

TARIM, ÇEVRE VE İKLİM EKSENİNDE

GÜNCEL YAKLAŞIMLAR VE ARAŞTIRMALAR-I

EDİTÖRLER

DOÇ. DR. HAKAN KIR

DOÇ. DR. İSMAİL DEMİR

EĞİTİM
yayınevi

TARIM, ÇEVRE VE İKLİM EKSENİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR VE ARAŞTIRMALAR-I

Editörler: Doç. Dr. Hakan Kır, Doç. Dr. İsmail Demir

Yayınevi Grubu Genel Başkanı: Yusuf Ziya Aydoğan (yza@egitimyayinevi.com)

Genel Yayın Yönetmeni: Yusuf Yavuz (yusufyavuz@egitimyayinevi.com)

Sayfa Tasarımı: Kübra Konca Nam

Kapak Tasarımı: Eğitim Yayınevi Tasarım Birimi

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı

Yayıncı Sertifika No: 76780

E-ISBN: 978-625-385-610-6

1. Baskı, Aralık 2025

Kütüphane Kimlik Kartı

TARIM, ÇEVRE VE İKLİM EKSENİNDE GÜNCEL YAKLAŞIMLAR VE ARAŞTIRMALAR-I

Editörler: Doç. Dr. Hakan Kır, Doç. Dr. İsmail Demir

III+122 s., 160x240 mm

Kaynakça var, dizin yok.

E-ISBN: 978-625-385-610-6

Copyright © Bu kitabın Türkiye'deki her türlü yayın hakkı Eğitim Yayınevi'ne aittir. Bütün hakları saklıdır. Kitabın tamamı veya bir kısmı 5846 sayılı yasanın hükümlerine göre kitabı yayımlayan firmanın ve yazarlarının önceden izni olmadan elektronik/mekanik yolla, fotokopi yoluyla ya da herhangi bir kayıt sistemi ile çoğaltılamaz, yayımlanamaz.

EĞİTİM

yayınevi

Yayınevi Türkiye Ofis: İstanbul: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Atakent mah. Yasemen sok. No: 4/B, Ümraniye, İstanbul, Türkiye

Konya: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye
+90 332 351 92 85, +90 533 151 50 42
bilgi@egitimyayinevi.com

Yayınevi Amerika Ofis: New York: Egitim Publishing Group, Inc.
P.O. Box 768/Armonk, New York, 10504-0768, United States of America
americaoffice@egitimyayinevi.com

Lojistik ve Sevkiyat Merkezi: Kitapmatik Lojistik ve Sevkiyat Merkezi, Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye
sevkiyat@egitimyayinevi.com

Kitabevi Şubesi: Eğitim Kitabevi, Şükran mah. Rampalı 121, Meram, Konya, Türkiye
+90 332 499 90 00
bilgi@egitimkitabevi.com

İnternet Satış: www.kitapmatik.com.tr
bilgi@kitapmatik.com.tr

EĞİTİM YAYINEVİ
GRUBU

EĞİTİM
yayınevi

SALON
yayınevi



kitapmatik
eğitim yayınevi

Kitapmatik
eğitim yayınevi

EĞİTİM
kitabevi

İÇİNDEKİLER

ALTERNATİF YEM BİTKİSİ OLARAK SİNİROTU (<i>Plantago lanceolata</i> L.) YETİŞTİRİCİLİĞİ	1
---	----------

Yasir TUFAN, Sezen TAYAM, Mahir ÖZKURT

ASPIR (<i>Carthamus tinctorius</i> L.) ÇEŞİTLERİNİN ÇİÇEK VERİMİ İLE BAZI VERİM ÖĞELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN BELİRLENMESİ.....	19
---	-----------

İsmail DEMİR

BİTKİ BÜYÜMESİNİ TEŞVİK EDEN RİZOBAKTERİLERİN ABİYOTİK STRESLERLE MÜCADELEDE ETKİSİ	43
--	-----------

Hatice ÖĞÜTCÜ

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KOŞULLARINDA TÜRKİYE'NİN GIDA GÜVENLİĞİ	52
--	-----------

Selahattin ÇINAR

MEYVE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE UZAKTAN ALGILAMA, COĞRAFİ BİLGİ SİSTEMİ VE UYGUNLUK ANALİZLERİ.....	64
---	-----------

Ebru ŞİRİN, Yaşar ERTÜRK

<i>SALVIA VIRGATA</i>'NİN FİTOKİMYASAL BİLEŞENLERİ İLE ANTİOKSİDAN VE ANTİFUNGAL AKTİVİTELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ	81
---	-----------

Halil Burak SÜT, Yusuf BAYAR

ŞEKER PANCARI (<i>BETA VULGARIS</i> L.) HASADI SONRASI TOPRAK SAĞLIĞI VE SÜRDÜRÜLEBİLİR YÖNETİM STRATEJİLERİ	96
---	-----------

Sultan KIYMAZ

TUZCUL BİR BİTKİ OLAN <i>SALICORNIA PERENNANS</i> WILD. (AMARANTHACEAE) TÜRÜNÜN ANATOMİK ÖZELLİKLERİ	104
---	------------

Sibel ULCAI

TÜRKİYE'DE YEM BİTKİLERİ TARIMININ GELİŞİMİ	113
--	------------

Hakan KIR, Mahir ÖZKURT

ALTERNATİF YEM BİTKİSİ OLARAK SİNİROTU (*Plantago lanceolata* L.) YETİŞTİRİCİLİĞİ

Yasir TUFAN**, Sezen TAYAM***, Mahir ÖZKURT****

GİRİŞ

Küresel iklim değişikliği ve kuraklık tehdidi, tarımsal üretim sistemlerini derinden etkilemekte; özellikle su kısıtı ve artan sıcaklıklar, geleneksel yem bitkisi yetiştiriciliğini her geçen gün daha riskli hale getirmektedir. Birleşmiş Milletler Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli (IPCC, 2023) raporlarına göre, değişen yağış rejimleri ve aşırı hava olayları, mera ekosistemlerinin sürdürülebilirliğini tehdit eden en önemli faktörler arasındadır. Bu durum, dünya genelinde hayvansal üretimde kullanılan ve sığ kök yapısına sahip olan İngiliz çimi (*Lolium perenne* L.) ve beyaz üçgül (*Trifolium repens* L.) gibi geleneksel türlerin performansında ciddi düşüslere yol açmaktadır (Pembleton vd., 2016). Dolayısıyla, değişen iklim koşullarına adapte olabilen, kuraklığa dayanıklı ve aynı zamanda hayvanın besin madde ihtiyacını ve sağlığını olumlu yönde destekleyen fonksiyonel yem bitkilerine olan ihtiyaç her zamankinden daha fazladır (Yavuz vd., 2020).

Geleneksel mera yönetiminde, verimlilik genellikle biyokütle artışı üzerinden değerlendirilse de modern hayvancılıkta hedef yüksek verimin yanı sıra hayvan sağlığını koruyan ve çevresel ayak izini (metan ve azot atılımı) azaltan bitkilerin sistemlere entegre edilmesidir. Bu bağlamda, "yabancı ot" olarak bilinen birçok türün, aslında üstün adaptasyon yetenekleri ve zengin fitokimyasal içerikleriyle "yem bitkisi" olarak yeniden değerlendirilmesi gündeme gelmiştir. Bu türler arasında en dikkat çekici olanı, Plantaginaceae familyasına mensup *Plantago lanceolata* L. (Dar yapraklı sinir otu) 'dır (Can vd., 2021).

** Arş. Gör., Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş, Türkiye, y.tufan@alparslan.edu.tr, ORCID: 0000-0002-0897-9466.

*** Arş. Gör. Dr., Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş, Türkiye, s.tayam@alparslan.edu.tr, ORCID: 0000-0003-1693-0651.

**** Doç. Dr., Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş, Türkiye, m.ozkurt@alparslan.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0058-3026.

Plantago lanceolata, kozmopolit bir yayılış gösteren, derin ve gelişmiş kazık kök sistemi sayesinde kuraklığa ve düşük toprak verimliliğine yüksek tolerans gösteren çok yıllık bir bitkidir (Duru vd., 2018; Stewart, 1996). Sıcak iklimlerde oldukça yaygın bulunan *Plantago* türleri, soğuk hava koşullarına da dayanıklıdır (Stewart, 1996; Samuelse, 2000; Kara vd., 2018). Tarihsel süreçte tıbbi bitki olarak insan sağlığında yaygın şekilde kullanılan bu tür, son yıllarda özellikle Yeni Zelanda ve Avrupa'da yürütülen ıslah çalışmalarıyla (örneğin 'Tonic' ve 'Ceres Tonic' çeşitleri) kültüre alınmış ve mera karışımlarında stratejik bir bileşen haline gelmiştir (Labreveux vd., 2006). Bitkinin en ayırt edici özelliği, yapısında bulundurduğu aucubin ve catalpol gibi iridoid glikozitler, akteozitler (feniletanoid glikozitler) ve müsilaj gibi sekonder metabolitlerdir (Tamura ve Nishibe, 2002).

Plantago türleri kokusu ve lezzeti nedeniyle hayvanlar iştahla tüketmektedir. Hayvansal besleme açısından *Plantago lanceolata*, sadece bir besin kaynağı değil, aynı zamanda biyoaktif bir yem katkısı görevi görmektedir. Ayrıca *P. Lanceolata* çeşitli kimyasal bileşenler (polifenoller, tanenler, flavonoidler, alkaloidler, terpenoidler gibi) içermektedir. Literatürde yapılan çalışmalar, *P. lanceolata* içeren rasyonların, ruminantlarda mide-bağırsak parazitlerine karşı antelmintik (parazit dökücü) etki gösterdiğini (Knight vd., 1996; Abate vd., 2022) ve ruminal fermentasyonu modüle ederek amonyak birikimini azalttığını ortaya koymaktadır. Daha da önemlisi, bitkinin içerdiği biyoaktif bileşiklerin (özellikle aucubin), rumen mikroflorasını etkileyerek enterik metan emisyonunu düşürme potansiyeline sahip olduğu ve idrarla atılan azot miktarını azaltarak nitrat yıkanmasını engellediği bildirilmektedir (Totty vd., 2013; Min vd., 2020). Bu özellikleriyle *P. lanceolata*, hayvancılığın karbon ve azot ayak izini düşürmede "çevre dostu bir yem bitkisi" olarak tanımlanmaktadır.

Türkiye florasında doğal olarak yaygın bir şekilde bulunmasına rağmen, *Plantago lanceolata*'nın tarımsal potansiyeli ve yem değeri üzerine yapılan çalışmalar sınırlı kalmıştır. Nitekim Türkiye'de bu tür üzerine yürütülen sınırlı sayıdaki çalışmadan biri olan Şanlıurfa ekolojik koşullarındaki bitki sıklığı denemesi, *Plantago lanceolata*'nın kurak ve yarı kurak bölgelerde yetiştiricilik potansiyelinin yüksek olduğunu ve yem kalite parametrelerinin uluslararası literatürle uyumlu olduğunu göstermiştir (Orhan, 2024). Ülkemizde genellikle mera alanlarında kendiliğinden yetişen bir tür olarak görülmekte, kültüre alınmış çeşitlerin

kullanımı ve yapay mera karışımlarındaki performansı hakkında yeterli bilgi birikimi bulunmamaktadır. Oysa Türkiye'nin kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer alması, derin kök yapısına sahip bu türün özellikle yaz kuraklığında yeşil yem zincirinin devamlılığı için kritik bir rol üstlenebileceğini göstermektedir.

Sonuç olarak, hem agronomik dayanıklılığı hem de hayvan fizyolojisi üzerindeki pozitif etkileri (antioksidan aktivitesi, mineral zenginliği, antimikrobiyal aktivite) nedeniyle *Plantago lanceolata*, sürdürülebilir yem üretim sistemlerinin vazgeçilmez bir parçası olmaya adaydır. Bu bölümde; *Plantago lanceolata*'nın botanik özellikleri, fitokimyasal yapısı, tarımsal istekleri, yem değeri, hayvan sağlığı ve çevresel sürdürülebilirlik üzerindeki etkileri, güncel literatür ve bilimsel veriler ışığında detaylı olarak ele alınacaktır.

