, M. 2001. Influence of Colony Genotypic Composition on the Performance of Hygienic Behaviour in the Honeybee, *A. m. L. Animal Behaviour*, 62: 57-66.
5. Cobey, S., 2007. Comparison Studies of Instrumentally Inseminated and Naturally Mated Honeybee Queens and Factors Affecting Their Performance, *Apidologie*, 38:390-410.
6. Collins, A. M., Rinderer, T. E., Harbo, J. R., Bolten, A. B. 1982. Colony Defense by Africanized and European Honey Bees. *Science*, 218, 71-74.
7. De Guzman, L. I., Rinderer, T. E., Stelzer, J. A. Becman, L. D. 2002. Hygienic Behavior by Honey Bees from Far-Eastern Russia. *American Bee Journal*, 142: 58-60.
8. Erickson, E. H., Atmowidjojo, A. H., Hines, L. 1998. Producing Varroa-Tolerant Honey Bees. (<http://gears.tucson.ars.ag.gov/publ/tolerant.html>)
9. Flores, J. M., Ruiz, J. A., Ruz, J. M., Puerta, F., Bustos, M., 2001. Hygienic Behaviour of *Apis mellifera iberica* Against Brood Cells Artificially Infested With Varroa. *Journal of Apicultural Research* 40(1): 29-34.
10. Harbo. J. R. 1986. Effect of Population Size on Brood Production, Worker Survival and Honey Gain in Colonies. *Journal of Apic. Res.* 25: 22-29.
11. Harbo, J.R., Harris, J.W., 2005. Suppressed Mite Reproduction Linked to Behaviour of Adult Bees, *J. Apic. Res.*, 44:21-23.
12. Ibrahim, A., Spivak, M., 2004. The Relationship Between Suppression of Mite Reproduction (SMR) and Hygienic Behaviour, *American Bee Journal*, 144, 406.
13. Ibrahim, A., Spivak, M., 2006. The Relationship Between Hygienic Behavior and Suppression of Mite Reproduction as Honeybee (*A.m. L.*) Mechanisms of Resistance to Varroa Destructor, *Apidologie*, 37: 31-40.
14. Johansson, T. S. K., Johansson, M. P. 1979. The Honeybee Colony in Winter. *Bee World.*, 60 (4): 155-170.

15. Jones, R. L., Rothenbuhler, W. C. 1964. "Behavior Genetics of Nest Cleaning in Honey Bees II. Responses of Two Inbred Lines to Various Amounts of Cyanide-Killed Brood". *Animal Behaviour*, 12, 584-588.
16. Kamel, S. M., Strange, J. P., Sheppard, W. S., 2003. A Scientific Note on Hygienic Behaviour in *A. m. lamarckii* and *A.m. carnica* in Egypt, *Apidologie*, 34: 189-190
17. Kumova, U., Özkütük, K., 1988. Çukurova Bölgesinde Arı Yetiştiriciliğinin Yapısı, *Ç. Ü. Z. F. Dergisi*, 3(1): 26-40. Adana.
18. Kumova, U., 1989. Arı İslahında Ele Alınan Başlıca Karakterlerin Kalıtımı. *TKV Teknik Arıcılık Dergisi*. Sayı: 23. Sayfa: 9-16. Ankara.
19. Kumova, U., 1995. Beekeeping of TURKEY, Apimondia XXXIVth International Apicultural Congress, Lausanne Switzer, 3rd Congre Book, Ps: 99, Syf: 61, Augusth-1995.
20. Kumova, U., 2000. Ülke Arıcılığını Çağdaştırma Konusu Üzerine Öneriler, *TKV Teknik Arıcılık Dergisi*, 70: 6-10. Ankara.
21. Kumova, U., Korkmaz A., 2000. Türkiye Arı Yetiştiriciliğinde Çukurova Yöresinin Yeri ve Önemi. *Hayvansal Üretim Dergisi*. 41: 48-55. İzmir.
22. Lapidge, K.L., Oldroyd, B.P., Spivak, M., 2002. Seven Suggestive Quantitative Trait Loci Influencen Hygienic Behavior of Honeybees, *Naturwissenschaften*, 89:565-568.
23. Medina, L.A., 2003. Diseases and Hygienic Behavior in Honey Bees and Stingless Bees, England.
24. Neupane, K.R., Thapa, R.B., 2005. Pollen Collection and Brood Production by Honeybees Under Chitwan Condition of Nepal, *J. Inst. Agric. Anim. Sci.*, 26:143-148.
25. Oldroyd B. P., Goodman, R. D. 1988. Inbreeding and Heterosis in Queen Bees in Relation to Brood Area and Honey Production. *Journal of Agriculture Res.* 39: 959-964.
26. Oldroyd, B.P., Smolenski, A.J., Cornuet, J.M., Wongsiri, S., Estoup, A., Rinderer, T.E., Crozier, R.H., 1996., Levels of Polyandry and Intracolony Genetic Relationships in *A. dorsata*, *Ann.Entomol.Soc.Am.*, 89:276-283.
27. Oxley, P.R., Spivak, M., Oldroyd, B.P., 2010. Six Quantitative Trait Loci Influence Task Thresholds for Hygienic Behavior in Honeybees, *Molecular Ecology* 19:1452-1461.
28. Palocio, M. A., Figini, E. E., Ruffinengo, S. R., Rodriguez, E. M., Del Hoyo, M. L., Bedascarrasbure, E. L., 2000. Changes in a Population of *Apis mellifera l.* Selected for Hygienic Behaviour and its Relation to Brood Disease Tolerance, *Apidologie*, 31(4): 471-478.

29. Park, O. W., Pellet, F. C., Paddock, F. B. 1937. "Disease Resistance and American Foulbrood". American Bee Journal, 77, 20-25.
30. Rothenbuhler, W. C. 1964 a. Behavior Genetics of Nest Cleaning in Honey Bees I. Responses of Four Inbred Lines to Disease Killed Brood. Animal Behaviour, 12: 578-583.
31. Rothenbuhler, W. C. 1964b. Behavior Genetics of Nest Cleaning in Honey Bees IV. Responses of FI and Backcross Generations to Disease-Killed Brood. American Zoologist, 4, 111-123.
32. Rothenbuhler, W. C., Kulmcevic, K., Keri, W. E., 1968. Bee Genetics, Ann. Rew. Genet., 2: 413-438.
33. Spivak, M., Downey, D. L. 1998. Field Assays for Hygienic Behaviour in Honeybees: Apidae. Journal of Economic Entomology, 91 (1): 64-70.
34. Spivak, M., Gilliam, M., 1998 a. Hygienic Behaviour of Honeybees (*A. mellifera* L.) and its Application for Control of Brood Diseases and Varroa. I: Hygienic Behaviour and Resistance to AFB Bee World, 79 (4): 124-134.
35. Spivak, M., Gilliam, M., 1998 b. Hygienic Behaviour of Honeybees (*A. m. L.*) and its Application for Control of Brood Diseases and Varroa. II: Studies on Hygienic Behaviour since the Rothenbuhler era. Bee World, 79 (4): 169-186.
36. Spivak, M., Mansterman, R., Ross, R., Mesce, K.A., 2003. Hygienic Behavior in The Honey Bee and The Modulatory Role of Octopamine, J. of Neurobiology, 55(3): 341-354.
37. Spivak, M., 2006. Differential Olfactory Sensitivity and Aminergic Modulation Help Shape The Expression of Hygienic Behavior in The Honeybee, Department of Entomology, University of Minnesota.
38. Stort, A. C. 1975. Genetic Study of Aggressiveness of Two Subspecies of *Apis mellifera* in Brazil. II. Time at which the First Sting Reached A Leather Ball. J. Apic. Res. 14 (314): 171-175.
39. Toy, H. 2009. Bal Arısı (*A. m. L.*) Kolonilerinde Mevsime Bağlı Hijyenik Davranışın Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Ondokuz Mayıs Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü. Yüksek Lisans Tezi. 77 Sayfa. Samsun.
40. Thompson, V. C. 1964. "Behavior Genetics of Nest Cleaning in Honey Bees III. Effects of Age of Bees of a Resistant Line on Their Response to Disease-killed Brood". Journal of Apicultural Research, 3, 25-30.
41. Trump, R. F., Thompson, V. C., Rothenbuhler, W. C. 1967. "Behavior Genetics of Nest Cleaning in Honey Bees V. Effect of Previous Experience and Composition of Mixed Colonies on Response to Disease Killed Brood". Journal of Apicultural Research, 6, 127-131.
42. TÜİK, 2021. Hayvancılık İstatistikleri <http://www.tuik.gov.tr/start.do>

43. Warrit, N., Hogen, T., Smith, D. R., Çakmak, İ., 2004. A Survey of Varroa Destructor Strains on *Apis mellifera* in Turkey. Journal of Apicultural Research. 43: 190-191.
44. Wilkes, K., Oldroyd, B., 2002. Breeding Hygenic Disease Resistant Bees, Rural Industries Reasch-Development Corporation, No: 021048. 29 pp.

Bölüm 26

Serada Ölçüm Yapan Algılayıcıların Doğruluğunun İç Ortam İklimine Etkisi

Sedat BOYACI¹

ÖZET

Serada ölçüm yapan algılayıcıların doğruluğunun iç ortam iklimine etkisinin araştırıldığı çalışmada, taban alanı 1920 m² olan polietilen örtü malzemesi ile kaplı sera için hesaplamalar yapılmıştır. Buna göre çalışma sonucunda serada ölçüm algılayıcılarının $\pm 1^{\circ}\text{C}$ sapması durumunda yaklaşık $\pm\%11$ oranında enerji değişimi olduğunu göstermektedir. Havalandırma sıcaklığının $\pm 1^{\circ}\text{C}$ sapması serada yaklaşık $\pm\%0.4$ 'lük enerji tasarrufu/ek enerji sağlayabileceği belirlenmiştir. Serada evaporatif soğutma yöntemlerinin kullanılması durumunda, oransal nemin $\%40$ ve sıcaklığın 30°C olması durumunda serada ulaşılabilecek sıcaklık 21.11°C iken sıcaklığın 29°C olması durumunda serada ulaşılabilecek sıcaklık 21.28°C ve 31°C olması durumunda serada ulaşılabilecek sıcaklık 22.84°C olacaktır. Buna göre sıcaklık ölçen sensörün $\pm 1^{\circ}\text{C}$ sapması durumunda ulaşılabilecek iç sıcaklıklarının değiştiği görülmektedir. Serada sıcaklığın 30°C ve oransal nemin $\%40$ olması durumunda serada ulaşılabilecek oransal nem $\%83.44$ iken oransal nemin $\%39$ olması durumunda serada ulaşılabilecek oransal nem $\%83.80$ ve oransal nemin $\%41$ olması durumunda serada ulaşılabilecek oransal nem $\%83.72$ olacaktır. Buna göre oransal nem ölçen sensörün $\pm\%1$ sapması durumunda ulaşılabilecek iç oransal nem değerlerinin değiştiği görülmektedir. Bu durum algılayıcılardan aldığı veriye göre çalışan otomasyon sistemli seralarda ölçümlerin özellikle sınır değerinin altında/üstünde kalması durumunda havalandırma, ısıtma ve soğutma sistemlerinin devreye girmemesine veya daha fazla çalışmasına neden olacak ve iç ortam ikliminin kontrolünü olumsuz etkileyecektir.

Anahtar kelimeler: Seralar, otomasyon, sıcaklık, oransal nem, kalibrasyon

¹ Doç. Dr.; Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü. sedat.boiyaci@ahievran.edu.tr, ORCID No: 0000-0001-9356-1736

1. GİRİŞ

Seralar, cam veya plastik malzeme ile kaplanmış, çevre kontrollü yapılardır. Seralarda, bitkisel üretim için sıcaklık, bağıl nem, karbondioksit, buhar basıncı açığı ve ışık seviyesinin optimal düzeyde tutulması gerekmektedir (Jayasekara ve ark., 2018; Gruda, 2007). Bu sayede seralar gıda güvenliğini, daha iyi kaliteyi sağlayan, büyüme mevsimini uzatan ve yıl boyunca yetiştiriciliğe olanak sağlayan uygulamaları mümkün kılar (Gruda, 2007; Taki ve ark., 2018). Bununla birlikte, seraların en büyük sınırlamalarından biri enerji maliyetleridir; çünkü sebze üretimi için uygun bir mikro iklimin, özellikle kış aylarındaki şiddetli dış hava koşullarına bakılmaksızın sürdürülmesi gerekmektedir Teitel ve ark., 2009; Salwa ve ark., 2014). Bundan dolayı seracılık tarımın en fazla enerji tüketen sektörüdür (Zhang ve ark., 2020). Ortaya çıkan bu yüksek enerji tüketimi, ürünün büyümesinden ödün vermeden enerji tasarrufunu teşvik eden yenilikçi çözümleri ve teknolojiyi teşvik etmiştir (Yano ve Cossu, 2019). Optimum bitki yetiştirme koşulları için uygun sıcaklık ve oransal nem değerleri çok önemli olmakla birlikte, bu faktörlerin sera boyunca dağılımı, bitki büyümesinin homojenliğini kontrol etmede oldukça önemlidir (Zhao ve ark., 2001). Bu nedenle, seraların havalandırma, soğutma ve ısıtma sistemlerinin tasarımını geliştirmek için iç ortam iklim dağılımının belirlenmesi büyük önem taşımaktadır (Seo ve ark., 2021). Ancak, sera çevre koşullarını etkileyen birçok değişken, içi ortam iklim kontrolünü karmaşık hale getirerek uniformluk sağlama açısından problemleri beraberinde getirir (Çaylı ve ark., 2016). Ayrıca, ilgili süreç ve sistemlerin biyolojik ve fiziksel yönlerine özgü olan mekânsal farklılıklar, sera koşullarının optimize edilmesini daha zor bir hale getirir. Modern seralarda, kapalı alanın etrafındaki çeşitli bölgelerdeki iklimin nesnel ve ayrıntılı bir görünümünü oluşturmak için bitki seviyesinde birkaç ölçüm noktası gereklidir. Spesifik iklim gradyanları, bitkilerin verim, verim, nicelik ve nitelik özellikleri açısından önemli farklılıklara neden olabileceği gibi çeşitli hastalıkların gelişmesine de neden olabilmektedir (Katsoulas ve ark., 2017). Bu durum, çeşitli hastalıkların oluşumunu da kolaylaştırabilirler. Bu sıcaklık farklılıklarını ortadan kaldırmak, homojen bitki büyümesini sağlamak ve sorunlu alanları belirlemek için sensörlerin dikkatlice planlanarak ve mekânsal olarak doğru konumlandırılarak izlemesi için uygun sistemler gerekmektedir (Ferentinos ve ark., 2017). Teknolojideki son gelişmeler, birden fazla noktadan veri toplanmasını kolaylaştırması ve bu verilerin analiz edilmesini sağlaması seralarda yeni kontrol stratejilerinin geliştirilmesini teşvik etmektedir. Ayrıca, kontrol sistemleri konusunda daha

fazla çalışma yapılması, sera üretim kalitesini ve verimini artırarak kaynakların verimli kullanımını teşvik edecektir (Cayli, 2020). Serada ürünlerin üretiminde çevresel faktörlerin doğru bir şekilde izlenmesi için sensör teknolojisinin uygun şekilde uygulanması ve kullanılması en temel gereksinimdir. Ortam değişkenleri, konum, yön, boyut ve sensör tipi, ürün çeşidi, ekim oranları, mevsim ve zamana göre değişiklik gösterebilir. Bu nedenle, doğru izleme için varyasyonların araştırılması ön koşuldur (Ryu ve ark., 2014). Homojen bir sera iklimi, daha homojen bir üretim, daha az hastalık ve enerji tasarrufu olanakları nedeniyle ekonomik avantajlara sahiptir. Düşük maliyetli kablosuz sensörlerden oluşan yoğun bir dağılım ile elde edilen sıcaklık ve nemin yatay dağılımı, ya sera altyapısını uyarlayarak ya da sera ısıtma ve havalandırmasını seçici olarak çalıştırarak homojenliği kontrol etmeye yardımcı olur (Balendonck ve ark., 2010). Zhang ve ark., (2020) sera sektörünün çoğu ülkede tarımdaki toplam nihai enerji tüketiminin en büyük bölümünü oluşturduğunu ve seralarda toplam enerji tüketimini en aza indirmenin etkili bir yolunda, kabul edilebilir ve verimli bir kontrol stratejisi olduğunu bildirmişlerdir. Kontrol stratejisi, ısıtma/soğutma, havalandırma, gölgeleme sistemi gibi ekipmanları etkin bir şekilde ayarlayabilen ve bunları düşük enerjili çalışmayla koordine edebilen sera için konforlu iç iklimin korunmasında ve enerji tüketiminin azaltılmasında çok önemli bir rol oynadığını belirtmişlerdir.

