

TARIM, ORMAN VE SU BİLİMLERİNDE YENİLİKÇİ ÇALIŞMALAR



Editörler:

Doç. Dr. Ali Beyhan UÇAK

Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNEŞ ŞEN



DUVAR

TARIM, ORMAN VE SU BİLİMLERİNDE YENİLİKÇİ ÇALIŞMALAR

Editörler

Doç. Dr. Ali Beyhan UÇAK

Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNEŞ ŞEN



Tarım, Orman ve Su Bilimlerinde Yenilikçi Çalışmalar

Editör: Doç. Dr. Ali Beyhan UÇAK, Dr. Öğr. Üyesi Senem GÜNEŞ ŞEN

Genel Yayın Yönetmeni: Berkan Balpetek

Kapak ve Sayfa Tasarımı: Duvar Design

Yayın Tarihi: Ağustos 2023

Yayıncı Sertifika No: 49837

ISBN: 978-625-6507-40-1

© Duvar Yayınları

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

Tel: 0 232 484 88 68

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1.....5

Bitki Paraziti Nematodların Funguslar ile Biyolojik Kontrolü

Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR, Şerife Evrim ARICI

Bölüm 2.....27

Üniversite Kampüsünde Yağmur Suyu Hasadı Potansiyelinin
CBS Tabanlı Değerlendirilmesi: Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Örneği

Ahmet USLU, Abtullah TUĞCU

Bölüm 3.....47

Çukurova Bölgesi Entansif Süt Sığırı İşletmelerindeki
İlkinde Doğuran Siyah Alacalarda Somatik Hücre Sayısına
Etki Eden Bazı Tıp, Sağım ve Amenajman Özellikleri Arası İlişkiler
Gökhan GÖKÇE, Serap GÖNCÜ

Bölüm 4.....79

Atlarda Taşıma ve Refah

Nurcan KARSLIOĞLU KARA

Bölüm 5.....99

Tarım Dijitalleşirken Bitki Koruma Teknolojileri

İlker Hüseyin ÇELEN

Bölüm 6.....123

Farklı Dozlarda Yarasa Gübresi Ve Kısıtlı Kimyasal Gübre
Uygulamalarının Karnabahar (*Brassica oleracea var. botrytis* L.)

Yetiştiriciliğinde Verim, Kalite Ve Besin İçeriklerine Etkileri

Yusuf ÇELİK, Adem ÖZARSLANDAN

Bölüm 7.....135

Hüyük Maddelerin ve PGPR Biyostimulanlarının

Marul Verimi Ve Besin Elementi İçeriği Üzerindeki

Yararlı Etkilerinin Belirlenmesi

Yusuf ÇELİK, Adem ÖZARSLANDAN

Bölüm 8.....151

Türkiye’de Tarımda Dijitalleşme Sürecinde Yaşanan Gelişmeler
Fatma ORHAN BARAN, Emre KARA, Mustafa SÜR MEN

Bölüm 9.....179

Deniz İşletmelerinin Gemiler İle Yapacakları Deniz Ticareti İle İlgili
İletişimlerinde Kullanabilecekleri Kablosuz Erişim Sistemleri
Tayfun ACARER

Bölüm 10.....197

Sağlıklı Yağlar; Deniz Makro Alglerinin Yağ Asitleri
Nurgül ŞEN ÖZDEMİR, Fatma CAF

Bölüm 11.....215

Su Kalitesinin Biyolojik İndikatörleri: Bentik Makro Omurgasızlar
Kahraman SELVİ

Bölüm 1

Bitki Paraziti Nematodların Funguslar ile Biyolojik Kontrolü

Fatma Gül GÖZE ÖZDEMİR¹

Şerife Evrim ARICI*²

1 Dr. Öğr. Üyesi; Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Isparta
ORCID: 0000-0003-1969-4041

2*Prof. Dr.; Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü, Isparta
Corresponding author evrimarici@isparta.edu.tr, ORCID: 0000-0001-5453-5869

ÖZET

Nematodlar çok geniş bir konukçu dizisine sahiptir ve mücadeleleri oldukça zordur. Bitki paraziti nematodlar içinde en önemlileri kök-ur nematodları, kist nematodları ve kök-lezyon nematodlarıdır. Bu nematod grupları ile yapılan mücadele yöntemlerinde görülen dezavantajlar sebebiyle alternatif mücadele yöntemlerine olan yönelim artmıştır. Son zamanlarda özellikle biyolojik mücadele çalışmalarına öncelik verildiği görülmektedir. Biyolojik mücadele, çevre dostu ve zararlı-hastalık yönetiminde önemli bir alternatif olarak kabul edilmektedir. Bakteriler, funguslar, virüsler ve protozoanlar gibi çok çeşitli organizmalar, nematod antagonistleri olarak bilinmektedir. Nematodların mücadelesinde fungusların kullanılmasına olan ilgi giderek artmaktadır. Nematodların fungal antagonistleri, oldukça farklı takımlara ve familyaya ait çeşitli mikroorganizmalardan oluşmaktadır. Bunlar; avcı/tuzak oluşturan, toksin üreten, endoparazitik ve yumurta/dişi paraziti funguslar ve endofitik funguslar olarak ayrılabilir. Bu antagonist funguslar bölümde nematofag ve endofitik funguslar olarak ikiye ayrılarak açıklanmaya çalışılmıştır.

Anahtar kelimeler; Biyolojik mücadele, nematod, antagonist fungus, endofit fungus

ABSTRACT

Nematodes have a very wide host range and are very difficult to control. The most important plant parasitic nematodes are root-knot nematodes, cyst nematodes and root-lesion nematodes. Due to the disadvantages seen in the control methods with these nematode groups, the tendency towards alternative control methods has increased. Recently, it is seen that priority has been given to biological control studies. Biological control is considered ecologically friendly and a possible alternative in pest and disease management. A wide range of organisms such as bacteria, fungi, viruses, and protozoans live in their natural mode as nematode antagonists. There is growing attention in the exploitation of fungi for the control of nematodes. The fungal antagonists of nematodes consist of a great variety of organisms belonging to widely divergent orders and families of fungi. They include predator/trap, toxin producing, endoparasitic and egg/female parasitic fungi and endophytic fungi. These antagonist fungi have been tried to be explained by dividing them into nematophag and endophytic fungi in this chapter.

Keywords: Biological control, nematode, antagonist fungus, endophytes fungi

1. GİRİŞ

Bitki paraziti nematodlar, tarımda dünya çapında 80 milyar dolardan 157 milyar dolara kadar değişen tahmini bir yıllık kayba neden olan organizmalardır (Wei ve ark., 2021). Kimyasal mücadele, solarizasyon, dayanıklı çeşit ve biyolojik kontrol, bu parazit nematod enfeksiyonlarını kontrol etmek için kullanılan başlıca yaklaşımlardır (Mitrova ve ark., 2007). Bununla birlikte, kimyasal mücadele; toprak sıkışması, su kirliliği ve çevredeki kimyasal kalıntılar gibi sorunlar da dahil olmak üzere ciddi çevre kirliliğine neden olmaktadır (Wernet ve Fisher 2023). Ayrıca, kimyasal kalıntılar çevre yoluyla ve gıda kontaminasyonu yoluyla insan sağlığını etkileyebilmektedir (Tudi ve ark., 2021). Kök ur nematodları gibi polifag olan nematod gruplarında ürün rotasyonu mücadelede kullanılamamaktadır (Moosavi ve Zare, 2020).

Biyolojik kontrol ajanları, bitki paraziti nematod popülasyonlarının baskılanmasında önemli bir etkiye sahiptir. Funguslar, bakteriler, virüsler, nematodlar ve diğer omurgasızlar dahil olmak üzere çok sayıda organizma, bitki paraziti nematodlara karşı antagonistik aktivite gösterse de, bunların nematod popülasyonunu baskılamadaki derecesi aynı değildir. Pek çok doğal düşman nematodlara saldırır ve popülasyonlarını azaltır, ancak biyokontrol için kullanılacak organizma sayısı sınırlıdır. Başka bir deyişle, dünyanın her yerindeki birçok toprak türü biyolojik kontrol aktivitesi gösterir, ancak bunların nematodlar üzerindeki etkileri önemsizden tam baskılamaya kadar değişebilir (Moosavi ve Zare, 2020). Funguslar, saprofit veya parazit olarak yaşayan veya diğer organizmalarla simbiyontlar olarak ilişkili olan büyük, heterojen ve her yerde bulunan bir heterotrofik organizma grubunu oluşturmaktadır. Tarımda çok büyük biyoteknolojik potansiyele sahip olan fungal etmenlerin bazıları biyokontrol ajanları, biyogübreler ve büyümeyi teşvik eden organizmalar (Plant growth-promoting organism) olarak kullanılmaktadır (Hyde ve ark., 2019). Beslenebilmek için nematodları kolonize eden ve parazitleştirilen funguslar nematofag olarak tanımlanmaktadır. Bazıları nematodların zorunlu parazitleridir, ancak çoğunluğu fakültatif saprofitlerdir (López-Llorca ve ark.,2008). Genellikle toprakta yaşayanlar olarak kabul edilirler (Dackman ve ark., 1992), ancak su ortamlarında da bulunabilmektedirler (Hao ve ark., 2005). Nematofag funguslar, Ascomycetes (anamorfik Orbiliaceae ve Clavicipitaceae), Basidiomycetes (Pleurotaceae), Zygomycetes (Zoopagales), Chytridiomycetes ve Oomycetes gibi fungus taksonunda bulunmaktadır (Gams ve Zare, 2003). Fakültatif nematofag parazitler, nematodların hareketli dönemlerini yakalayan yapılar üreterek, özel yapışkan sporlar veya nematod kütikülünden ya da yumurta kabuğundan nüfuz edebilen özel hifler üzerinde apresoriler geliştirerek nematodları enfekte edebilmektedir. Bazıları ise nematod kütikülünü kesen bıçak gibi özel saldırı

araçları üretebilmektedir (de Freitas Soares ve ark., 2018). Obligat (zorunlu) parazitler sporlarını kullanarak enfeksiyon başlatabilirler. Sporlar yutulabilir, nematodun sindirim sisteminde çimlenebilir ve vücut duvarını aşabilir veya nematod kütikülüne yapışarak doğrudan nüfuz edebilir (Jansson ve Lòpez-Llorca, 2001). Nematofag fungusların, parazitliklerinde hücre dışı enzimlerin önemli olduğu belirlenmiştir. Çok sayıda araştırmacının yaptığı çalışmalarda nematofag fungusların serine proteaz, serine carboxypeptidase, chitinases/chitosanases ve phospholipase üretebildikleri gösterilmiştir (Tikhonov ve ark., 2002; Chen ve Liu 2005; Lòpez-Llorca ve ark., 2008; Yang ve ark., 2015).

Nematofag funguslar, nematodlara karşı etki tarzlarına göre avcı, endoparazitik, yumurta ve dişi parazit ve toksin üreten funguslar olmak üzere dört gruba ayrılmaktadır (Jansson ve Lòpez-Llorca, 2001).

Bazı funguslar ise bitki dokusunda büyür ancak lezyonlara veya diğer hastalık belirtilerine neden olmaz ve endofit olarak adlandırılır. Endofitik funguslar son zamanlarda entegre zararlı yönetiminin önemli bir bileşeni olarak kabul edilmektedir. Endofitik funguslar tarafından bitki paraziti nematodların kontrolünde farklı mekanizmaların etkili olduğu düşünülmektedir (Schouten, 2016). Endofitik funguslar toksin üretebilir; köklerde alan ve kaynaklar için rekabet; kök dokusunun fizyolojik durumunun değiştirilmesi; nematodların zararına beslenme hücrelerinin kolonizasyonu; nematodlara doğrudan saldırı, öldürme, felç etme veya kaçırma şeklinde etki edebilir. Aynı zamanda bitki hormonları üretir; bitki direncinin indüklenmesi; veya bitki toleransını artırır. Diğer olası mekanizmalar, bitki verimini arttırmak, toprak besinini dağıtmak ve abiyotik stres ve kuraklığa karşı bitki toleransını arttırmaktır (Bamisile ve ark., 2018). Son zamanlarda farklı nematofag tür gruplarının endofitik kök kolonizasyon potansiyelinin araştırıldığı görülmektedir (Moosavi ve Zare, 2020).

Fungus patojenlerinin bitki fizyolojisi üzerinde zararlı etkileri olsa da, mutualist funguslar, patojenlere ve otçullara karşı konukçu savunma tepkilerini artırır. Fungus ortakları, kolonizasyonu kolaylaştıran ve hem simbiyotik hem de patojenik ilişkilere karşı savunmaya katkıda bulunan küçük peptid efektörleri, enzimler ve ikincil metabolitler gibi biyoaktif moleküller salgılar (Zeilinger ve ark., 2015). Trichoderma türleri, arbusküler mikorizalar, ektomikorizalar, mayalar ve bazı patojenlerin avirüent/hipovirüent suşları, yine uyarılmış sistemik dayanıklılık (ISR)'nin indüklenmesiyle biyokontrol kapasitesi olan başlıca faydalı funguslar arasındadır (Ghorbanpour ve ark., 2018).

Bu çalışmada bitki paraziti nematod kontrolünde etkilerinin araştırıldığı ve biyokontrol ajanı olma potansiyeli yüksek fungus gruplarına değinilmeye çalışılmıştır.

2. NEMATOFAG FUNGUSLAR

2.1. Avcı (Tuzak Oluşturan) Funguslar

Nematofag funguslar taksonomik olarak farklı fungus filumlarına (Ascomycota, Zygomycota ve Basidiomycota) ait olan heterojen bir grubu oluşturmaktadır (Jiang ve ark., 2016). Bu fungus türleri ağimsı, yapışkan veya halka şeklinde özel tuzaklar kurarak konukçularını yakalamaktadırlar. Bu funguslar konakçıya özgü değildir ve toprakta yaşayan tüm nematodları yakalayabilir. Bugüne kadar yaklaşık 380 nematod yakalayan tür tanımlanmıştır (Jiang ve ark., 2016). Yakalama işlemi nematodun çekilmesi, avı tanıma, tuzak üretimi, avı tuzağa düşürme veya tuzaklara yapışma, nematodun içine girme ve konakçıyı kolonize etme şeklinde sıralanabilmektedir (Vidal-Diez de Ulzurrun ve Hsueh, 2018). Nematodlar rastgele yapmış olduğu hareketleri sırasında tuzaklara yapışır ve iki saat içinde bu yapışkan yapıda olan hifler nematodu hareketsiz hale getirir. Bu sırada yapışkan hifin mevcut olan çıkıntılı bitki paraziti nematodun kütikulasına nüfuz eder ve vücut içindekileri emerek bitki paraziti nematodu öldürür (Uysal ve ark., 2021; Bhat ve ark., 2023). Avcı fungusların ayrıca linoleik asit (*Arthrobotrys oligospora*, *A. conoides*) veya pleurotin (*Nematoctonus robustus*, *N. conccrens*) gibi antimikrobiyal ve nematisit bileşikleri salgılama yeteneğine sahip olduğu kanıtlanmıştır. Linoleik asit üretimi, oluşan tuzakların sayısı ile pozitif olarak ilişkilidir (Anke ve ark., 1995).

Nematod yakalayan türlerin çoğunun teleomorfları *Orbilina* içinde yer alır ve bunların yakalama araçları türlerin taksonomik konumlarını düzenlemektedir (Ahren ve ark., 1998). *Arthrobotrys* (yapışkan üç boyutlu ağlar), *Dactylellina* (saplı yapışkan topuzlar ve/veya büzülmeyen halkalar), *Drechsterella* (büzülen halkalar) ve *Gamsylella* (yapışkan dallar ve sapsız topuzlar) birbirinden farklı araçlarla nematodları yakalamaktadır (Scholler ve ark., 1999). Tuzak üreten diğer türler, *Stylopage* ve *Cystopage* (Zygomycota'nın Zoopagales'ine ait) ve *Nematoctonus* (Basidiomycota'nın Pleurotaceae familyasına ait)'dur. Kist nematodlarının hareketli dönemini parazitleyen fungus, *Hirsutella rhossiliensis* ve *H. minnesotensis*, yapışkan sporların temsilcileridir (Liu ve ark., 2009; Soares ve ark., 2018; Bhat ve ark., 2023). Yakalama yapıları bir cins içinde bile farklılık gösterebilir, örneğin *Nematoctonus robustus* yalnızca hifler üzerinde, *N. leptosporus* yalnızca çimlenmiş konidyumlar üzerinde ve *N. angustatus* hem hifler hem de konidyumlar üzerinde yapışkan yumrular üretebilmektedir (Koziak ve ark., 2007).

2.2. Toksin Üreten Funguslar

Toksin üreten fungus türleri, mikotoksin adı verilen toksik bileşikler salgılayan fungusları içermektedir. Bu bileşikler, peptidler, makrolitler, kinonlar, alkaloidler, terpenoidler, steroller ve basit aromatik bileşikler olan çeşitli kimyasalları içermektedir (Uysal ve ark., 2021). Toksin üreten funguslar, kütüküladan gerçekleştirecekleri hif penetrasyonu öncesi nematodları toksinle hareketsizleştirmekte ya da öldürmektedir (Lopez-Llorca ve ark.,2008; Okorie ve ark., 2011; Bhat ve ark., 2023). Toksin üreten funguslar; nematofag Ascomycota (Degenkolb ve Vilcinskas (2016a), nematofag Basidiomycota veya nematofag olmayan funguslarda (Degenkolb ve Vilcinskas (2016b) bulunan toksin üreticileri şeklinde ayrılabilir. Nematodlarda toksin üreten fungus olarak en çok bilinen Basidiomycetes sınıfına ait olan *Pleurotus ostreatus*, nematod üzerinde zehirli damlacıklar (trans-2-decenedioic acid) üretmektedir (Bhat ve ark., 2023). Nematofag Ascomycota türlerinin "oligosporon, 4',5'-dihidrooligosporon, talathermophilins A ve B, phomalactone, aurvertins D ve F, paeciloxazine, bir piridin karboksilik asit türevi ve lökinostatin nematisit bileşiklerini ürettikleri bildirilmiştir (Degenkolb ve Vilcinskas 2016a). Thermolid A ve B, omfalotinler, ofiyobolinler, bursafelositler A ve B, illiniton A, psödohalonektrinler A ve B, dikomitin B ve karyopsomisin A–C" nematofag Basidiomycota veya nematofag olmayan funguslar tarafından üretilir (Degenkolb ve Vilcinskas, 2016b).

Alternaria, *Aspergillus*, *Penicillium*, *Beauveria*, *Lecanium*, *Fusarium* gibi fungus cinslerine ait önemli türler bu grup içerisinde yer almaktadır (Li ve Zhang 2014; Sandoval ve ark., 2020). *Aspergillus* cinsine ait önemli türler, toksin üreten funguslar arasındadır (Sandoval ve ark., 2020). Farklı *Aspergillus* türlerinin kök-ur nematodları üzerinde nematisit etkilere sahip olduğu bildirilmektedir (Bhat ve Wani, 2012; Devi ve Bora, 2018; He ve ark.,2020; Naz ve ark.,2021). *Aspergillus niger* Tiegh. (Ascomycota: Eurotiales) sitrik asitler, amilazlar, lipazlar, selülozlar, ksilanazlar ve proteazlar gibi hücre dışı enzimler üretmektedir (Patil ve ark.,2017). Göze Özdemir ve Arıcı, (2022; 2023), *A. niger* AnlB8 izolatının kök ur nematodları üzerinde nematisidal etkisinin olduğunu belirlemişlerdir. Bunun yanı sıra bitkilerde önemli zararlara neden olan ırkları ile bilinen *Fusarium oxysporum*'un doğadaki birçok ırkı patojenik olmayan saprofit özelliklere sahiptir (Hallmann ve Sikora 2011). Bu patojenik olmayan *F. oxysporum* ırklarının birçoğu fungal patojenlerin, bitki paraziti nematodların ve böceklerin antagonistleri olarak tanımlanmıştır (Hallmann ve Sikora 2011; Kumar ve Dara, 2023). Ayrıca patojenik olmayan bu ırkların *Meloidogyne incognita*, *Pratylenchus goodeyi*, *Helicotylenchus multicinctus* gibi birçok bitki paraziti nematod türüne karşı da biyokontrol potansiyeli belirlenmiştir (Waweru ve ark., 2014; Sajeena et al., 2020; Tapia-Vázquez et al, 2022). Özellikle bitki paraziti

nematod yumurtaları için son derece patojenik olan söz konusu *Fusarium* ırkları, ayrıca salgıladıkları toksik metabolitler ile de nematodlar üzerinde etkili olabilmektedir (Cumagun ve Moosavi 2015). Yapılan bir çalışmada ise bitkilerde patojenik olmayan bazı *F. oxysporum* ırklarının bitki paraziti nematodlara karşı bitkilerde sistemik dayanıklılığı uyardığı bildirilmiştir (Vu ve ark., 2006). Farklı araştırmacılar tarafından *Beauveria bassiana* uygulamasının bitki paraziti nematodlara karşı nematisidal etkisinin olduğu bildirilmektedir (Liu ve ark., 2009; Youssef ve ark., 2020; Karabörklü ve ark., 2022; Göze Özdemir ve ark., 2023). Sun ve ark., (2006), *B. bassiana*'nın *Meloidogyne* spp. yumurta ve dişilerini parazitleme oranının % 100 olduğunu saptamıştır. Türkiye'den elde edilen *B. bassiana* BY2 ve BIM-001 izolatlarının kültür filtratının *in vitro*'da *P. thornei* üzerinde uygulamadan 72 saat sonra 1X konsantrasyonunda %100 ölüm oranına ulaştığı saptanmıştır (Göze ve ark., 2022). *Beavuria bassiana*'nın kitinazlar, proteaz, lipazlar, amilazlar vb. birçok hücre dışı enzimi salgıladığı bilinmektedir (Amobonye ve ark., 2020).

2.3. Endoparazitik Funguslar

Endoparazit fungusların çoğu obligat parazitlerdir ve toprakta çok sınırlı olan bir saprofitik yapıya sahiptirler ya da hiç miselyum ve hif üretmemektedirler (Bhat ve ark., 2023). Genellikle geniş bir nematod konukçu aralığına sahiptirler. Bu zorunlu parazitler, tüm vejetatif yaşam döngülerini enfekte konakçılarının içinde yaşarlar. Endoparazit funguslar genellikle Chytridiomycetes, Basidiomycetes, Zygomycetes, Sordariomycetes, Deuteromycetes ve Oomycetes içerisinde yer almaktadır (López-Llorca ve ark., 2008). *Catenaria*, *Haptocillium*, *Harposporium* ya da *Drechmeria* gibi cinsler bu grup içerisinde yer almaktadır (Uysal ve ark., 2021).

Bu gruptaki funguslar konidia ya da zoosporları ile nematodların hareketli dönemlerini enfekte edebilmektedirler. Bu üretilen sporlar nematodların kutikularına sıkıca yapışmakta veya nematodlar tarafından yutulmaktadır. Endoparazit fungus önce nematod kütikulasına yapışarak içeriye doğru çimlenir ve penetre edebilme yeteneğine sahip sporlarını üretir ve nematod içerisinde gelişerek vücut içeriğini emip özümser. Sonrayeniden sporulasyona geçer (Moosavi ve Zare, 2020). Bazı endoparazit türler ise nematodlar tarafından yenildiğinde ağız boşluğuna ya da yutağa yerleşir. Bu türler neredeyse tamamen *Harposporium* cinsine aittir (de Freitas Soares ve ark., 2018).

En tipik endoparazitliğe *Drechmeria conispora* örnek verilebilir (Bhat ve ark., 2023). *Drechmeria coniospora* penetrasyondan önce ve penetrasyon sırasında kolajenaz salgılar. Fungus iç organlarda kolonizasyon olmaksızın nematodun psödocoelom'unu işgal eder. Nematod, konidyumları yutabilir, ancak bağırsakta

çimlenme görülmez (Jansson, 1994). Bu nedenle, konidia'nın kütikül yoluyla doğrudan penetrasyonu, enfeksiyonun tek yoludur (Moosavi ve Zare, 2020).

Tablo 1. Endoparazitik funguslara örnekler (Jansson ve ark., 2006; Lòpez-Llorca ve ark., 2008; (Karakas, 2020)

Endoparazitik fungus	Sınıfı	Enfeksiyon kaynağı
<i>Catenaria anguillulae</i>	Chytridiomycetes	Zoospor
<i>C. vermiformis</i>	Chytridiomycetes	Zoospor
<i>Olpidium vermicola</i>	Chytridiomycetes	Zoospor
<i>Nematoctonus concurrens</i>	Basidiomycetes	Yapışkan kollar ve spor
<i>N. leiosporus</i>	Basidiomycetes	Yapışkan kollar ve spor
<i>Meristacrum asterospermum</i>	Zygomycetes	Yapışkan konidi
<i>Spirogyromyces vermicola</i>	Bilinmiyor	Yutulmuş spor
<i>Haptocillium bactrosporum</i>	Sordariomycetes	Yapışkan konidi
<i>H. balanoides</i>	Sordariomycetes	Yapışkan konidi
<i>H. obovatum</i>	Sordariomycetes	Yapışkan konidi
<i>Verticillium balanoides</i>	Deuteromycetes	Yapışkan spor
<i>Drechmeria coniospora</i>	Deuteromycetes	Yapışkan konidi
<i>Harposporium anguillulae</i>	Deuteromycetes	Yutulmuş spor
<i>H. bysmatosporum</i>	Deuteromycetes	Yutulmuş spor
<i>H. leptospira</i>	Deuteromycetes	Yutulmuş spor
<i>Hirsutella rhossiliensis</i>	Deuteromycetes	Yapışkan spor
<i>C. sphaericum</i>	Oomycetes	Zoospor
<i>Haptoglossa dickii</i>	Oomycetes	Silah hücresi oluşumu
<i>H. erumpens</i>	Oomycetes	Silah hücresi oluşumu
<i>H. heteromorpha</i>	Oomycetes	Silah hücresi oluşumu
<i>H. mirabilis</i>	Oomycetes	Silah hücresi oluşumu
<i>H. zoospora</i>	Oomycetes	Silah hücresi oluşumu
<i>Gonimochaete horridula</i>	Oomycetes	Yapışkan spor
<i>G. latitubus</i>	Oomycetes	Yapışkan spor
<i>G. lignicola</i>	Oomycetes	Yapışkan spor
<i>G. pyriforme</i>	Oomycetes	Yapışkan spor
<i>Myzocytiopsis glutinospora</i>	Oomycetes	Zoospor
<i>M. humicola</i>	Oomycetes	Zoospor
<i>M. intermedia</i>	Oomycetes	Zoospor
<i>M. lenticularis</i>	Oomycetes	Zoospor
<i>M. papillata</i>	Oomycetes	Zoospor
<i>Pythium (Lagenidium) caudatum</i>	Oomycetes	Zoospor

2.4. Yumurta ve Dişi Paraziti Funguslar

Daha önce *Verticillium* cinsi altında bildirilen yumurta-paraziti funguslar, hem morfolojik hem de moleküler karakterlere göre *Pochonia* cinsine aktarılmıştır (Zare ve Gams 2001; 2004). Tüm *Pochonia* türleri *Meloidogyne javanica* yumurtalarını parazitleyebilmekte ve en iyi yumurta kolonileştiricileri olarak

kabul edilmektedir (Moosavi ve ark., 2010). *Pochonia chlamydosporia*, dişilerin ve kist ve kök-ur nematodlarının yumurtalarının bir paraziti olarak kabul edilir ve yumurta kabuğu üzerinde apressori oluşturan dallı misel ağları geliştirir (Tablo 2) (Viaene ve ark., 2006; Uysal ve ark., 2021).

Purpureocillium lilacinum ve *Lecanicillium lecanii* gibi diğer türler de yumurta parazitlenmesinde etkilidir (López-Llorca ve ark., 2008). *Purpureocillium lilacinum*, subtropikal ve tropikal bölgelerde bol miktarda bulunur ve aktiftir (Viaene ve ark., 2006). *Lecanicillium* ise esas olarak tropikal bölgelerde bulunur (Zare and Gams, 2004). *Purpureocillium lilacinum* (*Paecilomyces lilacinus*) ilk olarak Peru'da *Meloidogyne incognita* yumurtalarında tespit edilmiştir. Bu fungus, *M. incognita* yumurtalarının fakültatif bir parazitidir ve diğer bitki paraziti nematod türlerini de parazitleyebilmektedir. *Meloidogyne* spp. yumurtalarından larva çıkışını azaltmaktadır. *Purpureocillium lilacinum* geniş bir coğrafi dağılıma sahiptir ve *Pochonia chlamydosporia* gibi, esas olarak bir yumurta paraziti olarak kabul edilir (Moosavi ve Zare, 2020). Regaieg ve ark., (2010), SEM analizi sonucunda *Lecanium leptobactrum* kültür filtratlarına maruz bırakılan *M. incognita* yumurtalarının kitin katmanlarındaki bozukluğa bağlı olarak yumurta kabuğu bütünlüğünün bozulduğunu ve içe çökmüş görüntüde olduğunu bildirmiştir. *Verticillium suchlasporium*'dan saflaştırılmış kitinaz ve popteinaz enzimlerinin *Globodera pallida* yumurtalarının kabuklarını parçaladıkları bulunmuştur (Tikhonov ve ark., 2002). Genel olarak, yumurta ve kist parazitleyici fungusların sayısı dişileri enfekte edenlerden daha fazladır. Konakçıları enfekte etmek için apressoria veya zoosporları kullanırlar. Yumurta ve sabit dönem parazitleri, ekonomik açıdan önemli nematodların biyolojik kontrolünde yüksek potansiyelleri nedeniyle daha fazla dikkat çekmiştir. Rizosferde saprotrofik olarak iyi bir şekilde hayatta kalabilen bu fungusların kitle kültürü nispeten kolaydır ve konukçuları hareketsiz olduğu için enfekte etmede daha etkilidir (López-Llorca ve ark., 2008).

Bu funguslar, bitki paraziti nematodlarının sadece yumurta, dişi ve kist dönemlerini appressorium veya zoosporları ile enfekte etmektedirler. Yumurta ve dişi paraziti funguslar sporlarının yanı sıra enzimlerini de kullanarak nematodu enfekte etmektedirler. Nematodu baskı altına alma sporun dağılımı ve sayısına bağlıdır. Bu ürettikleri enzimler ile yaptıkları penetrasyon kimyasal penetrasyonu, appressoriumları ile yaptıkları penetrasyon ise fiziksel penetrasyonu oluşturmaktadır. Nematodların kutikularlarının kimyasal olarak parçalanmasına fungusların ürettiği proteaz, kollagenaz ve kitinaz enzimleri neden olmaktadır (Uysal ve ark.,2021).

Bu parazitler fakültatif olup yapay şekilde de üretilebilmektedir. Genelde bu funguslar kolonizasyon için fazla enerjiye gereksinim duymazlar. Sporları toprakta uygun bir konukçu nematod ile karşılaşınca kadar uzun süre dormant durumda kalabilir (Jansson, 1982; Liu ve ark., 2009).

Tablo 2. Yumurta ve dişi parazit funguslar
(Viaene ve ark., 2006; Uysal ve ark., 2021)

Yumurta ve Dişi Paraziti Fungus	Sınıfı	Enfeksiyon kaynağı
<i>Dactylella ovaparasitica</i>	Orbiliomycetes	Appressorium
<i>Helicocephalum oligosporum</i>	Zygomycetes	Yapışkan hif
<i>Lecanicillium psalliotae</i>	Deuteromycetes	Appressorium
<i>Nematophthora gynophila</i>	Oomycetes	Zoospor
<i>Olpidium vermicola</i>	Chytridiomycetes	Zoospor
<i>Paecilomyces lilacinus</i>	Deuteromycetes	Appressorium
<i>Pochonia chlamydosporia</i>	Deuteromycetes	Appressorium
<i>P. rubescens</i>	Deuteromycetes	Appressorium
<i>Beauveria bassiana</i>	Sordariomycetes	Konidiospor
<i>Trichoderma viride</i>	Sordariomycetes	Yapışkan hif
<i>Rhopalomyces elegans</i>	Zygomycetes	Appressorium

3. ENDOFİTİK FUNGUSLAR

3.1. Arbüsküler Mikorizal (AM) Funguslar

Arbüsküler mikorizal (AM) funguslar, tüm bitki türlerinin %80'inden fazlasıyla karşılıklı ilişkiye sahip olan iyi bilinen bitki kökü ilişkili endofitlerdir. Bu funguslar, nematod ile enfekte olmuş bitkilerin büyümesini arttırdığı ve bazı durumlarda nematod girişini azalttığı yaygın olarak bildirilen bitkilerin zorunlu simbiyotik parazitleridir (Schouteden ve ark., 2015; 2016). Bu funguslar ayrıca suya erişim ve su alımına yardımcı olur ve ağır metal toksisitesini azaltır (Zare ve ark., 2020).

AM fungusları, doğrudan veya dolaylı etkilerle hem biyotrofik hem de nekrotrofik yaşam tarzıyla patojenleri baskılayabilir. Doğrudan ilgili mekanizmalar, temel olarak gıda ve yer için rekabet iken, dolaylı mekanizmalar bitki aracılı etkileri içerir (Hol ve Cook, 2005). AM funguslarının fitonematodlar üzerindeki bitki aracılı etkileri, bitki toleransını artırmayı, bitki savunmasını uyarmayı ve değiştirilmiş rizosfer etkileşimleriyle sonuçlanan kök difüzyonlarındaki değişimden kaynaklanmaktadır (Cameron ve ark., 2013; Bell ve ark., 2022). Nematod enfeksiyonundan önce bitki kökleri AM tarafından

kolonize edilirse, nematod çoğalma oranı azaltılabilir. Çekici kök salgılarının üretimi ve salgılanması engellenebilir veya bazı nematotoksik bileşikler AM fungusları tarafından üretilebilir, ancak bunların kesin etki şekli/şekilleri iyi anlaşılmamıştır (Viaene ve ark., 2006). Endofitlerin etkinliği, kolonize edilen bitkiye ve sorun yaratan nematodun türüne bağlıdır (Kerry ve Hominick 2002). Genel olarak *Meloidogyne* spp. gibi sabit endoparazit beslenme gösteren nematodlar, hareketli nematodlara göre AMF'den daha fazla etkilenmektedir (Hol ve Cook, 2005). *Pratylenchus vulnus*'un erginleri ve yumurtaları, AMF miselyumları ile aynı kök dokusunda bulunabilmektedirler (Pinochet ve ark., 1995).

Endofitik funguslar, özellikle AM, ürünlerde büyüme arttırıcılar olarak ticari olarak üretilmektedir. Tohum tedavileri olarak uygulanabilme avantajına sahiptirler ve daha sonra hızla çoğalarak rizosferi ve bitki köklerini kolonize ederler. Bu, bitkilerin nematod enfeksiyonundan korunmasıyla sonuçlanabilir (Frew ve ark., 2018).

3.2. *Trichoderma* spp.

Trichoderma bitkide hastalık gelişimini engelleyebilir, bitki büyümesini teşvik edebilir, besin kullanım verimliliğini artırabilir, bitki direncini artırabilir ve zirai kimyasal kirliliği onarabilir (Sánchez-Montesinos ve ark., 2021; Tyśkiewicz ve ark., 2022). *Trichoderma* türlerinin ürettikleri biyoaktif maddeler ile bitki patojeni funguslar ve bitki patojeni nematodlar üzerinde antagonistik etkilere sahip olabildiği bildirilmiştir (Druzhinina ve ark., 2018; Fan ve ark., 2020). İkincil metabolitler ve hücre duvarını parçalayan enzimler dahil olmak üzere bu biyoaktif maddeler, bitki direncini etkili bir şekilde artırabilir, bitki hastalıklarını azaltabilir ve bitki büyümesini teşvik edebilir (Kubicek ve ark., 2019). Nematisit aktiviteye sahip olduğu bildirilen *Trichoderma* türleri; *T. longibrachiatum*, *T. viride*, *T. harzianum*, *T. Hamatum*, *T. atroviride* ve *T. koningii*'yi içerir (Zhu ve ark., 2022). *Trichoderma* miselyumu, nematodların larvalarının ve yetişkinlerinin yumurta kabuğuna veya kütikülüne nüfuz eder, kolonize olur, nematodlardan besinleri emer ve nematod ölümüne neden olur (Marraschi ve ark., 2019). *Trichoderma* mikoparazitik nematod işlemleri, çeşitli parçalayıcı enzimlerin üretimini ve birlikte salgılanmasını içerir (Moo-Koh ve ark., 2022). *Trichoderma*'dan izole edilen başlıca nematisit maddelerin trikodermin, asetik asit, gliotoksin ve peptit siklosporin A olduğu bildirilmiştir (Fan ve ark., 2020). *Trichoderma* türleri diğer mikroorganizmalardan/biyoaktif maddelerden daha hızlı çoğalır ve çeşitlendirilmiş bir ortamda güçlü bir uyum sağlama kapasitesine sahiptir (Al-Hazmi, ve Tariq, 2016). *Trichoderma longibrachiatum* TL6'nın yumurtaları ve J2'yi doğrudan parazitleyerek

Heterodera avenae'yi etkili bir şekilde kontrol edebildiği gösterilmiştir (Zhang ve ark., 2017). *Trichoderma harzianum* Rifai'un turuncgil nematoduyla mücadelede etkili bir biyokontrol ajanı olduğu rapor edilmiştir (Sharon ve ark., 2001). Khan ve ark. (2020), *T. koningiopsis* UFSMQ40'ın büyük miktarda kitinaz içeren fermantasyon besiyerinin Güney Çin bölgesinde kök-ur nematodları karşı öldürücülüğü %90,4 tespit edilmiştir.

3.3. Diğer Endofit Funguslar

Endofitik fungus *Fusarium oxysporum*'un birçok türü, *M. incognita* ve *Radopholus similis* popülasyon yoğunluklarını ve üreme oranlarını etkili bir şekilde azaltabilmektedir (Grabka ve ark., 2022; Kisaakye ve ark., 2022). *Chaetomium globosum* NK 102 endofitinden izole edilen saflaştırılmış *Chaetoglobosin A*'nın (ChA) ve saflaştırılmamış kültür filtratının her ikisinin de nematisit aktiviteye sahip olduğu bulunmuştur (Natori 1983). Uzun çayırlarda (*Festuca arundinacea*), *Neotyphodium coenophialum* uygulaması konukçu nematod direncini artırmaktadır (Choi ve ark. 2022). Endofitik *Acremonium* spp.'nin nematod baskılayıcı metabolit salgıladığı (Lozano ve ark. 2022), nematod yumurtalarından çıkışın baskılandığı ve nematod popülasyonlarını azalttığı gösterilmiştir (Tian ve ark. 2014). Yao ve ark. (2023) *Acremonium sclerotigenum*'u *M. incognita*'nın biyokontrolü için önemli bir potansiyel olarak göstermiştir.

4. SONUÇ

Nematodlar ile kimyasal mücadele mümkündür fakat çevre ve insan sağlığı açısından zararlı ve pahalıdır. Ayrıca kimyasal nematisitler bitkiler üzerinde kalıntı bırakmaktadır. Toprak dezenfektanlarının ve çoğu nematisitin insan ve çevreye olan zararlı etkileri nedeniyle yasaklanması sonucu bitki paraziti nematodların mücadelesinde alternatif yöntemler ağırlık kazanmıştır. Bitki paraziti nematod zararlılarına karşı biyolojik kontrol ajanları olarak mikroorganizmaların kullanımını araştırmak için çok sayıda çalışma yapılmaktadır. Fungusların nematodların biyolojik kontrolünde kullanılmasına olan ilgi giderek artmaktadır. Bunun nedeni nematodları yakalama ve öldürme konusundaki özel yetenekleridir. Nematofag fungusların, nematodlara karşı etki şekilleri farklılık göstermektedir. Nematofag funguslardan *Arthrobotrys irregularis*, *Pochonia chlamydosporium*, *Purpureocillium lilacinum* ve *Myrothecium verrucaria* birçok ülkede bitki paraziti nematod mücadelesinde kullanılmaktadır. Bu bölümde nematofag fungusların etki şekilleri açıklanmaya çalışılmıştır. Ayrıca biyokontrol potansiyeli günden güne artan endofitler hakkında kısa bilgiler verilmiştir. Bu funguslardan tam olarak faydalanmak ve

zararlıları daha spesifik bir şekilde hedefleyebilmek için daha ayrıntılı çalışmaların yapılması gerekmektedir. Nematofag ve endofitik funguslar biyoteknolojik açıdan özel bir değere sahiptir. Bunların metabolit ürünleri de nematisit olma potansiyeli taşımaktadır. Tüm bu faktörlerin araştırılması ile bitki paraziti nematodlarının biyolojik mücadelesinin daha yaygın ve etkili kullanımları gerçekleştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Ahren, D., Ursing, B.M., Tunlid, A. (1998). Phylogeny of nematode-trapping fungi based on 18S rDNA sequences. *FEMS Microbiology Letters*, 158,179–184.
- Al-Hazmi, A.S. & Tariq, J.M. (2016). Effects of different inoculum densities of *Trichoderma harzianum* and *Trichoderma viride* against *Meloidogyne javanica* on tomato. *Saudi Journal of Biological Sciences* 23, 288–292
- Amobonye, A., Bhagwat, P., Pandey, A., Singh, S., & Pillai, S. (2020). Biotechnological potential of *Beauveria bassiana* as a source of novel biocatalysts and metabolites. *Critical Reviews in Biotechnology*, 40(7), 1019-1034.
- Anke, H., Stadler, M., Mayer, A., & Sterner O (1995) Secondary metabolites with nematocidal and antimicrobial activity from nematophagous fungi and Ascomycetes. *Canadian Journal of Botany*, 73, 932–s939
- Bamisile, B.S., Dash, CK., Akutse, K. S., Keppanan, R., & Wang, L. (2018). Fungal endophytes: beyond herbivore management. *Frontiers in Microbiology*, 9, 544.
- Bhat, M.Y., & Wani, A.H. (2012). Bio-activity of fungal culture filtrates against root-knot nematode egg hatch and juvenile motility and their effects on growth of mung bean (*Vigna radiata* L. Wilczek) infected with the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45(9), 1059-1069.
- Bhat, A.A., Shakeel, A., Waqar, S., Handoo, A.Z. & Khan, A.,A. (2023). Microbes vs. nematodes: Insights into biocontrol through antagonistic organisms to control root-knot nematodes. *Plants*, 12(3), 451. <https://doi.org/10.3390/plants12030451>
- Bell, C.A., Magkourilou, E., Urwin, P.E., & Field, K. . (2022). Disruption of carbon for nutrient exchange between potato and arbuscular mycorrhizal fungi enhanced cyst nematode fitness and host pest tolerance. *New Phytologist*, 234(1), 269-279.
- Cameron, D.D., Neal, A.L., van Wees, S.C., & Ton, J. (2013). Mycorrhiza-induced resistance: more than the sum of its parts?. *Trends in plant science*, 18(10), 539-545.
- Chen, S., & Liu, X. (2005). Control of the soybean cyst nematode by the fungi *Hirsutella rhossiliensis* and *Hirsutella minnesotensis* in greenhouse studies. *Biological Control*, 32(2), 208-219.
- Choi, C.J., Valiente, J., Schiavon, M., Dihillion, B., Crow, W.T., Stingl, U. (2022) Bermudagrass cultivars with different tolerance to nematode damage are

- characterized by distinct fungal but similar bacterial and archaeal microbiomes. *Microorganisms* 10 (2):457.
- Cumagun, C.J.R., & Moosavi, M.R. (2015). Significance of biocontrol agents of phytonematodes. *Biocontrol agents of phytonematodes*. Wallingford, UK: CABI Publishing, 10 (9781780643755.0050), 50-78.
- Dackman, C., Jansson, H.B., & Nordbring Hertz, B. (1992) Nematophagous fungi and their activities in soil. In: Stotsky G, Bollag J (eds) *Soil Biochemistry*, 7. Marcel Dekker, New York
- de Freitas Soares, F.E., Sufiate, B.L., & de Queiroz, J.H. (2018) Nematophagous fungi: far beyond the endoparasite, predator and ovicidal groups. *Agriculture and Natural Resources*, 52(1), 1–8.
- 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
- Devi, G., & Bora, L.C. (2018). Effect of some biocontrol agents against root-knot nematode (*Meloidogyne incognita* race2). *International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology*, 3, 1748-1755.
- Druzhinina, I.S., Chenthamara, K., Zhang, J., Atanasova, L., Yang, D., & Miao, Y. (2018). Massive lateral transfer of genes encoding plant cell wall-degrading enzymes to the mycoparasitic fungus *Trichoderma* from its plant-associated hosts. *PLoS Genetic*, 14:e1007322. doi: 10.1371/journal.pgen.1007322
- Fan, H., Yao, M., Wang, H., Zhao, D., Zhu, X., & Wang, Y. (2020). Isolation and effect of *Trichoderma citrinoviride* Snef1910 for the biological control of root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *BMC Microbiology*, 20, 299. doi: 10.1186/s12866-020-01984-4
- Frew, A., Powell, J.R., Glauser, G., Bennett, A.E., & Johnson, S.N. (2018) Mycorrhizal fungi enhance nutrient uptake but disarm defences in plant roots, promoting plant-parasitic nematode populations. *Soil Biology & Biochemistry*, 126, 123–132.
- Gams, W., & Zare, R. (2003) A taxonomic review of the Clavicipitaceous anamorphs parasitizing nematodes and other microinvertebrates. In: White JF Jr, Bacon CW, Hywel-Jones NL, Spatafora JW (eds) *Clavicipitalean*

- fungi: evolutionary biology, chemistry, and cultural impacts. Marcel Dekker Inc, New York
- Ghorbanpour, M., Omidvari, M., Abbaszadeh-Dahaji, P., Omidvar, R., and Kariman, K. (2018). Mechanisms underlying the protective effects of beneficial fungi against plant diseases. *Biological Control* 117, 147–157. doi: 10.1016/j.biocontrol.2017.11.006
- Göze Özdemir, F.G.G., & Arıcı, Ş.E. (2022). Kontrollü koşullar altında *Aspergillus niger* kültür filtratının kök-ur nematodu *Meloidogyne incognita*'ya karşı nematisidal etkisinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(3), 477-484.
- Göze Özdemir, F.G.G., & Arıcı, Ş.E.(2023). Control of *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis lycopersici* Jarvis & Shoemaker (Ascomycota: Hypocreales) and *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White, 1919) Chitwood, 1949 (Nemata: Meloidogynidae) with *Aspergillus niger* Tiegh.(Ascomycota: Eurotiales) culture filtrate on tomato. *Turkish Journal of Entomology*, 47(2), 123-132.
- Göze Özdemir, F. G., Uzun Yiğit, A., & Demirözer, O. (2023). Evaluation of the entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* culture filtrate for *Meloidogyne incognita* on tomato. *Journal of Plant Diseases and Protection*, 130(2), 271-278.
- Göze Özdemir, F. G., Uzun Yiğit, A. & Demirözer, O. (2022). Assessment of nematocidal activity of *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) vuill on *Pratylenchus thornei* (Sher et Allen)(Tylenchida: Pratylenchidae). *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 6(1), 65-71.
- Grabka, R., d'Entremont, T.W., Adams, S.J. (2022) Fungal endophytes and their role in agricultural plant protection against pests and pathogens. *Plants* 11:384.
- Hallmann, J., & Sikora, R. A. (2011). Endophytic fungi. Biological control of plant-parasitic nematodes: Building coherence between microbial ecology and molecular mechanisms, 227-258.
- Hao, Y., Mo, M., Su, H., & Zhang, K. (2005) Ecology of aquatic nematode-trapping hyphomycetes in southwestern China. *Aquatic Microbial Ecology*, 40, 175–181.
- He, Q., Wang, D., Li, B., Maqsood, A., & Wu, H. (2020). Nematicidal evaluation and active compounds isolation of *Aspergillus japonicus* ZW1 against root-knot nematodes *Meloidogyne incognita*. *Agronomy*, 10(9), 1222.
- Hol, W.G., & Cook, R. (2005). An overview of arbuscular mycorrhizal fungi–nematode interactions. *Basic and Applied Ecology*, 6(6), 489-503.

- Hyde, K.D., Xu, J., Rapior, S., Jeewon, R., Lumyong, S., & Niego, A.G.T., Abeywickrama, P.D., & Aluthmuhandiram, J.V.S. (2019) The amazing potential of fungi: 50 ways we can exploit fungi industrially. *Fungal Diversity* 97, 1–136
- Jiang, X., Xiang, M., Liu, X. (2016) Nematode-trapping fungi. *Microbiol Spectr* 5(1):FUNK-0022-2016. <https://doi.org/10.1128/microbiolspec.FUNK-0022-2016>
- Jansson, H. B. (1982). Attraction of nematodes to endoparasitic nematophagous fungi. *Transactions of the British mycological Society*, 79(1), 25-29.
- Jansson, H.B., & Lòpez-Llorca, L.V. (2001). Biology of nematophagous fungi. In: Mishra JD, Horn BW (eds) *Trichomycetes and other fungal groups: professor Robert W. Lichtwardt commemoration volume*. Science Publisher, Enfield
- Karabörklü, S., Aydınlı, V., & Dura, O. (2022). The potential of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in controlling the root-knot nematode *Meloidogyne incognita* in tomato and cucumber. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 25(1), 101846.
- Karakaş, M. (2020). Nematode-destroying fungi: infection structures, interaction mechanisms and biocontrol. *Communications Faculty of Sciences University of Ankara Series C Biology*, 29(1), 176-201.
- Kerry, B.R., & Hominick, W.M. (2002) Biological control. In: Lee DL (ed) *The biology of nematodes*. Taylor and Francis, London
- Khan, R. A. A., Najeeb, S., Mao, Z., Ling, J., Yang, Y., Li, Y., & Xie, B. (2020). Bioactive secondary metabolites from *Trichoderma* spp. against phytopathogenic bacteria and root-knot nematode. *Microorganisms*, 8(3), 401.
- Kisaakye, J., Fourie, H., Haukeland, S., Kisutu J., Nakimera, S., Cortada, L., Subraminan, S., Coyne, D. (2022) Endophytic non-pathogenic *Fusarium oxysporum*-derived dual benefit for nematode management and improved banana (*Musa* spp.) productivity. *Agriculture* 12(2):125.
- Koziak, A.T.E., Cheng, K.C., & Thorn, R.G. (2007) Phylogenetic analyses of *Nematoctonus* and *Hohenbuehelia* (Pleurotaceae). *Canadian Journal of Botany*, 85, 762–773
- Kubicek, C.P., Steindorff, A.S., Chenthamara, K., Manganiello, G., Henrissat, B., & Zhang, J. (2019). Evolution and comparative genomics of the most common *Trichoderma* species. *BMC Genomics* 20:485. doi: 10.1186/s12864-019-5680-7

- Kumar, K.K., & Dara, S.K. (2021). Fungal And Bacterial Endophytes As Microbial Control Agents For Plant-Parasitic Nematodes. *International Journal Of Environmental Research And Public Health*, 18(8), 4269.
- Lozano, J., Almeida, C., Oliveira, M., Paz-Silva, A., de Carvalho, L.M. (2022) Biocontrol of avian gastrointestinal parasites using predatory fungi: current status, challenges, and opportunities. *Parasitologia*, 2:37–44.
- Li G., & Zhang, K.Q. (2014). Nematode-toxic fungi and their nematocidal metabolites. (Editor: K.- Q. Zhang & K.D. Hyde, Nematode-Trapping Fungi). Springer, Dordrecht, The Netherland, 313–375.
- Liu, X., Xiang, M., & Che, Y. (2009). The living strategy of nematophagous fungi. *Mycoscience* 50, 20–25.
- Lopez-Llorca, L.V., Maciá-Vicente, J.G., & Jansson, H.B. (2008). Mode of action and interactions of nematophagous fungi. In *Integrated management and biocontrol of vegetable and grain crops nematodes* (pp. 51-76). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Marraschi, R., Ferreira, A., da Silva Bueno, R. N., Leite, J., Lucon, C., Harakava, R., (2019). A protocol for selection of Trichoderma spp. to protect grapevine pruning wounds against *Lasiodiplodia theobromae*. *Braz. J. Microbiol.* 50, 213–221. doi: 10.1007/s42770-018-0029-y
- Mitreva, M., Zarlenga, D. S., McCarter, J. P., & Jasmer, D. P. (2007). Parasitic nematodes—from genomes to control. *Veterinary parasitology*, 148(1), 31-42.
- Moo-Koh, F.A., Cristóbal-Alejo, J., Andrés, M.F., Martín, J., Reyes, F., Tun-Suárez, J. M. (2022). In vitro assessment of organic and residual fractions of nematocidal culture filtrates from thirteen tropical Trichoderma strains and metabolic profiles of most-active. *Journal Fungi* 8:82. doi: 10.3390/jof8010082
- Moosavi, R.M Zare, R. (2020). Fungi as Biological Control Agents of Plant-Parasitic Nematodes. *10.1007*, 1-30. https://www.researchgate.net/publication/227255809_Fungi_as_Biological_Control_Agents_of_Plant-Parasitic_Nematodes
- Moosavi, M.R., Zare, R., Zamanizadeh, H.R., & Fatemy, S. (2010). Pathogenicity of Pochonia species on eggs of *Meloidogyne javanica*. *Journal of Invertebrate Pathology*, 104, 125–133.
- Naz, I., Khan, R.A.A., Masood, T., Baig, A., Siddique, I., & Haq, S. (2021). Biological control of root knot nematode, *Meloidogyne incognita*, in vitro, greenhouse and field in cucumber. *Biological Control*, 152, 104429.

- Okorie, C.C., Ononuju, C.C. & Okwujiako, I.A. (2011). Management of *Meloidogyne incognita* with *Pleurotus ostreatus* and *P. tuberregium* in soybean. *International Journal of Agriculture and Biology*, 13(3): 401-405
- Patil, V.M., Patole, K.R. Paprikar, M.S. & Rajput, J.C. (2017). Biological control of brinjal wilt caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *melongenae* using soluble powder formulation of *Aspergillus niger*. *International Journal of Advanced Research in Biological Science*, 4 (11), 66-71.
- Pinochet, J., Calvet, C., Camprubi, A., & Fernandez, C. (1995). Growth and nutritional response of Nemared peach rootstock infected with *Pratylenchus vulnus* and the mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. *Fundamental and applied Nematology*, 18(3), 205-210.
- Regaieg, H., Ciancio, A., Raouani, N.H., Grasso, G., & Rosso, L. (2010). Effects of culture filtrates from the nematophagous fungus *Verticillium leptobactrum* on viability of the root-knot nematode *Meloidogyne incognita*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 26, 2285-2289.
- Sajeena, A., Nair, D.S., & Sreepavan, K. (2020). Non-pathogenic *Fusarium oxysporum* as a biocontrol agent. *Indian Phytopathology*, 73, 177-183.
- Sánchez-Montesinos, B., Santos, M., Moreno-Gavira, A., Marín-Rodulfo, T., Gea, F.J., & Diánez, F. (2021). Biological control of fungal diseases by *Trichoderma aggressivum* f. *europaeum* and its compatibility with fungicides. *Journal of Fungi*, 7(8), 598.
- Sandoval, N.S.E., Guadalupe, M.M.E., Nakayo, J.L.J., Reyes, H.A.L., Córdova, V.A.L., Ocaña, J.C.M., & Chunata, N.M.I. (2020). Effect of *Pleurotus ostreatus* (Jacq.) and *Trichoderma harzianum* (Rifai) on *Meloidogyne incognita* (Kofoid & White) in tomato (*Solanum lycopersicum* Mill.). *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 42, 1-8.
- Scholler, M., Hagedorn, G., & Rubner, A. (1999) A reevaluation of predatory orbiliaceous fungi. II. A new generic concept. *Sydowia*, 51, 89–113.
- Schouten, A. (2016). Mechanisms involved in nematode control by endophytic fungi. *Annual Review of Phytopathology*, 54, 121–142
- Sharon, E., Bar-Eyal, M., Chet, I., Herrera-Estrella, A., Kleifeld, O., & Spiegel, Y. (2001). Biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne javanica* by *Trichoderma harzianum*. *Phytopathology*, 91(7), 687-693.
- Soares, F.E.D.F.; Sufiate, B.L.; & de Queiroz, J.H. (2018). Nematophagous fungi: Far beyond the endoparasite, predator and ovicidal groups. *Agriculture and Natural Resources*, 52, 1–8.
- Sun, M.H., Gao, L., Shi, Y.X., Li, B.J., & Liu, X.Z. (2006). Fungi and actinomycetes associated with *Meloidogyne* spp. eggs and females in

- China and their biocontrol potential. *Journal of Invertebrate Pathology*, 93(1), 22-28.
- Tapia-Vázquez, I., Montoya-Martínez, A.C., De los Santos-Villalobos, S., Ek-Ramos, M.J., Montesinos-Matías, R., & Martínez-Anaya, C. (2022). Root-knot nematodes (*Meloidogyne* spp.) a threat to agriculture in Mexico: Biology, current control strategies, and perspectives. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 38(2), 26.
- Tikhonov, V.E., Lopez-Llorca, L.V., Salinas, J., & Jansson, H.B. (2002). Purification and characterization of chitinases from the nematophagous fungi *Verticillium chlamydosporium* and *V. suchlasporium*. *Fungal Genetics and Biology*, 35(1), 67-78.
- Tudi, M., Ruan, H.D., Wang, L., Lyu, J., Sadler, R., & Connell, D., (2021). Agriculture development, pesticide application and its impact on the environment. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18, 1112
- Tyśkiewicz, R., Nowak, A., Ozimek, E., & Jaroszuk-Ścisiel, J. (2022). Trichoderma: The current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth. *International Journal of Molecular Sciences*, 23(4), 2329.
- Uysal, G., Mıstanoğlu İ., Koca, M., & Devran, Z. (2021). Bitki paraziti nematodların mücadelesinde kullanılan biyonematisitler. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 12(2), 141-156. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/tbmd/archive>
- Viaene, N., Coyne, D.L., & Kerry, B.R. (2006) Biological and cultural management. In: Perry RN, Moens M (eds) Plant nematology. CAB International, Wallingford, pp 91–122
- Vidal-Diez de Ulzurrun, G., & Hsueh, Y.P. (2018) Predator-prey interactions of nematode-trapping fungi and nematodes: both sides of the coin. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 102, 3939
- Vu T., Hauschild, R. & Sikora, R.A. (2006). *Fusarium oxysporum* endophytes induced systemic resistance against *Radopholus similis* on banana. *Nematology*, 8(6), 847-852.
- Waweru, B., Turoop, L., Kahangi, E., Coyne, D., Dubois, T.(2014). Non-pathogenic *Fusarium oxysporum* endophytes provide field control of nematodes, improving yield of banana (*Musa* sp.). *Biological Control*, 2014, 74, 82–88.
- Wei, C., Huang, J., Luo, Y., Wang, S., Wu, S., Xing, Z., & Chen, J. (2021). Novel amide derivatives containing an imidazo [1, 2-a] pyridine moiety: Design,

- synthesis as potential nematicidal and antibacterial agents. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 175, 104857.
- Wernet, V., & Fischer, R. (2023). Establishment of *Arthrobotrys flagrans* as biocontrol agent against the root pathogenic nematode *Xiphinema index*. *Environmental Microbiology*, 25(2), 283-293.
- Yang, F., Abdelnabby, H., & Xiao, Y. (2015) The role of a phospholipase (PLD) in virulence of *Purpureocillium lilacinum* (*Paecilomyces lilacinum*). *Microbial Pathogenesis*, 85, 11–20.
- Yao, Y., Huo, J., Ben, H., Gao, W., Hao, Y., Wang, W., & Xu, J. (2023). Biocontrol efficacy of endophytic fungus, *Acremonium sclerotigenum*, against *Meloidogyne incognita* under in vitro and in vivo conditions. *Biologia*, 1-9.
- Youssef, M., El-Nagdi, W., & Lotfy, D. E. (2020). Evaluation of the fungal activity of *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Paecilomyces lilacinus* as biocontrol agents against root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* on cowpea. *Bulletin of the National Research Centre*, 44(1), 1-11.
- Zare Hassanabadi, M., Dashti, M., & Akhondi, M. (2020). The effect of two species of Arbuscular mycorrhiza fungi on the activity of antioxidant enzymes and morphophysiological characteristics of *Mentha pulegium* L. in drought stress. *Technology of Medicinal and Aromatic Plants of Iran*, 2(2), 83-99.
- Zare, R., & Gams, W. (2004) A monograph of *Verticillium* section *Prostrata*. *Rostaniha* 3, 1–188.
- Zare, R., & Gams, W. (2001) A revision of *Verticillium* section *Prostrata*. IV. The genera *Lecanicillium* and *Simplicillium* gen. nov. *Nova Hedwigia*, 7,1–50.
- Zeilinger, S., Gupta, V.K., Dahms, T.E., Silva, R.N., Singh, H.B., & Upadhyay, R.S. (2015). Friends or foes? Emerging insights from fungal interactions with plants. *FEMS Microbiology Reviews*, 40, 182–207. doi: 10.1093/femsre/fuv045.
- Zhang, S., Gan, Y., Ji, W., Xu, B., Hou, B., & Liu, J. (2017). Mechanisms and characterization of *Trichoderma longibrachiatum* T6 in suppressing nematodes (*Heterodera avenae*) in wheat. *Frontiers in plant science*, 8, 1491.
- Zhu, N., Zhou, J. J., Zhang, S. W., and Xu, B. L. (2022). Mechanisms of *Trichoderma longibrachiatum* T6 fermentation against *Valsa mali* through inhibiting its growth and reproduction, pathogenicity and gene expression. *Journal of Fungi*, 8, 113. doi: 10.3390/jof8020113.

Bölüm 2

Üniversite Kampüsünde Yağmur Suyu Hasadı Potansiyelinin CBS Tabanlı Değerlendirilmesi: Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Örneği

Ahmet USLU¹

Abtullah TUĞCU²

1 Dr. Öğr. Üyesi; Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Tavşanlı Meslek Yüksekokulu Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü. ahmet.uslu1@dpu.edu.tr ORCID No: 0000-0001-8745-423X

2 Dr. Öğr. Üyesi; Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Tavşanlı Meslek Yüksekokulu Makine ve Metal Teknolojileri Bölümü. abtullah.tugcu@dpu.edu.tr ORCID No: 0000-0001-7911-4198

ÖZET

Dünyanın üzerindeki kurak ve yarı kurak bölgeler, yağış eksikliği ve öngörülemeyen yağış düzenleri nedeniyle su kıtlığı sorunlarıyla karşı karşıyadır. Yağmur suyu hasadı, bu bölgelerde tarım uygulamaları için yerel yüzey akışın toplanması, depolanması ve korunması; sürdürülebilir kentsel gelişimde su kıtlığının hafifletilmesi ve kentsel akışın azaltılması için etkili bir yaklaşımdır. Günümüzde yağmur suyu hasadı sistemleri, artan su kıtlığının üstesinden gelmeye ve su güvenliğini sağlamaya yönelik düşük maliyetli, doğaya dayalı bir çözüm olarak popülerlik kazanmaktadır. Bu çalışmada, Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesinde yer alan yapı çatılarının, yağmur suyu toplama kapasitelerinin potansiyeli araştırılmıştır. Çalışma kapsamında QGIS yazılımında veri tabanı oluşturulmuş ve uydu görüntüleri üzerinden mevcut yapıların çatıları sayısallaştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, kampüsteki toplam 175.321,23 m² olan yapı çatılarından yıllık olarak toplamda 70.380,840 m³ yağmur suyu hasadı yapılabileceği ortaya konulmuştur. Toplanan yağmur sularının tamamının bahçe sulamasında kullanılması durumunda, 14.076.168,14 m² yeşil alanın sulama suyu karşılanabilecektir. Bahçe sulaması işleminin her gün yapılması durumunda, sulama suyu ihtiyacının %34,83'ü, haftada iki kez yapılması durumunda %121,92'i, haftada bir kez yapılması durumunda ise %243,84'i karşılanabilecektir. Bununla birlikte toplanan yağmur sularının, 1432 kişinin bir yıl boyunca tuvalette kullandığı su ihtiyacını karşılayabileceği, 703.808 adet aracın temizlenmesinde kullanılabileceği tespit edilmiştir. Çalışmada YSTS'nin kurulum maliyetinin ve amortisman süresinin belirlenmesi araştırma kapsamına alınmamıştır. Çalışmada elde edilen sonuçların, sürdürülebilir çevre yönetimi açısından Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesinde hayata geçirilecek yağmur suyu toplama sisteminin tasarımında, karar vericiler ve sistem kurucuları için referans oluşturması beklenmektedir.

Anahtar Kelimeler: Yağmur suyu hasadı, Su tasarrufu, Sürdürülebilirlik, CBS, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi

GİRİŞ

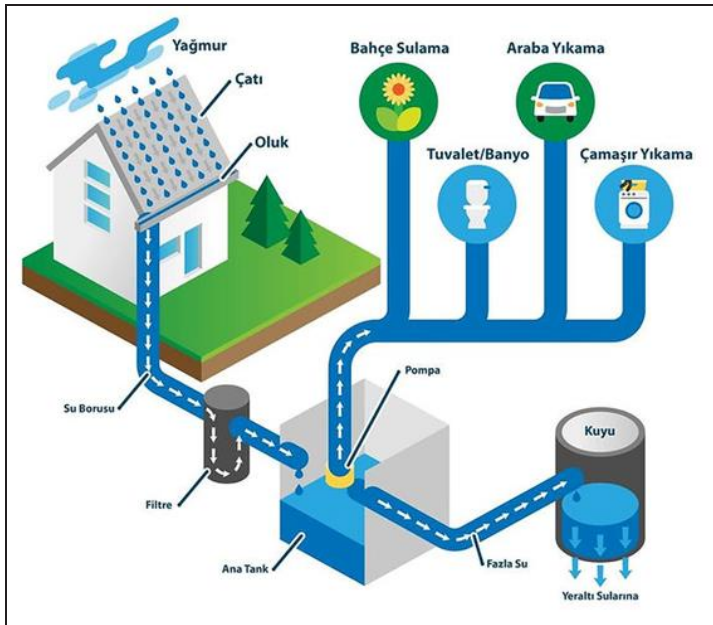
Su, çevresel işlevleri sürdürmek ve bitki ve hayvanların hayatta kalması için doğal bir kaynak olarak kritik öneme sahiptir (Contreras vd., 2013). Değişen iklim koşulları, yağışta artan mevsimsel değişkenlik, yeraltı suyu seviyelerindeki sürekli düşüşler ve farklı sektörlerden artan su talebi ile mevcut su kaynakları üzerindeki baskılar artmaktadır (Rawat vd., 2023). Bununla birlikte, hızla artan nüfus ve kentleşme nedeniyle, kentsel su ve enerji talepleri son yıllarda önemli ölçüde artmıştır (Raoufi & Gorji, 2021). Birleşmiş Milletler Dünya Su Kalkınma Raporunda; 2050 yılına kadar yaklaşık altı milyar insanın sınırlı su mevcudiyeti koşullarında yaşayacağı bunun da küresel olarak birçok ülkede kalkınmayı kısıtlayacağı belirtilmiştir (Boretti and Rosa, 2019). T.C. Dışişleri Bakanlığı ve DSİ tarafından hazırlanan raporlarda; Ülkemizde, 2020 yılında kişi başı 1.346 m³ kullanılabilir tatlı su miktarı ile su sıkıntısı yaşandığı, 2030 yılında ise bu değer 1.000 m³'e düşerek su fakiri bir ülke durumuna geleceğimiz belirtilmiştir (DSİ, 2022; T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2022). Falkenmark indeksi (Falkenmark vd., 1989) verilerine göre ülkemizdeki su durumu ele alındığında, ülkemizin gelecekte su kıtlığı yaşayan ülkeler arasında olacağı görülmektedir. (Tablo 1).

Tablo 1: Falkenmark İndeks Değerleri (Falkenmark vd. 1989)

Su (m ³ /kişi/yıl)	Sınıflandırma
1700 ve üstü	Su baskısı yok
1700-1000	Su sıkıntısı
1000-500	Su kıtlığı
500 ve altı	Mutlak su kıtlığı

Bu bağlamda, güvenilir bir su ve enerji kaynağı, kentsel alanlarda kritik ve zorlu bir konu haline gelmiştir (Chiu vd., 2015). Kentleşmiş alanlarda sürdürülebilir su ve enerji arzını sağlamak, kentlerde sürdürülebilir çevresel, ekonomik ve sosyal gelişmeleri desteklemek için uygun ve etkili önlemler alınmalıdır (Ali ve Sang., 2023). Yağmur suyu toplama sistemlerinin (YSTS) uygulanması, tarımsal ve kentsel alanlarda kötüleşen su ve enerji kıtlığıyla başa çıkmak için en umut verici ve etkili önlemlerden biridir (Chiu vd., 2015; Hume vd., 2022). YSTS, çatılardan yağmur suyunu biriktirmek ve depolamak ve içilemez veya içilebilir olmayan uygulamalar için musluk suyunun yerine kullanılmak üzere tanklarda muhafaza etmek için kullanılmaktadır (Chiu vd., 2015; Ali ve Sang., 2023). Çatı yüzeyinden hasat yönteminde, çatı yüzeyine düşen yağmur suları toplanarak oluklar yardımıyla depolara aktarılmaktadır

(Pamuk Mengü ve Akkuzu, 2008). Şekil 1’de yağmur suyu hasadının şematik gösterimi sunulmuştur.



Şekil 1: Yağmur suyu hasadının şematik gösterimi (ÇŞİDB, 2021)

Hasat sonunda toplanan yağmur suları bahçe sulamasında, süs havuzlarında, çamaşır yıkamada, araç yıkamada, tuvalet sifonlarında vb. alanlarda kullanım suyu olarak; yemek pişirme, duş alma, bulaşık yıkama vb. alanlarda ise içme suyu olarak kullanılabilir. Fakat yağmur suyunun içme suyu olarak kullanılabilmesi için standartlara uygun olması ve arıtmadan geçmesi gerekmektedir. Yağmur suyu çoğunlukla standartları sağlayamadığı için kullanım suyu olarak değerlendirilmektedir (Vialle vd., 2012).