Botanik Özellikler

Plantago lanceolata L., Plantaginaceae (Sinirliotgiller) familyasına mensup olup, *Plantago* cinsi içerisinde yer alan en yaygın türlerden biridir. Kromozom sayısı diploit formlar için $2n=12$ olarak rapor edilmiştir (Sagar ve Harper, 1964). Tür, literatürde Türkçe olarak "Dar Yapraklı Sinir Otu", "Sinirli Ot" veya "Bağa Yapağı" olarak bilinirken; İngilizce literatürde "Ribwort Plantain", "Narrow-leaf Plantain" veya "Buckhorn Plantain" adlarıyla tanımlanmaktadır.

Bitkinin kökeni Avrasya (Avrupa ve Asya) olup, tarihsel süreçte tarımsal faaliyetler ve insan hareketliliği (antropokor yayılım) ile Kuzey Amerika, Avustralya ve Yeni Zelanda başta olmak üzere dünya genelindeki ılıman iklim kuşaklarına yayılmıştır (Hao vd., 2015). Geleneksel olarak doğal mera vejetasyonunun bir parçası veya tarım alanlarında bir "yabancı ot" olarak kabul edilse de özellikle 1980'lerden sonra Yeni Zelanda'da yürütülen ıslah çalışmalarıyla yem değeri yüksek çeşitler (örneğin 'Tonic', 'Ceres Tonic', 'Lancelot') geliştirilmiş ve modern tarıma kazandırılmıştır (Labreveux vd., 2006; Stewart, 1996).

Morfolojik Özellikler

Plantago lanceolata, çok yıllık (perennial), herbisöz ve rozet formunda gelişim gösteren hemikriptofit bir bitkidir. Morfolojik yapısı, olatmaya ve biçime uygunluk açısından belirgin avantajlar sunar.

Kök Sistemi: Bitkinin en stratejik organı kökleridir. Gramineae (buğdaygiller) familyasındaki saçak kök sisteminin aksine, *P. lanceolata*

güçlü, derinlere inen ve az dallanan bir kazık kök sistemine sahiptir. Kökler, toprak profilinde 1 metrenin altına (bazı durumlarda 2 m) kadar inebilir (Skinner vd., 2004). Bu derin kök yapısı, bitkiye kurak dönemlerde alt katmanlardaki suya ulaşma imkanı verirken, aynı zamanda fosfor, kalsiyum ve iz elementlerin (Cu, Zn, Co) topraktan alınımını kolaylaştırır.



Şekil 1: Sinir Otu (*Plantago lanceolata*) Bitkisine Ait Genel Görsel Kaynak:
(https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Plantago_lanceolata_Nordens_Flora.jpg)

Yaprak: Yapraklar tabanda bir rozet oluşturacak şekilde dizilmiştir (Şekil 1). Yaprak ayası mızrak şeklinde (lanseolat), uzun, dar ve uç kısmı sivridir. Yaprak uzunluğu çevre koşullarına göre 10–40 cm, genişliği ise 1–4 cm arasında değişir. Türkiye’de yapılan bir çalışmada Şanlıurfa koşullarında yetiştirilen *Plantago lanceolata* (cv. Libor) popülasyonunda yaprak uzunluğunun 19–24 cm, yaprak eninin 3–5 cm ve bitki başına yaprak sayısının 20–34 adet arasında değiştiği belirlenmiştir (Orhan, 2024). Bu değerler, türün kurak-ekstrem iklimlerde bile homojen morfolojik yapı sergilediğini göstermektedir. Yaprak üzerinde belirgin şekilde paralel uzanan 3-7 adet damar (sinir) bulunur; bu özellik türe "sinir otu" adının verilmesinin temel nedenidir (Tutin vd., 1976). Dik (erect) yaprak duruşuna sahip çeşitler, otlatma ve mekanik hasat (biçim) için daha elverişlidir.

Çiçek ve Çiçeklenme: Çiçek sapları (skapus) yapraksızdır, köşeli bir yapıya sahiptir ve uzunlukları 60 cm'ye kadar ulaşabilir. Çiçekler, sapın

ucunda yoğun bir başak (spike) formunda toplanmıştır. Başak uzunluğu genellikle 1-3 cm arasındadır. Çiçekler hermafrodittir ancak protogini (dişi organın erkek organdan önce olgunlaşması) görülür, bu da yabancı tozlaşmayı teşvik eder. Tozlaşma rüzgar (anemofil) ile gerçekleşir (Sagar ve Harper, 1964).

Tohum: Tohumlar, tekne şeklinde, parlak kahverengi ve yaklaşık 2-3 mm uzunluğundadır. Tohum kabuğu ıslandığında müsilaj salgılar; bu özellik tohumun toprağa yapışmasını ve çimlenme sırasında su tutmasını kolaylaştırır. Bir bitki, vejetasyon süresi boyunca binlerce tohum üretebilme kapasitesine sahiptir.

Fizyolojik Özellikler: *Plantago lanceolata*, C3 fotosentez mekanizmasına sahip bir bitkidir. Bu nedenle fotosentetik etkinliği ve biyokütle birikimi, serin ve ılıman iklim koşullarında (ilkbahar ve sonbahar) maksimum düzeye ulaşır. C4 bitkilerinin aksine, aşırı sıcak yaz aylarında stomalarını kapatarak dormant (uyku) haline geçme eğilimindedir, ancak derin kökleri sayesinde turgor basıncını koruyabilir.

Bitkinin fizyolojisindeki en ayırt edici özellik, sekonder metabolit birikimidir. *P. lanceolata*, iridoid glikozitler (özellikle aucubin ve catalpol), feniletanoid glikozitler (akteozit/verbascoside) ve flavonoidler bakımından oldukça zengindir (Tamura ve Nishibe, 2002; Temur ve Uslu 2019). Bu bileşiklerin sentezi genetik faktörlerin yanı sıra çevresel stres (biçim, otlatma, kuraklık) ile tetiklenir. Fizyolojik araştırmalar, yapraklardaki iridoid glikozit konsantrasyonunun %1-3 (kuru madde bazında) arasında değiştiğini ve bu bileşiklerin bitkiyi böcek saldırılarına karşı korurken, ruminant hayvanlarda doğal bir antibiyotik ve anti-metanojenik ajan olarak işlev gördüğünü ortaya koymaktadır (Totty vd., 2013).

Adaptasyon Yetenekleri: *Plantago lanceolata*, geniş bir ekolojik toleransa sahiptir, bu da onun "kozmpolit" yayılışını açıklar.

İklim: Ilıman iklim bitkisi olmakla birlikte, soğuğa ve dona karşı dayanıklılığı yüksektir. İngiliz çimi (*Lolium perenne*) gibi türlerin zarar gördüğü sıcak ve kurak yaz aylarında, derin kök sistemi sayesinde yeşil kalabilmektedir.

Toprak: Toprak pH'sı konusunda seçici değildir; pH 4.5 ile 8.0 arasındaki geniş bir aralıkta yetişebilir. Kumlu topraklardan ağır killi topraklara kadar farklı tekstürlerde gelişebilir. Ancak, su tutma kapasitesi

yüksek ama drenajı iyi olan tınlı topraklarda verim potansiyeli en yüksektir.

Stres Toleransı: Kuraklık toleransı, bu türü yem bitkileri karışımlarında değerli kılan en önemli özelliktir. Bununla birlikte, *Plantago major*'a kıyasla toprak sıkışmasına (çiğnenmeye) karşı toleransı daha düşüktür; ancak hızlı büyüme yeteneği sayesinde otlatma sonrası kendini hızla yenileyebilir (Sanderson vd., 2003).

Yem bitkileri tarımında *Plantago lanceolata*, sıklıkla aynı cinse ait *Plantago major* (Geniş Yapraklı Sınır Otu) ile karıştırılmaktadır. Ancak agronomik açıdan iki tür arasında belirgin farklar bulunmaktadır:

Yaprak Yapısı: *P. lanceolata* dar, uzun ve dik (erect) yapraklara sahipken; *P. major* geniş, yumurta şeklinde ve yere yatık (prostrat) yapraklara sahiptir. Dik yaprak yapısı, *P. lanceolata*'yı biçim ve otlatma için daha elverişli kılmaktadır.

Kuraklık Dayanımı: *P. lanceolata*'nın kök sistemi *P. major*'a göre daha derine iner, bu da ona daha üstün bir kuraklık toleransı sağlar.

Verim: Kültüre alınan *P. lanceolata* çeşitleri (Tonic vb.), *P. major*'a göre çok daha yüksek biyokütle ve kuru madde verimine sahiptir. *P. major* genellikle çim alanlarda veya aşırı çiğnenen bölgelerde adaptasyon gösterirken, *P. lanceolata* verim odaklı mera sistemleri için uygundur.

Fitokimyasal İçerik ve Biyoaktif Bileşenler

Plantago lanceolata, geleneksel yem bitkilerinden (yonca, mısır, üçgül vb.) farklı olarak, sadece temel besin maddelerini (protein, enerji, lif) değil, aynı zamanda hayvan fizyolojisini ve rumen fermentasyonunu doğrudan etkileyen çok çeşitli sekonder metabolitleri bünyesinde barındırır. *P. lanceolata* flavonoidler, alkaloidler, iridoid glikozitler, yağ asitleri, polisakkaridler, tanenler ve polifenoller gibi çeşitli kimyasal bileşikler içermektedir. Bu fitokimyasal çeşitlilik, bitkinin hem tıbbi (fitoterapötik) değerini hem de fonksiyonel bir yem bitkisi olarak stratejik önemini belirlemektedir (Kara vd. 2018).

İridoid Glikozitler: Aucubin ve Catalpol bitkinin fitokimyasal profilindeki en baskın ve en çok araştırılan grup iridoid glikozitlerdir. *P. lanceolata* yapraklarında majör bileşenler olarak Aucubin ve Catalpol bulunurken, minör düzeyde asperuloside de tespit edilmiştir (Tamura ve Nishibe, 2002).

Miktar ve Değişim: Yapraklardaki toplam iridoid glikozit içeriği kuru maddede %1 ile %3 arasında değişmekle birlikte; genotip, hasat zamanı ve stres koşullarına bağlı olarak bu oran %9'a kadar çıkabilmektedir (Darrow ve Bowers, 1999). Genellikle genç yapraklarda konsantrasyon daha yüksekken, bitki yaşlandıkça bu oran azalma eğilimi gösterir. Catalpol düzeyi genellikle aucubin düzeyinden daha düşüktür, ancak bazı çeşitlerde (ör: Ceres Tonic) catalpol oranı ıslah yoluyla artırılmıştır.

Aktivasyon Mekanizması: İridoidler bitki dokusunda glikozit formunda (inaktif) bulunur. Ancak bitki dokusu parçalandığında (örneğin hayvanın çiğnemesi sırasında) endojen β -glukozidaz enzimi ile hidrolize uğrar. Özellikle aucubin, hidroliz sonucu kararsız bir aglikon olan aucubigenin'e ve sonrasında polimerik dialdehitlere dönüşür. Bu türevler, proteinlerle çapraz bağ kurma (protein denatürasyonu) ve geniş spektrumlu antimikrobiyal aktivite gösterme yeteneğine sahiptir (Bowers vd., 1992).

Feniletanoid Glikozitler: Akteozit (Verbascoside) *P. lanceolata*'nın bir diğer önemli biyoaktif bileşeni, güçlü bir antioksidan olan Akteozit (veya diğer adıyla Verbascoside)'tir. Yapraklardaki oranı kuru maddede %0.5–1.5 civarındadır (Jankovic vd., 2012).

Akteozit, kafeik asit ester yapılarında olup, serbest radikal süpürücü etkisi sentetik antioksidanlardan (BHA, BHT) daha yüksektir. Bu özelliği, bitkinin oksidatif strese karşı direncini artırırken, hayvan beslemede ise et ve süt kalitesinin korunmasına (raf ömrünün uzamasına) katkı sağlayabilmektedir. Ayrıca akteozitin, iridoidlerle sinerjik çalışarak antienflamatuar ve antimikrobiyal etkiyi güçlendirdiği bildirilmektedir (Gómez-García vd., 2024).