Seralar mevsim dışı yetiştiricilik yapılan kontrollü üretim yapıları olması nedeniyle iç ortam ikliminin doğru yöntemlerle ve kalibrasyonu yapılan algılayıcılarla ölçülmesi gerektirmektedir. Algılayıcılarda ortaya çıkan kalibrasyon sorunu ortam homejenliğine olumsuz etki yapması yanında, üretimde olumsuz etkileyecektir. Aynı zamanda algılayıcılardaki kalibrasyon sorunları serada enerji gereksiniminin artması/azalması anlamında gelecektir. Artan enerji gereksinimi ısıtmanın üretim maliyetleri içerisindeki payını arttırırken azalan enerji gereksinimide bitki yetiştiriciliğini olumsuz etkileyecektir. Bu amaçla çalışmada, ölçüm yapan algılayıcıların kalibrasyon kontrolünün iç ortam iklimine etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

2. MATERYAL VE METOT

Çalışmada materyal olarak seçilen seranın boyutları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Çalışmada hesaplamalarda kullanılan sera boyutları

Bölme sayısı	4 adet
Bölme genişliği	8 m
Sera uzunluğu	60 m
Taban alanı	1920 m ²
Çatı yüksekliği	2.10 m
Mahya yüksekliği	5.60 m
Örtü alanı	2976.15 m ²
Örtü malzemesi	Çatı ve yan duvarda tek kat polietilen
Su giriş sıcaklığı	70 °C
Su çıkış sıcaklığı	50 °C
Boru çapı	51 mm

Serada domates yetiştiriciliği yapıldığı ve üretim periyodu olarak 12 ay süresi hesaplamalarda dikkate alınmış ve enerji gereksinimi belirlenmiştir.

Seralarda ısı enerjisi gereksiniminin hesaplanması ISIGER uzman sistem kullanılarak yapılmıştır. ISIGER uzman sistemde seralarda ısı gücü ve ısı enerjisi gereksinimi, saatlik iklim değerlerinden (sıcaklık, güneş radyasyonu ve rüzgar hızı) gidilerek hesaplanmaktadır (Baytorun ve Gügercin, 2015).

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

3.1. Serada iç sıcaklık ölçümündeki sapmanın ısı enerjisi gereksinimine etkisi

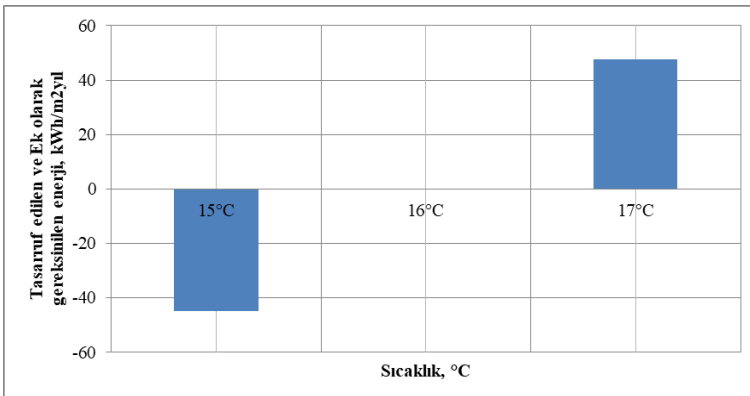
Seralarda iç ortam iklim değerlerinin kontrol edilebilmesi amacıyla kullanılan ölçüm algılayıcılarının sera içerisine yatay ve düşeyde uygun konumlarda yerleştirilmesi oldukça önemlidir. Aynı zamanda ölçüm algılayıcılarının bakım ve kalibrasyonlarının yapılmasında sonuçların kontrol bilgisayarına doğru bir şekilde iletilmesine katkı sağlayacaktır. Aksi takdirde yapılan ölçümlerdeki \pm yönlü sapmalar daha fazla/az enerjinin serada tüketilmesine neden olacaktır. Serada, sıcaklık sapmasına bağlı olarak ısı enerjisinin aylara göre değişimi Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Serada, sıcaklık sapmasına bağlı olarak ısı enerjisinin aylık değişimi

Aylar	İç sıcaklık		
	15°C	16°C	17°C
Ocak	91.5	98.8	106.3
Şubat	67.3	73.3	79.3
Mart	45.7	51.0	56.4
Nisan	20.7	24.5	28.4
Mayıs	7.7	10.7	14.1
Haziran	0.8	1.9	3.6
Temmuz	0.0	0.0	0.1
Ağustos	0.0	0.0	0.2
Eylül	2.5	4.5	7.0
Ekim	17.5	21.4	25.4
Kasım	47.0	52.5	58.3
Aralık	76.7	83.6	90.7
Toplam, kWh/m²	377.4	422.2	469.8

Serada yan duvar ve çatıda tek katlı polietilen plastik kullanılan serada, sıcaklık değerlerindeki sapmalara bağlı olarak ortaya çıkan ısı enerjisi gereksinimi 15°C için 377.4 kWh/m²yıl, 16°C için 422.2 kWh/m²yıl ve 17°C için 469.8 kWh/m²yıl olarak hesaplanmıştır.

Serada, sıcaklık sapmasına bağlı olarak tasarruf edilen ve ek olarak gereksinilen ısı enerjisinin değişimi Şekil 1’de verilmiştir.



Şekil 1. Serada, sıcaklık sapmasına bağlı olarak tasarruf edilen ve ek olarak gereksinilen ısı enerjisi

Buna göre serada ölçüm algılayıcılarının $\pm 1^{\circ}\text{C}$ sapması durumunda yaklaşık $\pm\%11$ oranında enerji değişimi olduğunu göstermektedir. Bu durum serada enerji maliyetlerini arttırıp/azaltılması yanında homojen bitki yetiştiriciliğininde etkileyecektir.

3.2. Serada havalandırma sıcaklığı ölçümündeki sapmanın ısı enerjisi gereksinimine etkisi

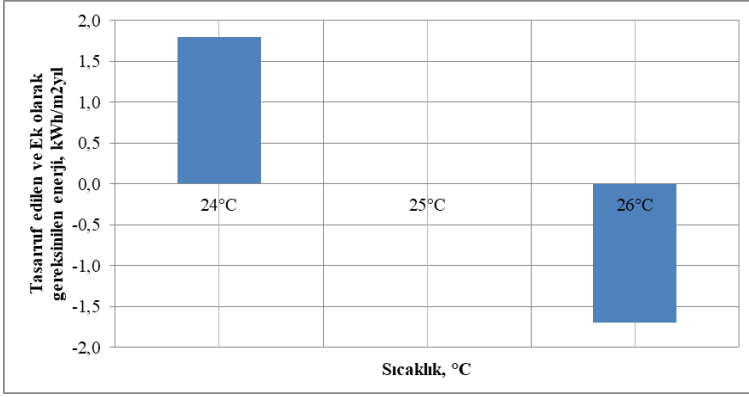
Serada iç ortam iklimini kontrol etmek için yapılan havalandırma da özellikle kış döneminde havalandırma sıcaklığının doğru seçilmesi önemlidir. Çünkü havalandırma sıcaklığının çok düşük seçilmesi ısıtma yapılan serada enerjinin dışarı atılmasına neden olmaktadır. Bu nedenle otomasyon sistemi ile havalandırma kapaklarının açılıp kapanması önemli oranda enerji kaybının önüne geçilebilecektir. Buna göre, serada, havalandırma sıcaklıklarının sapmasına bağlı olarak ısı enerjisinin aylara göre değişimi Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Serada, havalandırma sıcaklıklarının sapmasına bağlı olarak ısı enerjisinin aylık değişimi

Aylar	Havalandırma sıcaklığı		
	24°C	25°C	26°C
Ocak	98.8	98.8	98.8
Şubat	73.3	73.3	73.3
Mart	51.4	51	50.7
Nisan	24.8	24.5	24.1
Mayıs	11.1	10.7	10.4
Haziran	2.0	1.9	1.7
Temmuz	0.0	0.0	0.0
Ağustos	0.0	0.0	0.0
Eylül	4.7	4.5	4.2
Ekim	21.7	21.4	21.1
Kasım	52.7	52.5	52.4
Aralık	83.6	83.6	83.7
Toplam, kWh/m²	424.1	422.2	420.4

Serada yan duvar ve çatıda tek katlı polietilen plastik kullanılan serada, sıcaklık değerlerindeki saptamalara bağlı olarak ortaya çıkan ısı enerjisi gereksinimi 24°C için 424.1 kWh/m²yıl, 25°C için 422.3 kWh/m²yıl ve 26°C için 420.6 kWh/m²yıl olarak hesaplanmıştır.

Serada, farklı havalandırma sıcaklıklarının sapmasına bağlı olarak tasarruf edilen ve ek olarak gereksinilen ısı enerjisinin değişimi Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Serada, farklı havalandırma sıcaklıklarının sapmasına bağlı olarak tasarruf edilen ve ek olarak gereksinilen ısı enerjisi

Şekil 2’ye göre yapılan hesaplamalarda havalandırma sıcaklığının 1°C azaltılması/arttırılması serada yaklaşık ± 0.4 ’lük enerji tasarrufu/ek enerji sağlayabileceği belirlenmiştir. Buna göre iç ortam iklim parametrelerinin manuel sistemler yerine otomasyon sistemleri ile kontrol edilmesi iç ortam parametrelerinin düzenlenmesi yanında enerjinin tasarrufu bakımında önemlidir. Ancak kullanılan algılayıcıların kalibrasyonunun önemide göz ardı edilmemelidir.

3.3. Serada iç sıcaklık ölçümündeki sapmanın evaporatif soğutmaya etkisi

Güneş ışınımının gölgeleme ile 900 W/m^2 , ped randımanının %90 ve birim alana tekabül eden hava değişim katsayısının $200 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ olduğu koşullarda farklı sıcaklık ve aynı oransal nem değerlerine bağlı olarak serada ulaşılan sıcaklık değerleri Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. Serada farklı sıcaklık değerlerine bağlı olarak ulaşılabilir sıcaklık değerleri

Sıcaklık, °C	Oransal nem, %	Serada ulaşılabilir		Gerekli su miktarı, L/h
		Sıcaklık, °C	Oransal nem, %	
29.0	40	21.28	83.64	0.78
30.0	40	22.11	83.44	0.79
31.0	40	22.84	83.90	0.81

Tablo 4'ten görüleceği gibi sıcaklık sensörünün $\pm 1^\circ\text{C}$ sapması ve oransal nem sensörünün doğru ölçüm alması durumunda, sıcaklığın 30°C olması durumunda serada ulaşılacak sıcaklık 21.11°C iken sıcaklığın 29°C olması durumunda serada ulaşılacak sıcaklık 21.28°C ve 31°C olması durumunda serada ulaşılacak sıcaklık 22.84°C olacaktır. Buna göre, sıcaklık değerinin otomasyonda 30°C 'ye ayarlanması durumunda algılayıcıların 1°C düşük ölçüm alması ile havalandırma veya soğutma sistemleri devreye alınmayacak ve serada sıcaklık yüksek kalacaktır.

3.4. Serada oransal nem sapmasının evaporatif soğutmaya etkisi

Güneş ışınımının gölgeleme ile 900 W/m^2 , ped randımanının %90 ve birim alana tekabül eden hava değişim katsayısının $200 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$ olduğu koşullarda serada aynı dış sıcaklık ve farklı oransal nem değerlerine bağlı olarak serada ulaşılan sıcaklık değerleri Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Serada aynı dış sıcaklık ve farklı oransal nem değerlerine bağlı olarak serada ulaşılan sıcaklık değerleri

Sıcaklık, °C	Oransal nem, %	Serada ulaşılabilir		Gerekli su miktarı, L/h
		Sıcaklık, °C	Oransal nem, %	
30.0	39	21.84	83.80	0.81
30.0	40	22.11	83.44	0.79
30.0	41	22.29	83.72	0.77

Tablo 5'ten görüleceği gibi oransal nem sensörünün $\pm 1\%$ sapması ve sıcaklık sensörünün doğru ölçüm alması durumunda, tablodan görüleceği gibi oransal nemin %40 olması durumunda serada ulaşılacak oransal nem %83.44 iken oransal nemin %39 olması durumunda serada ulaşılacak oransal nem %83.80 ve oransal nemin %41 olması durumunda serada

ulaşılabilir oransal nem %83.72 olacaktır. Buna göre, oransal nem değerinin otomasyona sistemine \pm %1 farkla iletilmesi tüketilecek su miktarında etkileyecektir.

Sera bitkileri çoğunlukla 17-27°C arasındaki optimum hava sıcaklıklarına adapte olmuş, alt ve üst sınır sıcaklıkları 10-35°C olan sıcak mevsim bitkileridir (Kittas ve ark., 2005). Sato et al. (2000), optimum hava sıcaklığı olarak yaprak/salkım gelişimi için 22°C, meyve ilavesi için 22-26°C ve meyve büyümesi ve meyve tutumu için 22-25°C olarak tavsiye edilmiştir. Genel olarak, 18.3°C ile 32.2°C arasındaki değerler, tüm büyüme mevsimi boyunca domates için en uygun hava sıcaklıkları olarak kabul edilir (Hochmuth ve Hochmuth, 2012). Adams ve ark., (2001), tozlaşmadan meyve bağlamaya kadar olan sürede gelişme için 26°C veya daha düşük bir optimum hava sıcaklığına ihtiyaç olduğunu ve 32°C'ye ulaşan sıcaklıklarda gelişmenin olumsuz etkilendiğini bildirmiştir. Çoğu sera domatesi çeşidi için %60-90 arasındaki bağıl nem aralığı ASABE (2015) standartlarına göre uygun kabul edilmektedir. Ayrıca, domatesin tüm büyüme evreleri boyunca optimal bağıl nem aralığının %50-70 arasında olması önerilmektedir. Çalışmalar ayrıca, bağıl nem %60 civarında olduğunda Domates tozlaşmasının önemli ölçüde arttığını göstermektedir (Harel ve ark., 2014). Daha yüksek sıcaklığa maruz kalan bitkilerin daha yüksek neme ihtiyaç duyduğunun altı çizilmelidir (Kittas ve ark., 2005). Araştırmacıların belirttiği üzere sera iç ortamındaki sıcaklık ve oransal nem değerlerinin azalması veya artması durumunda bitki gelişiminin olumsuz etkilenecektir. Optimum iç ortam iklim değerlerinin sağlanabilmesi amacıyla kullanılan algılayıcıların kalibrasyonlarının yapılmaması durumunda \pm 1 yönlü sapmaların bitki gelişimi ve enerji verimliliğini etkileyerek ekonomik kayıplara neden olacaktır.

4. SONUÇ

Mevsim dışı yetiştiricilik yapılan seralarda, iç ve dış ortam iklim değerlerinin kalibrasyonu yapılmış algılayıcılar ile ölçülmesi bitki yetiştiriciliğinde optimum verimin sağlanması açısından önemlidir. Bunun yanında doğru ölçüm sonuçları gereksinim duyulan enerjide etki edecektir. Modern seralarda otomasyon sistemlerinin kullanımı yaygın olmakla birlikte ölçüm yapılan algılayıcıların yatay ve düşey yönde doğru konumlandırılması ve kalibrasyonlarının yapılması sisteme giden komutların daha doğru iletilmesini sağlayacaktır. Bu durum ise sera ikliminin doğru yönetilmesini sağlayacaktır.