Bu çalışmada, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesinde yer alan yapıların çatılarının yağmur suyu toplama kapasiteleri Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ile analiz edilmiştir. Çalışmada çatı türü, çatı alanı ve yıllık yağış miktarı verileri kullanılarak yerleşkedeki çatı alanlarından toplanabilir su miktarının hesaplanması hedeflenmiştir. Bu kapsamda toplanacak yağmur sularının yeşil alanların sulanmasında, araçların yıkanmasında ve tuvaletlerde temizlik amacıyla kullanılması halinde bu ihtiyacın ne kadarını karşılayacağı belirlenmiştir. Çalışmada YSTS'nin kurulum maliyetinin ve amortisman süresinin belirlenememesi çalışmanın sınırlılıklarından biri olarak değerlendirilebilir.

LİTERATÜR ÖZETİ

Literatürde, yağmur suyu hasadı üzerine yapılan su tasarrufu verimliliği, YSTS'nin ekonomik uygulanabilirliği ve CBS tabanlı analiz ile ilgili çalışmaların ana temaları aşağıda özetlenmiştir.

Birçok ülke, YSTS 'nin su tasarrufu verimliliğini araştırmıştır. Brezilya'nın farklı şehirlerinde yürütülen bir araştırmada, YSTS 'nin yıllık su tasarrufu potansiyel verimliliğinin %12'den %79'a değiştiği belirtilmiştir (Ghisi vd., 2007). Abu-Zreig vd. (2013) araştırmalarında, YSTS 'nin Ürdün'de evsel amaçlar için yılda yaklaşık 14,5 milyon m³ su tasarrufu sağlayabileceğini tespit etmişlerdir. Guizani (2016) araştırmasında, YSTS 'nin Suudi Arabistan'ın birçok şehrinde yılda 7,5 m³ /100 m²'den fazla su tasarrufu sağlayabileceğini belirtmiştir. Jing vd. (2018) araştırmalarında, YSTS'nin su tasarrufu verimliliğinin Çin'in kurak bölgelerinde %2 ila %20 arasında değiştiğini göstermiştir. Çakar (2022), İzmir'de bahçeli bir sitenin çatılarından toplanacak yağmur suyunun konut dışı su gereksiniminin karşılanmasındaki kullanım potansiyelini araştırmıştır. Araştırmada, hasat edilecek yağmur suyu ile yeşil alanların sulama suyu ihtiyacı her gün, haftada iki gün ve haftada bir gün sulama yapılması durumları düşünülerek üç farklı alternatife göre ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Temizkan ve Kayılı (2020), Karabük Üniversitesi Sosyal Yaşam Merkezi'nin meydan ve çatısından toplanacak yağmur suyu için uygun depo büyüklüğünü araştırmışlardır. Üniversitenin mevcut depo hacmi için alternatifler üzerinden kurulabilecek YSTS için inşaat ve depo maliyetleri dikkate alınarak optimum depolama yöntemine karar verilmiştir.

Ayrıca, çok sayıda çalışma YSTS'nin ekonomik uygulanabilirliğini değerlendirmiştir. Tam vd. (2010) çalışmalarında, YSTS 'nin Avustralya'nın Sidney, Melbourne, Brisbane, Adelaide, Perth, Gold Coast ve Canberra gibi birçok şehrinde mali açıdan önemli olduğunu belirtmişlerdir. Stec ve Zelenáková (2019), YSTS 'nin Avrupa'daki finansal faydalarını analiz etmişler ve Köstice yurdunda kurulan YSTS 'nin finansal açıdan Rzeszów yurdundan daha uygun olduğunu bulmuşlardır. Yalılı Kılıç vd. (2023) araştırmalarında Bursa Uludağ Üniversitesi İlahiyat Fakültesi yerleşkesine kurulacak YSTS'nin maliyet analizi gerçekleştirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, sistemin maliyet değerinin 135.291 \$ olduğu, bu sistem sayesinde yıllık 3.918 m³ civarında yağmur suyunun toplanabileceği, bu miktarının yeşil alan sulama suyu ihtiyacının %31,7'sini karşılayabileceği hesaplanmıştır. Kılıç ve Adalı (2022) araştırmalarında Bursa ilindeki bir alışveriş merkezine kurulması planlanan YSTS'nin maliyet hesabı yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda YSTS'nin maliyetinin 39473 \$ olduğu, planlanan sistemle yıllık 2006 m³ yağmur suyunun toplanabileceği tespit edilmiştir. Yalılı Kılıç ve Rukiah (2022), İstanbul

Havalimanı'nın çatısından hasat edilecek yağmur sularının havalimanı çevresindeki su ihtiyacını karşılamasındaki kullanım potansiyelini araştırmışlardır. Çalışmada, toplanan yağmur suları ile yeşil alanların sulanması, yolcu başına düşen su ihtiyacı ve havalimanında yer alan otel için gerekli su ihtiyacını 73 gün boyunca karşılayabileceği, YSTS'nin maliyetinin 760,680 TL olduğu ve YSTS'nin kendini 5,5 yılda amorti edeceği sonucuna ulaşılmıştır.

CBS, verilerin etkili ve doğru şekilde analizini sağladığı için yağmur suyu hasadı odaklı araştırmalarda önemli bir araç olarak kullanılmaktadır. Al-Houri vd. (2014) araştırmalarında, CBS ortamında Ürdün'ün Shafa-Badran ve Al-Jubiha bölgelerindeki yağmur suyu hasadı potansiyelini değerlendirmişlerdir. Araştırmanın sonucunda, toplanan yağmur suyunun yeşil alan sulamasında ve temizlik işlemlerinde kullanılması durumunda içme suyu tüketiminin azaltılabileceği ortaya koyulmuştur. Chiu vd. (2015), bir şehrin engebeli bölgesinde bir CBS kullanarak YSTS 'nin su ve enerji tasarrufu performanslarını değerlendirmişlerdir. YSTS 'nin yılda yaklaşık 75,8 m³ içme suyu ve hane başına 138,6 kWh enerji tasarrufu sağlayabildiğini bulmuşlardır. Adugna vd. (2018) araştırmalarında, Etiyopya'nın Addis Ababa şehrinde bulunan 588 adet kamu binasına ait çatının aylık yağmur suyu toplama kapasitesini, çatı alanı, aylık yağış miktarı ve yağış katsayısı parametreleri ile CBS ortamında hesaplamışlardır. Çalışmanın sonucu olarak, çatılardan toplanan yağmur suları ile kent kapsamında kullanılan toplam şebeke suyu ihtiyacının %2,3 ünün kamu binalarından karşılanabileceğini tespit etmişlerdir. Shinde ve Gaikwad (2016) araştırmalarında, Hindistan'ın Khatav Tahsil bölgesine ait Nidhal Köyü için yağmur suyu hasadı potansiyelini CBS yardımıyla hesaplamışlardır. Araştırmanın sonucunda, bu sistem ile köy nüfusunun yıllık su kullanımının %95,2'sinden fazlasının karşılanabileceğini ortaya koymuşlardır. Yükselir vd. (2019), CBS kullanarak, Eskişehir Teknik Üniversitesi İki Eylül Kampüsü'ndeki yapı çatılarının yağmur suyu toplama kapasitelerini araştırmışlardır. Araştırmanın sonucu olarak, kampüsteki tüm çatılardan 37 milyon lt'nin üzerinde yağmur suyu toplanabileceği tespit edilmiştir. Kalıpcı vd. (2021), Giresun Üniversitesi Güre ve Debboy Kampüslerindeki yağmur suyu hasadının potansiyelini CBS kullanarak değerlendirmişlerdir. Çalışmada, toplam 44017.918 m² olan bina çatılardan yıllık olarak toplamda 43185058.22 lt yağmur suyu hasadının yapılabileceği ortaya koyulmuştur.

MATEYAL VE METOT

Çalışma Alanı

Yağmur suyu hasadının CBS tabanlı analizi için Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesi çalışma alanı olarak belirlenmiştir. Kütahya il merkezindeki Evliya Çelebi Yerleşkesinde rektörlük ve bağlı birimler, 1 enstitü, 9 fakülte, 1 yüksekokul, 3 meslek yüksekokulu, spor tesisleri, konukevi, bedesten, sosyopark ve öğrenci yurtları bulunmaktadır. Şekil 2’de Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesi gösterilmektedir.



Şekil 2: Çalışma alanı (Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesi)

Çalışmanın Materyalleri ve Veri Kaynakları

Çalışma alanındaki yapıların çatı alanlarını sayısallaştırmak ve yağmur suyu hasadının CBS tabanlı analizi için QGIS yazılımı kullanılmıştır. Yağmur suyu hasadının hesaplamasında kullanılan, 1929-2022 ölçüm periyodunu kapsayan Kütahya ili iklim parametreleri Meteoroloji Genel Müdürlüğü’nden elde edilmiştir. Tablo 2’de Kütahya ili iklim parametreleri gösterilmektedir.

Tablo 2: 1929-2022 arası Kütahya ili iklim parametreleri (URL-1, 2023)

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama yağışlı gün sayısı	Yağış miktarı ortalaması
Ocak	0,4	14,59	72,7
Şubat	1,8	13,03	59,4
Mart	4,9	12,98	57,2
Nisan	10,0	11,47	50,0
Mayıs	14,6	12,11	55,6
Haziran	18,2	8,29	40,1
Temmuz	20,8	3,83	19,4
Ağustos	20,8	3,33	18,1
Eylül	16,7	4,67	23,4
Ekim	11,9	8,24	40,6
Kasım	6,8	9,85	48,7
Aralık	2,5	14,10	77,0
Yıllık	10,8	116,5	562,2

Tablo 2’den görüldüğü üzere 1929-2022 arası Kütahya ili iklim parametreleri incelendiğinde; yıllık ortalama yağışlı gün sayısı 116.5 gün ve yıllık yağış miktarı ortalaması ise 562.2 mm’dir (URL-1, 2023).

Çalışmanın Materyalleri ve Veri Kaynakları

Çalışmanın yöntemi QGIS yazılımında veri tabanının oluşturulması, uydu görüntüleri üzerinden yapıların çatılarının sayısallaştırılması ve yüzölçümü değerlerinin hesaplanması, YSTS kapasitesinin hesaplanması, elde edilen sonuçların analiz edilmesi ve haritalanması aşamalarından oluşmaktadır.

YSTS Kapasite Hesabı

Çalışmada açık kaynak kodlu QGIS yazılımında veri tabanının oluşturulması ve yapıların sayısallaştırılması amacıyla çalışma alanına ait uydu görüntüleri elde edilmiş ve coğrafi referanslandırma işlemine tabi tutulmuştur. Oluşturulan veri tabanında yerleşkedeki yapı çatılarının sayısallaştırılması ve yağmur suyu kapasitesinin hesaplanması amacıyla kullanılacak ve hesaplanacak değerler için öznitelik sütunları oluşturulmuştur. Sayısallaştırma işlemi yapılırken çatı ve filtre etkinlik katsayıları, bölgeye düşen yağış miktarı ve toplama alanının büyüklüğü gibi veriler girilerek veri tabanı tamamlanmıştır. Çatıların yağmur suyu toplama kapasitelerinin hesabı için Eşitlik 1’de verilen formül ve Tablo 3’te yer alan katsayılar kullanılmıştır.

Yağmur suyu hasadında elde edilecek su miktarının hesaplanmasında; çatı katsayısı, coğrafi konuma ilişkin yağış miktarı, hasat yapılacak alanın

yüzölçümü ve filtre etkinlik katsayısı verilerine ihtiyaç vardır. Çatı etkinlik katsayısı, yağmurun toplanabilme kapasitesine göre ve çatıyı kaplayan malzeme türüne göre belirlenen bir katsayıdır. Tablo 3'te çatı kaplama malzemesine göre yağmur suyu hasadı hesaplamasında kullanılan çatı katsayıları çatı katsayıları gösterilmektedir.

Tablo 3: Yağmur suyu hasadı hesaplamasında kullanılan çatı katsayıları

Parametreler	Kabuller	Sınıflandırma
Metal çatı katsayısı	0.90	Dadhich ve Mathur, 2016
Kiremit çatı katsayısı	0.75	Dadhich ve Mathur, 2016
Beton çatı katsayısı	0.70	Dadhich ve Mathur, 2016
Filtre Etkinlik Katsayısı	0.90	Dadhich ve Mathur, 2016
Yağış miktarı	562.2 mm	URL-1, 2023
Toplama alanı	175.321,23 m ²	QGIS yazılımında hesaplanmıştır

$$TSM = T \times Y \times A \times F / 1000 \quad (1)$$

TSM: Toplanabilir Su Miktarı (m³)

T: Toplam Çatı Alanı (m²)

Y: Ortalama Yağış Miktarı (mm/m²)

A: Akış katsayısı

F: Filtre Etkinlik Katsayısı

Yağmur toplama alanı, yağmur suyu toplanacak yapıya ait çatının yüzölçümü değerini ifade etmektedir. Yağış miktarı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü tarafından belirlenen ortalama yıllık yağış miktarını ifade etmektedir. Filtre etkinlik katsayısı, çatıdan toplanacak yağmur suyunun, çatı yüzeyindeki katı maddelerden ayrıştırılması için kullanılacak olan ilk filtrenin verimlilik katsayısıdır. Bu katsayı, DIN1989 standardına göre 0.9 olarak belirtilmiştir. Yağmur suyu hasadının kapasite hesabı aşağıdaki eşitlikle hesaplanabilir (Dadhich ve Mathur, 2016).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesindeki 105 adet yapı; metal, beton ve kiremit çatı olmak üzere üç farklı çatı kaplama türüne sahiptir. Çalışma alanındaki çatı türleri Şekil 3'te gösterilmiştir. Şekil 3 incelendiğinde, çalışma alanında 1 adet beton çatı, 79 adet kiremit çatı ve 25 adet metal çatı bulunmaktadır.

Sayısallaştırma işlemi ve veri girişlerinin tamamlanmasından sonra çalışma alanındaki çatıların yüzölçümü değerlerinin yaklaşık olarak 51 m²-15.189 m²

arasında olduğu belirlenmiştir. Çatı alanları ve çatı türleri birlikte değerlendirildiğinde; çalışma alanında 121.531,11 m² kiremit çatı, 2.306,86 m² beton çatı ve 51.483,26 m² metal çatı bulunmaktadır. Kampüste kiremit çatı türünün yoğun olduğu gözlemlenmiştir. Evliya Çelebi Yerleşkesindeki çatı alanları toplamının 175.321,23 m² olduğu belirlenmiştir. Şekil 4'te çatıların yüzölçümü değerlerini gösteren harita sunulmuştur.

Veri tabanına veri girişleri yapıldıktan sonra QGIS yazılımının Visual Basic kod altyapısı ile Eşitlik 1'deki formül uygulanmış ve veri tabanında açılan toplanabilir su miktarı sütunları hesaplatılarak yerleşkedeki her bir yapının çatısından elde edilebilecek yağmur suyu kapasitesi tespit edilmiştir. Şekil 5'te yerleşkedeki her bir yapının çatısından hasat edilebilecek yağmur suyu kapasitesi gösterilmektedir. Evliya Çelebi Yerleşkesi için 70.380,84 m³ su toplama kapasitesinin olduğu belirlenmiştir.

Uygulama sonucunda Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesindeki toplam 175.321,23 m² olan yapı çatılarından yıllık olarak toplamda 70.380,84 m³ yağmur suyu hasadı yapılabileceği tespit edilmiştir. Şekil 6'da çatı türlerine göre çatı alanları ve toplanabilir su miktarları gösterilmektedir. Şekil 6 incelendiğinde; alanı 2306.86 m² olan beton çatılardan 817.06 m³, alanı 51483.26 m² olan metal çatılardan 23444.55 m³ ve alanı 121531.11 m² olan beton çatılardan 46119.23 m³ yağmur suyu hasadı yapılabileceği görülmektedir.



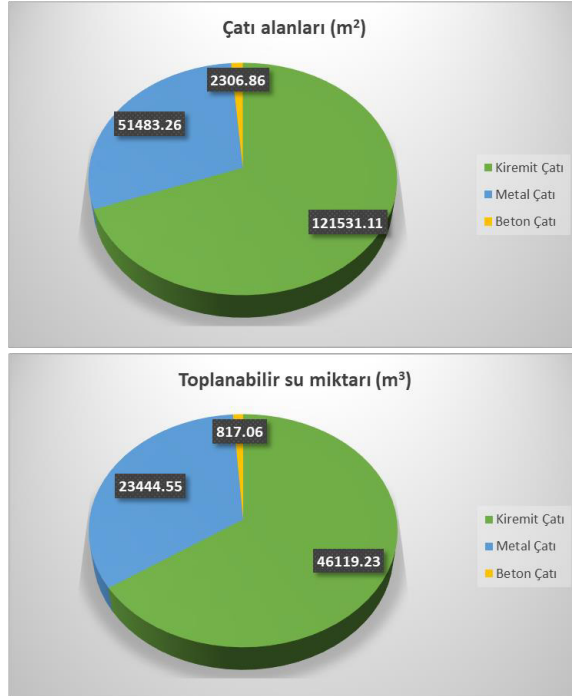
Şekil 3: Evliya Çelebi Yerleşkesindeki çatı türleri



Şekil 4: Evliya Çelebi Yerleşkesindeki çatıların yüzölçümü değerleri



Şekil 5: Evliya Çelebi Yerleşkesindeki yağmur suyu hasadı kapasiteleri



Şekil 6: Yerleşkedeki çatı türlerine göre çatı alanları ve toplanabilir su miktarları oranları

Toplanan bu yağmur suları; yeşil alanların sulanmasında, tuvalet rezervuarlarında, araçların yıkanmasında ve çamaşırların yıkanmasında rahatlıkla kullanılabilir (Vialle vd., 2012).

Yükselir vd., (2019) araştırmalarında, CBS teknolojilerini kullanarak Eskişehir Teknik Üniversitesi İki Eylül Kampüsü'ndeki yapıların çatılarından toplanabilecek su miktarı ile 11.000 kişinin bir yılda kullandığı suyun %2.42'lik bölümünün karşılanabileceğini tespit etmişlerdir. Kalıpçı vd., (2021) araştırmalarında, CBS ile Giresun Üniversitesi'nin Güre ve Gazipaşa (Debboy) kampüsündeki çatılardan toplanabilecek yağmur suyu miktarını hesaplamışlardır. Güre ve Gazipaşa (Debboy) kampüslerinden toplamda 44017,918 m² olan çatı alanlarından yıllık olarak toplamda 43185.06 m³ yağmur suyunun hasat edilebileceği tespit edilmiştir. Bu veriler ışığında, toplanan yağmur suları ile 8.637.011,644 m² yeşil alanın sulama suyu ihtiyacının karşılanabileceği, 878 kişinin bir yıllık tuvalet rezervuarlarındaki kullanım suyu ihtiyacının karşılanabileceği ve 431.850 adet aracın yıkanması için ihtiyaç duyulan suyun karşılanabileceği belirtilmiştir.

Bu çalışmada Evliya Çelebi Yerleşkesinden toplanan yağmur sularının yeşil alan sulaması, tuvalet rezervuarlarında ve araç yıkamasında kullanılması durumundaki senaryolar ele alınmıştır.

Evliya Çelebi Yerleşkesinde yaklaşık 110.708 m² yeşil alan bulunmaktadır. Eren vd., (2016), yeşil alanların sulanmasında ihtiyaç duyulan su miktarını, her bir sulama için 5lt/m² olarak kabul etmişlerdir. Bu kabulden hareketle yerleşkedeki yapıların çatılarından toplanan yağmur sularının tamamının, yeşil alanların sulanmasında kullanılması durumunda aşağıdaki değerler elde edilmiştir:

- $110.708 \text{ m}^2 \times 5 \text{ L/m}^2 = 553.540 \text{ L} = 553.54 \text{ m}^3/\text{gün}$
- Her gün; $553.54 \text{ m}^3/\text{gün} * 365 \text{ gün} = 202.042,1 \text{ m}^3/\text{yıl}$
- Haftada iki; $553.54 \text{ m}^3/\text{gün} * 365 / (7/2) \text{ gün} = 57.726,31 \text{ m}^3 / \text{yıl}$
- Haftada bir; $553.54 \text{ m}^3/\text{gün} * 365 / 7 \text{ gün} = 28.863,16 \text{ m}^3/\text{yıl}$

Kampüsteki yeşil alanların her gün sulanması durumunda, sulama suyu ihtiyacının %34,83'ü, haftada iki kez yapılması durumunda %121,92'i, haftada bir kez yapılması durumunda ise %243,84'i karşılanabilecektir (Tablo 3).

Tablo 3: Evliya Çelebi Yerleşkesindeki yeşil alanların sulama suyu ihtiyacı

Çatı yağmur Suyu miktarı (yıllık, m ³)	Yeşil alan su ihtiyacı (m ³)	Sulama Durumu	Su ihtiyacı (m ³)	Karşılanan su ihtiyacı yüzdesi (%)
70.380,84	553,54	Sulamanın her gün yapılması	202.042,10	34,83
		Sulamanın haftada iki kez yapılması	57.726,31	121,92
		Sulamanın haftada bir kez yapılması	28.863,16	243,84

Kalıpcı vd., (2021) araştırmalarında, bir kişinin bir yılda tuvaletlerde kullandığı suyu 49.140 lt olarak kabul etmişlerdir. Bu kabulden hareketle yerleşkedeki yapıların çatılarından toplanan yağmur sularının tamamının, tuvalet rezervuarlarında kullanılması durumunda 1432 kişinin bir yıllık su ihtiyacı karşılanabilecektir.

Kalıpcı vd., (2021) araştırmalarında, otomatik yıkama ile bir aracı yıkamak için 5 dk. içerisinde 100 lt su kullanıldığını kabul etmişlerdir. Bu kabulden hareketle yerleşkedeki yapıların çatılarından toplanan yağmur sularının tamamının, araç yıkamasında kullanılması durumunda 703.808 adet aracın yıkama suyu ihtiyacı karşılanabilecektir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesindeki yapıların çatı türü, çatı alanı, yıllık yağış miktarı ve filtre etkinlik katsayısı verileri kullanılarak çatıların yağmur suyu toplama kapasiteleri CBS tabanlı analiz edilmiştir. Bu kapsamda toplanacak yağmur suyunun yeşil alanların sulanmasında, araçların yıkanmasında ve tuvaletlerde temizlik amacıyla kullanılması halinde bu ihtiyacın ne kadarını karşılayacağı belirlenmiştir. Çalışmada YSTS'nin kurulum maliyeti ve yerleşkeye ait su tüketim değerleri elde edilemediğinden dolayı amortisman süresi hesaplanamamıştır. Çalışmanın bulguları göz önünde bulundurularak aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır:

- Yerleşke içerisinde alanı 2306.86 m² olan beton çatılardan 817.06 m³, alanı 51483.26 m² olan metal çatılardan 23444.55 m³ ve alanı 121531.11 m² olan beton çatılardan 46119.23 m³ yağmur suyu hasadı yapılabilecektir.
- Kampüsteki yeşil alanların her gün sulanması durumunda, sulama suyu ihtiyacının %34,83'ü, haftada iki kez yapılması durumunda %121,92'i, haftada bir kez yapılması durumunda ise %243,84'i karşılanabilecektir.

Depoda arta kalan yağmur suyu bina içerisinde (çamaşır makineleri, tuvalet rezervuarları vb.) de kullanılabilir.

- Toplanan yağmur sularının tamamının tuvalet rezervuarlarında kullanılması durumunda 1432 kişinin bir yıllık su ihtiyacı, araç yıkamada kullanılması durumunda ise 703.808 adet aracın yıkama suyu ihtiyacı karşılanabilir.

Çevre ve Şehircilik Bakanlığı tarafından 2021 yılında hazırlanan Planlı Alanlar İmar Yönetmeliğinde Değişiklik Yapılmasına Dair Yönetmelik ile birlikte yüzölçümü 2.000 m²'den büyük parsellerin üzerine yapılacak binalara yağmur suyu toplama sisteminin kurulmasını zorunlu kılmıştır (Resmi Gazete, 2021). Yağmur suyu toplama sistemlerinin ülke genelinde kullanımının yaygınlaşması için aşağıda sıralanan öneriler hayata geçirilebilir;

- Ülkemizde gelecekte su stresi yaşanması muhtemel bölgeler için iklim, nüfus ve kullanım ihtiyacı gibi göstergeler dikkate alınarak il bazlı yağmur suyu hasadı profilleri oluşturulmalıdır.
- Kamu binaları, ticari binalar, hizmet binaları, kentsel dönüşüm projeleri ve sanayi sektöründe yağmur suyu hasadı sistemlerinin kurulmasına öncelik verilmelidir. Çatı yüzeylerinden toplanan yağmur sularının peyzaj uygulamalarında, yeşil alanların sulanmasında, tuvalet sifonları, çamaşır yıkama, araç yıkama vb. gibi temizlik işlemlerinde kullanımı zorunlu hale getirilerek yaygınlaşması sağlanabilir.
- Su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlamak amacıyla binalarda yağmur suyu hasadı sistemlerinin kurulması ve ülke genelinde yaygınlaştırılması için finansal devlet teşvikleri ve destekleri verilmelidir.

Çalışmada uygulanan yaklaşımın ve elde edilen sonuçların, sürdürülebilir su ve çevre yönetimi açısından Kütahya Dumlupınar Üniversitesi Evliya Çelebi Yerleşkesinde hayata geçirilecek yağmur suyu toplama sisteminin tasarımında, karar vericiler ve sistem kurucuları için referans oluşturması beklenmektedir. Gelecek çalışmalarda, uzaktan algılama ve CBS teknolojileri kullanılarak potansiyel yağmur suyu toplama alanları belirlenecektir.

REFERANSLAR

1. Abu-Zreig, M., Hazaymeh, A., & Shatanawi, M. (2013). Evaluation of residential rainfall harvesting systems in Jordan. *Urban water journal*, 10(2), 105-111.
2. Adugna, D., Jensen, M. B., Lemma, B., & Gebrie, G. S. (2018). Assessing the Potential for Rooftop Rainwater Harvesting from Large Public Institutions. *International journal of environmental research and public health*, 15(2), 336.
3. Ali, S., & Sang, Y. F. (2023). Implementing rainwater harvesting systems as a novel approach for saving water and energy in flat urban areas. *Sustainable Cities and Society*, 89, 104304.
4. Boretti, A., & Rosa, L. (2019). Reassessing the projections of the world water development report. *NPJ Clean Water*, 2(1), 15.
5. Chiu, Y. R., Tsai, Y. L., & Chiang, Y. C. (2015). Designing rainwater harvesting systems cost-effectively in a urban water-energy saving scheme by using a GIS-simulation based design system. *Water*, 7(11), 6285-6300.
6. Contreras, S. M., Sandoval, T. S., & Tejada, S. Q. (2013). Rainwater harvesting, its prospects and challenges in the uplands of Talugtog, Nueva Ecija, Philippines. *International Soil and Water Conservation Research*, 1(3), 56-67.
7. Çakar, H. (2022). İzmir ili koşullarında bahçeli bir sitenin yağmur suyu hasadı potansiyelinin değerlendirilmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(2), 446-452.
8. ÇŞİDB, 2021. Türkiye Cumhuriyeti Çevre, Şehircilik ve İklim Değişikliği Bakanlığı, <https://www.csb.gov.tr/yeni-insa-edilecek-binalara-yagmur-suyu-toplama-sistemi-kurulacak-bakanlik-faaliyetleri-29875> (Erişim Tarihi: 05.08.2023).
9. Dadhich, G., & Mathur, P. (2016). A GIS based analysis for rooftop rain water harvesting. *Int. J. Comput. Sci. Eng. Technol*, 7(4), 129-143.
10. DSİ, 2022. Devlet Su İşleri, Toprak Su Kaynakları. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754> (Erişim Tarihi: 05.08.2023).
11. Eren, B., Aygün, A., Likos, S. ve Damar, A.İ. 2016. Yağmur suyu hasadı: Sakarya Üniversitesi Esentepe Kampüsü potansiyelinin değerlendirilmesi. *International Journal of Engineering and Technology Research*, 1(1): 1-5.
12. Falkenmark, M., Lundqvist, J., & Widstrand, C. (1989, November). Macro-scale water scarcity requires micro-scale approaches: Aspects of

- vulnerability in semi-arid development. In *Natural resources forum* (Vol. 13, No. 4, pp. 258-267). Oxford, UK: Blackwell Publishing Ltd.
13. Ghisi, E., Bressan, D. L., & Martini, M. (2007). Rainwater tank capacity and potential for potable water savings by using rainwater in the residential sector of southeastern Brazil. *Building and Environment*, 42(4), 1654-1666.
 14. Guizani, M. (2016). Storm water harvesting in Saudi Arabia: a multipurpose water management alternative. *Water resources management*, 30, 1819-1833.
 15. Hume, I. V., Summers, D. M., & Cavagnaro, T. R. (2022). Lawn with a side salad: Rainwater harvesting for self-sufficiency through urban agriculture. *Sustainable Cities and Society*, 87, 104249.
 16. Jing, X., Zhang, S., Zhang, J., Wang, Y., Wang, Y., & Yue, T. (2018). Analysis and modelling of stormwater volume control performance of rainwater harvesting systems in four climatic zones of China. *Water resources management*, 32, 2649-2664.
 17. Kalıpcı, E., Başer, V., & Genç, N. (2021). Coğrafi bilgi sistemi kullanarak yağmur suyu hasadının değerlendirilmesi: Giresun Üniversitesi kampüs örneği. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 10(1), 49-58.
 18. Pamuk Mengü, G. ve Akkuzu, E. 2008. Küresel su krizi ve su hasadı teknikleri. *ADÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 5(2):75-85.
 19. Raoufi, A., & Gorji, M. (2021). Water and energy management in a sustainable site: A case study of a living environment for street children in Tehran, Iran. *Sustainable Cities and Society*, 68, 102797.
 20. Rawat, A., Panigrahi, N., Yadav, B., Jadav, K., Mohanty, M. P., Khouakhi, A., & Knox, J. W. (2023). Scaling Up Indigenous Rainwater Harvesting: A Preliminary Assessment in Rajasthan, India. *Water*, 15(11), 2042.
 21. Shinde, S. D., & Gaikwad, V. P. (2016). Application of GIS for mapping rainwater harvesting potential: a case study of Nidhal village in Satara district, Maharashtra, India. *International Journal of Research in Applied, Natural and Social Sciences*, 4(5), 141-148.
 22. Stec, A., & Zeleňáková, M. (2019). An analysis of the effectiveness of two rainwater harvesting systems located in Central Eastern Europe. *Water*, 11(3), 458.
 23. Tam, V. W., Tam, L., & Zeng, S. X. (2010). Cost effectiveness and tradeoff on the use of rainwater tank: An empirical study in Australian

- residential decision-making. *Resources, conservation and recycling*, 54(3), 178-186.
- 24.T.C. Dışişleri Bakanlığı, 2022. Türkiye'nin su politikası. https://www.mfa.gov.tr/turkiye_nin-su-politikasi.tr.mfa (Erişim Tarihi: 05.08.2023)
- 25.T.C. Resmi Gazete, 23 Ocak 2021, sayı: 31373. Planlı alanlar imar yönetmeliğinde değişiklik yapılmasına dair yönetmelik. T.C. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2021/01/20210123-4.htm> (Erişim Tarihi: 05.08.2023).
- 26.Temizkan, S., & Kayılı, M. T. (2021). Yağmur suyu toplama sistemlerinde optimum depolama yönteminin belirlenmesi: Karabük Üniversitesi sosyal yaşam merkezi örneği. *El-Cezeri*, 8(1), 102-116.
- 27.URL-1. (2023). <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=undefined&m=KUTAHYA> (Erişim Tarihi: 05.08.2023)
- 28.Vialle, C., Sablayrolles, C., Lovera, M., Huau, M. C., Jacob, S., & Montréjaud-Vignoles, M. (2012). Water quality monitoring and hydraulic evaluation of a household roof runoff harvesting system in France. *Water resources management*, 26, 2233-2241.
- 29.Yalılı Kılıç, M. & Rukiah, K. (2022). İstanbul Havalimanı'nda Yağmur Suyu Hasadı .*Osmaniye Korkut Ata Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 5(2), 495-504. DOI: 10.47495/okufbed.996916
- 30.Yalılı Kılıç, M., & Adalı, S. (2022). Alışveriş Merkezi Örneğinde Yağmur Suyu Hasadı. *Uludağ Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 27(1), 29-40.
- 31.Yalılı Kılıç, M., Adalı, S. & Öztürk, K. (2023). Üniversite Kampüsünde Yağmur Suyu Toplama Sisteminin Kurulumunun İncelenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(1), 180-186. DOI: 10.30910/turkjans.1180224
- 32.Yükselir, H., Ağaçasapan, B., & Çabuk, A. (2019). Cbs Tabanlı Çatıların Yağmur Suyu Toplama Kapasitesinin Hesaplanması. *GSI Journals Serie C: Advancements in Information Sciences and Technologies*, 1(2), 16-26.

Bölüm 3

Çukurova Bölgesi Entansif Süt Sığırı İşletmelerindeki İlkine Doğuran Siyah Alacalarda Somatik Hücre Sayısına Etki Eden Bazı Tip, Sağım ve Amenajman Özellikleri Arası İlişkiler¹

Gökhan GÖKÇE²

Serap GÖNCÜ³

¹ Bu çalışma Gökhan Gökçe'nin Doktora Tezinden üretilmiştir.

² Dr. Öğretim Üyesi, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Adana, Türkiye, ggoockce@cu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-6980-8989

³ Prof. Dr., Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, Adana, Türkiye, serapgoncu66@gmail.com ORCID ID: 0000-0002-0360-2723

ÖZET

Somatik hücreler sütte bulunan bakteriyel hücrelerden farklı olarak vücut hücrelerinin bir göstergesidir. Genel olarak subklinik enfeksiyonlardan dolayı önemli ölçüde süt verim kaybına neden olmayan 200000 veya altındaki hücre sayısı sürüde kabul edilebilir bir değerdir. Bu çalışmada, Adana ilinde bulunan entansif süt sığırı işletmesinde yetiştirilen ilkine doğurmuş Siyah-Alaca ineklerde somatik hücre sayı ile ilişkili bazı tip özellikleri, sağım ve amenajman karakteristikleri incelenmiştir. Çukurova bölgesindeki 3 entansif işletmede 88 baş ilk laktasyondaki Siyah Alaca ineğin somatik hücre sayısı, süt verimi ve tip özellikleri tespit edilmiştir. İşletmeler arasında somatik hücre sayısı bakımından farklılık tespit edilmemiş, ayların ise somatik hücre sayısı üzerinde istatistiki olarak önemli bir etkisi olduğu tespit edilmiştir ($P<0.01$). İşletmeler arasında doğrusal tip özellikleri bakımından istatistiki olarak önemli bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$). Arka meme yüksekliği ile somatik hücre sayısı arasında negatif yönde ve istatistiki olarak önemli bir korelasyon tespit edilmiştir ($P<0.05$).

Anahtar Kelimeler: Siyah Alaca, Somatik Hücre Sayısı, Doğrusal Tip Özellikleri

GİRİŞ

Islah stratejileri ortaya konularak ve doğru yöntemler seçilerek Türkiye sığırcılığı ıslahının en kısa sürede tamamlanması, üzerinde durulması gereken en önemli konudur. Bu amaçla ineklerin bazı verim kayıtları kullanılabilceği gibi, subjektif olarak değerlendirilen bazı dış yapı özellikleri de kullanılabilir. Subjektif olarak değerlendirilen bu dış yapı özelliklerine “ Doğrusal Tip Özellikleri” denilmektedir (Özet, 2001). Süt sığırı yetiştiricileri için tip sınıflandırma uygun bir sürü idaresi oluşturulması için de önemli bir araçtır (Juozaitiene ve ark., 2006). Süt sığırlarında uzun ömür ve maksimum düzeyde verim elde etmek üzere damızlık değerlerinin tahmin edilmesinde, verim özellikleriyle birlikte dış görünüş özelliklerinin de dikkate alınması gerekmektedir. Süt sığırlarında tip özellikleri, uzun ömürlülüğü ve bir dolaylı seleksiyon kriteri olarak da sürüde kalma süresini, erken dönemde tahmin etmede kullanılmaktadır (Larroque ve Ducrocq, 2001). Dış görünüş özelliklerinden yararlanarak, daha yüksek süt, et ve döl verimine sahip, daha dayanıklı ve uzun ömürlü hayvanların elde edilmesinin mümkün olduğu ve bu durumun da karlılığı olumlu yönde etkilediği bilimsel çalışmalarla ortaya konulmuştur (Boettcher ve ark., 1993; Hamoen, 1994; Kumlu, 1999). Bu nedenlerden dolayı damızlık yetiştirme programlarında dış görünüş özelliklerinin payı %10.4 ile %49.5 arasında değişmektedir (Özcan, 1995; Kaya, 1992; Akbaş ve ark., 1998). Birçok Avrupa ülkesi, 1960’lı yıllara kadar seleksiyon programlarında süt verimiyle dış görünüş özelliklerini birlikte ele alırken, sonraları ölçme ve tartmaya dayalı yöntemlerin geliştirilmesiyle yalnızca süt ve et verimini dikkate almışlar ve bu yönde de önemli ilerlemeler elde etmişlerdir. Yapılan çeşitli ıslah çalışmaları ile ineklerin verimlerinde önemli artış sağlanmış buna karşın inekler daha kısa sürede sürüden çıkmaya başlamıştır. Avrupa’da 1980’li yıllarda süt sığırcılığının endüstriyel bir yapıya kavuşması nedeniyle dış görünüş özellikleri yeniden değer kazanarak ıslah programlarına girmiştir (Özcan, 1995). Bununla birlikte Amerika ve Kanada gibi ülkelerde dış görünüş özellikleri her zaman dikkate alınmıştır (Kumlu, 1999). Ülkemizde ilk olarak Türk-Anafi Projesi kapsamındaki işletmelerde dış görünüş özelliklerine göre değerlendirmeler yapılmıştır. Türkiye’de Damızlık Sığır Yetiştiricileri Birliklerinin kurulmasından sonra da dış görünüş özelliklerine göre değerlendirme çalışmalarına devam edilmiştir. Dış görünüşe göre değerlendirmede, “toplam puan üzerinden değerlendirme” ve “doğrusal tanımlama” yöntemleri kullanılmaktadır. Yaylak ve Akbaş (2004), dış görünüş özelliklerinden yararlanarak daha yüksek süt, et ve döl verimine sahip, daha dayanıklı ve uzun ömürlü hayvanların elde edilmesinin mümkün olduğunu ve bu durumun da karlılığı olumlu yönde etkilediğini bildirmektedirler.

Toplam puan üzerinden değerlendirme yöntemi, süt tipi sığırların genel vücut yapıları ve vücutlarının çeşitli kısımlarının dış görünüşleri bakımından süt verim

yönüne uygunluk düzeyini öznel olarak belirlemeye yönelik değerlendirmeleri içerir (Kaya, 1992). Değerlendirmede vücudun değişik kısımları puanlanmaktadır. Puanlamada inekler 100 puan olarak değerlendirilen ideal tiple karşılaştırılmaktadır. Ancak son yıllarda sayısal puan vererek yapılan değerlendirmelerin çok kesin tanımlamalar olmadığı anlaşılmıştır. Çünkü bu değerlendirmede hayvanın olumsuz sayılan özellikleri belirtilmemektedir. Örneğin sütçülük karakteri adı altında bir grup özelliğe tek bir puan verilmektedir. Bu olumsuzluğun giderilmesi için hayvanların morfolojik değerlendirilmelerinde ele alınan her bir özelliğin belirtilmesi ve çok iyi tanımlanması gerekmektedir. Boğa veya ineğin daha ayrıntılı bir biçimde tanımlanması amacıyla farklı metotlar geliştirilmiştir. Bunlardan bir tanesi doğrusal tanımlama yöntemidir. Amerika Birleşik Devletleri Milli Hayvan Yetiştiricileri Derneği'nin 1977'de oluşturduğu komite, rakamsal değerler kullanarak doğrusal puanlama yöntemi ile standart bir cetvel oluşturmuştur. Doğrusal tanımlama, hayvanla ilgili her bir özellik için biyolojik değişim değerinin tahmin edilmesi ve bunun önceden hazırlanmış bir cetvele göre değerlendirilmesini esas almaktadır. Dikkate alınan özellikler ve puanlama cetveli ülkelere ve yıllara göre değişmektedir. Doğrusal puanlama özellikleri, 1983 yılında Holstein Birliğinin sınıflandırma programında kategorik tip özelliklerin yerine geçmiş ve daha sonra sürekli geliştirilmiştir (Lawstuen ve ark., 1987; Short ve ark., 1991). Kategorik tip özelliklerinin yerini alan doğrusal puanlamanın yararları; özelliklerin bireysel olarak puanlanması, ineğin idealle mukayesesi yerine biyolojik değişimine puan verilmesi, puanlamada rakamların kullanılması, arzu edilebilirlik yerine özelliğin düzeyine puan verilmesi, verilen puanların sürekli bir cetvelde olması sonucu analizinin kolay olması, şeklinde sıralanabilir (Thompson ve ark., 1983; Hayes ve Mao, 1987).

Dış görünüş özelliklerinden yararlanarak daha yüksek süt, et ve döl verimine sahip, daha dayanıklı ve uzun ömürlü hayvanların elde edilmesinin mümkün olduğu ve bu durumun da karlılığı olumlu yönde etkilediği bildirilmektedir (Rogers ve ark., 1991).

Vücudun hareket ve yapı özelliklerini yansıtan tip özellikleri arasında genetik ve fenotipik korelasyonlar olduğu, ancak bunların önemsenmeyecek kadar düşük düzeyde kaldığı, ancak SHS ve meme derinliği arasında en yüksek genetik korelasyonun hesaplanmış olduğu özellikle meme başı uzunluğu ve SHS arasında pozitif yönde bir ilişki olduğu ve sonuç olarak da tip özelliklerine bakılarak mastitise dayanıklılık yönünde seleksiyon yapılabileceği ifade edilmektedir (Rogers ve ark., 1991).

İnsan beslenmesinde büyük önem taşıyan sütün sağlıklı ve kaliteli olması, üretildiği yer olan memenin sağlığı ile direkt ilişkilidir. Süt sığırlarında özellikle mastitis, yetiştiriciler açısından büyük bir sorun teşkil etmektedir. Mastitisten dolayı süt sığırı işletmeleri önemli miktarda maddi zarara uğramaktadır. Dolayısıyla,

mastitis olgusu sürü içinde belirlenerek gerekli önlemler alınmalıdır. Bu amaçla Somatik Hücre Sayısı (SHS), mastitisin belirlenmesinde dolaylı bir ölçüt olarak kullanılmaktadır.

Avrupa Birliği standartlarına göre çiğ sütte bulunabilecek SHS'nin üst sınırı mililitrede 200,000 hücredir. SHS 200,000 hücre/ml üzerinde olanlarda meme dokusu hastalıklı demektir (Tekeli, 2005). Türkiye'de ise Çiğ Süt ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliğine göre Somatik Hücre Sayısının (ml'de) <500 000 olması gerekmektedir (Anonim, 2000a).

Ülkemizde SHS'nin tespiti konusunda yapılan çalışmalarda, Göncü (2000), Adana entansif süt sığırı işletmelerinde yetiştirilen Siyah Alaca inek sütlerinde SHS'nı ve buna etki eden çeşitli faktörleri belirlemek üzere yaptığı çalışmada meme lobları genel ortalamasını $1,287,680 \pm 88,850$ SHS/ml; Eyduran ve ark. (2005), Siyah Alaca inek sütlerinde bulunan somatik hücrelerin miktarını ve buna etki eden faktörleri belirlemek üzere yaptıkları çalışmada SHS'nı Kasım ayı için $1,311,761 \pm 239631$, Ağustos ayı için $732,810 \pm 146,264$ SHS/ml olduğunu bildirmişlerdir. Toplam bakteri sayısı üzerinde yapılan çalışmalarda ise Aytür (1990), Adana'da kış döneminde 190 bin- 24 milyon canlı bakteri (%33 kullanıma uygun değil) ve 210000 coliform bakteri tespit edildiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmalara göre ülkemizde üretilen sütlerde somatik hücre sayısının standartların çok üzerinde olduğu görülmüştür. Bu nedenle Avrupa Birliği giriş sürecinde kaliteli süt üretimini artırabilmek için sütte SHS'na daha fazla önem verilmesi ve bu konuda yapılacak çalışmaların sayısının artırılması gereği ortaya çıkmaktadır.

Kaliteli süt üretimi, süt sığırcılığı işletmelerinde kazançlı bir geleceğin en önemli unsurudur. Ancak bu tür işletmelerde karlılığı azaltan ve dolayısıyla ülkemiz hayvancılığı ile ekonomisini etkileyen çok sayıdaki olumsuz faktörün varlığı da bir gerçektir. Bu faktörlerden mastitis çoğu kez, en önemli sürü sağlığı problemi olarak karşımıza çıkmaktadır (Göncü, 2000).

Mastitis son derece kompleks etiyolojiye sahip ve bu nedenle mevcut koşullarda eradikasyonunun mümkün olmadığı bir yetiştirme hastalığıdır. Modern süt sığırcılık işletmelerinde oldukça yaygın olarak görülmektedir. Ülkemizde mastitisin neden olduğu ekonomik kayıplar konusunda istatistik bulunmamakla beraber, batı ülkelerinde yapılan araştırmalar süt sığırı işletmelerinde en fazla ekonomik kaybın mastitis (özellikle subklinik mastitis) nedeniyle olduğunu ortaya koymuştur. Her ne kadar subklinik mastitis vakalarının direk tanısı yapılmasa da, hastalık kendini sütte SHS ve bakteri sayısındaki artış şeklinde gösterdiğinden, dolaylı olarak sütteki SHS düzeyine bakılarak tespit edilebilmektedir (Yalçın ve ark., 2000).

Ülkemizde subklinik mastitis problemine gerek üretici gerekse ulusal düzeyde henüz gereken önemin verilmediği, buna paralel olarak da Türkiye'de süt sığırcılık işletmelerinde hastalığın oluşturduğu ekonomik kayıpların tespitine yönelik

ekonomik çalışmaların mevcut olmadığı görülmektedir. Bu noktadan hareketle, Yalçın ve ark. (2000), yaptıkları çalışmada süt verim kaybının ineklerin SHS düzeylerine göre önemli ölçüde farklılık gösterdiğini tespit etmişlerdir. SHS'nin 403.000 hücre/ml olduğu düzeyde süt verim kaybı 0,6 kg/gün/inek, 1.097.000 ve 1.900.000 hücre/ml olduğu düzeylerde ise süt verim kaybı sırasıyla 3,8 ve 6,8 kg/gün/inek olarak bildirilmiştir. SHS düzeyinde her bir ünite artışa karşın meydana gelen ortalama süt verim kaybı ise 1,53 kg/gün/inek olarak hesaplanmıştır (Yalçın ve ark., 2000).

Mastitis nedeniyle Türkiye'de meydana gelen ekonomik kaybın yılda 41,5 milyon YTL olduğu tahmin edilmektedir (Kesenkaş, 2008). Bugün Avrupa ülkelerinin hemen hemen hepsi sütler için bir takım standartlar oluşturmuş durumdadır. Bu standartlar arasında “ tank sütü somatik hücre sayısı değeri” kaliteli ve sağlıklı süt üretimi konusunda uygulanan kontrol metotları arasına girmiştir. Özellikle subklinik mastitislerin tanısında kullanılan bu değerler, sürü meme sağlığını izlemede ve süt kalitesinin kontrolünde çok önemli bir kriterdir (Brown ve ark., 1986).

Meme ve meme başının morfolojik yapısı, mastitise yakalanma riskini etkileyebilmektedir. SHS'nin koltuk ve küre biçimindeki meme tiplerinde, sarkık meme tiplerine göre daha düşük olduğu bildirilmektedir. Seykora ve Mcdaniel (1985), ön ve arka memelerin yerden yüksekliği arasındaki fark arttıkça SHS'nin azaldığını saptamıştır. Memenin yerden yüksekliği, mastitise yakalanma riskini önemli ölçüde etkilemektedir. Memenin yerden yüksekliği arttıkça mastitis ve sütteki lökosit sayısı azalmaktadır. Birçok araştırmada da memenin yerden yüksekliği ile SHS arasında negatif bir ilişki bulunmuştur (Seykora ve Mcdaniel, 1985; Thomas ve ark., 1984; Rupp ve Boichard, 1999).

Tip özellikleri üzerinde yürütülen çalışmalarda, bu özellikler ile süt verimi, somatik hücre sayısı, sürüde kalma süresi, uzun ömürlülük gibi karakterler arasında genotipik ve fenotipik ilişkilerin bulunduğu bildirilmiştir (Boldman ve ark., 1992; Paman ve Reinhardt, 1999; Gutiérrez ve Goyache, 2002; Vukasinovic ve ark., 2002).

Uzmay ve ark. (2003), ineklerin morfolojik özellikleri ve meme yapısı ile somatik hücre sayısı arasında bir ilişki mevcut olduğundan, SHS'na etki eden faktörler içerisinde bulunan hayvanın vücut yapısının iyileştirilmesi için tip puanlamaya önem verilmesi gerektiğini bildirmiştir.

Süt sığırlarında tip özellikleri uzun ömürlülüğü ve dolaylı seleksiyon kriteri olarak sürüde kalma süresini erken dönemde tahmin etmede kullanılmaktadır (Larroque ve Ducrocq, 2001).

Rogers (1993), süt verimi, klinik mastitis, sağım kolaylığı ve laminitisi kapsayan bir indeks yöntemi geliştirerek genotipin iyileştirilmesi konulu çalışmasında, süt

verimi, SHS, meme derinliği, memenin yerleşimi ve ayak açısının değerlendirilerek seleksiyon yapıldığında sadece süt verimine göre seleksiyon yapıldığı duruma göre %1-4 daha iyi sonuç alındığını bildirmektedir. Araştırmacı, sonuç olarak düşük SHS yüksek memeli ve birbirine yakın meme başı yerleşimi olan ineklerin seçilmesi, artan süt verimi ile beraber ortaya çıkan sağım zorluğu ve mastitis ile mücadelede yardımcı olabileceğini bildirmektedir.

Hickman (1964) meme başı çapının yüksek olmasıyla mastitis görülme sıklığının da arttığını bildirmiştir.

Alaçam ve ark. (1983) , CMT pozitif ineklerde ortalama meme başı uzunluk ve çapının CMT negatif olanlara göre daha yüksek olduğunu saptamıştır.

Sanjabi ve ark. (2003) meme özelliklerini değerlendirdikleri çalışmalarında, meme özellikleri açısından bir seleksiyonda özellikle arka meme yüksekliği ve genişliğinin süt verimine etkili olabileceğini bildirmişlerdir.

Hızlı sağılan ineklerin daha yüksek SHS'na sahip olma eğiliminde olduğu (Brown ve ark., 1986) ve uygun olmayan sağım işlemlerinin de sütteki SHS'nı olumsuz yönde etkilediği tespit edilmiştir (Galton ve ark., 1982).

Çeşitli meme özellikleri, süt verimi, SHS ve dakikada sağılan süt miktarı arası ilişkilerin incelendiği çalışmada, meme başı şeklinin SHS ve dakikada sağılan süt miktarı ile ilişkili olduğunu ve SHS'nın memenin yerden yüksekliği, meme başı şekli, sağım hızı, lezyon oranı ve meme çapından etkilendiğini bildirilmektedir (Seykora ve McDaniel, 1985).

Yürütülen bu çalışma ile SHS'na etkili olan tip özelliklerinin en etkin olanlarının saptanması, ilişki düzeyinin ortaya konulması, sıcak ve nemli olan aylar ile daha düşük nem ve sıcaklık değerlerine sahip ayların süt verimi ve SHS üzerine etkileri tespit edilmeye çalışılmıştır. Ayrıca, entansif üretim yapan ve sürü büyüklüğü bakımından ülke ortalamasının çok üzerinde olan işletmelerde özellikle son yıllarda sağlıklı süt üretiminin sağlanması amacıyla bu konuya ne kadar ağırlık verildiğinin ortaya konulması yönünden önem arz edecektir.

MATERYAL VE METOT

Materyal
























Bu çalışma, Adana ilinde bulunan 3 entansif süt sığırı işletmesinde 88 baş Siyah-Alaca ilkinde doğurmuş inek kullanılarak yürütülmüştür.

Metot






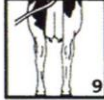





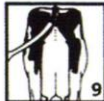















Doğrusal Tip Özellikleri

Dış görünüş özelliklerine göre sınıflandırmada, Uluslararası Hayvan Kayıtları Komitesi (ICAR) tarafından önerilen Doğrusal (Linear) Tanımlama yöntemi

(Anonymous, 2003; Anonymous, 2005) ve Türk Standartları Enstitüsünün Sığırlarda Soy Kütüğü Standartlarında belirtilen yöntem kullanılmıştır. Bu iki yöntem birbirine benzer olup sadece Türk Standartları Enstitüsünün Sığırlarda Soy Kütüğü Standartlarında dikkate alınan özellik sayısı 17'dir (Anonymous, 2000b). Anılan bu özellikler Çizelge 1 ve 2'de verilmiştir. İneklerin Doğrusal Tip Puanlamaları buzağılamadan sonraki 60. günde yapılmıştır.

DIŞ GÖRÜNÜŞ ÖZELLİKLERİ			
Doğrusal (Linear) Tanımlamalar (1-9 Puan)			
		1- Sağrı yüksekliği (cm.) Yükseklik, sağrı kemiğinin hizasından cm. olarak ölçülür. (Bilgi cm. olarak verilir)	
			2- Süt Karekteri Cidago açısı değerlendirilir. 1- Çok kaba ve geniş 5- Orta 9- Çok dar/narin
			3- Beden Derinliği Son kaburga kemiğinin hizasından ölçülür. 1- Dar 5- Orta Derin 9- Çok fazla derin
			4- Göğüs Genişliği İki ön diz arasındaki mesafe ölçülür. 1- Çok dar 5- Orta 9- Çok geniş
			5- Sağrı Genişliği Oturak yumruları arasındaki mesafe ölçülür. 1- Çok dar 5- Orta 9- Çok geniş
			6- Sağrı Eğimi Oturak yumrusu ile kalça yumrusu arasında hayali olarak çizdiğimiz düz çizginin eğimi ölçülür. Düz bir sağrı 3 notu ile tanımlanır. 1- Çok yükselen 5- Hafif alçalan 9- Çok alçalan
			7- Arka Bacak Açısı Arka bacağın açısına yandan bakılarak ölçülür. 1- Çok dik 5- Orta 9- Çok dar
			8- Tırnak Tırnağın, arka ve dış kenarının yerden yüksekliği ölçülür (Taban yüksekliği). 1- Çok alçak 5- Orta 9- Çok yüksek

Çizelge 1. Sığırlarında doğrusal tip puanlamada göz önüne alınan özellikler.

			<p>9- Diz Arka dizin kalınlığı ölçülür. Değerlendirme arkadan yapılır. 1- Çok yuvarlak ve kaba 5- Orta 9- Çok dar ve narin</p>
			<p>10- Arka Bacak Duruşu Arka bacak duruşu arkadan bakılarak tanımlanır. 1- Dizler çok yakın 5- Dizler biraz yakın 9- Bacaklar paralel</p>
			<p>11- Ön Meme Bağlantısı Memenin karına doğru oluşturduğu açı ölçülür. 1- Çok zayıf 5- Orta 9- Çok güçlü</p>
			<p>12- Arka Meme Yüksekliği Vajina alt kenarı ile meme doku başlangıcı arasındaki mesafe ölçülür. 1- Çok alçak 5- Orta 9- Çok yüksek</p>
			<p>13- Meme Merkez Bağı Meme merkez bağının oluşturduğu oyuğun yukarıya doğru uzunluğu ölçülür. Oyuğun derinliği de dikkate alınır. 1- Çok belirsiz 5- Orta 9- Çok belirgin</p>
			<p>14- Meme Tabanı Yüksekliği Arka diz hizasından yere yatay çizdiğimiz hayali bir doğru ile meme tabanı arasındaki mesafe ölçülür. Not 2: Meme tabanı, arka ayak diz hizasında 1- Çok alçak 5- Orta 9- Çok yüksek</p>
			<p>15- Meme Başı Yerleşimi Ön meme başlarının memeye bağlandığı yer değerlendirilir. Değerlendirme arkadan bakılarak yapılır. 1- Çok dışa doğru 5- Ortaya doğru 9- Çok içe doğru</p>
			<p>16- Meme Başı Uzunluğu Ön meme başlarının uzunluğu ölçülür. 1- Çok kısa 5- Orta 9- Çok uzun</p>
			<p>17- Arka Meme Başı Yerleşimi Arka meme başlarının memeye bağlandığı yer değerlendirilir. Değerlendirme arkadan bakılarak yapılır. 1- Çok dışa doğru 5- Ortaya doğru 9- Çok içe doğru</p>

Çizelge 2. Sığırlarında doğrusal tip puanlamada göz önüne alınan özellikler (Devam).

305 Gün Süt Veriminin Hesaplanması

Ölçüm alınan işletmelerde otomatik sağım sistemi ve buna bağlı sürü yönetim programı mevcut olduğundan, günlük yapılan sağımlardan hayvan başına elde edilen süt miktarı bilgisayara aktarılmaktadır. Dolayısıyla 305 günlük süt verimleri günlük elde edilen süt verimlerinin toplanmasıyla elde edilmiştir.

Somatik Hücre Sayısının Belirlenmesi

Alınan süt örneklerinin somatik hücre sayısı somatik hücre sayım cihazı (Somatic Cell Counter DCC, DeLaval Group, İsveç) ile belirlenmiştir. Gonzalo ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada DeLaval somatik hücre sayım cihazının sütte somatik hücre sayısını belirlemede bir referans metod olarak alınabileceğini bildirmişlerdir.

İstatistiksel Yöntemler

Somatik Hücre Sayımında elde edilen veriler normal dağılım göstermediklerinden, doğal logaritması alındıktan sonra istatistik analizler yapılmıştır (Göncü, 2000; Eydoğan ve ark., 2005; Kul, 2006).

İşletmeler arasında tip özellikleri bakımından farklılığın araştırılmasında Kruskal Wallis testi kullanılmıştır. Kruskal Wallis testi parametrik olmayan verilere (puanlar, skorlar vb.) sahip ikiden fazla grubun ölçümlerinin karşılaştırılmasında kullanılan bir yöntemdir.

Parametrik verilerin karşılaştırılmasında tek yönlü varyans analizinden yararlanılmıştır.

Çalışmada elde edilen verilerin analizi, SPSS 10.0 (SPSS Inc., Chicago, IL, 1999) paket programı ile tekrarlanan ölçümlü deneme modeli kullanılarak yapılmıştır. Bu model, aynı birey üzerinde belli bir zaman süreci içinde, bağımsız değişkenler için birçok kez ölçüm alınması durumunda söz konusudur (Göncü, 2000).

Tekrarlı ölçümlerde varyans analiz modeli;

$$y_{(i)j} = \mu + \tau_i + \varepsilon_{(i)j} \quad i = 1,2,\dots,10 \quad j = 1,2,\dots,88 \quad \text{ve} \quad \varepsilon_{(i)j} \sim N(0, \sigma^2)$$

şeklinindedir. Modelde yer alan $y_{(i)j}$, i . ayda j . inekten elde edilen logshs değerini, μ sabit etkiyi, τ_i i . ayın etkisini ve $\varepsilon_{(i)j}$ hata terimini göstermektedir.

Somatik hücre sayısı ile süt verimi ve tip özellikleri arasındaki ilişkileri belirlemek amacıyla, bu özellikler arasında korelasyon katsayıları hesaplanmıştır.

ARAŞTIRMA BULGULARI

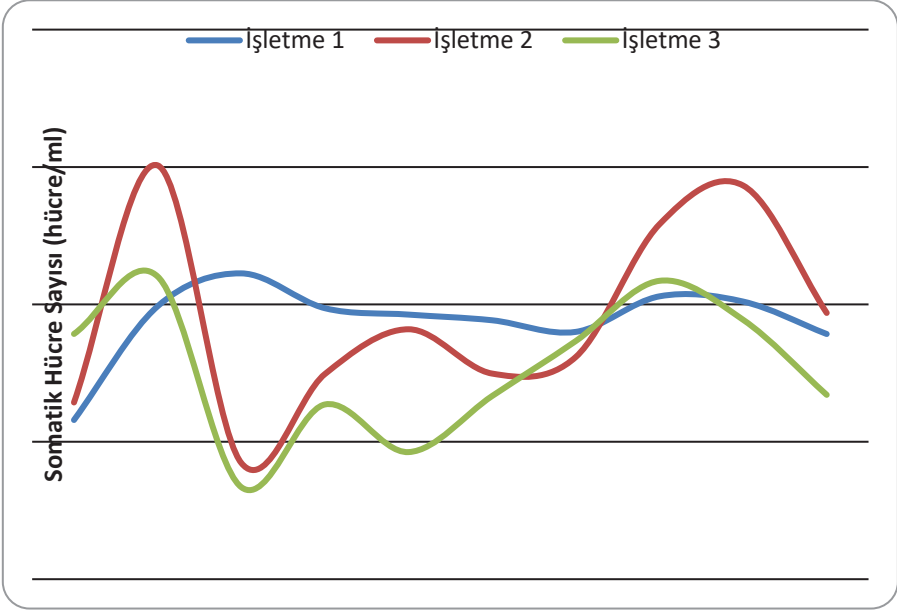
İşletme ve Aylara Göre Somatik Hücre Sayısı

Çalışmanın yapıldığı işletmelerdeki ilkinde doğurmuş ineklerin 10 aylık laktasyon süresince elde edilen ortalama somatik hücre sayısı Tablo 1'de verilmiştir. Genel ortalamalar değerlendirildiğinde işletmelerde SHS

ortalamasının 50.646,67 ile 57.634,48 arasında değişim gösterdiği ve genel olarak 55.344,32 hücre/ml olduğu tespit edilmiştir.

Tablo 1. İşletme ve aylara göre ortalama somatik hücre sayısı

Ay		İşletme 1 n ₁ =29	İşletme 2 n ₂ =29	İşletme 3 n ₃ =30	Genel n=88	P
Aralık	Ortalama	43172.41	45724.14	55700.00	48284.09	0.861
	Std. Sapma	32092.58	71909.61	81703.06	6950.06	
Ocak	Ortalama	59724.14	80241.38	64066.67	67965.91	0.492
	Std. Sapma	52804.83	20405.73	97738.90	14126.32	
Şubat	Ortalama	64517.24	36931.03	33400.00	44818.18	0.087
	Std. Sapma	72941.08	17464.11	19581.13	4923.65	
Mart	Ortalama	59448.28	49862.07	45433.33	51511.36	0.444
	Std. Sapma	63247.01	33970.29	50836.24	5388.22	
Nisan	Ortalama	58517.24	56379.31	38500.00	50988.64	0.478
	Std. Sapma	62740.75	72518.18	15185.63	5953.07	
Mayıs	Ortalama	57689.66	49931.03	46666.67	51375.00	0.872
	Std. Sapma	66458.96	26054.79	23547.95	4580.65	
Haziran	Ortalama	56000.00	52344.83	54666.67	54340.91	0.909
	Std. Sapma	34121.63	18813.51	19722.79	2655.55	
Temmuz	Ortalama	61172.41	71655.17	63433.33	65397.73	0.402
	Std. Sapma	39190.99	56472.67	20051.11	4362.90	
Ağustos	Ortalama	60413.79	77310.34	57766.67	65079.55	0.127
	Std. Sapma	46298.35	70746.08	40929.45	5774.80	
Eylül	Ortalama	55689.66	58758.62	46833.33	53681.82	0.146
	Std. Sapma	42543.34	20835.50	21002.60	3189.77	
Genel	Ortalama	57634.48	57913.79	50646.67	55344.32	0.548
	Std. Sapma	38195.48	29823.75	22788.68	3269.10	



Şekil 1. Somatik hücre sayısının aylara göre değişimi

Bu çalışmada işletmeler arasında somatik hücre sayısı değerleri bakımından bir farklılık olup olmadığı tek yönlü varyans analizi F testi ile incelenmiştir (Tablo 1). İşletmeler arasında somatik hücre sayısı değerleri bakımından anlamlı bir farklılık olup olmadığı F testi sonuçları incelendiğinde, işletmeler arasında SHS değerleri bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($P>0.05$).

Bu çalışmada elde edilen $55.344.32 \pm 3269.10$ ortalama SHS değeri, Avrupa birliği ülkelerinde insan tüketimi için inek karma sütü SHS içeriğini 400000 hücre/ml (Göncü ve Özkütük, 2002) olarak kabul edilen eşik değerinin altındadır. Her üç işletmede benzer somatik hücre sayısı ve aylara göre ortalamalara bakıldığında sıcak mevsimlerde 3 işletmenin ortalamasında da benzer şekilde yükselme eğilimi söz konusudur. Bu üç işletmede de benzer ortalama ve benzer eğilimin tespit edilmiş olması, işletmelerde kullanılan genotipin Siyah Alaca olması ve aynı dönemde doğum yapmış ilk laktasyonlarındaki ineklerden oluşmasının bir sonucu olarak kabul edilebilir.

Esasında işletme etkisi konusunda farklı literatür bildirişleri söz konusu olup çalışma materyalleri ve doğum mevsimleri araştırmalar arasındaki temel farklılıkların elde edilmesinde etken olmuş olabilir. Hogan ve ark. (1989), 9 ticari sürü arasında mastitis görülme sıklığı bakımından farklar olduğunu ve bunun istatistiki olarak önemli bulunduğunu bildirmektedirler. Reneau (1986), mastitis ile idari işler için harcanan zaman arasında, doğru orantılı bir ilişki olduğunu

bildirmektedir. Barkema ve ark. (1999), işletmeler arası mastitis görülme sıklığı ve başlıca etmenler üzerinde yaptıkları çalışma sonucunda mastitisin daha çok barındırma, hijyen ve makineli sağımla, besleme, sağım tekniği gibi konuların işletmeler arasında fark oluşturan başlıca konular olduğunu bildirmektedirler. Göncü ve Özkütük, (2002), işletme etkisini önemli bir faktör olarak bildirirken Koç (2004) ve Çoban ve ark., (2007) işletme etkisini yine bu çalışma sonucunda olduğu gibi önemsiz olarak bildirmektedirler. Araştırmacılar ele aldıkları işletmelere göre SHS'nın farklılık göstermediğini, bu sonucun işletmelerin benzer coğrafi koşullarda olmasından, benzer bakım ve beslemenin uygulanmasından kaynaklanabileceğini öne sürmektedirler.

Somatik Hücre Sayısı Üzerine Ay Etkisi

Aylara göre ortalama somatik hücre sayısı değerleri incelendiğinde (Şekil 1) ayın somatik hücre sayısı değeri üzerinde etkisinin olduğu görülmektedir. Tekrarlı ölçümlerde varyans analizine göre ayın somatik hücre sayısı üzerine etkisi test edilmiş ve sonuçlar Tablo 2'de verilmiştir.

Çalışmada kullanılan ilkinde doğum yapmış ineklerin hepsi Aralık ayında doğurmuş olduğu için laktasyon etkisi ile mevsim etkisi birlikte görülmektedir. Bu sebeple tekrarlanan ölçümlü deneme modelinde yapılan analizde dönem etkisi bu bakımdan değerlendirilmiştir.

Tablo 2. Tekrarlı ölçümlerde varyans analizi ile somatik hücre sayısı değerleri üzerinde ay etkisi

	Somatik Hücre Sayısı	<i>P</i>
Aralık	48284.09 ± 6950.06	0.001
Ocak	67965.91 ± 14126.32	
Şubat	44818.18 ± 4923.65	
Mart	51511.36 ± 5388.22	
Nisan	50988.64 ± 5953.07	
Mayıs	51375.00 ± 4580.65	
Haziran	54340.91 ± 2655.55	
Temmuz	65397.73 ± 4362.90	
Ağustos	65079.55 ± 5774.80	
Eylül	53681.82 ± 3189.77	

Elde edilen verilerin aylara göre ortalamalarını gösteren Tablo 2 incelendiğinde en düşük aylık ortalama SHS değerinin 44818.18 ± 4923.65 ile Şubat ayında elde edilirken en yüksek değer 67965.91 ± 14126.32 h/ml ile Ocak ayında elde edildiği anlaşılmaktadır.

Somatik hücreler kandan süte geçmiş beyaz kan hücreleri ve meme epitel

hücrelerinden oluşmaktadır. Doğumla beraber başlayan süt üretimi laktasyonun ilk 6-8 haftasında pik seviyeye ulaşmaktadır. Yani bu dönemde süt verimi hızlı bir şekilde artmakta süt üretimi için memeden geçen kan miktarında artış olmaktadır. Dolayısıyla süte geçen akyuvar ve meme epitel hücre sayısında bir artış olmaktadır. Çalışmamızda elde edilen doğumdan hemen sonraki süreçte sütteki somatik hücre sayısının artmasına ilişkin bulgu bu şekilde izah edilebilir.

Yine laktasyonun sonlarına doğru somatik hücre sayısının yeniden artış göstermesi ise süt verimindeki azalmaya bağlı olarak somatik hücre sayısındaki nispi artışa ve laktasyon dönemi boyunca makineli sağımdan deforme olan meme başlarından mikroorganizma girişlerinin daha kolaylaşmış olması nedeniyle somatik hücre sayısının artmasına bağlanabilir.

Yapılan bu çalışmada tespit edilen somatik hücre sayısının laktasyon dönemine göre değişimi ile birçok araştırmacının (Kennedy ve ark., 1982; Dunham ve Smith, 1985; Singh ve Ludri, 2001; Boonbrahm ve ark., 2002; Haas, 2003; Koç, 2004; Çoban ve ark., 2007) bu konuda yaptığı çalışma sonuçları örtüşmektedir.

Yine Şekil 1'de görüldüğü üzere sıcak ve nemli aylara doğru gidildikçe SHS'nda bir artış meydana gelmiştir.