Mineral İçeriği ve "Mineral Bitkisi" Özelliği: Yem bitkileri literatüründe *P. lanceolata*, sıklıkla mineral bitkisi (mineral herb) olarak tanımlanır. Derin kazık kök sistemi sayesinde, İngiliz çimi (*Lolium perenne*) ve yonca (*Medicago sativa*) gibi türlere kıyasla topraktan daha fazla makro ve mikro element kaldırabilmektedir.

Karşılaştırmalı analizlerde, *P. lanceolata*'nın özellikle kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), bakır (Cu), çinko (Zn) ve kobalt (Co) bakımından çayır otlarından 2-3 kat daha zengin olduğu rapor edilmiştir (Harrington vd., 2006). Bu yüksek mineral profili, özellikle mera tetanisi (hipomagnezemi) ve süt humması (hipokalsemi) gibi metabolik hastalıkların önlenmesinde koruyucu bir faktör olarak

değerlendirilmektedir. Ancak, yüksek potasyum içeriği nedeniyle anyon-kasyon dengesinin (DCAD) izlenmesi gerekebilir.

Müsilaj ve Polisakkaritler Bitkinin tohumlarında ve yapraklarında yüksek oranda bulunan müsilaj (hidrokolloid polisakkaritler), sindirim sistemi sağlığı için kritik öneme sahiptir. Yaprak müsilajı, ramnogalakturonan yapısındadır ve bağışıklık sistemini modüle edici (immünostimülan) etkilere sahiptir. Hayvan beslemede ise müsilajın, bağırsak yüzeyini kaplayarak patojen bakterilerin adezyonunu engellediği ve özellikle atlarda kum birikimine bağlı kolikleri (sand colic) önlemede etkili olduğu bilinmektedir (Schmid vd., 2003).

Fitokimyasalların Rumen Üzerindeki Potansiyel Etkisi: *P. lanceolata*'nın içerdiği bu kompleks kimyasal yapı, onu kondense tanen içermeyen ama tanen benzeri etki gösteren nadir bitkilerden biri yapar. İridoid türevlerinin (aucubigenin), tıpkı tanenler gibi rumendeki çözünebilir proteinlere bağlanarak amonyak (NH₃) salınımını yavaşlattığı düşünülmektedir. Bu durum, "bypass protein" miktarını artırarak azot kullanım etkinliğini yükseltmekte ve idrarla azot atılımını (dolayısıyla nitroz oksit emisyonunu) azaltmaktadır (Min vd., 2020). Ayrıca, bu bileşiklerin metanojenik arkeler üzerindeki doğrudan veya dolaylı baskılayıcı etkileri, küresel ısınma ile mücadelede bitkiye stratejik bir rol yüklemektedir.

Yetiştirme Teknikleri ve Agronomik Yönetim

Plantago lanceolata (dar yapraklı sinir otu), doğal meralarda kendiliğinden yetiştirebilen bir tür olmasına rağmen, kültüre alındığında yüksek verim ve kaliteye ulaşabilmesi için spesifik agronomik yönetim tekniklerine ihtiyaç duyar. Aşağıda, tesis aşamasından otlatma yönetimine kadar olan süreçteki kritik parametreler sunulmaktadır.

Toprak Hazırlığı ve Tohum Yatağı: Bitkinin tohumları oldukça küçük (bin tane ağırlığı: 1.5-2.5 g) olduğundan, tohum yatağı hazırlığı çimlenme başarısı için en belirleyici faktördür.

Toprak İşleme: Toprak, derin sürümün ardından diskaro ve tırmık ile işlenerek ince, ufalanmış ve sıkıştırılmış bir tohum yatağı hazırlanmalıdır. Toprak yüzeyinin keseksiz olması, tohum-toprak temasını artırarak çıkış oranını yükseltir.

Ekim Derinliği: En kritik parametredir. Tohumlar 1-2 cm derinliğe ekilmelidir. 2 cm'den daha derin ekimlerde çıkış oranı %50'nin altına

düşmektedir. Ekim sonrası silindir çekilmesi (bastırma), kılcal suyun tohumla ulaşması için zorunludur.

Ekim Zamanı: Ilıman bölgelerde sonbahar (Eylül-Ekim), karasal ve soğuk bölgelerde ise ilkbahar (Mart-Nisan) ekimi tavsiye edilir. Sonbahar ekimlerinde bitkinin kışa rozet oluşturarak girmesi, kış dayanımını artırır (Labreveux vd., 2006).

Tohum Miktarı: *P. lanceolata*, saf olarak ekilebildiği gibi, dünyada yaygın olarak çoklu karışımlar (herbal leys) içerisinde kullanılmaktadır.

Saf Ekim: 8–12 kg/ha (dekara 0.8-1.2 kg).

Karışım Ekim: Karışımlarda genellikle %10-20 oranında yer alır ve 1-3 kg/ha tohum kullanılır. En uyumlu partnerleri Ak üçgül (*Trifolium repens*), Kırmızı üçgül (*Trifolium pratense*) ve Yabani hindiba (*Cichorium intybus*)'dır (Moorby vd., 2004).

Gübreleme: Mineral bitkisi olarak bilinen *P. lanceolata*, topraktan yoğun besin maddesi kaldırdığı için gübrelemeye yüksek tepki vermektedir.

Azot (N): Baklagil içermeyen saf ekimlerde, yıllık 100–150 kg/ha saf azot uygulaması, kuru madde verimini ve ham protein oranını (%12'den %20'lere) önemli ölçüde artırır. Ancak iridoid glikozit (aucubin) içeriği, aşırı azot gübrelemesi ile bir miktar düşüş gösterebilir (Tamura ve Nishibe, 2002).

Fosfor ve Potasyum: Kök gelişimi için ekimle birlikte fosfor (40–60 kg/ha P₂O₅) verilmelidir. Potasyum konusunda dikkatli olunmalıdır; bitki lüks potasyum tüketimine meyillidir. Aşırı K gübrelemesi, Mg alımını baskılayarak hayvanlarda çayır tetanisi riskini artırabilir.

Su İhtiyacı: *P. lanceolata* sulama yapıldığında yaz ortasında da aktif büyümeye devam eder. Sulama Yönetimi: Derin kazık kök yapısı (1 metrenin üzeri) sayesinde kuraklığa dayanıklı olsa da, ekonomik yeşil ot verimi için su kritik önem taşır. Ayrıca, özellikle hasat veya otlatma sonrası yeniden büyüme döneminde yapılacak sulama, bir sonraki biçim verimini doğrudan etkiler.

Yabancı Ot Mücadelesi: *P. lanceolata* geniş yapraklı (dikotiledon) bir bitki olduğu için, tahıl tarımında kullanılan geniş yapraklı ot ilaçları (herbisitler) bitkiye zarar verir (hormonal herbisitler, 2,4-D vb. bitkiyi öldürür). Bu nedenle kimyasal mücadele oldukça sınırlıdır. En iyi

mücadele yöntemi, ekim öncesi tarla temizliği ve karışımında buğdaygiller yem bitkileri kullanarak boş alanların kapatılmasıdır. *P. lanceolata* fidesi, ilk gelişim evresinde rekabet gücü zayıf olan bir türdür. Bu nedenle, ekim yapılacak arazide çok yıllık yabancı otların (ayrık, kanyaş vb.) önceden temizlenmiş olması şarttır (Sanderson vd., 2003).

Çiçeklenme Kontrolü: Yaz aylarında bitki hızla sapa kalkar ve tohum bağlar. Çiçeklenmeyle birlikte yaprakların besin değeri ve sindirilebilirliği düşer, yapraklar sertleşir (lignifikasyon). Bu nedenle, çiçek sapları görüldüğünde hafif bir biçim (temizlik biçimi) yapılarak bitkinin vejetatif (yaprak) fazda kalması teşvik edilmelidir (Kemp vd., 2010).

Otlatma Yönetimi ve Biçim: Bitkinin sürdürülebilirliği, büyüme noktası olan rozet göbeğinin (crown) korunmasına bağlıdır.

Rotasyonel Otlatma: *P. lanceolata* sürekli otlatmaya uygun değildir. En iyi performans, rotasyonel otlatma sistemlerinde alınır. 3-4 haftalık dinlendirme süreleri, karbonhidrat rezervlerinin köklerde depolanması için gereklidir (Ayala vd., 2011).

Otlatma Yüksekliği: Hayvanların bitkiyi tabana kadar (0-2 cm) yemesi engellenmelidir. Optimum otlatma/biçim sonrası anız yüksekliği 4-6 cm olmalıdır. Bu seviye, yaprak koltuklarındaki yeni sürgünlerin zarar görmesini engeller.

Verim Potansiyeli ve Besleme Değeri

Plantago lanceolata, geleneksel buğdaygiller yem bitkilerine kıyasla daha düşük bir kuru madde oranına (%9-12) sahip olmasına rağmen, birim alandan elde edilen toplam sindirilebilir besin maddesi ve mineral madde verimi açısından oldukça rekabetçidir. Yeni Zelanda ve Avrupa'da yapılan ıslah çalışmaları sonucu geliştirilen "dik büyüyen (erect)" çeşitler (ör: 'Tonic', 'Ceres Tonic'), hektar başına yıllık 10-19 ton kuru madde (KM) verimine ulaşabilmektedir (Labreveux vd., 2006; Powell vd., 2007).

Uluslararası Verim Potansiyeli

Yeni Zelanda: Yoğun mera sistemlerinde yürütülen çalışmalarda, *P. lanceolata*'nın saf ekimlerinde yıllık kuru madde verimi 12-19 ton/ha arasında rapor edilmiştir. Özellikle yaz aylarında İngiliz çimi (*Lolium perenne*) veriminin düştüğü dönemde, *P. lanceolata* yüksek büyüme hızıyla (günlük 80-100 kg KM/ha) mera açığını kapatmaktadır (Kemp vd., 2010).

ABD ve Kuzey Amerika: Pensilvanya ve kuzeydoğu eyaletlerinde yapılan denemelerde, üçgül ve çim karışımlarında kullanıldığında yıllık 8-12 ton/ha kuru madde verimi elde edilmiştir (Sanderson vd., 2003).

Avrupa: İrlanda ve İngiltere’de yürütülen çoklu karışım (multispecies swards) çalışmalarında, *P. lanceolata* karışımının toplam verimine %20-30 oranında katkı sağlamakta ve toplam sistem verimini artırmaktadır (Finn vd., 2013).

Türkiye Potansiyeli ve Deneme Sonuçları: Türkiye’de *Plantago lanceolata* üzerine yapılan tarımsal çalışmalar henüz yeni gelişmekte olup, Türkiye’de yapılan en güncel çalışmalardan birinde, Şanlıurfa koşullarında yetiştirilen *P. lanceolata* bitkilerinde yeşil ot verimi 36.7-60.5 g/bitki, kuru ot verimi ise 7.2-9.1 g/bitki olarak belirlenmiştir. Bu veriler, Türkiye’nin yarı kurak bölgelerinde bile sınır otunun istikrarlı bir gelişim gösterdiğini doğrulamaktadır (Orhan, 2024). Akdeniz ve Ege iklim kuşaklarında, kışın ılıman geçmesi sayesinde bitki yıl boyu yeşil kalabilmektedir.

Besleme Değeri ve Kimyasal Kompozisyon

Plantago lanceolata’yı yem bitkileri arasında benzersiz kılan özellik, düşük lif (NDF) içeriğine karşılık yüksek sindirilebilirlik ve mineral içeriğidir. Nitekim Şanlıurfa ekolojik koşullarında yapılan çalışmada, *P. lanceolata*’nın ham protein kapsamı %11.4-19.2, ADF %15.6-20.2, NDF ise %17.4-5.4 olarak ölçülmüş; özellikle düşük NDF ve yüksek NYD (269-410) değerleri ile yüksek kaliteli yem sınıfında yer aldığı bildirilmiştir (Orhan, 2024).

Ham Protein (HP): %14-24 arasında değişir. Bu değer, birçok buğdaygiller yem bitkisinden yüksek, yoncaya yakındır (Tablo 1).

Lif İçeriği (NDF ve ADF): NDF oranı %25-35, ADF oranı %18-25 arasındadır. Buğdaygillerde NDF oranının %45-55 olduğu düşünüldüğünde, *P. lanceolata* rumen doluluğu yaratmadan yüksek yem tüketimine (voluntary intake) olanak tanır (Moorby vd., 2004).