REFERANSLAR

- Adams S.R., Cockshull K.E., and Cave C.R.J. (2001). Effect of temperature on the growth and development of tomato fruits. *Annals of Botany*, 88(5), 869-877.
- ASABE (2015). Heating, ventilating and cooling greenhouses, American Society of Agricultural and Biological Engineers. St. Joseph, MI, USA.
- Balendonck, J., van Os, E.A., van der Schoor, R., van Tuijl, B.A.J., Keizer, L.C.P. (2010). Monitoring spatial and temporal distribution of temperature and relative humidity in greenhouses based on wireless sensor technology. International Conference on Agricultural Engineering, September 6-8, 2010, Clermont-Ferrand, France.
- Baytorun, A.N., Güğercin, Ö. (2015). Seralarda enerji verimliliğinin artırılması. *Çukurova Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 30(2), 125-135.
- Cayli, A. (2020). Temperature and relative humidity spatial variability: an assessment of the environmental conditions inside greenhouses. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(07), 4954-4962.
- Çaylı, A., Akyüz, A., Baytorun, A.N., Üstün, S. and Boyacı, S. (2016). Seralarda isi kaybına neden olan yapısal sorunların termal kamera ile belirlenmesi. *KSU Journal of Natural Science*, 19, 5-14.
- Ferentinos, K.P., Katsoulas, N., Tzounis, A., Bartzanas, T., Kittas, C. (2017). Wireless sensor networks for greenhouse climate and plant condition assessment. *Biosystems Engineering*, 153, 70-81.
- Gruda, N. (2007). Impact of environmental factors on product quality of greenhouse vegetables for fresh consumption. *Plant Sci.*, 24, 227–247.
- Harel D., Fadida H., Slepoy A., Gantz S., Shilo K. (2014). The effect of mean daily temperature and relative humidity on pollen, fruit set and yield of tomato grown in commercial protected cultivation. *Agronomy*, 4(1), 167-177.
- Hochmuth, G.J., Hochmuth R.C. (2012). Production of greenhouse tomatoes - Florida greenhouse vegetable production handbook, Selection of Cultivars. *Production*, 3, 1-18.
- Jayasekara, S.N., Na, W.H., Owolabi, A.B., Lee, J.W., Rasheed, A., Kim, H.T., Lee, H.W. (2018). Comparison of environmental conditions and insulation effect between air inflated and conventional double layer greenhouse. *Prot. Hortic. Plant Fact.*, 27, 46–53.

- Katsoulas, N., Ferentinis, K.P., Tzounis, A., Bartzanas, T., Kittas, C. (2017). Spatially distributed greenhouse climate control based on wireless sensor network measurements. *Acta Hortic.*, 1154, 111-120.
- Kittas C., Karamanis M., and Katsoulas N., (2005). Air temperature regime in a forced ventilated greenhouse with rose crop. *Energy Buildings*, 37(8), 807-812.
- Ryu, M.J., Ryu, D.K., Chung, S.O., Hur, Y.K., Hur, S.O., Hong, S.J., Sung, J.H., Kim, H.H. (2014). Spatial, vertical, and temporal variability of ambient environments in strawberry and tomato greenhouses in winter. *J. of Biosystems Eng.*, 39(1), 47-56.
- Salwa, B., Sami, K., Safa, S., Mariem, L., Abdelhamid, F. (2014). Improvement of the greenhouse climate using a solar air heater with latent storage energy. *Energy*, 64, 663–672.
- Sato S., Peet M.M., Thomas J.F. (2000). Physiological factors limit fruit set of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) under chronic, mild heat stress. *Plant, Cell Environ.*, 23(7), 719-726.
- Seo, IH., Lee, HJ., Wi, SH., Lee, SW., Kim, SK. (2021). Validation of an air temperature gradient using computational fluid dynamics in a semi-open type greenhouse and determination of kimchi cabbage physiological responses to temperature differences. *Horticulture, Environment, and Biotechnology* 62, 737-750.
- Taki, M., Rohani, A., Rahmati-Joneidabad, M. (2018). Solar thermal simulation and applications in greenhouse. *Inf. Process. Agric.*, 5, 83–113.
- Teitel, M., Barak, M., Antler, A. (2009). Effect of cyclic heating and a thermal screen on the nocturnal heat loss and microclimate of a greenhouse. *Biosyst. Eng.*, 102, 162–170.
- Yano, A., Cossu, M. (2019). Energy sustainable greenhouse crop cultivation using photovoltaic technologies. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 109, 116-137.
- Zhang, S., Guo, Y., Zhao, H., Wang, Y., Chow, D., Fang, Y. (2020). Methodologies of control strategies for improving energy efficiency in agricultural greenhouses. *Journal of Cleaner Production*, 274, 122695.
- Zhao, Y., Teitel, M. and Barak, M. (2001). Vertical temperature and humidity gradients in a naturally ventilated greenhouse. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 78, 431- 436.

Bölüm 27

Afetler ve Çözüm Önerileri: Depremlerin Yaban Hayatına Etkileri Üzerine

Şengül AKSAN¹

ÖZET

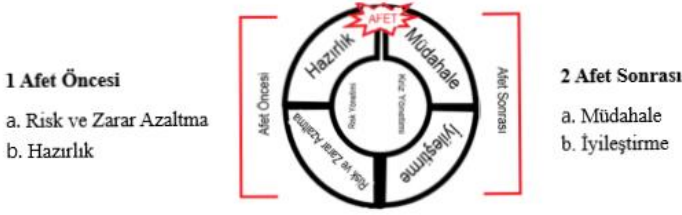
Günümüze kadar birçok deprem ve afet ile karşılaşmamıza karşın 6 Şubat Kahramanmaraş depremi sonrası depremin önüne geçilemeyeceği ancak hazırlıklı olunur ve doğru müdahaleler yapılabilirse can ve mal kayıplarının önlenebileceği açık ve acı bir şekilde tekrar öğrenmiş bulunmaktayız. Bu çalışmada deprem başta olmak üzere afetlerin önce insan daha sonra ekoloji ve yaban hayatı üzerine etkilerine dikkat çekmek, afet sonrası kısa sürede toparlanmak ve iyileşmek için neler yapılabilir hususlarında çözüm önerileri şu başlıklar altında 1. Afet Yönetim Basamakları ve Öneriler, 2. Depremin Yaban Hayatına Etkileri ve Öneriler, 3. Politika Önerileri yer verilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Afet, Deprem, Politika, Ekoloji, Yaban hayatı

1. GİRİŞ

İnsanlar için fiziksel, ekonomik, sosyal ve çevresel kayıplar doğuran, normal yaşamı ve insan faaliyetlerini durdurarak veya kesintiye uğratarak toplulukları etkileyen doğal, teknolojik veya insan kökenli olayların sonuçlarına afet denilmektedir (AFAD, 2023). Afetler doğaları gereği önlem alınsa dahi etki bırakan olgulardır. Afet öncesi risk yönetimi ve afet sonrası kriz yönetimi doğru şekilde gerçekleştirilebilirse afetin etkisi maksimum düzeyde önlenmiş olur. Ancak afetin etkisiyle baş edebilmek için etkili bir afet yönetimini gereklidir. Afet yönetimi afet öncesi ve afet sonrası iki kısma ayrılır (Şekil 1).

¹ Doç.Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Orman Fakültesi, Yaban Hayatı Ekolojisi ve Yönetimi Bölümü, Isparta, Türkiye
sengulaksan@isparta.edu.tr ORCID No: 0000-0003-3913-413X



Şekil 1. Afet yönetim aşamaları

Afet öncesi ve sonrasında gönüllüler, sivil toplum kuruluşları (STK), özel sektör ve devlet kurumları koordine olup duruma etkin şekilde müdahale gerçekleştirilebilirse müsbet sonuçlar alınabilir. Aksi durumda kaos hâkim olacağı için müdahalelerin gecikmesine, doğru müdahalenin yapılamamasına, can ve mal kayıplarının artmasına neden olabilir. Afetlerin maddi, manevi etkisi olmakla birlikte ülkenin hem ulusal hem uluslararası alanda otoritesini ve siyasi gücünü etkilediği için çok önem arz etmektedir. Ülkenin başkenti, mega kentleri, stratejik önemli kentleri, sınır kentleri ve birden fazla sayıda kenti etkileyecek bir afet ülkeyi düşmanlarına karşı zayıf hale getirebilir. Bu ülkenin bekası için çok önemli bir konu olup devlet tarafından muhakkak kati suretle savunma planları içerisinde yer almaktadır. Bu planların bazıları gizli nitelik taşımaktadır. Ancak ülke halkının da özellikle yörenin önemi (beşerî, tarihi, kültürel, fiziki, siyasi, stratejik, askeri, nükleer veya çeşitli enerji hatları vb.), lokasyonu, afete açık durumu (sahanın depreme, heyelana, orman yangınlarına vb. açık olması) gibi çeşitli özellikleri bakımından afet çeşidine karşı bilinçlendirilmesi ve eğitimi şarttır. Yüksek oranda etki gücüne (şiddet, süre ve alan) sahip bir afette şok durumunda ve kaos içerisinde bir halkı sakinleştirmek ve yönetmek ayrı bir çaba gerektirmektedir. Bir örnek vermek gerekirse 2021 Manavgat orman yangınlarında orman köylülerinin yangın önünden çekilmesi ve köylerin boşaltılması için Kolluk Kuvvetleri ve Orman İşletme Müdürlüğü çalışanları ciddi emek ve zaman harcamıştır. Eğer orman köylüleri böylesine büyük bir yangında nasıl hareket etmesi gerektiği konusunda bilgilendirilmiş (eğitim, seminer) ve bilinçlendirilmiş (sorumluluk, görev paylaşımı, tatbikat) olsa idi yaşanan kayıplarının önüne daha kolay geçilebilirdi. Ülke bekası için halkın şok durumu yerine bilinçli ve koordineli hali zaman ve emek kaybını önlediği gibi müdahalede etkili sonuçlar sağlayacak, can ve mal kayıplarının önleyebilecektir. Bu nedenle bilgilendirme, eğitim ve bilincin oluşturulması (tatbikat ve süreklilik) en önemli husustur. Birçok alanda tatbikatlar yapılmakla birlikte hem 28 Temmuz 2021 Manavgat orman yangınlarında hem de 6 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremlerinde görüldüğü üzere etki alanı geniş, şiddeti

çok ve süresi uzun olan bu mega afetlere karşı ayrı bir planlama, eğitim ve tatbikat gerekmektedir.

Yangın, deprem, biyolojik ve diğer farklı afetler için farklı müdahale yöntemleri ve ekipmanlara ihtiyaç duyulmaktadır. Deprem veya tsunami etkisiyle sular altında kalan bir sahaya müdahalede balık adamlara, dalış ve su altı ekipmanlara ihtiyaç duyulurken; nükleer bir afette yine nükleer konuda uzman kişilere, koruma/korunma ekipmanlarına ve farklı olan bu etkiye has temizleme yöntemlerine ihtiyaç vardır. Afet durumlarında olaya müdahale eden gönüllü ekiplerinin de afet çeşidine karşı eğitilmiş olması gerekmektedir. Bilinçli yapılan yardımlar hayat kurtaracağı gibi bilinçsiz yapılan müdahale afet etkisine ek olarak insan kaynaklı olumsuz etkilere de neden olabilir. Özellikle biyolojik, kimyasal veya nükleer bir afete doğru müdahale edilmesi afetin olumsuz etkisinin yayılmasına engel olur.

Farklı afet çeşitleri için koordinasyon basamakları benzer tedbirleri kapsamakla birlikte farklılıkları da içermektedir. Her bir afet çeşidi kendi olgusu ve etkileyebileceği unsurlar (kent merkezi, orman, deniz, dağ, nükleer santral, enerji hatları, petrol ofisleri, ülke sınırları, barajlar, boğazlar, köprüler, yer altı geçitleri ve tüneller, hava, kara ve raylı ulaşım hatları, teknolojik kesinti ve çökmeler, ekonomi, siyasi, tarihi ve kültürel alanlar, askeri depolar, yazılı ve kayıtlı bilgi kaynakları vb.) açısından ayrı ayrı değerlendirilmelidir. Hava olayları için uyarılar (fırtına, sel, dolu, don, kuraklık), yangın riski artan zamanlarda (kuru hava, rüzgâr, sıcaklık) yine uyarılar yapılmalıdır. Afet öncesi (envanter, tedbir, planlama, denetim) ve sonrası (koordinasyon, müdahale, iyileştirme) aşamasında yapılması gereken her husus için detaylı planlar ve bu planlara ek alternatif planlar yapılmalıdır.

Ersoy'un bildirdiğine göre uzun yılların ortalamasına bakıldığında dünyada her yıl doğal afetler sonucu 60,000 insanın hayatını kaybetmiştir (Ersoy, 2013:9). Bu ölümlerin büyük çoğunluğu, az gelişmiş ülkelerdeki depremlerde, binaların çökmesi sonucu meydana geldiği bildirilmiştir. Türkiye'de, depremlerin 2011 yılında yol açtığı ekonomik zarar 1,744 milyar dolar olduğunu, 2006 ve 2009 yıllarında meydana gelen sel ve su baskınlarının yol açtığı ekonomik zararın 867.000 milyon dolar olduğunu belirten Ersoy (2013:3), afetlerin neden olduğu ekonomik kayıplar olduğu yerin sosyoekonomik koşullarına göre değiştiğini eğer afet nüfusun yoğun olduğu bir yerde ya da fakir bir ülkede meydana gelirse ekonomik kayıplar daha da büyük olduğunu vurgulamıştır.

Afet zararları afet bölgesindeki sivil mağdurlara yardım etme ya da gönüllülük hizmetleriyle idame ettirilemeyecek derecede büyük bir planlama gerektirir. Afet öncesi, sırası ve sonrasında kim, nerede, ne zaman, nasıl, hangi

yöntem, hangi ulaşım ağı kullanarak ne yapacak planlanmalıdır. Ersoy'un (2013:13) vurguladığı gibi afetler kapsamlı şekilde ele alınmalı tüm tehlikeler, riskler göz önünde tutulmalı, afet yönetim sisteminin tüm evreleri ve tüm paydaşlar planlamada yer almalı ve afetler bütüncül olarak planlanmalıdır. Modern toplumda kentleşmenin arttığı ve küresel iklim değişimi nedeni doğal afetlerin tetiklendiği günümüz dünyasında afetlerin her zamankinden daha fazla yönetilmeye gereksinimi vardır. Unutulmamalıdır ki afetlerin yönetimi bizlere savaş sırasında düzenli ve etkili şekilde öncelikle korunma sonrasında savunma basamaklarında nasıl hareket edebileceğimizin alt yapısını da sunmaktadır.

2. AFET YÖNETİM BASAMAKLARI VE ÖNERİLER

2.1 Afet Öncesi: Risk/Zarar Azaltma ve Hazırlık

Deprem öncesi binanın yapımından denetimine tüm kademelerde sorumlu kişilerin görev ve sorumlulukları ilgili mevzuatlarda belirlenmiştir. Ülkemiz topraklarının büyük kısmı depreme hassas olması nedeni ile yapılacak binadan sorumlu kişi ve kurumların sorumlu oldukları izin, zemin etüdü, bina yapım, denetim ve kontrol uygulamalarını hakkaniyetle gerçekleştirilmesi yaşanacak afetten en az zararla kurtulunmasını sağlar. Bu kısım uzmanlık bilgisi gerektirmekle birlikte konuda yetkili kişi ve devlet kurumları daha detaylı bilgi verecek ve kendi bünyelerinde düzenlemelere gidecektir. Her afet çeşidi, potansiyeli ve etkisi için ilgili mevzuatlarca belirlenen hususların uygun şekilde yapılıp yapılmadığının kontrol edilmeli ve denetimler sıkı şekilde yapılmalıdır.

Genel olarak afet çeşitleri için kişiden başlayarak devletin en üst makamına kadar her kademenin başta insan gücü ve sağlayabilecekleri diğer katkı çeşitleri açısından mevcut potansiyelinin tespit edilmesi, uygun şekilde iş bölümü yapılması ve eğitimlerin/tatbikatların gerçekleştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede sahip olunan gücün niceliği ve niteliği bilinerek etkili planlar oluşturulabilir.