Somatik hücre sayısının yaz aylarında kış aylarına nazaran daha yüksek olduğu ve bunun çevre sıcaklığı ve ineğin hormonal yapısında meydana gelen değişimlerden kaynaklandığı çeşitli araştırmacılar tarafından bildirilmiştir (Paape ve ark., 1973; Brown ve ark., 1986; Göncü ve Özkütük, 2002; Eydurun ve ark., 2005).

Ayrıca bu çalışmada hem yaz aylarında hem kış ayları SHS sonuçlarında yükselen değerlerin olması diğer literatür bildirişleri ile uyum içerisindedir. Çünkü mevsimler de önemli bir çevre faktörü olarak SHS'nı etkileyebilmektedir. Bazı araştırmacılar ilkbahar ve yaz mevsiminde meme enfeksiyonlarına daha fazla rastlandığını (Busato ve ark., 2000; Rişvanlı ve Kalkan, 2001; Miller ve ark., 2004) bazıları ise sonbahar ve kış aylarında mastitis insidansının arttığını ifade etmişlerdir (Batra ve ark., 1977; Alrawi ve ark., 1979; Kennedy ve ark., 1982).

İlk kez doğum yapan ve birden fazla doğum yapmış ineklerin somatik hücre sayısının araştırıldığı diğer bir çalışmada, somatik hücre sayısının laktasyon döneminden bağımsız olarak yaz aylarında arttığı bildirilmiştir (Coulon ve ark., 1996). Bu çalışmada her üç işletmede de aynı laktasyon döneminde olan farklı koşullarda tutulan ineklerin yaz aylarında benzer yönde artış eğiliminde olması bu bildirişler ile örtüşmektedir.

Somatik hücre sayısının mevsim ve sıcaklık stresi ile ilişkisini tespit etmek için yapılan çalışmalarda, somatik hücre sayısının yaz aylarında kış aylarına nazaran daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Félix ve ark., 2005; Aydoğdu, 2009).

Yine somatik hücre sayısı ve mevsim arasındaki ilişkiyi belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, somatik hücre sayısının yaz aylarında (mayıs-ocak) kış

aylarına (kasım-nisan) nazaran daha yüksek olduğu tespit edilmiştir (Bueno ve ark., 2005).

Buna karşın, Çoban ve ark. (2007) ise yaptıkları çalışmada Ocak ve Ağustos aylarında işletmelerden süt örnekleri almışlar ve analiz sonucu somatik hücre sayısının kış mevsiminde yaz mevsimine göre daha yüksek olduğunu ve farklılığın istatistiksel olarak önemli olduğunu bildirmişlerdir ($P<0.05$).

Topaloğlu ve Güneş (2005) ise mevsim faktörünün SHS üzerine etkisinin önemsiz ($P>0.05$) olduğunu bildirmişlerdir.

Tip Özellikleri

Çalışmada elde edilen tip özelliklerine ait tanımlayıcı istatistikler ve tip özellikleri bakımından işletmeler arasındaki farklılıklar Kruskal Wallis testi ile test edilmiş ve sonuçlar ve Tablo 3'te verilmiştir. Tip özelliklerinden Sağrı Yüksekliği cm cinsinden ölçüldüğünden bu özellik için tek yönlü varyans analizi yapılmıştır.

Tablo 3. İşletmelere göre tip özellikleri ve işletmeler arası farklılıklar

	İşletme 1	İşletme 2	İşletme 3	Genel	P
	X±Sx	X±Sx	X±Sx		
SY	147.93±0.55 4	148.13±0.49 5	148.43±0.41 7	148.17±0.28 0	0,767
SK	6,48±0,634	6,48±0,574	6,47±0,629	6,48±0,0047	0.990
BD	6,41±0,733	6,38±0,622	6,40±0,724	6,40±0,0124	0.985
GG	5,44±0,736	5,48±0,785	5,43±0,728	5,45±0,0216	0.980
SG	5,48±0,574	5,55±0,572	5,43±0,626	5,49±0,0492	0.757
SE	6,34±0,614	6,17±0,759	6,30±0,651	6,27±0,0725	0.699
ABA	4,75±0,577	4,69±0,660	4,73±0,583	4,72±0,0249	0.856
TY	4,82±0,539	4,72±0,591	4,80±0,551	4,78±0,0432	0.736
ADY	6,37±0,622	6,34±0,614	6,33±0,661	6,35±0,0170	0.964
ABD	5,17±0,759	5,28±0,841	5,17±0,747	5,21±0,0518	0.703
ÖMB	5,37±0,820	5,34±0,769	5,40±0,814	5,37±0,0244	0.516
AMY	5,89±0,817	5,69±1,072	5,90±0,803	5,83±0,0967	0.741
MMB	5,75±0,988	5,97±1,017	5,80±0,997	5,84±0,0941	0.698
MT	6,48±0,688	6,45±0,686	6,50±0,682	6,48±0,0205	0.943
MBY	4,72±0,591	4,86±0,581	4,73±0,583	4,77±0,0637	0.598
MBU	5,24±0,739	5,10±0,724	5,20±0,761	5,18±0,0588	0.724
AMBY	4,93±0,530	4,90±0,673	4,90±0,548	4,91±0,0141	0.975

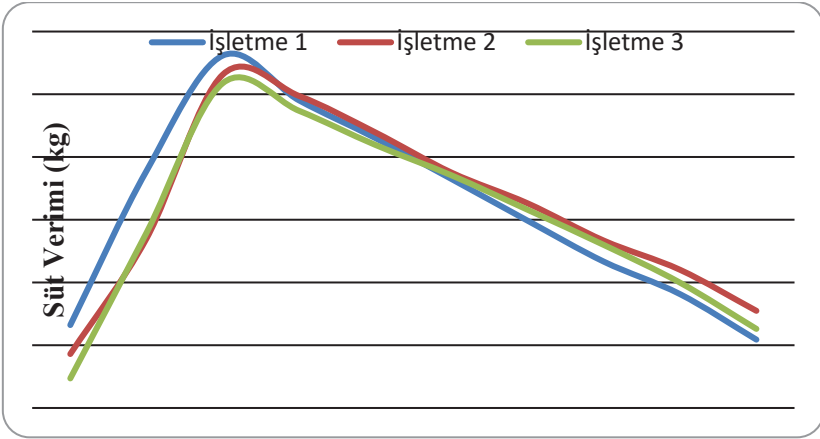
SY: Sağrı Yüksekliği, **SK:** Sütçülük Karakteri, **BD:** Beden Derinliği, **GG:** Göğüs Genişliği, **SG:** Sağrı Genişliği, **SE:** Sağrı Eğimi, **ABA:** Arka Bacak Açısı, **TY:** Tırnak Yüksekliği, **ADY:** Arka Diz Yapısı, **ABD:** Arka Bacak Duruşu, **ÖMB:** Ön Meme Bağlantısı, **AMY:** Arka Meme Yüksekliği, **MMB:** Meme Merkez Bağı, **MT:** Meme Tabanı, **MBY:** Meme Başı Yerleşimi, **MBU:** Meme Başı Uzunluğu, **AMBY:** Arka Meme Başı Yerleşimi

Kruskal Wallis testi sonuçları incelendiğinde ele alınan 16 tip özelliği bakımından işletmeler arasındaki farklılıklar istatistiki olarak önemli tespit edilmemiştir ($P>0.05$).

Ele alınan işletmeler arasında farklılığın olmaması, çalışmanın yapıldığı işletmelerde yetiştirilen hayvanların Siyah Alaca ırkından olması, benzer bakım ve yetiştirme koşullarının uygulanması, yapay tohumlamalarda kullanılan spermaların benzer ihtiyaçlara cevap verecek şekilde seçilmesi, hatta bu spermaların aynı firma tarafından getirilen spermalar olması ve bu spermaların çeşitli dönemlerde kullanılmış olması bu işletmelerde yetiştirilen hayvanların tip özellikleri bakımından birbirine benzemesine neden olmuş olabilir biçiminde açıklanabilir.

Süt Verimi

İşletmelere göre aylık ortalama süt verimi değerlerinin değişimini gösteren çizgi grafiği Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. İşletmelere göre aylık ortalama süt verimlerinin değişimi

İşletmelere göre aylık süt veriminin değişimi incelendiğinde işletmeler arasında anlamlı bir farklılık olmadığı açıkça görülmektedir. Aylık ortalama süt verimi bakımından işletmeler arasında anlamlı bir farklılık olup olmadığı tek yönlü varyans analizi ile test edilmiş ve elde edilen varyans analizi Tablo 4’te verilmiştir.

Tablo 4. İşletme ve aylara göre süt verimi

Ay		İşletme 1	İşletme 2	İşletme 3	Genel	P
Aralık	Ortalama	432.172	386.000	347.133	387.966	0.000
	Std. Sapma	74.944	49.365	34.039	64.852	
Ocak	Ortalama	677.862	570.172	579.267	608.761	0.001
	Std. Sapma	150.692	96.086	93.584	124.848	
Şubat	Ortalama	861.690	831.379	817.667	836.693	0.296
	Std. Sapma	112.272	111.836	105.436	110.137	
Mart	Ortalama	790.345	797.414	773.700	787.000	0.693
	Std. Sapma	115.113	99.519	112.158	108.380	
Nisan	Ortalama	730.310	739.310	719.367	729.546	0.750
	Std. Sapma	103.670	91.839	106.792	100.213	
Mayıs	Ortalama	664.966	675.207	670.833	670.341	0.921
	Std. Sapma	99.227	86.802	101.699	95.178	
Haziran	Ortalama	598.448	626.103	615.833	613.489	0.569
	Std. Sapma	98.735	98.591	102.317	99.427	
Temmuz	Ortalama	533.172	566.655	559.733	553.261	0.338
	Std. Sapma	94.316	86.362	91.860	91.021	
Ağustos	Ortalama	481.345	520.138	499.633	500.364	0.258
	Std. Sapma	94.366	88.857	83.946	89.483	
Eylül	Ortalama	408.966	454.828	426.067	429.909	0.096
	Std. Sapma	97.515	63.503	76.438	81.634	
Genel	Ortalama	617.928	616.721	600.923	611.733	0.613
	Std. Sapma	77.623	65.339	77.280	73.248	

Variyans analizi çizelgesi incelendiğinde aylık ortalama süt verimleri bakımından işletmeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($P_{\text{genel}}=0.613$; $P>0.05$). İşletmelerin süt verimi bakımından benzer olması her üç işletmede de aynı ırk sığırların yetiştirilmesine, hayvanları aynı laktasyon dönemlerinde ve benzer yaşta olmalarının yanısıra benzer bakım besleme koşullarının uygulanmasına bağlanabilir.

Araştırma kapsamındaki işletmelerin 305 günlük süt verimleri ortalaması 6117 ± 73.248 kg olarak tespit edilmiş ve Türkiye’de daha önce yapılmış çalışmalarda elde edilen 305 günlük süt verimleri ile yakın değerlerde olduğu görülmüştür (Kumlu ve Akman, 1999; Ünal ve Cebeci, 2004; Duru, 2005; Koç ve ark., 2005).

Tip Özellikleri ve SHS Arası İlişkiler

Araştırmaya dahil edilen ineklerin tip özelliklerinin somatik hücre sayısı üzerinde etkili olup olmadığı ortaya konabilir. Bu etkinin ortaya konması için gerçekleştirilen tek yönlü varyans analizi sonuçları özetlenerek Tablo 5’te verilmiştir.

Tablo 5. Tip özelliklerinin somatik hücre sayısı üzerine etkileri

SK	F_h	3.126	ABD	F_h	2.050
	p	0.049		p	0.095
BD	F_h	0.056	ÖMB	F_h	1.448
	p	0.982		p	0.235
GG	F_h	2.502	AMY	F_h	4.761
	p	0.065		p	0.002
SG	F_h	0.391	MMB	F_h	1.477
	p	0.678		p	0.227
SE	F_h	0.102	MT	F_h	2.824
	p	0.903		p	0.044
ABA	F_h	1.305	MBY	F_h	0.892
	p	0.277		p	0.414
TY	F_h	0.155	MBU	F_h	0.099
	p	0.856		p	0.960
ADY	F_h	0.030	AMBY	F_h	0.320
	p	0.963		p	0.811

Tablo 5'teki sonuçlar incelendiğinde süt karakteri, arka meme yüksekliği ve meme tabanı özelliklerinin somatik hücre sayısı değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir ($P < 0.05$).

Geriye kalan diğer tip özelliklerinin somatik hücre sayısı üzerine anlamlı bir etkisi bulunamamıştır ($P > 0.05$).

Süt karakteri, arka meme yüksekliği ve meme tabanına göre oluşturulan gruplardan hangisi veya hangileri arasında gerçekleşen farkların anlamlı olduğunun belirlenmesi için çoklu karşılaştırma testlerinden en küçük anlamlı fark testi uygulanmıştır. İlkinde doğuran Siyah Alaca ineklerin süt karakteri grupları arasında somatik hücre sayısı değeri bakımından gerçekleştirilen en küçük anlamlı fark testi sonuçları Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Farklı süt karakterlerinin çoklu karşılaştırma ile belirlenmesi

Puan Grupları	Puan Grupları	Ortalamalar Arası Fark	Standart Hata	p
5	6	0.2894	0.213	0.1797
5	7	0.0527	0.210	0.8031
6	7	-0.2366(*)	0.099	0.0193

SHS için farklı süt karakterlerinin belirlenmesi için uygulanan çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde süt karakteri 6 olan ilkinde doğuran Siyah Alaca düveler ile süt karakteri 7 olan ilkinde doğuran Siyah Alaca ineklerin somatik hücre sayısı değerleri birbirinden istatistiksel olarak farklıdır ($P < 0.05$). Buna göre süt karakteri 7 olan ilkinde doğuran Siyah Alaca ineklerin somatik hücre sayısı, süt karakteri 6 olan ilkinde doğuran Siyah Alaca düvelere göre daha yüksektir.

İlkinde doğuran Siyah Alaca ineklerin arka meme yüksekliği grupları arasında SHS değeri bakımından gerçekleştirilen en küçük anlamlı fark testi sonuçları Tablo 7’de verilmiştir.

Tablo 7. Farklı arka meme yüksekliklerinin çoklu karşılaştırma ile belirlenmesi

Puan Grupları	Puan Grupları	Ortalamalar Arası Fark	Standart Hata	<i>p</i>
3	5	0.7940(*)	0.3350	0.0201
3	6	0.6579(*)	0.3050	0.0339
4	5	0.7156(*)	0.2119	0.0011
4	6	0.5795(*)	0.1603	0.0005
4	7	0.4538(*)	0.1855	0.0166

Tablo 7’de yer alan çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde arka meme yüksekliği 3 olan ilkinde doğuran Siyah Alaca ineklerin somatik hücre sayısı, arka meme yüksekliği 5 ve 6 olanlara göre daha düşüktür. Ayrıca arka meme yüksekliği 4 olan ilkinde doğuran Siyah Alaca ineklerin somatik hücre sayısı, arka meme yüksekliği 5, 6 ve 7 olanlara göre daha düşüktür.

Arka meme yüksekliği, memenin arka bacaklar arasında görülen bağlantısı olup memenin kapasitesini tahmin etmeye yarar (Özcan, 1995; Kumlu, 1999; Koyuncu ve ark., 2001). DeGroot ve ark. (2002) arka meme yüksekliğinin SHS ile orta derecede ilişkili olduğunu, arka meme yüksekliğinin artmasıyla SHS’nin da arttığını bildirmektedirler. Rogers (1997), arka meme yüksekliğinin klinik mastitis ile pek ilişkisi olmadığını, DeGroot ve ark. (2002) ise SHS ile orta derecede ilişkili olduğunu, arka meme yüksekliğinin artmasıyla SHS’nin da arttığını bildirmektedirler.

İlkinde doğuran Siyah Alaca ineklerin meme tabanı grupları arasında somatik hücre sayısı değeri bakımından gerçekleştirilen en küçük anlamlı fark testi sonuçları Tablo 8’de verilmiştir.

Tablo 8. Farklı meme tabanlarının çoklu karşılaştırma ile belirlenmesi

Puan Grupları	Puan Grupları	Ortalamalar Arası Fark	Standart Hata	<i>p</i>
5	6	0.5546(*)	0.195	0.0058
5	7	0.5354(*)	0.194	0.0072

Somatik hücre sayısı için farklı meme tabanlarının belirlenmesi için gerçekleştirilen çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde meme tabanı 5 olan ilkinde doğuran Siyah Alaca düveler ile meme tabanı 6 ve 7 olan ilkinde doğuran Siyah Alaca ineklerin somatik hücre sayısı değerleri birbirinden istatistiksel olarak farklıdır ($P < 0.05$). Buna göre meme tabanı 5 olan (memeleri yere yakın olan) ineklerin somatik hücre sayısı, meme tabanı 6 ve 7 olan düvelere göre daha yüksektir.

Meme tabanı ile somatik hücre sayısı arası ilişki için bu çalışmada bulunan sonuçlar ile birçok araştırmacının sonuçları örtüşmektedir.

Rogers ve ark. (1998), yaptıkları araştırmada meme tabanı ile SHS arasında pozitif yönde korelasyonlar tespit etmişlerdir. Daha yüksek memeler, daha düşük SHS'na neden olmakta (Rogers ve Hargrove, 1993), mastitis riskini azaltmaktadır (Rogers, 1996; Rogers, 1997; Rogers ve ark., 1998). Bu nedenle daha yüksek memeler için yapılan seleksiyonlarla, süt sığırlarında mastitise karşı direnç artmaktadır. Çünkü daha yüksek memeler, yaralanmalardan ve çevresel patojenlerden daha az etkilenmektedir (Rogers ve Hargrove, 1993).

Kul ve ark., (2006), yaptığı çalışmada daha derin memelere sahip ineklerde SHS'nın daha fazla olduğunu, bu durumun memenin yere daha yakın olması nedeniyle travmalara ve mikroorganizma bulaşmasına daha fazla maruz kalmasından kaynaklanabileceğini bildirmiştir.

Tip Özellikleri, Somatik Hücre Sayısı ve Süt Verimi Arası Korelasyonlar

Somatik Hücre Sayısı, tip özellikleri ve süt verimi arasındaki korelasyonlar incelenmiş ve bulgular Tablo 9'da verilmiştir.

Tablo 9. Somatik Hücre Sayısı, tip özellikleri ve süt verimi arası korelasyonlar

	SHS	SV	SY	SK	BD	GG	SG	SE	ABA	TY	ADY	ABD	OMB	AMY	MMB	MT	MBY	MBU	AMBY
SHS	1	0,023	0,075	0,152	0,016	0,177	0,050	0,018	-0,023	-0,017	-0,028	0,242	0,168	-0,253*	-0,118	-0,171	0,104	-0,154	0,089
SV		1	0,346	0,089	0,031	0,197	0,012	0,069	-0,021	0,072	0,018	0,001	0,067	-0,115	0,079	-0,127	0,065	0,057	0,185

Somatik hücre sayısı ile süt verimi, sağrı yüksekliği, sütçülük karakteri, beden derinliği, göğüs genişliği, sağrı genişliği, sağrı eğimi, arka bacak duruşu, ön meme bağlantısı, meme başı yerleşimi ve arka meme başı yerleşimi arasında

pozitif yönde (0.023, 0.075, 0.152, 0.016, 0.177, 0.050, 0.018, 0.242, 0.168, 0.104 ve 0.089) ancak istatistiksel anlamda önemsiz düzeyde korelasyonlar tespit edilmiştir ($P>0.05$).

Somatik hücre sayısı ile arka bacak açısı, tırnak yüksekliği, arka diz yapısı, meme merkez bağı, meme tabanı ve meme başı uzunluğu arasında negatif yönde (-0.023, -0.017, -0.028, -0.118, -0.171, -0.154) ancak istatistiksel anlamda önemsiz düzeyde ($P>0.05$) korelasyonlar tespit edilmiştir.

Ele alınan tip özelliklerinden sadece arka meme yüksekliği ile somatik hücre sayısı arasında negatif yönde ve istatistiksel anlamda önemli düzeyde ($P<0.05$) korelasyon tespit edilmiştir.

Süt verimi ile sağrı yüksekliği, sütçülük karakteri, beden derinliği, göğüs genişliği, sağrı genişliği, sağrı eğimi, tırnak yüksekliği, arka diz yapısı, arka bacak duruşu, ön meme bağlantısı, meme merkez bağı, meme başı yerleşimi, meme başı uzunluğu ve arka meme başı yerleşimi arasında pozitif yönde (0.346, 0.089, 0.031, 0.197, 0.012, 0.069, 0.072, 0.018, 0.001, 0.067, 0.079, 0.065, 0.057, 0.185) ancak istatistiksel olarak önemsiz düzeyde ($P>0.05$) korelasyonlar tespit edilmiştir.

Süt verimi ile arka bacak açısı, arka meme yüksekliği ve meme tabanı arasında negatif yönde (-0.021, -0.115, -0.127) ancak istatistiksel olarak önemsiz ($P>0.05$) korelasyonlar tespit edilmiştir.

Elde edilen korelasyon değerleri somatik hücre sayısı ve süt veriminin bazı tip özelliklerinden etkilendiğini ancak bu etkilenişin istatistiksel anlamda önemli olmadığını ortaya koymaktadır. Çalışmada elde edilen bulgular birçok araştırmacının bildirişleri ile uyumluluk göstermesine rağmen analizi yapılan verilerin kısıtlı olması bu konuda daha geniş bir değerlendirmenin yapılamamasına neden olmuştur.

SONUÇLAR

Bu çalışma ile elde edilmiş olan sonuçları aşağıdaki başlıklar altında toplamak mümkündür.

İşletme ve Aylara Göre Somatik Hücre Sayısı

Genel ortalamalar değerlendirildiğinde işletmelerde somatik hücre sayısı ortalamasının 50.646,67 ile 57.634,48 hücre/ml arasında değişim gösterdiği ve genel olarak $55.344,32 \pm 3.269,10$ hücre/ml olduğu tespit edilmiştir. İşletmeler arasında somatik hücre sayısı değerleri bakımından istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmamıştır ($P>0.05$). Bu üç işletmede de benzer ortalama ve benzer eğilimin tespit edilmiş olması, işletmelerde kullanılan genotipin Siyah Alaca olması ve aynı dönemde doğum yapmış ilk laktasyonlarındaki ineklerden oluşmasının bir sonucu olarak kabul edilebilir.

Somatik Hücre Sayısına Ay Etkisi

Bu çalışmada kullanılan ilkinde doğum yapmış ineklerin hepsi Aralık ayında doğurmuş olduğu için laktasyon etkisi ile mevsim etkisi birlikte görülmektedir. En düşük aylık ortalama somatik hücre sayısı değerinin $44.818,18 \pm 4.923,65$ hücre/ml ile Şubat ayında elde edilirken en yüksek değerin $67.965,91 \pm 14.126,32$ hücre/ml ile Ocak ayında elde edildiği anlaşılmaktadır. Elde edilen sonuçlar incelendiğinde somatik hücre sayısı değerleri üzerinde ay ve laktasyon dönemi etkisi olarak kabul edilmiş olan periyot etkisinden ziyade laktasyon dönem etkisinin öne çıktığı anlaşılmaktadır. Zaten literatürde de laktasyon dönem etkisine ait ortak görüş etkili olduğu yönünde iken mevsim veya ayların etkisi konusunda çelişkili sonuçlar olması da bu teoriyi destekler niteliktedir.

Bu çalışmada hem yaz aylarında hem kış ayları somatik hücre sayısı sonuçlarında yükselen değerlerin olması diğer literatür bildirimleri ile uyum içerisindedir. Çünkü mevsimler önemli bir çevre faktörü olarak somatik hücre sayısını etkileyebilmektedir. Bazı araştırmacılar ilkbahar ve yaz mevsiminde meme enfeksiyonlarına daha fazla rastlandığını bazıları ise sonbahar ve kış aylarında mastitis insidansının arttığını ifade etmişlerdir.

Tip Özellikleri

İncelenen 16 tip özelliği bakımından işletmeler arasındaki farklılıkların istatistiki olarak önemli olmadığı tespit edilmiştir ($P>0.05$). Genel bir değerlendirme yapılacak olursa, çalışmanın yapıldığı işletmelerin her birinde benzer bakım ve yetiştirme koşullarının uygulanması ve aynı ırkın yetiştirilmesi bu işletmelerde yetiştirilen hayvanların tip özellikleri puanlarının benzer değerler göstermesini açıklayabilir.

Süt Verimi

Aylık ortalama süt verimi bakımından işletmeler arasında istatistiksel olarak anlamlı bir farklılık bulunmamıştır ($P_{genel}=0.613$; $P>0.05$). Çalışma kapsamında değerlendirilen işletmelerin ortalama süt verimlerinin Türkiye’de daha önce yapılmış çalışmalar ile benzer olduğu görülmektedir.

Tip Özellikleri, Süt verimi ve Somatik Hücre Sayısı Arası İlişkiler

Bu çalışma sonucunda süt karakteri, arka meme yüksekliği ve meme tabanı özelliklerinin somatik hücre sayısı değeri üzerinde anlamlı bir etkiye sahip olduğu görülmektedir ($P<0.05$). Geriye kalan diğer tip özelliklerinin somatik hücre sayısı üzerine anlamlı bir etkisi bulunamamıştır ($P>0.05$).

Somatik hücre sayısı için farklı süt karakterlerinin belirlenmesi için uygulanan çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde süt karakteri 6 olan ilkinde doğuran

Siyah Alaca düveler ile süt karakteri 7 olan ilkinde doğuran Siyah Alaca ineklerin somatik hücre sayısı değerleri birbirinden istatistiksel olarak farklıdır ($P<0.05$). Buna göre süt karakteri 7 olan ilkinde doğuran Siyah Alaca ineklerin somatik hücre sayısı, süt karakteri 6 olan ilkinde doğuran Siyah Alaca düvelere göre daha yüksektir.

Arka meme yüksekliği 3 olan ilkinde doğuran Siyah Alaca ineklerin somatik hücre sayısı, arka meme yüksekliği 5 ve 6 olanlara göre daha düşüktür. Ayrıca arka meme yüksekliği 4 olan ilkinde doğuran Siyah Alaca ineklerin somatik hücre sayısı, arka meme yüksekliği 5, 6 ve 7 olanlara göre daha düşüktür.

İlkinde doğuran Siyah Alaca ineklerin meme tabanı grupları arasında somatik hücre sayısı için farklı meme tabanlarının belirlenmesi için gerçekleştirilen çoklu karşılaştırma sonuçları incelendiğinde meme tabanı 5 olan ilkinde doğuran Siyah Alaca düveler ile meme tabanı 6 ve 7 olan ilkinde doğuran Siyah Alaca ineklerin somatik hücre sayısı değerleri birbirinden istatistiksel olarak farklıdır ($P<0.05$). Buna göre meme tabanı 5 olan (memeleri yere yakın olan) ineklerin somatik hücre sayısı, meme tabanı 6 ve 7 olan düvelere göre daha yüksektir. Meme tabanı ile somatik hücre sayısı arası ilişki için bu çalışmada bulunan sonuçlar ile birçok araştırmacının sonuçları örtüşmektedir.

Tip Özellikleri, SHS ve Süt Verimi Arası Korelasyonlar

Somatik hücre sayısı ile süt verimi, sağrı yüksekliği, sütçülük karakteri, beden derinliği, göğüs genişliği, sağrı genişliği, sağrı eğimi, arka bacak duruşu, ön meme bağlantısı, meme başı yerleşimi ve arka meme başı yerleşimi arasında pozitif yönde (0.023, 0.075, 0.152, 0.016, 0.177, 0.050, 0.018, 0.242, 0.168, 0.104 ve 0.089) ancak istatistiksel anlamda önemsiz düzeyde korelasyonlar tespit edilmiştir ($P>0.05$).

Somatik Hücre Sayısı ve Süt Verimi Arası Korelasyon

Bu çalışmada somatik hücre sayısı ile süt verimi arasında 0,023 düzeyinde düşük pozitif yönlü ve istatistiki anlam düzeyinde önemsiz bir korelasyon tespit edilmiştir ($P>0.05$).

Somatik Hücre Sayısı ve Tip Özellikleri Arası Korelasyon

Somatik Hücre Sayısı ile tip özellikleri arasında yapılan korelasyon analizi sonucu genel olarak düşük pozitif yönlü korelasyonlar tespit edilmiştir. Bu bulgulardan sadece somatik hücre sayısı ile Arka Meme Yüksekliği arasında negatif yönde istatistiki olarak anlamlı bir ilişki çıkmıştır ($r = -0,253$, $P<0.05$). Arka meme yüksekliğinin artması ile somatik hücre sayısı azalmaktadır. Bu sonuç birçok araştırmacının sonuçları ile uyum içerisindedir.

Tip Özellikleri ve Süt Verimi Arası Korelasyon

Araştırmadan elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucu tip özellikleri ile süt verimi arasında düşük düzeyde ve istatistiki olarak önemsiz korelasyonlar tespit edilmiştir ($P>0.05$).

Sonuç olarak, elde edilen veriler ışığında 3 farklı entansif süt sığırcılığı işletmesinde yılın aynı mevsiminde doğuran 88 sağmal Siyah Alaca inekte somatik hücre sayısı, süt verimi ve tip özellikleri arası ilişkilerin önemi ortaya koymuş ve sürüde planlı yetiştiricinin önemini ve planlı çiftleştirmede ve işletmelerde sperma seçiminde gerek sürü sağlığı ve gerekse uzun ömürlülük açısından çok büyük önem arz eden tip özelliklerinin sürü idaresinde kullanılması gerekliliğini vurgulanmıştır. Yapılan çalışmalarda meme özellikleri bakımından doğru seçim yapılması ile mastitis ve somatik hücre sayısının önemli ölçüde önlenebileceği bildirilmektedir. Sütçülük, arka meme bağlantısı, ön meme bağlantısı, meme derinliği, meme başı yerleşimi gibi özellikler mastitis ve somatik hücre sayısı ile yüksek korelasyona sahiptirler. Bu nedenle süt sığırcılığında bu özelliklerin tespiti, iyileştirme için sperma özellikleri incelenmesinde kriter olarak kullanımı ve somatik hücre sayısı takibi ile işletmeyi ekonomik zarar uğratmadan yetiştiriciliği mümkün kılacaktır. Memede oluşabilecek sarkmalar ve yaralanmalar gibi dış etkiler memenin hastalanmasına ve ileriki dönemlerde hayvanın elden çıkarılmasına yol açabilmektedir. Sürü içindeki mastitis vakalarının azaltılmasında daha düşük somatik hücre sayısı, daha sıkı ön meme bağlantısı, daha kısa meme başları ve daha dar meme başı yerleşimine sahip ineklerin seçimine ağırlık verilmesi ile işletmelerin karlılığını da artıracığı söylenebilir.

KAYNAKÇA

1. Akbaş, Y., Kaya, A., Kaya, İ. Ve Öneç, A., 1998. Süt Sığırcılığında Boğa Seçimi İçin Kullanılan İndekslerin Karşılaştırılması Ve Yararlanma Olanakları. 534-541, Bölgesi I.Tarım Kongresi, 7-11 Eylül 1998, Aydın.
2. Alaçam , E., Alpan, O., Tekeli, T., 1983. Süt İneklerinde Bazı Meme Ölçümleri Ve Süt Verimi İle Subklinik Mastitis Arasındaki İlişkiler. Lalahan Zootekni Araştırma Enstitüsü 23:8 5-99.
3. Alrawı, A. A., Pollak, E. J., Laben, R. C., 1979. Genetic Analysis Of Colifornia Matitis Test Recort 1. Coded Tests. J. Dairy Sci., 62 : 1115 -1124.
4. Anonymous, 2000a. Çiğ Süt Ve Isıl İşlem Görmüş İçme Sütleri Tebliği. Tarih: 14.02.2000-23964tebliğ No: 2000/6
5. Anonymous, 2000b. Damızlık Süt Sığırlarında Soykütüğü Talimatı. Tarım Ve Köyişleri Bakanlığı, Tarımsal Üretim Ve Geliştirme Genel Müdürlüğü, Ankara, 2000.
6. Anonymous, 2003. Holstein Irkı Damızlık Sığırlarda Dış Görünüş Özelliklerine Göre Sınıflandırma Kurs Notları. Cord Holste. Karacabey Tarım İşletmesi Bursa.
7. Anonymous, 2005. World Holstein Fresian Fedaration. Linear Type Evulation. [Http://Www.Whff.İnfo/İnfo/Typetraits/Type_En_2005-2.Pdf](http://Www.Whff.İnfo/İnfo/Typetraits/Type_En_2005-2.Pdf)
8. Aydoğdu, İ., 2009. Konya'daki Kimi Süt Sığırı İşletmelerinin Tank Sütü Somatik Hücre Sayıları Ve Buna Kimi Faktörlerin Etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi. Konya. 2009.
9. Aytür, E., 1990. Adana'da Satılan Sokak Sütlerinin Bazı Fiziksel, Kimyasal Ve Mikrobiyolojik Özellikleri Üzerinde Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Adana.
10. Barkema, H.W., Van Der Ploeg, J.D., Schukken, Y.H., Lam, T.J.G.M., Benedictus, G., Brand, A., 1999. Management Style And İts Association With Bulk Milk Somatic Cell Count And İncidence Rate Of Clinical Mastitis. J Dairy Sci, 82,1655-1663.
11. Batra, T. R., Nonneckke, F. H. S., Hacker, R. R., 1977. Incidence Of Clinical Mastitis İn Herd Of Holstein Cattle. J Dairy Sci., 64(4) 2438-2440.
12. Boettcher, P.J., Hansen, L.B., Chester-Jones, H. , And Young, C.W., 1993. Responses Of Yield And Conformation To Selection For Milk İn A Designed Experiment With A Control Population. J. Dairy Sci. 76:267-273.
13. Boldman, K.G., A.E. Freeman, B.L. Harris, And A.L. Kuck. 1992. Prediction Of Sire Transmitting Abilities For Herd Life From Transmitting Abilities For Linear Type Traits. J. Dairy Sci. 75: 552-563

- 14.Boonbrahm, N., Peters, K. J., Intisang, W., 2002. Effect Of Calf Rearing Management On Milk Yield And Udder Health Of Crossbred Dairy Cattle In Thailand. [Http://Www.Tropentag.De/2002](http://Www.Tropentag.De/2002)).
- 15.Brown, C. A., Rischette, S. J. And Schultz, L. H., 1986. Relationship Of Milking Rate To Somatic Cell Count. *J. Dairy Sci.* Vol. 69 No. 3 850-854.
- 16.Bueno, V.F.F., De Mesquita, A.J., Nicolau, E.S., De Oliveira, A.N., De Oliveira, J.P., Neves, R.B.S., Mansur, J.R.G. And Thomaz, L.W., 2005. Somatic Cell Count: Relationship To Milk Composition And Period Of The Year In Goiás State, Brazil. *Ciência Rural*, Santa Maria, V.35, N.4, P.848-854, Jul-Ago, 2005
- 17.Busato, A., Trachsel, P., Schallibaum, M., Blum, J. M., 2000. Udder Health And Risk Factors For Subclinical Mastitis In Organic Dairy Farms In Switzerland. *Preventive Veterinary Medicine*, 44: 205-220.
- 18.Coulon, J.B., Dauver, F., Garel, J.P. 1996. Facteurs De Variation De La Numération Cellulaire Du Lait Chez Des Vaches Laitières Indemnes De Mammites Cliniques. *Inra Prod. Anim.*, 9(2): 133-139. Erişim: [Http://Granit.Jouy.Inra.Fr/Productionsanimales/1996/Prod_Anim_1996_9_2_05.Pdf](http://Granit.Jouy.Inra.Fr/Productionsanimales/1996/Prod_Anim_1996_9_2_05.Pdf) (14.07.2009)
- 19.Çoban, Ö., Sabuncuoğlu, N. Ve Tüzemen, N., 2007. “Meme Ve Meme Başı Özelliklerinin Sütteki Somatik Hücre Sayısıyla İlişkileri”, *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 2, 15-20 (2007).
- 20.Degroot, B.J., J.F. Keown, L.D. Van Vleck And E.L. Marotz. 2002. Genetic Parameters And Responses Of Linear Type, Yield Traits, And Somatic Cell Scores To Divergent Selection For Predicted Transmitting Ability For Type In Holsteins. *J. Dairy Sci.* 85: 1578-1585.
- 21.Dunham, J. R., Smith, J. F., 1985. Focus On Dairy: Characteristics Of Low Somatic Cell Count (Scc) Herds. [Http://Www.Oznet.Ksu.Edu/Library/Lvstk2/Mf789.Pdf](http://Www.Oznet.Ksu.Edu/Library/Lvstk2/Mf789.Pdf) (Erişim Tarihi: 1.11.2008).
- 22.Duru, S., 2005. Siyah Alaca Sığırlarda Dış Görünüş Özelliklerine Ait Parametre Ve Damızlık Değer Tahmini. Uludağ Ü. Doktora Tezi. 2005. Bursa.
- 23.Eyduran, E., Özdemir, T., Yazgan, K., Keskin, S., 2005.Siyah Alaca İnek Sütündeki Somatik Hücre Sayısına Laktasyon Sırası Ve Dönemin Etkisi. *Yyü Vet. Fak Derg.* 16(1):61-65.
- 24.Félix, B. V. F., José, M. A., Soares, N. E., Nonato, O. A., Pereira, O. J., Soares, N. R. B., Garcia, M. J. R., Werner, T. L., 2005. Somatic Cell Count: Relationship To Milk Composition And Period Of The Year In Goiás State, Brazil. Erişim:

<Http://Www.Doaj.Org/Doaj?Func=Abstract&Id=119053&Toc=Y>
(21.09.2010)

25. Galton, D. M., Adkinson, R. W., Thomas, C. V. And Smith, T. W., 1982. Effects Of Premilking Udder Preparation On Environmental Bacterial Contamination Of Milk. *J.Dairy Sci.* Vol. 65 No. 8 1540-1543.
26. Gonzalo, C., Linage, B., Carriedo, J.A., De La Fuente, F., Primitivo, F.S., 2006. Evaluation Of The Overall Accuracy Of The Delaval Cell Counter For Somatic Cell Counts In Ovine Milk. *J Dairy Sci.* 2006 Dec;89(12):4613-9.
27. Göncü, S., 2000. Adana Entansif Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Yetiştirilen Saf Ve Melez Siyah Alaca İnek Sütlerinde Somatik Hücre Sayısına Etki Eden Faktörler Ve Mastitis İle İlişkisi. Ç.Ü. Doktora Tezi, Adana.
28. Göncü, S., Özkütük, K., 2002. Adana Entansif Süt Sığırcılığı İşletmelerinde Yetiştirilen Saf Ve Melez Siyah Alaca İnek Sütlerinde Somatik Hücre Sayısına Etki Eden Faktörler Ve Mastitis İle İlişkisi *Hayvansal Üretim* 43(2): 44-53.
29. Gutiérrez, J. P. And F. Goyache. 2002. Estimation Of Genetic Parameters Of Type Traits İn Asturiana De Los Valles Beef Cattle Breed. *J Anim Breed Genet.* 119: 93-100
30. Haas, Y., 2003. Somatic Cell Count Patterns. Improvement Of Udder Health By Genetics And Management. Ph.D. Thesis, Wageningen University.
31. Hamoen, A., 1994. Type Classification (I). *Veepro Magazine.* December Vol:21, 16-17.
32. Hayes, A.E. And Mao, I.L., 1987. Effects Of Parity, Age, And Stage Of Lactation At Classification On Linear Type Scores Of Holstein Cattle. *J. Dairy Sci.* 70:1898-1905.
33. Hickman, C.G. 1964. Teat Shape And Size İn Relation To Production Characteristics And Mastitis İn Dairy Cattle. *J. Dairy Sci.*, 47:777.
34. Hogan, J.S., Smith, K.L., Hoblet, K.H., Schoenberger, P.S., Todhunter, D.A., Hueston, W.D., Pritchard, D.E., Bowman, G.L., Heider, L.E., Brocket, B.L., Conrad, H.L., 1989. Field Survey Of Clinical Mastitis İn Low Somatic Cell Count Herds. *J. Dairy Sci.* 72,1547-1556.
35. Juozaitiene, V., Juozaitis, A., Micikeciene, R., 2006. Relationship Between Somatic Cell Count And Milk Production Or Morphological Traits Of Udder İn Black-And-White Cows. *Türk J. Vet. Anim. Sci.* 30:1-5.
36. Kaya, A., 1992. Büyükbaş Hayvan Yetiştirme Bölüm-1 E.Ü. Zir. Fak. Yay. Ders Not N:14/3.84s
37. Kennedy, B. W., Sethar, M. S., Tong, A.K.W., Moxley, J. E, Downey, B.

- R., 1982. Environmental Factors Influencing Test-Day Somatic Cell Counts In Holsteins. *J. Dairy Sci.*, 65: 275-280.
- 38.Kesenkaş, H., 2008. Çiğ Sütün Depolaması & Somatik Hücre Sayısının Kontrolü Uluslararası Süt Sığırcılığı Ve Süt Ürünleri Çalıştayı. 28-29 Nisan 2008 İzmir.
- 39.Koç, A., 2004. Aydın'da Yetiştirilen Siyah-Alaca Ve Esmer Irkı Sığırlarda Sütteki Somatik Hücre Sayısının Değişimi. 4. Ulusal Zootehni Bilim Kongresi, SdÜ Ziraat Fak. Zootehni Bölümü, Sözlü, 1-4 Eylül, Sayfa 204-208, Isparta.
- 40.Koç, A, Akçay, H., Karaca, O., Cemal, İ., Kızılkaya, K. Ve Armağan, G. 2005. Aydın İli Koçarlı İlçesi'nde Yetiştirilen Siyah-Alaca Süt Sığırlarının Verim Özellikleri. Sonuç Raporu. Zrf-03014. Adü Bilimsel Araştırmalar Komisyonu Başkanlığı. Aydın.
- 41.Kul, E., Erdem, H. Ve Atasever, S., 2006. Süt Sığırlarında Farklı Meme Özelliklerinin Mastitis Ve Süt Somatik Hücre Sayısı Üzerine Etkileri. *Omü Zir. Fak. Dergisi*, 2006,21(3): 350-356 *J. Of Fac. Of Agric.*, Omu, 2006,21(3): 350-356
- 42.Kumlu, S. 1999. Damızlık Ve Kasaplık Sığır Yetiştirme (Ders Kitabı). Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootehni Anabilim Dalı. Antalya.
- 43.Kumlu, S, Akman, N., 1999. Türkiye Damızlık Siyah Alaca Sürülerinde Süt Ve Döl Verimi. *Lalahan Hay. Araşt. Enst. Derg.* 1999, 39 (1)
- 44.Larroque, H., And V. Ducrocq. 2001. Relationship Between Type And Longevity In The Holstein Breed. *Genet. Sel. Evol.* 33:39-59.
- 45.Lawstuen D.A., Hansen, L.B., And Johnson, L.P., 1987. Inheritance And Relationships Of Linear Type Traits For Age Groups Of Holsteins. *J. Dairy Sci.* 70: 1027-1035.
- 46.Miller, R. H., Norman, H. D., Wiggand, G. R., Wright, J. R., 2004. Relationship Of Test-Day Somatic Cell Score With Test-Day And Lactation Milk Yields. *J. Dairy Sci.* 87:2299-2306.
- 47.Özcan, K., 1995. Damızlık İneklerin Dış Görünüş Özelliklerine Göre Değerlendirilmesi. *Türk Holstein Friesian Yetiştiricileri Dergisi* 1(2):7-9.
- 48.Özet, H., 2001. Ceylanpınar Tarım İşletmesi'ndeki Siyah-Beyaz Alaca Irkı İneklerin Linear (Doğrusal) Tip Özellikleri İle Süt Verimleri Arasındaki İlişkiler. F.Ü. Doktora Tezi. 100 Syf. (Yayınlanmamış).
- 49.Paape M.J, Schultze W.D, Miller R.H, Smith J.W. 1973. Thermal Stres And Circulating Erythrocytes. Leucocytes And Somatic Ceus. *J. Dairy Science.*56,1,84-91.
- 50.Pasman, E. And Reinhardt, F., 1999. Genetic Relationships Between Type Composites And Length Of Productive Life Of Black-And-White Holstein

- Cattle İn Germany. Proc. Of The Int. Workshop On Eu Concerted Action On The Genetic Improvement On Functional Traits İn Cattle (Gıft) – Longevity. France. Interbull Bulletin 21:117-121.
- 51.Reneau, J.K.,1986. Effective Use Of Dairy Herd Improvement Somatic Cell Counts İn Mastitis Control. J Dairy Sci, 69,1708-1720.
- 52.Rişvanlı, A., Kalkan, C., 2001. Elazığ Bölgesi Süt İneklerinde Klinik Ve Subklinik Mastitislerin Dağılımı, Mastitislere Sebep Olan Mikroorganizmaların İzolasyonu Ve Antibiyotiklere Duyarlılıkları Üzerine Çalışma. Süt İneklerinde Mastitis Sempozyumu, 04-05 Mayıs 2001, Akdeniz Üniversitesi Veteriner Fakültesi, Yayın No: 2, Isbn:975/7666-629.
- 53.Rogers, G. W., Hargrove, G. L., Lawlor, T. J., Ebersole, J. L., 1991. Correlations Among Linear Traits And Somatic Cell Count. J. Dairy Sci. 74:1087- 1091.
- 54.Rogers, G. W., 1993. Index Selection Using Milk Yield, Somatic Cell Score, Udder Depth, Teat Placement, And Foot Angle. J. Dairy Sci. 76: 664-670
- 55.Rogers, G. W., Hargrove, G.L., 1993. Absence Of Quadratic Relationships Between Genetic Evaluations For Somatic Cell Scores And Udder Linear Traits. J. Dairy Sci. 76:3601-3606.
- 56.Rogers, G. W., 1996. Using Type For Improving Health Of The Udder And Feet And Legs. On Sabbatical From Dept. Of Dairy And A Nimal Sci. Penn. State Univ., University Park, Pa, Usa.
- 57.Rogers, G. W., 1997. Genetic Evaluations For Mastitis And Relationship Between Mastitis And Udder Type. International Red Cow Conference, October 1, Madison, W1.
- 58.Rogers, G. W., Banos, U. Sander-Nielsen, And J. Philipsson. 1998. Genetic Correlations Among Somatic Cell Scores, Productive Life, And Type Traits From The United States And Udder Health Measures From Denmark And Sweden. J. Dairy Sci. 81: 1445-1453
- 59.Rupp, R., Boichard, D., 1999. Genetic Parameters For Clinical Mastitis, Somatic Cell Score, Production, Udder Type Traits, And Milking Ease İn First Laktation Holsteins. Jour Nal Of Dairy Sci. 82:2198-2204.
- 60.Sanjabi, M.R., Govindaraj, M.G., And Moemi, M.M., 2003. Relationships Among Udder Type Traits And Milk Yield Of Iranian Holstein-Friesian Cattle Proceedings Of The British Society Of Animal Science.
- 61.Seykora, A.J., Mcdaniel, B.T., 1985. Heritabilities Of Teat Traits And Their Relationships With Milk Yield, Somatic Cell Count, And Percent Two Minute Milk. J. Dairy Sci. 1985; 68: 2670-2683.

- 62.Short, T. H., Lawlor, T.J. And Lee, K. L. 1991. Genetic Parameters For Three Experimental Linear Type Traits. *J. Dairy Sci* (74) 2020-2025
- 63.Singh, M., Ludri, R. S., 2001. Influence Of Stages Of Lactation, Parity And Season On Somatic Cell Counts İn Cows. *Asian-Aust. J. Anim. Sci.* 14(12):1775 (Abstract).
- 64.Tekeli, T., 2005. Mastitis. Ab Sürecinde Kaliteli Süt Üretimi Ve Somatik Hücre Sayısı. *Güzeliş Matbaası, Konya.* S: 19-35.
- 65.Thompson, J.R., Lee, K.L., Freeman, A.E., Johnson, L.P., 1983. Evaluation Of A Linearized Appraisal System For Holstein Cattle. *J. Dairy Sci.* 66:325-331.
- 66.Topaloğlu, N., Güneş, H., 2005. İngiltere’de Yetiştirilen Siyah-Alaca Sığırların Süt Verim Özellikleri Üzerine Araştırmalar. *İ.Ü. Vet. Fak. Derg.* 31(1):149-164.
- 67.Uzmay, C., Kaya, İ., Akbaş, Y., Kaya, A., 2003. Siyah Alaca İneklerde Meme Ve Meme Başı Formu İle Laktasyon Sırası Ve Laktasyon Döneminin Subklinik Mastitis Üzerine Etkisi. *Türk J. Vet. Anim. Sci.* 27(2003) 695-701.
- 68.Ünalın, A. Ve Cebeci, Z. 2004. Siyah-Alaca Sığırlarda İlk Üç Laktasyon Süt Verimine Ait Genetik Parametreler Ve Korelasyonların Reml Yöntemi İle Tahmini. *Turk J Vet Animal Sci.* (28) 1043-1049.
- 69.Vukašinovic, N., Y. Schlepplı And N. Kunzi. 2002. Using Conformation Traits To Improve Reliability Of Genetic Evaluation For Herd Life Based On Survival Analysis. *J. Dairy Sci.* 85: 1556-1562
- 70.Yalçın, C., Cevger, Y., Türkyılmaz, K. Ve Uysal, G., 2000. Süt İneklerinde Subklinik Mastitisten Kaynaklanan Süt Verim Kayıplarının Tahmini. *Türk J. Vet. Anim. Sci.* 24:599-604.
- 71.Yaylak, E., Akbaş, Y., 2004. Siyah Alaca İneklerde Doğrusal Tanımlama Özellikleri. 4. Ulusal Zootečni Bilim Kongresi, Sdü Ziraat Fak. Zootečni Bölümü, Sözlü, 1-4 Eylül, Sayfa 75-79, Isparta.

Bölüm 4

Atlarda Taşıma ve Refah

Nurcan KARSLIOĞLU KARA¹

¹ Dr.ÖĐr.Üyesi; Bursa UludaĐ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü. nkara@uludag.edu.tr ORCID No: 0000-0001-6310-9992

ÖZET

Günümüzde canlı hayvan nakillerinin yaygınlaşmasıyla birlikte taşıma, hayvancılık işletmelerinde rutin bir yönetim uygulaması halini almıştır. Daha çok yarış, spor ve gösteri amaçlı yetiştirilen atlar hayatları boyunca birçok kez taşınabilmektedir. Bu doğrultuda söz konusu hareketliliğin dünya çapındaki kapsamını tahmin etmek zor olsa da önemli ve büyük bir uygulama olduğu açıktır. Transferlerin sıklığı ve süresi göz önünde bulundurulduğunda, literatür ve uzman görüşlerine dayalı olarak nakliye sırasında refaha etki eden unsurlar, yetiştirilme amaçlarına göre finansal ve duygusal değerleri diğer çiftlik hayvanlarından daha yüksek olan atlarda, dikkatle değerlendirilmeli ve taşıma sırasında bu unsurlara ait etkilerin en aza indirilmesi için, konu ile ilgili yasa ve mevzuatlar kapsamında alınacak temel gerekliliklere önem verilmelidir. Bu bölümde, atların taşınması sırasında refaha etki eden bazı faktörler ve bu faktörlerin olumsuz etkilerini en aza indirecek gereklilikler incelenmiştir.

Anahtar Kelimeler: At, Taşıma, Nakil, Refah, Hayvan Nakli

GİRİŞ

Bilimsel anlamda hayvanlarda refah, farklı kişi ve kurumlar tarafından farklı şekillerde tanımlanan bir kavram durumundadır. Hayvanlarda refah kavramı genelde hayvanın sağlıklı ve veriminin yüksek olmasını sağlayan barındırma ve besleme gibi fiziki çevre koşulları için kullanılmaktayken Broom, (1991), hayvan refahının, sadece hayvanın bulunduğu fiziksel koşulları değil aynı zamanda duygularını da kapsadığını belirtmiştir. Sonuçta yaygın olarak kabul edilen hayvan refahı tanımı; hayvanın kendi çevresiyle uyum içinde olması, içinde yaşadığı çevreye acı çekmeden adapte olabilmesi, psikolojik ve fiziksel yönden sağlıklı olması hali olarak tanımlanmaktadır (Broom ve Fraser, 2015).

Hangi tür çiftlik hayvanı ile çalışılırsa çalışılsın ve hangi amaçla yetiştiriciliği yapılırsa yapılsın hayvancılık işletmelerindeki önemli aktivitelerden biri olan nakil işlemi, hayvanın refahını etkileyen ve üzerinde stres yaratan önemli etmenlerden biridir. Hayvan refahı nakil sırasındaki uygulamaların birinden veya birkaçının bileşkesinden etkilenebilir. Bu nedenle taşıma sırasında hayvan refahını arttırmaya yönelik düzenlemeler getirilmiştir. Nitekim Avrupa Birliğinde geleceğe yönelik olarak hayvan refahı konusunda iyileştirme çalışmaları yapılmıştır ve takvime bağlanmış çerçeveli düzenlemeler mevcuttur. Konuyla ilgili hazırlanan Avrupa Birliği mevzuatı taşıma esnasında hayvanların korunmasını artırmak için geniş ölçüde değiştirilmiş, son AB şartnamesi olan 1/2005 nolu konsey tüzüğü (EC) 5 Ocak 2007'den itibaren yürürlüğe girmiştir. Avrupa Birliğinde, bahsedilen bu mevzuatlarla üye ülkelerin hayvansal üretimde, hayvanların fizyolojik ve davranışsal ihtiyaçlarının bilimsel veriler doğrultusunda dikkate alındığı, kısaca refahının merkeze konulduğu yetiştirme sistemlerinin kurulması istenmiş ve minimum standartlar belirlenmiştir.

Bu bölümde, yaklaşık 6 bin yıl öncesinde insanlar tarafından evcilleştirilmiş olan, yüzyıllar boyunca insanoğlu tarafından biçim ve özelliklerine, hızlarına, dayanma güçlerine, dirençlerine ve eğitilebilme özelliklerine göre ıslah edilen (Goodwin, 2007) ve bugün dünyanın farklı yerlerinde çeşitli amaçlar doğrultusunda kullanılan, genellikle üçüncü dünya ülkelerinde iş hayvanı, belirli ülkelerde gıda ihtiyacına yönelik çiftlik hayvanı ve gelişmiş ülkelerin çoğunda spor, gösteri, yarış hayvanı olarak yetiştirilen (Schwean, 2002) atlarda, artan hayvan nakilleri sırasında, hayvan refahına etki eden bazı faktörler ve bu faktörlerin hayvan üzerindeki olumsuz etkilerini en aza indirmek için alınması gereken tedbirler ya da konuyla ilgili belirlenen standartlar çerçevesinde uyulması gereken kurallar incelenmiştir.

ATLARDA TAŞIMA VE REFAH

Hayvancılık işletmelerinde taşıma, rutin bir yönetim uygulaması olmuş, çiftlik hayvanlarının işletmeden bir diğer işletmeye ya da işletmeden kesimhaneye taşınması tüm dünya ülkelerinde sıkça gerçekleştirilen bir durum haline almıştır. Hayvanlar damızlık ya da kasaplık olarak çeşitli amaçlarla kara, demir, deniz ve hava yoluyla farklı sürelerde bir yerden başka bir yere nakledilmektedirler. Diğer çiftlik hayvanlarından farklı olarak Atlar (et üretimi için kasaplık olarak yetiştirilenler hariç), hayatları boyunca yarış, gösteri, yetiştirme veya damızlık amaçlı birden fazla kez bir yerden başka bir yere taşınırlar. Avrupa Birliğinin (AB) canlı hayvan, yem, bitki, tohum ve hayvansal ve bitkisel tüm gıda maddeleri vb. ürünlerin ithalat ve ihracat iş ve işlemlerinde sertifikasyon ve izlenebilirliğini düzenleyen TRACES sistemi verilerine göre 2019-2021 yılları arasında AB'ne üye ülkeler arasında yılda 170 bin atın transferi gerçekleştirilmiştir (TRACES, 2021). Taşıma yöntemi ve özelliklerini belirleyen atların hangi amaçlarla transfer edildikleri olup, aynı kaynağa göre gerçekleştirilen bu nakillerin %85'lik bir kısmını karayolu ile yapılan nakiller oluşturmaktadır. Kara yolu ile yapılan nakiller sırasında hayvanlar iç veya dış kökenli olmak üzere refahı olumsuz yönde etkileyecek çeşitli stres faktörlerine maruz kalabilmektedirler. Diğer çiftlik hayvanları söz konusu olduğunda kasaplık hayvanların nakli sırasında görülen refahla ilgili sorunlar, damızlık hayvanlara göre daha fazla olmaktadır ancak günümüzde atların daha çok yarış, gösteri ya da spor amaçlı kullanılıyor olması, bu hayvanların ekonomik değerini artırmakta ve performanslarının etkilenmemesi için, taşınmaları boyunca refahları açısından gereksinmelerini karşılayacak minimum şartların sağlanması gerekliliğini daha önemli kılmaktadır. Bu bağlamda, nakil öncesi ve nakil sırasında sağlanan koşullar refah bakımından büyük önem taşır (Anonim, 2002).

TAŞIMA SIRASINDA REFAHA ETKİ EDEN FAKTÖRLER

Taşıma sırasındaki yüklenme ve boşaltma, belli bir alanda sıkıştırma ve farklı çevre koşulları, hayvanlar için kısa süreli stres faktörleridir. Özellikle kamyonun hareketi, titremesi, hızla değişen ışık, sıcaklık ve nem koşulları, kötü hava kalitesi, uzun süreli nakillerde su kalitesi ve eksikliği, yem yetersizliği fiziksel stres kaynakları olarak gruplandırılır. Bunlar hem refahın hem de sağlıkları bozulan hayvanlarda ürün kalitesinin ya da performansın düşmesine neden olur (Zanardi vd., 2007). Hayvanların nakil araçlarına yüklenmeleri, yüklenme ve boşaltma rampasının özellikleri, araçta hayvan başına ayrılan alan, nakil aracının çeşitli özellikleri (süspansiyon sistemi, yükseklik, havalandırma gibi), yol ve iklim koşulları da refah üzerine doğrudan etkili faktörlerdir (Anonim, 2002). Ayrıca nakil sırasında aracı kullanan operatörün de

hayvanların refahı ve korunması üzerinde etkisi vardır (Knowles ve Warriss, 2000). Zira kritik bir öneme sahip olan kara yoluyla yapılan hayvan nakillerinin %80'inde denge, ani hız değişimleri ve keskin frene bağlı hayvan kayıpları olabilmektedir (Tarrant ve Grandin, 2000). Hayvan nakillerinde nakil koşullarının optimizasyonunun yanında hayvanlara gereksiz yere korku ve acı vermektan kaçınmak dolayısıyla hayvanların mevcut refah seviyelerini yükseltmek için, türe ya da duruma göre davranışsal özelliklerin bilinmesi önem taşır. Bu nedenle, taşıma sırasında atların;

- Sosyal etkileşimleri yüksek hayvanlar oldukları
- İnsanlar tarafından fark edilemeyecek uyarılara karşı tepki sürelerinin çok hızlı olduğu
- Ön ve arkada küçük noktalar dışında neredeyse panoramik olarak gördükleri
- Kırmızı ve mavi rengi net olarak ayırt edebildikleri
- Buldukları ortamdanda daha karanlık alanlara hareket etmek istemeyecekleri
- Nakil sırasında tanıdık hayvanlarla daha güvende hissedecekleri
- İşitme duyularının insana göre çok daha keskin olduğu
- Hareketi algılama yeteneklerinin hassas olduğu ve bu yüzden rüzgârlı günlerde daha huysuz olabilecekleri
- Yakından uzağa doğru görüş odaklarını anında değiştirebildikleri, gece görüşlerinin iyi olduğu ve tek gözleri kapatılırsa derinlik algılarının zayıfladığı
- Vücutlarının dokunmaya karşı insan parmak ucu kadar hassas olduğu gibi davranışsal karakteristikleri mutlaka göz önünde bulundurulmalıdır (ECA, 2013).

Nakil öncesi, sırası ve sonrasında geri dönüşümlü ya da dönüşümsüz hayvan refahını olumsuz olarak etkileyecek faktörlerden, özellikle nakil araçlarında hayvan başına ayrılan alan (yükleme yoğunluğu), nakil süresi, yükleme ve boşaltma prosedürleri üzerinde önemle durulmalıdır.

Yükleme Yoğunluğu

Yükleme yoğunluğunun, nakil sırasında kullanılacak alan düşürülerek ekonomik kazanç artırılacağı için konunun en hassas unsuru olduğu söylenebilir. Nitekim, hayvan başına daha az alan ayırarak (yükleme yoğunluğunu artırarak), bir seferde daha fazla hayvan taşınması ile nakil masrafları düşürecektir. Ancak atlarda nakil sırasında ihtiyaç duyulan optimum

alan ihtiyaçlarıyla ilgili yapılmış çalışma sayısı sınırlı olsa da yükleme yoğunluğunun yüksek olduğu nakillerde seyahat süresince atlarda çevreyle ve birbirleriyle sürekli bir mücadele durumundan kaynaklanan psikolojik, fizyolojik ve fiziksel bozukluklar görüldüğü bildirilmiştir (Collins vd., 2000). Nitekim, Calabrese ve Friend (2009), nakil sırasında azalan yükleme yoğunluğunun atlarda agresif olanlardan kaçınma, yolculuk süresince daha rahat pozisyonda durma, seyahat süresince tercih ettikleri yönü benimseme, seyahat süresine göre yatma ihtiyaçlarını karşılayabilme gibi avantajlarından ötürü özellikle uzun süreli nakillerde hayvanlar üzerinde stresi azaltarak refahı olumlu yönde etkilediğini bildirmiştir.

Yükleme yoğunluğu çeşitli şekillerde ölçülebilir. Bunlar hayvan başına ayrılan alan (m²/hayvan), belli bir canlı ağırlığa ayrılan alan (m²/100 kg) veya birim alana düşen canlı ağırlık (kg/m²) ile ifade edilebilir. Yükleme yoğunluğunun ölçülmesinde hayvan başına ayrılan alandan ziyade belli bir canlı ağırlığa ayrılan alanın tercih edilmesi daha doğrudur. Çünkü ilk yöntemde hayvanlardaki canlı ağırlık varyasyonu dikkate alınmamaktadır (Broom, 2000). İngiltere Çiftlik Hayvanları Refahı Konseyi (FAWC) tarafından belirlenen, bütün hayvan türleri için geçerli minimum alanın hesaplanmasında kullanılan eşitlik aşağıda olduğu gibidir.

$$A = 0.021 W^{0.67}$$

A- Hayvan başına gerekli olan minimum zemin alanı (m²)

W- Hayvan ağırlığı (kg)

Eşitlikteki 0.021 sabiti ise hayvanın vücut yapısına bağlı olarak vücut uzunluğunun vücut genişliğine oranını temsil eder. Diğer çiftlik hayvanlarından farklı olarak atlar, günün büyük kısmında ayakta durur hatta ayakta uyuyabilirler. Bu özellikleri sayesinde nakil koşulları, sağlanan çevre şartları ve sürüş konforu açısından uygun olduğu takdirde atlar nakil süresince ayakta durabilir. Ancak nakil koşulları zorlayıcı, nakil süresi erişkinler için 12, genç atlar ve taylar için 4 saatten uzun ise yatma ihtiyacı duyabilirler. Bu durumda gerekli olan optimum alan ihtiyaçları düzenlenmelidir. AB standartlarına göre farklı taşıma yollarında (demir yolu, kara yolu, hava yolu, deniz yolu) farklı ağırlık ya da yaş gruplarındaki atlar için nakil sırasında araç içerisinde hayvan başına ayrılacak optimum alanlarla ilgili sınırlar Tablo 1’de verildiği gibidir.

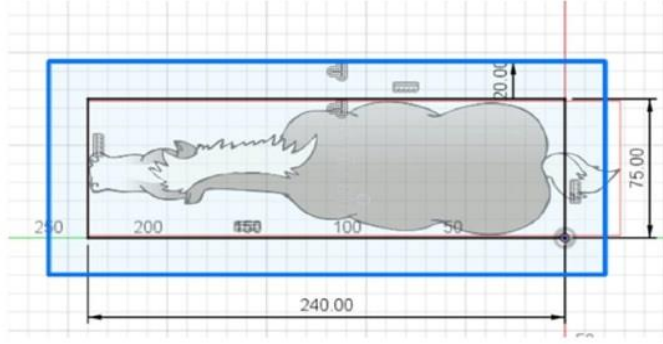
Tablo 1. AB Standartlarına göre nakil anında hayvan başına ayrılacak alan (m²) ya da (m²/kg) (EC No:1/2005)

Taşıma Yolu	Yaş ya da ağırlık gruplarına göre	Gerekli alan ihtiyacı
Demir Yolu	Yetişkin atlar	1,75 m ² (0,7 × 2,5 m) (*)
	Genç atlar (6-24 ay, 48 saate kadar olan nakillerde)	1,2 m ² (0,6 × 2 m)
	Genç atlar (6-24 ay, 48 saati aşan olan nakillerde)	2,4 m ² (1,2 × 2 m)
	Pony (144 cm altı)	1 m ² (0,6 × 1,8 m)
	Taylar (0-6 ay)	1,4 m ² (1 × 1,4 m)
Kara Yolu	Yetişkin atlar	1,75 m ² (0,7 × 2,5 m)
	Genç atlar (6-24 ay, 48 saate kadar olan nakillerde)	1,2 m ² (0,6 × 2 m)
	Genç atlar (6-24 ay, 48 saati aşan olan nakillerde)	2,4 m ² (1,2 × 2 m)
	Pony (144 cm altı)	1 m ² (0,6 × 1,8 m)
	Taylar (0-6 ay)	1,4 m ² (1 × 1,4 m)
Hava Yolu	0-100 kg	0,42 m ²
	100-200 kg	0,66 m ²
	200-300 kg	0,87 m ²
	300-400 kg	1,04 m ²
	400-500 kg	1,19 m ²
	500-600 kg	1,34 m ²
	600-700 kg	1,51 m ²
	700-800 kg	1,73 m ²
Deniz Yolu	200-300 kg	0,90-1,175 m ²
	300-400 kg	1,175-1,45 m ²
	400-500 kg	1,45-1,725 m ²
	500-600 kg	1,725-2,00 m ²
	600-700 kg	2,00-2,25 m ²

*)Vagonların standart kullanılabilir genişliği 2x2m dir.

Söz konusu alan ihtiyaçları yetişkin atlar için %10, genç atlar ve taylar için %20'ye kadar değişen oranlarda, sadece atların ağırlığına, uzunluğuna göre değil aynı zamanda seyahat süresine, seyahat sırasındaki hava durumuna, araç içi koşullara bağlı olarak da artış gösterebilir (Nielsen vd., 2022). Alan

ihtiyaçlarına ek olarak atlar, taşıma boyunca hareket eden araçta dengelerini sağlayabilmek için başlarını da kullanabilecekleri yeterli alana ihtiyaç duyarlar. Daha önce de değinilen "hayvanlara taşıma sırasında doğal pozisyonlarında durmalarını sağlayacak yeterli alanın sağlanması gerektiğini" belirten 91/628/EC sayılı talimata göre, atlara iyi bir havalandırma ve hareket özgürlüğü için kullanılacak bölmelerin minimum iç yüksekliği, atların omuz yüksekliğinden sonra +75 cm daha ilave edilerek karşılanır. Ayrıca Consortium of the Animal Transport Guides Project (hayvan taşıma rehber projesi konsorsiyumu) 2017 raporunda, bireysel bölmelerde taşınan atlar için, yolculuk sırasında ani fren, viraj vb. yol şartlarına daha rahat uyum sağlayabilmeleri açısından ön, arka ve her iki yanından 10-20 cm alan ilave edilmesini önermektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Bireysel bölmede taşınan erişkin bir at için optimum alan ihtiyacı (kırmızı alan) ve önerilen alan (mavi alan)

Tüm bunlara ek olarak yeni doğanlar diğer atlardan ayrı, anneleri ile birlikte aynı bölmede seyahat ederler ancak bu durumda gerekli minimum alan ihtiyaçları bakımından EC 1/2005 nolu konsey tüzüğünde spesifik bir bilgi yer almamaktadır. Bu durumda araç içinde gerekli olan alanın, anne ve yavrunun alan ihtiyaçları birbirine eklenerek hesaplanmasının uygun olacağı söylenebilir.

Nakil süresi

Nakil süresi ilk hayvanın yüklenmesinden son hayvanın indirilmesine kadar geçen süredir. Hayvan refahı, duruma adapte olmaya çalışan hayvanlarda yüklemekten sonraki ilk birkaç saat düşük olabilir. Tür ve şartlara göre ilerleyen zamanda adaptasyon oluşmakta ancak nakil süresi uzadıkça refah seviyesinde düşme yaşanmaktadır (Kara ve Koyuncu, 2011). Buna karşılık, atlarda nakil süresi ile stres ya da hayvan refahı arasında doğrusal bir ilişki bulunmadığı

(Padalino ve Riley, 2022 a,b), nakil süresinin hayvan refahına olumsuz etkisinin nakil koşullarına göre daha az olduğu bildirilmektedir (Nielsen vd., 2011). Nitekim uzun süreli nakillerde atların yorgunluk, su kaybı ve solunum yolu bozuklukları riskinin fazla olduğu ancak bu durumun nakil süresinin artmasıyla birlikte açlık süresi, araç içi koşullar, baş boyun hareketlerinin kısıtlanması vb. olumsuz faktörlerin etkisinin artmasıyla ilişkili olduğu saptanmıştır (Padalino ve Riley, 2022a). Bu durum nakil süresi söz konusu olduğunda atların çeşitli açılardan diğer çiftlik hayvanı türlerinden farklı olmasından kaynaklanıyor olabilir zira atlar, yükleme ve nakil için eğitilebilecekleri gibi bazı atlar hayatları boyunca birden fazla kez nakledilebilirler. Bu durum yalnızca taşıma koşullarının değil, aynı zamanda hayvanların geçmiş deneyimlerinin de taşıma ve refah ilişkisini etkileyeceği anlamına gelir. Buna ek olarak konuyla ilgili AB mevzuatı, atların bireysel bölmelerde ya da en fazla 4 hayvandan oluşacak gruplar halinde taşınmasını gerektirdiğinden, atlarda taşıma koşulları diğer çiftlik hayvanlarına göre farklı olacak ve nakil süresince ilgili mevzuata göre 8 saatte bir yapılması zorunlu olan yem ve su ihtiyaçlarının karşılandığı dinlenme aralıklarında insan müdahalesi için olasılıklar daha büyük gruplar halinde taşınan diğer çiftlik hayvanları ile karşılaştırıldığında daha kolay olacaktır (Nielsen vd., 2022).