Mineral İçeriği: Kalsiyum (Ca), magnezyum (Mg), sodyum (Na), bakır (Cu) ve çinko (Zn) bakımından çok zengindir. Özellikle Ca oranı %1.5-2.5 düzeyindedir (Çimlerde bu oran %0.4-0.6’dır). Ayrıca Türkiye’de yapılan bir çalışmada bitkinin selenyum içeriğinin 0.74-1.37 mg/kg düzeylerine ulaştığı belirlenmiştir (Orhan, 2024). Bu oran, birçok mera bitkisine kıyasla oldukça yüksektir ve siniroturnun özellikle selenyum eksikliğinin

yaygın olduğu bölgelerde stratejik bir yem bitkisi olabileceğini göstermektedir.

Tablo 1. Sinir Otu (*Plantago lanceolata*) ve Yaygın Yem Bitkilerinin Karşılaştırmalı Besleme Değerleri

Özellik	<i>Plantago lanceolata</i> (Sinir Otu)	<i>Lolium perenne</i> (İngiliz Çimi)	<i>Medicago sativa</i> (Yonca)
Kuru Madde (%)	9–14 (Düşük)	18–25	20–25
Ham Protein (%)	14–22	12–18	18–24
NDF (%)	28–34	45–55	38–45
Sindirilebilirlik (%)	70–80	65–75	60–70
Biyoaktif Bileşenler	İridoid Glikozitler	Yok	Saponinler

Çevresel ve Besleme Etkileşimi (Metan ve Azot): Yem değeri sadece hayvan performansı ile değil, çevresel çıktılarla da ölçülmektedir. *P. lanceolata* içeren rasyonlarda, düşük NDF ve yüksek suda çözünür karbonhidrat (WSC) içeriği sayesinde rumen pH'sı daha stabil kalmaktadır. Ayrıca içeriğindeki Aucubin, rumen mikroflorasında amonyak üreten bakterileri baskılayarak, idrarla atılan azot miktarını %20–40 oranında düşürmektedir (Totty vd., 2013). Bu durum, bitkinin "Çevre Dostu Yem" (Eco-feed) olarak sınıflandırılmasını sağlamaktadır.

Çevresel ve Ekonomik Boyutlar

Plantago lanceolata, modern tarımda sadece hayvansal üretim girdisi olarak değil, aynı zamanda ekosistem hizmetleri sağlayan biyolojik bir araç olarak değerlendirilmektedir. Bitkinin çevresel ve ekonomik katkıları, özellikle "Sürdürülebilir Hayvancılık" ve "Yeşil Mutabakat" hedefleri doğrultusunda stratejik öneme sahiptir.

Çevresel Katkıları

a) Nitrat Yıkanmasının Azaltılması (Biyolojik Nitrifikasyon İnhibisyonu): *Plantago lanceolata*'nın küresel ölçekte en çok ses getiren çevresel katkısı, mera sistemlerinde azot kaybını engellemesidir. Ruminant hayvanların idrarındaki azotun toprağa geçişi sırasında, *P. lanceolata* köklerinden salgılanan ve iridoid glikozitlerin yıkımıyla oluşan bileşikler (özellikle aucubin türevleri), toprakta nitrifikasyonu sağlayan bakterileri (*Nitrosomonas* spp.) baskılar. Yeni Zelanda'da yürütülen lizimetre çalışmalarında, *P. lanceolata* içeren meralarda, İngiliz çimi meralarına kıyasla nitrat yıkanmasının %30–50 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Di

vd., 2005; Dietz vd., 2013). Bu özellik, yeraltı sularının kirlenmesini önlemede büyük bir potansiyele sahiptir.

b) Enterik Metan Emisyonunun Düşürülmesi Küresel ısınmaya neden olan sera gazları arasında hayvancılık kaynaklı metan (CH₄) önemli bir yer tutar. *P. lanceolata*, içerdiği biyoaktif bileşenler (iridoidler ve akteozit) sayesinde rumen fermantasyonunu modüle eder. Aucubin ve türevlerinin antimikrobiyal etkisi, rumendeki metanojenik arkelerin popülasyonunu veya aktivitesini baskılayabilmektedir. Yapılan in vitro ve in vivo çalışmalarda, *P. lanceolata* ile beslenen hayvanlarda metan üretiminin %10–20 oranında düştüğü rapor edilmiştir (Totty vd., 2013; Min vd., 2020). Bu, karbon ayak izini düşürmeyi hedefleyen çiftlikler için kritik bir avantajdır.

Toprak Yapısının İyileştirilmesi ve Karbon Depolama: *P. lanceolata* derin kazık kök sistemi ile toprağı 1 metre derinliğe kadar işler.

Biyolojik Pulluk: Sıkışmış toprak katmanlarını (hardpan) delerek suyun infiltrasyonunu artırır ve toprağın havalanmasını sağlar.

Karbon: Derin kök biyokütlesi, toprağın alt katmanlarına organik madde taşır ve uzun süreli karbon depolanmasına (carbon sequestration) katkı sağlar (Skinner vd., 2004).

Ekonomik Boyutlar

a) Hayvan Sağlığı Giderlerinde Tasarruf (Doğal İlaç Etkisi): Ekonomik analizlerde genellikle göz ardı edilen ancak üreticiye doğrudan yansıyan en büyük kalem veteriner masraflarıdır.

Antelmintik Etki: *P. lanceolata* içeren meralarda otlayan kuzularda, iç parazit yükünün (nematod yumurta sayısı) azaldığı ve sentetik parazit ilaçlarına (antelmintikler) olan ihtiyacın düştüğü kanıtlanmıştır (Knight vd., 1996).

Mineral Takviyesi: Yüksek mineral içeriğı (Ca, Mg, Zn, Cu) sayesinde, dışarıdan yalama taşı veya toz mineral takviyesi yapma maliyetini minimize eder.

b) Gübre Tasarrufu ve Verim Stabilesi

Azot Etkinliği: Bitkinin idrar azotunu toprakta tutma yeteneğı ("a" maddesi), uygulanan azotlu gübrenin bitki tarafından daha etkin kullanılmasını sağlar. Bu da gübre maliyetlerinde düşüş anlamına gelir.

Kuraklık Sigortası: Yaz kuraklığında buğdaygil yem bitkilerinin verimi durduğunda, *P. lanceolata* büyümeye devam eder. Bu dönemde üreticinin dışarıdan kaba yem satın alma zorunluluğunu ortadan kaldırarak işletme bütçesini korur (Sanderson vd., 2003).

c) Ürün Kalitesi ve Pazar Değeri: *P. lanceolata* ile beslenen hayvanların et ve süt ürünlerinde, bitkiden gelen antioksidanlar (akteozit) sayesinde oksidatif bozulma gecikir, raf ömrü uzar ve "omega-3" yağ asitleri profili iyileşir. Bu durum, "fonksiyonel gıda" pazarında ürünün daha yüksek fiyattan satılmasına olanak tanıyabilir (Fraisie vd., 2007).

Türkiye Perspektifi: Türkiye'nin coğrafi ve ekonomik koşulları dikkate alındığında *Plantago lanceolata* stratejik bir açığı kapatabilir (Kır, 2024):

Kuraklıkla Mücadele: İç Anadolu ve Geçit bölgelerinde artan yaz kuraklıklarında, sulama imkanı olmayan meralarda "yeşil yem zincirini" sürdürebilir.

İthalatın Azaltılması: Yüksek mineral ve protein içeriği ile ithal soya ve mineral premikslerine olan bağımlılığı azaltarak cari açığa pozitif katkı sunar.

Çevresel Uyum: Türkiye'nin AB Yeşil Mutabakatı çerçevesindeki "karbon nötr tarım" hedeflerine ulaşmasında, metan ve azot azaltıcı özelliği ile "onaylı" bir yem bitkisi olarak kullanılabilir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Plantago lanceolata (Dar yapraklı sinir otu), geleneksel yem bitkisi algısını değiştiren, biyokütle üretiminden ziyade "biyoaktivite ve ekolojik hizmet" odaklı yeni nesil bir yem bitkisi olarak literatürdeki yerini sağlamlaştırmıştır. Derin kazık kök sistemi sayesinde kuraklık stresi altında gösterdiği üstün performans, onu iklim değişikliği senaryolarında meraların sigortası haline getirmektedir. Ayrıca, içerdiği iridoid glikozitler (aucubin, catalpol) ve feniletanoidler (akteozit) sayesinde; hayvan sağlığını koruyucu (antelmintik, antimikrobiyal) ve çevresel kirliliği önleyici (metan azaltımı, nitrat tutulumu) etkileriyle "fonksiyonel bir yem bitkisi" karakteri sergilemektedir.

Ancak, *P. lanceolata*'nın tarımsal sistemlere tam entegrasyonunda bazı agronomik ve teknolojik kısıtlar mevcuttur. Geniş yapraklı bir bitki olması nedeniyle buğdaygil meralarında kullanılan herbisitlere duyarlılığı, saf

ekimlerde yabancı ot mücadelesini zorlaştırmaktadır. Ayrıca düşük kuru madde içeriği (%10–12), silaj ve kuru ot yapımını güçleştirmekte, bitkinin daha çok taze otlatma materyali olarak değerlendirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Gelecek perspektifi ve araştırma ihtiyaçları açısından şu başlıklar öne çıkmaktadır:

1. Islah Odaklı Çalışmalar

Kış Dayanımı ve Kalıcılık: Mevcut kültürlerin çoğu 3–4 yıllık ömre sahiptir. Çok yıllık kalıcılığı (persistence) daha yüksek ve sert kış koşullarına dayanıklı yerli genotiplerin geliştirilmesi gerekmektedir.

Biyoaktif Bileşen Stabilizasyonu: İridoid glikozit içeriği genetik olarak stabilize edilmiş çeşitlerin ıslahı hedeflenmelidir. Metan azaltımı için yeterli yükseklikte, ancak hayvanın yem tüketimini (lezzetliliği) düşürmeyecek optimum aucubin seviyesi belirlenmelidir.

2. Çevresel Etki Analizlerinin Derinleştirilmesi

In Vivo Metan Ölçümleri: *P. lanceolata*'nın metan emisyonu üzerindeki etkisi laboratuvar çalışmalarında (in vitro) kanıtlanmış olsa da, uzun süreli hayvan besleme denemeleriyle (solunum odaları kullanılarak) bu etkinin kalıcılığı doğrulanmalıdır.

Karbon Kredilendirme: Bitkinin derin kök sistemiyle toprağa bağladığı karbon miktarının ve azalttığı nitratin ekonomik karşılığı hesaplanmalı; "Karbon Çiftçiliği" (Carbon Farming) modellerine entegre edilmelidir.

3. Yem Teknolojisi ve Muhafaza Yöntemleri

Bitkinin yüksek su içeriği nedeniyle silaj yapımında yaşanan fermentasyon sorunlarını aşmak için, kuru maddesi yüksek baklagillerle veya buğdaygillerle yapılacak ideal karışım oranları belirlenmelidir. Ayrıca, biyoaktif bileşenlerin (iridoidlerin) silaj fermentasyonu ve kurutma sırasında ne kadarının korunduğu araştırılmalıdır.

4. Hayvansal Ürün Kalitesi ve İnsan Sağlığı

P. lanceolata ile beslenen hayvanların et ve sütlerinde, bitkisel kökenli antioksidanların birikimi ve bu ürünlerin insan sağlığı üzerindeki etkileri detaylandırılmalıdır. Özellikle Omega-3 yağ asitleri ve raf ömrü üzerindeki pozitif etkiler, ürünün katma değerini artıracaktır.

5. Politika ve Yayım Stratejileri

Türkiye'nin "Kuraklıkla Mücadele Eylem Planı" ve "Yeşil Mutabakat" hedefleri doğrultusunda; az su tüketen, gübre ihtiyacı düşük ve metan emisyonunu azaltan bu bitkinin yem bitkileri destekleme kapsamına alınması stratejik bir hamle olacaktır.