Mahalle ve köy muhtarları, azalar, gönüllülerden oluşan durum raporu verebilecek kişilerin anlık bilgi toplaması ve üst makama iletilmesi ile müdahale ve yardım nereye, nasıl, ne kadar ve hangi yöntemle yapılacak net şekilde belirlenmiş olur. Bu sahalara kimler ne yardımı yapacak önceden belirlenmelidir. Bu yardımlar köy, mahalle, ilçe, il, bölge bazında büyüklüklerine göre ayrılmalı afetin büyüklük ve etkisine göre bu yardımın hangi öncelikler (güvenlik, arama kurtarma, sağlık, makine teçhizat, iletişim, gıda, barınma vs.) dahilinde olduğu, nereden (ilçe, il, bölge veya ülke geneli) ve nasıl (deniz, hava, kara, demiryolu) geleceği önceden belirlenmelidir.

Arama Kurtarma Ekiplerinin (gönüllü, STK, sağlık ekipleri, iş makinesi operatörleri) ve yardım malzemelerinin afet sahasına (tek bir bina enkaz alanı,

blok, sokak, mahalle, il/iller, bölge) uygun şekilde dağıtılması kim, nerede, ne zaman, ne yapacak, hangi ekip neredeki afet sahasına müdahale edecek belirlenmelidir. Ekipler görev yerlerini bildikleri için zaman kaybetmeden kendi sorumluluk alanlarına kısa sürede intikal edebilecek ve karmaşanın önüne geçilecektir. Ayrıca müdahale edilen afet sahası işaretlenmelidir. Bu sayede aynı saha tekrar tekrar aranarak zaman kaybedilmeden diğer enkazlara geçilerek hızlı ve etkin müdahale gerçekleştirilebilir. Zira afet anlarında en önemli unsur zamandır. Ayrıca afet alanından çıkarılan yaralıların neredeki hangi sağlık kuruluşuna/hastaneye sevk edileceği önceden belirlenirse aile bireylerinin kopması önlenmiş olur.

Afet öncesinde insan gücü, nakdi yardım, iş makinesi, gıda, kıyafet (özellikle yangında ve ekstrem hava koşullarında), barınma, tıbbi malzeme, iletişim, jeneratör, nakliye gibi farklı ihtiyaçlarda kimlerin ne yardımda bulunacağı yardımın tanımı net şekilde belirlenmelidir. Gıda, hijyen malzemesi ve ilaç ile ilgili kurum veya özel sektörden aynı katkı yapılacaksa katkının cinsi, miktarı gibi detayları rapor ile belirlenmiş olmalıdır. İnşaat sektörü katkı cinsi miktarı (insan gücü, büyük ve küçük iş makinesi, teknik malzeme, ellerinde bulunan hazır binalarda barınma sağlaması gibi) raporlanmalıdır. Özel ve devlet yurtları, bakım evleri, apartlar, misafir haneler, pansiyonlar, spor kompleksler, oteller, kamp alanları gibi düzenli ve planlı şekilde barınma, sığınma, beslenme ve hijyen sağlayabilecek hazır mekanlar/sahipleri afet durumunda yapacakları katkıları detaylı şekilde raporlamalıdır. Bu sayede afetzedeler kontrollü şekilde buralara transfer edilebilir. Her türlü yardımın nerede, kimler tarafından toplanacağı, tasnif edileceği, nakliyesinin nasıl ve hangi ulaşım çeşidi ile yapılacağı (deniz, hava, kara, demir yolu, ulaşımı güç alanlar için helikopter, offroad araç) ve alternatif ulaşım güzergahları önceden belirlenmelidir.

Araç ve şoförlerin ayrıca gönüllüler ve STK'lar ile ilgili her türlü bilgi kaydı bir bilgi sisteminde yer almalıdır. Bu sayede afet sırasında olay yerine intikal için gerekli izin alınırken oluşan zaman kaybı önlenmiş olur. Bilgi kaydı ile tecrübeli ve güvenilir kişilerin ayrımı yapılarak acil durumda öncelikli ulaşılabilecek gönüllü kişilerin listesi oluşturulabilir.

Deprem bilgi sistemi oluşturulmalıdır. Bu sistemin varlığı risk ve kriz yönetiminin gücünü arttıracaktır. Deprem/afet öncesi yukarıda saydığımız birçok husus hakkında toplanan bilginin depolanması afet sonrasında bu bilgiler ile afete kısa zamanda, eğitilmiş kişi ve ekipmanlarla doğru müdahale sağlanabilir. Afet öncesi, sırası ve sonrasında yapılacakları detaylı şekilde içeren bir bilgi sisteminin olması bilgiye doğru ve kolay ulaşımı sağlamakla birlikte koordinasyonu hızlandıracak ve etkili müdahalenin gerçekleştirilmesini sağlayacaktır. Ayrıca yönetimin veya sorumlu kişilerin değişmesi nedeniyle

kurum hafızasının kaybolmasının önlenmiş olur. Daimî şekilde kesin ve net bilgiye ulaşım sağlamakla birlikte planlı kolay işleyişe olanak veren bir sistemin olması önem arz etmektedir.

2.2. Afet sonrası: Müdahale ve İyileştirme

Bilindiği üzere sağlık ekipleri ve arama kurtarma ekiplerinde yer alan kişilerin ekstrem durumlarda olaya ilk müdahale sorumluluğunda olmaları bilinçli ve soğuk kanlı davranmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca sorumluluk sahibi olmak stres yönetimini daha iyi yapılmasını sağlamaktadır. Afetlerde yer alacak gönüllü, STK, özel sektörde yer alan kişilere görev ve sorumluluk dağılımı yapılmalıdır ki stres yönetimi etkili şekilde uygulanabilsin ve müdahale aşamasına kısa zamanda geçilebilsin. Gönüllü, STK, özel sektör, devlet kurumlarının sahip olduğu insan gücü, mesleği, görevi, uzmanlığı, teknik alt yapısı, teknik malzemesi, aynı ve maddi katkıları afet yönetiminin çağrısı ile aktif hale getirilebilir olması daha önceden planlanan aşamaların kısa sürede tamamlanması afete kontrollü müdahaleye olanak verecektir. Bu sayede kendine çağrı (mesaj, sosyal medya çağrısı vb.) gelen ilgili sorumlunun görev tanımında yer alan işlemleri bilinçli şekilde gerçekleştirmesi ve mevcut durum hakkında ilgili kişi ve kurumlara bilgi vermesiyle koordineli bir sistem tabandan oluşacak ve bilgi karmaşasına meydan vermeyecektir. Afet bölgesinden iletilen gerçek ve doğru bilgiler sayesinde bölgede neye ihtiyaç olduğu yönetim merkezine iletilerek bu bölgeye ilgili yardımların gelmesi sağlanabilir. İlgili olmayan yardımların bu bölgede ulaşım ağını tıkaması ve kalabalık yapması önlenir. İlgili yardımın ihtiyaç duyulan diğer alanlara aktarımını kolaylaştırır. Yardımların nerede, kimler tarafından toplanacağı, tasnifi ve nakliyesinin nasıl yapılacağı önceden belirlendiği için hızlı bir şekilde müdahale gerçekleşir. Afet olaylarında zaman her şey demektir bu nedenle zaman yönetimi başta olmak üzere afetin etkilerini hızla ortadan kaldırılması için tüm donanım doğru şekilde seferber edilmelidir.

İlk başta fark edilmemesine rağmen insan ve kitleleri uzun süre etkileyecek olumsuz travmaların ortadan kaldırılması için insan ve toplum psikolojisinin düzeltilmesine yönelik çalışmalara ihtiyaç vardır. Sosyolojik açıdan da afetin etkileri değerlendirilmeli ve bu alanda gerekli çalışmalar yapılmalıdır.

Afetten etkilenen yapılar, sahalar, canlılar (vefat, bulaşıcı hastalık taşıma) ve cansız unsurlardan bilirkişilerce numune örneklerinin alınması gerekmektedir. Bu örnekler eksiğin/hatanın nerede olduğunu kanıtlamakla birlikte bir sonraki aşamada nelere dikkat edilmesi gerektiği konusunda fikir verir. Alınan örnekler yine hukuksal olarak hak arama sürecinin en etkili kanıtlarıdır. Afetten etkilenme nedenlerinin belirlenmesi bina yapısının sağlam olmaması, barajın

sağlam olmaması, petrol veya gaz boru hattının yüzeyde olması, fazla sayıda insan veya hayvan olması (hastalık, arbede) gibi olguların her biri detaylı şekilde raporlanmalıdır. Belirlenen eksiklikler ve hatalar giderilebildiği takdirde yeniden koruma, kullanma kademelerinde planlama ve inşaa aşamasına geçilebilir.

Afetten etkilenen insanların barınma, beslenme, sağlık, güvenlik gibi çeşitli ihtiyaçlarının acilen giderilmesi gereklidir. Afet öncesi planlar doğru yapıldığı takdirde bu planlarda belirlenen yerlerde barındırılan ve ihtiyaçları giderilen insanlar afetin şokunu atlatabilir ve gündelik yaşama uyum sağlayabilir.

Afet sonrası kendi memleket ve arazilerinde kalma arzusunda olanlar için yapılacak olan yeni eylem planlarında bu hakların (kaç daire/evi olduğu, tarla/arsa alanı, iş yeri gibi) korunması gereklidir.

Sahada afetten etkilenmeyen binalar var ise bunların denetimi yapılmalı sağlam olanlarının sahipleri veya bitecek inşaatlardan sorumlu firmalar ile iletişime geçilerek sağlam yapılar için protokol imzalanmalı ve kişiler geçici barınma alanlarından bu alanlara daimî olarak yerleştirilmelidir. Bu protokoller sayesinde kira ve ev fiyatlarında fahiş artışların önüne geçilebilir. Afet sonrasında yeni yerleşim alanı için imara açık veya açılacak sahanın büyüklüğü, yeri ve yeniden kurulacak kent için planlar oluşturulurken yeşil alanlar, toplanma alanları, sığınaklar, alışveriş merkezleri, ulaşım ağı, alt ve üst yapılar, atık ve temiz su şebekeleri gibi birçok husus zemin yapısı ve çevresel erişim kolaylığı açısından çok yönlü ele alınıp planlanmalıdır. Her mahallenin, semtin, bina alanı kat sayısı gibi özellikleri doğrultusunda yapı fiyatı değeri belirlenmeli ve bu değeri aşan miktarda satış ve kiraya izin verilmemelidir. Bu sayede kişilerin fırsatçı davranarak keyfi fiyat arttırmaları önlenmiş olur.

Afet çeşidi gibi bölgenin konumu, sahip olduğu özelliklere dikkat edilerek ana kaya, toprak, fay hattı, iklim, bakı, şehre ve suya uzaklık, yükseklik hangi afete açık ise ona göre bölgenin yeniden planlanması gerekmektedir. Bölgenin taşınması gerekli ise mevcut hangi afet etkisinden korumak için ne kadar uzağa taşınması gerektiği belirlenmelidir. Taşınamayacak ise planlamaların, denetim ve kontrollerin düzenlenmesi ve daha katı yaptırımların uygulaması gerekmektedir. Yine iyileştirme faaliyetlerinde ilgili kurum ve denetçilere çok iş düşmektedir.

Deprem etkisine göre imara açık ve açılması planlanan alanların fay hattı, ana kaya, torak, eğim, bakı vb. her parametresi değerlendirilmeli, yapay zekâ ile modeller oluşturulmalıdır. Bu alanlara kaç katlı, kaç bloklu binaların hangi şartlar gerçekleştirilirse yapılabileceği belirlenmeli ve tam olan projelere onay verilmelidir.

Afet bölgesinin temizlenmesi; bu temizlik moloz, çöp, nükleer, biyolojik, kimyasal olabileceği gibi yangın ardı kalıntılar, enkaz, heyelan birikintisi, çığ vb. olabilir. Bu artıkların nasıl bertaraf edileceği, nereye ve nasıl götürüleceği detaylı şekilde planlanmalıdır. Afet kalıntısı (enkaz, heyelan, sel suyu vb.) kaldırılmadan yine alınması gereken numuneler alınmalıdır. Kalıntı içerisindeki farklı elemanlar (şahsi eşyalar, tıbbi atık, demir, ahşap, plastik, demir, kimyasal) ayrılmalıdır. Şahsi eşyalar (para, zinet eşyaları, ateşli silah, araç gibi) tutanak ile kayda alınmalı ve sahiplerine ulaştırılmak üzere ilgili makama teslim edilmelidir. Diğer afet atıklarının geri dönüşümde kullanılmak üzere ayrıştırılmasıyla doğaya zarar vermesi engellenmiş olur. Tehlikeli atıklar ise özel tasnif, taşıma ve depolama yöntemlerine uygun şekilde bertaraf edilmelidir

Kalıntıların (kimyasal, nükleer, biyolojik, moloz vb.) tasnifi, taşınması ve boşaltılması işlemlerinin etrafa zarar verilmeden gerçekleştirilmesi önemlidir. Geçici veya kalıcı atık toplama sahasında biriktirilmesi kirlilik, hastalık, ekosisteme olumsuz etkisinin olmayacağı şekilde gerçekleştirilmelidir. Doğru şekilde bertaraf edilmesi başta insan sağlığı olmak üzere biyolojik ve ekolojik olumsuz etkilerinden korunmayı sağlayacaktır. Her afet çeşidi kendine has nükleer, kimyasal, biyolojik, hava, su ve çevre kirliliği oluşturabileceği gibi hastalık oluşum ve bulaşma yollarını da arttırabilir. Bu nedenle her afet çeşidi ve etkili olabilecekleri potansiyel alanlar için ayrı ayrı envanter belirleme, risk azaltma, önleme ve müdahale planlamalarının yapılması şarttır.

3. DEPREMİN YABAN HAYATINA ETKİLERİ VE ÖNERİLER

Afet kaynaklı sorunlara çözüm önerileri sunma aşamasında birçok odak noktası olmakla birlikte yaban hayatı da bunlardan birisidir. Afetlerde insanların yaşam alanlarının etkilenmesi gibi yaban hayvanlarının habitatları da etkilenmektedir. Besin, örtü, su ve mekân şeklinde sınıflandırılan habitat bileşenlerini etkileyen afet doğrudan veya dolaylı olarak canlıların yaşamlarını yitirmesine neden olmaktadır. Deprem yaban hayatı üzerindeki doğrudan etkileri habitat parçalanmasına, yer altı ve yer üstü su kaynaklarının yer değiştirmesi (bazılarının kurumasına veya su yolunun kesilmesi sonucu birikmesine) neden olmaktadır. Depremlerin kayaçların sürtünmesi nedeniyle kıvılcım çıkması, ısı artışı ve patlamalara (deprem ışığı) neden olduğu bilinmektedir. Bu ısınma kıvılcım ve patlamaların kuru havanın etkin olduğu ve yangına açık sahalarda orman yangınlarına neden olabilirdiği yine bilim adamlarınca araştırılması gereken başka bir konudur. Yaban hayvanları açısından deprem nedeniyle habitatın olumsuz etkilenmesi besine ve suya ulaşım zorlaşacaktır.

6 Şubat Kahramanmaraş depremi sonrası Hatay'ın Samandağ ilçesinde, Milleyha Sulak Alanı'na deprem bölgesinden moloz ve çöplerin dökülmeye başladığı haberi basında yer almıştır (BBC News 2023). Bu etkili bir kriz yönetimi gerçekleştirilemediğini gözler önüne sermiştir. Deprem ve etkisi o denli büyük olmuştur ki daha önceden 18/3/2004 tarihli ve 25406 sayılı Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği, Doğal Afet Atıklarının Yönetimi Madde 44 ile belirlenen hususlar dikkatlerden kaçmış ve sulak alana moloz ve çöpler dökülmüştür. Haber sonrası yapılan hata derhal düzeltilmiş ve saha temizlenmiştir.

Deprem sonrası oluşan molozlar, tıbbi atıklar, yardımlardan arta kalan besin ve kıyafet gibi atıkların uygun şekilde tasnif edilmesi, uygun araç ve yöntemlerle taşınması, taşındığı alanların insana, yaban hayatına, yer altı ve yüzey sularına uzak olması, rüzgâr, erozyon, su gibi taşıyıcı etkiler ile partikül dağılımına sebebiyet vermeyecek alanlar olması gerekmektedir. Atık depolarının/sahaların gerekli teknik özelliklere (zeminin sızdırmazlık, nükleer ışınım önleme) sahip olması gerekmektedir.