Uygun nakil süreleri için belirlenmiş sınırlar ilgili mevzuatlarda yer alsa da azami seyahat sürelerini belirlemede temel alınacak kriterlerden maksimum seyahat süresi seçimi ve maksimum seyahat süresi belirlenirken başka hangi faktörlerin dikkate alınması gerektiği ile ilgili bilimsel bir fikir birliği yoktur. Bu durumda Cockram, (2007), seyahat süresince hayvanların yem, su, dinlenme gibi temel ihtiyaçları için verilmesi gereken dinlenme aralıklarının seyahat süresi için bir sınır belirlemenin en iyi yolu olduğunu bildirmiştir. Avrupa Komisyonu Sağlık ve Tüketicuyu Koruma Komisyonu tarafından yayınlanan hayvan sağlığı ve refahı bilim kurulu raporunda (Anonim, 2002) atlar için maksimum olarak belirlenen nakil ve dinlenme süreleri Tablo 2’de verildiği gibidir.

Tablo 2. Erişkin atlar için maksimum nakil ve dinlenme süreleri

Tür	Nakil Süresi 1.aşama	1.Dinlenme Süresi	Nakil Süresi 2.aşama	2.Dinlenme Süresi
At	8	6	8	24

Transferin gerçekleşeceği mesafeye göre nakil ve dinlenme periyotları artabilir. Bu durumda devam eden periyotlar, 1. ve 2. periyotların tekrarı

şeklinde düzenlenmelidir. Uzun mesafe hayvan nakillerinde sıklıkla kullanılan deniz yolu taşımacılığı (atların taşınması için özel taşıma bölmelerine sahip deniz taşımacılığı araçlarında) ve daha çok kıymetli hayvanların naklinde kullanılan hava yolu taşımacılığında ise araçta geçen süre nakil süresinden sayılmaz (Fernandez vd., 1996). Yine de Oikawa ve Kusunose (1995) 8-12 saat ya da daha uzun nakil sürelerinin ölçülebilir şekilde stresli olduğunu, bu durumda refahtaki kötüleşmeye paralel olarak oluşacak patolojik göstergelerin dikkatle izlenmesi gerektiğini, artan taşıma mesafesiyle birlikte artan nakil süresinde hastalık insidansında artış gözlemlendiğini ve nakil süresini 12 saatin altında sınırlamanın söz konusu insidansı büyük ölçüde azalttığını bildirmiştir. Bunlara ek olarak şartlar optimum olsa da nakil süresi;

- Anaları ile 7 günlük taylor için zorunlu hallerde 2 saatin
- 10 aydan ileri gebe ve laktasyonun ilk dönemindeki atlar için 8 saatin altında planlanmalıdır (Anonim, 2003).

Yükleme ve Boşaltma

Yükleme ve boşaltma aşamasının nakil işleminde stres oluşturan en önemli unsur olduğu söylenebilir zira hayvanlar alışık oldukları çevrelerini, bazen sosyal gruplarını bırakmak ve alışık olmadıkları bir hayvan grubunun içine ya da aracın alışık olmadıkları ortamına girmek ve bununla başa çıkmak zorunda bırakılmaktadırlar (Van de Water G vd., 2003). Benzer şekilde Hall vd., (2020)' de yükleme ve boşaltmanın nakil sürecinin en stresli kısmı olduğunu bildirmiştir. Birçok çalışmada, stresin göstergesi olan fizyolojik değişikliklerin yükleme sırasında meydana geldiği ve taşımının ilk birkaç saatinde devam ettiği, daha sonra, hayvanlar taşıma sürecine alıştıkça stres tepkisinin yavaş yavaş kaybolduğu ve bu nedenle, ulaşım koşullarının iyi olması ve yolculuğun uzun sürmemesi koşuluyla, nakil sürecinde, temel refah sorunlarının yüklemekten kaynaklandığı bildirilmektedir (Roy vd., 2015; Padalino vd., 2016; Padalino vd., 2017; Hall vd., 2020). Yüklemenin nakil işlemlerinde hayvan refahına olumsuz etki eden en önemli unsur olmasının sebebi, bu aşamada hayvanlara birkaç stres faktörünün bir arada ve çok kısa sürede etki etmesi olarak açıklanabilir. Bu stres faktörlerinden birincisi, hayvanların araca yüklenmesi sırasında harekete zorlanmalarıyla yaşadıkları fiziksel strestir. Özellikle hareket ya da ilerlemede zorlanacakları dik rampaları tırmanmak yüksek efora ve beraberinde strese neden olur. İkincisi, bilinmeyen bir çevreye taşınmaları, tanıdık olmayan diğer hayvanlarla bir araya gelmeleri ile yaşadıkları psikolojik strestir. Üçüncüsü ise yükleme sırasında insanlarla etkileşimin artması ile özellikle alışkın olmayan hayvanlarda artan korkuya paralel olarak artan stresin neden olduğu sosyal strestir. (Shenton ve

Shackleton, 1990; Mench vd., 1990). Bunlara ek olarak yüklenme sırasında planlama hatası, yüklenme elemanlarında çıkabilecek problemler ya da yanlış insan müdahalesi gibi nedenlerle hayvanların yaşayabileceği acı, yüklenme sırasında stresi arttırarak hayvan refahını olumsuz etkiler.

Yüklenme stresinden kaçınmak zordur ancak yüklenme sırasında alınacak birtakım önlemlerle yaşanacak stres seviyesini azaltmak mümkündür. Bunun için yüklenme ve boşaltma prosedürü sırasında etkili olan hayvan bakıcısı, yüklenme metodu ve ekipmanları, atın mizacı ve deneyimi, yüklenme elemanları (araç, rampa vb.) gibi belli başlı stres faktörlerini önleyici, düzeltici ve hafifletici önlemler alınabilir.

Hayvan bakıcısı

Deneyimsiz ve/veya eğitimsiz hayvan bakıcıları veya zorlayıcı yöntemler (kırbaç gibi) kullanan hayvan bakıcıları yüklenme sırasında davranış bozukluklarına neden olan ve hem hayvanlarda hem de bakıcıların kendisinde yaralanmalara sebebiyet veren risk faktörü olarak tanımlanmıştır (York vd., 2017). Yüklenme sırasında kırbaç, halat vb. zorlayıcı araçların kullanımı sorunlu davranış ve yaralanmalar için risk faktörüdür ve istenmeyen davranışı bastırmak için bir uyarının eklendiği ceza yönteminden, hayvanlarda strese, kafa karışıklığına ve sonucunda kavga ya da kaçma davranışına yol açabileceği için kaçınılmalıdır (Henshall vd., 2022). Yüklenme sırasında atların kör noktasında hareket etmekten kaçınılmalıdır. Atlarla çalışılırken, kullanılan ekipman, çevre ve insan kaynaklı yüksek ve ani ses ve hareket en aza indirilmeli, atlar yeterli olacak bir zaman diliminde bilgili ve deneyimli bakıcılar tarafından yüklenme için uygun şekilde eğitilmelidir (Mc Greevy vd., 2014). Atları diğer çiftlik hayvanlarından ayıran öğrenme-egitilebilme kabiliyetleri yüklenme aşamasında oluşacak stresi azaltacağından, atların, davranış ve çevre algıları hakkında yeterli bilgiye sahip bakıcılar tarafından önceden eğitilmesi bu aşamada yaşanabilecek birçok olumsuzluğun önüne geçecektir.

Yükleme Rampaları

Araca yüklenme ya da indirme sırasında kullanılan rampaların dik, rampa kapılarının fazla dar ya da geniş, rampa zemininin kaygan olması ya da aracın içi ile dışı arasındaki ışık seviyesi farkının fazla olması atlarda korku seviyesini yükseltebilir ve korkmuş atlarda agresif davranış seviyesi artacağı için idare edilmeleri de zorlaşacaktır (Rovang vd., 2020). Atların yüklenmesinde kullanılan en yaygın iki rampa tipi; atın zemin seviyesinden doğrudan araca çıktığı basamaklı rampa tipi ve atın, eğimli ve düz bir zemin üzerinden araca doğru yürüdüğü platform rampa tipidir. Basamaklı rampa tipinde atlarda incik

kısımlarının yaralanmasını önlemek için tercihen zeminin ön kenarında kauçuk bir tampon koruyucu kullanılması uygun olur. Basamaklı rampa tipi atın ayaklarını kaldırmayı öğrenmesini gerektirirken, bu sorunu ortadan kaldıran platform tipi rampalarda ise atın ağırlığına göre, adımları sırasında sallanma, gömülme ya da kayma gibi atları huzursuz edecek riskler görülebilir. Çoğu şartlarda yükleme ve boşaltma prosedürleri sırasında hayvanlar dik rampalarda yukarı veya aşağı doğru hareket etmeye zorlanırlar. Hangi tür olduğu fark etmeksizin hayvanlar 20° den daha fazla eğimli rampalardan hareket etmeye zorlanmamalıdır. Tercihen rampa ihtiyacını ortadan kaldıran sistemlerin veya 10° den dik olmayan rampaların kullanılması yükleme ve boşaltma sırasında hayvanlar üzerinde oluşacak stresin azalmasında faydalı olacaktır. Hangi tip rampa kullanılırsa kullanılsın yükleme sırasında atların yavaş yavaş duraktaki daha sınırlı alana girmesini sağlayan dışa doğru açılan ve yanları rampalara girerek huni şekli oluşturacak kapılar tercih edilmelidir (Anonim, 2002).

Yükleme veya boşaltma hızı

Yükleme veya boşaltma sırasında hayvanların, bakıcıları tarafından zaman tasarrufu adına acele etmeye zorlanmaları, keşfetmeye yeterli zaman bulamadıkları için atların duruma adapte olmasını zorlaştırmaktadır. Bu durum, kayma, düşme ve yaralanma riskini yükselterek hayvanlarda korku ve ajitasyona neden olabilir. Birçok hayvan türünde olduğu gibi atlarda da ilk hayvan yüklendiğinde genellikle diğerlerinin de onu takip edeceği değerlendirilerek atlarla çalışılırken hızlı hareketlerden kaçınılarak zaman baskısı en aza indirilmeli, atlara keşfetmeleri ve duruma adapte olmaları için yeterli zaman verilmelidir (Mc Greevy vd., 2014).

İzolasyon

Atlar bireysel bölmelerde barındırılıyor olsa da araca tek başına veya tanıdık olmayan hayvanlarla yüklenmek istediklerinde strese girebilirler. Bu durumda yüklemeye tanıdık olan bir atın bulunması ya da at ısrarla yüklemeye direniyorsa önceliğin başak bir ata verilmesi yol gösterici olacak ve agresyon azalacaktır (Mc Greevy, 2012). Yükleme prosedüründe ele alınan ve dikkat edilmesi gereken tüm uygulamalar indirme prosedüründe de geçerlidir. Hayvanların nakilleri sırasında, yüklenmelerinden sonra indirilmelerine kadar geçen süre içerisinde maruz kaldıkları stres faktörlerinin etkilerini en aza indirmek için, nakil sırasında uygun araç kullanımı gerekli ve önemlidir (Tarrant ve Grandin, 2000).

Nakillerinde kullanılacak araç özellikleri

Hayvan nakillerinde kullanılan araçlar ülkeden ülkeye ya da aynı ülke içinde bölgeden bölgeye farklılık gösterebilir. Ancak ne tür araç kullanılırsa kullanılsın, hayvan nakillerinde kullanılacak araçların tümü taşıma sırasında hayvan refahına yönelik Avrupa Birliği mevzuatına göre temel standartlara sahip olmalıdır (Kettlewell vd., 2001). Sanayi devrimi öncesi atlar daha çok deniz yolu ile taşınırken özellikle I. Dünya savaşı sonrası hızla gelişen motor sanayi ve motorlu taşıtlar endüstrisi ile hayvanlar kara, demir ve hava yolu ile de taşınmaya başlanmıştır. Günümüzde atların ülkeler arası transferlerinde hava yolu taşımacılığı giderek daha kullanılır hale gelmekte ancak transferlerin %85 gibi büyük bir bölümü halen kara yolu ile gerçekleşmektedir (Anonim, 2002), bu nedenle, bu bölümde özellikle kara yolu taşımacılığında kullanılan araç özellikleri üzerinde durulacaktır.

Atlarda farklı amaçlar için (yarış, gösteri, kasaplık vb.) taşımacılık yapıldığı gibi kullanılan karayolu taşıtlarının da farklı türleri bulunmaktadır. Atların bireysel olarak bölmelerde ya da bir arada taşındığı kamyonet veya kamyonlar, 1 ya da 10 hayvana kadar değişen kapasitelerde, rampa, zemin, havalandırma sistemi ve araç içi durak, bölme ve bakım standardı açısından en basitinden en lüksüne kadar çeşitlilik gösterir. Karayolu taşımacılığında, özel bir motorlu araç gerektirmediğinden en çok tercih edilen ise römorklardır. Kullanıma bağlı olarak bölme olmaksızın çok sayıda hayvanın taşındığı römorklar *stok tipi*, genellikle iki ya da üç at için tasarlanan bireysel bölmeli römorklar ise *yarış tipi* olarak adlandırılır. Kasaplık atlar için genelde hayvanların serbest taşındığı büyük stok tipi kullanılırken, spor ve gösteri amaçlı atlarda ise yarış tipi kullanılmaktadır. Bir aracın arkasından çekildiği için römork içindeki şartları kontrol etmek zordur ve müdahale gerektiren durumlarda araç içi yer sıkıntısı kısıtlılık yaratır. Çekici araca çeki demiri ile olan bağlantıları yüzünden virajlı yollarda etki eden vektörel değişikliklere karşı hassastırlar. Bu nedenle kamyonet ya da kamyonlara göre bir yandan diğer yana daha fazla sallanmaları ve bu nedene bağlı olarak sürücü becerisine daha duyarlı olmaları muhtemeldir. Söz konusu dezavantajlarına rağmen, römorklarda mevcut ya da kullanılan rampaların eğimi kamyonlara göre daha düşüktür. Bu özellikleri sayesinde ambulans olarak da kullanılırlar. Acil durumlarda her türlü motorlu araçla çekilebilir olduklarından hareket kabiliyetleri yüksektir. Çeşitli iç (askı, dolgu vb.) ve dış (vinç, hareketli zemin) modifiyelerle kolayca geliştirilebilirler (Waran vd., 2007). Nakil için hangi tip araç tercih edilirse edilsin,

- Aracın dışında uygun işaretler ve sembollerle canlı hayvan taşındığı açıkça belirtilmelidir.

- Araçlar atların tümüyle emniyette olacağı ve kaçamayacağı şekilde dizayn edilmelidir.
- Gerekli görülen durumlarda nakil süresince yaralanmaların önüne geçebilmek için, araç duvarları ya da araç içi bölme duvarları zeminden 75 cm yukarıdan olacak şekilde yumuşak malzeme ile kaplanmalıdır. Benzer şekilde göğüs barı için de kaplama yapılabilir.
- Kaplamada kullanılacak malzemenin temizliği kolay olmalı, gerekli hijyen standartlarını sağlamalıdır.
- Araç içerisindeki tüm kenar ve köşeler yuvarlatılmalı ve aracın gövdesinde çıkıntı yapan tekerlek yuvaları yeterince kapatılmalıdır (Römorklar için).
- Seyahat süresince tutarlı bir iç sıcaklığın sağlanması için araç duvarları yalıtımlı olmalı, mekanik havalandırması olmayan araçlarda ön duvar ve yan duvarlar boyunca yeterli büyüklükte havalandırma açıklıkları bulunmalıdır. Bu açıklıklar yaralanmalara neden olmayacak ve gerekli durumlarda kapatılabilecek şekilde yapılmalıdır.
- 8 saati aşan nakillerde araçlarda mutlaka mekanik havalandırma olmalı ve uygun altlık kullanılmalıdır.
- Araçlar seyahat sırasında oluşabilecek acil durumlarda hayvan refahını koruyacak yeterli alana ve kapı açılması durumunda hayvanların düşmesini önleyecek gerekli donanımına sahip olmalıdır.
- Çift katlı römork ya da kamyonlar diğer çiftlik hayvanlarına göre atlarda baş-boyun mesafesi daha yüksek olduğu için kullanılmamalıdır. Nitekim daha fazla kafa boşluğu olacak şekilde modifiye edilmiş olsa da çift katlı araçlar artan yaralanmalarla ilişkilendirilmiştir (Stull, 1999; Waran vd., 2007).

SONUÇ

Son yıllarda dünya çapındaki yetiştirme sistemleri içerisinde hayvan refahı kavramının giderek önem kazanması, hayvansal üretim, ithalat ve ihracatında sadece hayvan sağlığını değil, aynı zamanda hayvan refahını da koruyan yaptırımları içeren çeşitli standartların getirilmesine neden olmuştur. Nitekim hayvan nakilleri sırasında ölüm oranlarının artması, karkaslardaki deformasyonlar, hayvanlarda performans ve ağırlık kaybı, vb. geri dönüşümlü ya da dönüşümsüz hayvan refahı standartlarının göz ardı edilmesinden kaynaklanan birtakım problemler hayvan refahı kurallarının önemini ortaya koymaktadır. Buraya kadar açıklanan türe özgü ihtiyaçların karşılanması ve bu ihtiyaçların karşılanması için taşıma sırasında dikkat edilmesi gereken konu ile

ilgili yasa ve mevzuatlar kapsamındaki kurallara göre hareket edilmesi durumunda, taşıma sırasında hayvan refahı üzerine olumsuz etki edecek stres faktörlerinin en aza indirilmesi mümkün olacaktır. Taşıma sırasında hayvanlar üzerinde etkili olan stres kaynaklarının minimuma indirilmesi ile hayvanlarda yaşanan davranışsal, psikolojik, fizyolojik ve biyokimyasal değişimler ve buna bağlı olarak hepsinin ortak etki ettiği refah, olumlu yönde etkilenecektir.

REFERANSLAR

- Anonim. (2002). The welfare of animals during transport (details for horses, pigs, sheep and cattle). Report of the Scientific Committee on Animal Health and Animal Welfare https://food.ec.europa.eu/system/files/2020-12/sci-com_scah_out71_en.pdf adresinden 23 Haziran 2023 tarihinde alınmıştır.
- Anonim. (2003). Code of practice for the transportation of horses in western australia horse transportation. https://www.agric.wa.gov.au/sites/gateway/files/Code%20of%20Practice%20for%20the%20Transportation%20of%20Horses%20in%20Western%20Australia_0.pdf adresinden 10.08.2023 tarihinde alınmıştır.
- Broom, D.M. (1991). Animal welfare: concepts and measurements. *Journal of Animal Science*, 69:4167–4175.
- Broom, D.M. (2000). Livestock Handling and Transport. Editör T. Grandin, *Welfare assessment and problem areas during handling and transport*, (pp. 43-61), CAB International, Wallingford.
- Broom, D.M. ve Fraser, A.F. (2015). Domestic animal behaviour and welfare, 5th edn. CABI, Wallingford.
- Calabrese, R. ve Friend, T.H. (2009). Effects of density and rest stops on movement rates of unrestrained horses during transport. *Journal of Equine Veterinary Science*, 29, 782–785.
- Cockram, M.S. (2007). Criteria and potential reasons for maximum journey times for farm animals destined for slaughter. *Applied Animal Behaviour Science*, 106, 234–243.
- Collins, M.N., Friend, T.H., Jousan, F.D., Chen, S.C. (2000). Effects of density on displacement, falls, injuries, and orientation during horse transportation. *Applied Animal Behaviour Science*, 67, 169–179.
- ECA (Equine Canada), 2013. Code of practice for the care and handling of Equines. https://www.nfacc.ca/pdfs/codes/equine_code_of_practice.pdf adresinden 08 Ağustos 2023 tarihinde alınmıştır.
- Fernandez, X., Monin, G., Culioli, J., Legrand, I., Quilichini, Y. (1996). Effect of duration of feed withdrawal and transportation time on muscle characteristics and quality in Friesian-Holstein calves. *Journal of Animal Science*, 74, 1576-1583.
- Goodwin, D. (2007). The welfare of horses. Editör N. Waran, *Horse behaviour: Evolution, domestication and feralisation, Vol.1*, (pp.1-18), Dordrecht, Netherlands.
- Hall, C., Kay, R. ve Green, J. (2020). A retrospective survey of factors affecting the risk of incidents and equine injury during non-commercial transportation by road in the United Kingdom. *Animals*, 10, 288.

- Henshall, C., Randle, H., Francis, N., Freire, R. (2022). The effect of stress and exercise on the learning performance of horses. *Scientific Reports*, 12, 1–13.
- Kara, N.K. ve Koyuncu, M. (2011). Sığırlarda taşıma sırasında refaha etki eden faktörler. *Kafkas Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*, 17(3), 511-516.
- Kettlewell, P.J., Hoxey, R.P., Hampson, C.J., Green, N.R., Veale, B.M., Mitchell, M.A. (2001). Design and operation of a prototype mechanical ventilation system for livestock transport vehicles. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 79 (4), 429-439.
- Knowles, T.G., Warriss, P.D. (2000). Livestock Handling and Transport. Editör T. Grandin, *Stress physiology of animals during transport*. (pp. 385- 407), CAB International, Wallingford, Oxon,
- Mc Greevy, P. (2012). *Equine Behavior: A Guide for Veterinarians and Equine Scientists*. Saunders/Elsevier, New York, Edinburgh.
- Mc Greevy, P.D., Henshall, C., Starling, M.J., McLean, A.N., Boakes, R.A.,(2014). The importance of safety signals in animal handling and training. *Journal of Veterinary Behavior*, 9(6), 382-387.
- Mench, J. A.; Swanson, J. C. ve Stricklin, W. R. (1990). Social stress and dominance among group members after mixing beef cows. *Canadian Journal of Animal Science* 70: 345-354.
- Nielsen, B.L., Dybkjaer, L., ve Herskin, M.S. (2011). Road transport of farm animals: effects of journey duration on animal welfare. *Animal*, 5, 415–427.
- Nielsen, S.S., Alvarez, J., Bicout, D.J., Calistri, P., Canali, E., Drewe, J.A., Garin-Bastuji, B., Gonzales Rojas, J.L., Gortázar Schmidt, C., Michel, V., Miranda Chueca, M.A., Padalino, B., Pasquali, P., Roberts, H.C., Spoolder, H., Stahl, K., Velarde, A., Viltrop, A., Winckler, C., Earley, B., Edwards, S., Faucitano, L., Marti, S., Miranda de La Lama, G.C., Nanni Costa, L., Thomsen, P.T., Ashe, S., Mur, L., Van der Stede, Y., Herskin, M. (2022). Scientific Opinion on the welfare of equidae during transport. *EFSA Journal*, 20(9):7444.
- Oikawa, M.A. ve Kusunose, R. (1995). Some epidemiological aspects of equine respiratory disease associated with transport. *Journal of Equine Science*, 6, 25–29.
- Padalino, B., Raidal, S.L., Hall, E., Knight, P., Celi, P., Jeffcott, L. ve Muscatello, G. (2016). A survey on transport management practices associated with injuries and health problems in horses. *PLoS One*, 11, e0162371
- Padalino, B., Henshall, C., Raidal, S.L., Knight, P., Celi, P., Jeffcott, L. ve Muscatello, G. (2017) Investigations into equine transport-related problem behaviors: survey results. *Journal of Equine Veterinary Science*, 48, 166–173.e2.

- Padalino, B. ve Riley, C.B. (2022a). Behavior and Welfare of the Horse. Editörler Fraser A, Riley C.B. ve Cregier, S., *Equine transport.*, Chapter 8, CAB International.
- Padalino, B. ve Riley, C.B. (2022b). Air transport and implications for horse health and welfare: pilot study, *SIVE Conference, 28-29/01/2022 Bologna.*
- Roy, R.C., Cockram, M.S., Dohoo, I.R., Riley, C.B. (2015). Injuries in horses transported to slaughter in Canada. *Canadian Journal of Animal Science*, 95, 523–531.
- Rørvang, M.V., Nielsen, B.L. ve McLean, A.N. (2020). Sensory abilities of horses and their importance for equitation science. *Frontiers in veterinary science*, 7, 633.
- Schwean, K. (2002). The Welfare of Horses: Review of Recent Literature. <http://www.utoronto.ca/writing/litrev.html> adresinden 10 Temmuz 2023 tarihinde alınmıştır.
- Shenton, S. L. T. ve Shackleton, D. M. (1990). Effects of mixing unfamiliar individuals and of azaperone on the social behaviour of finishing pigs. *Applied Animal Behaviour Science* 26, 157-168.
- Stull, C.L. (1999). Responses of horses to trailer design, duration, and floor area during commercial transportation to slaughter. *Journal of Animal Science*, 77, 2925-2933.
- Tarrant, V., Grandin, T. (2000). Livestock Handling and Transport. Editör T. Grandin, *Cattle transport*, (pp. 151-173), CAB International, Wallingford, Oxon.
- TRACES (TRAde Control and Expert System). (2021). https://food.ec.europa.eu/animals/traces/information-material/traces-annual-report-2021_en. Adresinden 15 Temmuz 2023 tarihinde alınmıştır.
- Van de Water, G., Verjans, F., Geers, R. (2003). The effect of short distance transport under commercial conditions on the physiology of slaughter calves; pH and colour profiles of veal. *Livestock Production Science*, 82 (2), 171-179.
- Waran, N., Leadon, D., ve Friend, T., (2007). The Welfare of Horses. Editör, Waran, N., *The effects of transportation on the welfare of horses*, (pp. 125–150), Springer, Netherlands.
- York, A., Matusiewicz, J. ve Padalino, B. (2017). How to minimise the incidence of transport-related problem behaviours in horses: a review. *Journal of Equine Science*, 28, 67–75.
- Zanardi, E., Mussini, V., Ghidini, S., Conter, M., Ianieri, A. (2007). Survey on animal welfare and protection during transport in northern Italy. *Annali Faculty of Medicine Veterinary di Parma*, 27, 33-42.

Bölüm 5

Tarım Dijitalleşirken Bitki Koruma Teknolojileri

İlker Hüseyin ÇELEN¹

¹ Prof. Dr.; Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü.
icelen@nku.edu.tr ORCID No: 0000-0003-1652-379X

ÖZET

Dünya nüfusu artarken azalan tarım toprakları ve artan gıda ihtiyacı dar alanlarda daha çok iş yapmayı gerektirmektedir. Tarımsal alanlarda da bu ihtiyaçları karşılayabilmek için birim alandan daha çok verim almak zorunluluktur. Bu daha hızlı, mümkün olduğunca hatasız ve kontrol edilebilir tarımsal işler anlamına gelir. Beklenen bu faydayı sağlayabilmek için makine ve yüksek teknolojinin kullanılması kaçınılmazdır.

Tarım 4.0'ın konuşulduğu günümüzde tarım hızla otomatikleşmeye ve dijitalleşmeye çalışmaktadır. Bir çok bilim insanı bu konuda çok çeşitli çalışmalar yürütmektedir. Her ne kadar ticarileşme çok yavaş kalsa da bu teknolojiyi tarım alanlarında görmek kaçınılmazdır.

Tarım dijitalleşirken bitki koruma alanında hem zararı hem de maliyeti en aza indirecek bir çok çalışma da devam etmektedir. Bitki koruma teknik ve teknolojileri de pastadan payını almaktadır. Tarımda en önemli maliyet ve çevre faktörü olarak söyleyebileceğimiz tarımsal mücadele uygulamaları bu anlamda çok önemli bir konudur. Çevre kirliliğine sebep olan ve canlılara zarar veren pestisit uygulamaları çifçilerin belini kırmaktadır. Bu sorunu çözebilmek için pestisitlerin kullanımını kontrol edebilecek, daha hassas uygulayarak zararı ve maliyetleri en aza indirecek çalışmalar hızla devam etmektedir.

Bu bölümde tarımsal dijitalleşme ve bitki koruma uygulamalarındaki hassas teknolojiler üzerine son yıllarda yapılan çalışmalar anlatılmaya çalışılmıştır.

Anahtar Kelimeler: Tarım, Dijital, Hassas tarım, Bitki koruma, Makine, Teknoloji

GİRİŞ

Nüfus ve gıda ihtiyacının artışında son günlerde meydana gelen yükselişle birlikte tarım alanlarının azalması tarım bilimcileri, çiftçileri ve yetiştiricileri, sürdürülebilir bir şekilde daha az arazi kullanarak daha fazla gıda üretme zorluğuyla karşı karşıya getirmiştir. 2050 de öngörülen dünya nüfusunun 9 milyarın üzerine çıkacak olması gıda ihtiyacını önemli bir noktaya taşımıştır. Bu ihtiyaç, tarım robotlarının uygun bir şekilde kullanılmasıyla ve sürekli alan verilerinin toplanmasıyla mümkün olabilir. Günümüzde çeşitli tarımsal işlerde görev alan tarım robotları artık prototip aşamasından geçerek tarımsal üretimde önemli bir rol almaya başlamıştır.

Tarım robotlarından beklenen, tarımsal uygulamaları otomasyon kullanarak insan işgücüne olan bağımlılığı azaltmaktır. Robotlar, sensor teknolojisi ve dijital tarım araçlarıyla entegre edilerek, bitki ve tarlaların sanal ortamlarda temsil ve analiz edilmesine olanak tanımaktadır. Böylece, tarlada zamana ve mekâna bağlı olarak doğru ve detaylı bilgiler elde etmek mümkün olabilecektir.

Otomatik olarak yönlendirilen traktörler ve tarım makineleri bunun en temel örnekleridir. Bu makineler daha çok yerel ve global senyörlerle donatılmış olup sıraya ekim yapılan alanlar ve meyve bahçelerinde kullanılmak üzere tasarlanmıştır. GPS tabanlı kontrol sistemlerinin yanı sıra 3D bilgisayar görüşü gibi özelliklere sahiptirler. Bu sistemler, tarımsal uygulamalarının otomasyonuna yardımcı olur ve verimliliği artırır.

Bu robotlar, bitkiyi tarayarak bilgi toplayabilir, zararlı ve yabancı ot kontrolü yapabilir, hasat, ilaçlama, budama, sağım, fenotip belirleme ve sınıflandırma gibi çeşitli tarım uygulamalarını gerçekleştirebilirler (Bechar ve Vineault, 2016; Bloch vd., 2018). Bu konuya bir çok araştırmacı odaklanmıştır (Barth vd., 2016; Zhang vd., 2016; Drach vd., 2017; Bach ve Cabrera, 2017). Tarımda otomasyonu artırmak için geliştirilen kontrol teorileri ve ileri teknolojilerle birlikte giderek daha fazla ilgi çekmektedirler. Tarım robotları, modern tarımda dijitalleşme ve otomasyonun önemli bir parçası haline gelirken, verimliliği artırma, daha sürdürülebilir ve verimli bir tarım sistemi oluşturma potansiyeline sahiptir.

Endüstriyel robot platformları, hassas doğruluk ve hızlara sahipken, bunların tarım sektöründe kullanımları sınırlıdır. Tarım robotlarının tarım sektöründeki uygulamaları, endüstriyel robotlardan daha zor ve karmaşıktır. Bunun nedeni, tarımsal ortamların yapılandırılmamış olması ve belirsiz görevlerle karşılaşılmasıdır, bu da büyük zorluklar oluşturur. Tarım robotlarının tamamen otomatik hale getirilmesi tarım sektöründe de büyük risklere sebep olabilir. Son derece dinamik bir ortama sahip tarım robotlarından bitki ve çevresini hassas bir şekilde dokunma, algılama veya manipüle etmesi beklenir. Bu nedenle, etkinliği artırmak için minimum riske sahip olması gerekmektedir (De Baerdemaeker vd.,

2001). Tarım robotları, tarım operasyonlarını otomatikleştirmenin yanı sıra bitkilerle doğrudan etkileşime geçme yeteneği gerektiren dinamik ve belirsiz ortamlarda çalışmak zorundadır. Bu nedenle, tarım robotlarının tasarımı ve geliştirilmesi, tarımın özgün gereksinimlerini karşılayabilecek şekilde özel olarak yapılandırılmalıdır.

Örneğin, meyve ve sebzelerin mevsim dışında yetiştirilmesine olan talep, seralar gibi kapalı alan bitki üretim ortamlarında otomasyon ve robotik gerektirir. Dinamik, karmaşık ve belirsiz bir ortamda, böyle bir görev için bir tarım robotunun ilaçlama, yaprak alma ve hasat yapabilen manipülatör ve son uç birimi gibi özelliklere sahip olması gerekmektedir. Gerçek dünya koşullarında etkin bir şekilde çalışmak için bitki boyutları ve şekilleri, saplar, dallar, yapraklar, meyve renkleri, dokuları, bitkide ya da etrafındaki engeller ve hava etkileri gibi farklı düzenlemeleri dikkate alması gerekmektedir. Örneğin hasat işleminde, algılama mekanizması, tahmin edilemeyen heterojen bir ortamda meyvelerin olgunluğunu tespit etmelidir. Aynı zamanda hareket ve yol planlaması yaparak bitki sistemi veya ağaç yaprağı içinde çarpışmalardan kaçınarak hassas bir şekilde meyveyi toplamalıdır. Bu, bir montaj hattında sert bir cıvata alıp yerleştiren endüstriyel bir robota kıyasla çok daha zorlu bir süreçtir.

Tarımsal robotlar üzerine yapılan çalışmalar

Tarım robotları üzerindeki araştırmalarda (Sammons vd., 2005; Van Henten vd., 2006; Çelen vd., 2008; Billingsley vd., 2008; Önler vd. 2014; Çelen vd., 2015; Önler ve Çelen, 2018) özel olarak tasarlanmış mobil platformlar ve özel yakalayıcılar (gripper) gibi bileşenlerle entegre edilmiş profesyonel manipülatörler kullanılarak otomatik hasattan seralarda otonom hedefe yönelik ilaçlamaya, elma hasadı için optimum manipülatör tasarımına ve bitki budama için eşzamanlı konumlandırma ve haritalama tekniklerine kadar geniş bir uygulama yelpazesini kapsamaktadır (Şekil 1). Bu bağlamda yayımlanan çoğu literatür, değerli meyvelerin otomatik hasadı için görüntü tabanlı kontrol, gelişmiş görüntü işleme teknikleri ve yakalayıcı tasarımı (Van Henten vd., 2009; Hemming vd., 2014; Underwood vd, 2015; Stein vd., 2016; Borgotti ve Underwood, 2017; Shammshiri vd. 2018) ve verim tahmininde kullanılabilecek tarla robotlarının geliştirilmesi için navigasyon algoritmaları ve güçlü makine görüş sistemleri üzerine odaklanmışlardır (Lee vd., 2007; Bakker vd., 2010; Huang ve Lee, 2010; Weiss ve Biber, 2011; Bargoti ve Underwood 2017). Bunlara ek olarak yapılan sanal çalışmalar bu çalışmaların hız kazanmasına olanak vermiştir (Hellstörn ve Ringdahl, 2013).



Şekil 1. Tarım robotlarından bazıları

Görüntü işleme tekniği kullanılarak çalışan tarım robotlarıyla birçok çalışma yürütülmektedir. ROS ve MATLAB (Mathworks, Natick, MA, ABD), V-REP (Coppelia Robotics) kullanarak tamamen simüle edilmiş bir ortamda çalışmalar sürdürülmüştür (Quigley vd., 2009; Rohmer vd., 2013). Sanal ortamlar sayesinde, bitki/meyve görsel olarak taranarak kolay test edilebilmekte ve kontrol algoritmalarının hata ayıklamasıyla, gerçek robot ya da tarımsal aracın zarar görmesi minimize edilmiştir. Görsel servo kontrol için göz-el konfigürasyonu, optimal manipülatör tasarımı ve kontrolü, son uç ve yakalayıcı tasarımı, yoğun engel bulunan ortamlarında robot performans analizi için stabilite testleri, hareket planlama algoritmaları ve optimal hasat robotu için bahçe mimarisi tasarımı gibi robotik hasat çözümleri, görsel tabanlı kontrol sistemlerindeki gelişmeler sayesinde, seralar ve meyve bahçelerinde kullanılan birçok robotik manipülatör uygulamasına olanak sağlamıştır. Hatta iş yükünü ve işçiliği azaltırken operasyonların verimliliğini ve güvenliğini artırmıştır (Mehta vd., 2016; Eizicovits vd., 2016; Bac vd., 2016; Bloch vd., 2018).

Tarım alanında kullanılan bu robotlar, operasyonların güvenilirliğini artırma, toprak sağlığını iyileştirme ve verimi artırma konusunda katkı sağlamaktadır (Bechar ve Vigneault, 2016). Genellikle navigasyon kontrolü, eşzamanlı konumlandırma ve haritalama ve yol planlama algoritmaları için iki veya birden fazla sensor ve kamera ile donatılmışlardır. Tarımsal tarla robotlarının prototiplerini geliştirmek için yapılan bazı daha önceki çalışmalara ulaşmak mümkündür (Şekil 2).



Şekil 2. Tarla robotu prototipleri

Tarımsal robotik ve dijital tarım işgücü eksikliği ile düşen karlılık sorunlarına yönelik umut verici bir çözümdür. Otomatik hasat için mevcut en yeni teknolojilerden birini geliştiren Lehnert, vd. (2017) Harvey robotuyla yaptıkları testlerde gerçek bir dikim uygulamasında tatlı biber hasadında %65 başarı oranı ve %90 sınıflandırma oranı elde etmişlerdir. Yaprakların ve engellenmiş meyvelerin kesilmediği veya çıkarılmadığı durumda bu başarı gerçekleşmiştir. Tarla ajan robotları, çiftçilere ürünlerini ve tarlalarını gerçek zamanlı detaylı bilgilerle izleme ve veri odaklı kararlar alabilme olanağı sağlayabilmektedir.

Tarımsal robotlar, tarla içindeki değişkenlik kaynaklarını tespit eden, daha az enerji tüketen ve daha esnek görevler için performanslarını adapte eden daha akıllı hale gelerek tarım uygulamalarını yeni bir aşamaya taşımaktadır. Gelecekteki sebze ve ürün üretiminin büyük resime bakıldığında, tarla ve iklim koşullarında minimum insan arayüzüne sahip olan, becerikli işgücünün robotik kollar ve mobil platformlarla değiştirildiği kompakt tarımsal yaşam alanları ve yetiştirme sistemleri görülmektedir. Bu bağlamda, dijital tarım, yeni kavramları ve gelişmiş teknolojileri tek bir çerçevede entegre ederek çiftçilere ve paydaşlara bitki düzeyinde hızlı ve güvenilir bir gerçek zamanlı gözlem sağlamayı ve daha hassas ölçekte (teşhisler, stratejik kararlar ve uygulama) hareket etmeyi amaçlamaktadır. Dijital tarım, yer ve hava sensorleriyle yüksek çözünürlüklü tarla ve hava durumu verilerinin toplanması, bu verilerin merkezi bir danışmanlık birimine iletilmesi, yorumlanması ve bilgi çıkarılması, çiftçilere, tarım robotlarına veya tarım endüstrilerine kararlar ve eylemler sağlamaktır. Örnekler arasında bitki ve toprak sağlığının izlenmesi için termal-RGB görüntüleme sistemi, bilgi haritalarının (verim ve yoğunluk haritaları gibi) oluşturulması ve veri paylaşımı yer alır. Dijital tarım uygulamalarının uygulanması, sürdürülebilir, verimli ve istikrarlı bir üretim ile verimde önemli bir artış sağlar. Dijital tarımla ilgili teknolojiler arasında Nesnelerin İnterneti, büyük veri analizi, akıllı sensorlar, GPS ve Coğrafi Bilgi Sistemi (CBS), Bilgi ve İletişim Teknolojileri (BİT), kablosuz sensor ağları, İHA, bulut bilişim, simülasyon yazılımları,

haritalama uygulamaları, sanal çiftlikler, mobil cihazlar ve robotlar yer almaktadır.

Uygulamalar sonrası robotlar veya diğer otomatik makineler kullanılarak, çiftçilere ve tarımsal sanayi bölümlerine operasyonel güncellemeler ve geri bildirimleri gönderilerek hızlı ve doğru bir şekilde uygulanır. Bilgisayar-robot iletişiminin karmaşık simülasyon yazılımlarının, analitik uygulamalar ve veri paylaşım platformları ile birleşmesiyle tarımsal işlemler çok daha düzgün bir şekilde kontrol edilebilir. Ayrıca, çiftçilere belirli parseller için performanslarını iyileştirmek ve ürün verimlerini optimize etmek için zamana bağlı olarak tarla verileri detaylarını sunar. Hatta yeni iş modelleri geliştirilebilir. Büyük ölçekli çiftliklerde saha robotlarının kullanımından önce dikkate alınması gereken önemli bir husus, belirli bir operasyon için gereken robot sayısı ve boyutunu seçerken maliyet-fayda analizini yapmaktır. Dijital tarım, bu durumu, İHA görüntüleri ve fotogrametri yazılımı kullanılarak oluşturulmuş 3D rekonstrüksiyonlu tarla, bahçe veya plantasyonlarda simüle edilen robotların çalışmasını sağlayarak ele alabilir. Bu yaklaşımla, hatta tarım üretimi, veri toplama ve analitik yöntemler hakkında sınırlı deneyime veya bilgiye sahip kişiler bile çiftliklerini bir ağa bağlayabilir, tarla bilgilerini paylaşabilir ve reçeteler alabilir.

Üreticiler dijital tarımdan faydalanarak, önceden göz ardı ettikleri veya geleneksel keşif yöntemleriyle ölçtükları tarlaları hakkında daha detaylı bilgiler toplayabilirler. Örneğin, bir bahçesinde her ağacın besin stresi, yüksekliği ve boyutu, robot çalışma süresi, bir ağacın robotik hasat için harcadığı zaman ve daha birçok bilgi, sanal bir bahçeden tahmin edilebilir. Bu uyum birçok bölgede henüz yaygın olmasa da modern tarım sistemleri görevlerini başarıyla gerçekleştirmek için işbirliği yapabilen yeni bir tarım robotu neslinin geliştirilmesine ihtiyaç duymaktadır. Günümüzde tarım toprakları için bir tehdit olarak bilinen, ağır traktörler ve makineler, toprağı sıkıştırır ve zamanla toprağın verimliliğini ciddi şekilde bozar. Sıkışmış toprakların verimliliğini kazanması için on yılı aşkın bir süre boyunca pahalı uygulamalara ihtiyaç duyulmaktadır. Bu sorun, ağır traktörleri toprağı sıkıştırmadan, tarım arazilerini aynı şekilde işleyebilen bir dizi daha küçük araçlar kullanılarak çözülebilir. Ancak, bu senaryo her bir araç için çok pahalı olan bir operatör gerektirecektir.

Tek bir çiftçinin bu otomatik araç ekibini denetleyebilmesi ve kullanabilmesi için bir teknolojiye ihtiyaç vardır. Bu da bir görev kontrol merkezi ve akıllı yol planlama algoritmalarının geliştirilmesini içerir. Böylece ekip üyeleri iletişim kurabilir, işbirliği yapabilir ve tarımsal görevleri güvenli ve verimli bir şekilde çözebilir.

Uzun zamandır birçok araştırmacı tarafından önerilen konulardan biri, belirli bir tarımsal görevi yerine getirmek için birlikte çalışabilen birden çok robotun kullanılması kavramıdır. Bu konu yapay zeka ve genetik algoritmaların kullanılmasını içerir. Burada birden çok robot birlikte çalışacak şekilde programlanır ve bir ekosistem oluştururlar. Bu yaklaşım, robotların birbirinden öğrenmeye başladığı ve performanslarını zamanla iyileştirdiği durumlarda daha da kullanışlı hale gelir. Örneğin, bir grup robot, toprak örnekleri toplayarak bir bulut danışma merkezine gönderir ve alanın besin haritasının oluşturulmasına katkıda bulunabilir. Eiben vd. (2021) de verdikleri resim bu konuya en güzel örnektir (Şekil 3). Derin öğrenme algoritmalarının kullanılmasıyla zamanla performanslar iyileştirilebilecektir. Çoklu robot duyuşal sistemlerin geliştirilmesindeki zorluklardan bazıları görev planlama ve görev atanması, engelden kaçınma, robotların farklı tarım senaryolarında yönlendirme, navigasyon ve kontrolü olarak sayabiliriz.

Hassas tarım alanında son 20 yılda yapılan araştırmalar sonucunda, tarımsal açıdan önemli parametreleri kaydeden birçok farklı sensör türü ve çiftlik yönetim sistemleri geliştirilmiştir. Elektronik olarak kontrol edilen makineler ve robotlar şu anda en son teknoloji olarak kabul görülmektedir. Aslında teknoloji artık farklı makineler arasındaki ağ bağlantısıyla siber-fiziksel sistemleri otomatikleştirebilecek düzeydedir. Buna günümüzde "tarım 4.0" adı verildi. Ancak, hassas tarımın tarımsal üretimde yaygın olduğu söylenemez. Bu teknolojiye otomatik veri kaydı sadece toplanan materyalin analizine daha az zaman harcanmasına ve iyi yönetim kararlarına göre daha fazla kar elde edilmesine yardımcı olur.



Şekil 3. Robotların grup halinde çalışması

Tarımsal robotik mühendisliği geliştirmenin amacı, akıllı ve kullanımı kolay, "akıllı (smart)" dediğimiz sistemlerin oluşturulmasıdır. Akıllı sistemler,

kullanıcıdan daha zeki görünen ve hatta soru sorulmadan cevapları sunan sistemlerdir. Bu teknolojiye kullanılan Bitki için tasarlanmış sensor sistemleri, analiz yapar, öneride bulunur ve bir işlemi aynı anda uygular (N-Sensorlar gibi). Bu tür sensorlar, sistem içindeki analitik işleminin oldukça karmaşık olmasına rağmen, çok kolay bir şekilde kullanılırlar. Buna karşılık, verim haritalama, verilerin bilgisayarda analiz edilmesi için ek işlemleri gerektiren çevrimdışı bir yaklaşımdır. Her şeyin üstünde, bir hasattan elde edilen verim bilgileri, bir sonraki yetiştirme sezonunda kullanılabilir ve uzun vadeli bir yatırımı temsil eder ve değerlendirmesi zor faydalar sağlar

Sensor geliştirme ve tarımsal robot teknolojilerinde karşılaşılan sıkıntılar, genellikle son derece farklı ve zor ölçülen parametreler altında, yüksek zamansal ve mekansal çözünürlükte, veriye olan ihtiyaçtan kaynaklanır. Yeni analiz yöntemlerinin amacı, verileri birleştirerek farklı bilgi katmanlarını ortaya çıkarmak ve yeni bilgiler elde etmektir. Ayrıca, tarımsal uygulamalar için "akıllı sensor" sistemlerinin geliştirilmesinde veri toplama otomasyonu, karar vericilerin sensor içine gömülü olduğu ve sonuçların robot için doğrudan uygulanabilir olması bir gerekliliktir.

Ancak sensorler verileri analiz eder ve sonuçtan doğrudan eylem önerileri çıkarılabilen noktaya kadar verileri işler. Bunlar hedef değerlerle doğrudan ilişkili olmayan göstergelere dayanır. Bitkinin yaprak klorofil içeriği renk aracılığıyla verimli bir şekilde değerlendirilebilir. Ancak problem, azot eksikliği yerine nem eksikliği olması durumunda, sistem ek bilgiye de ihtiyaç duyar. Bu açıdan, insan ve robot arasında sezgisel etkileşim gereklidir ve bu da tarımsal üretimde sensorler ve otomasyon teknolojisi için büyük bir geliştirme zorluğu oluşturur.

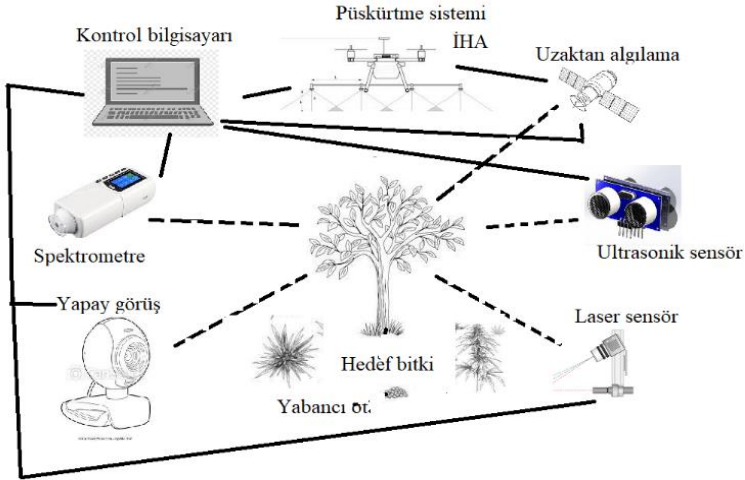
Detaylı agronomik ilişkilerin anlaşılmasının önemini ne kadar takdir edersek, bu ilişkilerin daha iyi anlaşılması için bilgiye olan ihtiyaç o kadar artar. Daha fazla bilgi mevcut olduğunda, anlayış da derinleşir ve bu da daha fazla veri toplamayı gerektirir. Özellikle son yıllarda, daha fazla veri toplanarak agronomik bilginin geliştirilmesi sağlanmaktadır. Ancak doğrudan kullanılabilir agronomik bilginin pratik uygulaması hala kapsamlı bir şekilde hassas tarım teknolojisi kullanımı için önemli bir istatistik ve yazılım uzmanlığı gerektirir. Akıllı sensorlerin geliştirilmesi için, bilgi entegrasyonu çoklu nedensel karar verme sistemlerine dahil edilmelidir, böylece bilgi oluşturulabilir. Hedef, sistemik, kapsamlı ve şeffaf kavramlarla kolay kullanımlı ve basit uygulamalara sahip karmaşık sistemlerdir.

Pratik deneyimin bu entegre sistemlere akmasını sağlamak da önemlidir. Böylece çiftçiler teknolojinin yardımıyla uzmanlıklarını daha da geliştirebilirler. Tarımsal robotikte karar destek sistemlerinin gelişiminde asıl amaç, büyük miktarda veriyi depolamadan, bilgi elde etmeye ve bilgi yönetimine geçiştir. Şu

anda, tarımsal veri analizleri ve sensor verilerinin birleştirilmesi için çok değişkenli istatistiksel yöntemler ve makine öğrenme tekniklerinin uygulanmasıyla bu imkânlar genişletilmektedir. Bu sayede sistem sınırları artarak ve günümüzde tamamlanmış değer ağlarının bütüncül kavramlarına odaklanılmaktadır. Verilerin farklı kaynaklardan gerçek zamanlı bir şekilde birleştirilmesini mümkün kılan tam entegre sistemlerin kurulmasının temel teknolojisi olarak hareketli veri iletimi önemli bir rol oynamaktadır.

Bitki korumadan kullanılan robotlar

Tarımsal mücadele tarımsal uygulamalar arasında en maliyetli ve en riskli uygulamalardır. Maliyet açısından ise özellikle ülkemizde ciddi öneme sahiptir. Akıllı uygulamalar ile bu riskler en aza indirilmeye çalışılırken başarının artması da beklenmektedir. Tarımsal robotik alanındaki temel unsurlardan biri, tarla robotları veya mekanize sistemler aracılığıyla insan gücünün yerine geçerek görevleri daha hassas ve düşük maliyetle ve daha yüksek verimlilikle gerçekleştirebilmektir. Yabani ot kontrolü ve doğru ilaçlama, tarımsal alanlardaki robotlar için belki de en çok talep edilen uygulamalardır. Bu bağlamda, yabancı ot kontrolü uygulamasında robotlarla hedefe yönelik ilaçlama, genel ilaçlama yöntemine kıyasla herbisit kullanımını %5-%10'a kadar azaltmış ve kabul edilebilir sonuçlar göstermiştir (Midtiby vd., 2011; Young ve Giles, 2014). Henüz tam anlamıyla ticarileşmiş olmasa da, son 10 yılda yabancı ot robotları için çeşitli umut verici teknik ve yöntemler konusunda çalışılmaktadır.



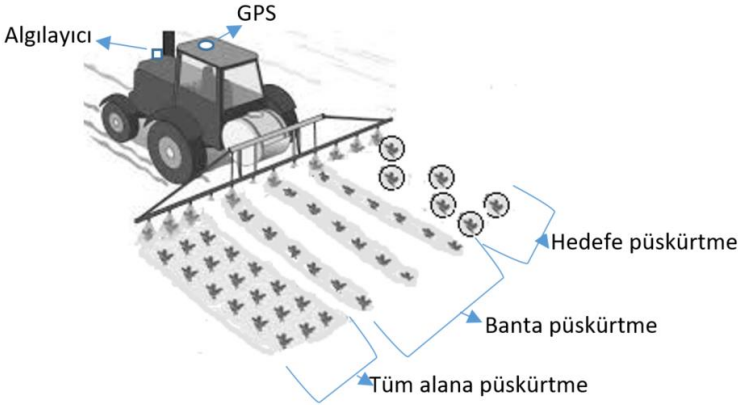
Şekil 4. Bitki koruma uygulamalarında algılayıcılar

Akıllı bir püskürtücü hedefi algılayan bir algılayıcı ve kontrol edilebilen bir püskürtme sisteminden oluşur. Farklı algılama teknikleri (yapay görme, uzaktan

algılama, spektral yansıma) bu sistemler içerisinde kullanılmaktadır. Bu algılayıcıların hedefin özelliklerine göre bir karar vericiye gelen veriler analiz edildikten sonra püskürtme sistemine komut verilir ve püskürtme gerçekleşir ya da gerçekleşmez. Böylece aşırı ya da yetersiz pestisit uygulama sonuçları karşısında ortaya çıkan sürüklenme, çevre zararı, insan sağlığı tehdidi, maliyet artışı gibi problemler önlenmiş olur.

Kanopi yapılarındaki değişiklikler, bitki ve zararlı tipleri, kullanılan formülasyonlar, meteorolojik ve topografik şartlar, birim alana düşecek kalıntı miktarı, damla büyüklüğü gibi faktörler püskürtücülerin sürekli gelişmesine sebep olmaktadır. Bu kadar karmaşık faktörlerin operatör tarafından dikkate alınması gerçekten zordur ve akıllı ve çabuk karar veren sistemlere ihtiyaç vardır. Son dönemlerde hedefe yönelik püskürtme yapan ve değişken düzeyli uygulama yapan püskürtücülerini tarım alanlarında görebilmekteyiz.

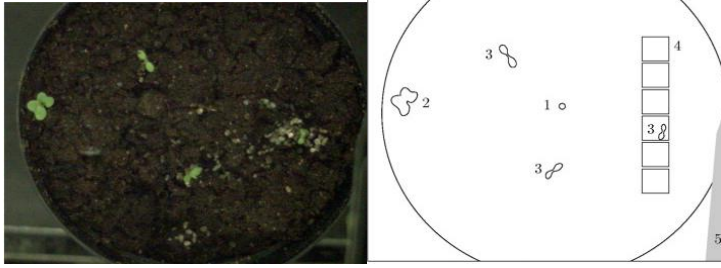
Otomasyonun tarımsal mücadeleye girmesiyle püskürtme modelleri de çeşitlenmiştir (Şekil 5). Klasik yöntemlerde tüm alana pestisit atılırken selenoid valfler yardımıyla püskürtme sadece belirlenen bantlara ya da sıra üzerine yapılabilmektedir. Algılayıcıların kullanımıyla hedefe ya da belirli bir noktaya uygulama yapma olanağı ortaya çıkmıştır. Gelişen bu teknikler sayesinde gereksiz yere atılan pestisit miktarı ve sürüklenmeyle kaybolan pestisit miktarı azalmıştır. Bunların yanında çevreye ve canlılara verilen zarar azalırken pestisit maliyetlerinin düştüğü de gözlemlenmiştir.



Şekil 5. Püskürtmede otomasyon modelleri

Algılama algoritmaları elde edilen verilere dikkate alınarak kurulur. Bitki morfolojisi, görsel dokusu ve spektral özellikler göz önünde bulundurulur. Imran vd. (2008) gerçek zamanlı seçici herbisit uygulaması için dar ve geniş yapraklı bitkileri sınıflandırarak bir algoritma geliştirmişlerdir. Benzer bir çalışmada

kamera görüntülerini sınıflandırarak ve istatistiksel analiz sonucunda yürütmüş ve %93 başarı sağlamıştır (Burks vd., 2000).



a-Görüş sistemi tarafından elde edilen görüntü b-Soldaki şeklin tanımlaması

Şekil 6. Midtiby vd. (2011) tarafından yapılan çalışmada görüntü sisteminin algılaması

Önler vd., (2014) çalışmalarında ahtapot tipi bir yardımcı hava akımlı püskürtücü de hava kanalını dört ayrı kola ayırarak bu kollar üzerine 4 farklı püskürtme oranında püskürtme imkanı oluşturmuşlardır. Ultrasonik sensorler kullanarak ilaçlanacak ağacı 4 bölüme ayırmışlar ve yaprak yoğunluğunu hesaplayarak püskürtme miktarını belirlemişlerdir. Çalışmalarında %80 e varan bir püskürtme tasarrufundan bahis etmişlerdir.



BONİROB (Almanya)



RIPPA (Avustralya)



TERTİLL (ABD)



HORTİBOT (Danimarka)



AgBOT II (Avustralya)



THORVALD II (Norveç)

Şekil 7. Bazı yürütülen robot projeleri

Yabancı ot kontrolünde kullanılan robotlara yabancı ot kontrolünde kimyasal kullanımını %80-90 oranında azaltan Holland (Bawden vd., 2014); tarla bitkileri için yabancı ot kontrolü ve tarla haritası oluşturma yeteneğine sahip BoniRob çok amaçlı bir tarım robotik platformu, (Sander, 2015); Çeşitli yabancı ot tespiti yapan ve kontrol araçlarını, kameraları, herbisit ve püskürtme sistemi taşıyan Hortibot (Jorgensen vd., 2007); Yabancı ot kontrolü için geliştirilen bir araştırma robotu Autonome Roboter (Ruckelshausen vd., 2006); yabancı ot kesimi için tam otomatik güneş enerjili kompakt robot Tertill (MacKean vd., 2017); FroboMind yazılımına dayalı olarak çalışan, farklı modüllere ve uygulamalara bağlanabilen, otomatik ve yarı otomatik mekanik yabancı ot kontrolü, hassas ekim, oluk açma ve temizlik gibi işlemleri yapabilen bir robot platformu Kongskilde Robotti (Green vd., 2014); Güneş enerjisiyle çalışan algılama ve hassas uygulamalar için Bogue (2016) tarafından geliştirilmiş bir robot RIPPA; Otonom gübreleme, yabancı ot tespiti ve sınıflandırması, mekanik veya kimyasal yabancı ot kontrolü için Bawden vd. (2014) tarafından tasarlanan AgBot II örnek olarak verilebilir.

Yabancı otların damar dokusuna doğrudan kimyasal uygulama yapmak için, yabancı otların sapını kesen ve kimyasal kesim yüzeyine yayabilen bir doğrudan kimyasal uygulama elemanına ihtiyaç vardır. Buna örnek olarak Lamm vd. (2002) tarafından yapılan çalışmada geliştirilen pamuk bitkilerinde sıra üzerindeki yabancı otlara kimyasal püskürtme yapan bir prototip verilebilir. Lee vd. (1999) yaptıkları çalışmada seçici herbisit uygulaması için makine görüşü ve kimyasal uygulama kullanarak gerçek zamanlı akıllı bir yabancı ot kontrol sistemi tasarlamışlardır. Makine görüşü ve bulanık mantık temelli bir püskürtme yapabilmek için araştırmacılar sürekli prototip geliştirerek bu sorunu çözmeye çalışmaktadırlar (Burks, 2004; Subramanian, 2005; Martinez vd., 2005)

Otomatik yabancı ot kontrol makinesinin geliştirilmesi, bitkinin konumunu tespit edebilen bir görüntüleme sistemine ihtiyaç duyar. Bu görüntüleme sistemi, bitki sapının doğru konumunu tanıyabilmeli ve yabancı ot kontrolü sırasında bitkiyi korumalıdır (Kiani ve Jafari, 2012). Perez vd. (2000) çalışmalarında tahıl ekilmiş tarım alanlarındaki yapraklı yabancı otları tespit etmek için yakın zeminden görüntü yakalama ve işleme tekniği geliştirmişlerdir. Araştırmacılar burada, bitki ve yabancı otlar arasında ayırım yapmak için renk bilgisini ve bitkiyi yabancı otlardan ayırmak için şekil analiz tekniklerini kullanmıştır. Benzer şekilde Cho vd. (2002) turp bitkisi ve yabancı otların şekil özelliklerini incelemişlerdir. Turp tarlasında yabancı ot tespiti için yüksek hızlı bir cihaz kamerası kullanan bir makine görüşü sistemi önermişler ve turp bitkisi tanıma başarısını %92, yabancı ot tanıma başarısını ise %98 olarak belirlemişlerdir.

Başka bir çalışmada şeker pancarı yabancı otları için renk ve şekil özelliklerinin birleştirildiği bir yöntem ile %90 sınıflandırma başarısına ulaşılmıştır. İki şekil

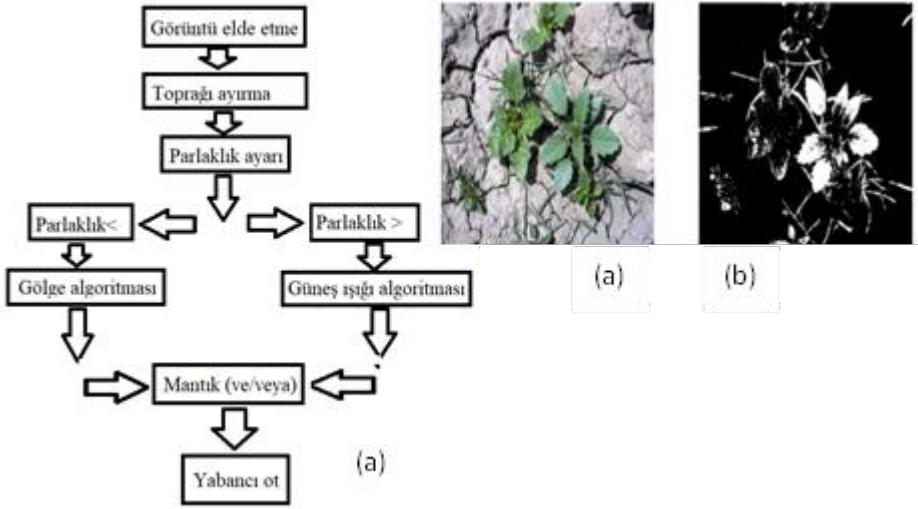
özelliği eklenerek bu oran %96'ya çıkmıştır. Üç ana renk bileşeni R, G ve B arasındaki korelasyon, yabancı ot ve şeker pancarı renk sınıflarını ayırmak için diskriminant analizi kullanılarak elde edilmiştir (Astrand ve Baerveldt, 2002; Jafari vd., 2006). Yöntemleri, farklı sınıflandırma başarı oranlarıyla %77 ila %98 arasında değişmiştir. Tarlada yabancı otları ve soya filizlerini CCD görüntüleri ile segmente etme çalışmaları Huang ve He (2007) tarafından yürütülmüştür. Yabancı ot türlerinin tekstür özellikleri, yabancı ot türlerini dar ve geniş yapraklı olarak ayırt etmek için kullanılmış ve sırasıyla %93 ve %85 sınıflandırma başarısı elde edilmiştir (Meyer vd., 1998). Polder vd. (2007) çim alanlardaki yabancı otları tespit etmek için doku görüntü analizi kullanılmıştır. Langenakens vd. (2002) ise yabancı ot kontrolü için kullanılan püskürtme robotlarını, yapraklardaki kalıntı miktarını arttıran dikey püskürtme kollu robotlar olarak geliştirilmişlerdir. İspanya'da gelişen teknolojiler arasında, gevşek toprağa sahip tarlalarda gezinebilen Fumimatic® ve Tizona gibi kendi kendini süren araçlar ve büyük sayıda engel bulunan durumlarda çalışabilen Fitorobot gibi otomatik tarla robotları bulunmaktadır (Sanchez-Hermasilla vd., 2010). Bu robotların bazıları, toprağın içine gömülmüş metal boruları takip etmek için indüktif sensorler kullanır (Mandow vd., 1996).

Yapay sinir ağları, birçok araştırmacı tarafından makine görüşü ile yabancı otları ayırmak için kullanılmıştır (Burks vd., 2005). Örneğin, BoniRob, yapay zeka kullanarak yabancı otları bitkilerden ayırmakta ve ardından tespit edilen yabancı otları "ramming death rod" adında özel bir mekanizma ile mekanik olarak yok etmektedir. BoniRob'un farklı kontrol modülleri Ethernet ile bağlıdır ve TCP/IP üzerinden iletişim kurar. Bu platform, farklı elektro motorlar ve hidrolik silindir hareketi ile gerçekleştirilen 16 serbestlik derecesine (DOF) sahiptir. 4 tekerleğin her biri ayrı motorlar tarafından tahrik edilir ve bağımsız olarak yönlendirilebilir. Motor kontrolünde CAN BUS kullanılır. Bu incelemeler, yabancı otları ortadan kaldırmak için tamamen ticari bir robotik platformun henüz gerçekleştirilmediğini göstermektedir. Ayrıca, yabancı ot kontrolü alanındaki çoğu araştırma çalışması bitki büyümesinden önce veya bazı durumlarda ana bitkinin yüksekliği 0.2-0.3 m arasındayken uygulanabilir (Sander, 2015).

Bahçelerde yapılan bir farklı çalışma robot ilerlerken kullanılan Lazer tarayıcı sensor uygulamalarıdır. Zhu vd. (2017) de yaptıkları çalışmada geliştirdikleri lazer sensörlü bir yardımcı hava akımlı püskürtücüyü farklı bahçelerde test etmişlerdir. Testler sırasında lazer rehberli püskürtücünün değişken hızı, bitki varlığı, gövde yapısı ve yaprak yoğunluğuna bağlı olarak otomatik olarak belirlenmiştir. Klasik püskürtücülerle karşılaştırıldığında lazer sensörlü püskürtücü püskürtme hacmini sırasıyla bir bahçede %60 ve diğer bahçede %36 azaltmıştır. Benzer şekilde, 3. fidanlıkta lazer rehberli püskürtücü, bakla

midyelerini ve armut Bir diğer bahçede ise %77,6 daha az püskürtme hacmi ve kimyasal kullanımı sağlamıştır. Bu şekilde, yeni değişken hızlı püskürtme sistemi insektisit kullanımını azaltmış, püskürtme uygulama verimliliğini artırmış ve karlılığı sağlamıştır. Böylece böcek zararlarını kontrol etmek için ekonomik ve çevresel sorumluluk sahibi bir yaklaşım sunulmuştur.

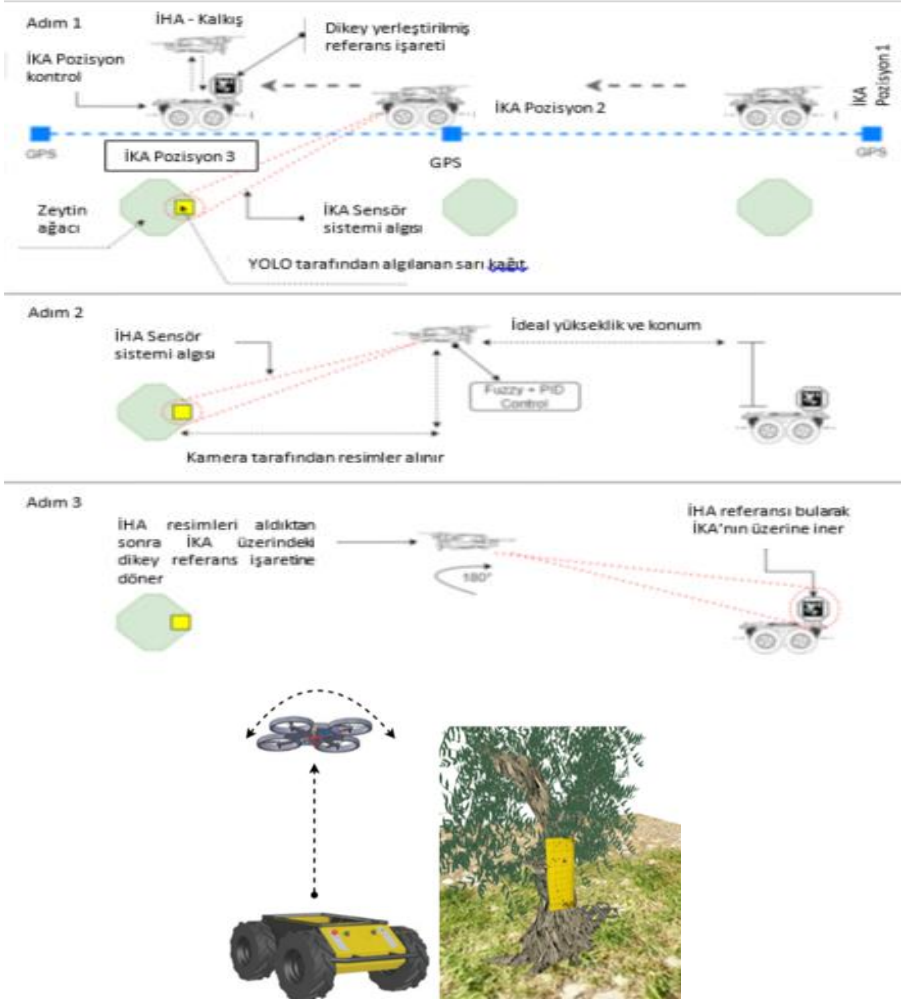
İnsansız Hava Araçlarının (İHA) tarımsal alanlarda hızlı müdahale ve bitki zararını en aza indirmek için kullanımı görülmektedir. Özellikle kamera ve algılayıcılarla donatılmış İHA'lar akıllı-hassas tarım için potansiyel hale gelmektedir.