Sonuç olarak; *Plantago lanceolata*, sadece bir hayvan yemi değil, topraktan sofraya uzanan zincirde hayvan refahını, çevre sağlığını ve ürün kalitesini aynı anda iyileştirebilen stratejik bir bitkidir. Türkiye'nin kurak ve yarı kurak bölgelerinde, sürdürülebilir mera yönetiminin temel taşlarından biri olma potansiyeline sahiptir.

KAYNAKÇA

- Abate, L., Bachheti, R. K., Tadesse, M. G., Bachheti, A. (2022). Ethnobotanical uses, chemical constituents, and application of *Plantago lanceolata* L. Journal of Chemistry, 2022(1), 1532031.
- Ayala, W., Kemp, P. D., Hodgson, J. (2011). Effect Of Defoliation İntensity On The Growth Of Plantain (*Plantago lanceolata* L.) and Chicory (*Cichorium intybus* L.). New Zealand Journal of Agricultural Research, 54(4), 269–279. <https://doi.org/10.1080/00288233.2011.613404>
- Can, M., Şahin, E., Kaymak, G., Ayan, I., Mut, H., Aşçı, O.O., 2021. An Alternative Forage Crop For Turkey Ribwort Plantain(*Plantago lanceolata* L.). Sustainable Forage Production and Ecological Safety. s.413-437. ISBN: 978-625-7636-89-6.
- Darrow, K., & Bowers, M. D. (1999). Effects of Herbivore Damage and Nutrient Level On İnduction of İridoid Glycosides in *Plantago lanceolata*. Journal of Chemical Ecology, 25(6), 1427–1440.
- Di, H. J., ve Cameron, K. C. (2005). Reducing Environmental İmpacts of Agriculture By Using A Fine Particle Suspension Nitrification İnhibitor to Decrease Nitrate Leaching From Grazed Pastures. Agriculture, Ecosystems & Environment, 109(3-4), 202–212. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2005.03.012>
- Dietz, T. J., Kemp, P. D., ve Hedley, M. J. (2013). Soil Nitrogen Retention İn The Root Zone of *Plantago Lanceolata* and *Lolium Perenne*. Plant and Soil, 366, 497–507.
- Duru, A. A., Sarıhan, E. O., Bulduk, İ., 2018. Determination of Ensiling Possibilities of (*Plantago lanceolata* L.). International Journal of Agriculture Forestry and Life Sciences, 2(1), 36-43.
- FAO. (2024). World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2024. Food and Agriculture Organization of the United Nations. Rome.
- Finn, J. A., Kirwan, L., Connolly, J., Sebastià, M. T., Helgadottir, A., Baadshaug, O. H., ... ve Lüscher, A. (2013). Ecosystem Function Enhanced by Combining Four Functional Types of Plant Species in Intensively Managed Grassland Mixtures: A 3-Year Continental-Scale Field Experiment. Journal of Applied Ecology, 50(2), 365–375.
- Fraisse, D., Felgines, C., Texier, O., ve Lamaison, J. L. (2007). Caffeoyle Derivatives: Major Antioxidant Compounds of Some Wild Herbs of The Asteraceae and Plantaginaceae Families. Food Chemistry, 105(4), 1450–1457.
- Hao, X. Y., Wang, Y. F., ve Yu, F. H. (2015). A Global Synthesis of The Effects of *Plantago Lanceolata* on Ecosystem Functions. Ecological Indicators, 52, 280–286.
- Harrington, K. C., Kemp, P. D., ve Fary, J. (2006). Mineral Composition of Plantain, Chicory and Lucerne. Proceedings of the New Zealand Grassland Association, 68, 337–341.
- IPCC. (2023). Climate Change 2023: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Sixth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Core Writing Team, H. Lee, J. Romero, Eds.). IPCC, Geneva, Switzerland.
- Jankovic, T., Zdunic, G., Beara, I., Balog, K., Pljevljakusic, D., Stevovic, S., ve Svircev, Z. (2012). Comparative Study of Some Polyphenols in *Plantago* Species. Biochemical Systematics and Ecology, 42, 69–74.
- Kara, K., 2016. Permakültür Yem Bitkisi Olarak Sinirotu (*Plantago*). Türkiye Klinikleri Animal Nutrition and Nutritional Diseases-Special Topics, 2(1), 71-75.
- Kara, K., Güçlü K., B., Aktuğ, E., ve Baytok, E., 2015. Dar Yapraklı Sinirotunun (*Plantago lanceolata*) Besin Madde Düzeyi ve Ruminantlarda İn Vitro Sindirim Parametrelerinin Belirlenmesi. Sağlık Bilimleri Dergisi, 24(3), 149-155.

- Kara, K., Ozkaya, S., Baytok, E., Guclu, B. K., Aktug, E., Erbas, S. (2018). Effect of phenological stage on nutrient composition, in vitro fermentation and gas production kinetics of *Plantago lanceolata* herbage. *Veterinární medicína*, 63(6).
- Kemp, P. D., Kenyon, P. R., Morris, S. T. (2010). The Use Of Legume And Herb Forage Species To Create High Performance Pastures For Sheep And Cattle. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*, 72, 35–44.
- Kır, H. (2024). Türkiye’de Kaba Yem Üretimi ve İhtiyaç Analizi: TR71 Bölgesi Örneği. In H. Ögütçü & Y. E. Karaman (Eds.), *Fen Bilimleri, Ziraat ve Mühendislik Alanlarındaki Bilimsel Araştırmalar* (pp. 206–229).
- Knight, R. A., Veale, P. I., Matsumoto, T. (1996). Effects Of *Plantago Lanceolata* On Internal Parasites Of Sheep. *Proceedings of the New Zealand Society of Animal Production*, 56, 88–91.
- Labreveux, M., Sanderson, M. A., Hall, M. H. (2006). Forage Chicory And Plantain: Survival and Performance İn A Mixed Pasture. *Agronomy Journal*, 98(6), 1471–1477.
- Min, B. R., Solaiman, S., Waldrip, H. (2020). Dietary Mitigation Of Enteric Methane Emissions From Ruminants Using Tannins And Saponins-Rich Forages. *Animals*, 10(9), 1642. <https://doi.org/10.3390/ani10091642>
- Moorby, J. M., Evans, R. T., Scollan, N. D. (2004). The Effect Of Feeding *Plantago Lanceolata* and *Cichorium İntybus* on The Voluntary İntake And Digestibility Of Ryegrass. *Grass and Forage Science*, 59(3), 243–248.
- Navarra, G., Siebert, S., Giesy, J. P. (2019). In Vitro Gas Production And Methane Reduction Potential Of *Plantago lanceolata* Extracts. *Journal of Animal Science*, 97(Suppl 3), 112.
- Orhan, C. (2024). Farklı Sıra Üzeri Mesafelerin *Plantago lanceolata* L. (Sinirotu) Bitkisinde Verim ve Kalite Özellikleri Üzerine Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Şanlıurfa.
- Pembleton, K. G., Tozer, K. N., Edwards, G. R. (2016). Simple Versus Diverse Pastures: Opportunities and Challenges in Dairy Systems. *Animal Production Science*, 56(1), 1–13.
- Powell, A. M., Kemp, P. D., Jaya, I. K. D., Osborne, M. A. (2007). Establishment, Growth and Persistence of Plantain and Chicory Under Grazing. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 50(4), 417–427.
- Sagar, G. R., ve Harper, J. L. (1964). *Plantago major* L., *P. media* L. and *P. lanceolata* L. *Journal of Ecology*, 52(1), 189–221.
- Samuelsen, A. B. (2000). The traditional uses, chemical constituents and biological activities of *Plantago major* L. A review. *Journal of ethnopharmacology*, 71(1-2), 1-21.

ASPIR (*Carthamus tinctorius* L.) ÇEŞİTLERİNİN ÇİÇEK VERİMİ İLE BAZI VERİM ÖĞELERİ ARASINDAKİ İLİŞKİLERİN BELİRLENMESİ

İsmail DEMİR*

GİRİŞ

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.), M.Ö. 4000'lerde Mısır'da tarımı yapılan ve Mezopotamya'nın geniş topraklarında doğal olarak yetiştiği belirlenen bir bitki türüdür. Ayrıca, Hindistan'da da uzun bir süredir bilinen bu bitki, 1. yüzyılda Çin ve Japonya'ya yayılmıştır (Er ve Başalma, 2008). 16. yüzyılda Mısır'dan İngiltere'ye ithal edilmiş ve burada şifalı bitkiler olarak rahipler tarafından yetiştirilmiştir. Yabani aspir türlerine Türkiye'nin Doğu Anadolu bölgesinde rastlanmaktadır.

Dünya genelinde artan nüfusla birlikte gıda tüketimi de yükselmektedir. Son yıllarda bitkisel yağlar hem gıda endüstrisinde hem de biyodizel üretiminde kullanılmaya başlanarak enerji hammaddesi olarak önem kazanmıştır. Bu nedenle bitkisel yağlar gıda, enerji ve kimya sektörlerinde stratejik bir ürün haline gelmiştir. Dünya genelinde bitkisel yağlar, esas olarak soya fasulyesi, palmiye, ayçiçeği ve kolza tohumu gibi yağlı tohum bitkilerinden elde edilmektedir (Babaoğlu, 2006). Aspir bitkisinin tohumları %30-50 oranında yağ içermektedir. Linoleik asit (Omega-6) ve Oleik asit (Omega-9) olmak üzere iki farklı yağ tipi bulunmaktadır. Oleik asit içeren çeşitler, zeytinyağı kalitesine yakın olup, yemeklik yağ olarak oldukça değerlidir. Aynı zamanda aspir yağı biyodizel üretiminde de kullanılabilir. Aspirin yağ çıkarıldıktan sonra kalan küspe, hayvan yemi olarak kullanılabilir. Kuraklığa karşı oldukça dayanıklı olan bu bitki, hem kışlık hem de yazlık çeşitleri ile yetiştirilebilir (Babaoğlu, 2006; Eryılmaz vd., 2014; Serim vd., 2015). Türkiye gibi yarı kurak iklim kuşağında yer alan ülkelerde, aspir üretimi su kıtlığı ve kuraklığa karşı bir alternatif tarımsal çözüm olarak görülmektedir (Demir ve Karaca, 2018).

Aspir bitkisi yağlı tohumlu bitkiler arasında tarım alanı en düşük bitkilerin başında gelir. Genel olarak verimi düşük ve marjinal alanlarda

* Doç. Dr., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü Kırşehir, ismail.demir@ahievran.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-8950-5253>

tarımı yapıldığından üretim miktarı da oldukça düşüktür. Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) bitkisine ait en güncel küresel verilere göre, dünya genelinde toplam ekim alanı yaklaşık 910.848 hektar olup, 723.875 ton üretim gerçekleştirilmiştir. Ortalama verim ise 79,0 kg/da düzeyindedir. Bu veriler, bazı ülkelerin aspir üretiminde ekim alanı ve üretim miktarı açısından öne çıktığını göstermektedir.

Kazakistan, %42,8' lik ekim alanı oranı ve %33,5' lik üretim payı ile dünya aspir üretiminde ilk sırada yer almaktadır. Göreli olarak düşük bir verime sahip olmasına (62,0 kg/da) rağmen, geniş ekim alanı (389.774 ha) sayesinde bu konumunu korumaktadır. Rusya, %21,5 oranında ekim alanı ve %19,1 üretim payı ile ikinci sıradadır; verimi ise Kazakistan' dan biraz daha yüksektir (70,0 kg/da) (FAO, 2025).

Tablo 1. Dünya 2023 yılı aspir tarımı ve durumu (Food and Agriculture Organization [FAO], 2025)

Sırası	Ülke	Ekim alanı (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/da)
	Dünya	910848	723875	79,0
1	Kazakistan	389774	242172	62,0
2	Rusya	195884	137957	70,0
3	Hindistan	108927	90002	83,0
4	USA	50990	59230	116,0
5	Meksika	33802	65760	195,0
6	Türkiye	32130	39000	121,0
7	Tanzanya	25719	14334	56,0
8	Çin	23139	34028	147,0
9	Özbekistan	11141	5728	51,0
10	Arjantin	9495	5401	57,0

Hindistan, 108.927 hektarlık ekim alanı ile dünya toplamının %12,0' sine sahiptir ve %12,4' lük üretim oranı ile önemli bir paya sahiptir. Amerika Birleşik Devletleri ve Meksika, daha küçük ekim alanlarına (50.990 ha ve 33.802 ha) sahip olmalarına rağmen, oldukça yüksek verim değerlerine sahiptirler (116,0 kg/da ve 195,0 kg/da). Bu yüksek verim sayesinde, üretim miktarındaki payları ekim alanlarındaki paylarından daha fazladır.