Deprem kaynaklı atıkların oluşturdukları zarar, birincil olarak buldukları doğal ve korunan alanlardaki yaban hayatı unsurlarını tek hücrelilerden omurgalılara dek canlı unsurları (mikroskopik canlılar, mantarlar, bitkiler ve hayvanlar) etkilemekte, ortamdaki yer altı ve yüzey sularını kirletmekte, partikül dağılımı ile havada kirlilik oluşmasına ve hava kalitesinin bozulmasına neden olmaktadır.

Bu atıkların doğrudan ormanlık alan, doğal alan, yaban hayvanı yaşam alanı, sulak alan, korunan alanlara bırakılması canlıların bu atıkları bünyesinde biriktirmesine, mutasyonlara, hastalıklara, zehirlenmelere ve canlıların yaşamlarını yitirmesine sebebiyet verebilmektedir. Şehir çöplerinin doğal alanlara bırakılması yaban hayvanı ve evcil hayvan karşılaşmasını arttırmakta ölümlü kavgalara neden olduğu gibi köpek ve kurt gibi hayvanların çiftleşerek kırma bireylerin oluşmasına sebebiyet vermektedir. Tüm bu sayılan etkiler nedeniyle yaban hayvanlarının yaşam alanlarının kaybolması, göç edenler için konaklama ve üreme alanlarının kaybolması sadece ülkemiz değil dünya biyolojik çeşitliliği ve bu çeşitliliği miras bırakacağımız geleceğimiz için telafi edilemez kayıplara neden olabilir.

Deprem kaynaklı atıkların oluşturdukları ikincil zararlar ise bu unsurlardan etkilenen canlılardan faydalanan insanı etkilemektedir. Sızıntı ile kirlenen suyu içme veya kullanma, bu alanlardaki bitkileri toplama ve kullanma, bu atıklardan beslenen hayvanları avlama, bu atıkların taşıdığı hastalıklar nedeniyle kontaminasyon riskinin artması, Koronavirüs hastalığı (COVID-19) da

karşılaştığımız gibi bazı hastalıkların hayvandan insana aktarımını hızlandırabilir ortamın oluşmasına neden olabilir.

Başta insan sağlığı ve varlığı olmak üzere yaban hayatının korunması ve devamlılığının sağlanması için uluslararası sözleşmelere dikkat edilerek afet öncesi risk hesaplanmasında, önlemlerin alınmasında, afet sonrası müdahalede afet atıklarının uzaklaştırılması ve depolanmasında, İyileştirme aşamasında habitat unsurlarının restorasyon, rehabilitasyon uygulamalarında yöre endemik canlıları başta olmak üzere tüm canlılar için detaylı planlar yapılmalı ve uygulanmalıdır. Bu planlamaların yapılabilmesi için sahadaki yaban hayatı unsurlarına ait mevcut durumun doğru envanter yöntemleriyle detaylı şekilde belirlenmiş olması gerekmektedir. Ayrıca 6 Şubat Kahramanmaraş depreminin etkili olduğu alanda yaban hayatına etkisinin belirlenmesi açısından tüm sahanın habitat unsurları, sahada bulunan yaban hayvanı türleri ve etkilendikleri hususlar açısından envanterinin yapılması gerekmektedir. Başta korunan alanlar, endemik canlıların yaşam alanları ve ekolojik önemli alanların envanterleri gerçekleştirilmelidir. Elde edilen veriler ile deprem öncesi veriler kıyaslanarak depremin yaban hayatına etkileri bilimsel açıdan net şekilde ortaya konabilir.

Yücel (2022:286) yaptığı çalışmada 2004 yılında meydana gelen Hint Okyanusu Tsunami afeti Endonezya'yı, özellikle de Aceh Eyaletini ağır şekilde etkilediğini Pande köyünde yaşayan yerel halkın, tsunamiden önce mangrov ormanlarını balık, yengeç ve diğer kabuklu deniz hayvanlarını toplamak için kullandığını ancak tsunami nedeniyle mangrovların yok olması ile daha az deniz ürünleri topladığını ve düşük geliri ailelerin ücretsiz/güvenilir olan gıda ve geçim kaynağını kaybettiğini bildirmiştir. Guo ve arkadaşlarının (2014:1682) bildirdiğine göre Çin'in Qingping Kasabasında meydana gelen 5.12 Depremi ve 8.13 Moloz akıntısı büyük can ve mal kayıplarına neden olmuştur. Ekilebilir arazi kaynaklarına meydana gelen etkiler, çiftçilerin geçim kaynaklarında değişikliğe gitmesine ve gelirlerinde azalmaya neden olmuştur (Guo vd. 2014:1682).

4. POLİTİKA ÖNERİLERİ

Her afet sonrası sürecin doğası gereği acil durum yönetimi ve önemi öne çıkar. Afetin yaralarını sarmak ve hızla toparlanmak için kısa, orta ve uzun vadede; devlet, sivil toplum kuruluşları, vatandaşlar ve afetzedeler olarak neler yapılabilir yaklaşımında öneriler ikinci bölümden itibaren verilmiştir. Bu bölümde ise kısa ana başlıklar altında politika önerileri sunulmuştur.

4.1. Güvenlik Politikaları İçerisinde Afetlere Yer Verilmesi

Başta deprem olmak üzere afetin etki şekli, süresi, etkilediği alanın stratejik, jeopolitik önemi ve alan büyüklüğü (ülkenin başkenti, mega kentleri, sınır kentleri ve birden fazla sayıda kenti içine alması) ülkeyi çeşitli açılardan zayıf hale getirebilir. Bu durum ülkenin bekası için çok önemli bir konu olup muhakkak kati suretle güvenlik politikaları içerisinde yer almalıdır.

4.2. Afet Bilgi Sistemi Oluşturulması

Başta deprem olmak üzere afet türleri ile bu afetlerin öncesi ve sonrasında yapılacakları detaylı şekilde içeren bir Afet Bilgi Sisteminin oluşturulması tüm kademelerde her bir afet çeşidi için afet öncesi ve sonrası aşamalarda görev dağılımı, yardım dağılımı ve yapılacaklar gibi birçok detay bilgilerin eksiksiz şekilde eklenmesi gerekmektedir. Böyle bir sistemin varlığı bilgiye doğru ve kolay ulaşımı sağlamakla birlikte koordinasyonu hızlandıracak ve etkili müdahalenin gerçekleştirilmesini sağlayacaktır. Ayrıca yönetimin veya sorumlu kişilerin değişmesi durumunda kurum hafızasının kaybolmasının önüne geçilerek daimî şekilde kesin bilgiye ulaşım sağlayan planlı ve kolay işleyişe olanak veren bir sistemin olması önem arz etmektedir. Bu sistem sayesinde kaos önenebilir kısa zamanda planlı ve etkili kriz yönetimi sağlanabilir.

4.3. Politikada Deprem/Afetlere Yer Verilmesi

Ülkemiz bir deprem ülkesi olmakla birlikte son zamanlarda hava olayları, heyelan ve orman yangınları da fazlaca karşılaştığımız afetlerdendir. Dünyanın geldiği ekolojik noktada susuzluk, küresel ısınma ve iklim değişikliği karşılaştığımız en büyük afetlerdir. Küresel ısınmada artan her bir santigrat derecenin etkisi giderek ekolojik tahammül eşiğini geçerek bir noktada kırılmaya neden olacaktır. Bu kırılma sonrası tür kayıpları, doğal felaketler ve kuraklık dünyanın farklı yerlerinde yıkıcı bir biçimde etkisini göstermeye başlayacaktır. Başta deprem olmak üzere afetler ile ilgili politika geliştiren ülkeler halkının beslenme, barınma, sağlık, varlık, bekasını, yaşamın devamı ve neslin sürekliliğini sağlayabilir.

4.4. Politikada Ekolojiye Yer Verilmesi

Ekoloji, siyasi tarafların görüş farklılıklarından uzak ve tarafsız olarak politikada yer almalıdır. Farklı akademik kaynaklarda farklı terimler (biyopolitika, eko politika, ekolojizm, yeşil siyaset) kullanılmıştır. Ancak bu terimler birden farklı alanda birden farklı anlama gelebildiği gibi dünya görüşü ve siyasi bakış açısı gibi özelliklerinden dolayı tarafsız ve doğru bir yaklaşım sunamamaktadır. Sadece insanı değil bitki, hayvan ve diğer ekolojik unsurları bir arada ele alan tarafsız politik yaklaşım ile tüm afet türleri gibi kapımızdaki

en büyük afet olan küresel ısınma ve iklim değişikliğine karşı önlemlerin alınması, risk azaltılması, müdahale ve iyileştirme basamakları doğru planlanmalı ve uygulamaları gerçekleştirilmelidir. Küresel ısınma ve iklim değişimi, kuralık ve çevre kirliliğinden mustarip olan dünyamızda bu etkilere uygun şekilde politika ve strateji geliştiren ülkelerin ayakta kalması söz konusu olabilir.

4.5. Afete Özel Eğitim Verilmesi ve Eğitimli Kişi Sayısı Arttırılmalısın

Sel, baraj, boğaz, yer altı/yer üstü durgun ve akarsu kenarı, deniz kenarı yerleşim alanlarını etkileyecek afetler dahil olmak üzere herhangi bir tsunami, su baskını, deniz seviyesinden aşağı çökme nedeniyle etkilenen alanlara müdahalede eğitimli balıkadamlara, dalgıç ve su altı ekipmanlarına ihtiyaç vardır. Su altında kurtarma, ilkyardım ve müdahale edebilecek bilgisi olan ve su altı ekipmanları kullanabilecek nitelikte kişilerin eğitilmesi ve kayıtlarının bilgi sistemine aktarılması gerekmektedir.

Heyelan, çığ, taş ve toprak kayması gibi afetlerde ise yine kar üzerinde hareket edebilecek kayak, snowboard kar aracı kullanabilen kişilere, dağcılara, mağara bilimcilerine ve tırmanış ekipmanlarına ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ihtiyaçlar doğrultusunda eğitimli kişilerin kaydı yine bilgi isteminde bulundurulmalıdır.

Biyolojik, kimyasal ve nükleer bir afette ise afete neden alabilecek etki hakkında bilim adamlarına ulaşılmalıdır. Biyolojik, kimyasal ve nükleer etki temizleme işlemleri için yine eğitimli ve özel ekipman kullanabilen kişilere ihtiyaç duyulmaktadır. Müdahale ve iyileştirme işlemleri için yapılması gerekenler ve alınması gerekli önlemler hakkında bilgilerin yine bilgi sistemine depolanması gereklidir.

Teknolojik afetler yine diğer afetler gibi çok sayıda insanı etkileyen afetlerdir. Bu afetlere karşı alınabilecek önlemler için teknik elemanların ilgili hususlarda eğitilmesi gerekmektedir. Teknolojik afetlerde insan hatasını en aza indirmek için yapay zekâ ve modelleme teknikleri kullanılmasının yanı sıra güvenlik tedbirlerinin de güçlendirilmesi hususları önem arz etmektedir. Yine bu afet çeşidi ile ilgili bilgi sisteminin oluşturulması gerekmektedir.

Özel eğitim sadece insanı kapsamamalı arama kurtarma faaliyetlerinde çok faydası olan arama kurtarma köpeklerinin sayısının da arttırılması en kısa sürede canlı kurtarmada ve hayatta kalma açısından önem arz etmektedir. Yine teknik malzeme olarak titreşim algılayan ekipmanlara ve termal kameralara ihtiyaç vardır. Bu ekipmanların tedarik edilmesi ve kriz yönetiminde kullanılmak üzere ilgili ekiplere teslim edilmesi gereklidir.

Özellikle ülkeyi tehdit eden birinci derecede önemli afetler ve savaş durumu için bilgi sistemleri oluşturulması doğru bilgiye, güncel ve hızlı şekilde ulaşmasını sağlayacağı için risk yönetimini güçlendirir ve kriz yönetiminin hızlı, kontrollü ve başarılı şekilde gerçekleştirilmesine olanak sağlar. Olası bir afet veya savaş sırasında iletişim kopsa dahi tüm kademeler görev ve sorumluluklarını bildikleri için bunları derhal yerine getirebilir. İletişim sağlanana kadar belirsizlik durumu, kaos oluşumu ve zaman kaybı önlenmiş olur.

4.6. Deprem/Afet Bilincinin Oluşturulması

Diğer bir önemli husus ise tatbikatların yapılmasıdır. Elbette afetlere uygun tatbikatlar yapılmaktadır. Ancak 6 Şubat Kahramanmaraş depreminde acı şekilde gördük ki tatbikatlarda verilen bilgiler uygulanamamış can havli ve panikle insanlar kendini dışarı atmaya çabalamış ve can kayıplarında artış yaşanmıştır. Tatbikatlara uygun şekilde çök, kapan, tutun uygulamasını yapabilen ve hayat üçgenlerinde bulunan insanlarımızın hayatları kurtulabilmiştir. Daha önceden belirtildiği üzere sorumluluk ve bilinçli olma durumu soğuk kanlı hareket etme ve doğru karar vermeyi sağlamaktadır. Bilincin artırılması ve gündelik yaşama aktarılması için eğitim ve tatbikatların nicelik ve niteliklerinin artırılması gerekliliği görülmüştür.

Günümüze kadar birçok deprem ve afet ile karşılaşmamıza karşın 6 Şubat Kahramanmaraş depremi sonrası depremin önüne geçilemeyeceği ancak hazırlıklı olunur ve doğru müdahaleler yapılabilirse can ve mal kayıplarının önlenilebileceği açık ve acı bir şekilde tekrar öğrenmiş bulunmaktayız. Bu metinde deprem başta olmak üzere afetlerin başta insan daha sonra ekoloji ve yaban hayatına etkilerine dikkat çekmek, afet sonrası kısa sürede toparlanmak ve iyileşmek için neler yapılabilir hususlarında çözüm önerilerine yer verilmiştir. Depremin yabani ve evcil hayvanlar üzerine etkisi hususunda küresel ölçekte çalışmalar olmakla birlikte daha çok hayvanların deprem öncesi depremi algılaya bilirliğini ölçen çalışmalar sayıca çoğunluktadır. Deprem sonrası bir alanın yaban hayatı üzerine etkisi özel olarak çalışan bir yayına rastlanmamakla birlikte insanların geçim kaynağı olması durumunda etkileri vurgulanan yayımlar mevcuttur. Afetlerde öncelik can kaybının önüne geçilmesidir. Ancak afetin etkileri ekolojiye de büyük zarar vermekte ekoloji ve yaban hayatını da olumsuz şekilde etkilemektedir. Afetlerin ekoloji ve yaban hayatına etkisi olan alanlarda ekosistem döngüsünde ilgili basamakta insanlara farklı bir negatif etki (habitat kaybı, toprak verimliliğinin düşmesi, besin kaynaklarının azalması, karbon döngüsüne etkisi, su kaynaklarına etkisi, orman yangını ile örtü kaybı ve heyelana açık kalma, kirlenme vb.) ile geri döneceği

gözden kaçırılmaması gereken önemli bir husustur. Afetlerin yaban hayatına etkisinin tam anlamı ile doğru değerlendirilebilmesi için saha hakkında afet öncesi kesin bilgi kayıtlarının bulunması şarttır. Bu kayıtlar ile yaban hayvanı habitatında afet sonrası oluşan etkiler karşılaştırılabilirse doğru sonuçlar elde edilebilir. 2 Şubat 2023 Kahramanmaraş depremi öncesinde yaban hayatı unsurları için özel bir veriye ulaşılamamış ve sonrası meydana gelen habitat parçalanması, moloz ve çöp depo alanlarının etkisi, su kaynaklarının bu etkilerle yer değiştirmesi, kurumması, birikmesi veya kirlenmesi hakkında bilimsel bir değerlendirme yapılamamıştır. Bu metin depremin gerçekleştiği şubat ayının ilk haftası kaleme alınmış olup yaban hayatında meydana gelebilecek sıkıntılara dikkat çekmek amaçlanmıştır. Yaban hayatına afetlerin etkilerini ölçmek için en az bir yıllık süreyi kaplayan afet sonrası ekolojik çalışmalar yapılmalı ve tüm ekosistem kademelerinde etki ölçülmelidir. Bu ciddi bir çalışma konusu olup insan gücü, emek, zaman ve maddi kaynak gereklidir.