Şekil 8. Görüntü işlemede özellik çıkarımı için nesne seçimi (Jafari vd., 2006) (a) Yabancı otu ayırma algoritması, (b) Alınan görüntü (c) Sistemin tanımlaması

Böceklerin tespitinde de kullanılacak bazı robotik sistemler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Berger vd. (2023) yaptıkları çalışmada zeytin ağaçlarında kullanılan böcek tuzaklarını kontrol ederek zararlı tespiti yapabilen, bir kara taşıtı (İKA) ve İnsansız hava aracı (İHA) içeren sistem tasarlamışlardır. Bu araştırmada çoklu işbirliğine iyi bir örnektir. Ağaçlara sabitlenmiş sarı renkteki sinek tuzaklarına dayalı olarak İHA ve İKA'nın görüntü tabanlı navigasyonunu, YOLO algoritmalarını kullanarak görsel konum verisi sağlamak için değerlendirmiştir. Deneysel kurulum, tuzağa etkili bir şekilde ulaşmasını sağlamak için İHA'ya uygulanan bulanık kontrol algoritması değerlendirilmiştir. Deneysel testler, metodolojinin performansını doğrulamak için gerçekçi bir simülasyon ortamında, bir robot işletim sistemi (ROS) ve CoppeliaSim platformları kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Tüm testler belirli gerçek dünya çevresel koşulları dikkate alınarak yapılmıştır. İHA'nın dönüş ve

inişine izin vermek için artırılmış gerçeklik etiketi (AR-Tag) görüntü işleme dayalı bir arama ve iniş algoritması, İHA'nın İKA üssüne dönmesini ve inmesini sağlamak için kullanılmıştır. Sonuçlar, araştırmanın senaryosunda kara ve hava taşıtları için çoklu işbirliği robot mimarisinin sağlamlığını ve uygulanabilirliğini göstermektedir.



Şekil 9. Berger vd. (2023) çalışmalarında hedeflendikleri yöntem

SONUÇ

Son on yılda, ticari olarak olmasa da tarımsal işleri etkili bir şekilde gerçekleştirebilecek tarım robotlarının geliştirilmesine yönelik araştırma çabaları önemli ölçüde artmıştır. Köyden şehre göç sebebiyle iş gücünün azalması ve üretim maliyetlerinin artması, buna bağlı olarak robotik çapalama ve hasat alanlarına daha fazla ilgi gösterilmeye başlanmıştır. Şu da bilinmelidir ki hızlı ve doğru bir şekilde

hasat edebilen robot prototipleri henüz insan ile rekabet edebilecek düzeyde değildir. Tarım uygulamalarında robotların hızını ve doğruluğunu artırmak, robot sistemlerinin geliştirilmesi için ele alınması gereken temel konulardır. Endüstriyel robotlarla karşılaştırıldığında, tarımda bolluk arz eden araştırma finansmanı ve bütçelerinin eksikliği gelişme sürecini yavaşlatmıştır. Robot hasadı için nesne algılama, görev planlama algoritmaları, sensorlerin dijitalleştirilmesi ve optimizasyonu gibi çalışmalar önemlidir. Ayrıca, tarım işlemlerini başarıyla gerçekleştirmek için otonom bir çerçeve için, basit manipülatörlerin ve çoklu robot sistemlerinin geliştirilmesine odaklanılması gerektiği anlaşılmaktadır. Tarımsal girdileri optimize etmek ve yeni bilgileri elde edebilmek için bir arada işbirliği yapan küçük ölçekli robotlar ve insansız hava araçları (drone) gurupları oluşturulması gibi konular akademik eğilimlerin ve araştırmaların konusudur. Sonuç olarak, henüz otomatikleştirilemeyen tarım makinalarının karşılaştığı bazı zorlukların üstesinden gelmek için insan-robot işbirliği formları ve tarla-seralardaki bitki yetiştirme ve dikim sistemlerinin değiştirilmesi gerekebilir. Alternatif olarak, tüm robot algılama ve hareket mekanizması, operatör tarafından sanal bir ortamda gerçekleştirilebilir. Bir tarım robotunun ekonomik olması çok önemlidir. Bu da hızlı algılama, hızlı hesaplama ve çevresel değişkenlere hızlı tepki verebilme anlamına gelir.

Tarım dijitalleşirken tarımsal mücadele teknolojileri, verimli kimyasal uygulamaları ve çevreye duyarlı düşük maliyetli teknolojiler haline dönüşmek zorundadır. Bu da akıllı ilaçlama sistemlerini gerektirir. Bu püskürtücüler hedefe uygun algılayıcı tipleri ile donatılmış ve doğru kontrol sistemi ile kontrol edilebilen makinelerdir. Tüm anlatılan çalışmaların kontrollü ideal şartlarda yürütülmüş olduğu unutulmamalıdır. Gerçek uygulamalarda tarımsal şartların çeşitliliği ve kontrolsüz olması büyük teknik zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Aydınlik durumu, yaprakların üst üste gelmesi, toz vb teknik özelliklerin uygulamaya adaptasyonu bu zorluklar içerisinde sayılabilir.

Tarımsal mücadelede akıllı makinelerden beklenen doğru bilgi ve doğru uygulamadır. Bunun gerçekleşmesiyle gelecekte mücadelenin verimliliği artacak ve kimyasal tüketimi düşeceği gibi çevreye olan zararı da yoksayılacaktır. Böylece bu makinelerin kullanılabilmesi olasılığı artacaktır.

Otomasyon ve ağ teknolojisi, tarımsal süreçlerin sistemik kontrolüne hizmet etmelidir. Tarım 4.0"ın amacı sosyal taleplerin ve bireysel üretici ve tüketici gereksinimlerinin, verimlilik ve karlılığın yanı sıra yerel, mekânsal, çevresel ve küresel iklim olayları da dâhil olduğu bilgi temelli karar vermenin sağlanmasıdır. Tarımsal üretim süreçlerine özgü koşulları karşılamaya üzere ayarlanmış modeller ve doğal kaynakların korunmasını, hatta iyileştirilmesini sağlayacak otomasyon teknolojileri geliştirmeye dikkat edilmelidir.

KAYNAKLAR

1. Astrand, B. ve Baerveldt, A. J. (2002). An agricultural mobile robot with vision-based perception for mechanical weed control. *Auton. Robots*, 13(1): 21–35.
2. Bac, C.W., Roorda, T., Reshef, R., Berman, S., Hemming, J. ve van Henten, E. J. (2016). Analysis of a motion planning problem for sweet-pepper harvesting in a dense obstacle environment. *Biosyst. Eng.*, 146: 85–97.
3. Bach, A. ve Cabrera, V. (2017). Robotic milking: Feeding strategies and economic returns. *J. Dairy Sci.*, 100(9): 7720–7728.
4. Bakker, T., Bontsema, J. ve Müller, J. (2010). Systematic design of an autonomous platform for robotic weeding. *J. Terramechanics*, 47(2): 63–7.
5. Bargoti, S. ve Underwood, J.P. (2017). Image segmentation for fruit detection and yield estimation in apple orchards. *J. F. Robot*, 34(6): 1039–1060.
6. Barth, R., Hemming, J. ve van Henten, E.J. (2016). Design of an eye-in-hand sensing and servo control framework for harvesting robotics in dense vegetation. *Biosyst. Eng.*, 146: 71–84.
7. Bawden, O., Ball, D., Kulk, J., Perez, T. ve Russell, R. (2014). A lightweight, modular robotic vehicle for the sustainable intensification of agriculture. Australian Robotics & Automation Association ARAA.
8. Bechar, A. ve Vigneault, C. (2016). Agricultural robots for field operations: Concepts and components. *Biosystems Engineering*, 2016; 149: 94-111.
9. Berger, G.S., Teixeira, M., Cantieri, A., Lima, J., Pereira, A.I., Valente A., Castro, G.G.R.D. ve Pinto, M.F. (2023). Cooperative Heterogeneous Robots for Autonomous Insects Trap Monitoring System in a Precision Agriculture Scenario. *Agriculture*, 13, 239. <https://doi.org/10.3390/agriculture13020239>
10. Bloch, V., Degani, A. ve Bechar, A. (2018) A methodology of orchard architecture design for an optimal harvesting robot. *Biosyst. Eng.*, 166: 126–137.
11. Billingsley, J., Visala, A. ve Dunn, M. (2008). Robotics in agriculture and forestry. In *Springer handbook of robotics*, Springer, 1065–1077.
12. Bogue, R. (2016). Robots poised to revolutionise agriculture. *Ind. Rob.*, 43(5): 450–456.

13. Burks, T.F., Shearer, S.A., Gates, R.S. ve Donohue, K.D. (2000). Backpropagation neural network design and evaluation for classifying weed species using color image texture. *Transactions of the ASAE*, 43, 1029-1037 doi:10.13031/2013.2971
14. Burks, T.F., Subramanian, V. ve Singh, S. (2004). Autonomous greenhouse sprayer vehicle using machine vision and lidar for steering control. *Proceedings of the Conference on Automation Technology for Off-Road Equipment*, 79p.
15. Burks, T.F., Shearer, S.A., Heath, J.R. ve Donohue, K.D. (2005). Evaluation of neural-network classifiers for weed species discrimination. *Biosyst. Eng.*, 91(3): 293-304
16. Cho, S., Lee, D.S. ve Jeong, J.Y. (2002). AE— automation and emerging technologies: Weed-plant discrimination by machine vision and artificial neural network. *Biosyst. Eng.*, 83(3): 275-280.
17. Çelen, İ.H., Kılıç, E. ve Önler, E. (2015). A Design of An Autonomous Agricultural Robot to Navigate Between Rows. *Advances In Engineering Research*, 349-352.
18. Çelen, İ.H., Kılıç, E. ve Durgut, M.R. (2008). Development of An Automatic Weed Control System on Sunflowers. *Applied Engineering In Agriculture*, 24(1), 23-27.
19. De Baerdemaeker, J., Munack, A., Ramon, H. ve Speckmann, H. (2001). Mechatronic systems, communication, and control in precision agriculture. *IEEE Control Syst*, 21(5): 48-70.
20. Drach, U., Halachmi, I., Pnini, T., Izhaki, I. ve Degani, A. (2017). Automatic herding reduces labour and increases milking frequency in robotic milking. *Biosyst. Eng.*, 155: 134-141.
21. Eiben, Á.E., Ellers, J., Meynen, G. ve Nyholm, S. (2021). Robot Evolution: Ethical Concerns. *Front. Robot. AI* 8:744590. doi: 10.3389/frobt.2021.744590
22. Eizicovits, D., van Tuijl, B., Berman, S. ve Edan, Y. (2016). Integration of perception capabilities in gripper design using graspability maps. *Biosyst. Eng.*, 146: 98-113.
23. Green, O., Schmidt, T., Pietrkowski, R.P., Jensen, K., Larsen, M. ve Jorgensen, R.N. (2014). Commercial autonomous agricultural platform: Kongskilde Robotti. *Second International Conference on Robotics and associated High-technologies and Equipment for Agriculture and Forestry*, 351-356.

- 24.Hellström, T. ve Ringdahl, O. (2013). A software framework for agricultural and forestry robots. *Industrial Robot: An International Journal*, 40(1): 20–26.
- 25.Hemming, J., Bac, W., van Tuijl, B., Barth, R., Bontsema, J., Pekkeriet, E. ve van Henten, E. (2014). A robot for harvesting sweet-pepper in greenhouses. *Proc. Int. Conf. Agric. Eng.* 6–10.
- 26.Huang, M. ve He, Y. (2007). Crop and weed image recognition by morphological operations and ANN model. *Proceedings of IEEE Conference on Instrumentation and Measurement Technology (IMTC 2007)*, 1–4.
- 27.Huang, Y.J. ve Lee, F.F. (2010). An automatic machine vision-guided grasping system for Phalaenopsis tissue culture plantlets. *Comput. Electron. Agric.*, 70(1): 42–51.
- 28.Imran, A., Islam, M. ve Gul, S. (2008). Edge based real-time weed recognition system for selective herbicides. *In Proceedings of the International Multiconference of Engineers and Computer Scientists*, 19-21 March, Hong Kong.
- 29.Jafari, A., Mohtasebi, S.S., Jahromi, H.E.ve Omid, M. (2006). Weed detection in sugar beet fields using machine vision. *Int. J. Agric. Biol*, 8(5): 602–605.
- 30.Jorgensen, R.N., Sorensen, C.G., Maagaard, J., Havn, I., Jensen, K., Sogaard, H.T. ve Sorensen, L.B. (2007). Hortibot: A system design of a robotic tool carrier for high-tech plant nursing. *CIGR Ejournal*, Vol. IX, No.1, Manuscript ATOE 07 006.
- 31.Kiani, S. ve Jafari, A. (2012). Crop detection and positioning in the field using discriminant analysis and neural networks based on shape features. *J. Agr. Sci. Tech*, 14: 755-765.
- 32.Lamm, R.D., Slaughter, D.C. ve Giles, D.K. (2002). Precision weed control system for cotton. *Trans. ASAE*, 45(1): 231.
- 33.Langenakens, J., Vergauwe, G. ve De Moor, A. (2002). Comparing hand held spray guns and spray booms in lettuce crops in a greenhouse. *Asp. Appl. Biol.*, 66: 123–128.
- 34.Lee, W.S., Slaughter, D.C. ve Giles, D.K. (1999). Robotic weed control system for tomatoes. *Precis. Agric.*, 1(1): 95–113.
- 35.Lee, Y.J., Kwon, T.B. ve Song, J.B. (2007). SLAM of a mobile robot using thinning-based topological information. *Int. J. Control. Autom. Syst.*, 5(5): 577–583.

36. Lehnert, C., English, A., McCool, C., Tow, A.W. ve Perez, T. (2017). Autonomous sweet pepper harvesting for protected cropping systems. *IEEE Robot. Autom. Lett.*, 2(2): 872–879.
37. MacKean, R., Jones, J.L. ve Francis, Jr J.T. (2017). Weeding robot and method. Google Patents, 24-Aug-2017.
38. Mandow, A., Gomez-de-Gabriel, J.M., Martinez, J.L., Munoz, V.F., Ollero, A. ve Garcia-Cerezo, A. (1996). The autonomous mobile robot AURORA for greenhouse operation. *IEEE Robot. Autom. Mag.*, 3(4): 18–28.
39. Martinez, J.L., Mandow, A., Morales, J., Pedraza, S. ve Garcia-Cerezo, A. (2005). Approximating kinematics for tracked mobile robots. *Int. J. Rob. Res.*, 24(10): 867–878.
40. Mehta, S.S., MacKunis, W. ve Burks, T.F. (2016). Robust visual servo control in the presence of fruit motion for robotic citrus harvesting. *Comput. Electron. Agric.*, 123: 362–375.
41. Meyer, G.E., Mehta, T., Kocher, M.F., Mortensen, D.A. ve Samal, A. (1998). Textural imaging and discriminant analysis for distinguishing weeds for spot spraying. *Trans. ASAE*, 1998; 41(4): 1189–1197.
42. Midtiby, H.S., Mathiassen, S.K., Andersson, K.J. ve Jorgensen, R.N. (2011). Performance evaluation of a crop/weed discriminating microsprayer. *Comput. Electron. Agric.*, 77(1): 35–40.
43. Önler, E., Çelen, İ.H., Kılıç, E. ve Durgut, M.R. (2014). Design of A Flow Rate Adjustment System Related To Tree Foliage Surface Estimation By Using Ultrasonic Sensors Smart Spraying Machine. *Journal of Agricultural Machinery Sciences*, 10(1), 19-23.
44. Önler, E. ve Çelen, İ.H. (2018). A study on data characteristics of some wheat varieties for machine learning, *International science and engineering investigations*, vol. 8, pp. 142-148.
45. Perez, A.J., Lopez, F., Benlloch, J.V. ve Christensen, S. (2000). Colour and shape analysis techniques for weed detection in cereal fields. *Comput. Electron. Agric.*, 25(3): 197–212.
46. Polder, G., van Evert, F.K., Lamaker, A., de Jong, A., Van der Heijden, G., Lotz, L., Van der Zalm T. ve Kempenaar C. (2007). Weed detection using textural image analysis. *EFITA/ WCCA Conference*.
47. Quigley, M., Conley, K., Gerkey, B., Faust, J., Foote, T., Leibs, J., Berger, E., Wheeler, R. ve Ng, A. (2009). ROS: an open-source Robot Operating System. In *ICRA workshop on open source software*, 3(2): 5.

48. Rohmer, E., Singh, S.P.N. ve Freese, M. (2013). V-REP: A versatile and scalable robot simulation framework. *IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 1321–1326
49. Ruckelshausen, A., Klose, R., Linz, A., Marquering, J., Thiel, M. ve Tölke, S. (2006). Autonome Roboter zur Unkrautbekämpfung. *Zeitschrift für Pflanzenkrankheiten und Pflanzenschutz*, 173–180.
50. Sanchez-Hermosilla, J., Rodriguez, F., Gonzalez, R., Guzman, J.L. ve Berenguel, M.A. (2010). Mechatronic description of an autonomous mobile robot for agricultural tasks in greenhouses. In *Mobile Robots Navigation*, InTech, 583-608.
51. Sammons, P.J., Furukawa, T. ve Bulgin, A. (2005). Autonomous pesticide spraying robot for use in a greenhouse. *Proceedings in Australian Conference on Robotics and Automation*, 1–9.
52. Sander, S. (2015). BoniRob: An Autonomous Mobile Platform for Agricultural Applications. <http://ieeagra.com/ieeagra/Downloads/20150923-Sander-Presentation.pdf>
53. Stein, M., Bargoti, S. ve Underwood, J. (2016). Image based mango fruit detection, localisation and yield estimation using multiple view geometry. *Sensors*, 16(11): 1915.
54. Subramanian, V. (2005). Autonomous vehicle guidance using machine vision and laser radar for agricultural applications. Doctoral dissertation. University of Florida.
55. Van Henten, E.J., Van Tuijl, B.A.J., Hoogakker, G.J., Van Der Weerd, M.J., Hemming, J., Kornet, J.G. ve Bontsema, J. (2006). An autonomous robot for de-leafing cucumber plants grown in a high-wire cultivation system. *Biosyst. Eng.*, 94 (3): 317–323.
56. Van Henten, E.J., Van't Slot, D.A., Hol, C.W.J. ve Van Willigenburg, L.G. (2009). Optimal manipulator design for a cucumber harvesting robot. *Comput. Electron. Agric.*, 65(2): 247–257.
57. Young, S.L. ve Giles, D.K. (2014). Targeted and microdose chemical applications. In *automation: The future of weed control in cropping systems*. Springer, 139–147.
58. Weiss, U. ve Biber, P. (2011). Plant detection and mapping for agricultural robots using a 3D LIDAR sensor. *Rob. Auton. Syst.* 59(5): 265–273.
59. Zhang, C., Gao, H., Zhou, J., Cousins, A., Pumphrey, M.O, Sankaran, S. (2016). 3D robotic system development for high-throughput crop phenotyping. *IFAC-PapersOnLine*, 49(16): 242–247.

- 60.Zhu, H., Rosetta, R., Reding, M.E., Zondag, R., Ranger, C, Canas, L., Fulcher, A.F., Derksen, R., Ozkan, E. ve Krause, C.R., (2017). Validation of a Laser-Guided Variable-Rate Sprayer for Managing Insects in Ornamental Nurseries. Transactions of the ASAE. American Society of Agricultural Engineers 60(2):337-345.

Bölüm 6

Farklı Dozlarda Yarasa Gübresi Ve Kısıtlı Kimyasal Gübre Uygulamalarının Karnabahar (*Brassica oleracea var. botrytis* L.) Yetiştiriciliğinde Verim, Kalite Ve Besin İçeriklerine Etkileri

Yusuf ÇELİK¹

Adem ÖZARSLANDAN²

1 Öğr. Gör..Silifke Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Mersin Üniversitesi/ 33940 Silifke Mersin;ORCID:0000-0002-8590-6690:Sorumlu yazar: ycelik33@mersin.edu.tr

2 Prof. Dr.; Silifke Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksekokulu / Organik Tarım İşletmeciliği Anabilim Dalı Mersin Üniversitesi/ 33940 Silifke Mersin/Türkiye:E-mail: aozarslandan@mersin.edu.tr

ÖZET

Karnabahar yetiştiriciliğinde aşırı kimyasal gübre kullanımı sonucunda ürün verimi ve kalitesi zamanla düşmektedir. Tesadüf parsellerinde dört tekerrürlü olarak uygulanan çalışmada, Yarasa Gübresi (YG) dozları (250,500 ve 1000cc/50Lsu) ve %40 azaltılmış kimyasal gübre (3/5KG) kullanılarak bitki verimine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonunda alınan bitki örneklerinde; taç uzunluğu, taç çapı, gövde çapı, gövde uzunluğu, taç ağırlığı, pazarlanabilir verim, yaprak sayısı, yaprak uzunluğu, yaprak çapı ve bitki besin elementi içerikleri (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu) ölçülmüştür. Çalışmanın sonuçları değerlendirildiğinde; yarasa gübresi dozlarındaki artışa bağlı olarak verimde artış olmuştur. 500 cc YG+3/5 KG ve 1000 cc YG+3/5 KG kombinasyonları tüm parametrelerde aynı önem seviyesinde değerler almışlardır. 250 cc YG+3/5 KG, uygulaması kontrol uygulamasından yüksek değer alırken KG, 500 cc YG+3/5 KG ve 1000 cc YG+3/5 KG kombinasyonlarından daha düşük değerler almıştır. Uygulamalar arasında en yüksek değerleri alan 1000 cc YG+3/5 KG uygulaması; kontrol uygulamasına göre bitki taç uzunluğunda %48, bitki taç çapında %53.9, bitki gövde çapında %9.6, bitki gövde uzunluğunda %72, pazarlanabilir verimde %145.5, yaprak uzunluğunda %47.4, yaprak çapında %53.5 artış yaparken, önerilen doz (KG)_uygulamasına kıyasla bitki taç uzunluğunda %0.4, bitki taç çapında %0.2, taç ağırlığında %0.2 ve pazarlanabilir verimde %4.4 artış olmuştur. Yaprak besin elementi içeriğine göre; artan yarasa gübresi uygulamaları yaprak N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn ve Mn kapsamalarını artırmıştır. Bu sonuçlara göre; Farklı etki mekanizmasına sahip olan yarasa gübresi ve AMF uygulaması ile karnabaharda kimyasal gübre dozlarında %40 oranında azalma sağlanabilmekte, bitkisel gelişim ve verim bileşenlerinde artış sağlanabilmektedir.

Anahtar kelimeler: karnabahar, gübreleme stratejileri, mikorizal aşılama, biyometrik gelişimler

GİRİŞ

Karnabahar (*Brassica oleracea* var. *botrytis* L.).Brassicaceae familyasına ait olup çiçek tablası tüketilen en önemli kışlık sebzelerinden biridir (Sable ve ark., 2016). Dünyada en çok tüketilen sebzeler arasında yer alan karnabahar İyi bir protein, tiamin, riboflavin, fosfor ve potasyum, manganez, diyet lifi, C vitamini, K vitamini, B6 vitamini, folat ve pantotenik asit kaynağıdır (Bhandari and Kwak, 2015). Mahsul, toprak ve iklim koşullarına son derece duyarlıdır. Sert, soğuğa ve dona karşı direnci düşüktür. Optimum gelişmesi için 15 °C - 25 °C arasında bir sıcaklığa ihtiyacı vardır. pH aralığı 6.5-7.5 olan topraklarda iyi gelişir, ancak aşırı asidik topraklarda zayıf gelişir (Konstantopoulou vd. 2010).

Yarasa gübresi organik maddenin yanı sıra azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), alüminyum (Al), demir (Fe) ve kükürt (S) gibi bitki besin maddelerinden oluşmaktadır. Toprakta guano, mikrobiyal aktiviteleri yönlendirmek için bir karbon (C) ve enerji kaynağı ve ayrıca toprak organik madde fraksiyonlarının öncüsü olarak işlev görür. Ayrışma üzerine, bir dizi temel bitki besin maddesini serbest bırakır ve ayrıca topraktaki net mineralizasyon-hareketsizleştirme modellerini kontrol eder (Van Straaten, 2002) Yetiştirmede yarasa gübresinin kullanılması bitki gelişimini olumlu yönde etkilemektedir (Demirtaş ve ark. 2007; Gross ve ark. 2004; Mlay ve Sagamiko, 2008; Sothearen, Furey ve Jurgens, 2014). Bir çalışmada, Sridhar ve ark. (2006), endemik bir böcekçil mağara yarasasının guano kalitesini ve bu yarasa guanosunun ürünler üzerindeki etkisini analiz etmiştir. Yarasa gübresinde yüksek miktarda organik madde, toplam karbon, toplam nitrojen ve fosfor bildirdiler. Deneyde, 20:1 oranında yarasa guano içeren toprakta bitki büyümesinin kontrol uygulamasına kıyasla arttığını bulmuşlardır. Benzer çalışmalarda Shetty and Bhat (2013) tarafından 20:0,5 oranında yarasa gübresi içeren topraklarda bitki gelişiminin olumlu yönde etkilendiği, Ridine ve ark. (2014), %50 yarasa gübresi + %50 NPK bileşiminin sürdürülebilir mısır üretiminde artışa yol açtığını bildirmiştir. Çalışmada genel olarak, faydalı toprak yönetimi ve gıda güvenliği kapsamında aşırı kullanılan kimyasal gübrelerin azaltılması amacı ile değişen dozlarda yarasa gübresi kullanılarak karnabaharın verim parametreleri üzerindeki olumlu etkilerini araştırmaktır.

MATERYAL VE METOD

Çalışmada kullanılan bitki materyali

Çalışmada Mervan F1 tohum çeşidi kullanılmıştır. Mervan karnabahar çeşidi dikimden itibaren 100-110 günde hasada gelmektedir. Ortalama taç ağırlığı 1,5-2.5 kg. arasında olup, taç kısmı beyaz, sert ve sıkıdır. Yeşil aksam boylu ve dikinedir. Yapraklar tacı çok iyi örter ve çeşide iyi bir dayanma süresi sağlar.

Çizelge 1. Denemede kullanılan yarasa gübresi içerikleri

İçerikler	%
Organic Matter:	%15
Organic Nitrojen:	%2.5
Phosphorus:	%1
Potassium:	%4
Calcium:	%2
Humic+Fulvic Acid:	%5
Free Amino Acids:	%1.5
Ph:	%4.5-5.5
EC:	%18.5

Metot

Çalışma 2023 yılı yetiştirme sezonunda ME.Ü Silifke Meslek Yüksekokulu 36° 22' kuzey enlem ve 33° 55' doğu boylamında yer alan araştırma alanlarında açık arazi şartlarında yapılmıştır. Araştırmanın yapıldığı bölgede tipik Akdeniz iklimi görülmektedir. Yazları sıcak ve kurak, kışları ılık ve yağışlıdır. Uzun vadeli meteorolojik verilere göre bölgenin uzun vadeli ortalama yağış miktarı 572,2 mm'dir. Bölgede uzun yıllık sıcaklık ortalaması 17,8 oC ve yıllık buharlaşma 1608 mm'dir (DMI, 2021). Toprak pH 6,97, tuzluluk %0,10, kireç %1,7, organik madde %2,1 toprak dokusu kumlu/tınlı olarak bulunmuştur. Alata Bahçe Bitkileri Araştırma Enstitüsü'nde toprak analizi sonuçlarına göre önerilen gübre miktarları; 200 kg.ha-1 N, 150 kg.ha-1 P ve 240 kg.ha-1 K olarak belirlenmiş olup, uygulanan gübre kaynakları amonyum sülfat, üçlü süper fosfat ve potasyum nitrat formlarıdır. Fideler ticari bir işletmede üretilmiş olup 15.07.2021 tarihinde tohum ekimi yapılmış olup, 01.09.2021 tarihinde fide dikimi yapılmıştır. Gübreleme, sulama ve diğer kültürel işlemleri usulüne uygun olarak yapılmış olup ürün 110 gün sonra hasat edilmiştir. Çalışmada deneme pasellerine kontrol (gübresiz), KG, 250 cc / 50 L su YG+3/5 KG, 500 cc / 50 L su YG+3/5 KG ve 1000 cc / 50 L su YG+3/5 KG şeklinde gübreleme uygulamaları yapılmıştır. Çalışmada, 5 uygulama her

uygulamada 40 bitki olmak üzere toplam 800 fide dikimi yapılan denemede dikim mesafeleri 75x75 cm olarak uygulandı. Kenar etkisi olmayan orta büyüklükteki bitkiler üzerinde ölçümler ve gözlemler yapılmıştır.. İstatistiksel analiz: Farklı dozlarda yarası gübresi ve kimyasal gübre uygulamalarının karnabahar yetiştiriciliğinde verim ve verim bileşenleri üzerinde etkilerini araştırmak için farklı olasılık seviyelerinde p(0.05 ve 0.01) varyans analizi ve ortalamaları karşılaştırmak için Duncan testi yapılmıştır. Tüm istatistiksel değerler istatistiksel paket programı IBM SPSS 23 (IBM Statistics for Windows, Version 23) ile hesaplanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada farklı dozlarda HA ve %40 oranında azalan kimyasal gübre denemelerinin verim parametreleri üzerindeki etkileri yapılan varyans analizi sonucu istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur (Çizelge 2). Bitki taç uzunluğu ölçümlerine göre en yüksek değer alan 1000m/da HA+3/5 KG gübrelemesi sonucunda en düşük değer alan kontrol grubuna göre % 48, sadece KG gübrelemesine göre %4.96 oranında artış yapmıştır. Gübre denemelerinin bitki taç çapına etkisinde en yüksek değer alan 1000m/da HA+3/5 KG kombinasyonu en düşük değer alan kontrol grubuna göre % 49.2, sadece KG denemesine göre %3,7 oranında artış yapmıştır. Bitki gövde çapına etkisinde en yüksek değer alan 1000m/da HA+3/5 KG kombinasyonu en düşük değer alan kontrol grubuna göre % 20.6, sadece KG denemesine göre %2.3 oranında artış sağlamıştır. Gübre denemelerinin bitki gövde uzunluğuna etkisi incelendiğinde en yüksek değer alan 1000 m/da HA+3/5 KG kombinasyonu kontrol grubuna göre % 55.8 artış sağlarken KG gübrelemesine göre etkisi önemsiz bulunmuştur. Farklı gübreleme denemelerinin bitki taç ağırlığına etkisi incelendiğinde en yüksek değer alan 1000m/da HA+3/5 KG kombinasyonu kontrol grubuna göre %154.5, sadece KG grubuna göre %7,8 oranında artış yapmıştır. Gübre denemelerinin pazarlanabilir verime etkisinde en yüksek değer alan 1000m/da HA+3/5 KG kombinasyonu en düşük değer alan kontrol grubuna göre % 142.2, sadece KG grubuna göre %4.4 oranında artış yapmıştır. Gübre uygulamalarının yaprak boyuna etkisi incelendiğinde en yüksek değer alan 1000m/da HA+3/5 KG kombinasyonu en düşük değer alan kontrol grubuna göre % 50.1 oranında artış yapmıştır. Farklı gübre denemelerinin yaprak çapına etkisi incelendiğinde en yüksek değer alan 1000m/da HA+3/5 KG kombinasyonu kontrol grubuna göre % 60 artış sağlarken KG grubuna göre etkisi önemsiz bulunmuştur. Guano'nun mahsüller üzerindeki olumlu etkisinin örnekleri, Patlıcan (*Solanum melongena* L) ve Moringa oleifera Lam üzerinde yapılan ve kimyasal gübre ve kontrol ile karşılaştırıldığında Bat Guano uygulamasından sonra gövde

çevresinde ve bitki boyunda önemli bir artış ortaya koyan deneylerde yansıtılmıştır (Sothearen vd. 2014) Başka bir deneyde, Bad Guano'nun *Vigna radiata*'nın kök, sürgün uzunluğu ve biyokütlesi açısından büyüme parametreleri üzerindeki etkisi incelenmiştir. Guano uygulamaları, kontrole 19 kıyasla sürgün uzunluğu ve biyokütlede en iyi büyümeyi göstermiştir. (Shetty vd. 2013) Ayrıca, Türkiye'de 2014-2015 yıllarında yapılan bir araştırma, Bat Guano uygulamasının luttuce (*Lactuca sativa*)'nın toplam bitki boyunu ve gövde çapını önemli ölçüde artırdığını ortaya koymuştur. L.) 20. Ayrıca, Guano uygulaması Soğan mahsulünün bitki boyunu önemli ölçüde artırmıştır (Ahmed vd. 2015).

Çizelge 2. Farklı dozlarda yarasa gübresi uygulamalarının karnabahar bitkisinde besin elementi içeriklerine etkileri

Parametreler	Kontrol	KG	AMF+250 cc YG+3/5 KG	AMF+500 cc YG+3/5 KG	AMF+1000 cc YG+3/5 KG	Ortalama
Taç boyu (cm)	10+-0.6b	14.1+-0.4a	13.9+-0.2ab	14.3+-0.4a	14.8+-0.4a	13,42
Taç çapı (cm)	13.2+-0.6b	19+-0.3a	18.7+-0.6ab	19.1+-0.4a	19.7+-0.3a	17.94
Gövde çapı (mm)	32+-0.5b	37.7+-0.6a	37.5+-0.7ab	38.4+-0.5a	38.6+-0.3a	36.84
Gövde boyu(cm)	10.4+-0.9b	16.4+-0.5b	15.8+-0.4b	17.7+-0.7a	16.2+-0.3a	15.3
Taç ağırlığı(kg)	1.1+-0.1b	2.6+-0.2a	2.4+-0.1a	2.7+-0.1a	2.8+-0.1a	2.32
Verim (ton/da)	1.9+-0.1c	4.6+-0.1a	4.5+-0.1a	4.6+-0.1a	4.7+-0.1a	4.06
Yaprak boyu (cm)	35.1+-0.8b	51.4+-0.1a	51.1+-1.2b	53.9+-0.5a	52.7+-0.5a	48.84
Yaprak çapı (cm)	15.5+-0.4b	24.8+-0.6b	24.3+-0.5b	26+-0.7a	24.8+-0.2a	2.08

YG: Yarasa gübresi, KG: Kimyasal Gübre, her sütündeki aynı harfe ait ortalamalar Duncan p(0.05 ve 0.01) testine göre istatistiksel olarak farklı değildir

Farklı dozlarda yarasa gübresi (YG) ve %40 azaltılmış kimyasal gübre denemelerinin bitki besin elementi içeriklerine etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (Çizelge 3-4). Gübre denemelerinin bitki azot içeriklerine etkisi incelendiğinde; verilere göre en yüksek değer alan 1000 ml/da HA+3/5 KG kombinasyonu kontrol uygulamasına göre % 54, KG grubuna göre %2.8 oranında artış yaptığı belirlenmiştir. Farklı gübre denemelerinin bitki P içeriklerine etkisi incelendiğinde; en yüksek değer alan 1000 ml/da HA+3/5 KG kombinasyonu en düşük değer kontrol grubuna göre % %33.3, sadece KG gübrelemesine göre artış olmamıştır. Gübre denemelerinin bitki K içeriklerine etkisinde en yüksek değer 1000 ml/da HA+3/5 KG kombinasyonundan elde

edilirken en düşük değer kontrol grubuna göre %50, KG gübrelemesine göre %7.8 oranında artış sağlamıştır. Gübrelemelerin bitki Ca içeriklerine etkisinde en yüksek değer 1000 ml/da HA+3/5 KG kombinasyonu en düşük değer alan kontrol grubuna göre %46.7, sadece KG gübrelemesine göre artış yapmıştır. Gübrelemelerin bitki Mg içeriklerine etkisinde en yüksek değer alan kombinasyonlar en düşük değer alan kontrol grubuna göre %33,3 oranında artış yapmıştır. Gübrelemelerin bitki Fe içeriklerine etkisinde en yüksek değer alan 1000 ml/da HA+3/5 KG kombinasyonu en düşük değer alan kontrol grubuna göre %18.3, sadece KG gübrelemesine göre %12.7 oranında artış yapmıştır. Gübrelemelerin bitki Zn içeriklerine etkisinde en yüksek değer alan 1000 ml/da HA+3/5 KG kombinasyonu en düşük değer alan kontrol grubuna göre %13.3, sadece KG gübrelemesine göre %7.4 oranında artış yapmıştır. Gübrelemelerin bitki Mn içeriklerine etkisinde en yüksek değer alan 2000 ml/da HA+3/5 KG kombinasyonu en düşük değer kontrol grubuna göre %36, sadece KG gübrelemesine göre %3 oranında artış yapmıştır. Gübrelemelerin bitki Cu içeriklerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Yapılmış bir çalışmanın sonuçlarına göre yarasa gübresi içerisindeki makro besin elementlerinin çim gelişimlerinde olumlu etki gösterdikleri vurgulanmıştır (Sikazwe and De Waele 2004; Sridhar vd 2006).

Çizelge 3. Farklı dozlarda yarasa gübresi uygulamalarının karnabahar bitkisinde besin elementi içeriklerine etkileri

Uygulamalar	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg(%)
Kontrol	2.4±0.1c	0.3±0d	2.8±0.1c	1.5±0.1b	0.3±0c
KG	3.6±0.1a	0.4±0bc	3.9±0.1a	2.2±0.1a	0.4±0b
AMF+250 cc YG+/5 KG	3.6±0.1a	0.4±0bc	3.4±0.1a	2.2±0.1a	0.4±0b
AMF+500 cc YG+/5 KG	3.6±0.1a	0.4±0b	4±0.1a	2.2±0.1a	0.4±0b
AMF+1000 cc YG+/5 KG	3.7±0.1a	0.4±0a	4.2±0.1a	2.2±0.1a	0.4±0a
Ortalama	3.38	0.38	3.66	2.06	0.38

YG: Yarasa gübresi, KG: Kimyasal Gübre, her sütündeki aynı harfe ait ortalamalar Duncan p(0.05 ve 0.01) testine göre istatistiksel olarak farklı değildir

Çizelge 4. Farklı dozlarda yarasa gübresi uygulamalarının karnabahar bitkisinde besin elementi içeriklerine etkileri

Uygulamalar	Fe (kg.mg ⁻¹)	Zn (kg.mg ⁻¹)	Mn (%)	Cu (kg.mg ⁻¹)
Kontrol	124+-2.8b	47.7+-4.2b	2.5+-0.1b	9.8+-0.5a
KG	130.2+-4.1b	59.3+-1.7a	3.3+-0.1a	9.6+-0.8a
AMF+250 cc YG+/5 KG	133.8+-6ab	61.2+-2.1a	3.3+-0a	9.4+-0.4a
AMF+500 cc YG+/5 KG	137+-6.3ab	62.4+-2.4a	3.4+-0.1a	9.5+-0.4a
AMF+1000 cc YG+/5 KG	146.7+-4.6a	63.7+-1.9a	3.4+-0a	9.9+-0.3a
Ortalama	134.34	58.86	.18	9.64

YG: Yarasa gübresi, KG: Kimyasal Gübre, her sütündeki aynı harfe ait ortalamalar Duncan p(0.05 ve 0.01) testine göre istatistiksel olarak farklı değildir

SONUÇ

Yarasa gübresinin çok fonksiyonlu olması, toprağın dokusunu ve yapısını iyileştirmekte, toprağı makro ve mikro besin elementleri ile zenginleştirir,. Azaltılmış sentetik gübrenin ikamesi için yarasa gübresinin kullanılması yarasa gübresinin faydalarını değerlendirmek için daha fazla araştırma yapılması önerilir. Bu çalışmanın bulguları, azaltılmış kimyasal gübre dozlarına rağmen, yarasa gübresi uygulaması sonucunda karnabaharın biyometrik parametrelerinin arttığı görülmüştür. Sürdürülebilir tarım ve çevre sağlığı için kimyasal gübre kullanımının azaltılması ve yarasa gübresinin eklenmesinin kimyasal gübre bağımlılığını azaltacağı, verimliliği artıracığı ve kimyasalların olumsuz etkilerini azaltacağı sonucuna varılmıştır.

KAYNAKLAR

1. Ahmed B, Sultana M, Zaman J, S K Paul, M et al. (2015) Effect of Sowing Dates on the yield of Sunflower. , *Bangladesh Agron. J* 18(1), 1-5.
2. Bhandari, S. R., & Kwak, J. H. (2015). Chemical composition and antioxidant activity in different tissues of Brassica vegetables. *Molecules*, 20(1), 1228-1243.
3. Demirtaş, I., N. Arı, A. Arpacıoğlu, H. Kaya, and C. Özkan. 2007. *Different organic fertilizer chemical properties. The effect of spent mushroom compost use on some soil properties and yield in greenhouse tomato cultivation*, 220–23. Erzurum: Turkey V. National Horticulture Congress.
4. Gross, R. S., F. Berna, P. Karkanias, and S. Weiner. 2004. Bat guano and preservation of archaeological remains in cave sites. *Journal of Archaeological Science* 31:1259–72. doi:10.1016/j.jas.2004.02.004.
5. Konstantopoulou Rizomyliotis, Ioannis Anastasia, Konstantoulaki Kleopatra, Badahdah Raghad. Improving SMEs competitiveness with the use of Instagram Influencer Advertising and eWOM. *International Journal of Organizational Analysis*; c2018. p. 27. 10.1108/IJOA-04-2018-1406.
6. Mlay, P. S., and Sagamiko, F. 2008. The use of bat guano in the improvement of the nutritive value of poor quality roughage fed to ruminants in Tanzania. *Veterinarski Arhiv* 78 (5):417–27.
7. Ridine, W., A. Ngakou, M. Mbaguınam, F. Namba, and P. Anna. 2014. Changes in growth and yield attributes of two selected maize varieties as influenced by application of chemical (NPK) and organic (Bat’s Manure) fertilizers in pala (Chad) grown field. *Pakistan Journal of Botany* 46 (5):1763–70.
8. Sable, P.B.; N.V. Maldhure K.G.; Thakur, 2016. Effect of bio fertilizers (*Azotobacter* and *Azospirillum*) alone and in combination with reduced levels of nitrogen on cost and returns of cauliflower, *International Journal of Research in Economics and Social Sciences.*, 6 (3): 235-239.
9. Sothearen, T., Furey, N. M., & Jurgens, J. A. (2014). Effect of bat guano on the growth of five economically important plant species. *Journal of Tropical Agriculture*, 52(2), 169-173.
10. Sridhar, K. R., K. M. Ashwine, S. Seenaa, and K. S. Sreepada. 2006. Manure qualities of guano of insectivorous cave bat *Hipposideros speoris*. *Tropical and Subtropical Agroecosystems* 6:103–10.

11. Shetty, S., and Sreepada K. S . 2013. Prey and nutritional analysis of *Megaderma lyra* guano from the West Coast of Karnataka, India. *Advances in Bioresearch* 4 (3):1–7.
12. Sikazwe O., De Waele B. 2004. Assessment of the quality and reserves of bat guano at chipongwe and kapongo caves near lusaka as fertiliser material. *Unza J Sci Technol*, 1 (3): 32-42.
13. Van Straaten, P. (2002). Rocks for Crops: Agro-minerals of Sub-Saharan Africa. International Centre for Research in Agroforestry, Nairobi, Kenya. 2002. 388pp.

Bölüm 7

Hüyük Maddelerin ve PGPR Biyostimülanlarının Marul Verimi Ve Besin Elementi İçeriği Üzerindeki Yararlı Etkilerinin Belirlenmesi

Yusuf ÇELİK¹

Adem ÖZARSLANDAN²

1 Öğr. Gör..Silifke Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Mersin Üniversitesi/ 33940 Silifke Mersin;ORCID:0000-0002-8590-6690:Sorumlu yazar: ycelik33@mersin.edu.tr

2 Prof. Dr.; Silifke Uygulamalı Teknoloji ve İşletmecilik Yüksekokulu / Organik Tarım İşletmeciliği Anabilim Dalı Mersin Üniversitesi/ 33940 Silifke Mersin/Türkiye:E-mail: aozarslandan@mersin.edu.tr

ÖZET

Marul yetiştiriciliğinde verimi artırmaya yönelik aşırı miktarlarda kimyasal gübre kullanımı sonucu toprak ve gıda sorunları ortaya çıkmaktadır. Tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekerrürlü olarak düzenlenen çalışmada; Humik asit (HA) dozları olarak (0, 250, 500, 1000 ve 2000ml/da), Bitki Gelişimini Destekleyen Rizobakteriler (PGPR) ve %30 oranında azaltılmış Kimyasal Gübre (KG) uygulamaları tarla koşullarında denenmiştir. Çalışmada; bitki baş boyu, baş çapı, kök boğazı çapı, yaprak yaş ve kuru ağırlığı, kök uzunluğu, yaprak sayısı, baş ağırlığı, suda çözünen kuru madde miktarı ve bitki besin elementi (N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn, Mn, Cu) içerikleri ölçülmüştür. Çalışmanın sonuçlara göre; tekli PGPR uygulamaları ile PGPR + HA kombinasyonu karşılaştırıldığında; PGPR+HA uygulamalarının marul bitkilerinin verim, bitkisel gelişim ve besin elementi içeriklerinin artmasında daha etkili olduğu saptanmıştır. Yapılan ölçümlere göre; Kontrol, PGPR+250ml/da HA+7/10 KG ve sadece PGPR kombinasyonu önerilen gübre dozu (KG)'den daha düşük değer alırken, PGPR+500ml/da HA+7/10 KG, PGPR+1000ml/da HA+7/10 KG, ve PGPR+2000ml/da HA+7/10 KG kombinasyonları yüksek değerler almışlardır. Uygulamalar arasında en yüksek değerleri aynı önem seviyesinde alan PGPR+1000ml/da HA+7/10 KG, PGPR+2000ml/da HA+7/10 KG uygulamaları kontrol uygulamasına göre, bitki baş boyunda; %25, bitki taç çapında; % 16.5 bitki kök boğazı çapında; % 9.2, baş ağırlığında %271, kök uzunluğunda; %61.3, yaprak sayısında; %24.6, yaprak yaş ağırlığında; %40.6 yaprak kuru ağırlığında; %47.7 oranında göre artış sağlarken, tam doz (KG) uygulamasına göre bitki baş boyunda; %3.5, baş çapında; % 2 ve baş ağırlığında; %4 oranında artış sağlamıştır. Yaprak besin elementi içeriklerine göre; Humik Asit dozlarındaki artış N, P, K, Ca, Mg, Fe, Zn ve Mn içeriklerinde artış yaparken Cu içeriklerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Bu sonuçlara göre; farklı etki yeteneklerine sahip olan humik asit PGPR ile birlikte uygulanmasıyla kimyasal gübre dozlarında azaltma, marulda büyüme, verim ve besin içeriğinde artış yapabilmektedir.

Anahtar Kelimeler; humik maddeler; marul; bitki besleme; yararlı bakteriler

GİRİŞ

Marul (*Lactuca sativa* L.), hemen hemen her coğrafyada yetişebilen yapraklı serin iklim sebzeleri grubunda yer almaktadır (Mou vd. 2008; Sabatino vd. 2021). Yeşil yapraklı sebzeler içerisinde önemli bir üretim potansiyeline sahip olan marulun Avrupa ve Asya'da 2500 yıldan daha fazla bir geçmişe sahip olduğu, tarım sektörü ve tıbbi alanlarda kullanımına uzun yıllardan beri yer verildiği bildirilmiştir (Aybak, 2002). Marul esas olarak taze kesilmiş, çiğ bir salata sebzesi olarak tüketilir ve önemli bir vitamin deposu olarak (A, B9, C ve E), karotenoidler, flavonoidler, mineraller ve fenolik bileşikler içerir (Kim vd. 2016; Ciriello vd. 2021; El-Nakhel vd. 2019; Luz vd. 2008; Romani vd. 2002). Sebze üretim sistemleri özel tarımsal uygulamalara ihtiyaç duymaktadır (Miceli, vd. 2019; Sabatino vd. 2021; Mauro vd. 2020) ve büyümeyi, verimi ve kaliteyi artırmak için yüksek miktarda mineral besin maddesine (özellikle N, P ve K) bağlıdır (Solaiman vd. 2006; Zaidi vd. 2015; Sabatino vd. 2021). Bununla birlikte, suni gübrelerin aralıksız kullanımı ekosistemin dengesi üzerinde tehdit oluşturabilir. Bu senaryoda - Avrupa Yeşil Mutabakat stratejileriyle uyumlu olarak - bitki büyümesini teşvik eden bakteriler (PGPB) dahil olmak üzere bitki biyostimülanları, sebze mahsullerinin büyümesini ve gelişimini hızlandırmak için çevre dostu araçlar olarak kabul edilir (Solaiman vd. 2006; Zaidi vd. 2015, Sabatino vd. 2020; Consentino vd. 2020; La Bella vd. 2021). PGPB, kökleri, rizosferi ve iç bitki dokularını kolonize etme yeteneği ile karakterize edilen bir grup mikroorganizmadan oluşur (Davison vd.1988; Kloepper vd.1989). PGPB, nitrojen fiksasyonu, nitrat redüktaz aktivitesi (Cassan, vd. 2008), hormon sentezi (oksinler, sitokininler, gibberellinler ve etilen) (Tien vd.1979; Bottin et al. 1989; Strzelczyk vd.1994), fosfatın çözünmesi (Rodriguez vd. 2004) ve biyolojik patojenlerin kontrolü (Correa vd. 2008). Günümüzde *Pseudomonas*, *Burkholderia*, *Bacillus*, *Bradyrhizobium*, *Rhizobium*, *Gluconacetobacter*, *Herbaspirillum* ve *Azospirillum*'u içeren çok çeşitli PGPB cinsi tanımlanmıştır (Weller vd. 1994; Glick vd. 1995; Probanza vd.1996). Bunlardan *Azospirillum* ve *Pseudomonas* tüm dünyada yaygın olarak bulunan ve genellikle tarım sektöründe kullanılan serbest yaşayan iki cinstir (Cassan vd. 2008; Dobreiner vd.1987).

Hümk asit (HA) ve bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR), doğal biyolojik olarak aktif maddeleri kullanan etkili yöntemler arasındadır (Ekin, 2019). Hümk Asit (HA), canlı olmayan organik madde ile mikrobiyal topluluklar arasındaki karmaşık etkileşimin son aşamasını temsil eden ve topraktaki en karmaşık ve biyolojik olarak aktif bileşikler arasında yer alan toprak organik maddesinin ana fraksiyonudur (Akimbekov vd. 2020; Canellas vd. 2015). Humus kalitesi ile bağlantıları, toprak sağlığı ve bitki büyümesi için

gerekli olan toprak fiziksel, kimyasal ve biyolojik fonksiyonlarında dinamik roller oynar (Seyedbagheri vd .2012; Seyedbagheri, 2010). Hümik maddelerin biyostimülan etkileri, köklerde ve sürgünlerde besin alımı, asimilasyon ve dağılımı (besin kullanım etkinliği özellikleri) ile ilgili hem yapısal hem de fizyolojik değişikliklerle karakterize edilir (Canellas vd. 2015). Kök mimarisindeki ve büyüme dinamiklerindeki değişiklikleri içerir, ancak aynı zamanda ana biyokimyasal yollara kadar uzanır, çünkü çoğu besin alımı için itici güç, plazma zarı boyunca elektrokimyasal gradyandır (Canellas vd. 2015). Hümik maddelerin bitki büyümesi üzerindeki uyarıcı etkileri gözlemlenmiş ve geniş çapta belgelenmiştir (Chen vd. 2004), ancak son araştırmalar hümik maddelerin laboratuvar koşullarında bitki büyümesini doğrudan uyardığını göstermiştir (Seyedbagheri vd. 2001). Bitkiler üzerinde başka pek çok destekleyici etkileri vardır (Canellas vd. 2015) ancak hümik maddelerin ayrıntılı doğası hala tam olarak anlaşılammıştır (Orsi, 2014). Örneğin hümik maddelerin hafifletici aktivitesi, kirlenici toksisitesinin ve olumsuz sıcaklık, pH, tuzluluk vb. abiyotik stres faktörlerinin olumsuz etkilerini azaltma olgusu olarak tanımlanabilir. Kural olarak, detoksifiye edici özelliklerle ilgilidir. Çalışmada genel olarak, faydalı toprak yönetimi ve gıda güvenliği kapsamında aşırı kullanılan kimyasal gübrelere azaltılması amacı ile rizobakteriler ve humik maddelerin marulda verim parametreleri üzerindeki olumlu etkilerini araştırmaktır.

MATERYAL VE METOD

Materyal

Silifke ilçesinin son yıllara ait İklim Verileri

Silifke İlçesi, coğrafi olarak 36° 22'kuzey enlemleri ile 33° 56' doğu boylamları arasında yer almaktadır. Deniz seviyesinden yükseklik ise ortalama 15m'dir. Silifke, yarı kurak iklim sahası içinde yer almaktadır ve bölgede Akdeniz iklimi görülmektedir. Yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Uzun yıllar sıcaklık ortalamalarına bakıldığında yıllık ortalama sıcaklık 19,1°C'dir. En soğuk ay Ocak (10,2°C), en sıcak ay ise Ağustos (28,1°C)'dir. Yıllık ortalama yağış ise 532,50 mm'dir. En fazla yağış 120,1mm ile Aralık ayında düşer. Yağışın mevsimlere dağılımına bakıldığında en çok yağış alan mevsim kış ayı iken, en az yağış alan mevsim yaz ayıdır. (Silifke meteoroloji müdürlüğü verileri)

Deneme alanı toprak özellikleri

Torak pH 6,97, tuzluluk %0,10, kireç %1,7, organik madde %2,1 toprak dokusu kumlu/tınlı olarak bulunmuştur.

Denemede kullanılan rizobakterilerin genel özellikleri ve uygulama yöntemi

Toprakta sulama suyu ile fide dikiminden itibaren 20 gün ara ile 3 defa 250 gr / 100 Lt su ile uygulanmıştır.

Bacillus subtilis	1x 10 ⁷ CFU / g
Bacillus amyloliquefaciens	1x 10 ⁷ CFU / g
Bacillus licheniformis	1x 10 ⁷ CFU / g
Bacillus pumilus	1x 10 ⁷ CFU / g

Denemede kullanılan hümik asit ve özellikleri

Denemede kullanılan Hümik asit materyali, Türkiye Kömür İşletmeleri Kurumu (TKİ) tarafından üretilen leonardit kaynaklı TKİ Hümas isimli sıvı formu kullanılmıştır. TKİ Hümas'ın toplam organik madde kapsamı %5, toplam hümik + fulvik asit içeriği %12, suda çözünür potasyum oksit düzeyi %3 ve pH'sı ise 11-13'tür.

Denemede kullanılan kimyasal gübre formları

Çalışmada azotlu gübre olarak (NH₄)₂SO₄, 20 kg.da-1 fosfor kaynağı gübre olarak P₂O₅: 15kg.da-1 TSP ve potasyum K₂SO₄:22 kg.da-1 olarak belirlenmiş, damlama sulama ile tüm parsellere belirlenen dozlarda uygulanmıştır.

Denemede uygulanan tedavi profili

- 1-Kontrol
- 2-PGPR
- 3- HA
- 4- (KG)
- 5-PGPR + KG%30+250cc/50Lsu
- 6-PGPR + KG %30+500cc/50Lsu
- 7-PGPR + KG %30+1000cc/50Lsu
- 8- PGPR + KG %30+2000cc/50Lsu

Deneme alanı ve düzeni

Bu çalışma, 2023 yılı bahar döneminde Mersin/ Silifke ilçesinde çiftçi şartlarına göre uygulanmıştır. Denemede kullanılan PGPR materyali Biowish Crop isimli ticari bir ürün kullanılmıştır. Lital F₁ marul çeşidine ait tohumlar ticari bir işletmede ekimleri 8.01.2023 tarihlerinde ekimi, 15.02.2023 tarihinde

deneme alanına fide dikimi gerçekleştirilmiştir. Usulüne uygun olarak yetiştirilen fideler yaklaşık 10-12 cm boya 3-5 yapraklı dönemde dikimleri yapılmış ve yaklaşık 70 gün sonra deneme sonlandırılmıştır. Tesadüf blokları deneme desenine göre dört tekrarlamalı planlanmış denemede 8 uygulama ve her uygulamada 4 sıra, her sırada 10 bitki bulunan toplam 1280 bitkinin dikildiği denemede sıra üzeri 25 cm, sıra arası 30 cm dikim sıklığı uygulanmıştır. Denemeden elde edilen veriler ANOVA varyans analizine göre “İBM SPSS stasticsids 23” istatistik software programları kullanılarak değerlendirilmiştir. Ortalamalar arası farklılıkların karşılaştırılmasında Duncan Çoklu Karşılaştırma Testi kullanılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Çalışmada PGPR ve HA uygulamalarının bitki gelişimi ve verim üzerindeki etkileri istatistiki bakımdan önemli bulunmuştur (Çizelge 1-2).

Gübreleme denemelerinin bitki baş uzunluğuna etkisi ölçümleri göre en yüksek değer alan PGPR+1000m/da HA+7/10 KG (35.6 cm) kombinasyonu en düşük değer alan kontrol (28.4 cm) grubuna göre % 25.4 oranında artış yapmıştır. Gübreleme denemelerinin bitki baş çapına etkisi ölçümlerine göre en yüksek değer alan PGPR+2000m/da HA+7/10 KG (36.3 cm) kombinasyonu, en düşük değer alan kontrol (31.6 cm) grubuna göre % 14.9 oranında artış yapmıştır. Bitki kök boğazına etkisinde en yüksek değer alan PGPR+1000m/da HA+7/10 KG (31.9 mm) kombinasyonu en düşük değer alan kontrol (29.2 mm) grubuna göre % 9.2 oranında artış yapmıştır. Gübreleme denemelerinin bitki baş ağırlığına etkisi incelendiğinde en yüksek değer alan PGPR+1000m/da HA+7/10 KG (2.6 kg) ve PGPR+2000m/da HA+7/10 KG kombinasyonları kontrol(0.8 kg) grubuna göre % 325 oranında artış yapmıştır. Gübreleme denemelerinin bitki kök uzunluğu ölçümleri sonucuna göre en yüksek değer alan PGPR+1000m/da HA+7/10 KG (12.4 cm) uygulaması kontrol (7.3cm) uygulamasına göre % 69.9 oranında artış yapmıştır. Gübreleme denemelerinin bitki yaprak sayısına etkisinde en yüksek değer alan PGPR+1000m/da HA+7/10 KG (46.5 adet/bitki) kombinasyonu en düşük değer alan kontrol (37 adet/bitki) grubuna göre % 25.6 artış yapmıştır. Gübreleme faktörlerinin suda çözünür kuru madde miktarına etkisi incelendiğinde tüm uygulamalar aynı önem seviyesinde değer almışlardır. Gübreleme faktörlerinin bitki yaprak yaş ağırlığına etkisi incelendiğinde en yüksek değer alan PGPR+2000m/da HA+7/10 KG (145.7 g) kombinasyonu kontrol (106.8g) grubuna göre % 36.4 oranında artış sağlamıştır. Gübreleme faktörlerinin yaprak kuru ağırlığına etkisinde en yüksek değer alan PGPR+1000m/da HA+7/10 KG (13.6 g)

kombinasyonu en düşük değer alan kontrol (9.8 g) grubuna göre % 38.8 oranında artış sağlamıştır.

Birçok bilimsel yayında biyostimülanların olumlu etkisi ve biyostimülan uygulaması sonrası sebze kalitesinde artış olduğu birçok çalışmada bildirilmiştir (Schoebitz, 2016). Fulvik asit, (Dobrovolskay vd. 2013) tatlı biberin meyve uzunluğunu, çapını ve verimini ve çalışmadaki kontrol bitkileriyle karşılaştırıldığında üç çeşidin vejetatif büyümesini, meyve verimini ve kalitesini iyileştirmiştir (İbrahim vd. 2019), ayrıca maksimum artışı doğrulamıştır bitki yaprak sayısı, bitki dal sayısı, bitki boyu, gövde çapı, bitki başına meyve sayısı, bitki başına verim ve toplam verim. Bununla birlikte, HA uygulamalarının meyve sertliği, meyve uzunluğu veya biber çapı üzerinde önemli bir etkisi olmamıştır (Karakurt vd. 2009). Benzer çalışmalarda hümik madde bazlı biyostimülan kullanımı sonucunda kontrole göre %37 artışla 50 t.ha-1 verim göstermiştir. Bakteriyel biyostimülan, yaklaşık 40 t.ha-1'lik verimde %14'lük bir artışa sahip olmuştur (Dobrovolskay et al. 2013). Başka bir çalışmada PGPR ve HA karışık kültürü, toplam patates yumru verimini %140 artırırken, %100 NPK gübresinin geleneksel tek uygulaması, işlem görmemiş ve döllenenmiş kontrole kıyasla patates üretiminde yalnızca %111'lik bir artışa yol açmıştır (Ekin, 2019).

Çizelge 1. Farklı dozlarda hümik asit ve PGPR uygulamalarının karnabaharda Verim ve verim bileşenlerine etkisi

Uygulamalar	Gağ Boyu(cm)	Gağ Çapı (cm)	Kök Boğazı çapı (mm)	Baş Ağırlığı (kg)	Kök uzunluğu (cm)
Kontrol	28.4+-0.8c	31.6+-0.8c	29.2+-0.3c	0.8+-0.1c	7.5+-0.3b
HA	32.8+-0.5b	33.7+-0.7b	30.1+-0.4bc	1.8+-0bc	10.8+-0.3ab
KG	34.3+-0.4ab	36.1+-0.2a	32.5+-0.3a	2.5+-0ab	11.3+-0.7a
PGPR	32.1+-0.3b	33.9+-0.5b	31.3+-0.7ab	1.6+-0.1ab	11.3+-0.5a
PGPR+250 ml/da HA + 7/10 KG	34 +-0.6ab	35.9+-0.2a	32.4+-0.5a	2.4+-0b	11.6+-0.5a
PGPR+500 ml/da HA+7/10 KG	34.7+-0.5a	36.2+-0.3a	32.2+-0.7a	2.5+-0b	12+-0.6a
PGPR+1000ml/da HA+7/10 KG	35.5+-0.4a	36.8+-0.6a	31.9+-0.6a	2.6+-0.1a	10.9+-0.5a
PGPR+2000 ml/da HA+7/10 KG	35.1+-0.6a	36.3+-0.9a	31.4+-+-0.5ab	2.6+-0.1a	12.1+-1a
Ortalama	33.6	35.06	31.37	2.1	10.93

HA: HümikAsit, KG: Kimyasal Gübre, her sütündeki aynı harfe ait ortalamalar Duncan p(0.05 ve 0.01) testine göre istatistiksel olarak farklı değildir

Çizelge 2. Farklı dozlarda hümik asit ve PGPR uygulamalarının karnabaharda Verim ve verim bileşenlerine etkisi

Uygulamalar	Yaprak Sayısı (adet/bitki)	SÇKM (%)	Yaprak yaş ağırlığı (g)	Yaprak kuru ağırlığı (g)
Kontrol	37.6±0.4c	3.5±0a	106.6±3c	0.9±0.5b
HA	45.4±0.3b	3.6±0a	137.3±6abc	12±0.5ab
KG	46.2±0.5b	3.6±0a	143.3±5.3ab	12.8±0.6ab
PGPR	46.1±0.5b	3.5±0a	135.3±2.7abc	12.1±0.6ab
PGPR+250 ml/da HA + 7/10 KG	46.3±0.5ab	3.6±0a	140.8±3.8ab	12.6±0.3ab
PGPR+500 ml/da HA+7/10 KG	46.01±0.5b	3.6±0a	144.2±4.4ab	12.1±0.4ab
PGPR+1000ml/da HA+7/10 KG	46.3±0.6ab	3.6±0a	142.3±3.7ab	12.4±0.4ab
PGPR+2000 ml/da HA+7/10 KG	46.5±0.4ab	3.5±0a	145.7±4a	13.3±0.5a
Ortalama	45.05	3.56	136.93	11.02

HA: HümikAsit, KG: Kimyasal Gübre, her sütündeki aynı harfe ait ortalamalar Duncan p(0.05 ve 0.01) testine göre istatistiksel olarak farklı değildir

Rizobakteri ve farklı dozlarda HA uygulamalarının bitki besin elementi içeriklerine etkisi istatistiksel anlamda önemli bulunmuştur (Çizelge 3-4). Uygulamaların bitki azot içeriklerine etkisi incelendiğinde; verilere göre en yüksek değer PGPR+ HA kombinasyonlarının kontrol uygulamasına göre % 38.5 oranında artış yaptığı belirlenmiştir. Uygulamaların bitki P içeriklerine etkisi incelendiğinde; en yüksek değer PGPR+2000 ml/da HA+7/10 KG (% 0.5) uygulaması en düşük değer kontrol (%0.3) uygulamasına göre % %66.7 artış sağlamıştır. Gübreleme denemelerinin bitki K içeriklerine etkisinde en yüksek değer PGPR+2000 ml/da HA+7/10 KG (% 4.5) kombinasyonundan elde edilirken en düşük değer kontrol (%2.9) grubuna göre % 55.2 oranında artış yapmıştır. Gübreleme denemelerinin bitki Ca içeriklerine etkisinde en yüksek değer PGPR+2000 ml/da HA+7/10 KG (% 2.1) kombinasyonu en düşük değer alan kontrol (%1.5) kombinasyonuna göre % 40 oranında artış yapmıştır. Gübreleme faktörlerinin bitki Mg içeriklerine etkisinde en yüksek değer alan kombinasyonlar (% 0.5) en düşük değer kontrol (% 0.3) grubuna göre %66.7 oranında artış yapmıştır.

Gübreleme denemelerinin bitki Fe içeriklerine etkisinde en yüksek değer alan PGPR+1000 ml/da HA+7/10 KG (175.5 kg. mg⁻¹) kombinasyonu en düşük değer alan kontrol (134.3 kg. mg⁻¹) grubuna göre %30.7 oranında artış

yapmıştır. Uygulamaların bitki Zn içeriklerine etkisinde en yüksek değer alan PGPR+1000 ml/da HA+7/10 KG (61.3 kg, mg⁻¹) kombinasyonu en düşük değer alan kontrol (54.1 kg, mg⁻¹) grubuna göre % 13.3 oranında artış yapmıştır. Gübreleme denemelerinin bitki Mn içeriklerine etkisinde en yüksek değer alan PGPR+2000 ml/da HA+7/10 KG (%3.4) kombinasyonu en düşük değer kontrol (% 2.5) grubuna göre % 36 oranında artış sağlamış olup bitki Cu içeriklerine etkisi önemsiz bulunmuştur. Cozzolino vd. (2021) HA'nın PGPB biyostimülan ile kombinasyonunun sinerjistik bir etkisi olduğunu ve bunun da özellikle P alımı olmak üzere patates parametrelerinde iyileşme sağladığını bulmuşlardır. Aşılınmış dolmalık biberde PGPR ve humik maddelerin uygulandığı bir çalışmada mevcut NPK içeriğinde bir artışa sağlamıştır (Mandyal vd. 2014).

Çizelge 3. Farklı dozlarda hümik asit ve PGPR uygulamalarının karnabaharda yaprak besin içeriklerine etkisi

Uygulamalar	N (%)	P (%)	K (%)	Ca (%)	Mg (%)
Kontrol	2.6+-0.1e	0.3+-0e	2.9+-0.1c	1.5+-0.1c	0.3+-0d
HA	3.5+-0ab	0.3+-0d	3.7+-0.1bc	1.7+-0.1bc	0.4+-0c
KG	3.5+-0ab	0.4+-0b	4.3+-0.2a	1.9+-0.1a	0.5+-0a
PGPR	3.6+-0bc	0.4+-0c	4.1+-0.2ab	1.9+-0.1ab	0.4+-0ab
PGPR+250 ml/da HA + 7/10 KG	3.6+-0ab	0.4+-0c	4.2+-0.2a	2+-0,1a	0.4+-0bc
PGPR+500 ml/da HA+7/10 KG	3.6+-0.1ab	0.3+-0d	4.4+-0.1a	1.6+-0.1bc	0.4+-0bc
PGPR+1000ml/da HA+7/10 KG	3.6+-0.1ab	0.5+-0a	4+-0.2ab	1.6+-0bc	0.5+-0a
PGPR+2000 ml/da HA+7/10 KG	3.6+-0.1a	0.5+-0ab	4.4+-0.2a	2+-0,1a	0.5+-0a
Ortalama	3.45	0.39	4	1.78	0,375

HA: HümikAsit, KG: Kimyasal Gübre, her sütündeki aynı harfe ait ortalamalar Duncan p(0.05 ve 0.01) testine göre istatistiksel olarak farklı değildir

Çizelge 4. Farklı dozlarda hümik asit ve PGPR uygulamalarının karnabaharda yaprak besin içeriklerine etkisi

Uygulamalar	Fe (mg kg ⁻¹)	Zn (mg kg ⁻¹)	Mn (%)	Cu (mg kg ⁻¹)
Kontrol	125.3+-3.7e	54.2+-3.8a	2.5+-0.1b	11.4+-1.3a
HA	145.8+-3.7cd	58.8+-2.9a	3.1+-0.1ab	11.6+-0.5a
KG	143.7+-4.2d	63.4+-4.2a	3.1+-0.1ab	11+-0.8a
PGPR	147+-4.2cd	65.2+-3.9a	3.2+-0.3ab	11.8+-0.8a
PGPR+250 ml/da HA + 7/10 KG	157.6+-4bc	63.9+-4a	3.2+-0.2ab	11.2+-0.4a
PGPR+500 ml/da HA+7/10 KG	160.2+-5.5b	59.9+-5a	3.3+-0.1a	10.8+-0.7ab
PGPR+1000ml/da HA+7/10 KG	176.8+-5.5a	63.2+-4.2a	3.4+-0.1a	11.4+-0.a
PGPR+2000 ml/da HA+7/10 KG	178.5+-5.1a	61.3+-4.3a	3.4+-0.1a	10.3+-0.5b
Ortalama	154.36	61.23	3.15	11.19

HA: Hümik Asit, KG: Kimyasal Gübre, her sütündeki aynı harfe ait ortalamalar Duncan p(0.05 ve 0.01) testine göre istatistiksel olarak farklı değildir

4-SONUÇ VE ÖNERİLER

Açık tarla denemesi şeklinde yürütülen çalışmada PGPR ve hümik asit uygulamalarının marulda baş boyu, baş çapı, kök boğazı çapı, taç ağırlığı, yaprak sayısı, kök uzunluğu, yaprak yaş ve kuru ağırlığına etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. PGPR'lerin tekli uygulamaları (PGPR, KG, kontrol) ile PGPR+HA kombinasyonları karşılaştırıldığında verim parametrelerinde PGPR+HA kombinasyonlarının daha etkili oldukları görülmektedir.