Türkiye, dünya aspir üretiminde altıncı sırada yer almakta olup 32.130 hektar alanda üretim yapılmaktadır. Bu alan, küresel toplamın %3,5' ini oluştururken, 39.000 tonluk üretim ile %5,4' lük bir üretim payına sahiptir. Türkiye, 121,0 kg/da verim ile yüksek üretim verimliliği gösteren ülkeler arasında yer almaktadır.

Diğer dikkat çeken üretici ülkeler arasında Tanzanya, Çin, Özbekistan ve Arjantin bulunmaktadır. Bu ülkeler, küresel üretim ve ekim alanında daha küçük oranlara sahiptir. Özellikle Çin, 147,0 kg/da gibi yüksek bir verimle dikkat çekmekte ve %2,5' lik ekim alanı payına rağmen %4,7' lik üretim oranına ulaşmaktadır (Tablo 1).

Bu veriler, aspir üretiminde ülkeler arasında önemli verimlilik farklarının bulunduğunu ortaya koymaktadır. Meksika, ABD ve Çin gibi sınırlı ekim alanına sahip ülkeler, yüksek verimlilik sayesinde üretimde güçlü bir konuma sahipken, Kazakistan ve Rusya gibi ülkeler daha çok yaygın (ekstensif) tarım uygulamalarıyla yüksek üretim miktarına ulaşmaktadır.

Tablo 2. Türkiye 2024 yılı aspir tarımı ve durumu (Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2025)

Sırası	Ülke	Ekim alanı	Üretim (ton)	Verim
	Türkiye	254106	29000	114
1	Kayseri	91770	10191	111
2	Isparta	38330	4274	112
3	Konya	26181	3441	131
4	Nevşehir	16972	1953	115
5	Aksaray	13309	1821	137
6	Kırşehir	11112	1098	99
7	Ankara	9516	894	94
8	Sivas	6942	734	106
9	Çankırı	6713	754	112
10	Yozgat	5806	630	109
11	Afyonkarahisar	3940	487	124
12	Karaman	3334	356	107
13	Bursa	3039	198	65
14	Çorum	2374	397	167
15	Kırıkkale	2360	275	117

2024 yılı verilerine göre Türkiye' de toplam 254.106 dekarlık bir alanda aspir ekimi gerçekleştirilmiş ve 29.000 ton üretim elde edilmiştir. Ortalama verimlilik 114 kg/da düzeyindedir. Üretim, özellikle İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yoğunlaşmış olup, bazı iller bu alanda öne çıkmaktadır.

Kayseri, %36,1' lik ekim alanı ve %35,1' lik üretim oranıyla Türkiye ' de aspir üretiminde lider konumdadır. Yaklaşık 91.770 da alanda ekim

yapılmış ve 10.191 ton üretim elde edilmiştir. Isparta ikinci sırada yer almakta olup 38.330 da alanda 4.274 ton üretim gerçekleştirmiştir. Bu il Türkiye toplamının %15,1' ini ekim alanı, %14,7'sini ise üretim açısından temsil etmektedir. Konya, 26.181 da ekim alanı ve 3.441 ton üretim ile üçüncü sıradadır. Ayrıca 131 kg/da verimlilik ile yüksek verimli iller arasında yer almaktadır. Onu sırasıyla Nevşehir, Aksaray, Kırşehir ve Ankara izlemektedir. Bu iller, Türkiye' de aspir üretiminin orta düzeyde gerçekleştiği ve özellikle İç Anadolu' nun aspir için uygun agroekolojik koşullar sunduğu iller olarak öne çıkmaktadır. Kırşehir ili, 11112 dekarlık üretim alanında 1098 ton üretim ve 99 kg/da verimiyle Türkiye'nin aspir üretiminde bölgesel öneme sahip illeri arasında yer almaktadır. Bölgenin tipik karasal iklim koşulları ve düşük yağış rejimi, aspir gibi kuraklığa dayanıklı bitkilerin adaptasyon potansiyelini ön plana çıkarmaktadır. Kırşehir florası üzerine yapılan son dönem çalışmalarda, yörede çok sayıda tıbbi ve ekonomik değere sahip bitki taksonunun doğal olarak bulunduğu bildirilmiştir (Ulcay, 2024). Bu tür etnobotanik veriler, bölgedeki doğal bitki çeşitliliğinin tarımsal üretim çeşitlendirilmesi açısından büyük önem taşıdığını göstermektedir (Ulcay, 2021; Ulçay, 2023a). Çankırı, Yozgat, Afyonkarahisar ve Karaman gibi iller daha düşük oranlara sahip olmakla birlikte, Türkiye toplamı içinde anlamlı katkılar sağlamaktadır. Özellikle Afyonkarahisar, 124 kg/da verim ile yüksek üretim potansiyeli göstermektedir. En yüksek verim 167 kg/da ile Çorum ilinde kaydedilmiştir; bu il sadece %0,9' luk ekim alanına sahip olmasına rağmen, verimlilik açısından dikkat çekici bir durum sergilemektedir. Buna karşılık, Bursa gibi bazı illerde ise verimlilik (65 kg/da) oldukça düşüktür ve üretim miktarları sınırlıdır (TUİK, 2024).

Aspir genellikle yağ amacıyla yetiştirilse de çiçekleri de doğal boya (kartamin/karthamon) ve fonksiyonel gıda üretiminde yüksek ekonomik değere sahiptir. Çiçeklerinden elde edilen kırmızı ve sarı pigmentler, tekstil, kozmetik ve gıda sanayinde doğal renklendirici olarak kullanılmaktadır (Bozdemir, 2020). Ayrıca son yıllarda Türkiye'de doğal boya bitkilerine yönelik ilgi artmış ve aspir çiçeklerinden elde edilen ekstraktların antioksidan ve farmakolojik özellikleri de araştırılmaya başlanmıştır (Aydın, 2012).

Kırşehir'in sahip olduğu bitki çeşitliliği ve zengin ekolojik yapısı, aspir gibi alternatif bitkilerin çevresel adaptasyonunun ve verim bileşenlerinin incelenmesi açısından ideal koşullar sunmaktadır. Bölgenin floristik zenginliğini belgeleyen çalışmalarda (Ulcay, 2021; 2022; 2023b),

bitkilerin anatomik, morfolojik ve ekolojik adaptasyon özelliklerinin kurak koşullarda yüksek çeşitlilik gösterdiği vurgulanmaktadır. Bu bulgular, aspir gibi yarı kurak iklim bitkilerinin ekolojik uyum kabiliyetini anlamak açısından da değerlidir.

Bu çalışma, 2024 yılında Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi deneme alanlarında yürütülmüş olup, altı farklı aspir çeşidinin (Koç42, Linas, Balcı, Dinçer, Olas ve Asol) çiçek verimleri ile bazı morfolojik ve verim öğeleri arasındaki ilişkilerin belirlenmesini amaçlamaktadır. Araştırmanın temel hedefleri:(i) Çiçek verimi yüksek genotiplerin belirlenmesi, (ii) Çiçek verimini etkileyen morfolojik ve agronomik özelliklerin saptanması, (iii) Çiçek hasadı ve mekanizasyon çalışmalarına yönelik bilimsel altlık oluşturulmasıdır. Bu çalışma, Türkiye’de aspride çiçek verimi üzerine yapılan az sayıdaki araştırmadan biri olması bakımından önem taşımaktadır. Ayrıca Kırşehir ekolojik koşullarında elde edilen sonuçlar, bölgesel üretim planlaması, yeni çeşit geliştirme ve doğal boya sanayisi için hammadde temini açısından değerli bilimsel veriler sağlayacaktır.

MATERYAL VE METOD

Materyal

Araştırma yeri Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma ve uygulama tarlasında 2024 yılında gerçekleştirilmiştir. Kırşehir il merkezine yaklaşık 5 km uzaklıkta olup rakımı 1000 m, enlemi 39°07'44.6"N, boylamı 34°06'29.4"E şeklindedir. Araştırmada 6 tescilli aspir çeşidi (Koç42, Linas, Balcı, Dinçer, Olas, Asol) materyal olarak kullanılmıştır. Dinçer çeşidi 1977 yılında tescil olmuş ve turuncu çiçek rengine sahip beyaz taneli ve orta dikenlidir. Bitki boyu 90-110 cm aralığında ve %28-32 ham yağ oranına sahiptir. Koç 2019 yılında tescil edilmiş ve sarı çiçeğe sahip dikenli çeşittir. Krem taneli ve %37-39 düzeyinde ham yağ içerir. Linas çeşidi dikenli olup turuncu ve kırmızı çiçek rengi ile %30-40 oranında ham yağ içerir. 2011 yılında tescil olan Balcı çeşidi dikenli ve sarı çiçeğe sahiptir. Ham yağ içeriği %38-41 aralığındadır. Olas çeşidi 2015 yılında üretim izni almış dikenli ve sarı çiçeğe sahiptir. Krem taneli ve %39-40 oranında ham yağ içerir. Asol çeşidi 2015 yılında üretim izni almış dikenli ve turuncu çiçeğe sahiptir. Beyaz taneli ve %40-41 aralığında ham yağ içerir.

Toprak Özellikleri

Deneme alanının toprak özellikleri değerlendirildiğinde, toprak örneğinin hafif alkali (7.5-8.5), doygunluğunun killi-tınlı (%51-70), organik maddesinin orta düzeyde (1.71-3.0), alınabilir fosfor bakımından

az (<3), alınabilir potasyum bakımından yüksek, tuz içeriğinin tuzsuz (<0.98) ve kireç içeriğinin ise çok kireçli (15-50) olduğu tespit edilmiştir (Kacar, 1995).

Tablo 3. Deneme alanı toprağının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Özellikler	Toprak Derinliği (0-30 cm)
pH	7.63
Toplam Tuz %	0.11
EC (mmhos cm-1)	0.55
Organik Madde %	1.86
Fosfor ((P2O5) kg da-1)	2.22
Potasyum (K2O (kg da-1))	67.33
Kireç % (CaCO3)	25.9
Doygunluk (%)	57

İklim özellikleri

Kırşehir Meteoroloji Müdürlüğü verilerine göre aspir bitkisinin ekim ve hasat dönemine ait uzun yıllar ve 2024 yılı ortalama sıcaklık, nispi nem ve toplam yağış verileri Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 4. Araştırma yerinin 2024 yılı ve uzun yıllara ait iklim verileri

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)		Toplam Yağış (mm)		Nispi Nem (%)	
	2024 Yılı	Uzun Yıllar Ort.	2024 Yılı	Uzun Yıllar Ort.	2024 Yılı	Uzun Yıllar Ort.
Mart	6.6	5.3	53.0	40.4	60.0	67.2
Nisan	14.9	10.8	17.5	40.8	48.8	63.3
Mayıs	14.7	15.5	55.3	44.2	57.4	61.3
Haziran	23.3	19.7	7.9	34.9	40.2	55.5
Temmuz	24.2	23.1	11.1	8.1	44.1	48.9
Ağustos	24.2	23.1	20.1	7.6	39.9	48.1
Eylül	20.1	18.6	22.0	13.1	48.6	51.6
Ortalama	18.3	16.6			48.4	56.6
Toplam			186.9	189.1		

Deneme sezonunda havanın uzun yıllara göre yaklaşık ortalama 2°C daha yüksek olduğu, nispi nemin %3 daha düşük olduğu ve yağışında bu dönemde toplamda 3 mm daha düşük olduğu görülmektedir. Ayrıca aspir bitkisinde çiçeklenme ve tohum döneminde yağışın uzun yıllara göre oldukça düşük (17 mm) ve sıcaklıkta yaklaşık 4 °C daha yüksektir.