REFERANSLAR

- AFAD. <https://www.afad.gov.tr/afet-turleri>. html adresinden 16 Şubat 2023 tarihinde alınmıştır.
- BBC News. <https://www.bbc.com/turkce/articles/cw0er2p39weo>. html adresinden 16 Şubat 2023 tarihinde alınmıştır.
- ERSOY Ş. (2013). 2013 AFET RAPORU “Dünya ve Türkiye” Yıldız Teknik Üniversitesi, Doğa Bilimleri Araştırma Merkezi s:23
- Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği (2004). Erişim tarihi: 17 Şubat 2023 18/3/2004 tarihli ve 25406 sayılı Hafriyat Toprağı, İnşaat ve Yıkıntı Atıklarının Kontrolü Yönetmeliği.
- Yücel H. (2022). Afetlerin Geçim Kaynakları Üzerindeki Etkisi: Sürdürülebilir Geçim Kaynakları. Temmuz 2022. Siyaset Bilimi ve Kamu Yönetimi Konularında Bilimsel Değerlendirmeler. Publisher: Ekin Yayınevi
- Guo, S., Liu, S., Peng, L., and Wang, H. (2014). The impact of severe natural disasters on the livelihoods of farmers in mountainous areas: a case study of Qingping Township, Mianzhu City. *Natural Hazards*, 73(3), 1679–1696. <https://doi.org/10.1007/s11069-014-1165-9>

Bölüm 28

Baraj Gölü Su Varlığını Etkileyen Etkenler: Atikhisar (Çanakkale) Örneği

Sedanur GÜVEN¹
Emre ÖZELKAN²

ÖZET

Su yaşam için gerekli en önemli kaynaktır. Artan nüfus ve tüketim kısıtlı ve az olan tatlı su kaynaklarını olumsuz etkilemektedir. Aynı zamanda, iklim değişikliğinin etkisi ile şiddetini ve sıklığını arttıran kuraklık tatlı su kaynakları için büyük tehdit oluşturmaktadır. Kuraklık yağışın uzun yıllar mevsim ortalamasının altında kalmasıyla yaşanan meteorolojik kökenli bir afettir. Kuraklık sonucu yaşanan olumsuz etkiler sosyal, ekonomik ve çevresel olarak görülmektedir. Bu çalışmada Çanakkale Merkez İlçe sınırlarında yer alan Atikhisar Baraj Gölünün su varlığındaki (göl hacmi) değişim analiz edilmiştir. İlk olarak baraj gölündeki hacimsel değişime Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI) ile hesaplanan meteorolojik kuraklığın etkisi incelenmiştir. Ardından baraj gölünden tarımsal sulamaya ve içme suyuna (su şebekesinden halka tahsis edilen su) kullanılan su miktarı ile su varlığı arasındaki incelenmiştir. Ayrıca yapılan çalışmada meteorolojik kuraklık ve su kullanımı (tarımsal sulama ve içme suyu) dışında nüfus gibi sosyo-ekonomik değişkenlerin su hacmine olan etkisi de araştırılmıştır. Elde edilen bulgular yaşanan kuraklığın, su kullanımının ve nüfusun baraj gölü su hacmi değişiminde etkili rol oynadığını göstermektedir.

Anahtar kelimeler: Atikhisar Barajı, Kuraklık, SPI

¹ Yüksek lisans öğrencisi; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Doğal Afetlerin Risk Yönetimi ABD. seda.guven@icloud.com ORCID: 0000-0001-7302-7018

Yüksek lisans öğrencisi; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi seda.guven@icloud.com ORCID: 0000-0001-7302-7018

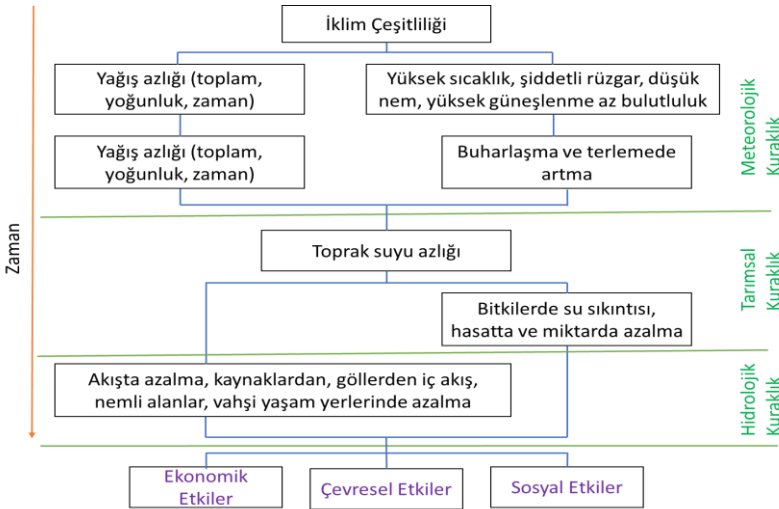
² Doç. Dr.; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Mimarlık ve Tasarım Fakültesi, Şehir ve Bölge Planlama Bölümü emreozelkan@comu.edu.tr. ORCID:0000-0002-2031-1610.

Doç. Dr.; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Doğal Afetlerin Risk Yönetimi ABD. emreozelkan@comu.edu.tr. ORCID:0000-0002-2031-1610.

Doç. Dr.; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Uzaktan Algılama Araştırma ve Uygulama Merkezi emreozelkan@comu.edu.tr. ORCID:0000-0002-2031-1610.

1. GİRİŞ

İklim değişikliğinin etkisi ile şiddeti ve sıklığı giderek artan kuraklık, yağışın uzun yıllar mevsim ortalamasının altına düşmesiyle yaşanan meteorolojik kökenli bir afettir (Tsakiris ve ark., 2007). Kuraklığın oluşumunda sıcaklık, şiddetli rüzgar, düşük bağıl nem, yağış miktarı ve süresi, sulama döneminde yağışların dağılımı etkilidir (Mishra ve Singh, 2010). Kuraklık, meteorolojik, hidrolojik, tarımsal ve sosyoekonomik olmaz üzere dört sınıfta incelenir (Şener, 2021). Meteorolojik kuraklık yağış eksikliği ve yağış normallerinden sapma ile ifade edilebilir (Türkeş ve Demirörs, 2009). Hidrolojik kuraklık meteorolojik kuraklıktan sonra ortaya çıkmaktadır ve su kaynaklarında seviyelerin normalin altında kalmasıdır (Türkeş, 2012). Tarımsal kuraklık ise bitkinin ihtiyaç duyduğu suyu karşılayamaması olarak tanımlanır (Kaplukan, 2013). Meteorolojik, hidrolojik ve tarımsal kuraklığın ardından arzın talebin altında kalmasıyla ve neticesinde sosyolojik ve ekonomik açıdan sıkıntıların başlamasıyla sosyo-ekonomik kuraklık yaşanır (Namanoku, 2014). Kuraklık sınıflarının sıralamasından da görüldüğü gibi meteorolojik kuraklıklar önem alınmadığında kelebek etkisi yaparak daha büyük kayıplarla sonuçlanabilmektedir (İrcan ve Duman, 2021). Bunun da en büyük sebebi kuraklığın yavaş gelişen ve geniş alanları kapsayabilen ve sarsıcı sosyal, ekonomik ve çevresel etkileri görülen ve uzun vadede yıkıcı etkileri en fazla olan bir afet türü olmasıdır.



Şekil 1. Kuraklık çeşitleri.

Kuraklık sonucu su kaynaklarına bağılı balıkçılık, tarım, hayvancılık, ormancılık gibi sektörlerde verim kaybı görülmektedir ve buna bağılı olarak işgücünün azalması işsizlikle beraber ürün fiyatlarında artış gibi etkiler görülebilmektedir ve tüm bunlar ekonomik gelişmeyi yavaşlamaktadır (Wu ve ark., 2020; Kadioğlu ve Güner, 2018; Kadioğlu, 2008; Leng ve Hall, 2019).

Çevresel olarak bitki ve hayvan türlerinde çeşitliliğin azalması, yabani hayvanların yaşam alanlarının daralması, hava ve su kalitesinde bozulmalar, orman yangınlarının artması, baraj ve göllerin kuruması, rüzgar erozyonu gibi etkiler görülebilmektedir (Wilhite ve ark., 2007; Khem ve Nagaratna, 2017; Buheji ve Muhorakeye, 2023).

Sosyal etkiler çevresel ve ekonomik etkiler ile ilişkilidir. Kurak yaşam alanlarında toplumsal huzursuzluk, halkın güvenlik sorunu, yaşam kalitesinde düşüş, gıdaya erişimde zorluk, su kullanıcıları arasında anlaşmazlık, işsizlik ve göç ile sonuçlanabilmektedir (Wilhite ve ark., 2007; Khem ve Nagaratna, 2017; Lester ve ark., 2022).

Kuraklığın mücadele ve kuraklık yönetim planlarının geliştirilmesinde kullanılan çeşitli kuraklık indisleri geliştirilmiştir (WMO, 2016; AFAD, 2023; Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2023). Bunlardan en çok bilinenleri Normalin Yüzdesi İndisi, Palmer Kuraklık Şiddet İndisi ve Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI)'dir. Bu indisler sıcaklık ve yağış gibi meteorolojik veriler kullanır ve analiz yapılırken uzun yıllık verilere ihtiyaç duyar (İrcan ve Duman, 2021; Türkeş ve Demirörs, 2009). SPI kullanım (1.1) kolaylığı ve güvenilir olması sebebiyle en çok tercih edilen yöntemlerden biridir (Şener, 2021).

Barajlardaki su varlığını etkileyen faktörler arasında su tüketimi, iklim, hidrojeoloji, topografya, bitki örtüsü gibi parametreler bulunmaktadır. Sıcaklıklarla birlikte barajlardaki buharlaşma artmaktadır ve sulama sezonlarındaki tarımsal su talebi artmaktadır (Bacanlı ve Tuğrul, 2016). Su seviyelerinin kontrolsüz bir şekilde düşmesi veya yükselmesi, sualtı ekosistemleri ve bitki örtüsü üzerinde olumsuz etkiler yaratabilmektedir (Doran ve ark., 2009). Nüfus artışıyla da kentsel su talebi artmaktadır (Karlı ve Artar, 2021).

Bu çalışma ile bir baraj gölündeki su varlığını (göl hacmini) etkileyen etkenler incelenmiştir. Çalışma alanı olarak Türkiye'nin batısında yer alan Çanakkale İli Merkez İlçesi seçilmiştir. Su kaynaklarındaki değişimin değerlendirilmesinde sulama, günlük tüketim ve taşkın koruma amaçlı kullanılan Çanakkale ili sınırlarında yer alan Atikhisar Baraj Gölü seçilmiştir. Baraj gölü hacmine etki eden bu çalışmada incelenen parametrelerin (meteorolojik kuraklık, baraj göl hacmi, tarımsal sulama suyu, içme suyu ve nüfus) sayısı ulaşılabilen veri setleri sınırları içerisinde kalmıştır. SPI indisi ile

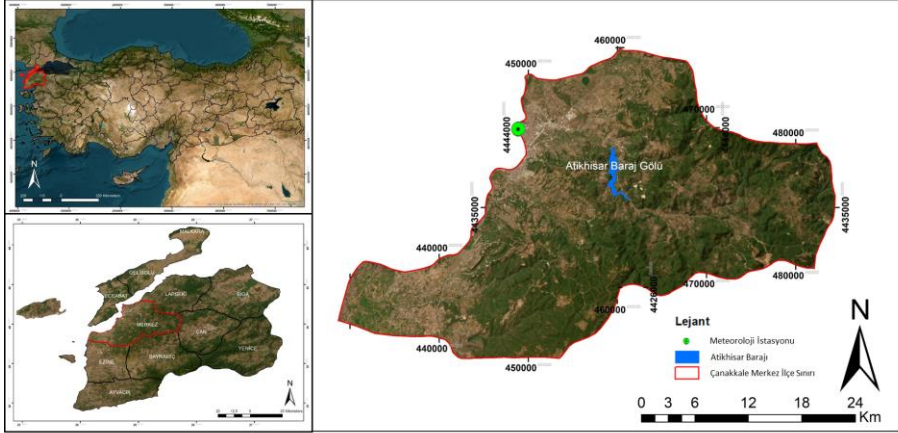
belirlenen çalışma alanındaki meteorolojik kuraklığın değişimi ile su varlığındaki değişim arasındaki ilişki incelenmiştir. Ayrıca su hacmi ile su kullanımı (aylık içme (su şebekesinden halka tahsis edilen su) ve sulama suyu) arasındaki ilişki de incelenmiştir. Son olarak meteorolojik kuraklık ve su kullanımı dışında nüfus gibi sosyo-ekonomik değişkenlerinde incelendiği geniş kapsamlı bir değerlendirme yapılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Materyal

2.1.1. Çalışma Alanı

Çanakkale İli 26°00'36"- 27°56'57" doğu boylamları ve 39°21'19"- 40°50'34" kuzey enlemleri arasında yer almaktadır. Toplam 12 ilçeye (Ayvacık, Bayramiç, Biga, Bozcaada, Çan, Eceabat, Ezine, Gelibolu, Gökçeada, Lapseki, Yenice) sahip olan Çanakkale İli'nin nüfusu 559.383 olup çalışma alanı olan Merkez İlçe'nin nüfusu 179.065'tir (TÜİK, 2023). Çanakkale yüzölçümünün %10'unu oluşturan Merkez İlçe 928 km²'dir (T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı, 2023). Çanakkale'de Akdeniz ve Karadeniz ikliminin etkileri görülmektedir. Köppen iklim sınıflandırmasına göre de kışları ılık, yazları çok sıcak geçen Akdeniz iklimi özelliği gösteren Csa iklim tipindedir (MGMA, 2022). Ortalama sıcaklıkların en yüksek olduğu ay Temmuz (25.1 °C) iken sıcaklıkların en düşük olduğu ise Ocak (6.3°C) ayıdır (MGMB, 2023). Aylık toplam yağış ortalamasının en yüksek olduğu ay Aralık (104.9 mm) ve en az olduğu ise Ağustos (10.9) ayıdır (MGM, 2023). Çanakkale'de hâkim rüzgar yönü kuzeydoğu - güneybatıdır (İRAP, 2021). Çanakkale İlinde en önemli ekonomik faaliyet tarımdır ve tarıma bağlı iş kolları da gelişmiştir (URL1, 2023). 89.640 hektar alan sulanmakta olup 35.050 üretici faydalanmaktadır (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023). Merkez İlçe'de 24.551 hektar tarım alanı, 14.395 hektar sulamaya elverişli arazi bulunmaktadır ve Merkez İlçe'de tarım ile istihdam saylayan kişi sayısı 19.415'dir (T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, 2023). Bu çalışmada incelenen taşkın koruma, sulama ve içme suyu amaçlı kullanılan Atikhisar Barajı, Çanakkale İl merkezinin 14 km güneydoğusunda yer almaktadır (Özellkan ve Karaman, 2018).



Şekil 2. Çalışma alanı–Çanakkale Merkez İlçe.

2.1.2. Meteorolojik Veriler

Çanakkale İli Merkez İlçe’de bulunan T.C. Orman ve Su İşler Bakanlığı Meteoroloji Genel Müdürlüğü’ne (MGM) ait 40°08'27.6" kuzey enlemleri 26°23'57.4" doğu boylamlarında bulunan meteoroloji istasyonunda 1960-2021 yılları arasında kaydedilen yağış verileri SPI indisini oluşturma için kullanılmıştır (Şekil 2).