Marulun önemli kalite kriteri olan suda çözünen kuru madde miktarı değerleri incelendiğinde uygulamalar arasında istatiki olarak önemli fark bulunmamıştır. Aynı şekilde uygulamaların bitki besin elementi içerikleri incelendiğinde, PGPR+HA kombinasyonlarının tekli PGPR, KG, uygulamalarına göre bitki besin elementi alımında daha etkili oldukları görülmüştür. Çalışmamızın sonuçlarına göre marul yetiştiriciliğinde PGPR destekli yarasa gübresinin PGPR+2000 ml/da HA+7/10 KG dozları kullanıldığında kimyasal gübre miktarında % 30 oranında azaltmalar yapılabilir.

KAYNAKLAR

1. Akimbekov, N., Qiao, X., Digel, I., Abdieva, G., Ualieva, P., & Zhubanova, A. (2020). The Effect of Leonardite-Derived Amendments on Soil Microbiome Structure and Potato Yield. In *Agriculture* (Vol. 10, Issue 5, p. 147). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/agriculture10050147>
2. Bottini, R.; Fulchieri, M.; Pearce, D.; Pharis, R. Identification of gibberelins A1, A3, and iso-A3 in cultures of *A. lipoferum*. *Plant Physiol.* 1989, 90, 45–47.
3. Cassan, F.; García de Salamone, I. *Azospirillum: Cell Physiology, Plant Response, Agronomic and Environmental Research in Argentina; Asociación Argentina de Microbiología: Dean Funes, Argentina, 2008; ISBN 978-987-98475-8-9.*
4. Cozzolino, V., Monda, H., Savy, D., Di Meo, V., Vinci, G., & Smalla, K. (2021). Cooperation among phosphate-solubilizing bacteria, humic acids and arbuscular mycorrhizal fungi induces soil microbiome shifts and enhances plant nutrient uptake. In *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* (Vol. 8, Issue 1). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1186/s40538-021-00230-X>
5. Correa, O.S.; Romero, A.M.; Soria, M.A.; de Estrada, M. *Azospirillum brasilense*-plant genotype interactions modify tomato response to bacterial diseases, and root and foliar microbial communities. In *Azospirillum sp.: Cell Physiology, Plant Interactions and Agronomic Research in Argentina; Cassán, F.D., Garcia de Salamone, I., Eds.; Asociación Argentina de Microbiología: Dean Funes, Argentina, 2008; Volume 266, pp. 85–94.*
6. Ciriello, M.; Formisano, L.; Pannico, A.; El-Nakhel, C.; Fascella, G.; Duri, L.G.; Cristofano, F.; Gentile, B.R.; Giordano, M.; Roupael, Y.; et al. Nutrient Solution Deprivation as a Tool to Improve Hydroponics Sustainability: Yield, Physiological, and Qualitative Response of Lettuce. *Agronomy* 2021, 11, 1469.
7. Consentino, B.B.; Virga, G.; La Placa, G.G.; Sabatino, L.; Roupael, Y.; Ntatsi, G.; Iapichino, G.; La Bella, S.; Mauro, R.P.; D’Anna, F.; et al. Celery (*Apium graveolens* L.) Performances as Subjected to Different Sources of Protein Hydrolysates. *Plants* 2020, 9, 1633.
8. Canellas, L. P., Olivares, F. L., Aguiar, N. O., Jones, D. L., Nebbioso, A., Mazzei, P., & Piccolo, A. (2015). Humic and fulvic acids as biostimulants in horticulture. In *Scientia Horticulturae* (Vol. 196, pp. 15–27). Elsevier BV. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.013>

9. Chen, Y., Clapp, C. E., & Magen, H. (2004). Mechanisms of plant growth stimulation by humic substances: The role of organo-iron complexes. In *Soil Science and Plant Nutrition* (Vol. 50, Issue 7, pp. 1089–1095). Informa UK Limited. <https://doi.org/10.1080/00380768.2004.10408579>
10. Davison, J. Plant Beneficial Bacteria. *Nat. Biotechnol.* 1988, 6, 282–286.
11. Dobrovolskaya, T. G., Leontyevskaya, E. A., Khusnetdinova, K. A., & Balabko, P. N. (2013). Effect of humic fertilizers on the quantity and structure of the bacterial complexes of potato field. In *Moscow University Soil Science Bulletin* (Vol. 68, Issue 3, pp. 142–145). Allerton Press. <https://doi.org/10.3103/s0147687413030034>
12. Dobreiner, J.; Pedrosa, F.O. Nitrogen-Fixing Bacteria in Nonleguminous Crop Plants; Brock/Springer Series in Contemporary Bioscience; Science Tech Publishers: Hampshire, UK, 1987; pp. 1–155
13. Ekin, Z. (2019). Integrated Use of Humic Acid and Plant Growth Promoting Rhizobacteria to Ensure Higher Potato Productivity in Sustainable Agriculture. In *Sustainability* (Vol. 11, Issue 12, p. 3417). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/su11123417>
14. El-Nakhel, C.; Pannico, A.; Kyriacou, M.C.; Giordano, M.; De Pascale, S.; Roupael, Y. Macronutrient deprivation eustress elicits differential secondary metabolites in red and green-pigmented butterhead lettuce grown in a closed soilless system. *J. Sci. Food Agric.* **2019**, 99, 6962–6972.
15. Glick, B.R. The enhancement of plant growth by freeliving bacteria. *Can. J. Microbiol.* 1995, 41, 109–117.
16. Ibrahim, A., Abdel-Razzak, H., Wahb-Allah, M., Alenazi, M., Alsadon, A., & Dewir, Y. H. (2019). Improvement in Growth, Yield, and Fruit Quality of Three Red Sweet Pepper Cultivars by Foliar Application of Humic and Salicylic Acids. In *HortTechnology* (Vol. 29, Issue 2, pp. 170–178). American Society for Horticultural Science. <https://doi.org/10.21273/horttech04263-18>
17. Mou, B. Lettuce. In *Vegetables I*; Prohens, J., Nuez, F., Eds.; Springer: New York, NY, USA, 2008; pp. 75–116.
18. Karakurt, Y., Unlu, H., Unlu, H., & Padem, H. (2009). The influence of foliar and soil fertilization of humic acid on yield and quality of pepper. In *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Plant Soil Science* (Vol. 59, Issue 3, pp. 233–237). Informa UK Limited. <https://doi.org/10.1080/09064710802022952>

- 19.Kloepper, J.W.; Lifshitz, R.; Zablutowicz, R.M. Free-Living Bacterial Inocula for Enhancing Crop Productivity. *Trends Biotechnol.* 1989, 7, 39–44.
- 20.Kim, M.J.; Moon, Y.; Tou, J.C.; Mou, B.; Waterland, N.L. Nutritional value, bioactive compounds and health benefits of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *J. Food Compos. Anal.* **2016**, 49, 19–34.
- 21.La Bella, S.; Consentino, B.B.; Roupael, Y.; Ntatsi, G.; De Pasquale, C.; Iapichino, G.; Sabatino, L. Impact of *Ecklonia Maxima* Seaweed Extract and Mo Foliar Treatments on Biofortification, Spinach Yield, Quality and NUE. *Plants* 2021, 10, 1139.
- 22.Luz, G.L.; Medeiros, S.L.P.; Manfron, P.A.; Amaral, A.D.; Muller, L.; Torrez, M.G.; Mentges, L.A. The nitrate issue in hydroponic lettuce and the human health. *Ciência Rural* 2008, 38, 2388–2394.
- 23.Mandyal, P.,Kaushal R.,Sharma, K., &Kaushal, M. (2014). Evaluation of native PGPR isolates in bell pepper for enhanced growth, yield and fruit quality. In *International Journal of Farm Sciences*(Vol. 2, Issue 2, pp. 28–35).Society for Advancement of Human and Nature.
- 24.Miceli, A.; Vetrano, F.; Sabatino, L.; D’Anna, F.; Moncada, A. Influence of Preharvest Gibberellic Acid Treatments on Postharvest Quality of Minimally Processed Leaf Lettuce and Rocket. *Horticulturae* 2019, 5, 63.
- 25.Mauro, R.P.; Agnello, M.; Distefano, M.; Sabatino, L.; San Bautista Primo, A.; Leonardi, C.; Giuffrida, F. Chlorophyll Fluorescence, Photosynthesis and Growth of Tomato Plants as Affected by Long-Term Oxygen Root Zone Deprivation and Grafting. *Agronomy* **2020**, 10, 137.
- 26.38- Orsi, M. (2014). Molecular dynamics simulation of humic substances. In *Chemical and Biological Technologies in Agriculture* (Vol. 1, Issue 1). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1186/s40538-014-0010-4>
- 27.Probanza, A.; Lucas, J.A.; Acero, N.; Gutierrez Mañero, F.J. The Influence of Native Rhizobacteria on European Alder (*Alnus Glutinosa* L. Gaertn.) Growth. *Plant Soil* 1996,182, 59–66.
- 28.Romani, A.; Pinelli, P.; Galardi, C.; Sani, G.; Cimato, A.; Heimler, D. Polyphenols in greenhouse and open-air-grown lettuce. *Food Chem.* 2002, 79, 337–342.
- 29.Rodriguez, H.; Gonzalez, T.; Goire, I.; Bashan, Y. Gluconic Acid Production and Phosphate Solubilization by the Plant Growth-Promoting Bacterium *Azospirillum* spp. *Naturwissenschaften* 2004, 91, 552–555.
- 30.Sabatino, L.; La Bella, S.; Ntatsi, G.; Iapichino, G.; D’Anna, F.; De Pasquale, C.; Consentino, B.B.; Roupael, Y. Selenium biofortification

- and grafting modulate plant performance and functional features of cherry tomato grown in a soilless system. *Sci. Hort.* 2021, 285, 110095.
31. Sabatino, L.; Consentino, B.B.; Roupael, Y.; De Pasquale, C.; Iapichino, G.; D'Anna, F.; La Bella, S. Protein Hydrolysates and Mo-Biofortification Interactively Modulate Plant Performance and Quality of 'Canasta' Lettuce Grown in a Protected Environment. *Agronomy* 2021, 11, 1023.
32. Solaiman, A.R.M.; Rahbbani, M.G. Effect of NPKS and cow dung on growth and yield of tomato. *Bull. Inst. Trop. Agric. Kyushu Univ.* 2006, 29, 31–37.
33. Sabatino, L.; Iapichino, G.; La Bella, S.; Tuttolomondo, T.; D'Anna, F.; Cardarelli, M.; Consentino, B.B.; Roupael, Y. An Appraisal of Calcium Cyanamide as Alternative N Source for Spring-Summer and Fall Season Curly Endive Crops: Effects on Crop Performance, NUE and Functional Quality Components. *Agronomy* 2020, 10, 1357.
34. Sabatino, L.; Iapichino, G.; Consentino, B.B.; D'Anna, F.; Roupael, Y. Rootstock and Arbuscular Mycorrhiza Combinatorial Effects on Eggplant Crop Performance and Fruit Quality under Greenhouse Conditions. *Agronomy* 2020, 10, 693.
35. Strzelczyk, E.; Kamper, M.; Li, C. Cytocinin-like-substances and ethylene production by *Azospirillum* in media with different carbon sources. *Microbiol. Res.* 1994, 149, 55–60.
36. Tien, T.M.; Gaskins, M.H.; Hubbell, D.H. Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum Americanum* L.). *Appl. Environ. Microbiol.* 1979, 37, 1016–1024.
37. Seyedbagheri, M.M. (2010). Influence of Humic Products on Soil Health and Potato Production. In *Potato Research* (Vol. 53, Issue 4, pp. 341–349). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s11540-010-9177-7>
38. Seyedbagheri, M. M., He, Z., & Olk, D. C. (2012). Yields of Potato and Alternative Crops Impacted by Humic Product Application. In *Sustainable Potato Production: Global Case Studies* (pp. 131–140). Springer Netherlands. https://doi.org/10.1007/978-94-007-4104-1_8.
39. Seyedbagheri, Mir.-M., & Torell J. M. (2001). Effects of humic acids and nitrogen mineralization on crop production in field trials. In *Journal Special Publication - Royal Society of Chemistry* (Vol. 273, pp. 355–360). Royal Society of Chemistry. DOI: <https://doi.org/10.1039/9781847551085-00355>

- 40.Suh, H. Y., Yoo, K. S., & Suh, S. G. (2014). Tuber growth and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.) as affected by foliar or soil application of fulvic and humic acids. In *Horticulture, Environment, and Biotechnology* (Vol. 55, Issue 3, pp. 183–189). Springer Science and Business Media LLC. <https://doi.org/10.1007/s13580-014-0005-x>
- 41.Zaidi, A.; Ahmad, E.; Khan, M.S.; Saif, S.; Rizvi, A. Role of Plant Growth Promoting Rhizobacteria in Sustainable Production of Vegetables: Current Perspective. *Sci. Hortic.* 2015, 193, 231–239.
- 42.Weller, D.M.; Thomashow, L.S. Current Challenges in Introducing Beneficial Microorganisms into the Rhizosphere. In *MolecularEcology of Rhizosphere Microorganisms*; John Wiley & Sons, Ltd.: Hoboken, NJ, USA, 1994; pp. 1–18. ISBN 978-3-527-61581-0.

Bölüm 8

Türkiye’de Tarımda Dijitalleşme Sürecinde Yaşanan Gelişmeler

Fatma ORHAN BARAN¹

Emre KARA²

Mustafa SÜR MEN³

¹ Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü.
forhan@adu.edu.tr ORCID No: 0009-0000-5713-3515

² Dr. Öğr. Üyesi; Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü.
emre.kara@adu.edu.tr ORCID No: 0000-0002-5535-8398

³ Prof. Dr.: Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü.
mustafa.surmen@adu.edu.tr ORCID No: 0000-0001-9748-618X

ÖZET

Tarımsal üretim, insanlık tarihi boyunca çok az değişim göstermesine karşın sanayi devriminin etkisiyle son iki yüz yılda baş döndürücü hızda bir değişim sürecine girmiştir. Tarımın makineleşmesiyle başlayan bu süreç, dijitalleşmesiyle sürmektedir. Bu süreçte önceleri verimi artırmak amaçlanmış ve büyük bir verim artışı sağlanmış olmasına karşın çevre sorunları baş göstermiştir. Hızla artan Dünya nüfusu nedeniyle verim hâlâ artırılması gereken bir unsur olup bunun çevreye zarar vermeden yapılması ve kayıpların önlenmesi önem kazanmış; bunu sağlamanın bir yolu olarak da dijital teknolojilerin kullanımı gündeme gelmiştir.

Bu çalışmada, tarımda teknoloji kullanımının gelişim süreci ve bu sürecin geldiği son nokta olan ve “Tarım 4.0”, “Akıllı tarım”, “Dijital tarım” olarak adlandırılan yeni tarım sisteminin tanıtılması amaçlanmış olup önce akıllı tarım sürecine gelene kadar tarımdaki gelişim sürecine değinildikten sonra Dünya ve Türkiye’deki akıllı tarım uygulamaları hakkında bilgi verilmiştir. Akıllı tarımda kullanılan dijital teknolojiler ile bu teknolojilerin kullanıldığı tarımsal uygulamalar ele alınmış ve kısaca uygulamaların getirdiği sorunlar ve uygulamada karşılaşılan zorluklara değinilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Dijital Tarım, Tarım 4.0, Yapay Zeka, Akıllı Tarım

GİRİŞ

Tarım, önceleri sanayiye hammadde sağlayarak üretimi şekillendirirken buhar gücünün etkisiyle endüstri, tüm üretim sektörü ile birlikte tarımsal üretimi de şekillendirmeye başlamıştır. Endüstri sektörünün gelişimini dört aşamaya ayırmak mümkündür. Buna göre, 1800’lerin sonlarında buhar gücüyle çalışan makinelerin kullanılmaya başlanması, endüstri 1.0, 1900’lerin başında elektrik enerjisi ile seri üretime geçilmesi endüstri 2.0, 1970’lerden itibaren elektronik ve bilgi teknolojileri sayesinde otomasyonun yaygınlaşması endüstri 3.0 ve son olarak da 2000’lerin başından itibaren internetin yaygınlaşması ve dijital veri işleme sayesinde sanayide siber fiziksel sistemlerin kullanılmaya başlanması ise endüstri 4.0 olarak adlandırılmaktadır (Numanoğlu ve Eynehan, 2016).

Tarım 1.0 olarak adlandırılan tarih boyunca çok fazla değişim göstermeksizin, basit el aletleri, hayvan gücü kullanılarak emek yoğun şekilde sürdürüldüğü ilk devre, 1950’lerin sonlarında sanayideki gelişmelerin bir yansıması olarak sentetik pestisitler, gübreler ve kendinden tahrikli makinelerin kullanılmaya başlandığı ve Yeşil Devrim olarak nitelendirilen Tarım 2.0 dönemi başlamıştır.

1990’lara geldiğinde GPS teknolojisinin kullanılmasıyla tarım 3.0 dönemi başlamış ve GPS sayesinde manuel yönlendirme yapılabilmesi ve hasat makinelerine uygulanan VRA (Variable Rate Application) sistemleri sayesinde özellikle gübreleme süreçlerinin takip edilebilmesine imkân tanıyan teknolojilerin kullanılmasıyla tarım alanlarının izlenmesi ve girdilerin kullanımında çevrenin de göz önünde bulundurulması esasına dayanan hassas tarım önem kazanmıştır. Yine sanayideki gelişim süreci ile birlikte 2010’lu yıllarda sensörler, algılayıcılar, mikro işlemciler, otonom karar sistemleri, bulut tabanlı bilgi ve iletişim teknolojileri gibi akıllı teknolojilerin tarımda da kullanılmaya başlanması ile tarım 4.0 dönemi başlamıştır. Tarımda dijital teknolojilerin kullanılması, “Tarım 4.0”, “Akıllı Tarım”, “Dijital Tarım” gibi farklı şekillerde adlandırılmaktadır (Saygılı vd., 2019).

Tarım 1.0	Tarım 2.0	Tarım3.0	Tarım 4.0
			
İnsan ve hayvan gücü Basit aletler	Motor gücü Kimyasal gübreler Tarım ilaçları	GPS teknolojisi	İnternet Siber fiziksel sistemler Bulut teknolojisi
-1950	1950-1990	1990-2010	2010-

Şekil 1: Tarımda Teknolojik Kullanımının Gelişim Süreçleri

Türkiye’de Dijital Tarım Uygulamaları

2019-2023 yıllarına yönelik olarak hazırlanan 11 inci Kalkınma Planı’nda, uluslararası rekabet gücünü artırmış, ileri teknolojiye dayalı, altyapı sorunlarını çözmüş, örgütlülüğü ve verimliliği yüksek, gerek çevresel, gerekse sosyal ve ekonomik olarak sürdürülebilir ve etkin bir tarım sektörünün oluşturulması amacıyla;

- Dijitalleşme, yapay zekâ ve veriye dayalı iş modelleri ve tarımsal bilgi sistemlerinin geliştirilerek tüm kesimlerin kullanımına açılması,
- Tarımsal girdi ve ürün fiyat dalgalanmalarının izlenmesi, rekabetin korunması ve piyasa aksaklıklarının giderilmesine yönelik piyasa bilgi ve izleme sistemi oluşturulması,
- Ülke genelinde toprak yeteneklerinin detaylı toprak etütleri ile sınıflandırılması ve haritalanmasının sağlanması,
- Toprak bilgi sistemine dayalı tarımsal arazi kullanım planlarının hazırlanması,
- Tarımda suyun verimli kullanılmasına yönelik olarak su tasarrufu sağlayan modern sulama sistemlerinin yaygınlaştırılması,
- Örtü altı yetiştiriciliğinde modern seraların kurulması, mevcut seraların modernizasyonu, paketleme ve depolama tesisleri için destek sağlanması,
- Tarımsal ürünlerin pazarlanmasında etkin ve güvenli bir e-ticaret için gerekli düzenlemelerin yapılması,

- Akıllı tarım teknolojileri başta olmak üzere yenilikçi ve çevreci üretim tekniklerinin geliştirileceği ve desteklenmesi,
- Tarımsal araştırmalarda kamu, üniversite, özel sektör ve sanayi işbirliği ile tarımsal Ar-Ge çalışmalarının etkinlik ve niteliğinin artırılması hedeflenmektedir (Resmi Gazete, 2019).

Bu kapsamda Bakanlık, uydu teknolojilerini yaygın olarak kullanılarak tarım ve orman varlıkları ile su kaynakları devamlı olarak takip edilmekte, ekili alanların haritalama altyapısını oluşturulmakta, uydu görüntüleri sayesinde desteklemelerin çapraz kontrolü yapılabilmektedir. Ayrıca uydu görüntüleri sayesinde her bölgenin toprak tipi ve özelliklerini içeren “Ulusal Ölçekte Sayısal Toprak Haritaları” oluşturulmuştur. Üreticilerin arazi bilgileri, parsel bazında kayıtlı ürünler, hayvanlara ilişkin doğum ve ölüm, nakil işlemleri gibi bilgilerin kayıtlı olduğu ve cep telefonu veya bilgisayarlar ile kolayca ve anında ulaşılan ve işlem yapılabilen E-Çiftçi Portalı, tarım arazilerinin parçalanarak küçülmesinin önüne geçmek üzere, tapu işlemleri ile ilgili, Tarım Arazileri Yönetim Portalı, şeker pancarı üretiminin çiftçi bazında tohumdan fabrikaya kadar olan tüm süreçlerin takibine olanak sağlayan Pancar Kayıt Sistemi uygulamaya alınmıştır. Büyükbaş ve küçükbaş hayvanların ayrı sistemlerde yürütülen takibinin Hayvancılık Bilgi Sistemi (HAYBİS)’nde birleştirilmesi, hayvan sağlığına ilişkin olarak hastalık, aşılama, numune takibi gibi işlemlerin yer aldığı Veteriner Bilgi Sistemi (TÜRKVET) devreye girmesi gibi birçok uygulama hayata geçirmiştir (Anonim, 2021a). Bu uygulamalar sayesinde tarımda dijitalleşmenin ilk adımı olan veri toplama aşaması hızla ilerlemektedir.

Veri toplamaya yönelik çalışmaların yanı sıra tarımsal pazarın dijital platforma taşınarak üreticinin birçok alıcı sayesinde piyasaya uygun fiyatlarla satış yapabilmesi, tüketicinin de birçok ürün arasından seçim yapabilmesi böylece aracılardan ortadan kalkmasıyla üretim maliyetlerinin düşmesi ve fiyat istikrarı sağlanarak üreticinin pazar gücünün artırılmasının hedeflendiği Dijital Tarım Pazarı (DİTAP) faaliyete geçmiştir (Anonim, 2021a).

Veri toplama ve pazarlama atağına ek olarak bitkisel ve hayvansal üretim pratikleri ile sulama, otonom araçlar, yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımda kullanılması gibi alanlarda da yürütülen birçok proje olup bunların bir kısmı sonuçlanmış bir kısmı ise halen devam etmektedir. Bunlardan bazıları;

1. Su kaynaklarımızın bütüncül bir modellemesinin yapılması amacıyla 2016-2019 yılları arasında Su Kaynaklarının Sürdürülebilir Yönetimi İçin Ülkemize Özgü Hidrolojik, Su Kalitesi ve Ekolojik Modelleme Aracı Geliştirilmesi Projesi, kapsamında HİDROTÜRK Modelleme Platformu geliştirilmiş olup bu sayede su kütlelerinin maruz kaldığı etkilerin sonuçlarının

tespit edilmesi ve geleceğe dönük su yönetimi politikalarının belirlenmesine katkı sağlanacaktır (Anonim, 2020).

2. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ve Tarım ve Orman Bakanlığı işbirliğinde 2019 yılında başlatılan Ulusal E-Tarım Stratejisinin Desteklenmesi Projesi, Türkiye tarımının bilgi ve iletişim teknolojisi kullanımı seviyesinin saptanması, e-tarıma ilişkin farkındalık ve kapasitenin artırılması ve ulusal bir e-tarım stratejisi geliştirilmesine destek sağlamayı amaçlayan bir projedir (Anonim, 2019a).

3. GAP Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü ve ASELSAN ortaklığı ile yürütülen Traktörlerde Otomatik Dümenleme Sistemi (OTAK) Projesi kapsamında kullanıcıya istenen arazi profiline göre otomatik kontrol imkânı veren, yalnızca 2,5 cm sapma ile toprak işleme ve hiç aralık bırakmayacak ve üst üste bindirme yapmayacak hassasiyette ekim başarısı sağlayan ve yakıttan yaklaşık % 12 oranında tasarruf imkânı veren bir prototip geliştirilmiştir (Pakdemirli vd., 2021).



Şekil 5. Traktörlerde Otomatik Dümenleme Sistemi (OTAK) Projesi kapsamında geliştirilen prototip (Anonim, 2021c)

4. Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü ve ASELSAN ortaklığı ile yürütülen İnsansız Hava Aracı ile Görüntü İşleme Temelli Hassas Tarım Uygulamaları Projesi'nde ASELSAN'ın geliştirdiği ARI-1 Döner Kanatlı İnsansız Uçan Sistemi, toprak yapısı, kuraklık, gübre ihtiyacı, hasat tahmini ile rekolte hesabı ve farklı ürünler için kullanılarak bir kütüphane oluşturulması için altyapı kurulmasını amaçlanmaktadır (Pakdemirli vd., 2021).



Şekil 6. ARI-1T Döner Kanatlı Mini İnsansız Uçan Sistem (Anonim, 2021d)

5. Güneş Pili Center Pivot Sulama Sistemi Projesi, mevcut center pivota güneş pilleri entegre edilerek tarımda alternatif enerji kaynaklarının kullanımı ile maliyetlerin azaltılması hedeflenmiştir (Anonim, 2019b). Bu kapsamda Şanlıurfa'nın GAPTAEM Gündaş İstasyonunda bir adet Güneş Pili Center Pivot Sulama Sistemi adlı prototip geliştirilmiştir (Anonim, 2021e).



Şekil 7. Güneş pilli center pivot sulama sitesi (Şanlıurfa/Türkiye) (Anonim, 2021e).

6. Türkiye'de bir ilk olan Güneş Pili Sulama Kanalı Pilot Projesi ile GAPTAEM Koruklu Araştırma İstasyonu'nun tarımsal sulamadaki elektrik ihtiyacının tamamının güneş pili sistemiyle karşılanması ve GAP Bölgesinde uygulamaya aktarılması amaçlanmıştır (Anonim, 2019b).

7. Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü ve Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü tarafında yürütülen Ülkesel Hassas Tarım Projesi ile, gerekenden fazla kimyasal kullanılması ile oluşan çevre kirliliğinin, analize dayalı olarak planlanan ve programlanan bir girdi kullanımı ile azaltmayı,

çiftçiyi tarımsal girdi maliyetlerinin ekonomik baskısından kurtarmayı amaçlamaktadır (Pakdemirli vd., 2021).

8. Merkezi Dane Kaybı İzleme ve Takip Sistemi Geliştirme Projesi, Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü ile ODTÜ TEKNOKENT - GEOSYS Firmasının ortak çalışması olarak yürütülmekte olup hasat esnasında, bulut tabanlı sistem ile dane kaybının anlık olarak hem operatör tarafından görüntülenebilmesi, hem de merkezi izleme sistemine iletilmesi, GSM sinyalinin kesilmesi halinde ise verilerin offline depolanması ve internet bağlantısının kurulduğu anda merkeze iletilmesinin sağlanması ve bu sayede biçerdöverin hasat esnasındaki anlık konumu, işlem/kayıp durumu bilgilerinin merkezi altyapı üzerinden mobil ve web tabanlı uygulama altyapıları ile izlenebilmesinin mümkün hale getirilmesi amaçlanmaktadır (Pakdemirli vd., 2021).

9. Tarım ilaçlarının gerek uygulama miktarı gerekse yönteminde özellikle örtüaltı yetiştiriciliğinde önemli hatalar yapıldığından örtü altı tarımında kullanılması amacıyla uzaktan kumanda edilebilen kendi yürür bir pülverizatör tasarlamayı hedefleyen “Örtüaltı Sebze Yetiştiriciliğinde Kullanılmak Üzere Kendi Yürür Pülverizatör Tasarımı Projesi”, Bornova Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü tarafından yürütülmüştür (Pakdemirli vd., 2021).



Şekil 9. Bornova Zirai Mücadele Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilen uzaktan kumandalı pülverizatör (Anonim, 2021f)

10. Zirai Mücadele Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nün yürüttüğü, ilkim ile sünenin yaşam döngüsü arasındaki ilişki ortaya konduktan sonra yapay zekâ teknikleri ile survey ve mücadele zamanının en az hata ile tespit edilmesi ve tahmin ve erken uyarı sistemi oluşturulmasını amaçlayan “Süneyle Mücadelede Yapay Zekâ Kullanılarak Tahmin Uyarı Sistemi Geliştirme Projesi” ile bir prototip yazılım geliştirilmiştir (Pakdemirli vd., 2021).

11. Yayla ve mera koşullarında yapılan elle sağımda sütün % 75 - 85'nin memede kaldığı ve ekonomiye kazandırılmadığı tespit edilmiş olup Güneydoğu Anadolu bölgesinde, göçer şekilde yapılan küçükbaş süt

hayvancılığında sağım sorunlarının çözülmesi ve sütün ekonomiye kazandırılması amacıyla “Fotovoltaik Pil Destekli Küçükbaş Mobil Süt Sağım Makinası Geliştirme Projesi” kapsamında çayır-merada kullanılmak üzere, depolanmış solar enerji ile çalışan mobil süt sağım makinası tasarlanarak prototipi oluşturulmuştur (Elçin vd., 2015; Anonim, 2018a).

13. “Gezen Hibrit Sağımcı Geliştirme Projesi” ile küçükbaş hayvancılıkta çiğ süt kalitesini artırmak, sağım işini kolaylaştırmak, aynı makine ile birçok üreticiye hizmet verme, yenilenebilir enerji desteği ile işletme giderlerini azaltmak, sütün sağım yerinden süt işleme merkezlerine taşınmasına olanak sağlayarak üreticinin daha yüksek gelir elde etmesini sağlamak amacıyla, soğutma ünitesi de bulunan ve yenilenebilir enerji destekli bir taşınabilir sağım sistemi geliştirmeye yönelik proje sonucunda 1x24 ve 1x12 üniteli sağım sistemi üretilerek kullanıma sunulmuştur (Anonim 2018a).

14. “Küçükbaş Hayvan Islahına Yönelik Akıllı Ölçüm Platformu Prototipinin Geliştirilmesi Projesi”, 2018 yılında başlatılmış olup küçükbaş hayvanların kimliklendirilmesi ve bu sayede takibi, ağırlık ve vücut ölçüsü gibi hayvan ıslahına yönelik verilerin toplanarak kaydedilebilmesi için tamamen yerli akıllı ölçüm platformu prototipi geliştirilmesini amaçlamaktadır (Anonim, 2021g; Demirel Atasoy vd., 2019, Anonim, 2020).

Bakanlığın tarımda dijital uygulamaların geliştirilmesine yönelik bu projelerine ilave olarak üniversiteler, diğer kurumlar ve özel sektör tarafından gerek münferiden gerek işbirliği halinde birçok proje yürütülmektedir.

Örneğin, Bakanlık ile Gebze Teknik Üniversitesi arasında Akıllı Tarım Uygulamaları İşbirliği Protokolü’nün imzalanmasıyla akıllı tarım tekniklerine yönelik araştırma, geliştirme, uygulama ve eğitim faaliyetlerini yürütmek üzere Üniversite bünyesinde Akıllı Tarım Araştırma ve Uygulama Merkezi (ATAM) kurulmuştur (Anonim, 2021ı).

Diğer kamu kurumları tarafından yürütülen projelere, GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı ile TÜBİTAK UZAY Teknolojileri Araştırma Enstitüsü işbirliğinde 2015 yılında başlatılan Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi (Anonim, 2021j), Harran Üniversitesi GAP Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Merkezi (GAP YENEV)’nin yürüttüğü Sulama Pompalarında Enerji verimliliğinin Arttırılması Pilot Projesi (Anonim, 2019b) örnek olarak verilebilir.



Şekil 12. Sulama Pompalarında Enerji Verimliliğinin Arttırılması Pilot Projesi (Anonim, 2021i)

TARIMDA KULLANILAN DİJİTAL TEKNOLOJİLER

Kablosuz iletişim teknolojileri

Kablosuz iletişim, iki nokta arasında veya daha fazla noktanın oluşturduğu ağ üzerinde gerçekleşen bilgi aktarımının herhangi bir kablolu iletken olmaksızın yapılabilmesi olarak tanımlanabilir. Dünya çapında uydu ile gerçekleştirilen kablosuz iletişim, daha küçük alanlarda Bluetooth, Wi-Fi gibi teknolojiler ile gerçekleştirilmektedir (Anonim, 2021b).

Çizelge 13. Tarımda kullanılan kablosuz iletişim teknolojileri ile iletişim kapsama mesafeleri (Anonim, 2021b)

İletişim teknolojisi	İletişim kapsama alanı
Bluetooth	30-100 m
Wi-Fi	100-300 m
LoRaWan	2-15 km
Hücrel ağ	Ağ taşıyıcı kapsamı (km)

Kablosuz ağlar, tarımda, iklim, toprak ve bitkilere ait özellikler ile makine performansının belirlenmesi amacıyla kullanılan sensörler ile iletişimi sağlayarak kablosuz ağ teknolojisini oluştururlar. Kablolu sensör ağları, her ne kadar güvenli ve sağlam bir iletişim imkânı sunuyor olsa da arazi şartlarında kablo kullanımının zor olması ve kablolarda oluşabilecek kopuklukların veri iletimini aksatması göz önüne alındığında kablosuz sensörler tercih edilmektedir. Ayrıca, Kablosuz sensör ağlarının kullanılması, veri iletim hızının daha yüksek olması, hareketli sistemlerden veri elde edilebilmesi, elde edilen

verilerin uzak bilgisayarlara iletilebilmesi ve maliyetinin düşük olması gibi avantajlar sağlamaktadır (Ünal ve Topakçı, 2013).

Nesnelerin İnterneti (IoT)

Nesnelerin interneti kavramı, akıllı nesnelere ve sensörler arasındaki ağ tanımlamakta olup İngilizcede “Internet of Things” olarak geçtiğinden IoT olarak da ifade edilir (Öztaş Karlı, 2020). Bu sistem, nesnelerin her birinin sahip oldukları IP adresleri aracılığıyla ortak bir amaca hizmet etmek üzere birbirleriyle etkileşime girmesine ve çevredeki akıllı bileşenlerle işbirliği yapmasına olanak tanır (Akben ve Avşar, 2018) ve bunun sonucunda da her an her yerden veri alınması, izlenmesi ve analiz edilmesi mümkün olmaktadır (Öztaş Karlı, 2020).

Nesnelerin interneti teknolojisinin, fiziksel ortam ve diğer nesnelerin durumunu takip ederek, analiz edebilmesi ve buluttaki bir bilgisayara kablosuz ağ üzerinden bağlanarak esnek çözümler sunabilmesi; dolayısıyla veri güdümlü akıllı tarım uygulamalarında kullanılabilmesinin (Dayıoğlu vd., 2016) tarıma sağladığı birçok fayda bulunmaktadır. Gómez-Chabla vd. (2019), tarımda nesnelerin interneti teknolojilerinin kullanımına yönelik olarak yaptıkları literatür taraması sonucunda, bu teknolojinin tarımda kullanılması ile elde edilen faydaları;

- Donanım ve yazılım kaynaklarından ve elde edilen büyük miktarda veriden yararlanılarak kentsel ve kırsal alanlarda topluluk tarımı yapılması,
- Gıda üretiminin izlenebilirliği sayesinde karar vermede gerçek zamanlı verilerin kullanılması ile maliyetlerin ve girdi israfının azaltılmasına olanak tanınması,
- Üretici ile tüketici arasında doğrudan bir ilişki kurulmasına izin veren iş modellerinin oluşturulması,
- Ürün izleme ile maliyetlerin düşürülmesine olanak sağlanması ve hırsızlığın önlenmesi,
- Sensörler vasıtasıyla elde edilen sıcaklık, hava ve toprak nemi değerlerine göre çalışan otomatik sulama sistemleri,
- Daha fazla işleme ve analiz için sensör ağları kullanılması aracılığıyla çevresel parametrelerin otomatik toplanması,
- Operasyonel verimliliği ve üretkenliği artırmak için büyük miktarda veriyi analiz eden karar destek sistemleri şeklinde sıralanmışlardır.

Büyük Veri ve Veri Madenciliği

Verinin bilişim teknolojisi terminolojisindeki anlamı, sayısal ortamlarda kaydedilen, depolanan, işlenen veya taşınan fakat tek başına anlamı olmayıp organize edilerek anlamlı hale dönüştürülmemiş bitler veya bilinenler olarak tanımlanabilmektedir. Bilgisayar ve internet teknolojilerindeki gelişmeler sayesinde daha çeşitli, daha çok ve daha hızlı toplanan veriler ise büyük veriyi meydana getirmektedir (Küsbeci, 2021).

Büyük verinin analiz edilebilmesi için öncelikle, organize edilerek filtrelenmesi ve sonra tablo ve grafiklerle desteklenerek anlamlı hale getirilmesi gerekmektedir. Büyük verinin iyi bir şekilde analiz edilerek anlamlandırılması ile işletmeler akıllı yönetim stratejileri uygulama şansına erişir. Bunun için de işletmelerin iyi tanımlanmış bir veri yönetimi stratejisi oluşturması önemlidir. Büyük veri, ortalama bir veri tabanı yazılımı aracı tarafından büyük boyutlu ve karmaşık yapıda olması ve geniş aralıkları nedeniyle başarılı bir şekilde işlenemez (Akben ve Avşar, 2018).

Ham haldeki büyük verinin eksik verilerin tamamlanması, tekrarların ayıklanması, dönüştürme, bütünleştirme, boyut indirgeme vb. ile ön işleme yapılarak analiz edilebilecek hale getirilmesi ve sonrasında veri madenciliği modelleri kurularak yorumlanması ile daha anlamlı bilgi haline getirilmesi süreci veri madenciliği olarak adlandırılmaktadır (Sandıkçı ve Aydılek, 2018). Veri madenciliği modelleri, sınıflama ve regresyon, kümeleme ve birliktelik kuralları şeklinde üç grupta toplanabilir (Okur, 2015).

Tarımda büyük veri araçları, hassas tarımda, verilerin toplanması, analiz edilmesi ve işlenmesi gerektiğinden verimliliğin maksimize edilmesi için kullanılır. Küresel Konumlandırma Sistemi (GPS), Coğrafi Bilgi Sistemi (GIS) ve Değişken Oranlı Teknoloji (VRA), hassas tarımda kullanılan ve büyük veriye dayanan teknolojilerdendir. Akıllı tarımda ise fonksiyonlar, değişkenler ve kavramlar arasındaki ilişkiler, tarımsal değer zinciri ve iş süreçleri gibi büyük veri analitiği uygulamaları ile anlamlandırılır (Sandeepanle, 2020).

Bulut Teknolojisi

Uzak bilgisayarlara verilerin depolanması ile verilerin saklanması yanı sıra internet üzerinden erişim sağlanarak verilerin işlenmesi ve yorumlanmasını sağlayan yazılımları da içeren platformdur. Bulut bilişim sayesinde, kullanıcıların bilgi teknolojileri maliyetleri düşmektedir veriler üzerinde işlem yapabilmektedirler (Anonim, 2013).

Ürün, hava durumu, toprak, pazar, pestisitler ve reçeteler vb. hakkında bilgiler ile çiftçilerin tarımsal süreçlerle ilgili deneyimlerine ilişkin veri tabanları bulutta saklanabilir ve kolayca alınabilir. Modern bulut teknolojisi

araçların, çevrimiçi dil çeviri mekanizmalarına sahip olması ile bulut-agro sisteminde farklı dillerde depolanan bilgiler, çiftçinin ana diline çevrilebilir ve bu da çiftçilerin, arz ve talebe göre üretim yapmalarına yardımcı olur. Bulutta depolanan veri tabanlarından çevrimiçi uzman tavsiyesi alınabileceği gibi ayrıca, hava tahmini sağlayarak iklime göre ürün seçilmesi veya üretime yönelik faaliyetlerin zamanının planlanmasında etkili olur (Goraya ve Kaur, 2015).

Bulut sistemlerinin tarımda kullanımına ilişkin olarak, büyük boyutlarda veri üreten ve işleyen Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) örnek olarak verilebilir (Çetin vd., 2013).

Robot Teknolojisi

Robot ve dronelar da dâhil olmak üzere tarımsal üretimde kullanılan her türlü otomatik kontrol ve yapay zekâ teknikleri, tarımsal otomasyon ve robotik süreçler olarak adlandırılır. Tarım robotları; otonom İHA ve traktörler ile robotik kolları (Güzey vd., 2020) genellikle, nesnelerin interneti ve yapay zekânın belirlediği tarımsal faaliyetlerin yürütülmesi içindir (Oliveira vd., 2021).

Tarımsal robotik sistemlere yapılan yatırımlar, kısa vadede izleme ve hasat etkinliği, uzun vadede ise verimin tahmin edilmesini sağlamaktadır (Oliveira vd., 2021).

Tarımda robotların kullanılmaya başlanması ile verim ve kalite artmakta, üretim maliyetleri azalmakta, ağır tarımsal işlerdeki insan iş gücü azalmakta, ayrıca üretim süreçlerinde tarım kimyasallarına maruziyet, tekrarlayan ve zorlayıcı hareketler gibi sağlık ve güvenliği etkileyebilecek riskler ortadan kalkmaktadır.

Tarım robotlarını, kullanım amaçlarına göre 5 ayrı kategoride incelemek mümkündür (Oliveira vd., 2021):

- 1.Ekim Öncesi Arazi Hazırlığı için Tarımda Robotik Uygulamalar
- 2.Ekim ve Dikim için Tarımda Robotik Uygulamalar
- 3.Tarımda Bitki Tedavisine Yönelik Robotik Uygulamalar
- 4.Tarımda Hasat İçin Robotik Uygulamalar
- 5.Tarımda Verim Tahmini ve Fenotipleme için Robotik Uygulamalar

Tarımsal robotlar yalnız bitkisel üretimde değil hayvansal üretimde de kullanılmaktadır. Hayvancılıkta kullanılan robot teknolojisine örnek olarak, süt sağım, yemleme, yem itici, ahır temizleme, buzağı mama robotları sayılabilir (Özgüven, 2019).

Yapay zekâ

Yapay zekâ, mevcut verilerin teşekkül ettiği yapıyı, çeşitli algoritmalar yardımıyla en iyi şekilde tespit ederek bu yapı nedeniyle ortaya çıkabilecek sonuçların, gelmeye devam eden verilerle birlikte değerlendirilerek en olası sonuçları tahmin eden teknoloji olarak tanımlanabilir. Özellikle insansı robot teknolojileri, yapay zekâ ve yapay sinir ağları çalışmalarını hızlandırmış olup yapay sinir ağları canlılardaki sinir ağlarından esinlenilerek geliştirilmiştir (Öztürk ve Şahin, 2018). Buna göre, bilgisayarlar önce bir öğrenme sürecinden geçer ve daha sonra öğrendikleri ile karşılaştığı durumlara tepki verir (Batal, 2016).

Tarımda yapay zekânın modelleme ve simülasyon teknikleri ile birlikte kullanılması, gerçek zamanlı bilgi üretimi, otomatikleştirilmiş uzman sistemler, otonom traktörler ve robotik uygulamalar geliştirilerek tarım sektöründe kullanılmasına olanak sağlamıştır (Özgül, 2018).

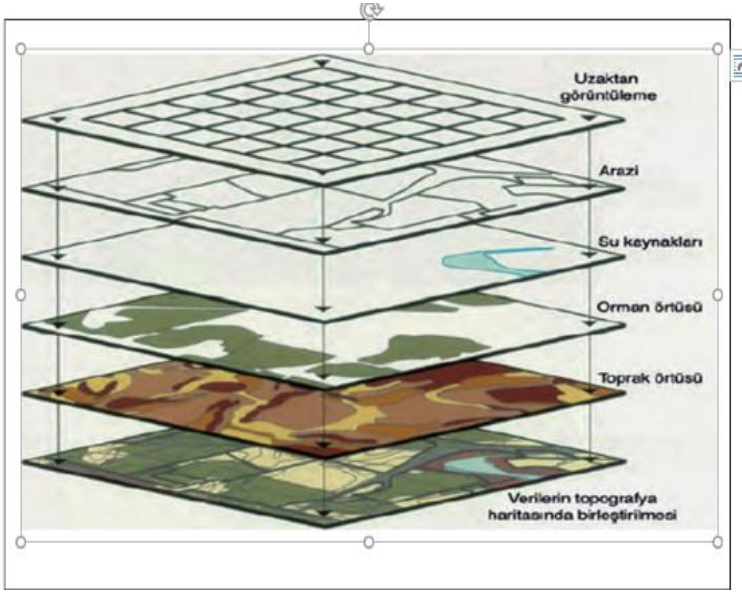
TARIMDA DİJİTAL UYGULAMALAR

Uzaktan Algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS)

UA, yeryüzündeki coğrafi yapılar hakkında herhangi bir fiziksel temas olmaksızın, hava araçları ve uydular aracılığıyla yer yüzeyinden yansıyan ve yayılan enerjinin algılanarak kaydedilmesi esasına dayanarak bilgi edinilmesidir (Balık Şanlı, 2017).

CBS, coğrafi mekân ve konum verilerinin alınması, toplanması, depolanması ve bu büyük verinin mekâna ve konuma dayalı süreçlere ilişkin kararların verilmesi için işlenmesi, yönetilmesi ve analizi ve verilerin sorgulanmasına ve sunulmasına olanak sağlayan donanım, yazılım, coğrafi veri ve yöntemler bütünüdür (Yüksel ve Meral, 2020).

Uzaktan algılama teknolojileri yardımıyla yeryüzünden farklı zaman aralıklarında alınan farklı konumsal ve spektral çözünürlükteki görüntülerin, farklı konumsal veriler ile entegrasyonu coğrafi bilgi sistemleri oluşturularak yapılmaktadır (Kavzoğlu ve Çölkesen, 2022).

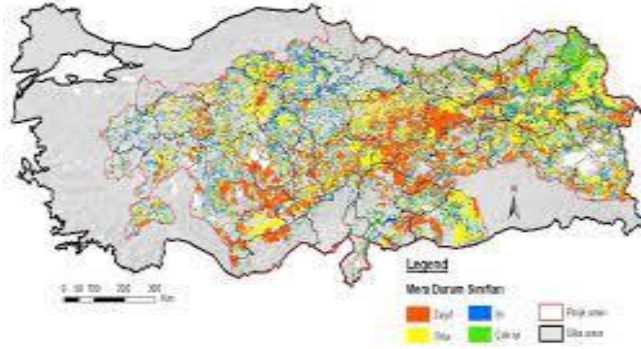


Şekil 17. CBS’de veri Katmanları ve Verilerin Haritaya Aktarılması
(Anonim, 2022a)

CBS veri tabanında çok farklı kaynaklardan gelen yağış, sıcaklık, toprak, arazi kullanımı, yükseklik, yollar, akarsular vb. gibi veriler, katmanlar olarak bulunmakta ve analiz edilecek konu belirli bir metot dâhilinde sorgulanarak yeni bilgiler üretilmektedir (Anonim, 2022a).

CBS, tarımda rekolte tahmini, verim haritası, bitki deseni ile çayır, mera ve nadas alanlarının belirlenmesi, bitki gelişiminin izlenmesi, verim haritası, yabancı ot ve anomali tespiti, gübre haritalaması, hayvansal üretim işletmeleri ve hayvan sayılarının türlerine göre tespiti, hayvan hareketlerinin gözlenmesi, toprak tasnifi, sulama ve drenaj etütleri ile toprak tasnifi gibi alanlarda yapılan gözlem ve analizler ile arazi varlığı ve su kaynaklarının korunması ve tarım ve hayvancılığa ilişkin tahminler ve planlamaların yapılabilmesine ve erken uyarı sistemlerinin oluşturulmasına olanak tanımaktadır (Anonim, 2022b).

TAGEM tarafından yürütülen ve TÜBİTAK’ın desteklediği Ulusal Mera Yönetim ve Kullanım Projesi kapsamında, CBS yardımıyla iklim, toprak ve topoğrafik haritaların çakıştırılması ile homojen ekolojik alanlar belirlenmesi ve sonrasında bu alanlardaki 3444 noktadan yapılan vejetasyon ölçümleri ile her bir homojen alanın vejetasyon tipi ile mera durum sınıfı tespit edilmiş ve bu verilere göre meraları kalite derecesine göre sınıflayan haritalar geliştirilmiştir (Avağ vd., 2012).



Şekil 18. Mera Durum Sınıfları Haritası (Avağ vd., 2012)

İnsansız Hava Araçları (İHA)

Drone veya İHA olarak adlandırılan araçlar, aerodinamik kuvvetlerin etkisiyle havada durabilen ve kullanıcısı tarafından yerden kontrol edilerek veya önceden programlanarak uçurulan araçlar olup tarımda ürün ve arazi haritalaması, bitki hastalık ve zararlılarının, su stresinin tespiti, gübrelemenin planlanması, tarımsal ilaçlama ile verim ve olgunluk tahminleri gibi süreçlerde kullanılmaktadır. Ayrıca, tozlaşmada insansız hava aracı kullanımı olanaklarının araştırılmasına yönelik yürütülen çalışmada, geliştirilen 15 gr ağırlığındaki insansız hava aracının bitkiye zarar vermeden çiçekleri dölleyebileceği saptanmış olup otomatik pilot ile bitki tozlaşmasını yapabilecek sistemler üzerinde çalışılmaktadır (Aslan vd., 2022).



a. Planting Drone



b. Irrigation Drone



c. Soil Analysis Drone



d. Crop Monitoring Drone



e. Crop Spraying Drone



f. Health Assessment Drones

Şekil 19. Tarımda İHA kullanımı (Talaviya vd., 2020)

Otonom Traktörler ve Robotlar

Toprağın ekime hazırlanmasında, RADAR, LIDAR (ışık görüntüleme, algılama ve menzil), video kameralar ile donatılan ve bu sayede yolundaki sabit veya hareketli engelleri algılayarak durabilen veya yeni yol atayarak işine devam edebilen otonom traktörler ve robotlardan yararlanılmakta (Husti, 2019) olup sistemin başarısı, kullanılan robotların arazi şartlarına, örneğin engebeli, sarp vb. arazi şartlarına uygun hassasiyete sahip olup olmamasına bağlıdır. Ayrıca otonom traktörler hareket yolu haritasına sahipse, toprak işlemenin yanı sıra ekim, ilaçlama ve hasatta da kullanılabilir (Özgüven, 2019).



Şekil 20. Otomatik Yemleme Robotu (Trioliet, 2017)

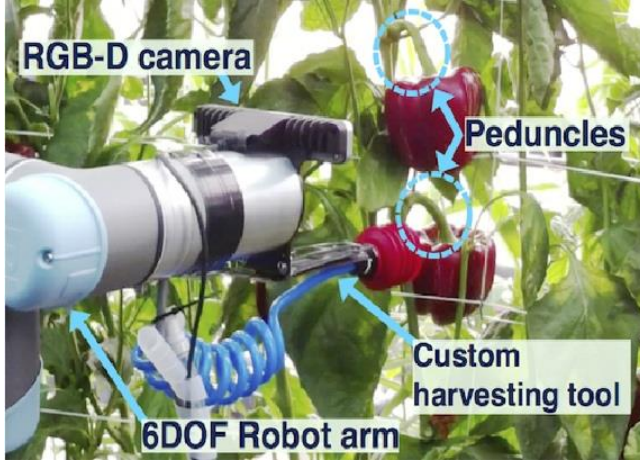
Bitkilerin sıra yapısını tanıyarak sıra boyunca hareket edebilen ve yabancı otlar ile kültür bitkisini ayırabilen bir kamera sistemi sayesinde yabancı otların yok edilmesini sağlayan mekanik yabancı ot kontrol robotları, salatalık, elma hasat robotları, süt sağım robotu, buzağı mama robotu, otomatik yemleme robotu gibi robotlar geliştirilmiştir (Özgüven, 2019).

Hasat teknolojileri

Otonom hasat sistemleri, mahsulün tespit edilmesi ve robotun tarlada yönlendirilebilmesi için makine görüşü ve mahsulü tutmak veya toplamak için gereken aktüatörlerin kullanımı şeklinde iki bileşenden oluşmaktadır. Yapay görme, hasatta önemli bir role sahiptir, çünkü hasadın başarısı büyük ölçüde buna bağlıdır. Bu nedenle makine görüşü, hasat edilecek meyve ve sebzeleri şekil ve/veya renge göre yaprak ve dallarından ayırabilecek şekilde geliştirilmelidir (Rahmadian ve Widyartono, 2019).

Hâlihazırda kullanımda olan hasat robotları, ya bir mobil hasat sistemi ya da robotik kol hasadı şeklinde çalışmaktadır. Ananas, elma gibi meyvelerin hasadı,

robotik kolların ucunda yer alan hassas vantuzlar ile yapılmakta olup buna yumuş hasat denmektedir. Çilek, biber vb. gibi sebze ve meyveler, bir kesici uç ile donatılmış robot kolları sistemleri ile hasat edilmektedir. Burada önemli olan, meyvenin sapının yerinin iyi tespit edilmesi ve meyveye hasar verilmeden kesilmesinin sağlanmasıdır (Lehnert vd., 2017). Ayrıca, Raja vd., (2022), Vinken'in yeraltını görebilen bir robot geliştirdiğini bildirmektedirler.



Şekil 22. Biberin sapını keserek hasat etmek için bir kesici uç ile donatılmış robotik kollu hasat makinesi (Lehnert vd., 2017).

Hayvancılık sektöründeki uygulamalar

Hassas hayvancılık, üretim süreçlerini hassas bir şekilde kontrol ederek, üretim ve üremeyi iyileştirmeyi, insan ve hayvan refahını artırmayı ve çevresel etkiyi azaltmayı hedeflemektedir. Bu kapsamda üretim süreçlerinin hassas bir şekilde kontrolünün sağlanması gerekliliği hayvan bireyi, hayvan grubuyla ilgili veya çevresel parametreleri kaydeden dijital teknolojilerin önemini artırmaktadır. (Groher vd., 2020).

Hayvansal üretimde kullanılan ve sürü yönetimini sağlayan temel dijital teknolojiler, elektronik kayıt, sağım, beslenme, kızgınlık ve sağlık durumu takipleri ile ahır ortamının optimizasyonudur. Bağlantılı Sürü Yönetimi için sürüdeki tüm hayvanlar özel sensörlerle donatılmakta ve sistem, sensörlerden gelen veriler sayesinde sürü yöneticisine SMS ile gebe ya da hasta hayvanlarla ilgili bilgi göndermektedir. Ayrıca, son yıllarda geliştirilen Radyo Frekansı Tanımlama Sistemi (RFID) sayesinde RFID elektronik etiketi ile hayvanların tanımlanması, performansları ve üretim durumlarının tespiti mümkün olmaktadır. (Gökçe vd., 2020).



Şekil 24. Hayvan hareketliliğinin kesintisiz olarak izlenmesini sağlayan pedometre (Ambrose ve Campbel, 2020)

Bunlara ilave olarak insan gücü olmaksızın sağım yapabilen ve sütün sıcaklığı, iletkenliği ve rengi, sağım hızı ve sağım süresinde değişiklikler veya her bir memeden salgılanan süt miktarı ile ineğin ağırlığı, hareketliliği ve ruminasyon için harcanan zamanı ölçebilen otomatik sağım sistemleri, elektronik hassas ölçüm sistemine sahip yem hazırlama, karıştırma ve dağıtma makineleri, hayvanların günlük kesif yem tüketim düzeyini ayarlayan, öğün miktarı ve öğün sıklığını kontrol eden ve hayvanın kendisi için belirlenen günlük toplam yemin tüketilmeyen miktarını da saptayan otomatik tanıma sistemi ile birlikte çalışan otomatik konsantre besleyiciler gibi dijital teknolojiler (Gökçe vd., 2020) ile kanatlı üretiminde yumurta sayımı, kanatlı tartımı veya çevre ve yemleme kontrolleri gibi teknolojiler kullanılmaktadır (Groher vd., 2020).

SONUÇ

Tarımsal üretimde çevreye zarar vermeden verimin artırılması ve kayıpların önlenmesi amacıyla dijital teknolojilerin kullanılması ile yeni bir tarım anlayışı gelişmiş olup buna göre, üretim alanları kesintisiz olarak izlenmekte ve böylece elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda çok daha doğru kararlar alınarak sürdürülebilir bir tarımsal üretim yapılabilmektedir. Ayrıca, teknoloji sayesinde geliştirilen hidro kültür, dikey tarımsal üretim gibi yeni teknikler ile tarımın çevre şartlarına olan bağımlılığı ortadan kaldırılmakta ve bu sayede şehirlerde, çöllerde hatta yer çekimsiz ortamlarda dahi üretim yapılması mümkün olmaktadır.

Bakanlığın akıllı tarım uygulamalarına yönelik pek çok uygulama geliştirmiş olması ve projeler yürütmesine rağmen, bu uygulamaların ithal ve pahalı bir teknoloji olması, üreticilerin yetersiz seviyedeki dijital okur-yazarlıkları ile

birleşince dijital teknolojilerin yaygınlaşması hayli yetersiz kalmaktadır. Akıllı tarımın yaygınlaştırılabilmesi için öncelikle yerli teknolojiler geliştirilerek uygulamaya konmalı, üreticiler eğitimlerle bilgilendirilmeli ve uygulama için özendirici teşviklerle verilmelidir. Tüm bunlara ilave olarak, akıllı tarım uygulamalarını tek başına hayata geçirmesinin ekonomik olmayacağı tarım, hayvancılık ve balıkçılık işletme büyüklükleri belirlenerek bu büyüklüğün altındaki işletmelerin örgütlenerek akıllı tarıma geçmeleri teşvik edilmelidir. Akıllı tarıma geçmek için örgütlenemeyecek kadar az sayıda ve küçük işletmeler ise permakültür, iyi tarım ve organik tarım gibi uygulamalar ile ekonomik güçlerinin artırılması için desteklenmelidir.

REFERANSLAR

- Akben, İ., ve Avşar, İ. İ. (2018). Endüstri 4.0 ve Karanlık Üretim: Genel Bir Bakış. *Türk Sosyal Bilimler Araştırmaları Dergisi*, Nisan 2018 Cilt:3 Sayı:1, Hasan Kalyoncu Üniversitesi, Gaziantep
- Ambrose, E., ve Campbell, T. (2020). *What is digital agriculture?*. <https://ag.purdue.edu/stories/digital-agriculture-why-the-future-is-now/> Erişim tarihi: 14.01.2022
- Anonim, (2013). *Bulut Bilişim. Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu*, Ankara, Kasım 2013
- Anonim, (2018), *Tarım ve Orman Bakanlığı 2018 Yılı Faaliyet Raporu*, 2018 FAALİYET RAPORU.pdf (tarimorman.gov.tr) Erişim tarihi: 29.12.2021
- Anonim, (2019a). *Ulusal E- Tarım Stratejisi Geliştirilmesinin Desteklenmesi Proje Açılış Çalıştayı Raporu (4-6 Kasım 2019)* Ankara.
- Anonim, (2019b). *Tarım ve Orman Bakanlığı 2019 Yılı Faaliyet Raporu*, https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/Bakanl%C4%B1k_Faaliyet_Raporlar%C4%B1/TARIM%20VE%20ORMAN%20BAKANLI%C4%9EI%202019%20FAAL%C4%B0YET%20RAPORU.pdf Erişim tarihi: 30.12.2021
- Anonim, (2020) *Tarım ve Orman Bakanlığı 2020 Yılı Faaliyet Raporu*, https://www.tarimorman.gov.tr/SGB/Belgeler/Bakanl%C4%B1k_Faaliyet_Raporlar%C4%B1/TARIM%20VE%20ORMAN%20BAKANLI%C4%9EI%202020%20FAAL%C4%B0YET%20RAPORU%20v.pdf Erişim tarihi: 30.12.2021
- Anonim, (2021a). *Tarımda Dijitalleşme Sürüyor. Tarım ve Orman Bakanlığı*, <https://www.tarimorman.gov.tr/Haber/4650/Tarimda-Dijitallesme-Suruyor>, Erişim tarihi: 20.12.2021
- Anonim, (2021b). *Akıllı Tarım, Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu, Sektörel Araştırmalar ve Strateji Geliştirme Dairesi Başkanlığı*. <https://www.btk.gov.tr/uploads/pages/arastirma-raporlari/akilli-tarim.pdf> Erişim tarihi: 20.12.2021
- Anonim, (2021c). *Traktörlerde Otomatik Dümenleme Sistemi (OTAK) Projesi kapsamında geliştirilen prototip*. https://twitter.com/tagem_ankara/status/1088811138769408001, Erişim tarihi: 26.12.2021
- Anonim, (2021d). *İnsansız Hava Araçları*. <https://aselsan.com.tr/tr/inovasyon/haber-detay/aselsan-insansiz-hava-araclari-ailesi-7442>, Erişim tarihi: 27.12.2021
- Anonim, (2021e). *Güneş Pili Center Pivot Sulama Sistemi*. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/gaptaem/Belgeler/%C4%B0novasyon>

%20%C3%87al%C4%B1%C5%9Fmalar%C4%B1m%C4%B1z/G%C3%9CNE%C5%9E%20P%C4%B0LL%C4%B0%20CENTER%20PIVOT%20SULAMA%20SISTEMİNİN%20KURULUMU.pdf , Erişim tarihi: 27.12.2021

Anonim, (2021f). *Yerli ilaçlama robotu*
https://www.tarlasera.com/haber_gorselleri/9.6.2019-yerli-ilaclama-robotu-sahaya-indi2.jpg, Erişim tarihi: 27.12.2021

Anonim, (2021g). *Tarımda Teknolojik Dönüşümler Grubu Çalışma Belgesi*.
Tarım Orman Şûrası,
<https://cdn.niys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetGaleriFile/330/DosyaGaleri/956/17%20Tar%C4%B1mda%20Teknolojik%20D%C3%B6n%C5%9F%C3%BCmler%20Grubu%20%C3%87al%C4%B1%C5%9Fma%20Belgesi.pdf>, Erişim tarihi: 20.12.2021

Anonim, (2021ı). *Akıllı Tarım Uygulamaları ile İlişkili Projelerimiz*. Gebze Teknik Üniversitesi Akıllı Tarım Uygulama Merkezi, (Gebze Teknik Üniversitesi - Akıllı Tarım Araştırma ve Uygulama Merkezi (gtu.edu.tr), Erişim Tarihi: 22.12.2021

Anonim, (2021i). *Sulama Pompalarında Enerji Verimliliğinin Arttırılması Pilot Projesi*. 15.02.2021, <http://gapgreen.org/proje/33-sulama-pompalarinda-enerji-verimliliğinin-arttiril>, Erişim tarihi: 30.12.2021

Anonim, (2021j). *Hassas Tarım ve Sürdürülebilir Uygulamaların Yaygınlaştırılması Projesi*. Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, <http://www.gap.gov.tr/gap-bolgesinde-hassas-tarim-ve-surdurulebilir-uyg.-yayg.-prj.-sayfa-53.html>, Erişim tarihi: 22.12.2021

Anonim, (2022a). *Coğrafi Bilgi Sisteminin Bileşenleri Nelerdir?*
<https://www.cografyaci.gen.tr/cograf-bilgi-sistemi-cbs-ve-bilesenleri-nelerdir/>, Erişim tarihi: 13.01.2022

Anonim, (2022b). *Coğrafi Bilgi Sistemlerinin Tarımda Kullanılması*.
<https://docplayer.biz.tr/11253013-Cograf-bilgi-sistemlerinin-tarimda-kullanilmasi.html>, Erişim tarihi: 13.01.2022

Aslan, B. G. Pirlı, A., ve İşbilir, Z. (2022). *İnsansız Hava Araçlarının (İHA-Drone) Tarımda Kullanımı*.
<https://www.turktob.org.tr/dergi/makaleler/dergi29/56-59.pdf> Erişim tarihi: 13.01.2021

Avağ, A., Şimşek, U., Uzun M., Özgöz M. M., Aksakal, E., Dumlu, S., ...ve Başkan, O. (2012). Ulusal Mera Kullanım ve Yönetim Projesi Veri Tabanı Çalışmaları. Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi 5 (2): 102-106, 2012 ISSN: 1308-3945, E-ISSN: 1308-027X

- Batal, M. S. (2016). Yapay Zekâ Uygulamaları ve Yapay Zekânın Geleceği. April 2016, *Artificial Intelligence Conference*, Tallinn, doi:10.13140/RG.2.2.10796.21127
- Balık Şanlı, F. (2017). *Uzaktan Algılama Ders Notları 2017-2018*. <https://avesis.yildiz.edu.tr> › downloadfile › fbalik, Erişim tarihi: 13.01.2022
- Çetin, Ç., Nefise Yaman, N., Sabah L., Ayday, E., ve Aydaya, C. (2013). Bulut Bilişim (Cloud Computing) Teknolojisinin Uzaktan Algılama ve Coğrafi Bilgi Sistemlerine Uygulama Olanakları. *Türkiye Ulusal Fotogrametri ve Uzaktan Algılama Birliği VII. Teknik Sempozyumu* (TUFUAB'2013), 23-25 Mayıs 2013, KTÜ, Trabzon
- Dayıoğlu, M. A., Uğur, F., ve Türker, U. (2016). Seralarda Nesnelerin İnterneti Teknolojisinin Uygulanması: Tasarım ve Prototip Geliştirme. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, (2016) 33 (Ek sayı), 52-60, ISSN: 1300-2910 E-ISSN: 2147-8848
- Demirel Atasoy, Z., Velioğlu, H., İleri, S., Gezici, M., ve Koç, C. (2019). Türkiye'de Akıllı Tarımın Mevcut Durum Raporu. Akıllı Tarım Platformu, Ocak 2019, Ankara
- Elçin, A. K., Gezici, M., Gürhan, R., Şireli, H.D., Vural, M.E., ve Karataş, A. (2015). Fotovoltaik Pil Destekli Küçükbaş Mobil Süt Sağım Makinasının Prototipinin Tasarımı. *Tarım Makineleri Bilimi Dergisi*, 2015, 11(4), 355-362
- Gómez-Chabla, R., Real Avilés, K., Morán, C., Grijalva, P., ve Recalde, T. (2019). IoT Applications in Agriculture: A Systematic Literature Review. Springer Nature Switzerland AG 2019, CITAMA 2019, AISC 901, pp. 68–76, 2019, https://doi.org/10.1007/978-3-030-10728-4_8
- Goraya, M. S., ve Kaur, H. (2015). Clouding Computer in Agriculture. *HCTL Open International Journal of Technology Innovations and Research (IJTIR)* <http://ijtir.htcl.org> Volume 16, July 2015 e-ISSN: 2321-1814, ISBN (Print): 978-1-943730-43-8
- Gökçe, G., Goncu, S., ve Bozkurt, S. (2020). Endüstri 4.0 ve Hayvancılık. *Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi* ISSN: 2667-7571, 2020 (3):21-26
- Groher, T. Heitkämper, K., ve Umstätter, C. (2020). Digital Technology Adoption in Livestock Production With a Special Focus On Ruminant Farming. *Animal*, page 1 of 10 © Agroscope, 2020. Published by Cambridge University Press on behalf of The Animal Consortium. doi:10.1017/S1751731120001391

- Güzey, A., Akıncı, M. M., ve Altan, Ş. (2020). Otonom Kara ve Hava Araçları ile Akıllı Tarım: Hasat Optimizasyonu Üzerine Bir Uygulama. Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi Özel Sayı (2020) 207-220 e-ISSN 2667-405X
- Husti, I. (2019). *Possibilities of Using Robots in Agriculture*. Periodical of The Committee Of Agricultural And Biosystem Engineering of The Hungarian Academy of Sciences And Szent István University Faculty of Mechanical Engineering, Published online: <http://hae-journals.org/> HU ISSN 0864-7410 (Print) / HU ISSN 2415-9751(Online) Doi: 10.17676/HAE.2019.35.59
- Kavzoğlu, T., ve Çölkesen, İ. (2022). Uzaktan Algılama Teknolojileri ve Kullanım Alanları. *Türkiye’de Sürdürülebilir Arazi Yönetimi Çalıştayı*, 26-27 Mayıs 2011, Okan Üniversitesi, İstanbul
- Küsbeci, P. (2021). *Büyük Veri. Yenilikçi İnsan Kaynakları Uygulamaları ve Örgütsel İnovasyon: Teori, Örnek Olay ve Öneriler*, Nobel Yayıncılık, Kitap Bölümü, 61-78
- Lehnert, C., McCool, C., ve Perez, T. (2017). In-Field Peduncle Detection of Sweet Peppers for Robotic Harvesting: a Comparative Study. arXiv:1709.10275v1
- Numanoğlu, N., ve Eynehan, M. E. (2016). Türkiye’nin Küresel Rekabetçiliği İçin Bir Gereklilik Olarak Sanayi 4.0 Gelişmekte Olan Ekonomi Perspektifi. Türkiye Sanayicileri ve İş Adamları Derneği, Mart 2016, Yayın No: TÜSİAD-T/2016-03/576, ISBN: 978-605-165-016-6
- Okur, H. (2015). Tarımsal Verilerin Değerlendirilmesinde Kullanılan Veri Madenciliği Teknikleri. *Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1*, 238-254, 12-16 Ocak 2015 Ankara
- Oliveira, L. F. P., Moreira, A. P., ve Silva, M. F. (2021). Advances in Agriculture Robotics: A State-of-the-Art Review and Challenges Ahead. *Robotics 2021*, 10, 52. <https://doi.org/10.3390/robotics10020052>
- Özgülven, M. M. (2018). *The Newest Agricultural Technologies*. Lupine Publisher Open Access, Current Investigations in Agriculture and Current Research, Doi: 10.32474/CIACR.2018.05.000201
- Özgülven, M., M. (2019). Tarım Robotlarının Sürdürülebilir Tarıma Katkıları. 3. *Uluslararası ÜNİDOKAP Karadeniz Sempozyumu “Sürdürülebilir Tarım ve Çevre”* 21-22-23 Haziran 2019, ISBN: 978-605-80568-1-7
- Öztaş Karlı, R. G. (2020). Nesnelerin İnterneti (IoT) Tabanlı İklim- Akıllı Tarım Yaklaşımı. Kitap Bölümü, *Mimarlık, Planlama ve Tasarım Alanında Teori ve Araştırmalar Kitabı*, 5. Bölümü, 2020, Ankara

- Öztürk, K., ve Şahin, M.E. (2018). *Yapay Sinir Ağları ve Yapay Zekâ'ya Genel Bir Bakış. Takvim-i Vekayi* ISSN: 2148-0087 Basım Tarihi: 30 Aralık 2018, Cilt: 6 No: 2 Sayfa: 25-36 (2018)
- Pakdemirli, B., Birişik, N., Aslan, H., Sönmez, İ., ve Gezici, M. (2021). Türk Tarımında Dijital Teknolojilerin Kullanımı ve Tarım –Gıda Zincirinde Tarım 4.0. *Toprak Su Dergisi*, 2021, 10 (1): (78-87), doi: 10.21657/topraksu.898774
- Rahmadian, R. ve Widyartono, M. (2019). Harvesting System for Autonomous Robotic in Agriculture: A Review. *Indonesian Journal of Electrical and Electronics Engineering*, Volume 02 Nomor 01 Tahun 2019, 1-6
- Raja, V., Bhaskaran, B., Nagaraj, K. K. G., Sampathkumar, J. G., ve Senthilkumar, S. R. (2022). Agricultural Harvesting Using Integrated Robot System. *Indonesian Journal of Electrical Engineering and Computer Science*, Vol. 25, No. 1, January 2022, pp. 152~158, ISSN: 2502-4752, Doi: 10.11591/ijeecs.v25.i1.pp152-158
- Resmi Gazete. (2019). *11. Kalkınma Planı 2019-2013*. (23 Temmuz 2019 tarih ve 30840 Mükerrer sayılı Resmi Gazete (www.resmigazete.gov.tr))
- Sandeepanle, I. (2020). *Big Data Analytics in Agriculture*. doi: 10.13140/RG.2.2.25154.81604, (PDF) Big Data Analytics in Agriculture (researchgate.net) erişim tarihi: 31.12.2021
- Sandıkçı, Y., ve Aydılek, İ. (2018). Tarımsal Veri Analizlerinin Veri Madenciliği ile Yapılması. *Harran Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Dergisi*, 02 (2018), 1-7
- Saygılı, F., Kaya, A. A., Çalışkan, E. T., ve Erdölek Kozal, Ö. (2019). *Türk Tarımının Global Entegrasyonu ve Tarım 4.0*. İzmir Ticaret Borsası, ISBN 978-605-137-710-0, Ocak 2019, İzmir
- Talaviya, T. Shah, D., Patel, N., Yagnik, H., ve Shah, M. (2020). Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. *Artificial Intelligence in Agriculture*, Volume 4, 2020, Pages 58-73, doi:10.1016/j.aiia.2020.04.002
- Trioliet. (2017). *Get more out of forage with the automatic feeding system*. 06.09.2017, <https://www.trioliet.com/stories-about-feeding-dairy-cows-and-beef-cattle/feed-efficiency-to-understand-your-operating-costs/item/get-more-out-of-forage-with-the-automatic-feeding-system>, Erişim Tarihi: 13.01.2022
- Ünal, İ., ve Topakçı, M. (2013). Kablosuz Sensör Ağı Teknolojisi ve Hassas Tarım Uygulamaları İçin Örnek Bir Model. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 9 (2) , 109-116

Yüksel, A., ve Meral, A. (2020). Hassas Tarımda CBS (Coğrafi Bilgi Sistemleri), UA (Uzaktan Algılama), GPS (Küresel Konum Belirleme) ve İHA (İnsansız Hava Araçları) Teknolojilerinin Kullanımı. Tarımda Yenilikçi Yaklaşımlar; *Sürdürülebilir Tarım ve Biyoçeşitlilik*, 8. Bölüm, 173-195 ISBN: 978-625-7687-38-6

Bölüm 9

Deniz İşletmelerinin Gemiler ile Yapacakları Deniz Ticareti ile İlgili İletişimlerinde Kullanabilecekleri Kablosuz Erişim Sistemleri

Tayfun ACARER¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi, İstanbul Bilgi Üniversitesi Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-2407-5552>

ÖZET

GİRİŞ

Denizcilik halen uluslararası rekabetin en yoğun yaşandığı ve kendi dışında pek çok farklı süreçten en çok etkilenen sektör olma özelliğini taşımaktadır. Bu sektörün gerek kara tarafındaki işletmeleri, gerekse deniz tarafındaki gemileri yedi gün 24 saat esasına göre hizmet vermektedir. Çünkü denizdeki gemiler için hafta sonu, bayram vb. tatil durumu olmadığı gibi, bunlara destek hizmeti veren karadaki birimlerin de benzeri tatil olanağı yoktur. Bu nedenle ister gemi tarafı, ister kara tarafı olsun denizcilik sektörünü sürekli hizmet üreten ve çalışan işletmeler olarak tanımlamak mümkündür.