Yöntem

Deneme, 2024 yılının üretim sezonunda Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bağbaşı Yerleşkesi deneme alanlarında 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Her parsel, 3 m uzunluğunda 4 sıradan oluşmaktadır. Her blok arasında 3 metre boşluk bırakılmıştır. Gübre olarak 8 kg da-1 azot ve 6 kg da-1 fosfor (P₂O₅) dozu Üre (%46 N) ve DAP (Diamonyum Fosfat) gübreleri kullanılarak ekim öncesi uygulanmıştır. Ekim, 30 Mart 2024 tarihinde sıra arası 25 cm ve 100 adet/m² ekim sıklığı olacak şekilde yapılmıştır. Olgunlaşma döneminde bitki boyu, yan dal sayısı, tabla çapı değerleri ölçülmüştür. Çiçek hasatları ise çiçeklerin olgunlaşmalarına göre tohum hasadından önce yapılmıştır. Hasat edilen bitkilerde tablada dane sayısı verim ve ham yağ oranları hesaplanmıştır.

Veri analizi

Elde edilen verilere Tesadüf Blokları Deneme Desenine göre varyans analizi uygulanmıştır (Düzgüneş vd., 1987). Uygulamalar arasındaki farklılıkların önem düzeylerini belirleyebilmek amacıyla varyan analizi yapılmış ve çeşitler arasında önemli farklılığa göre LSD testi (P<0.05) yapılmıştır. Tüm istatistiksel hesaplamalar bilgisayarda MSTAT-C paket programı kullanılarak yapılmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Farklı aspir çeşitlerinin verim ve verim parametrelerinin karşılaştırılması amaçlanan bu araştırmada bitki boyu, yan dal sayısı, tabla sayısı, tabla çapı, tablada dane sayısı, bin dane ağırlığı, çiçek verimi, dane verimi ve ham yağ oranı incelenmiştir. Elde edilen değerlere ait varyans analiz sonuçları ile önemli farklılıklara ait ortalamaların karşılaştırılması için LSD testi 0.05 önem seviyesine göre yapılmıştır.

Bitki Boyu

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin bitki boyları arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmiştir (P<0.01). Ortalama bitki boyu 70.46 cm olarak belirlenmiştir. En yüksek bitki boyu Olas (75.40 cm) ve Linas (75.20 cm) çeşitlerinde elde edilirken, bu iki çeşit aynı istatistiksel grupta (A) yer almıştır. En kısa bitkiler ise Balcı (64.60 cm) ve Koç (66.40 cm) çeşitlerinde ölçülmüştür (Tablo 5).

Bu sonuçlar, çeşitlerin genetik yapısına bağlı morfolojik farklılıkları ve çevresel koşullara uyum kabiliyetlerini göstermektedir. Olas ve Linas çeşitlerinin uzun boylu olması, Kırşehir'in yarı kurak iklim koşullarında bu çeşitlerin vegetatif gelişme potansiyelinin yüksek olduğunu düşündürmektedir. Bitki boyundaki artış genellikle daha yüksek dal sayısı ve tabla sayısı ile ilişkilidir; bu durum, çiçek ve dane verimine dolaylı katkı sağlamaktadır (Smith et al., 2010; Bozdemir, 2020).

Tablo 5. Aspir çeşitlerinin bitki boylarına ait istatistiksel analiz sonuçları ve bitki boyu değerleri

<i>Varyans kaynağı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>
<i>Tekerrür</i>	37,24
<i>Çeşit</i>	65,35**
<i>Hata</i>	10,28
<i>CV</i>	4,55
<i>Çeşit</i>	<i>Bitki boyu (cm)</i>
<i>Asol</i>	68,2 BC
<i>Balcı</i>	64,6 C
<i>Koç</i>	66,4 C
<i>Diğer</i>	72,93 AB
<i>Linas</i>	75,20 A
<i>Olas</i>	75,40 A
<i>Ortalama</i>	70,46
<i>LSD</i>	5,83

*: 0.05 düzeyinde önemli; **: 0.01 düzeyinde önemli; .öd: önemli değil. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar LSD testine göre istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Benzer çalışmalar, farklı ekolojik koşullarda aspir çeşitlerinde bitki boyunun geniş bir aralıkta değiştiğini göstermektedir. Demir ve Kara (2018) Kırşehir ve Kırıkkale koşullarında 54.09–81.00 cm, Katar et al. (2015) Tekirdağ koşullarında 69.47–79.60 cm, Aydın (2012) Samsun koşullarında 49.42–71.15 cm, Aktaş (2022) Van ekolojik koşullarında 57.20–82.90 cm aralığında değerler bildirmiştir. Bu çalışmalarda bildirilen değerlerle karşılaştırıldığında, Kırşehir koşullarında elde edilen ortalama (70.46 cm) Türkiye genelindeki ortalama değerlere oldukça yakındır. Olas ve Linas çeşitlerinin yüksek bitki boyu değerleri, bu genotiplerin fotosentetik kapasitesi ve biyokütle üretimi açısından avantaj sağladığını göstermektedir. Ancak Kaydan ve Yıldırım (2010)'un belirttiği gibi, fazla boylanma bazı durumlarda yatma riskini artırabilir. Bu nedenle uzun boylu çeşitlerin özellikle rüzgârlı bölgelerde dikkatli seçilmesi önerilmektedir.

3.2. Yan Dal Sayısı

Farklı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin yan dal sayıları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Yan dal sayısı bakımında çeşitler arasında farklılık istatistiksel olarak önemli olmasa da en yüksek yan dal sayısı 4.10 adet ile Linas ve Olas çeşitlerinden gözlenmiştir (Tablo 6).

Çeşitlerin ortalama yan dal sayısı 3.86 adet/bitki olarak belirlenmiştir. Yan dal sayısı bitkide generatif organların oluşumu açısından önemli bir morfolojik özelliktir. Dallanma sayısındaki artış, tabla sayısının dolayısıyla tohum ve çiçek veriminin artmasına katkıda bulunabilir (Demir ve Karaca, 2018). Ancak bitkideki fazla dallanma, fotosentetik ürünlerin daha fazla organa dağılmasına neden olarak dane dolumunu olumsuz etkileyebilir.

Tablo 6. Aspir çeşitlerinin yan dal sayılarına ait istatistiksel analiz sonuçları ve bitki boyu değerleri

<i>Varyans kaynağı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>
<i>Tekerrür</i>	0,67
<i>Çeşit</i>	0,31 öd
<i>Hata</i>	0,11
<i>CV</i>	8,58
<i>Çeşit</i>	<i>Yan dal sayısı (adet)</i>
<i>Asol</i>	3,50
<i>Balcı</i>	3,40
<i>Koç</i>	3,95
<i>Dinçer</i>	4,09
<i>Linas</i>	4,10
<i>Olas</i>	4,10
<i>Ortalama</i>	3,86
<i>LSD</i>	0,60

*: 0.05 düzeyinde önemli; **: 0.01 düzeyinde önemli; öd: önemli değil. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar LSD testine göre istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Benzer şekilde Yurteri (2016), Yozgat koşullarında yaptığı çalışmada yan dal sayısının 4.15–8.83 adet/bitki arasında değiştiğini; Bozdemir (2020) Kayseri koşullarında 4.27–5.45 adet/bitki aralığında değerler elde ettiğini bildirmiştir. Demir ve Karaca (2018) ise Kırşehir koşullarında 2.6–3.6 adet/bitki aralığında yan dal sayısı tespit etmişlerdir. Bu çalışmada elde edilen ortalama değer (3.86 adet/bitki), söz konusu araştırmalarla uyumludur ve bölgesel iklim koşullarının aspir bitkisinin dallanma potansiyeli üzerinde etkili olduğunu göstermektedir.

Dallanma düzeyi; çeşit özellikleri, bitki sıklığı, toprak besin durumu ve azot uygulama zamanı gibi birçok faktör tarafından belirlenmektedir. Smith et al. (2010), dallanma artışının fotosentetik alanı ve tabla sayısını artırarak toplam biyokütle üretimini desteklediğini bildirmiştir. Çalışmada çeşitler arasında yan dal sayısı bakımından istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmemiş olsa da, Linas ve Olas çeşitlerinin genetik olarak daha yüksek dallanma eğilimi gösterdiği görülmektedir.

Tabla Sayısı

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin tabla sayısı bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklar gösterdiği belirlenmiştir ($P<0.05$). Çeşitlerin ortalama tabla sayısı 5.35 adet/bitki olarak saptanmıştır. En yüksek tabla sayısı Olas çeşidinde (6.30 adet/bitki) elde edilirken, bu çeşit tek başına A grubunda yer almıştır. En düşük tabla sayısı Asol (4.80 adet) ve Balcı (4.80 adet) çeşitlerinde belirlenmiş, bu iki çeşit C grubunda yer almıştır. Diğer çeşitler orta düzeyde tabla sayısı göstermiştir (Koç: 5.40, Linas: 5.10, Dinçer: 5.70 adet/bitki).

Tablo 7. Aspir çeşitlerinin tabla sayısına ait istatistiksel analiz sonuçları ve bitki boyu değerleri

<i>Varyans kaynağı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>
<i>Tekerrür</i>	0,20
<i>Çeşit</i>	1,02*
<i>Hata</i>	0,22
<i>CV</i>	8,75
<i>Çeşit</i>	<i>Tabla sayısı (adet)</i>
<i>Asol</i>	4,80 C
<i>Balcı</i>	4,80 C
<i>Koç</i>	5,40 BC
<i>Dinçer</i>	5,70 AB
<i>Linas</i>	5,10 BC
<i>Olas</i>	6,30 A
<i>Ortalama</i>	5,35
<i>LSD</i>	0,85

*: 0.05 düzeyinde önemli; **: 0.01 düzeyinde önemli; .öd: önemli değil. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar LSD testine göre istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).

Bu bulgular, genotipik farklılıkların tabla oluşumu üzerinde etkili olduğunu göstermektedir. Tabla sayısı, aspir bitkisinde verim unsurları arasında önemli bir bileşendir ve doğrudan çiçek ve dane verimi üzerinde etkili olmaktadır. Bitkide daha fazla dal ve tabla oluşumu, toplam

çiçeklenme yüzeyini artırarak çiçek verimini yükseltebilmektedir (Smith et al., 2010; Demir ve Karaca, 2018).

Benzer çalışmalar incelendiğinde, Kaya et al. (2015) aspir bitkisinde tabla sayısının 3.98–6.00 adet/bitki arasında değiştiğini, Gök (2016) Hakkâri koşullarında 4.3–12 adet, Demir ve Karaca (2018) Kırşehir ekolojik koşullarında 3.6–4.7 adet, Çelik (2022) Güneydoğu Anadolu koşullarında 8.63–18.36 adet/bitki arasında değerler elde ettiklerini bildirmiştir. Bu çalışmada belirlenen ortalama değer (5.35 adet/bitki), söz konusu araştırmaların alt-orta düzeyinde yer almakta olup, Kırşehir'in yarı kurak iklim koşullarında tabla sayısının sınırlı olabileceğini göstermektedir.

Olas çeşidinin yüksek tabla sayısı, bu genotipin güçlü bir dallanma yapısına sahip olduğunu düşündürmektedir. Nitekim, Olas çeşidi aynı zamanda çalışmada en yüksek çiçek verimine sahip çeşitlerden biridir (20.38 kg/da). Bu durum, tabla sayısı ile çiçek verimi arasında pozitif bir korelasyon ($r = 0.708$, $p < 0.01$) bulunduğunu desteklemektedir. Ancak, artan tabla sayısının tabla çapı üzerinde olumsuz etki yapabileceği, yani daha fazla tabla oluşumunun bireysel tabla büyüklüğünü azaltabileceği de saptanmıştır ($r = -0.499$, $p < 0.05$). Bu sonuç, kaynak-yük dengesinin verim bileşenleri arasında kritik bir rol oynadığını göstermektedir (Jones et al., 2015).

Tabla Çapı

Farklı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin tabla çapı değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark belirlenmemiştir. Ortalama tabla çapı 20.92 mm'dir. Çeşitler arasında Balcı (21.65 mm) en geniş tabla çapına sahip olurken, Olas (20.38 mm) en düşük değeri göstermiştir (Tablo 8). Tabla çapı, aspir bitkisinde dane verimi ve tohum dolgunluğu üzerinde etkili bir morfolojik özelliktir.