2.1.3. TÜİK Verileri

Çanakkale Merkez İlçe’sine ait nüfus verileri için Türkiye Resmi İstatistik Kurumu’ndan (TÜİK) yararlanılmıştır. TÜİK veritabanlarında bulunan Çanakkale Merkez İlçe’sine ait nüfus verileri 2009-2021 yılları için incelenmiştir (Şekil 2).

2.1.4. DSİ Verileri

Çalışma alanının sulama ve içme suyu (kent için verilen içme suyu) kaynağı olarak kullanılan ve bu çalışma kapsamında incelenen Atikhisar Barajı’nın 2009-2021 yıllarındaki aylık hacim değişim (hm^3), sulama ve içme suyu verileri (hm^3) Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 52. Şube Müdürlüğü’nden temin edilmiştir.

2.2. Yöntem

Barajdaki su varlığını etkileyen faktörleri analiz eden bu çalışmada; kurak ve yağışlı dönemler Tigkas ve ark. (2015) tarafından geliştirilmiş DrinC programı kullanılarak üretilen SPI meteorolojik kuraklık indeksi ile belirlenmiştir. Mevcut ve elde edilen veriler arasındaki ilişkiler korelasyon analizi ile

belirlenmiştir. Hesaplamalar 2009 sonbahar – 2021 yaz yılları arasında 3, 6, 9 ve 12 aylık olmak üzere yapılmıştır.

2.2.1. Standartlaştırılmış Yağış İndisi (SPI)

Yağış açığının yeraltı suyu, rezervuar depolaması, toprak nemi, kar örtüsü ve akarsu akışı üzerinde farklı etkileri olduğu anlayışıyla McKee, Doesken ve Kleist tarafından 1993 yılında SPI geliştirilmiştir (Svoboda ve ark., 2012). SPI kurak ve nemli dönemleri analiz etmek için kullanılmaktadır. SPI, yağışın belirli bir zamanla ortalama farkının standart sapmaya bölünmesiyle değerlendirilir (İrcan ve Duman, 2021). SPI sadece yağış verisi kullanılarak hesaplanmaktadır ve hesaplaması şu şekildedir (McKee ve ark., 1993):

$$SPI = \frac{x_i - \bar{x}}{\sigma_x} \quad (1)$$

Denklemden, x_i zaman dilimi içerisindeki gözlenen yağış değeri, \bar{x} yağış serisinin ortalaması ve σ_x serinin standart sapmasını ifade eder. SPI değeri negatif olduğu zaman periyodu kurak dönem başlar pozitif olduğunda sona erer (MGM, 2023c). Yağış serilerinin en az 30 yıllık olması gereklidir. Bu sebeple Çanakkale Merkez İlçesi'nin kuraklık değerlendirilmesinde Merkez istasyon verileri kullanılmıştır.

Tablo 1. SPI Kuraklık Sınıflandırma Tablosu (Özelkan ve Karaman, 2018).

SPI	Sınıf
> 2	Çok şiddetli yağışlı
1,50 ~ 1,99	Çok yağışlı
1,00 ~ 1,49	Orta şiddetli yağışlı
0,99 ~ 0	Normal
0 ~ -0,99	Normale yakın kuraklık
-1,00 ~ -1,49	Orta şiddetli kuraklık
-1,50 ~ -1,99	Şiddetli kuraklık
< - 2	Çok şiddetli kuraklık

Çalışmada 1960-2021 yılları arasındaki yağış verileri kullanılarak 20010-2021 yılları için SPI değerleri DrinC programı ile hesaplanmıştır. Yağışlı dönem ve hasat zamanı göz önünde bulundurularak her yıl için 3, 6, 9 ve 12 aylık SPI oluşturulmuştur. Yağışlı dönemin sonu ise yaz mevsimi başı yani Haziran olarak ifade edilebilir. Haziran aynı zamanda bu çalışmada değerlendirmede kullanılan tahılların hasat zamanına gelmektedir. Ayrıca Haziran karların erimesi ile birlikte su kaynaklarının en yüksek hacimli olduğu

dönemi de temsil etmektedir. Barajdaki su varlığı ile meteorolojik kuraklık, tarımsal sulamaya kullanılan su ve içme suyuna kullanılan su arasındaki ilişki incelenecektir.

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Yağışlı ve kurak dönemin incelenmesinde 2009 sonbahar – 2021 yaz yılları arasında SPI₃; ilkbahar (Mart, Nisan, Mayıs), kış (Aralık, Ocak, Şubat), sonbahar (Eylül, Ekim, Kasım) ayları için hesaplama yapılmıştır. SPI₆ için İlkbahar+Kış, SPI₉ için Sonbahar+Kış+İlkbahar ve SPI₁₂ Yaz+Sonbahar+Kış+İlkbahar olarak hesaplanmıştır ve Tablo 2.'de SPI değerleri verilmiştir. Örnek olarak, 2009 yılı için yapılan analizde SPI₃: 2009 Mart, Nisan ve Mayıs, SPI₆: 2009 Aralık ve 2010 Ocak – Mayıs, SPI₉: 2009 Eylül-Aralık ve 2009 Ocak – Mayıs, ve SPI₁₂: 2009 Haziran – Aralık ve 2010 Ocak – Mayıs dönemlerini kapsamaktadır. O nedenle Tablo 2'de 2010 yılı itibariyle başlanmıştır.

3 Aylık dönemler için meteorolojik bir değerlendirme yapıldığında -2,43 (çok şiddetli kuraklık) değeri ile en kurak dönem 2014 yılı kış döneminde yaşanmıştır. En yağışlı dönem ise 2010 yılının sonbahar mevsiminde 2,42 (çok şiddetli yağışlı) değeri ile yaşanmıştır. 6 aylık dönemler için en kurak dönem -1,21 (orta şiddetli kurak) değeri ile 2011 yılında yaşanmıştır. En yağışlı dönem ise 1,79 (orta yağışlı) değeri ile 2013 yılında yaşanmıştır. 9 aylık dönem ele alındığında en kurak dönem -1,77 (şiddetli kuraklık) değeri ile 2020 yılındadır. En yağışlı dönem ise 1,57 (çok yağışlı) değeri ile yer alan 2013 yılında yaşanmıştır. 12 aylık değerlere bakıldığında en kurak dönem -1,28 (orta şiddetli kuraklık) değeri ve ile 2020 yılında görülmektedir. En yağışlı dönem ise 1,53 değeri (çok yağışlı) 2015 yılında görülmüştür.

Tablo 2. Yıllara göre mevsimlik SPI değerleri (ilkbahar, yaz, sonbahar, kış mevsimleri SPI değerleri sırasıyla 1, 2, 3, 4 olarak numaralandırılmıştır).

Yıl\Dönem	1	2	3	4	1+4	1+3+4	1+2+3+4
2010	-0,98	0,89	2,42	1,02	0,64	0,58	0,5
2011	0,01	0,01	-0,25	-1,32	-1,21	0,7	1
2012	0,91	-1,26	-0,17	0,42	0,66	0,45	0,56
2013	0,36	-0,72	0,06	1,76	1,79	1,57	1,51
2014	1,28	1,57	0,77	-2,43	-1,15	-1,01	-1,1
2015	0,4	0,7	0,86	0,71	0,75	1,02	1,53
2016	-0,96	-0,03	0,85	-0,54	-0,95	-0,33	-0,07
2017	-2,14	0,32	0,50	-0,26	-1,04	-0,41	-0,35
2018	-0,67	-0,19	0,62	0,80	0,49	0,65	0,8
2019	0,36	1,09	-1,76	0,01	0,06	0,34	0,38
2020	-0,04	0,03	-1,57	-1,05	-1,02	-1,77	-1,28
2021	0,67	0,46	-0,56	1,00	1,12	0,46	0,54

Mayıs ayı baraj gölü su hacimleri ile SPI değerleri arasındaki ilişki incelenmiştir ve Tablo 3.'de verilmiştir. İnceleme sonucunda SPI₃ kış, 6, 9 ve 12 aylık SPI değerleri ile baraj gölü su hacmi değişiminde yüksek korelasyonlar görülmüştür. Bu korelasyonlar kıyaslandığında en yüksek korelasyon ($r=0,86$) SPI₉ ve baraj gölü su hacmi değişimi değerleri arasında görülmektedir. Bu demektir ki kış mevsiminde görülen kurak ve yağışlı dönemler, baraj doluluk oranında belirleyici rol oynamaktadır.

Tablo 3. Mayıs ayı baraj gölü hacmi (hm³) ile SPI arasındaki korelasyon değerleri (ilkbahar, yaz, sonbahar, kış mevsimleri sırasıyla 1, 2, 3, 4 olarak numaralandırılmıştır).

Kuraklık Dönemi	İnceleme	Mayıs ayı baraj gölü su hacmi (hm ³) ve SPI arasındaki korelasyon (r)
1		0,2250
2		-0,3180
3		-0,0075
4		0,6318
1+4		0,6615
1+3+4		0,8699
1+2+3+4		0,8587

2009-2021 yılları arasında mevsim sonu (Mayıs, Ağustos, Kasım, Şubat) baraj gölü su hacimleri ile SPI₃ değerleri incelenmiş olup Tablo 4'te verilmiştir. Mevsimlere göre inceleme yapılırken incelenen yılın kış mevsimi bir önceki yılın aralık ayını içermektedir bu sebeple 2009-2021 yılları arasında mevsim sonu baraj gölü su hacimleri ile inceleme yapılırken 2010 yılından başlanmıştır. Korelasyonlar incelendiğinde yaz mevsiminde sıcaklıkların artmasıyla negatif korelasyon görülmektedir ve yağışlı dönemlerde baraj gölü su hacmi artmaktadır. Baraj gölü su hacmi değişimini en fazla kış mevsimi etkilenmektedir.

Tablo 4. Mevsim sonu (Mayıs, Ağustos, Kasım, Şubat) baraj gölü su hacimleri ile SPI₃ arasındaki korelasyon.

Kuraklık Dönemi	İnceleme	Mevsim sonu baraj gölü su hacmi (hm ³) ve SPI arasındaki korelasyon (r)
1		0,2303
2		-0,0294
3		0,2299
4		0,7169

2009-2021 yılları arasındaki sulama dönemleri aylık olarak ele alınmış ve aynı dönemler için aylık baraj gölü su hacmi arasındaki korelasyon incelenmiş olup Tablo 5.'de verilmiştir. Sulama sezonu başlangıcı Nisan ayından sulama sezonu sonu Ekim ayına doğru ilişki zayıflamaktadır ve Ekim ayından itibaren negatif yönlü ilişki görülmektedir. Sonbahar aylarında yağışlarla birlikte baraj gölü hacmi artarken sulama sezonun sonlarında tarımsal sulama için gerekli su da yağışlarla desteklenmektedir. En yüksek ilişki orta kuvvetli 0,37 r katsayısına sahip Mayıs ayında gözlemlenmektedir.

Tablo 5. Sulama suyuna kullanılan aylık toplam su miktarı (hm³) ve aylık baraj gölü su hacmi (hm³) arasındaki korelasyon.

Ay	Sulama suyuna kullanılan aylık toplam su miktarı (hm ³) ve aylık baraj gölü su hacmi (hm ³) arasındaki korelasyon (r)
Nisan	0,3201
Mayıs	0,3753
Haziran	0,3663
Temmuz	0,3166
Ağustos	0,1613
Eylül	-0,1952
Ekim	-0,1292

2009-2021 yılları mevsimlik SPI değerleri ve sulamaya kullanılan mevsimsel toplam su miktarı arasındaki korelasyon incelenmiş olup Tablo 6.'da verilmiştir. 2009-2021 yılları mevsimlik SPI değerleri ve sulamaya kullanılan mevsimsel toplam su miktarı arasındaki negatif korelasyondan söz konusudur. Yaz kuraklıklarıyla tarıma kullanılan su miktarı artmaktadır. İlkbahar ve sonbahar mevsimleri ise yoğunlukla yağışlı geçmektedir ve kuraklığın yaşandığı zamanlarda ise sulama artmaktadır. Ancak ilkbahar ve sonbahar yağış barındırdığı için yağış eksikliği çok olan ve sulamalı tarımın çok yapıldığı yaz aylarında belirlenen kadar ilişki kadar kuvvetli olması beklenmez.

Tablo 6. Mevsimlik SPI₃ değerleri ve sulamaya kullanılan mevsimsel toplam su miktarı (hm³) arasındaki korelasyon (ilkbahar, yaz, sonbahar, kış mevsimleri SPI₃ değerleri sırasıyla 1, 2, 3, 4 olarak numaralandırılmıştır).

Kuraklık Dönemi	İnceleme	Mevsimlik SPI değerleri ve sulamaya kullanılan mevsimsel toplam su miktarı (hm ³) arasındaki korelasyon (r)
1		-0,2915
2		-0,5655
3		-0,3777
4		0

Sulama amacının yanında içme suyu amaçlı da kullanılan Atikhisar Barajı Çanakkale Merkez İlçe nüfusuna hizmet vermektedir. Barajdaki aylık içme suyuna kullanılan su miktarı ve aylık baraj gölü su hacmi kayıtları her ayın başlangıcında yapıldığından bir sonraki ay değeri kullanılmıştır (Örneğin; 2009 Aralık ayındaki sonundaki içme suyuna kullanılan toplam su miktarı ve baraj gölü su hacmini ifade eden değer 2010 Ocak ayına karşılık gelmektedir). Bu sebeple korelasyonlar incelenirken 2009 Ocak ayından 2020 yılının Kasım ayına kadar olan zaman dilimi için inceleme yapılmıştır. 2009-2021 yılları arasındaki sulama suyuna kullanılan aylık toplam su miktarı ve aylık baraj gölü su hacmi arasındaki ilişkinin aksine içme suyuna kullanılan aylık toplam su miktarıyla aylık baraj gölü su hacmi arasında negatif korelasyon gözlemlenmektedir. Aylık içme suyuna kullanılan su miktarı ve baraj gölü su hacmi arasındaki korelasyonlar (Tablo 7.) çok zayıftır.

Tablo 7. İçme suyuna kullanılan aylık toplam su miktarı (hm^3) ve aylık baraj gölü su hacmi (hm^3) arasındaki korelasyon.

Ay	İçme suyuna kullanılan aylık toplam su miktarı (hm^3) ve aylık baraj gölü su hacmi (hm^3) arasındaki korelasyon (r)
Ocak	-0,12018
Şubat	-0,0448
Mart	-0,1292
Nisan	-0,2008
Mayıs	-0,1213
Haziran	-0,2323
Temmuz	-0,2337
Ağustos	-0,1877
Eylül	-0,0122
Ekim	-0,1561
Kasım	-0,2839
Aralık	-0,2992

2009-2021 yılları mevsimlik SPI değerleri ve içme suyuna kullanılan mevsimsel ortalama miktarı arasındaki korelasyon Tablo 8’de verilmiştir. Mevsimlere göre ilişki incelenirken hesaplanan yılın kış mevsimi bir önceki yılın aralık ayını içermektedir bu sebeple 2009-2021 yılları arasında mevsimlik içme suyuna kullanılan su toplamları ile SPI değerleri incelenirken 2010 yılından başlayarak korelasyon incelenmiştir. Mevsimlik içme suyuna kullanılan su miktarı ve SPI_3 arasındaki korelasyonların düşük çıkmasında nüfus etkilidir. Mevsimsel nüfus verisi mevcut olmadığından yıllık veriler ile ilişki incelenmiştir (Grafik 1.).

Tablo 8. Mevsimlik SPI_3 değerleri ve içme suyuna kullanılan mevsimsel toplam su miktarı (hm^3) arasındaki korelasyon (ilkbahar, yaz, sonbahar, kış mevsimleri SPI_3 değerleri sırasıyla 1, 2, 3, 4 olarak numaralandırılmıştır).