Deniz sektörü söz konusu özelliği nedeniyle gemi - kara arasında her yerden ve her zaman ilgili tüm birimler arasında erişimin sağlanmasının zorunlu olduğu sektör özelliği taşımaktadır.

Günümüzde bilişim sektöründe yaşanan gelişmeler birçok sektörde olduğu gibi, denizcilik alanında da iletişim olarak pek çok yeni olanak sunmaktadır. Bilindiği üzere bilişimin içerik ve iletişim olarak iki temel unsuru vardır. Teknolojideki gelişmeler bilişimin her iki alanında da önemli gelişmeler ve yeni olanaklar temin etmektedir. Günümüzde erişimde gelişme oldukça içerikte gelişmekte, içerik geliştikçe bu durum iletişimin daha da gelişimini zorunlu hale getirmektedir. İletişim alanındaki gelişmelerin günümüzdeki en önemli yansımalarının görüldüğü alanlardan biri kablosuz erişimdir. Çünkü bu erişim şeklinin temin ettiği kolaylıklar, maliyetlerde temin edilen tasarruf, tesis sürecinin kısalığı, bürokrasi ve yasal izinlerden asgari ölçüde etkilenme, tesis edilecek sistemlerin boyutlarının küçüklüğü, vb. pek çok etken nedeniyle kablosuz sistemlerin kullanımı giderek artmaktadır.

Denizcilik sektörünün en önemli unsuru olan gemiler de, kablosuz erişim sistemlerinde son yıllarda temin edilen söz konusu gelişmelerden olumlu yönde en çok etkilenen ulaşım alanlarından biri olmuştur. Çünkü gerek gemi içinde, gerekse de gemi kara arasındaki iletişimde kablosuz erişim sistemleri yoğunlukla kullanılmaktadır. Özellikle gemiler ile karadaki birimler arasında kurulacak iletişimin kablosuz sistemler dışında gerçekleştirilmesi imkansızdır. Bu nedenle kablosuz erişim sistemleri gemiler için olmazsa olmaz bir iletişim şekli olup, bu konuda temin edilen gelişmeler karadaki denizcilik kuruluşlarına da büyük kolaylıklar ve gemiler ile daha kolay haberleşme olanakları sunmaktadır.

1. DENİZ İŞLETMELERİNİN TİCARİ FAALİYETLERİ

Uluslararası rekabetin en yoğun yaşandığı sektörlerin başında gelen Denizcilik sektörünün ticari tarafında temelde iki temel unsuru vardır. Bunlardan ilki bu sektörün deniz tarafını meydana getiren gemiler, diğeri ise gemilere yük temini ve lojistik destek veren kara birimleridir. İşlevsel olarak kara birimlerine

göre daha stabil olan gemilerde her işin tanımı yapılmıştır. Bunun sonucu söz konusu işlerde çalışan gemi adamlarının yapacakları işler, bunlara ilişkin kayıtlar ve bu personelin nitelikleri, unvanları, vb. hususların tamamı tanımlı olup, bu konularda her hangi bir belirsizlik yoktur. Buna karşılık çok dinamik bir yapı içeren kara tarafındaki denizcilik kuruluşları yük temininden bunun sigortasına, geminin uğrak limanlarındaki resmi kuruluşlar ile yazışmalardan, yük sevk idaresine kadar pek çok lojistik işlevleri zaman ve yerden bağımsız temin etmekle yükümlü olmaktadır.

Ayrıca değişik acentelik işlevleri, gemilerin su, yakıt, kumanya ihtiyaçlarının temini, uygun nitelikte personelin gecikmesiz olarak gemilerde istihdam edilmesi, vb. pek çok işlev karada faaliyet gösteren denizcilik kuruluşlarının asli işlevleridir. Bu konuda daha da önemlisi bu işlevlerin hiç aksama olmadan yerine getirilmesi ve zamandan bağımsız olarak faaliyet yapılması zorunluluğudur.

Karada faaliyet gösteren deniz işletmelerinin söz konusu işlevleri gemilerin faaliyetlerini aksaksız sürdürebilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Çünkü karadaki lojistik destekler denizdeki araçların seferlerinin aksaksız sürdürülmesi ve yük teslimatlarının sorunsuz ve zamanında yapılabilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle deniz işletmelerinin kara birimlerinin gemiler ile her zaman ve aksaksız iletişim kurabilmeleri ve gereken bilgiyi alıp verebilmeleri gerekmektedir. Gemiden alınan bilgi doğrultusunda liman otoriteleri ve diğer resmi makamlar, yük ilgilileri, yükün elleçlenmesi ve taşıma birimleri ile yapılacak organizasyonlar için de son derece gereklidir. Bu amaçla gemi kara arasındaki erişim sistemlerinin etkin olarak kullanılabilmesi büyük önem taşımaktadır.

2. ERİŞİM SİSTEMLERİ

Erişim sistemleri başlıca kablolu ve kablosuz sistemler olmak üzere iki temel gruba ayrılmaktadır (Acarer T. , 2017). Kablolu erişim sistemlerinin tesis edilmesi izin alma, kazı, ruhsat, vb. nedenler ile oldukça zor olmasına karşılık, kablosuz erişim sistemlerinde söz konusu zorluklar genelde daha az yaşanmaktadır. Bu nedenle son yıllarda kablosuz erişim sistemleri daha çok tercih edilmekte ve yaygınlaşmaktadır.

2.1. Kablolu Erişim Sistemleri

Kablolu erişim (Fix Access) sistemlerinin en yoğun kullanılanı ve en çok bilin türü bakır kablodur. Çünkü bakır doğada bol miktarda bulunduğundan, temini kolay olduğundan ve benzeri öz dirence sahip metallere göre daha ucuz olduğundan, sabit erişim teknolojilerinde en çok tercih edilen madendir. Ayrıca elektronik cihazlar genel olarak elektrik çalıştığından ve bakır da elektriği iyi

ilettiğinden, herhangi bir dönüştürücüye (converter) ihtiyaç duyulmadan (elektrik/ışık dönüştürücü gibi) sabit erişimde kullanılabilir. (elektrik/ışık dönüştürücü gibi) sabit erişimde kullanılabilir.

Metal kabloların direnci uzunlukları arttıkça fazlalaşmaktadır. Bunu aşağıdaki formüller ile açıklamak mümkündür.

Metallerin direnç formülü: $R = \delta \times l / S$ dir.

Bu formülde δ : Öz direnç,
l: kablonun uzunluğu ve
R: Kablonun direncidir.

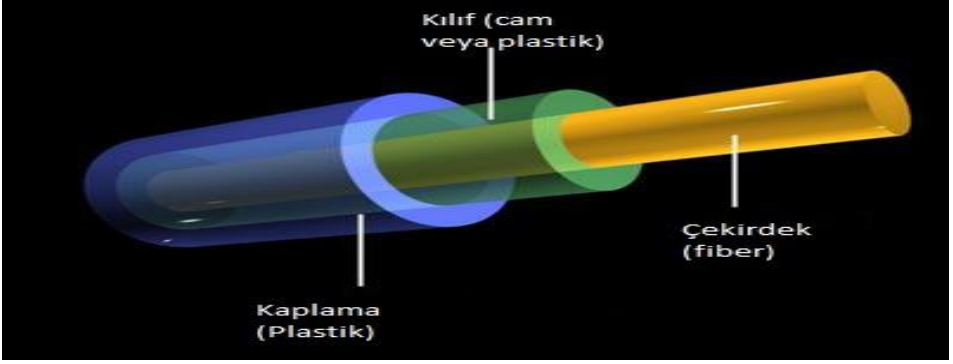
Bu formülden de görüldüğü üzere bakır kablonun uzunluğu arttıkça direnci de fazlalaşmakta, buna karşılık kablonun kesiti arttıkça direnci azalmaktadır.

Akımı ifade eden Ohm Kanununa göre;

$I = V / R$ olduğu için,

Buradan direnç büyüdükçe akımın azalacağını söylemek mümkündür. Akımın azalması ise elektriksel devrelerde hiç istenmeyen bir durumdur. Çünkü akım değeri belirlenen limitlerin altına düştüğünde bant genişliği ve veri hızı da azalmakta ve elektronik devre kararsız hale gelmektedir. Bu tür bir kablo ile özellikle iletişim sistemlerinde büyük miktarda veri indirme (download) ve gönderme (upload) yapmak olanaksızdır.

Koaksiyel kablo (coaxial cable) sabit erişimde kullanılan diğer bir sabit erişim türüdür. Birçok bilim insanı tarafından koaksiyel kablo bakır kablonun daha geliştirilmiş bir türü olarak kabul edilse de, gerek kullanım alanı, gerekse bakır kabloya göre sahip olduğu avantajlar nedeniyle ayrı bir sabit erişim türü olarak da değerlendirilmektedir. Koaksiyel kablo çevresinde bulunan alüminyum veya bakırdan yapılmış ve ekran olarak tanımlanan malzeme, bu kabloyu fiziksel olarak daha sağlam yapmasının yanında dışarıdan kablonun içindeki sinyale olası bir karıştırmanın (enterferans) önlenmesinde de engelleyici bir malzeme olarak işlev görmektedir. Aşağıda fiber kablonun iç yapısı detaylı olarak gösterilmiştir (Acarer T. , 2016).



Şekil 1: Fiber Optik Kablo Yapısı

Sabit erişimde son yıllarda kullanımı giderek artan diğer bir erişim türü Fiber Optik kablodur. Bilindiği gibi Fiber kablo cam boru içinde giden ışığı ifade etmektedir. Ses ve data ışığın üzerinde iletiğinden Fiber Optik kablolarda zayıflama çok azdır. Özellikle Fiber kablonun içindeki hava da boşaltıldığından Fiber Optik kablolarda zayıflamanın teorik olarak "0" olduğunu söylemek mümkündür. Bu durum yukarıdaki direnç ve akım formülleri göz önüne alındığında aşağıdaki şekilde açıklanmaktadır.

Fiber kablonun öz direnci "0" olduğundan kablonun boyu ne kadar uzun olursa olsun, 0'ın herhangi bir sayı ile çarpımı da sıfır olacağından, Fiber Optik kablonun boyu ne olursa olsun direncinin teorik olarak "0" olduğunu söylemek mümkündür. Bunun sonucu direnç sıfır olacağından, ohm kanununa göre akım da zayıflama olmadan karşı tarafa iletiliyor anlamına gelmektedir.

Bu değerlendirmeler sonucunda, günümüzde elektrikle çalışan cihazlar için uzun mesafe gerektiren sabit erişim sistemlerinde Fiber Optik kablo yoğunlukla kullanılmakta, buna karşılık kısa mesafe sabit erişim istenilen yerlerde ise dönüştürücü kullanımına gereksinim duyulmayacağı için bakır kablo tercih edilmektedir. Ayrıca yine günümüzde bilgisayarlarda kullanılan data hatları, anten, vb. elektrik sinyalinin asgari zayıflama ile iletilmesi gereken bağlantılarda koaksiyel kablonun tercih edildiğini söylemek mümkündür.

2.2. Kablosuz Erişim Sistemleri

Günümüzde kablosuz erişim (wireless Access) sistemlerinin kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Çünkü bazı kullanım alanlarında kablosuz sistemlerin tesis kolaylığı ve maliyet avantajı bu sistemlerin deniz haberleşmesi gibi bazı alanlarda kullanılmasını teknik olarak zorunlu hale getirmektedir. Bu nedenle günümüzde kablosuz erişim sistemleri kablolu erişime göre giderek yaygınlaşmaktadır. Özellikle uzak mesafe haberleşmesinde kablosuz erişim

sistemleri, uydu sistemleri ile birlikte alternatifsiz bir erişim alt yapısı olma özelliğini taşımaktadır. Ayrıca bu sistemin zayıflama olmadan büyük miktarda veri iletebilmesi de, yine kablosuz erişim sistemlerinin diğer önemli bir özelliğidir.

Günümüzde kablosuz erişim sistemleri başlıca Kablosuz Personel Alan Ağları (Wireless Personal Area Network - WLAN), Kablosuz Lokal Alan Ağları (Wireless Local Area Network - WLAN), Kablosuz Metropolitan Alan Ağları (Wireless Metropolitan Area Network - WMAN) ve Kablosuz Geniş Alan Ağları (Wireless Wide Area Network - WWAN) olmak üzere 4 temel grupta toplanmaktadır.

Bu madde de Kitap Bölümünün konusu nedeniyle sadece Kablosuz Geniş Alan Ağları incelenecek, diğer kablosuz sistemler değerlendirilmeyecektir. Ayrıca WWAN sistemleri ile ilgili genel bilgi verilecek, bu sistemin nesiller (generation) olarak tanımlanan kırımları sadece temel özellikleri ile tanıtılacaktır.

WWAN sistemlerinin ilki Birinci Nesil (First Generation - 1G) olarak tanımlanan sistemlerdir. 1980’li yılların başında ticari olarak kullanılmaya başlanılan Birinci Nesil sistemler, bu yıllardaki teknolojilerin özelliği nedeniyle oldukça büyük boyutlarda üretilmişlerdir. Özellikle aboneler tarafından kullanılan ve terminal olarak tanımlanan cihazlarının boyutları oldukça büyük olmuştur. Bu nedenle söz konusu cihazlar ancak otomobil, otobüs, Tır, vb. araçlarda kullanıldığı için bu sistem “Araç Telefonları” olarak da tanımlanmıştır (Acarer T, 2021).

1G sistemin en olumsuz özelliklerinden biri tamamen analog olmasıdır. Çünkü analog haberleşmenin hem üçüncü kişiler tarafından çözülmesi, hem de dinlenilmesi kolaylıkla mümkün olmaktadır (Ertunç, 2011). Birinci Nesil sistemler ilk olarak kuzey Avrupa ülkeleri tarafından geliştirildiğinden ve kullanıldığından, bu sistem NMT (Nordic Mobile Telephone) olarak da isimlendirilmiştir.

WWAN sisteminde İkinci Nesil mobil sistemler olarak tanımlanan 2G (Second Generation - İkinci Nesil) sistemler ilk sayısal (dijital) mobil teknolojidir. İkinci nesil sistemler data haberleşmesinde “Narrow Band” (Dar Band) veri iletişim sistemleri olarak tanımlanmaktadır (Acarer T. , 2021). 2G’de bant genişliği oldukça dar olduğu için bu sistem ile başlangıçta sadece ses haberleşmesi yapılabilmiş, ilerleyen süreçte sadece düşük hızda veri iletimi mümkün hale gelmiştir.

WWAN teknolojilerinde genişband veri haberleşmesi ancak Üçüncü Nesil mobil iletişim teknolojisinin kullanılmaya başlaması yapılmaya başlanmıştır. Bu sistemde bant genişliğinin artması nedeniyle “uygulama programları”

(application) adeta patlamış ve bu programlar bilişim sektörü içinde ayrı bir uğraşı alanı hale gelmiştir.

WWAN sisteminde asıl büyük veri iletimi ve IP (Internet Protokolü) teknolojisi Dördüncü Nesil (4G) mobil erişim teknolojisi ile mümkün hale gelmiştir. Halen dünya genelinde en yaygın olarak kullanılan WWAN sistemi 4G'dir. Dördüncü Nesil sistemler aracılığı ile görüntülü haberleşme ve video konferans iletişimi de gelişmiştir. Çünkü 4G'nin sahip olduğu bant ve kanal genişliği önceki sistemlere oranla çok daha fazladır. Dördüncü nesil sistemlerdeki bant genişliği 2. Nesil sistemlere oranla en az 100 kat, LTE-A (Gelişmiş 4G – 4,5 G sistemlerinde 200 fazladır (Acarer T. , 2017). Halen gemilerin kıyıya yakın deniz alanlarında gemide bulunan gemi adamlarının kara aboneleri ile yaptıkları kişisel haberleşmelerinde en yoğun olarak kullandığı sistem 4G'dir.

Günümüzde giderek yaygınlaşmaya başlayan Beşinci Nesil (5G) mobil iletişim sisteminin gelişme süreci diğer nesillere göre farklıdır. 2021 yılından itibaren özel şebekeler (private network) olarak kullanılmaya başlanılan Beşinci Nesil mobil iletişim sistemleri halen hiçbir ülkede ulusal bir şebeke haline getirilememiştir. 2024 yılından sonra birçok ülkede ulusal 5G şebekelerinin kurulması hedeflenmiştir (Türk Telekom A.Ş., 2018). Beşinci Nesil mobil erişim sistemleri Dördüncü nesil sistemlere oranla çok daha fazla (10 Gbs) veri gönderme/alma hızlarına sahip olacaktır. Bu sistemin teknolojisi de, Dördüncü Nesil mobil erişim sisteminde olduğu gibi IP tabanlıdır (Acarer T. , 2021).

2.3. Gemilerde Kullanılan Kablosuz Erişim Sistemleri

Son yıllarda kablosuz iletişim sistemleri erişim teknolojilerinin en hızlı gelişen türüdür. Gemilerin kara ile bağlantısı ancak limanda olduğu için, deniz araçlarında kullanılan cihazlar da zorunlu olarak kablosuz sistemlerdir. Her kablosuz cihaz az veya çok miktarda elektromagnetik alan üretmektedir (Yakıncı, 2016).

Kablosuz erişim sistemlerinin birçok türü bulunmaktadır. Bunların önemli bir bölümü önceki başlıkta açıklanan Kablosuz Geniş Alan Ağlarıdır. (WWAN) Bunun dışında yine güncel yaşantımızda kullandığımız NFC, Bluetooth, RFID, Wifi vb. kablosuz sistemler de yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak kitap konusu nedeniyle deniz haberleşmesinde yoğun olarak kullanılan ve gemilere tesisi zorunlu tutulan kablosuz haberleşme sistemleri Yersel (terrestrial) ve Uydu (Satellite) bu çalışmada incelenmiştir.

Gemilerde bulundurulması zorunlu olan kablosuz sistemlerin diğeri seyir (navigation) cihazlarıdır. Bu cihazların da tamamına yakın kısmı IMO (International Maritime Organization - Uluslararası Denizcilik Örgütü) mevzuatı

ve buna uygun olarak yapılan ulusal mevzuat gereği gemilere tesisi zorunlu tutulmaktadır. Ancak bu sistemler de Kitap Bölümü konusu dışında kaldığından değerlendirilmeye dahil edilmemiştir.

2.3.1 Gemilerde Bulunan Seyir Sistemleri

Günümüzde deniz araçlarında birçok seyir cihazı bulunmaktadır. Bu cihazların türü ve adedi IMO (International Maritime Organization - Uluslararası Denizcilik Örgütü) kurallarına göre değişmektedir. Söz konusu cihazlar genelde köprü üstünde bulunmakta ve birbirlerinden farklı yapıda çalışmaktadır. Bazı cihazlar temin ettiği verileri birbirlerine iletse de, bunların işlevleri genelde birbirlerinden oldukça farklıdır.

Gemilerde bulunan seyir cihazları kablosuz erişim teknolojilerine ve elektromagnetik dalgaların yayılım şekline göre çalıştırılmaktadır. Her biri farklı antene sahip olan bu cihazlar kullanılan frekans bandına göre farklı mesafelerde bulunan veri kaynaklarından temin edilen dataların işlenmesi ve bu şekilde seyir ile ilgili kararların sağlıklı şekilde verilmesi için kullanılmaktadır. Oto Pilot gibi seyir cihazları gemilerin otomatik seyir imkanına olanak sağlamak ve gemi yönetime büyük kolaylık temin etmektedir.

Gemilerde bulunan Seyir cihazlarını detaylarına inmeden başlıca aşağıdaki başlıklar altında toplamak mümkündür.

- Radar
- Arpa Radar
- AIS
- Oto Pilot
- Parakete
- Ecdis
- Eco Sounder

Bu cihazlar konum bilgisini ortak olarak GPS'den (Global Position System - Küresel Pozisyon Sistemi) almaktadır.

2.3.2. Gemilerde Bulundurulması Zorunlu Olan Haberleşme Sistemleri

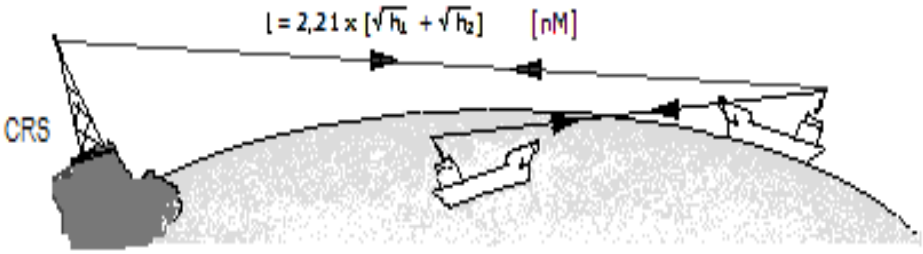
Bu cihazların önemli bir kısmı GMDSS (Global Maritime Distress System - Küresel Denizde Tehlike ve Emniyet Sistemi) gereği deniz araçlarında bulundurulması zorunlu tutulmuştur (Yılmaz L. , 2014). Gemilerde tesisi zorunlu olan deniz haberleşme cihazlarının deniz araçlarına tesis edilmemesi halinde, bu deniz araçları denize elverişlilik koşulunu kaybetmekte ve liman otoriteleri tarafından seyirden menedilmektedir.

Deniz araçlarına tesisi zorunlu olan Yersel telsiz sistemleri;

- VHF (Very High Frequency - Çok Yüksek Frekans),
- MF (Middle Frequency - Orta Frekans),
- HF (High Frequency - Yüksek Frekans) ve
- Navtex'dir. (Navigational Telex - Seyir Yazılı Uyarıları)

Söz konusu cihazlar içinde VHF sistemi 156 - 174 MHz bandında çalışmakta olup, genelde gemi - gemi ve gemi - kara arasında kısa mesafe deniz haberleşmesinde kullanılmaktadır. VHF cihazlarının Portable VHF (Taşınabilir VHF) olarak tanımlanan türü gemi içi haberleşmede ve yük elleçleme faaliyetlerinde en çok kullanılan cihazdır. VHF sisteminde haberleşme yapan birimler arasında bu cihazların antenlerinin birbirlerine görme esasına (optik görüş) göre iletişim gerçekleştirilmektedir.

Aşağıdaki şekilde gemi - gemi ve gemi - sahil istasyonları arasındaki VHF kısa mesafe deniz haberleşmesinin yapılışı ve bu haberleşmenin mesafesi deniz mili cinsinden grafiksel olarak gösterilmektedir (Ekinalan T. A., 2020).



Şekil 2: VHF cihazları arasındaki mesafe

Yukarıdaki şekilde “h1” ve “h2” VHF cihazlarının antenlerinin deniz seviyesinden yüksekliklerini göstermektedir.

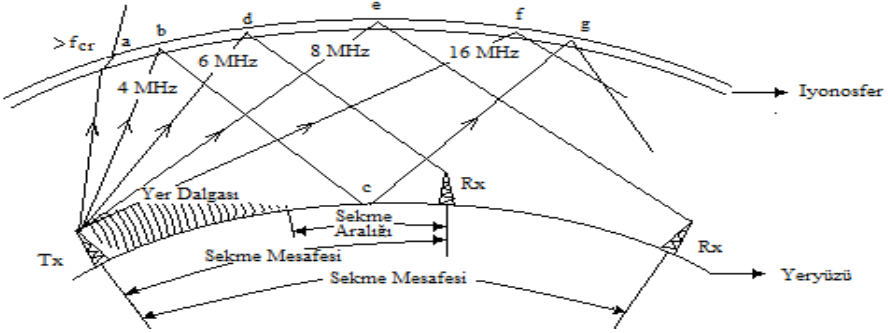
“l” ise, VHF cihazlarının antenleri arasındaki mesafeyi deniz mili (nautical mile - nm) cinsinden göstermektedir.

VHF cihazları ile birlikte çalışan DSC (Digital Selective Calling) teçhizatı bu cihazlara hem rutin haberleşmede, hem de tehlike/emniyet çağrılarında otomatik arama kabiliyeti kazandırmaktadır (Acarer T. , Amatör Denizcilik Kitabı, 2014).

Yersel telsiz sistemi türlerinden biri olan MF cihazları VHF'in benzeri kabiliyette olup, adından da anlaşılacağı üzere orta mesafe erişim teçhizatlarıdır. MF sisteminde “Yer Dalgası” (Ground wave) denilen elektromagnetik dalgalar kullanılmaktadır.

Bu sistemde MF cihazları ile birlikte kullanılan DSC ekipmanları VHF'de olduğunun benzeri olarak bu cihazlara da otomatik haberleşme yapabilme özelliği kazandırmaktadır.

HF olarak tanımlanan Uzak mesafe telsiz sistemlerinde iletim alıcı ve verici birimleri arasında iyonosferden yansıyan dalgalar aracılığı ile yapılmaktadır. Arada uydu vb. aktarıcılar olmadığı ve tamamen doğal yansıtıcılar kullanıldığı için, bu sistem stratejik açıdan son derece güvenlidir. (Yılmaz, 2014). Uzak mesafe sisteminde farklı bantlar kullanıldığından, haberleşme yapılan birimler ile olan mesafe de bu bant değerlerine ve gündüz/gece saatlerine göre farklılık içermektedir. (Ekinalan T. A., 2020).



Şekil 3: HF Sisteminde Kullanılan Farklı Frekans Bantları

HF sisteminde kullanılan DSC teçhizatı, diğer sistemlerde olduğu gibi bu cihazlara da otomatik yayın yapma kabiliyeti kazandırmaktadır.

Gemilerde kullanılan diğer kablosuz erişim araçları Uydu sistemleridir. GMDSS kurallarına göre deniz haberleşmesinde Inmarsat ve Cospas Sarsat uydu sistemleri kullanılmaktadır. Inmarsat sisteminin farklı özelliklerde birçok türü bulunmasına karşılık, GMDSS kuralları gereği gemilerde kullanılan uydu teminalleri Inmarsat C ve Inmarsat F77'dir. Bu cihazlardan Inmarsat C ile sadece yazılı haberleşme yapılabilirken, Inmarsat F77 ile hem sesli, hem de yüksek hızda data (veri) haberleşmesi yapılabilmektedir (Ekinalan T. A., 2020).

3. GEMİ KARA ARASINDA KULLANILABİLECEK ERİŞİM SİSTEMLERİ

Uluslararası mevzuat ve özellikle GMDSS kuralları gereği gemilere tesisi zorunlu olan haberleşme sistemleri madde 2.3.2'de detaylı olarak açıklanmıştır. Bu cihazların bir kısmı sadece gemi içi haberleşmede kullanılmasına karşın, bunların önemli bir kısmı hem gemi - gemi arasında, hem de gemi - kara arasındaki iletişimde kullanılmaktadır. Bu cihazlar ile ses, mesaj, veri haberleşmesi yapılabilmektedir. Günümüzde giderek yoğunlaşan görüntülü iletişim ve video konferans haberleşmesi veri iletişimi olarak gerçekleştirilmektedir. Özellikle en az gecikme ve büyük data aktarımı gerektiren

iletişimde ise erişim kurulan haberleşme sisteminde kullanılan bandın azami ölçüde büyük olması gerekmektedir. Bant genişliği arttıkça indirilen (download) ve gönderilen (upload) veri miktarı artmakta ve gecikme süresi (delay time) en az düzeye inmektedir.

Karada bulunan denizcilik kuruluşlarını genelde geminin şirketi, acenteleri, yük ilgilileri, lojistik destek sağlayan (su, yakıt, kumanya, giyim, vb.) işletmeler, liman otoriteleri ve diğer yetkili kuruluşlar olarak gruplamak mümkündür.

Bunlar içinde özellikle gemi şirketleri ve acentelerin gemiler ile sürekli iletişimde bulunmaları gerekmektedir. Bu nedenle bu işletmeler her gün birkaç kez gemiler ile görüşme yapmaktadır. Bu görüşmenin bir kısmı sesli, önemli bir kısmı ise yazılı haberleşme şeklinde olmaktadır. Son yıllarda yazılı haberleşme büyük ölçüde internet ortamı kullanılarak yapılmaktadır. Bunun için gemilerde veri erişimi temin eden sistemlerin kullanılması yeterlidir. Ancak özellikle video, harita, resim gibi büyük miktarda veri iletimi gerektiren deniz haberleşme türlerinin istenmesi halinde, bu platformu temin edecek kablosuz sistem sayısı giderek azalmaktadır.

Buna göre karada faaliyet gösteren denizcilik kuruluşları ile gemiler arasındaki haberleşmede kullanılabilecek olan ve Madde 2.3.2’de belirtilen Yersel ve Uydu erişimi şeklinde çalışan cihazların özellikleri aşağıda ayrı ayrı detaylandırılmıştır.

VHF Cihazları; Kablosuz Yersel deniz haberleşmesinin en yoğun yapıldığı cihazlarıdır. VHF sistemi gemi - gemi ve gemi - kara arasında karşılıklı olarak sesli haberleşmenin en yoğun olarak yapıldığı cihazlardır. VHF sisteminde cihazların antenlerinin birbirlerini optik olarak görmesi esas olduğundan karşılıklı olarak yapılan haberleşme ücretsizdir. Bu cihazların azami gücü 25 W., düşük gücü 1 W.’dır. Buna göre optik görüş mesafesi dünyanın yuvarlaklığı dikkate alındığında azami 25 nm’dir. (nautical mile - deniz mili). Bu nedenle iki gemi arasındaki görüşme mesafesi de azami 25 nm olarak kabul edilmektedir (Demir, 2009). Yine engelsiz ortamlarda (tepe, koy, vb. yükseltilerin olmadığı durumlarda) 25 deniz mili mesafede (1 deniz mili 1.852 m) kolaylıkla gemi ile kara işletmeleri arasında erişim sağlanabilmektedir.

VHF cihazlarının DSC üniteleri ile gemi - gemi ve gemi - kara arasında otomatik erişim temin edilebilmektedir. Bu teçhizat VHF cihazlarına veri iletimi kabiliyeti kazandırmasına karşılık internet haberleşmesi olanağı temin etmemektedir. Son yıllarda VHF sisteminde kullanılan haberleşme kanallarının veri iletişimine tahsis edilmesi için IMO bünyesinde birçok düzenleme yapılmıştır. Özellikle bu sistemde kullanılan dublex kanalların (alış ve gönderme frekansları ayrı olan kanallar) tamamına yakınının veri iletimine tahsis edilmesi için birçok düzenleme yapılmıştır (ITU, 2019). Bu şekilde VHF sistemi üzerinden gerek

gemi - gemi, gerekse de gemi - kara arasında veri iletiminin önünün açılması ve düşük hızda veri iletimi temin edilerek ücretsiz yazılı haberleşme olanağı mümkün hale gelecektir.

Gemilerde GMDSS mevzuatı gereği bulundurulmuş Portable (E1 VHF'i) türü VHF cihazlarının mesafesi birkaç yüz metreyi geçmediğinden, ancak gemi içi haberleşmede ve yük elleçleme işlemlerinde kullanılmaktadır. Bu nedenle söz konusu cihazların gemi kara arasındaki iletişimde kullanılması istendiğinde geminin ancak limanda veya demirde olması halinde kısıtlı bir mesafede sesli haberleşmede kullanılması mümkündür. Bu cihazlar ile veri haberleşmesi yapılmaya olanağı yoktur.

MF Cihazları; Orta mesafe kablosuz erişim sistemleri GMDSS gereği gemilerde tesisi zorunlu olan cihazlardır. MF cihazları ile karşılıklı olarak sesli haberleşme yapılmaktadır. DSC üniteleri ile MF cihazlarının üzerinden gemi - gemi ve gemi - kara arasında otomatik erişim temin edilebilmektedir. DSC teçhizatı MF cihazlarına veri iletimi kabiliyeti kazandırmasına karşılık internet haberleşmesi olanağı temin etmemektedir.

Ayrıca MF sisteminde kanal genişliği 3 KHz olduğundan (Ekinalan T. A., 2020) veri iletimi için birçok kanalın birleştirilmesi gerekmektedir. MF sistemlerinde kullanılan kanalların veri iletişimine tahsis edilmesi için IMO'da halen herhangi bir düzenleme yapılmamıştır. Bu konuda kısa dönemde herhangi bir düzenleme ve planlama da yoktur. Bu nedenle MF sistemleri üzerinden yakın süreçte düşük hızda veri iletimi temin edilerek ücretsiz yazılı haberleşme yapma olanağı mümkün gözükmemektedir.

HF Cihazları; Uzak mesafe kablosuz erişim sistemleri GMDSS gereği gemilerde tesisi zorunlu olan cihazlardır. HF cihazları ile karşılıklı olarak sesli ve yazılı haberleşme yapılmaktadır. DSC üniteleri ile HF cihazlarının üzerinden gemi - gemi ve gemi - kara arasında otomatik erişim temin edilebilmektedir. Bu teçhizat HF cihazlarına veri iletimi kabiliyeti kazandırmasına karşılık internet haberleşmesi olanağı temin etmemektedir.

HF sistemlerinde kanalların veri iletişimine tahsis edilmesi için herhangi bir düzenleme yapılmamıştır. Bu konuda kısa dönemde herhangi bir düzenleme ve planlama da halen söz konusu değildir. Ayrıca HF sisteminde kanal genişliği 3 KHz olduğundan veri iletimi için birçok kanalın birleştirilmesi gerekmektedir. Bu konuda Orta mesafe (MF) sistemlerinde olduğu gibi IMO'da halen herhangi bir planlama söz konusu değildir. Bu nedenle HF sistemleri üzerinden yakın süreçte gemi - kara arasında düşük hızda veri iletimi temin edilerek ücretsiz yazılı haberleşme olanağı mümkün değildir.

Navtex Cihazları; GMDSS kuralları gereği gemilerde tesisi zorunlu olan bu cihaz Sahil Telsiz istasyonlarından gemilere doğru yapılan tek yönlü yayınları

alma özelliğine sahiptir. Bu nedenle söz konusu sistemde kullanılan frekanslar dikkate alındığında orta dalga bandında çalıştırılan bu sistemin en önemli özelliği, iletilen mesajların seyir ile ilgili uyarılarda çok detaylı verileri içermesidir. Bu nedenle Navtex cihazları kullanılarak gemi - kara ve gemi - gemi arasında karşılıklı olarak görüşme ve veri haberleşmesi yapılabilmektedir.

Inmarsat C Cihazı; Uzak mesafe sefer yapan gemilerin hemen hemen hepsinde bulundurulmuş bir cihazdır. GMDSS kuralları gereği A3 deniz sefer bölgesinde Inmarsat F77 ve HF cihazı ile birlikte tercih edilmesi gereken cihazlardan biri olan (A3 sefer bölgesinde söz konusu üç cihazdan birinin tercih edilmesi zorunludur) Inmarsat C çok yönlü kullanımı gereği en çok tercih edilen uzak mesafe cihazıdır. Bu cihaz EGC (Enhanced Group Call – Genişletilmiş Grup Çağrılarını) yayınlarını otomatik olarak alma özelliğine de sahiptir. EGC cihazlarının yine GMDSS kuralları gereği A3 deniz alanlarında sefer yapan gemilerde tesisi zorunlu olduğu için, bu yayınları alma özelliğine sahip Inmarsat C cihazlarının gemilerde tesisi daha da yaygınlaşmıştır.

Inmarsat C cihazları ile sesli haberleşme teknik olarak yapılamamaktadır. Sadece tek yönlü düşük hızda veri haberleşmesi ve yazılı erişim gerçekleştirilmektedir. Yine bu cihaz aracılığı ile EGC yayınlarının da otomatik olarak alınması mümkün olmaktadır.

Inmarsat C cihazı ile mail şeklinde tek yönlü haberleşme yapıldığından gemi - gemi ve gemi - kara arasında karşılıklı olarak (sırayla) iletişim kurulabilmektedir. Bu değerlendirmeler doğrultusunda Inmarsat C cihazının gemi kara arasında tek yönlü olarak düşük hızda veri haberleşmesinde kullanılabileceğini söylemek mümkündür.

Inmarsat F77 Cihazı; GMDSS kuralları gereği uzak mesafe sefer yapan gemilerde A3 sefer bölgesinde kullanılan cihazlardan biridir. Inmarsat F77 cihazının iki farklı modeli olup, bunlardan biri ile düşük hızda, diğeri ile yüksek hızda veri iletişimi gerçekleştirilmektedir. Bu nedenle Inmarsat F77 cihaz ile sesli haberleşmenin yanında hem yüksek hızda, hem de düşük hızda veri haberleşmesi yapılabilmektedir.

Yüksek hızda veri haberleşmesi yapılan Inmarsat F77 cihazı son yıllarda uzak sefer yapan gemilerde ve belli tonajın üzerinde lüks yatlarda giderek yaygınlaşmaktadır. Bu cihaz ile gemi - kara arasında karşılıklı internet haberleşmesinin yapılması ve yüksek hızda veri iletiminin gerçekleştirilmesi mümkündür.

SONUÇ

Denizyolu ulaşımı taşımanın güvenliği ve kaza riski dikkate alındığında havayolu taşımacılığından sonra en güvenli ulaşım modu olarak kabul edilmektedir. Çünkü günümüzde dünya ticaretinde büyük hacimli malların taşınmasının büyük bir bölümü denizyolu taşımacılığı ile gerçekleştirilmektedir (Fulser, 2015). Denizyolu taşımacılığı ile hız etkeninin çok önemli olmadığı uzak mesafelerde ve kıtalararasında taşıma işlevleri de mümkün olduğundan, bu husus birçok ulaşım noktasında denizyolu taşımacılığının alternatifsiz ulaşım şekli olmasına yol açmaktadır (Kögmen, 2014).

Günümüzde denizcilik işletmelerinin en çok uğraşı gerektiren işlevlerinden biri gemilerine yük bulmak iken, diğer önemli işlevi de denizde çalışan gemilerine karadan lojistik destek vermektir. Bu nedenle gemilerin verimli ve karlı çalışabilmeleri çok büyük ölçüde söz konusu desteklere bağlıdır. Gemilere her zaman yük bulma zorunluluğu, gemilerin taşıma kabiliyetlerinin azami ölçüde tutulması ve uluslararası rekabetin artması karadaki deniz işletmelerinin gemilere verdikleri desteğin önemini her geçen gün artırmaktadır. Çünkü gemilerin herhangi bir lojistik destek yetersizliği nedeniyle limanda veya demir yerinde beklemesi ve sefer yapamaması gemilerin kazancını düşürmekte ve maliyetlerini fazlaştırmaktadır.

Karada faaliyet gösteren denizcilik işletmelerinin gemilere vermiş oldukları lojistik desteklerin başında gemilerin su ve kumanya ihtiyaçlarının karşılanması, yakıt temini, personelin gemilere transferi, yük ilgilileri ve acenteler ile gereken temasın sağlanması, liman kuruluşları ve ilgili otoriteler ile gereken temasın sağlanması, gerekli yasal izinlerin alınması, vb. konuda oldukça yoğun bir iş sürecini içermektedir. Söz konusu işlevlerin aksamadan yerine getirilmesi için gemi ve karadaki işletmeler arasında 24 saat ve 365 gün aralıksız ve aksaksız iletişim kurulması gerekmektedir. Bunun için de gemi ve kara arasında aksaksız bir iletişim kurulması son derece önemlidir.

Son yıllarda bilişim sektöründe çok önemli gelişmeler yaşanmaktadır. Özellikle bilişimin iletişim unsurunda teknolojik gelişmeler ile birlikte yeni olanaklar ve kolaylıklar yaşanmaktadır. Bu gelişmeler tüm işletmelerde olduğu gibi denizcilik kuruluşları açısından da son derece önemlidir. Bu gelişmelerden azami ölçüde istifade eden kuruluşlar işlevlerinde büyük bir kolaylık ve hız temin edebilmektedir. Çünkü günümüzde işletmelerde bilişim teknolojileri hem rekabet ve verimliliğin artırılması, hem de işletmelerde üretimin geliştirilmesi için bir araç olarak kullanılmaktadır (Özgün, 2015, S.47)

Halen gemilerde bulunan iletişim sistemleri donatanların tercihinden çok, GMDSS adı verilen IMO'nun belirlediği haberleşme kurallarına göre tesis edilmektedir. Bu nedenle gemilerde kurulu bulunan haberleşme sistemlerinin

kabiliyet ve olanaklarının iyi bilinmesi ve değerlendirilmesi gerekmektedir. Söz konusu mevzuat gereği gemilerde bulundurulan deniz haberleşme sistemlerinin hepsi farklı kabiliyetlere sahiptir. Bunların bir kısmı sadece alıcı (receiver) olarak çalışırken, (navtex alıcı gibi) bir kısmı sadece verici (transmitter) işlevi görmektedir. (epirb cihazı gibi) Bazı deniz haberleşme cihazları da hem alıcı, hem de verici (tranciever) olarak çalışmaktadır. (VHF, MF, HF, Inmarsat gibi) Ayrıca bu cihazların bazıları ile ses, mail, veri, görüntü iletimi yapılabilirken, bazıları ile de bu işlevlerden sadece biri veya birkaçı gerçekleştirilebilmektedir.

Bu kitap bölümünde GMDSS kuralları gereği gemilerde tesisi zorunlu olan deniz haberleşme sistemleri hakkında detaylı bilgi verilmiş ve bunların haberleşme özellik ve kabiliyetleri detaylı olarak açıklanmıştır. Bu özellikler karadaki denizcilik kuruluşları tarafından da iyi bilindiği ve değerlendirildiği takdirde gemi - kara arasında günün 24 saati etkin ve en ucuz maliyet ile iletişim kurmak mümkün olabilecektir. Bu şekilde gemilerin en verimli ve cezai müeyyidelere uğramadan azami süre sefer yapabilecek çalışma olanağına kavuşulabilecektir.

Son yıllarda tüm sektörlerde faaliyet gösteren işletmelerde veri iletişimi giderek yaygınlaşmaktadır. Veri haberleşmesinin sağladığı iletişim kolaylığı, veri haberleşmesi maliyetinin düşüklüğü, her zaman kolaylıkla iletişim temin edilebilmesi, vb. nedenler ile bu haberleşme şekli günümüzde giderek gelişmektedir.

Yine GMDSS mevzuatı olarak gemilerde de düşük veya yüksek hızda veri iletişimi yapan cihazların da bulundurulması zorunludur. Bu cihazlar birbirlerinden farklı özellikte olmalarına rağmen, GMDSS mevzuatında gereken koşullara da sahiptirler. Bu nedenle söz konusu cihazların gemilere tesisi tercih edilirken, bunların imkan kabiliyetlerinin bilinmesi çok önemlidir. Aksi takdirde bu mevzuatta tercihe bırakılmış deniz haberleşme sistemlerinin yanlış seçimi halinde istenilen etkinlikte iletişim tercih edilemeyeceği gibi, sonradan bu ihtiyacı karşılamak için oldukça pahalı ve zorunlu olmayan cihazların da satın alınması gerekecektir. Aksi takdirde işletmeler açısından gereksiz ve ciddi mali külfetler ile karşılaşılması kaçınılmazdır.

Hazırlanan bu kitap bölümünde GMDSS mevzuatı gereği gemilerde tesisi zorunlu olan cihazların özellikleri ve haberleşme kabiliyetleri detaylı olarak anlatıldıktan sonra, bunlar içinde gemi - kara arasındaki istenilen haberleşme şekline göre hangilerinin kullanılacağı ve bunların iletişim maliyetleri ile ilgili deniz işletmeleri için gerekli olan bilgi verilmiştir.

KAYNAKÇA

- Acarer, T. (2014). *Amatör Denizcilik Kitabı*. İstanbul,: Boyut Yayınları,.
- Acarer, T. (2016). *Bilgi ve İletişim Sistemlerinde Eğilim*. İstanbul: Boyut Yayıncılık ve TİC. A.Ş.
- Acarer, T. (2017). *Bilgi ve İletişim Sistemlerinde Eğilim Kitabı*. İstanbul: Boyut Yayıncılık ve Tic. A.Ş.
- Acarer, T. (2021). *Developments In The It Sector And New Communication Opportunities For The Management Of Businesses*. Ankara: Gece Kitaplığı.
- Demir, C. (2009). *Maritime English*. Kocaeli: Akademi Denizcilik,.
- Ekinalan, T. A. (2020). *GMDSS El Kitabı*. İstanbul: Elif Kırtasiye.
- Ertunç, E. (2011). *3N Mobil Haberleşme Sistemlerinde Kapsama Alanı ve Hizmet Kalitesi Denetimlerine İlişkin Ölçüm ve Analiz Yöntemleri: Dünya Uygulamaları ve Türkiye Önerileri*. Ankara: Bilgi Teknolojileri ve İletişim Kurumu.
- Fulser, B. (2015). *Kombine Taşımacılık ve Türkiye Uygulamaları. Yüksek Lisans Tezi*. İstanbul, İstanbul, Türkiye: İstanbul Teknik Üniversitesi, FenBilimleri Enstitüsü.
- ITU. (2019). *Final Acts*. Geneva: ITU.
- Köğmen, Z. (2014). *Karayolu Taşımacılığının Diğer Taşımacılık Modlarıyla Karşılaştırılması ve Sağladığı Avantajlar. Ulaştırma ve Haberleşme Uzmanlığı Tezi*. Ankara.
- Özgül, T. (2015, S.47). *Bilişim Teknolojileri ile İşletme Stratejileri Arasındaki Uyumun Faktör Analizi Yöntemi ile Ölçülebilirliği. Yüksek Lisans Tezi*. Ankara: Ankara Üniversitesi, İşletme Bölümü.
- Türk Telekom A.Ş. (2018, Ağustos 03). *5 G Bilgi Notu*. Türk Telekom 5G Kitabı. [//www.turktelekom.com.tr](https://www.turktelekom.com.tr):
: <https://www.turktelekom.com.tr/hakkimizda/duyurular/Document s/tt-5g-final-version-03082018.pdf>, s.9. adresinden alındı
- Yakıncı, Z. D. (2016, Cilt 4 Sayı 2). *Elektromanyetik Alanın İnsan Sağlığı Üzerindeki Etkileri . T.C.İnönü Üniversitesi Sağlık Hizmetleri Meslek Yüksekokulu Dergisi*, s. 44.
- Yılmaz, E. (1990). *Konteyner ve Konteyner Taşımacılığı*. İstanbul: Deniz Ticareti.
- Yılmaz, L. A. (2014). *Küresel Denizde Tehlike ve Emniyet Sistemi (GMDSS), Genel Telsiz Operatör Ehliyeti (GOC)*. İstanbul: Akademi Yayınları.

Bölüm 10

Sağlıklı Yağlar; Deniz Makro Alglerinin Yağ Asitleri

Nurgül ŞEN ÖZDEMİR^{1*}

Fatma CAF²

¹ Bingöl Üniversitesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik, Bingöl, Türkiye,

* nsozdemir@bingol.edu.tr

² Bingöl Üniversitesi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik, Bingöl, Türkiye,

Giriş

Deniz Makroalgleri (deniz yosunları) uygun substratlara sahip kıyıya yakın kıyı sularında bol miktarda bulunan çok hücreli, makroskobik alglerdir (Murphy vd., 2013). Pigmentasyonlarına, morfolojilerine, anatomilerine ve biyokimyasal bileşimlerine göre (Fashad ve El-Chaghaby, 2020), makroalgler üç kategoriye ayrılır: kırmızı (Rhodophyta), kahverengi (Phaeophyta veya Ochrophyta) ve yeşil (Chlorophyta) (Abdelrheem vd., 2020). Makroalglerin her sınıfı, onlara belirli renklerini ve ayrıca ayırt edici grup adlarını veren belirli pigment türleri ile karakterize edilir (Filote vd., 2021). Küresel olarak, 4000'den fazla Rhodophyta türü, 1500 Phaeophyta türü ve 900 Chlorophyta türü kaydedilmiştir (Chowdhury vd., 2022). Hepsi, hücrelerinin iç kısmında enerji depoları olarak büyük moleküler zincirlere sahip nişasta ve diğer farklı polisakkaritleri biriktirirler. Yeşil algler ulvan üretir ve karoten ve ksantofil ve klorofil a ve b gibi pigmentleri içerir. Sıcak denizlerde en yaygın olan kırmızı algler klorofil a ve d ve karotenoidlere sahiptir ve lekelenmeleri, hücrelerinde bulunan fikoeritrin pigmentinden kaynaklanır. Kahverengi algler ikame olarak fukoksantin pigmentleri, klorofil a ve c ve karotenoidler, yağlar ve polisakkaritler (laminarin) içerirler (Barsanti ve Gualtieri, 2023; Vidotti ve Rollemberg, 2004).

Deniz makro algleri, sağlıklı bir diyetin parçalarını oluşturan vitaminler, iz mineraller, proteinler, lipidler, amino asitler ve lif içerirler (Khotimchenko vd., 2002; Agregán vd., 2017). Tüm bu özellikler, deniz makro alglerinin düşük kalorili bir gıda olarak kullanılabileceğini göstermektedir. Bu da, vücut ağırlığı kontrolünde ve kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve kanser gibi kronik hastalıklardan (Agregán vd., 2017; Rajapakse ve Kim, 2015; Brown vd., 2014; Cao vd., 2016) ve bakterial ve viral hastalıklardan korunma da önemlidir (Swamy, 2011; Suvega ve Arunkumar, 2019). Genel olarak, tüm algler düşük lipit konsantrasyonları içerir, ancak yağ içerikleri, besin değeri açısından yüksek kalitededir (Leandro vd., 2020; Michalak ve Chojnacka, 2009). Deniz yosunları geleneksel bir enerji kaynağı olmamasına rağmen (toplam lipit içerikleri düşüktür), karasal bitkilerle karşılaştırıldığında çoklu doymamış yağ asitleri içerikleri yüksektir (Darcy-Vrillon, 1993). Özellikle de, de, omega 3 ($\omega 3$) ve omega 6 ($\omega 6$) yağ asitleri (FA) bakımından da oldukça zengindirler (Van Ginneken vd., 2011). Halihazırda, önemli omega yağ asitleri kaynakları olan, yenilebilir balık ve deniz ürünlerinin % 29'u, % 90 oranında azalmış olup, bu da balıkçılığın ve tuzlu su balıklarının 2048 yılına kadar yok olacağını göstermektedir (Worm vd., 2009). Bu nedenle $\omega 3$ ve $\omega 6$ yağ asitleri kaynaklarına sahip balıklar tükenirse yerine başka sağlıklı lipit kaynakları bulunmalıdır (van Ginneken vd., 2011). Bu anlamda, bol miktarlarda bulunan deniz alglerinin

alternatif lipid ve yağ asiti kaynakları olarak her geçen gün geniş bir kullanım alanı bulacağı düşünülmektedir.

Yağ asitleri ve lipidler, membran bileşikleri, depolama ürünleri, metabolitler ve bir enerji kaynağı olarak işlev gördükleri tüm alg hücrelerinin bileşenleridir (Chen ve Chung, 2002). Lipitler, alg kuru maddesinin sadece %1-5'ini temsil eder ve ilginç bir PUFA bileşimi sergilerler. Alg FA'ları özellikle tip 2 diyabet, ateroskleroz, koroner kalp hastalığı, aritmiler ve kanser için profilaktik takviye görevi görerek fayda sağlarlar (Doughman vd., 2007).

Çok hücreli, makroskobik, ökaryotik ve ototrofik organizmalar olan deniz makroalglerine yer verilen bu bölümde, Chlorophyta, Rhodophyta ve Ochrophyta-Phaeophyceae türlerinin yağ asiti içeriğinin insan beslenmesi ve ekolojik açıdan önemini ortaya koymak amaçlanmıştır. Ayrıca, fonksiyonel gıdaların, diyet takviyelerinin yanı sıra, özellikle ω 3 yağ asitleri ile ilgili olarak deniz alglerinin uygun kullanım alanlarını belirlemek de amaçlanmıştır.

Kırmızı Alglerin (Rhodophyta) Yağ Asiti İçeriği

Yunanca rhodo (pembe) ve phyta (bitki) terimlerinden türetilen bir isim olan Rhodophyta, kırmızı algler denizlerde bol miktarlarda bulunmaktadır (Usov, 1992). Kırmızı renkleri, karotenoidler ve fikobiliproteinleri içeren pigmentlerine atfedilmiştir. Ayrıca fotosentetikler, özel bir polisakkarit bileşimine sahip, nişasta granüllerini plastidlerinin dışında biriktiren fotosentetik ökaryotlardır. Kırmızı alglerden (florid nişastasası) elde edilen nişasta granülleri, daha yüksek bitki nişastasası granülleri ile yapısal benzerlikler gösterir, ancak amiloz içermez (Viola vd., 2001). Kırmızı algler soğuk ve ılıman bölgelerde gelgit arası ve alt gelgit alanlarında bulunurlar. Kırmızı alglerin çoğu kahverengi ve yeşil alglerden daha derinlerde bulunurlar. Doğrudan veya insan tüketimi için bir bileşen olarak ve karagenanların çıkarılması için kullanıldığı için ekonomik öneme de sahiptirler (Barrientos ve Otaíza, 2014; Kasimala vd., 2015). Özellikle de araşidonik asit (ARA; 20:4w6) ve eikosapentaenoik asit (EPA; 20:5w3) gibi çoklu doymamış uzun zincirli yağ asitlerinin (LC-PUFA) üretimi için muazzam bir ekonomik potansiyele sahiptirler (Sánchez-Machado vd., 2004; Cian vd., 2014). Bununla birlikte, iklimdeki değişiklikler, özellikle düşük sıcaklıklar, bu algleri fizyolojik olarak etkileyerek fazlaca PUFA'ların birikmesine neden olurlar (Santos vd., 2017).

Kırmızı alglerin yağ asitleri üzerine yapılan çalışmalarda oldukça farklı sonuçlar elde edildiği görülmektedir. Genellikle kırmızı alglerde miristik ve palmitik asitlerin konsantrasyonları yüksektir. *Gracilaria crassa* (% 52.9) ve *Gracilaria edulis* (% 65.0) gibi *Gracilaria* cinsi bazı kırmızı alg türleri çok yüksek konsantrasyonda palmitik asit (16:0) içerir. Bazı kırmızı algler % 30'dan daha

yüksek tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) konsantrasyonuna sahiptirler (örn. *G. lemaneiformis* B. ve *Ceramium diaphanum*), ancak çoğunun konsantrasyonu yalnızca % 10- % 20 arasındadır (Gamero-Vega vd., 2020). İncelenen kırmızı alglerin çoğunun C20 PUFA, özellikle de ARA ve/veya EPA açısından zengin olduğu belirtilmiştir (Khotimchenko ve Vaskovsky, 1990; Khotimchenko vd., 1991; Bermejo vd., 2020; Honda vd., 2016).

Miralles vd. (1990), kırmızı deniz alglerinin önemli sıklık yağ asitleri içerdiğini bildirmişlerdir. Ancak ARA ve EPA'nın bulunmadığını belirtmişlerdir. Yağ asiti bileşimi üzerine daha ileri çalışmalar, sıklık yağ asitlerinin (CFA) ve w5 monoenoik asitlerin (MA) (Yong vd., 2015; Matanjun vd., 2010) olmadığını ve polienoik yağ asitlerinin, CFA ve w5'in bulunmadığını veya çok az miktarda olduğunu ortaya çıkarmıştır (Rajasulochana vd., 2009; Muralidhar vd., 2010; Schmid vd., 2013) Kırmızı alg türü olan, *Kappaphycus alvarezii*'de baskın tipik yağ asitleri sırasıyla 16:0 (toplam yağ asitlerinin % 35.1'i), ARA (%6.6) ve EPA (% 4.8) olduğu belirlenmiştir. (Khotimchenko ve Vaskovsky, 1990; Khotimchenko vd., 1991; Honda ve Ishimaru, 2016; Bermejo vd., 2020).

Çalışmalarda analiz edilen tüm kırmızı alglerde oleik asit (18:1w9) varlığı bildirilmiştir. Ancak oleik asit miktarında büyük ölçüde değişimler görülmektedir. Örneğin, *Gracilaria* cinsi kırmızı alglerde yüksek konsantrasyonlarda bulunurken, en düşük değer Hindistan'dan *Gelidiella acerosa*'da % 0.09 (Gressler vd., 2010) ve en yüksek değer de Çin'den *Gracilariopsis lemaneiformis* B., 'da % 31.1 olarak bulunmuştur (Rodrigues vd., 2015). Kırmızı algler esansiyel yağ asitlerinde % 22 (linolenik asit) ve % 11 (linoleik asit) gibi maksimum değerlere sahiptirler. Kırmızı alglerdeki ARA içeriği ise ortalama % 8.6 olarak bildirilmesine rağmen, farklı kırmızı alg türleri arasında oldukça büyük farklılıklar görülmektedir (Gamero-Vega vd., 2020). *G. verrucosa* ve *G. vermiculophylla* gibi *Gracilaria* cinslerine ait kırmızı algler tipik olarak yüksek miktarda ARA içerir (toplam yağ asiti içeriğinin > %40'ı) (Khotimchenko vd., 1991; Honda vd., 2016).

Schmid vd. (2013) İrlanda'nın Batı Sahili'nden toplanan beş kırmızı alg türünün yağ asitleri profilini Haziran ve Kasım dönemlerinde araştırmışlardır. Çalışmada SFA oranları % 38.0 (*Porphyra dioica*) ile %60.7 (*Ceramium virgatum*) arasında değişmektedir. Bu türlerde en yüksek miktarlarda bulunan SFA, 16:0 iken en düşük miktarlarda bulunan SFA ise miristik asit (14:0) olarak bildirilmiştir. 16:0 değeri *P. dioica*'da % 29.9'a ve *C. virgatum*'da % 46.0'a ulaşmıştır. 14:0 çok daha düşük seviyelerde mevcutken, *Palmaria palmata*'da % 9.0 a kadar düşmüştür. MUFA oranları ise, % 7.8 (*P. palmata*) ile % 17.6 (*Chondrus crispus*) arasında değişmekteydi. En yüksek oranlarda bulunan MUFA, 18:1w9'du ve % 14.6 ile en yüksek seviyede *Carduus crispus*'ta ve % 2.3 ile de

en düşük seviyede *Palmaria palmata*'da bulunduğunu rapor etmişlerdir. 16:1ω7'nin en yüksek seviyelerini *C. virgatum*'un (% 6.2) ve 18:1ω7'nin ise % 2.2 ile *Gracilaria gracilis* ve *C. virgatum* un içerdiği bildirilmiştir. En yüksek PUFA oranı % 49.8 ile *P. palmata*'da tespit edilmiştir. Diğer türlerde de yaklaşık % 40'lık benzer seviyelerde olduğu tespit edilmiştir. Sadece *C. virgatum* % 23.1'lik daha düşük bir PUFA içeriğine sahipti. Gözlenen iki ana PUFA diğer çalışmalarda olduğu gibi ARA ve EPA idi. *C. crispus*, *P. dioica* ve *G. gracilis*'teki en yüksek değere sahip PUFA, ARA' idi ve değerleri de türler arasında değişiyordu. ARA, *C. crispus*, *P. dioica* ve *G. gracilis* te, sırasıyla % 13.7 ile % 30.8 arasında değişen değerlere sahipti. Buna karşın, *P. palmata* ve *C. virgatum*'da yalnızca %1.4 - % 3.7 arasındaki seviyelerdeydi. EPA seviyelerinin de türler arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiğini rapor etmişlerdir. EPA değerleri %2.6'dan (*G. gracilis*) *P. palmata*'da gözlemlenen en yüksek yüzdelere (% 41.2) kadar değişmekteydi. Kırmızı alglerde tespit edilen diğer PUFA'lar 18:2ω6, 18:3ω3, 18:4ω3, 20:2 ω6 ve 20:3ω6 olduğu, ancak bunların tümünün çoğu örnekte düşük oranlarda olduğuna dikkat çekilmiştir.

Kahverengi Alglerin (Ochrophyta-Phaeophyceae) Yağ Asiti İçeriği

Kahverengi alglerin rengi, ksantofil ve fukoksantin pigmentlerinden kaynaklanır; bunlar klorofilleri ve diğer ksantofilleri maskeleyen aksesuar pigmentlerdir (Kılınç et al., 2013). Bir polisakkarit türü olan laminarin kahverengi deniz yosunlarından yaygın olarak elde edilir (O'Doherty ve ark. , 2010). Laminarin, antibakteriyel ve antiviral aktiviteye sahiptir ve ayrıca prebiyotik görevi görür. (Li ve Kim, 2011). Ayrıca, aljinatlar, yalnızca deniz yosunlarında, özellikle kahverengi deniz yosunlarında bulunan ve karasal bitkilerde bulunmayan benzersiz bir polisakarit türüdür (Kumar vd., 2008).

Phaeophyceae türlerinde yapılan çalışmalarda çoğunlukla temel SFA nın palmitik asit (16:0) olduğu bulunmuştur (Khotimchenko vd., 2002; Pereira vd., 2012; Rodrigues vd., 2015). Doymamış yağ asitlerinden ise tekli doymamış yağ asitleri (MUFA) konsantrasyonları %18 ila % 29.6 arasında değişmekteydi; burada 18:1ω9, *Fucus vesiculosus*'ta maksimum % 23.34 olmak üzere tüm türlerde ana MUFA olduğu vurgulanmıştır. (Fleurence vd., 1994; Silva vd., 2013; Vizetto-Duarte vd., 2015). 18:1ω9 *Macrocystis integrifolia* gibi bazı kahverengi deniz alglerinde toplam FA'nın % 40'ından fazlasını içeren yüksek bir içerik sergileyebilir (Khotimchenko vd., 2002).

Kahverengi deniz yosunları, EPA ve DHA gibi büyük miktarlarda C-PUFA üretirler (Stefanov vd., 1988). Yapılan çalışmalarda kahverengi alglerde en karakteristik PUFA'nın, ARA ve LA (18:2ω6) asit olduğu görülmektedir

(McCauley vd., 2014; Najdek vd., 2014). Belattmania vd. (2018) Fas'ın Atlantik kıyılarında sekiz kahverengi alg türü üzerinde yaptıkları çalışmada ARA içeriğinin, toplam FA'nın % 12.28- 24.25'i arasında değişirken, LA içeriğinin, % 4.64-10.68 arasında değiştiğini rapor etmişlerdir. Kahverengi deniz yosunu *Cystoseira humilis* (Ochrophyta, Phaeophyceae), PUFA'lardan LA ve ARA bol miktarda içeren Atlantik kıyılarında incelenen diğer kahverengi deniz yosunlarına kıyasla yaklaşık % 48 oranında yüksek bir yağ asiti içeriğine sahip olduğu Belattmania vd., (2018) tarafından rapor edilmiştir. *Cystoseira humilis*'in (Ochrophyta, Phaeophyceae) yağ asitleri, antioksidan ve antibakteriyel aktivite göstermektedir (Belattmania vd., 2016). Bu değerler çalışılan türler için o zamana kadar rapor edilenlere kıyasla daha yüksek ARA içeriğini göstermiştir. Örneğin, *C. tamariscifolia*'daki ARA yaklaşık % 24.06 iken, bu FA'nın seviyeleri Portekiz ve Batı İrlanda'da toplanan aynı türdeki toplam FA'nın % 15.4'ünü geçmemiştir (Schmid vd., 2013; Vizetto-Duarte vd., 2015). EPA, *C. humilis*'te toplam FA'nın % 11.79'u değerine ulaşmıştır. Bu FA, çok sayıda fizyolojik ve biyokimyasal sürece aracılık eden eikosanoidlerin ve prostanooidlerin kritik metabolik öncüllerinden biri olarak kabul edilir (Miyashita vd., 2012). *Sargassum muticum*, test edilen tüm türler arasında toplam FA'nın % 1.54'ü oranında eikosenoik asit (20:1) içeren tek türdü. Bu FA, palmitik asitten (16:0) nervonik aside (24:1) insanların metabolik yolundaki bir ara maddedir. İkincisi, serebrositlerin, sinir zarlarının karakteristik bileşenlerinin ve beynin "beyaz maddesinin" üretiminde önemlidir (Johnston vd., 2002; Carvalho vd., 2006).