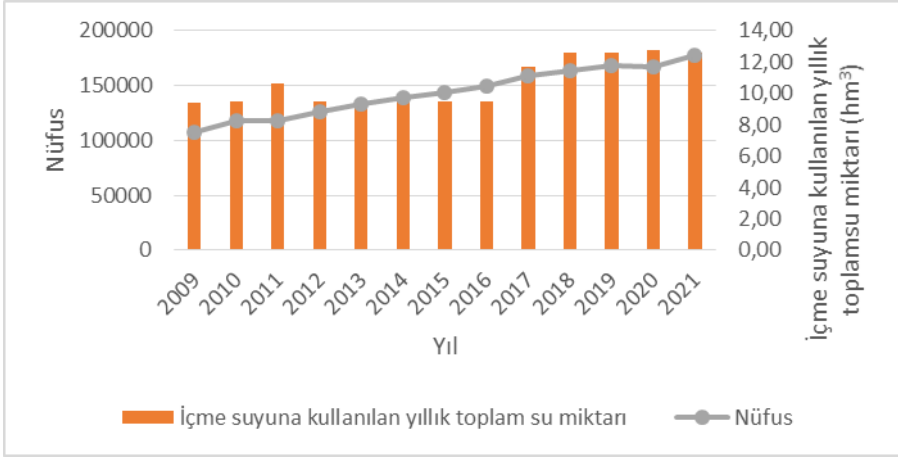
Kuraklık Dönemi	İnceleme	Mevsimlik SPI değerleri ve içme suyuna kullanılan mevsimsel toplam su miktarı (hm^3) arasındaki korelasyon (r)
1		-0,2181
2		-0,0606
3		0,2549
4		0,1008

2009-2021 yılları arasındaki sulama ve içme suyuna kullanılan aylık toplam su miktarı ve aylık baraj gölü su hacmi arasındaki korelasyon incelenmiş olup Tablo 9.'da verilmiştir. İçme suyuna kullanılan aylık toplam su miktarı ve aylık baraj gölü su haciminde olduğu gibi (Tablo 7) burada da kayıtların her ayın başlangıcında tutulması sebebiyle korelasyonlar incelenirken 2009 Ocak ayından 2020 yılının Kasım ayına kadar olan zaman dilimi için inceleme yapılmıştır. Kış aylarında yağışlarla birlikte baraj gölü su hacmi artarken günlük su tüketimi de azalmaktadır. Yaz aylarında ise baraj gölü su hacmi artarken su talebi de artmaktadır. Barajdaki sulama ve içme suyu kullanımları ve baraj gölü su hacmi arasındaki korelasyonların düşük olmasının sebebi Atıkhisar Barajı'nın taşkın koruma amaçlı kullanımında savaklardan bırakılan su miktarlarıdır.

Tablo 9. Aylara göre sulama suyuna ve içme suyuna kullanılan toplam su miktarı (hm^3) ve aylık baraj gölü su hacmi (hm^3) arasındaki korelasyon.

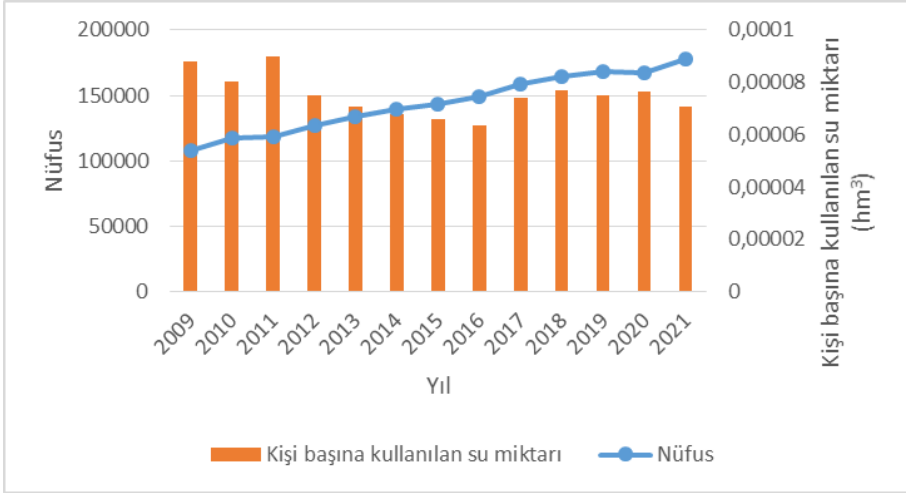
Ay	Sulama ve içme suyuna kullanılan aylık toplanan su miktarı (hm^3) ve aylık baraj gölü su hacmi (hm^3) arasındaki korelasyon (r)
Ocak	-0,1202
Şubat	-0,0448
Mart	-0,1293
Nisan	0,2933
Mayıs	0,3774
Haziran	0,3484
Temmuz	0,3042
Ağustos	0,1468
Eylül	-0,1917
Ekim	-0,1454
Kasım	-0,2839
Aralık	-0,2992

İçme suyuna kullanılan yıllık toplam su miktarı ile yıllık nüfus korelasyonu ise oldukça yüksektir ($r=0,80$). Son zamanlarda ise nüfusa göre suya olan talep daha da artmaktadır.



Grafik 1. Yıllara göre içme suyuna kullanılan su miktarı (hm³) ve nüfus grafiği.

Kişi başına kullanılan yıllık toplam su miktarı, yıllık içme suyuna kullanılan su miktarı toplamının nüfusa bölümü ile elde edilmiştir ve kişi başına düşen yıllık su miktarı ile nüfus negatif korelasyon ($r=-0,51$) göstermektedir.



Grafik 2. Yıllara göre kişi başına kullanılan yıllık toplam su miktarı (hm³) ve nüfus grafiği.

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Yapılan çalışmada Çanakkale Merkez İlçe’inde bulunan Atikhisar Barajı’nın su varlığındaki değişimi etkileyen faktörler incelenmiştir. Atikhisar Barajı’ndaki hacimsel değişim, meteorolojik kuraklık, tarımsal sulamaya kullanılan su miktarı, içme suyuna kullanılan su miktarı ve nüfus etkenleri ile ilişkilendirilmiştir. Bu çalışmada varılan sonuçlar aşağıdaki gibi sıralanabilir.

- Meteorolojik kuraklığın yaşandığı dönemlerin sonunda Atikhisar Baraj Gölü su hacminde azalmalara neden olmaktadır. Baraj gölü su hacmi değişiminde en etkili olan dönem kış mevsimi olup, 6 ay ve üzerindeki yağışlı ve kurak dönemler hacimsel değişimde etkilidir.
- Sonbahar mevsiminde yağışların artmasıyla baraj hacmi artmış ve aynı zamanda tarımsal sulamaya kullanılan su miktarı yağışların etkisiyle azalmıştır.
- Kuraklığın yaşandığı mevsimlerde tarımsal sulamaya kullanılan toplam su miktarı artmaktadır. Sulamaya kullanılan su barajdaki hacimsel su değişimi önemli oranda azaltmaktadır ve sulama sezonu başlangıcından sonuna doğru aralarında negatif korelasyon söz konusudur.
- Barajdaki aylık hacimsel değişim ve aylık içme suyuna kullanılan su arasındaki ilişkiler incelendiğinde ise düşük korelasyonlar bulunmuştur. Barajdaki aylık hacimsel değişim ve aylık içme suyuna kullanılan su arasındaki korelasyon olmaması düşük korelasyon olmasının sebebi Atikhisar Barajı’nın taşkın koruma amaçlı kullanımında savaklardan bırakılan su miktarıdır.
- Sonbahar ayında yaşanan kuraklıklarla beraber içme suyuna kullanılan su miktarı da artmaktadır. Nüfus arttıkça içme suyuna kullanılan yıllık toplam su miktarı artmaktadır ve kişi başına düşen yıllık toplam su miktarı azalmaktadır.

Kuraklığın barajlardaki negatif etkisi, kurak dönemlerde tarımsal sulamaya kullanılan su artışı ve artan nüfus ile birlikte suya olan talebinin artması su sıkıntıları ile sonuçlanması olası bir durumdur. Tarımsal sulamada su kaynaklarının etkin kullanımı için su talebinin azaltılmasına yönelik planlamalar yapılmalıdır. Su kullanımında sosyal ve ekonomik faaliyetlerin bütün olarak ele alınması ve yönetim planlarına yansıtılması sürdürülebilir su kullanımına katkı sağlayacaktır. Su kıtlığı nüfus ile ilişkili bir durumdur ve giderek artan nüfus gelecekte su kaynakları için bir risk faktörü oluşturma potansiyeli taşımaktadır. Su kaynaklarına artan talebin karşılanmasına yönelik planlama ve iyileştirmeler yapılmalıdır. Şüphesiz ki baraj göl hacmini etkileyen parametreler bu çalışmadakiler ile sınırlı değildir. Yine de bu

Çalışma su kaynakları yönetimi planlaması için dikkat edilmesi gereken birçok etkeni işaret etmekte olur ve yol gösterici ipuçları sunmaktadır.

REFERANSLAR

- AFAD. (Afet ve Acil Durum Yönetimi Başkanlığı). (2023). *İllerimize ait İl Afet Risk Azaltma Planları*. 07.12.2023 tarihinde T.C. İçişleri Bakanlığı : <https://www.afad.gov.tr/il+planlari> adresinden alındı.
- Bacanlı, Ü. G. & Tuğrul, A. T. (2016). Baraj göllerinin iklimsel etkisi ve Vali Recep Yazıcıoğlu Gökpınar baraj gölü örneği. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 22(3), 154-159.
- Buheji, M., & Muhorakeye, L. (2023). Mitigation Of Drought Impact On Livestock Husbandry. *International Journal of Management (IJM)*, 14(7).
- Doran, İ., Koca, Y. K., & Kılıç, T. (2009). Olası İklim Değişiminin Diyarbakır Tarımına Etkileri. *V. Ulusal Coğrafya Sempozyumu*, 16-17.
- Kadıoğlu, M. (2008) Kuraklık Kıranı Risk Yönetimi; Kadıoğlu, M. ve Özdamar, E.,(editörler),“Afet Zararlarını Azaltmanın Temel İlkeleri”; s. 277+300, JICA Türkiye Ofisi Yayınları No: 2, Ankara. Kuraklık kıranı risk yönetimi.
- Kadıoğlu, Y. & Güner, Ö. (2018). Atmosfer Sirkülasyonuna Bağlılığı Açısından Türkiye’de 1989, 2017 Yıllarındaki Şubat Ayı Kuraklığı Ve Sosyo+Ekonomik Sonuçları The Drought In February Between 1989 And 2017 In Terms Of Its Relation To The Atmospheric Circulation In Turkey And Their. *Journal of Social And Humanities Sciences Research (JSHSR)*, 5(27), 2712+2719.
- Kapluhan, E. (2013). Türkiye’de Kuraklık ve Kuraklığın Tarıma Etkisi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, (27), 487+510.
- Karli, R. G. Ö. & Artar, M. (2021). Kentsel su yönetiminde araç olarak su ayak izi ve mavi-yeşil altyapı. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 58(1), 145-162. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.851375>
- Khem, C., & Nagaratna, B. (2017). Socio+economic impacts of drought in India. In: *Drought Mitigation and Management* (eds.Suresh Kumar, Tanwar SPS and Singh Akhath), Scientific Publishers, New Delhi. Pp 245+263
- Leng, G., & Hall, J. (2019). Crop yield sensitivity of global major agricultural countries to droughts and the projected changes in the future. *Science of the Total Environment*, 654, 811+821.
- Lester, L., Flatau, P., & Kyron, M. (2022). Understanding the Social Impacts of Drought.
- McKee, T. B., Doesken, N. J., & Kleist, J. (1993, January). The relationship of drought frequency and duration to time scales. In *Proceedings of the 8th Conference on Applied Climatology* (Vol. 17, No. 22, pp. 179+183).

- MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü). (2023a). *İklim Sınıflandırması Çanakkale*. 07.12.2023 tarihinde T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Bakanlığı:
<https://www.mgm.gov.tr/iklim/iklim+siniiflandirmalari.aspx?m=CANAKKALE> adresinden alındı.
- MGM (Meteoroloji Genel Müdürlüğü). (2023b). *Resmi İstatistikler*. 07.12.2023 tarihinde T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Bakanlığı:
<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il+ve+ilceler+istatistik.aspx?k=undefined&m=CANAKKALE> adresinden alındı.
- MGM Meteoroloji Genel Müdürlüğü). (2023c). *Kuraklık Analizi*. 08.12.2023 tarihinde T.C. Çevre, Şehircilik ve İklim Bakanlığı:
<https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/kuraklik+analizi.aspx?d=yontemsiniif#sfB> adresinden alındı.
- Mishra, A. K., & Singh, V. P. (2010). Drought Modeling–A review. *Journal of Hydrology*, 403(1+2), 157+175.
- Namanoku, B. (2014). Drought and its social, environmental and economic negative impact in Kiribati with a specific case study of South Tarawa.
- Özelkan, E., & Karaman, M. (2018). Baraj Göllerindeki Meteorolojik Ve Hidrolojik Kuraklığın Etkisinin Çok Zamanlı Uydu Görüntüleri İle Analizi: Atikhisar Barajı (Çanakkale) Örneği. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 1023+1037.
- Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. (2023). *Kuraklık Yönetim Planları*. 12 07, 2023 tarihinde T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı:
<https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Sayfalar/Detay.aspx?Sayfalid=61> adresinden alındı
- Svoboda, M., Hayes, M., & Wood, D. (2012). Standardized precipitation index: user guide.
- Şener, E. (2021). Standartlaştırılmış Yağış İndeksi ile Kuraklık İndekslerinin Eğilim Analizi: Akşehir Örneği. *Afyon Kocatepe Üniversitesi Fen Ve Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 21(6), 1470-1484.
<https://doi.org/10.35414/akufemubid.1005703>
- T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı. (2023). Genel Bilgiler,
<https://canakkale.ktb.gov.tr/TR+70467/cografya.html>. 12 07, 2023 tarihinde Çanakkale İl Kültür ve Turizm Müdürlüğü:
<https://canakkale.ktb.gov.tr/TR+70467/cografya.html> adresinden alındı.
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı. (2023). *Kuraklık*. 08.12.2023 tarihinde Çanakkale İl Tarım ve Orman Müdürlüğü:
<https://canakkale.tarimorman.gov.tr/Link/28/Kuraklik> adresinden alındı.

- Tigkas, D., Vangelis, H., & Tsakiris, G. (2015). DrinC: a software for drought analysis based on drought indices. *Earth Science Informatics*, 8, 697-709.
- Tsakiris G., Loukas A., Pangalou D., Vangelis H., Tigkas D., Rossi G., Cancelliere A. Drought characterization [Part 1. Components of drought planning. 1.3. Methodological component]. In : Iglesias A. (ed.), Moneo M. (ed.), López+Francos A. (ed.). Drought management guidelines technical annex. Zaragoza : CIHEAM / EC MEDA Water, 2007. p. 85+102 (Options Méditerranéennes : Série B. Etudes et Recherches; n. 58)
- TÜİK (Türkiye İstatistik Kurumu). (2023). *Coğrafi İstatistik Portalı*. 07.12.2023 tarihinde <https://cip.tuik.gov.tr/> adresinden alındı.
- Türkeş, M., & Demirörs, Z. (2009). Palmer Kuraklık İndisi'ne göre İç Anadolu Bölgesi'nin Konya Bölümü'ndeki kurak dönemler ve kuraklık şiddeti. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 7(2), 129+144.
- Türkeş, M. (2012). Kuraklık, Çölleşme Ve Birleşmiş Milletler Çölleşme İle Savaşım Sözleşmesi'nin Ayrıntılı Bir Çözümlemesi. *Marmara Üniversitesi Avrupa Topluluğu Enstitüsü Avrupa Araştırmaları Dergisi*, 20(1), 7+55.
- URL1. (2023). *Ekonomik Yapı*. 07.12.2023 tarihinde Çanakkale Belediyesi: <https://www.canakkale.bel.tr/tr/sayfa/1126+ekonomik+yapi> adresinden alındı.
- Wilhite, D. A., Svoboda, M. D., & Hayes, M. J. (2007). Understanding the complex impacts of drought: A key to enhancing drought mitigation and preparedness. *Water resources management*, 21, 763+774.
- WMO (World Meteorological Organization). (2016). *Handbook of Drought Indicators and Indices*. Erişim: <https://community.wmo.int/en/bookstore/handbook+drought+indicators+and+indices>
- Wu, B., Ma, Z., & Yan, N. (2020). Agricultural drought mitigating indices derived from the changes in drought characteristics. *Remote sensing of environment*, 244, 111813.