Diğer deniz alglerinde olduğu gibi kahverengi alglerin de yağ asiti bileşimi birçok faktöre bağlı olarak değişiklik gösterebilir. FA profilleri türler arasında oldukça değişkendir ve ışık yoğunluğu, tuzluluk, mevsim ve su sıcaklığı gibi çevresel koşullardan güçlü bir şekilde etkilenirler (Stengel vd., 2011) ve bu tür faktörler arasındaki etkileşimler de PUFA içeriklerindeki değişikliklere katkıda bulunabilir (Floreto vd., 1993; Floreto ve Teshima, 1998). Gosch vd. (2015) Magnetic Adası'ndan (Queensland, Avustralya) bir yıl boyunca aylık aralıklarla örneklenen tropikal kahverengi deniz yosunu *Spatoglossum macrodontum*'daki toplam FA'ndeki mevsimsel ve bitki içi değişimi ve biyokütle artışı araştırılmışlardır. Bu habitatta, *S. macrodontum* yıllık bir türdür ve büyüme periyodu Haziran'dan Eylül'e kadardır ve burada ortalama yaş biyokütle ağırlığı 8-136 gr arasında değişmiştir. Toplam FA içeriği ve FA bileşimi, bireysel bitki boyutuyla doğrudan ilişkili olmasa da, toplam FA içeriğinde Temmuz ayında zirve yapan açık mevsimsel farklılıklar bulmuşlardır. Büyüme başlangıçta yüksektir (% 39); büyümenin sonraki aşamaları ile eş zamanlı olarak azalır ve büyüme dönemi sonunda % 31'e kadar ulaşır en yüksek toplam yağ asiti içeriği Temmuz ayında (büyümenin başlangıcı) kuru ağırlıkta yaklaşık 83 mg/g olarak

bulunurken, Ağustos'ta (ilk büyüme aşaması) % 30 a düştüğü ve Kasım'da (biyokütle zirve aşaması veya büyümenin sonu) en düşük seviyeye (55-66 mg/g) düştüğünü tespit etmişlerdir. Deniz yosunu *Gracilaria gracilis*'te (Rhodophyta), yağ asitlerinin miktarı da mevsime göre değişir; örneğin ω -6/ ω -3 oranı Nisan ayında en düşük iken Ocak ayında 10 kattan fazla artmaktadır (Francavilla vd., 2013).

Yeşil Alglerin (Chlorophyta- Chlorophyceae) Yağ Asiti İçeriği

Yeşil deniz algleri (Chlorophyta), mikroskobik tek hücrelilerden makroskopik çok hücreli alglere kadar çeşitlilik gösterir ve morfolojik olarak da çeşitlilik gösterirler. Makro algler arasında da en uzun olanlardır. Klorofiller, nişastanın yanı sıra klorofil a ve b içeren plastidler taşırlar (Lewis ve McCourt, 2004) ve bu nedenle fotosentetik ökaryotlar olarak bilinirler (Katara vd., 2023). Karotenoidler de mevcuttur ancak nispeten daha azdır. Geleneksel olarak yeşil algler 4 morfolojik tür kavramına göre sıra veya sınıflara göre sınıflandırılır (Pröschold ve Leliaert, 2007). Chlorophyta, tropikal mercan resiflerinde ve lagünlerde yüksek çeşitliliğe sahiptir ve doğal olarak bol miktarda bulunur ve ayrıca ilgili deniz otu habitatlarıyla karışmış halde bulunur. Genellikle, güçlü güneş ışığı alan kıyı bölgelerinde bulunurlar. Belirli bir habitattaki mevcudiyetleri, ışığın kalitesine ve miktarına, uygun substrata, besinlerin mevcudiyetine, tür içi ve türler arası rekabet vb. bağlıdır (Chaudhury vd., 2018). *Ulva*, *Caulerpa* ve *Enteromorpha* gibi yeşil algler salata olarak ve çorbalarda kullanıldığı gibi balıklar, kabuklular ve gastropodlar için de önemli bir besin kaynağı olarak kullanılabilirler. Besin rezervleri nişasta ve fruktozanlardır. Çeşitli cinslerden özellikle *Caulerpa*, *Chaetomorpha* ve *Ulva* gibi yeşil alglerden diterpenler, seskiterpenler, triterpenler ve seramidler gibi biyoaktif bileşikler izole edilmiştir (Manisseri vd., 2012).

Yeşil alglerin de diğer makro deniz alglerind eolduüü gibi genel olarak toplam lipid içerikleri düşük olmasına rağmen, lipid kaliteleri oldukça iyi seviyededir. Bir deniz yeşil algi olan *Ulva reticulata* doymuş yağ asitleri toplam yağ asitleri içinde diğer yağ asitleri gruplarına (%70.01) hakim olduğu ve 16:0 ve 14:0'ın sırasıyla %50.76 ve %11.77 lik bir oranda SFA ya katkısı olduğu bulunmuştur (Shanmugam ve Palpandi, 2008). Yeşil deniz algleri üzerinde yapılan çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. En yüksek nispi palmitik asit yüzdesi (% 85.35) *Gellidium micropterum*'da kaydedilmiştir (Venkatesalu vd., 2004). En bol bulunan yağ asiti 16:0'di (*Porphyra* türlerinde tüm yağ asitlerinin % 63.19'unu oluşturuyordu) (Sanchez-Machado vd., 2004). 16:0, *Ergrezia menziesii*, *Chondracanthus canaliculatus* ve *Ulva lobata*'da ortak olan majör bir yağ asiti olarak bildirilmiştir (Nelson vd., 2002). En yüksek nispi miristik asit

yüzdesi (7.86) *Acanthophora spicifera*'da ve en yüksek pantedekanoik asit yüzdesi (1.29) *Padina tetrastromatica*'da kaydedilmiştir (Venkatesalu vd., 2004).

MUFA yeşil deniz alglerinde genel olarak ikinci sırada en bol bulunan yağ asitleri grubu olarak bildirilmektedir (Dawczynski, 2006;). Shanmugam ve Palpandi (2008) *Ulva reticulata*'da MUFA oranını ikinci sırada tüm yağ asiti grupları içinde % 12.07 olarak ve en önemli MUFA olarak da % 6.77 ile 18:1 ω 7'yi bildirmişlerdir. PUFA ise, üçüncü sırada en bol bulunan yağ asiti grubuydu. 18:2 ω 6 *Ulva reticulata* önemli bir oranda % 7.96 olarak bildirilmiştir (Shanmugam ve Palpandi, 2008).

Yeşil algler içinde *Codium* cinsi dikkat çekmektedir. Çünkü bu deniz algleri bazı dallanmış yağ asitlerinin alışılmadık yapılarını içermektedir ve nadir bulunan yağ asitlerine sahiptirler (dionic asit gibi) (Aliya ve Shameel, 1993; Dembitsky vd., 2003). Dembitsky vd. (1991) tarafından yeşil alg türleri, toplam yağ asitlerinin % 4.9 ila % 23.1'i arasında değişen 16:4 yağ asitini içermesi bakımından sıra dışı olarak nitelendirilmiştir 16:0, 18:1 ve 18:3 asitlerinin de yeşil alglerde yüksek miktarlarda bulunduğunu bildirmişlerdir.

Cardoso vd. (2017) kültür balıkçılığı sistemlerinde yetiştirdikleri beş yeşil deniz alg türü (*Chaetomorpha linum*, *Rhizoclonium riparium*, *Ulva intestinalis*, *Ulva lactuca*, ve *Ulva prolifera*) üzerinde yaptıkları çalışmada lipid sınıflarının FA profiline incelemişlerdir. *U. lactuca* ve *U. intestinalis* arasında yalnızca küçük farklılıklar vardı. Bununla birlikte, her deniz alginin fosfolipid (PL) ve glikolipid (GL) sınıflarındaki 16:0 içeriği arasında önemli farklılıklar belirlenmiştir. Cladophorales takımına ait *R. riparium* ve *C. linum*'un FA profilleri ile Ulvales takımından *Ulva* cinsinin FA profilleri arasında da net bir ayırım belirlenmiştir. Bunun yanında, EPA ve dokosaheksaenoik asit (22:6 ω 3, DHA) düzeylerinin incelenen deniz alglerinde düşük olduğunu, toplam FA'ların %3-4'ünü geçmediği görülmüştür. *R. riparium* ve *C. linum*'da en bol bulunan ω 3 PUFA, α -linolenik asitti (ALA, 18:3 ω 3). Diğer üç türde, C16 ω 3 FA'lar en bol bulunan ω 3 PUFA idi. *U. prolifera*, % 22.0 gibi yüksek bir 18:2 ω 6 içeriği sergilemiştir. Dolayısıyla bu aynı cinsin diğer türlerinden farklıydı. *C. linum* 18:1 yağ asitinde yüksek bir konsantrasyona sahipken, *U. lactuca* ve *U. intestinalis*'te bu yağ asiti daha az miktardaydı. Miristik (14:0) ve palmitik (16:0) asitler ana SFA'yı oluşturuyordu. Stearik asit (18:0) analiz edilen profillerde çok düşük seviyelerdeydi. *C. linum*'un yüksek miktarda SFA'ya sahip olmasına rağmen, miristik asit içeriği en düşük seviyedeydi. Öte yandan, palmitik asit seviyesi, incelenen tüm türler arasında en yüksek olan türdü.

SONUÇ

Araştırmalar, kahverengi ve kırmızı deniz alglerinin çoklu doymamış yağ asitlerinin ana bileşenleri olarak ARA ve EPA içerdiğinin yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Buna karşılık deniz yeşil alglerinin PUFA'ları düşük miktarlarda, SFA yı ise yüksek miktarlarda içerdiğini, özellikle de 16:0 yağ asitini bolca bulundurdukları görülmektedir. Ancak, yeşil alglerin diğer makro alg gruplarında nadir bulunan esansiyel özellikteki bazı yağ asitlerini (örneğin C16:4, C18:3 gibi) içermeleri, onları insan beslenmesi açısından değerli kılmaktadır. Ayrıca, doymuş hayvansal yağın PUFA açısından zengin doymamış yağlarla değiştirilmesinin istenmesi konusunda genel bir yaklaşım vardır. Bu da yüksek (ω 3) PUFA içeriğine sahip olan makro deniz alglerinin önemli biyolojik etkiler göstererek doğrudan ya da besin zinciri aracılığıyla kaliteli ve sağlıklı yağların insan beslenmesinde kullanılacak önemli sürdürülebilir kaynaklar olarak değerlendirilmesinin önemini göstermektedir.

Kaynaklar

- Abdelrheem, D. A., Rahman, A.A., Elsayed, K.N.M, & Ahmed, S. A. (2020). GC/MS spectroscopic approach, antimicrobial activity and cytotoxicity of some marine macroalgae from Qusier and Marsa Alam Seashore (Red Sea), Egypt. *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, 24(3), 125-144. <https://doi.org/10.21608/EJABF.2020.88670>.
- Agregán, R., Munekata, P. E., Domínguez, R., Carballo, J., Franco, D., & Lorenzo, J. M. (2017). Proximate composition, phenolic content and in vitro antioxidant activity of aqueous extracts of the seaweeds *Ascophyllum nodosum*, *Bifurcaria bifurcata* and *Fucus vesiculosus*. Effect of addition of the extracts on the oxidative stability of canola oil under accelerated storage conditions. *Food Research International*, 99, 986-994. <https://doi.org/10.1016/j.foodres.2016.11.009>.
- Aliya, R., & Shameel, M. (1993). Phycochemical examination of three species of Codium (Bryopsidophyceae). <https://doi.org/10.1515/botm.1993.36.5.371>.
- Belattmania, Z., Engelen, A. H., Pereira, H., Serrão, E. A., Barakate, M., Elatouani, S., ... & Sabour, B. (2016). Potential uses of the brown seaweed *Cystoseira humilis* biomass: 2-Fatty acid composition, antioxidant and antibacterial activities. *J. Mater. Environ. Sci*, 7(6), 2074-2081.
- Belattmania, Z., Engelen, A. H., Pereira, H., Serrão, E. A., Custódio, L., Varela, J. C., ... & Sabour, B. (2018). Fatty acid composition and nutraceutical perspectives of brown seaweeds from the Atlantic coast of Morocco. *International Food Research Journal*, 25(4), 1520-1527.
- Bermejo, R., Macías, M., Sánchez-García, F., Love, R., Varela-Álvarez, E., & Hernández, I. (2020). Influence of irradiance, dissolved nutrients and salinity on the colour and nutritional characteristics of *Gracilariopsis longissima* (Rhodophyta). *Algal Research*, 52, 102121. <https://doi.org/10.1016/j.algal.2020.102121>.
- Brown, E. M., Allsopp, P. J., Magee, P. J., Gill, C. I., Nitecki, S., Strain, C. R., & McSorley, E. M. (2014). Seaweed and human health. *Nutrition reviews*, 72(3), 205-216. <https://doi.org/10.1111/nure.12091>.
- Barrientos, E., & Otaíza, R. D. (2014). Juveniles generados a partir de esporas no asentadas de *Chondracanthus chamissoi* (Rhodophyta, Gigartinales) presentan capacidad de adhesión al sustrato. *Revista de biología marina y oceanografía*, 49(1), 135-140. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-19572014000100015>.

- Cao, J., Wang, J., Wang, S., & Xu, X. (2016). Porphyra species: a mini-review of its pharmacological and nutritional properties. *Journal of medicinal food*, 19(2), 111-119. <https://doi.org/10.1089/jmf.2015.3426>.
- Cardoso, C., Ripol, A., Afonso, C., Freire, M., Varela, J., Quental-Ferreira, H., ... & Bandarra, N. (2017). Fatty acid profiles of the main lipid classes of green seaweeds from fish pond aquaculture. *Food science & nutrition*, 5(6), 1186-1194. <https://doi.org/10.1002/fsn3.511>.
- Carvalho, I. S. D., Miranda, I., & Pereira, H. (2006). Evaluation of oil composition of some crops suitable for human nutrition. *Industrial Crops and Products*, 24(1), 75-78. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2006.03.005>.
- Cian, R. E., Fajardo, M. A., Alaiz, M., Vioque, J., González, R. J., & Drago, S. R. (2014). Chemical composition, nutritional and antioxidant properties of the red edible seaweed *Porphyra columbina*. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*, 65(3), 299-305. <https://doi.org/10.3109/09637486.2013.854746>.
- Chaudhury, N. R., Sanghvi, D., & Jain, B. (2018). Macroalgae Species as Zonal Indicators of Coral Reef: A Case Study from Bet Shankhodhar Reef, India. In *Wetlands Management-Assessing Risk and Sustainable Solutions*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.81640>.
- Chen, S. H., & Chuang, Y. J. (2002). Analysis of fatty acids by column liquid chromatography. *Analytica Chimica Acta*, 465(1-2), 145-155.
- Chowdhury, M. S. N., Hossain, M. S., AftabUddin, S., Alamgir, M., & Sharifuzzaman, S. M. (2022). Seaweed aquaculture in Bangladesh: Present status, challenges and future prospects. *Ocean & Coastal Management*, 228, 106309. <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2022.106309>.
- Darcy-Vrillon, B. (1993). Nutritional aspects of the developing use of marine macroalgae for the human food industry. *Int. J. Food Sci. Nutr.*, 44, S23-35.
- Dawczynski, C., Schubert, R., & Jahreis, G. (2007). Amino acids, fatty acids, and dietary fibre in edible seaweed products. *Food chemistry*, 103(3), 891-899. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2006.09.041>.
- Dembitsky, V. M., Pechenkina-Shubina, E. E., & Rozentsvet, O. A. (1991). Glycolipids and fatty acids of some seaweeds and marine grasses from the Black Sea. *Phytochemistry*, 30(7), 2279-2283. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(91\)83630-4](https://doi.org/10.1016/0031-9422(91)83630-4).
- Dembitsky, V. M., Řezanková, H., Řezanka, T., & Hanuš, L. O. (2003). Variability of the fatty acids of the marine green algae belonging to the

- genus *Codium*. *Biochemical Systematics and Ecology*, 31(10), 1125-1145. [https://doi.org/10.1016/S0305-1978\(03\)00043-7](https://doi.org/10.1016/S0305-1978(03)00043-7).
- Doughman, S. D., Krupanidhi, S., & Sanjeevi, C. B. (2007). Omega-3 fatty acids for nutrition and medicine: considering microalgae oil as a vegetarian source of EPA and DHA. *Current diabetes reviews*, 3(3), 198-203. <https://doi.org/10.2174/157339907781368968>.
- Filote, C., Santos, S. C., Popa, V. I., Botelho, C. M., & Volf, I. (2021). Biorefinery of marine macroalgae into high-tech bioproducts: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19, 969-1000. <https://doi.org/10.1007/s10311-020-01124-4>.
- Fleurence, J., Gutbier, G., Mabeau, S., & Leray, C. (1994). Fatty acids from 11 marine macroalgae of the French Brittany coast. *Journal of Applied Phycology*, 6, 527-532.
- Floreto, E. A. T., Hirata, H., Ando, S., & Yamasaki, S. (1993). Effects of temperature, light intensity, salinity and source of nitrogen on the growth, total lipid and fatty acid composition of *Ulva pertusa* Kjellman (Chlorophyta). *Botanica Marina*, 36, 149-158. <https://doi.org/10.1515/botm.1993.36.2.149>.
- Floreto, E. A. T., & Teshima, S. (1998). The fatty acid composition of seaweeds exposed to different levels of light intensity and salinity. <https://doi.org/10.1515/botm.1998.41.1-6.467>.
- Francavilla, M., Franchi, M., Monteleone, M., & Caroppo, C. (2013). The red seaweed *Gracilaria gracilis* as a multi products source. *Marine Drugs*, 11(10), 3754-3776. <https://doi.org/10.3390/md11103754>.
- Gamero-Vega, G., Palacios-Palacios, M., & Quitral, V. (2020). Nutritional composition and bioactive compounds of red seaweed: A mini-review. *J. Food Nutr. Res*, 8(8), 431-440. <https://doi.org/10.12691/jfnr-8-8-7>.
- Gosch, B. J., Paul, N. A., de Nys, R., & Magnusson, M. (2015). Seasonal and within-plant variation in fatty acid content and composition in the brown seaweed *Spatoglossum macrodontum* (Dictyotales, Phaeophyceae). *Journal of Applied Phycology*, 27, 387-398. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0308-4>.
- Johnston, A. M., Tanaka, D. L., Miller, P. R., Brandt, S. A., Nielsen, D. C., Lafond, G. P., & Riveland, N. R. (2002). Oilseed crops for semiarid cropping systems in the northern Great Plains. *Agronomy Journal*, 94(2), 231-240. <https://doi.org/10.2134/agronj2002.2310>.
- Khotimchenko, S. V., Vaskovsky, V. E., & Przhemenetskaya, V. F. (1991). Distribution of eicosapentaenoic and arachidonic acids in different species

- of *Gracilaria*. *Phytochemistry*, 30(1), 207-209. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(91\)84126-D](https://doi.org/10.1016/0031-9422(91)84126-D).
- Honda, M., Ishimaru, T., & Itabashi, Y. (2016). Lipid classes, fatty acid composition, and glycerolipid molecular species of the red alga *Gracilaria vermiculophylla*, a prostaglandin-producing seaweed. *Journal of Oleo Science*, 65(9), 723-732. <https://doi.org/10.5650/jos.ess16026>.
- Yong, Y. S., Yong, W. T. L., Ng, S. E., Anton, A., & Yassir, S. (2015). Chemical composition of farmed and micropropagated *Kappaphycus alvarezii* (Rhodophyta, Gigartinales), a commercially important seaweed in Malaysia. *Journal of Applied Phycology*, 27, 1271-1275., <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0398-z>.
- Matanjun, P., Mohamed, S., Muhammad, K., & Mustapha, N. M. (2010). Comparison of cardiovascular protective effects of tropical seaweeds, *Kappaphycus alvarezii*, *Caulerpa lentillifera*, and *Sargassum polycystum*, on high-cholesterol/high-fat diet in rats. *Journal of medicinal food*, 13(4), 792-800. <https://doi.org/10.1089/jmf.2008.1212>.
- Khotimchenko, S. V., & Vaskovsky, V. E. (1990). Distribution of C20 polyenoic fatty acids in red macrophytic algae. <https://doi.org/10.1515/botm.1990.33.6.525>.
- Usov, A. I. (1992). Sulfated polysaccharides of the red seaweeds. *Food Hydrocolloids*, 6(1), 9-23. [https://doi.org/10.1016/S0268-005X\(09\)80055-6](https://doi.org/10.1016/S0268-005X(09)80055-6).
- Kasimala, M. B., Mebrahtu, L., Magoha, P. P., & Asgedom, G. (2015). A review on biochemical composition and nutritional aspects of seaweeds. *Caribbean Journal of Sciences and Technology (CJST)*, 3(1), 789-797.
- Katara, S., Bhatt, A., Jatav, S., Kumar, A., Tandel, B., & Kurmi, R. K. (2023). Chlorophyceae seaweed diversity along Sikka Coast, Gulf of Kachcha, Gujarat.
- Kumar, C. S., Ganesan, P., Suresh, P. V., & Bhaskar, N. (2008). Seaweeds as a source of nutritionally beneficial compounds-a review. *Journal of Food Science and Technology*, 45(1), 1.
- Khotimchenko, S. V., Vaskovsky, V. E., & Titlyanova, T. V. (2002). Fatty acids of marine algae from the Pacific coast of North California. <https://doi.org/10.1515/BOT.2002.003>.
- Khotimchenko, S. V., Vaskovsky, V. E., & Przhemenetskaya, V. F. (1991). Distribution of eicosapentaenoic and arachidonic acids in different species of *Gracilaria*. *Phytochemistry*, 30(1), 207-209. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(91\)84126-D](https://doi.org/10.1016/0031-9422(91)84126-D).

- Leandro, A., Pacheco, D., Cotas, J., Marques, J. C., Pereira, L., & Gonçalves, A. M. (2020). Seaweed's bioactive candidate compounds to food industry and global food security. *Life*, *10*(8), 140. <https://doi.org/10.3390/life10080140>.
- Lewis, L. A., & McCourt, R. M. (2004). Green algae and the origin of land plants. *American journal of botany*, *91*(10), 1535-1556. <https://doi.org/10.3732/ajb.91.10.1535>.
- Michalak, I., & Chojnacka, K. (2015). Algae as production systems of bioactive compounds. *Engineering in Life Sciences*, *15*(2), 160-176. <https://doi.org/10.1002/elsc.201400191>.
- Miralles, J., Aknin, M., Micouin, L., Gaydou, E. M., & Kornprobst, J. M. (1990). Cyclopentyl and ω -5 monounsaturated fatty acids from red algae of the Solieriaceae. *Phytochemistry*, *29*(7), 2161-2163. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(90\)83029-Z](https://doi.org/10.1016/0031-9422(90)83029-Z).
- Muralidhar, A. P., Karthireddy, S., Chandra, P., Kalidas, C., & Naik, R. P. (2010). Comparative studies on fatty acid composition of three marine macroalgae collected from Mandapam region: south east coast of India. *World Applied Sciences Journal*, *11*(8), 958-965.
- Murphy, F., Devlin, G., Deverell, R., & McDonnell, K. (2013). Biofuel production in Ireland—an approach to 2020 targets with a focus on algal biomass. *Energies*, *6*(12), 6391-6412. <https://doi.org/10.3390/en6126391>.
- Pereira, H., Barreira, L., Figueiredo, F., Custódio, L., Vizetto-Duarte, C., Polo, C., ... & Varela, J. (2012). Polyunsaturated fatty acids of marine macroalgae: potential for nutritional and pharmaceutical applications. *Marine Drugs*, *10*(9), 1920-1935. <https://doi.org/10.3390/md10091920>.
- Proschold, T., & Leliaert, F. (2007). Systematics of the green algae: conflict of classic and modern approaches. *Systematics Association Special Volume*, *75*, 123.
- Rajasulochana, P., Dhamotharan, R., & Krishnamoorthy, P. (2009). Primary phytochemical analysis of *Kappaphycus* sp. *Journal of American science*, *5*(2), 91-96.
- Rajapakse, N., & Kim, S. K. (2011). Nutritional and digestive health benefits of seaweed. *Advances in food and nutrition research*, *64*, 17-28. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387669-0.00002-8>.
- Rashad, S., & A El-Chaghaby, G. (2020). Marine Algae in Egypt: distribution, phytochemical composition and biological uses as bioactive resources (a review). *Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries*, *24*(5), 147-160. <https://doi.org/10.21608/ejabf.2020.103630>.

- Rodrigues, D., Freitas, A. C., Pereira, L., Rocha-Santos, T. A., Vasconcelos, M. W., Roriz, M., ... & Duarte, A. C. (2015). Chemical composition of red, brown and green macroalgae from Buarcos bay in Central West Coast of Portugal. *Food chemistry*, *183*, 197-207. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.03.057>.
- Sánchez-Machado, D. I., López-Cervantes, J., Lopez-Hernandez, J., & Paseiro-Losada, P. (2004). Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. *Food chemistry*, *85*(3), 439-444. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2003.08.001>.
- Shanmugam, A., & Palpandi, C. (2008). Biochemical composition and fatty acid profile of the green alga *Ulva reticulata*. *Asian Journal of Biochemistry*, *3* (1), 26-31. <https://doi.org/10.3923/ajb.2008.26.31>.
- Santos, M. A., Colepicolo, P., Pupo, D., Fujii, M. T., de Pereira, C. M., & Mesko, M. F. (2017). Antarctic red macroalgae: a source of polyunsaturated fatty acids. *Journal of Applied Phycology*, *29*, 759-767. <https://doi.org/10.1007/s10811-016-1034-x>.
- Silva, G., Pereira, R. B., Valentão, P., Andrade, P. B., & Sousa, C. (2013). Distinct fatty acid profile of ten brown macroalgae. *Revista Brasileira de Farmacognosia*, *23*(4), 608-613. <https://doi.org/10.1590/S0102-695X2013005000048>.
- Stefanov, K., Konaklieva, M., Brechany, E. Y., & Christie, W. W. (1988). Fatty acid composition of some algae from the Black Sea. *Phytochemistry*, *27*(11), 3495-3497. [https://doi.org/10.1016/0031-9422\(88\)80755-6](https://doi.org/10.1016/0031-9422(88)80755-6).
- Stengel, D. B., Connan, S., & Popper, Z. A. (2011). Algal chemodiversity and bioactivity: sources of natural variability and implications for commercial application. *Biotechnology advances*, *29*(5), 483-501. <https://doi.org/10.1016/j.biotechadv.2011.05.016>.
- Suvega, T., & Arunkumar, K. (2019). Probiotic bacteria promote the growth of associating host (red seaweed, *Gracilaria edulis*) also synthesize antibacterial protein. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, *19*, 101136. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2019.101136>.
- Swamy, M. A. (2011). Marine algal sources for treating bacterial diseases. *Advances in food and nutrition research*, *64*, 71-84. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-387669-0.00006-5>.
- Gressler, V., Yokoya, N. S., Fujii, M. T., Colepicolo, P., Mancini Filho, J., Torres, R. P., & Pinto, E. (2010). Lipid, fatty acid, protein, amino acid and ash contents in four Brazilian red algae species. *Food chemistry*, *120*(2), 585-590. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2009.10.028>.

- Kılınç, B., Cirik, S., Turan, G., Tekogul, H., and Koru, E. (2013). "Seaweeds for food and industrial applications," in Food industry, ed. I. Muzzalupo (London: IntechOpen), <https://doi.org/10.5772/53172>.
- Miyashita, K., Narayan, B., Tsukui, T., Kamogawa, H., Abe, M., & Hosokawa, M. (2011). Brown seaweed lipids as potential source of omega-3 PUFA in biological systems. *Handbook of marine macroalgae: biotechnology and applied phycology*, 329-339. <https://doi.org/10.1002/9781119977087>.
- McCauley, J. I., Meyer, B. J., Winberg, P. C., Ranson, M., & Skropeta, D. (2015). Selecting Australian marine macroalgae based on the fatty acid composition and anti-inflammatory activity. *Journal of Applied Phycology*, 27, 2111-2121. <https://doi.org/10.1007/s10811-014-0465-5>.
- Najdek-Dragić, M., Iveša, L., Paliaga, P., Blažina, M., & Čelig, A. (2014). Changes in the fatty acid composition of *Fucus virsoides* J. Agardh in response to the type of substratum. *Acta Adriatica: International Journal of Marine Sciences*, 55(1), 19-30.
- Santos, M. A., Colepiccolo, P., Pupo, D., Fujii, M. T., de Pereira, C. M., & Mesko, M. F. (2017). Antarctic red macroalgae: a source of polyunsaturated fatty acids. *Journal of Applied Phycology*, 29, 759-767.
- Schmid, M., Guihéneuf, F., & Stengel, D. B. (2013). Fatty acid contents and profiles of 16 macroalgae collected from the Irish Coast at two seasons. *Journal of applied phycology*, 26, 451-463.
- Van Ginneken, V. J., Helsper, J. P., de Visser, W., van Keulen, H., & Brandenburg, W. A. (2011). Polyunsaturated fatty acids in various macroalgal species from north Atlantic and tropical seas. *Lipids in health and disease*, 10(1), 1-8.
- Venkatesalu, V., Sundaramoorthy, P., Anantharaj, M., Gopalakrishnan, M., & Chandrasekaran, M. (2004). Studies on the fatty acid composition of marine algae of Rameswaram coast. *Seaweed Res. Util*, 26(1-2), 83-86.
- Vidotti, E. C., & Rollemberg, M. D. C. E. (2004). Algas: da economia nos ambientes aquáticos à bioremediação e à química analítica. *Química nova*, 27, 139-145. <https://doi.org/10.1590/S0100-40422004000100024>.
- Viola, R., Nyvall, P., & Pedersén, M. (2001). The unique features of starch metabolism in red algae. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 268(1474), 1417-1422. <https://doi.org/10.1098/rspb.2001.1644>.
- Vizetto-Duarte, C., Pereira, H., Bruno de Sousa, C., Pilar Rauter, A., Albericio, F., Custódio, L., ... & Varela, J. (2015). Fatty acid profile of different species of algae of the *Cystoseira* genus: a nutraceutical perspective.

Natural Product Research, 29(13), 1264-1270.
<https://doi.org/10.1080/14786419.2014.992343>.

Worm, B., Hilborn, R., Baum, J. K., Branch, T. A., Collie, J. S., Costello, C., ... & Zeller, D. (2009). Rebuilding global fisheries. *science*, 325(5940), 578-585. <https://doi.org/10.1126/science.1173146>.

Bölüm 11

Su Kalitesinin Biyolojik İndikatörleri: Bentik Makro Omurgasızlar

Kahraman SELVİ¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi; Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Yenice Meslek Yüksekokulu, Ormancılık Bölümü.
kahramanselvi@gmail.com ORCID No: 0000-0002-6974-4441

GİRİŞ

Ekosistem, bir bölgedeki canlıları ve bunları saran cansız çevrelerinin etkileşimi sonucu oluşan koşulların ve öğelerin tümünü ifade etmekte olup, süreklilik arz eder. Doğal dengeyi olumsuz etkileyen kirletici faktörler, ekosistemin sağlığını tehlikeye atan temel riskler arasında öne çıkmaktadır. Özellikle su ekosistemleri, çevresel kirliliğinin etkilerine en fazla maruz kalan sistemlerdir. Tarımsal, evsel ve endüstriyel kaynaklı kirletici maddeler, farklı yollarla bu ortamlara taşınarak suyun kalitesini olumsuz etkilemektedir. İnsan nüfusunun artması ve sanayileşme gibi etkilerle birlikte bu atıkların miktarı da artmaktadır. Bu durum, su sistemlerinin doğal temizleme kapasitesinin azalmasına, suyun kalite ve özelliklerinde değişikliklere neden olabilmektedir (Douterelo vd., 2004; Selvi, 2012).

Su kaynakları tarım, balıkçılık, içme suyu temini ve enerji üretimi gibi birçok alanda kritik öneme sahiptir. Ancak kirliliğin artarak bu ekosistemlerin doğrudan etkilenmesi, su kalitesini kabul edilebilir değerlerde tutulmasını zorunlu kılar. Organik maddeler, tarımsal kimyasallar ve pestisitler, endüstriyel atıklar, ağır metaller, deterjanlar, petrol ürünleri ve radyoaktif maddeler gibi çeşitli kirleticilerin farklı konsantrasyonları su sistemlerinde sıcaklık artışına, oksijen eksikliğine, pH değişikliğine neden olabilmektedir. Bu kirleticilerden bazıları çok çeşitli kaynaklardan su ortamına karışabilmekte, deşarj edildikleri bölgede uzun süre kalarak çevresel şartlara dayanıklılık gösterebilmektedir. Bununla birlikte çok düşük derişimlerde dahi alg, makrofit, makro omurgasız ve balıkların organ ve dokularında birikerek toksik etkiler meydana getirmektedir. Canlılarda biyoakümülyasyon gösteren özellikle ağır metal ve pestisit gibi kirleticiler, besin zincirinde üst trofik basamaklarda konsantrasyonlarını artırarak biyomagnifikasyona yol açabilmektedir. Bu kirletici maddelerle kontamine olmuş su ürünlerini tüketen insanlarda çeşitli hastalık risklerine maruz kalmaktadırlar (Selvi, 2012).

Su kaynaklarının korunması ve iyileştirilmesi, suyun fiziksel ve kimyasal analizlerle değerlendirmesinin yanında su kalitesinin biyolojik olarak izlenmesiyle de gerçekleştirilebilmektedir. Bu yaklaşım, sucul fauna ve flora üzerindeki etkileri takip ederek su kalitesini belirlemede önemli rol oynamaktadır (Contreras vd., 2021).

BİYOLOJİK İZLEME

Biyolojik izleme, antropojenik faaliyetlerden kaynaklanan çevresel değişikliklerin biyolojik tepkiler aracılığıyla değerlendirilmesidir. Bir su kütlesinde bulunan canlı türleri ile bunların sayısı, dağılımı ve sağlık durumları ile söz konusu su kütlesinin kalitesi hakkında en doğru bilgiyi sağlamaktadır

(Hee, 1993). Sucul ekosistemlerin karmaşıklığını ve etkileşimlerini anlamak için kullanılan bu yöntem, su kütlesinin biyolojik durumunu değerlendirirken farklı organizma gruplarından yararlanmaktadır. Bu yaklaşım; “bazı sucul organizmalar yalnızca belirli su kalitesi koşulları altında var olur veya gelişir. Eğer koşullar değişirse, örneğin kirlilik girdisi olursa, ortamdaki sucul yaşamın popülasyonu ve dağılımı da değişir” esasına dayanmaktadır (Sumudumali ve Jayawardana, 2021).

Gelişen teknoloji sayesinde günümüzde su kaynaklarının kalitesi, kimyasal izleme metotları ile gerek arazide gerek laboratuvar koşullarında tayin edilebilmektedir. Ancak bu yöntemlerin kullanılan cihaz ve kimyasalların pahalı olması, numunelerin araziden alınarak laboratuvara getirilmesi, deneyin sonuçlanması için yoğun çaba ve zaman gerekliliği gibi bazı dezavantajları da bulunmaktadır. Biyolojik izleme yöntemi ile daha az masraflı ve daha çabuk sonuç veren fiziksel, kimyasal ve biyolojik tüm parametrelerin kümülatif etkisi gözlenebilmektedir. Bununla birlikte sudaki kirleticilerin artan veya zayıflayan etkilerini belirlemede, fiziksel ve kimyasal verilerle su kütlesinin o anki durumu hakkında bilgi edinilmektedir. Dolayısıyla bu izleme metotlarının yetersiz kaldığı durumlarda biyolojik izleme uzun vadede oldukça verimlidir. Ancak bu metodun diğer metotlara kıyasla daha fazla bilgi ve beceri gerektirmesi de önemli bir dezavantajdır (Dedeoğlu, 2012; Uyanık ve Cebe, 2017).

Su kaynaklarının kalitesini ve miktarını korumak, su ekosistemlerini iyileştirmek, su kirliliği sorunlarına çözüm bulmak ve su yönetiminin entegre ve sürdürülebilir bir şekilde yapılmasını sağlamak gibi hedefleri olan Su Çerçeve Direktifi (SÇD) de biyolojik izlemeyi su kalitesinin değerlendirilmesinde etkili bir araç olarak kabul etmektedir. Biyolojik izleme verileri, bu direktife uyum sağlamak ve su kalitesini yönetmek amacıyla sunulacak periyodik raporların hazırlanmasında kullanılmakta ve Avrupa Birliği düzeyinde su kalitesinin izlenmesine ve karşılaştırılmasına yardımcı olmaktadır. Bu sayede suyun genel sağlığı ve ekolojik denge hakkında daha kapsamlı bilgi elde edilmektedir. SÇD (2000/60/EC), Avrupa Birliği tarafından su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve su kalitesinin korunması amacıyla oluşturulmuş bir düzenleyicidir. Bu direktifin biyolojik izleme ile ilişkisi, su kalitesi değerlendirmesinde biyolojik verilerin toplanması, analizi ve kullanımına dayanmaktadır. Bu bağlamda; biyolojik izleme, biyolojik kalite unsurlarını (bolluk, tür çeşitliliği, hassas tür varlığı) kullanarak; su ekosistemlerinin sağlığını belirlemek, yönetim politikalarını değerlendirmek ve sürdürülebilir su kaynaklarının korunmasını sağlamak için vazgeçilmez bir araçtır (Arslan, 2015).

Bazı Biyolojik İzleme Yöntemleri

Makro omurgasız topluluklarını kullanarak suyu kalitesini değerlendirmek için biyoçeşitlilik metrikleri, biyotik indeksler, multimetrik indeksler ve çok değişkenli analiz olmak üzere dört ana biyolojik izleme yöntemi vardır (Ndatimana vd., 2023).

Biyοçeşitlilik metrikleri, komünitenin ölçülmesiyle bir ekosistemin durumunu değerlendiren matematiksel ifadelerdir. Bir topluluğun tür zenginliği (tür sayısı), eşitlik (türler arasındaki dağılımın homojenliği) ve bolluğu (toplam tür sayısı) etkisini, çevresel değişkenlere yansıtmaktadır. Saprobik Sistem, yüzey sularının kalitesini değerlendirmek için kullanılan en eski biyolojik teknik, olup, amacı organizmaları saprobik değerlerle ilişkilendirerek suyun kalitesini belirlemektedir (Kolwitz ve Marsson, 1909). Ancak bu teknik yalnızca parçalanabilir organik kirleticilere odaklandığından, yerine Shannon-Weaver İndeksi, tür zenginliği ve Simpson İndeksi gibi biyotik indeksler kullanılmaya başlanmıştır. Bu indeksler hem sudaki bozulmanın göstergesi olarak hem de farklı ekosistemlerin zenginliğini karşılaştırarak ve diğer ölçütlerle birleştirme aracı şeklinde hizmet etmektedir. Diptera (gerçek sinekler) gibi bazı makroomurgasız takımları genellikle sulardaki yüksek kirletici seviyelerine karşı toleranslıdır. Ephemeroptera (mayfly), Plecoptera (stonefly) ve Tricoptera (caddisfly) gibi diğer takımlar (EPT), akarsu ortamındaki birçok kirleticiye karşı çok hassastır. EPT indeksi de duyarlı makro omurgasızları değerlendirmek için bolluk göstergeleri kullanarak tatlı su ortamının durumu hakkında bilgi sağlamaktadır. Örneğin; benzer akarsular arasında daha hassas organizmaların bulunduğu sistem antropojenik faaliyetlerden daha az etkilenmektedir (Herman ve Nejadhashemi, 2015).

Biyotik indeksler, organizmaların sayıları ile kirliliğe karşı duyarlılıklarını birlikte değerlendirerek bir noktada veya bir örnekte bulunan topluluk üyeleri için ortalama bir kirlilik duyarlılığı puanı oluşturan basit tekniklerdir. Tek parametrelili biyotik indeks (familya biyotik indeksi), taksonların organik kirliliğe karşı toleransını tek bir faktör olarak dikkate almaktadır. Biyotik indeksler, farklı türdeki sorunların organizmalar tarafından aynı yolla tolere edilmemesinden dolayı çeşitli stres faktörlerinin etkilerini (asidifikasyon yüzünden oluşan ötrofikasyon) tanımlayamamaktadır (Ndatimana vd., 2023). Birçok ülke organizmaların çevresel değişikliklere farklı tepkilerine dayalı olarak kaliteyi değerlendirmek için çeşitli biyotik indeksler geliştirilmiştir. Birleşik Krallık için Trend Biyotik İndeksi (TBI) ve Biyolojik İzleme Çalışma Grubu (BMWP), Belçika nehirleri için Belçika Biyotik İndeksi (BBI), Güney Afrika için Güney Afrika Puanlama Sistemi (SASS), Zambiya için Zambiya Omurgasız Puanlama Sistemi (ZISS), Namibya için Namibya Puanlama Sistemi (NASS), Okavango

Delta, Botswana'da kullanılan Okavango Değerlendirme Sistemi (OKAS) Tanzania nehirleri için Tanzania Nehir Puanlama Sistemi (TARISS) bu indekslere örnektir (Shimba vd., 2016).

Biyolojik indekslerin ve diğer biyolojik izleme önlemlerinin yanıtları, beslenme tiplerinin yanı sıra taksonların zenginliği ve kompozisyonu gibi *multimetrik indekslere* (MMI) entegre edilmiştir. MMI' daki her bir metrik, bir ekosistemin sağlığını etkileyen fiziksel, kimyasal veya biyolojik unsurları ifade etmektedir. Bu yaklaşım Saprobik indekste olduğu gibi tasarlanıp test edildiği alanla sınırlıdır. Geniş alanları kapsayan makroomurgasız tabanlı MMI, Amerika Birleşik Devletleri, Avrupa ülkeleri, Asya, Okyanusya gibi çok sayıda ülkede uygulanmakta olup, Afrika'da da benimsenmiştir (Ndatimana vd., 2023).

Tahmine dayalı modelleme olarak da bilinen *çok değişkenli analiz* yönteminin amacı, çevresel stresin yokluğunda bir habitattaki makro omurgasız faunasının nasıl görüneceğine dair bir tahminle karşılaştırmaktadır. Bu yaklaşım, yalnızca fiziksel veya kimyasal tanımlayıcılara dayanmaktadır (Clarke vd., 2003). Farklı bölgelerdeki komünitelerin, benzer özellikleri paylaşacağını önceden varsaymak yerine, beklenen benzerlikleri hesaplamak için çeşitli referans durumlara dayalı bir model geliştirilir. Bu analizin biyotik ve multimetrik indekslerle birleştirilmesi faydalıdır. Çok değişkenli istatistiksel yöntemler, karşılaştırılabilir özelliklere sahip alan veya komünitelerin belirlenmesi sayesinde gözlemlenen organizma toplulukları hakkındaki bilgiyi geliştirmektedir (Anderson ve Santana-Garcon, 2015).

Biyolojik İzlemede Kullanılan Organizmalar

Sucul ekosistemlerde yaşam, bakteriler, protistler (amip, siliyat, vb.), algler, makrofitler, mikro omurgasızlar (rotifer, kopepod, vb.), makro omurgasızlar (odanat, midye, solucan, kerevit vb.) ve omurgalılar (balıklar, amfibiler, sürüngenler, memeliler) olmak üzere yedi grupta incelenmektedir. Bu organizmalar güneş ışığı, besin ve enerjiyi bir sonraki basamağa aktaran pek çok besin zinciri ile birbirlerine bağlıdır.

Balıklar, sucul sistemlerde üst düzey yırtıcılar olduklarından ekolojik olarak önemlidir. Bir su ekosistemindeki balıkların çeşitliliği, coğrafi konum, evrimsel geçmiş, fiziksel habitat (akıntı, derinlik, substrat, sığ bölge/derin bölge oranı, oyuklar ve setler), su kalitesine (sıcaklık, çözünmüş oksijen, askıda katı maddeler, nütrientler ve toksik kimyasallar) ve biyotik etkileşimler (simbiyozim, yırtıcılık ve rekabet) gibi içsel faktörlere bağlıdır. Makrofitler, makro omurgasızlar için besin kaynağı olmanın yanında su akıntılarına ve avcılara karşı koruma sağlayan, makro omurgasız biyoçeşitliliğini, bolluğunu ve dağılımını artıran temel habitatlardır. Biyolojik izleme çalışmalarında, ekosistem koşullarını

belirlemek için farklı organizma türlerini biyolojik veri olarak kullanılmaktadır. İnceleme yapılan bölgede, faunanın ve biyoindikatör olarak kullanılacak organizmaların belirlenmesi gerekmektedir (Bartram ve Ballance, 1996).

Biyoundikatörler, çevresel değişikliklere tepki olarak yaşamsal fonksiyonlarını değiştirme veya toksinleri vücutlarında biriktirme gibi tepkiler verebilen ve bu nedenle erken uyarı sistemi olarak işlev görebilen organizmalardır. Habitat kalitesi, biyoindikatör organizmaların varlığı ve topluluk yapılarıyla anlaşılabilir hale gelmektedir. Balıklara, diyatomlara ve diğer algelere kıyasla makro omurgasızlar, biyolojik izleme çalışmalarında en yaygın kullanılan organizmalardır (Arslan, 2015).

Biyolojik indikatörler, belirtici türler, biyomonitörler ve test organizmaları olmak üzere üç temel gruba ayrılmaktadır: *Belirtici türler*, ekolojileri bilinen türler olup, iklim değişikliği ve çeşitli kirleticilerin ekosisteme karışması gibi baskılarla ortamda çoğalmaları ya da azalmaları belirteç olarak kullanılmaktadır. *Biyomonitörler*, çevrelerinden belirli de sürede belirli kirleticileri bünyelerine alarak dokularında biriktiren bitki ve hayvan türlerini kapsamaktadır. Hassas biyomonitörler ve biriktirici biyomonitörler olmak üzere iki alt gruba ayrılan bu organizmaların ortamdaki varlığı veya yokluğundan çıkarılan sonuçlar sayesinde çevre koşulları hakkında bilgi sağlanmaktadır. Ortamdaki gerçek davranışlarını tam olarak yansıtmadığından, ekosistem çalışmalarında *test organizmalarının* kullanımları sınırlıdır. Yapılan deneyler aracılığıyla, bu organizmaların belirli maddelerle aynı koşullar altında nasıl tepki verdiği anlaşılabilir. Ayrıca aynı türden organizmalarla yapılan deney sonuçlarının daha tutarlı ve karşılaştırılabilir olmasını hedeflenmektedir. Bu süreç, ekosistem çalışmalarında kullanılan yöntemlerin güvenilirliğini ve geçerliliğini artırmaya yardımcı olmaktadır (Dedeoğlu, 2012).

BENTİK MAKRO OMURGASIZLAR

Bentik bölge, sucul ekosistemlerdeki su tabanını ifade ederken, dip substrat ise bu su tabanının fiziksel yapısını temsil etmektedir. Dip substratı çakıl, kum, çamur, taşlar, kayalar, batık kütükler ve bitki artıkları gibi organik maddelerden oluşmuştur. Bu bölge, su altı yaşamının büyümesi, üremesi, beslenmesi ve barınması için önemli bir ortam sağlamaktadır. Dip substratının yapısı, bentik bölgenin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin yanında suyun akışkanlığını ve dolaşımını da etkileyerek; ekosistemin işleyişine katkıda bulunabilmektedir. Bentik bölgede bulunan fauna ve floranın oluşturduğu topluluğa genel olarak bentoz adı verilmektedir. Bu toplulukların yoğun olarak bulunduğu ve özellikle sucul ekosistemlerin dip substratını oluşturan bu alanda bentik makro omurgasız olarak adlandırılan canlılar belirgin bir varlık göstermektedirler. Bentik makro

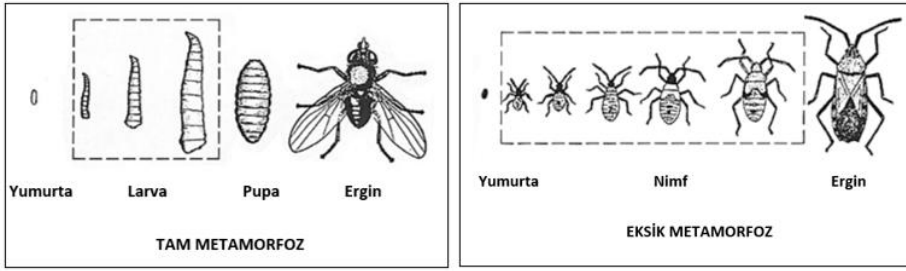
omurgasızlar, su kütlelerinin dip kısımlarında taşların arasındaki küçük boşluklarda, sucul bitkilerin üzerinde, sedimentin ve organik atıkların arasında gömülü olarak yaşayan, çıplak gözle görülebilecek kadar büyük (<0,5 mm), omurgası olmayan organizmalardır (Oliveira ve Callisto, 2010; Ratzlaff vd., 2019).

Makro omurgasızlar grupları; mercanlar (Anthozoa), süngerler, (Porifera), deniz anası, (Scyphozoa), yuvarlak solucanlar (Nematoda), halkalı solucanlar (Annelida), deniz kestaneleri (Echinodermata), yumuşakçalar, (Mollusca), kabuklular (Crustacea), böcekler (Insecta) gibi organizmaları kapsamaktadır.

Bentik makro omurgasızlar, beslenme açısından çeşitlilik göstermektedir. Bazı gruplar, su ekosisteminin alt basamağını oluşturan alg ve bakteriler gibi organizmalarla beslenirken, diğer gruplar ise su içinde bulunan bitki ve odun parçalarını parçalayarak beslenmektedirler. Örneğin; Plecoptera gibi parçalayıcılar, bitkilerle beslenerek, beslenme sırasında bunları daha küçük parçalara ayırırlar. Trichoptera ve Diptera takımına ait toplayıcılar, bacaklarındaki ince tüyleri kullanarak su akıntısındaki küçük parçacıkları filtrelerken, salyangozlar ve böcekler gibi bazı otçullar, dere yatağında dolaşarak bitki ve taş yüzeylerinden yosun ve diğer organizmaları kazırlar, Odonata larvaları gibi yırtıcılar da diğer omurgasız canlı gruplarıyla beslenirler (Bartram ve Ballance, 1996; Voshell, 2019). Çeşitli çevresel koşullarda yaşayan bu canlılar, üreticileri, tüketicileri ve ayrıştırıcıları birbirine bağlayarak besin zincirinin farklı aşamalarında (üretim, kompozisyon ve besin çevrimi) kilit rol oynamaktadır (Selvi, 2012).

Böcekler, tatlı su ekosistemlerindeki makro omurgasız canlılar arasında, tür çeşitliliğinin ve popülasyon yoğunluğunun fazla olması nedeniyle bentik bölgenin en önemli bileşenlerinden birini oluşturmaktadır. Yaşamlarının tamamını ya da önemli bir bölümünü suda geçiren bu canlılar, metamorfoz adı verilen bir süreçten geçerler Metamorfoz, genç bir bireyin olgun bir yetişkine dönüşmesi biyolojik sürecidir. Genç bireylerin, yetişkinlerle aynı besin kaynağı için rekabet etmemesi açısından metamorfoz, böcekler için faydalıdır. Böcek yaşam döngüleri, tam metamorfoz ve eksik metamorfoz olmak üzere ikiye ayrılmaktadır (Şekil 1). Tam metamorfozda, böcekler yumurta, larva, pupa ve ergin aşamalarından oluşan bir yaşam döngüsü geçirmektedirler. Yumurtadan çıkan bireylerin yetişkin halini tahmin etmek zor olduğundan, bu canlılara Latince 'de "hayalet" veya "maske" anlamına gelen larva denir. Birçok larva kurtçuk şeklinde olup, yumuşak gövdelere sahiptir. Bu dönemden sonra pupaya dönüşen bireyler, kendilerini kozaya sarar ve sonunda kanatları olan, yaşam döngüsünü yeniden başlatmak için yumurtlayan karada yaşayan canlılar olur. Pupa aşaması olmayan ve dört gelişim aşamasının tamamını geçirmeyen böcekler

ise eksik metamorfoz sürecinden geçmektedirler. Bu böceklerin yaşam döngüsünde yumurta, nimf ve ergin olmak üç aşama bulunmaktadır. Yunanca “gelin” anlamına gelen nimf, yetişkine oldukça benzer görünse de cinsel olarak olgunlaşmamış olup, kanatları yoktur veya tam gelişmemiştir. Metamorfoz, nimf ile yetişkin aynı besin kaynağı için rekabet etmesine fırsat vermediğinden böcekler için faydalıdır. (Turpin, 1992; McCafferty, 1996; Voshell, 2019).



Şekil 1. Böcek Yaşam Döngüleri (Turpin, 1992).

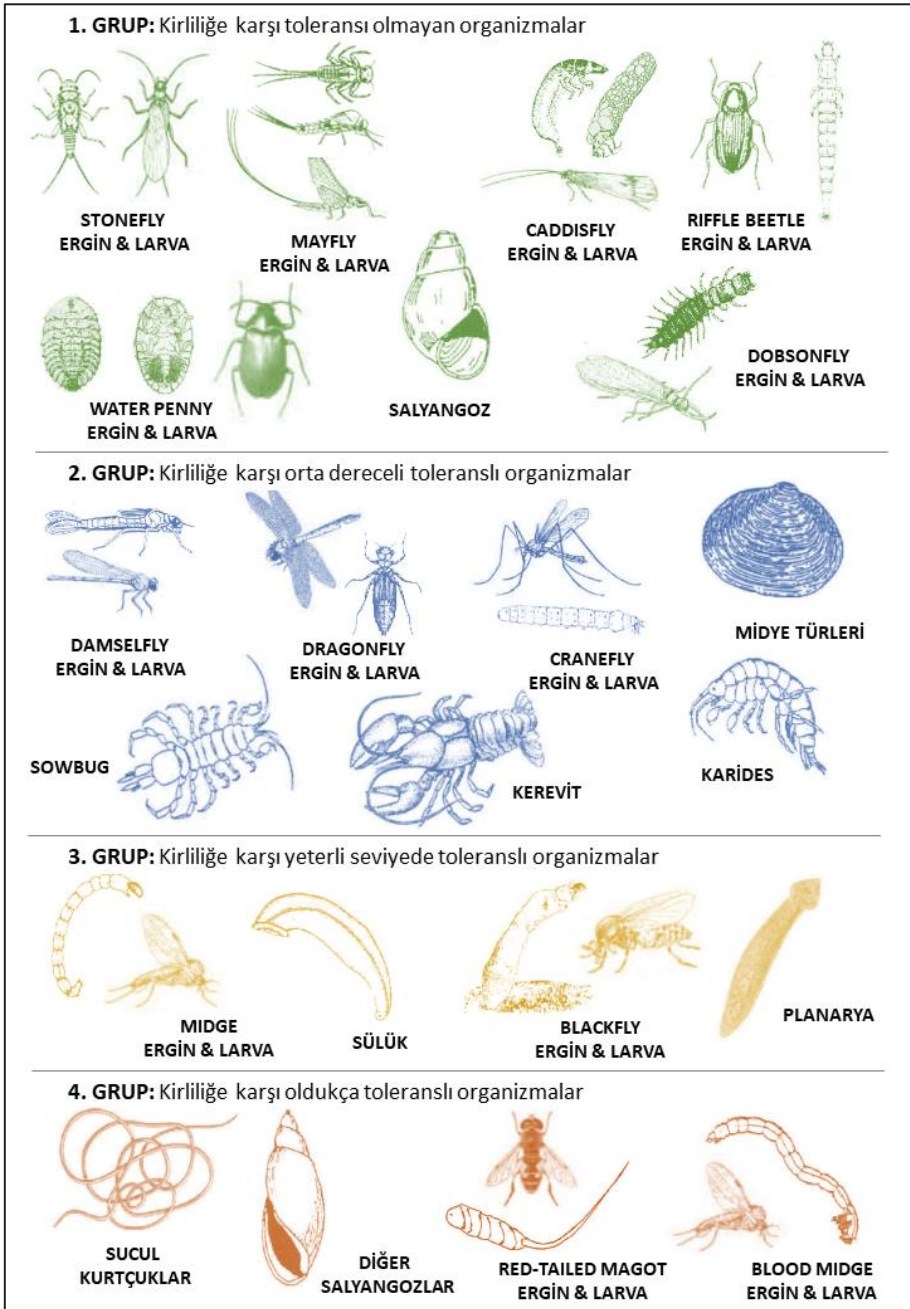
Bir su kaynağının genel sağlığı, mevcut organizmaların sayısı ve çeşitliliği incelenerek değerlendirilebilmektedir (Odabaşı vd., 2022; Keshav vd., 2022). Kirliliğin su kaynakları üzerindeki etkisi makro omurgasız popülasyonlarını olumsuz etkiler ve iyileşmeleri için zaman gerekir (Selvi, 2012).

Su kalitesinin iyileşmesi, organizma çeşitliliğinin artmasıyla doğru orantılıdır. Örneğin; toksisite, sularda kirliliğe hassas türlerin azalmasına neden olurken, popülasyonda bulunan daha toleranslı türler artmaktadır. Ancak organik ve inorganik maddelerin sularda artması sonucu oluşan ötrofikasyon sebebiyle oksijen dengesini bozulmaktadır. Sudaki katı madde miktarındaki artışla birlikte ortamda primer üretim azalmaktadır. Bunun sonucu olarak; barınma ve süzerek beslenme gibi farklı sebeplerle algelere ve makrofitlerde tabi olan makro omurgasızların gelişimi yavaşlatmakta ya da tamamen yok olabilmektedir. Bulanıklık ise sucul ortamda avcının etkisini azaltarak, ekosistem dengesinin bozulmasına yol açabilmektedir. Sıcaklığın artması, organik kirlenme artışına bağlı olarak çözülmüş oksijen konsantrasyonunun azalmasına sebep olmakta, bol oksijenli sularda yaşayan makro omurgasızlar bu durumdan olumsuz etkilenmektedir. Kirlilik sebebiyle sularda doğal olarak bulunan Mg, Ca, Na ve K gibi tuzların konsantrasyonlarının artması doğal dengenin bozulmasına ve tuzluluğa toleranslı türlerin ortamda baskın hale gelmesine yol açmaktadır (Arslan, 2015; Dedeoğlu, 2012).

Biyolojik izleme, farklı türlerin kirliliğe farklı şekillerde tepki verdiği gerçeğine dayanmaktadır. Bu nedenle, bentik makro omurgasızlar su ekosistemlerindeki biyolojik çeşitliliğin ve dengenin korunmasında önemli bir

role sahiptir. Makro omurgasızlar, kirliliği tolere etme derecelerine göre gruplara ayrılır (Şekil 2).

Ephemeroptera (mayfly), Plecoptera (stonefly), Trichoptera (caddisfly), Megaloptera (dobsonfly) ve Coleoptera (water penny beetle / riffle beetle), gibi bazı böcekler ile sağ yönlü bazı salyangoz (Gastropoda) türleri yaşamlarını devam ettirebilmek için suda yüksek seviyede çözünmüş oksijene ihtiyaç duymaktadırlar. Kirliliğe toleransı olmayan bu canlıların fazla ortamda sayıda bulunması iyi su kalitesinin bir göstergesi sayılmaktadır. Bazı makro omurgasızlar ise daha düşük çözünmüş oksijen seviyesinde yaşayabilmektedir. Odonata (dragonfly / damselfly), Diptera (cranefly / blackfly / midge), Isopoda (sowbug) ile bazı midye (Bivalvia), sülük (Hirudinea), karides ve kerevit (Decapoda) gibi canlı türleri kirliliğe karşı daha az hassas canlılar olsalar da farklı su kalitesi koşullarında bulunabilirler. Diptera (red tailed maggot / hoverfly / blood midge - chironomid) takımına ait bazı böcekler, Annelida (Oligochaeta / Turbellaria) takımına ait bazı kurtçuklar ile sol yönlü bazı salyangoz (Gastropoda) türleri genellikle kirliliğe karşı toleranslı olup, baskınlıkları su kalitesinin kötü olduğu anlamına gelmektedir (Nerbonne ve Vondracek, 2003; Uyanık ve Cebe, 2017).



Şekil 2. Kirlilik Toleranslarına Göre Bazı Makro omurgasızlar
(Nerbonne ve Vondracek, 2003)

Kirlilik baskısını tespit etmek için organizmaların toplandıkları alandaki durumu yansıtmaları önemlidir. Bu nedenle, biyotayı kullanarak yapılan biyolojik izleme çalışmalarındaki en yaygın sucul organizma grubu bentik makro omurgasızlardır (Stanford ve Spacie, 1994).

Makro omurgasızlar sudaki hareket kabiliyeti kısıtlı olduğundan, buldukları alanı önemli ölçüde temsil etmektedirler (Bendary vd., 2023). Farklı grupları sucul habitatlarda kozmopolit bir dağılıma sahip olup, bol miktarda bulunurlar. Taksonlarının birçoğu bir yıl veya daha uzun yaşadığından, zamana bağlı değişen çevresel baskının belirlenmesinde etkilidir. Bu canlılar birincil tüketiciler olarak genellikle alglerle diğer makrofitlerle beslendiklerinden ve diğer yırtıcıların da besini olduklarından besin zincirinde önemli bir yere sahiptirler (Sabha vd., 2022). Ayrıca suyun altındaki ve üzerindeki makrofitlerle sürekli etkileşim halinde olduğundan, lentik bölgeyi etkileyen stres faktörlerinin belirlenmesini kolaylaştırır. Balıklar gibi büyük organizmaların neredeyse hiç bulunmadığı nispeten küçük su kütlelerinde de kolaylıkla bulunabilirler. Familya düzeyinde taksonomik tanımlanmaları nispeten kolaydır. Organizmaları alandan toplamak için pahalı alet ve ekipmanlara gerek yoktur (Bartram ve Ballance, 1996; Sumudumali ve Jayawardana, 2021).

Biyozileme çalışmaları uygun mesafe, alan ve zaman aralıkları dikkate alınarak planlanmalı, bentik makro omurgasız popülasyonların taksonomik yapısını, bolluğunu ve kompozisyonunu saptamak için uygun örnekleme yöntemleri kullanılmalıdır. Örnekleme yöntemlerine kullanılan alet ve ekipmanlar genellikle kepçe ağ, surber, kutu, silindir, direç, ekman-birge grab, ponar grab, van ven grab, polip grab, hava kaldırmalı numune alıcı, karot ve tüp numune alıcılar, kolonizasyon numune alıcılarıdır. Bu örnekleme yöntemlerinin seçimleri genellikle araştırma hedeflerine, çalışma alanının sınıfına ve incelenen organizmaların özelliklerine göre yapılmaktadır (Akay vd., 2018).

SONUÇ

Makro omurgasızlar biyolojik izleme için büyük bir öneme sahip olsalar da nicel örneklemedeki zorluklar ve zaman içinde komünitenin değişkenliği gibi problemler de mevcuttur. Bunun yanında yakınsak evrim ve fenotipik esneklik nedeniyle bu canlıların morfolojik özelliklerinde ve çevresel adaptasyonlarında değişiklikler olması türlerin tanımlanmasında taksonomik uzmanlık gerektirebilir (Ndatimana vd., 2023).

Biyoidikatörlerle çalışmanın bir dezavantajı da insan tüketiminde kullanılan suyun kalitesini belirlemek için uygun olmamasıdır. Halbuki fiziksel ve kimyasal analizler ile içme suyundaki birçok kirletici madde tespit edilmekte ve suyun kalitesi hakkında ayrıntılı bilgi sağlanmaktadır (Contreras vd., 2021). Dolayısıyla

biyolojik izleme, diğer izleme yöntemlerine bir alternatif olarak değil, faydalı bir tamamlayıcı yaklaşım olarak düşünülmelidir. Bu sayede sucul ekosistem sağlığının daha kapsamlı değerlendirilmesi sağlanır (Herman ve Nejadhashemi, 2015; Bendary vd., 2023).

Kirlilik baskısına kısa sürede cevap veren makro omurgasızlar hakkında oldukça geniş literatür bilgisi ve tüm dünyada geçerli çok sayıda metodoloji mevcuttur. Ancak, belirli grupların ortamda bulunup bulunmaması, organik kirlilik gibi çevresel koşullara olan toleranslarına bağlıdır. Bu nedenle ülkemizdeki farklı su kaynaklarında yaşayan makro omurgasız faunası çalışmalarına ağırlık verilerek tür envanterleri oluşturulmalı ve ekolojik kalitesini belirlemek için özgün indeksler geliştirilmelidir. Bu sayede, antropojenik baskılarla değişen ekosistemlerdeki olası tür kayıpları, organizma kompozisyonlarındaki azalmalara karşı doğru tespitler yapılabilir. Böylelikle sucul ekosistemlerin durumunu değerlendirmek, potansiyel çözümleri belirlemek ve sürdürülebilir yönetim stratejilerini geliştirmek için su kalitesi hakkında güvenilir bilgi sağlanabilir.

REFERANSLAR

- Akay, E., Dalkıran, N. ve Dere. Ş., (2018). Akarsuların biyolojik su kalitesinin belirlenmesinde bentik makroomurgasızların kullanımı. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 3(1), 60-67.
- Anderson, M.J. ve Santana-Garcon, J., (2015). Measures of precision for dissimilarity-based multivariate analysis of ecological communities. *Ecol Lett*, 18(1), 66-73.
- Arslan, A.B., (2015). Su çerçeve direktifine göre biyolojik kalite unsuru: Bentik makroomurgasız. *Orman ve Su İşleri Bakanlığı Uzmanlık Tezi*, 137s.
- Bartram, J. ve Ballance, R. (Eds.), (1996). *Water quality monitoring: A practical guide to the design and implementation of freshwater quality studies and monitoring programmes*. CRC Press.
- Bendary, R. E., Goher, M. E. ve El-Shamy, A. S., (2023). Taxonomic and functional diversity of macroinvertebrates in sediment and macrophyte habitats: A case study, the Ibrahimia Canal, Nile River, Egypt. *The Egyptian Journal of Aquatic Research*, 49, 129-135.
- Clarke, R.T., Wright, J.F. ve Furse, M.T., (2003). RIVPACS models for predicting the expected macroinvertebrate fauna and assessing the ecological quality of rivers. *Ecol Modell*, 160(3), 219-233.
- Contreras, L. O., Ortega, B., Méndez, P. ve Tierra, P., (2021). Evolution and identification of aquatic macroinvertebrates like bioindicators of water quality. *ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of STEAM*, 1016-1023.
- Dedeoğlu, Z., (2012). *Avrupa Birliği Su Çerçeve Direktifi Kapsamında Biyolojik İzlemenin Araştırılması*. Harran Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 213s.
- Douterelo, I., Perona, E. ve Mateo, P., (2004). Use of cyanobacteria to assess water quality in running waters. *Environmental Pollution*, 127(3), 377-384.
- Hee, S.Q. (Ed.), (1993). *Biological monitoring: an introduction*. John Wiley & Sons, pp 633.
- Herman, M. R. ve Nejadhashemi, A. P., (2015). A review of macroinvertebrate- and fish-based stream health indices. *Ecohydrology & Hydrobiology*, 15(2), 53-67.
- Keshav., V., Kumari., D. ve Reddy, J., (2022). Bioindicators helping in human and ecological health. *IJRAR*, 9(1), 245-253.
- Kolwitz, R., Marsson, M., (1909). Ecology of animal saprobia. In: Keup LE, Ingram WM, Mackenthun KM, (Eds) *Biology of water pollution*. US Department of the Interior, Washington DC, pp 85-95.

- McCafferty, W.P., (1983). Aquatic entomology: the fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives. Jones & Bartlett Learning.
- Ndatimana, G., Nantege, D. ve Arimoro, F.O., (2023). A review of the application of the macroinvertebrate-based multimetric indices (MMIs) for water quality monitoring in lakes. *Environmental Science and Pollution Research*, 1-18.
- Nerbonne, J.F. ve Vondracek, B., (2003). Volunteer macroinvertebrate monitoring: assessing training needs through examining error and bias in untrained volunteers. *Journal of the North American Benthological Society*, 22(1), 152-163.
- Odabaşı, D. A., Odabaşı, S., Ergül, H. A., Özkan, N., Boyacı, Y. Ö., Bayköse, A., Kayal, M., Ekmekçi, F., Dağdeviren, M., Güzel, B., Canlı, O. ve Dügél, M., (2022). Development of a macroinvertebrate-based multimetric index for biological assessment of streams in the Sakarya River Basin, Turkey. *Biologia*, 77(5), 1317-1326.
- Oliveira, A. ve Callisto, M., (2010). Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality in an atlantic forest fragment. *Iheringia. Série Zoologia*, 100, 291-300.
- Ratzlaff, Z. ve Ferreira, F. W., (2019). Benthic macroinvertebrates as bioindicators of water quality: A Review. In *Congresso Internacional em Saúde (No. 6)*.
- Sabha, I., Hamid, A., Bhat, S. U. ve Islam, S.T., (2022). Water quality and anthropogenic impact assessment using macroinvertebrates as bioindicators in a stream ecosystem. *Water, Air, & Soil Pollution*, 233(9), 387.
- Selvi, K., (2012). Umurbey Çayı ve Barajı'nda (Çanakkale) suda, sedimentte, bazı makro omurgasız canlılarda ağır metal birikimi ve Toksisitesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, 177s.
- Shimba, M. J., ve Jonah, F.E. (2016). Macroinvertebrates as bioindicators of water quality in the Mkondoa River, Tanzania, in an agricultural area. *African Journal of Aquatic Science*, 41(4), 453-461.
- Stanford, L.L. ve Spacie, A., (1994). Biological monitoring of aquatic systems. CRC Press, pp 355.
- Sumudumali, R.G.I. ve Jayawardana, J.M.C.K., (2021). A Review of biological monitoring of aquatic ecosystems approaches: With Special Reference to Macroinvertebrates and Pesticide Pollution. *Environmental Management*, 67(2), 263-276.

- Turpin, F. T., (1992). The insect appreciation digest: Everything you ought to know about insects (that your parents didn't teach you). Entomological Society of America, pp 144.
- Uyanık, S. ve Cebe, A., (2017). AB Su çerçeve direktifi kapsamında biyolojik kalite unsurları ile su kalitesinin izlenmesi. Harran Üniversitesi Mühendislik Dergisi, 2(3), 64-72.
- Voshell Jr., J.R., (2019). Sustaining America's aquatic biodiversity. Aquatic insect biodiversity and conservation, 1-8.