Tablo 8. Aspir çeşitlerinin tabla çapına ait istatistiksel analiz sonuçları ve bitki boyu değerleri

<i>Varyans kaynağı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>
<i>Tekerrür</i>	0,15
<i>Çeşit</i>	0,51 öd
<i>Hata</i>	0,40
<i>CV</i>	3,02
<i>Çeşit</i>	<i>Tabla çapı (mm)</i>
<i>Asol</i>	20,90
<i>Balcı</i>	21,65
<i>Koç</i>	20,96
<i>Dinçer</i>	20,77
<i>Linaz</i>	20,85
<i>Olas</i>	20,38
<i>Ortalama</i>	20,92
<i>LSD</i>	1,15

*: 0.05 düzeyinde önemli; **: 0.01 düzeyinde önemli; öd: önemli değil. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar LSD testine göre istatistiksel olarak farklıdır ($p < 0.05$).

Tabla büyüklüğü; fotosentetik ürünlerin generatif organlara taşınmasıyla yakından ilişkilidir. Çapın artması, çoğu durumda tabla başına dane sayısını artırırken (Kaydan ve Yıldırım, 2010), fazla tabla oluşumunun bireysel tabla çapını küçültebileceği de bildirilmiştir (Jones et al., 2015). Bu çalışmada tabla sayısı ile tabla çapı arasında negatif bir ilişki gözlenmiş ($r = -0.499^*$), bu da artan tabla sayısının tabla büyüklüğünü sınırlandırdığını göstermektedir. Benzer sonuçlar Katar et al. (2015) tarafından Tekirdağ koşullarında (18.4–22.3 mm), Demir ve Karaca (2018) tarafından Kırşehir’de (19.2–22.7 mm) ve Bozdemir (2020) tarafından Kayseri’de (19.8–24.1 mm) elde edilmiştir. Bu çalışmadaki ortalama değer (20.92 mm), literatürde bildirilen aralığın orta kısmında yer almakta olup, Kırşehir koşullarında tabla çapının çevresel koşullardan fazla etkilenmediğini göstermektedir.

Çevresel etkenler özellikle sıcaklık, yağış ve besin maddesi durumu tabla büyüklüğü üzerinde belirleyici olabilmektedir. 2024 yılı yetiştirme döneminde Haziran ayı yağışlarının uzun yıllar ortalamasının oldukça altında kalması (–27 mm; bkz. Tablo 4), tabla gelişimini hafif şekilde sınırlamış olabilir. Eslam et al. (2010) da geç dönem kuraklığın tabla çapı ve dane ağırlığını düşürdüğünü bildirmiştir.

Dane Sayısı

Farklı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitleri arasında dane sayısı bakımından istatistiksel olarak önemli farklar belirlenmiştir ($P<0.01$). Ortalama dane sayısı 26.21 adet/tabla olarak saptanmıştır. En yüksek dane sayısı Koç çeşidinde (31.70 adet/tabla) elde edilmiş ve bu çeşit A grubunda yer almıştır. En düşük değer ise Balcı çeşidinde (21.90 adet/tabla) gözlenmiş, bu çeşit E grubunda yer almıştır (Tablo 9).

Tablo 9. Aspir çeşitlerinin dane sayısına ait istatistiksel analiz sonuçları ve bitki boyu değerleri

<i>Varyans kaynağı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>
<i>Tekerrür</i>	7,56
<i>Çeşit</i>	32,68 **
<i>Hata</i>	0,97
<i>CV</i>	3,77
<i>Çeşit</i>	<i>Dane sayısı (adet)</i>
<i>Asol</i>	24,45 D
<i>Balcı</i>	21,90 E
<i>Koç</i>	31,70 A
<i>Dinçer</i>	25,12 CD
<i>Linas</i>	27,20 B
<i>Olas</i>	26,90 BC
<i>Ortalama</i>	26,21
<i>LSD</i>	1,80

*: 0.05 düzeyinde önemli; **: 0.01 düzeyinde önemli; .öd: önemli değil. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar LSD testine göre istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).

Bu sonuçlar, genetik farklılıkların dane sayısında belirleyici olduğunu göstermektedir. Dane sayısı, toplam verimin en önemli bileşenlerinden biridir ve doğrudan tabla büyüklüğü, çiçeklenme yoğunluğu ve tozlanma etkinliği ile ilişkilidir (Smith et al., 2010; Jones et al., 2015). Çeşitlerin dane sayısındaki farklılık, hem genetik potansiyel hem de çevresel koşulların etkisini yansıtmaktadır.

Benzer şekilde Demir ve Karaca (2018), Kırşehir koşullarında 23.10–32.46 adet/tabla aralığında, Bozdemir (2020) Kayseri koşullarında 24.67–33.12 adet/tabla arasında dane sayıları bildirmiştir. Katar et al. (2015) ise Tekirdağ koşullarında 20.60–29.50 adet/tabla aralığında değişen sonuçlar elde etmiştir. Bu çalışma bulguları (26.21 adet/tabla) söz konusu araştırmalarla uyumlu olup, Kırşehir koşullarında orta düzeyde bir dane oluşumunu işaret etmektedir.

Koç ve Linas çeşitlerinin yüksek dane sayısına sahip olması, bu genotiplerin çiçeklenme süresinin uzun ve tabla dolumunun daha verimli gerçekleştiğini

göstermektedir. Ayrıca dane sayısı ile bitki boyu ($r = 0.674$, $p < 0.01$) arasında pozitif bir ilişki belirlenmiştir. Bu ilişki, daha uzun bitkilerin daha fazla generatif organ oluşturma kapasitesine sahip olduğunu göstermektedir. Ancak dane sayısı ile bin dane ağırlığı ($r = -0.563$, $p < 0.05$) arasında negatif bir korelasyon bulunması, fazla dane oluşumunun bireysel tohum dolgunluğunu sınırlayabileceğini düşündürmektedir (Eslam et al., 2010).

Yüksek dane sayısı genellikle verim açısından olumlu bir özellik olsa da, kaynak-yük dengesinin korunmadığı durumlarda tohumların tam dolgunlaşmaması olasıdır. Kaydan ve Yıldırım (2010) bu durumu “kompensasyon etkisi” olarak tanımlamış ve fazla dane içeren tablalarda bireysel dane ağırlığının azaldığını bildirmiştir.

Bin Dane Ağırlığı

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitleri arasında bin dane ağırlığı bakımından istatistiksel olarak çok ileri düzeyde önemli farklar belirlenmiştir ($P < 0.01$). Ortalama bin dane ağırlığı 38.22 g olmuştur. En yüksek değer Linas çeşidinde (41.04 g) elde edilirken, bu çeşit A grubunda yer almıştır. En düşük değer ise Koç çeşidinde (32.36 g) saptanmış ve C grubunda yer almıştır (Tablo 10).

Bin dane ağırlığı, aspride dane iriliği, tohum dolgunluğu ve yağ birikimi üzerinde etkili en temel özelliklerden biridir. Bu özelliğin yüksek olması genellikle daha iri ve ağır tohumların üretildiğini gösterir (Demir ve Karaca, 2018; Eslam et al., 2010). Çeşitler arasında gözlenen farkların, genetik varyasyonla birlikte çevresel koşullara adaptasyon farklılıklarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Benzer şekilde Bozdemir (2020), Kayseri koşullarında bin dane ağırlığını 36.00–41.70 g; Katar et al. (2015), Tekirdağ koşullarında 31.54–40.23 g; Aydın (2012), Samsun koşullarında 37.80–42.20 g arasında bildirmiştir. Bu çalışmada belirlenen ortalama değer (38.22 g), Türkiye genelinde bildirilen değerlerle uyumludur.

Çalışmada bin dane ağırlığı ile *dane sayısı* ($r = -0.563$)* arasında negatif bir korelasyon belirlenmiştir. Bu durum, fazla dane içeren tablalarda kaynak paylaşımının artması sonucu bireysel dane dolgunluğunun azalmasına bağlanabilir (Jones et al., 2015). Benzer biçimde Smith et al. (2010), yağ bitkilerinde “kaynak-yük dengesi” kavramına dikkat çekerek, artan tohum sayısının çoğu zaman tohum ağırlığında azalmaya neden olduğunu vurgulamıştır.

Tablo 10. Aspir çeşitlerinin bin dane ağırlığına ait istatistiksel analiz sonuçları ve bitki boyu değerleri

<i>Varyans kaynağı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>
<i>Tekerrür</i>	8,66
<i>Çeşit</i>	27,63 **
<i>Hata</i>	0,83
<i>CV</i>	2,38
<i>Çeşit</i>	<i>Bin dane ağırlığı (g)</i>
<i>Asol</i>	39,10 B
<i>Balcı</i>	39,27 B
<i>Koç</i>	32,36 C
<i>Dinçer</i>	39,58 AB
<i>Linas</i>	41,04 A
<i>Olas</i>	37,95 B
<i>Ortalama</i>	38,22
<i>LSD</i>	1,66

*: 0.05 düzeyinde önemli; **: 0.01 düzeyinde önemli; .öd: önemli değil. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar LSD testine göre istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05).

Linas çeşidinin yüksek bin dane ağırlığı, bu genotipin dolgun dane oluşturma kapasitesinin yüksek olduğunu göstermektedir. Bu durum, söz konusu çeşidin yağ oranı açısından da avantajlı olabileceğini düşündürmektedir. Buna karşılık Koç çeşidinde dane sayısı yüksek olmasına rağmen dane ağırlığının düşük olması, fotosentetik ürünlerin çok sayıda dane arasında paylaşılması sonucu oluşan tipik bir “dilution effect” (seyrelme etkisi) örneği olarak değerlendirilebilir.

Çiçek Verimi

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitleri arasında çiçek verimi bakımından istatistiksel olarak önemli farklar saptanmıştır (P<0.05). Ortalama çiçek verimi 18.62 kg/da olmuştur. En yüksek çiçek verimi Balcı çeşidinde (22.14 kg/da) elde edilirken, bu çeşit A grubunda yer almıştır. En düşük verim ise Dinçer çeşidinde (15.77 kg/da) belirlenmiş ve C grubunda yer almıştır (Tablo 11).

Tablo 11. Aspir çeşitlerinin çiçek verimine ait istatistiksel analiz sonuçları ve bitki boyu değerleri

<i>Varyans kaynağı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>
<i>Tekerrür</i>	0,56
<i>Çeşit</i>	16,50 *
<i>Hata</i>	4,87
<i>CV</i>	11,85
<i>Çeşit</i>	<i>Çiçek verimi (kg/da)</i>
<i>Asol</i>	17,71 BC
<i>Balcı</i>	22,14 A
<i>Koç</i>	18,85 ABC
<i>Dinçer</i>	15,77 C
<i>Linaz</i>	16,89 BC
<i>Olas</i>	20,38 AB
<i>Ortalama</i>	18,62
<i>LSD</i>	4,02

*: 0.05 düzeyinde önemli; **: 0.01 düzeyinde önemli; .öd: önemli değil. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar LSD testine göre istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05).

Bu sonuçlar, çeşitlerin genetik potansiyeliyle birlikte çevresel koşullara uyum kabiliyetlerinin çiçek verimi üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Çiçek verimi; bitki boyu, yan dal sayısı, tabla sayısı ve tabla çapı gibi morfolojik özelliklerle doğrudan ilişkilidir (Bozdemir, 2020). Nitekim çalışmada çiçek verimi ile tabla sayısı ($r = 0.708$, $p < 0.01$) arasında güçlü pozitif bir ilişki belirlenmiştir. Bu durum, daha fazla tabla oluşturan bitkilerin daha yüksek çiçek üretimi gerçekleştirdiğini göstermektedir.

Benzer şekilde Demir ve Karaca (2018), Kırşehir koşullarında asperde çiçek veriminin 14.6–23.8 kg/da arasında değiştiğini, Gök (2016) Hakkâri koşullarında 17.2–26.5 kg/da, Katar et al. (2015) Tekirdağ koşullarında 16.1–21.9 kg/da değerleri elde ettiklerini bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen ortalama çiçek verimi (18.62 kg/da), Türkiye genelindeki değerlerle tamamen uyumludur.

Balcı ve Olas çeşitlerinin yüksek çiçek verimine sahip olması, bu genotiplerin çiçeklenme döneminde uzun süre canlı kalabildiğini ve daha fazla tabla sayısına sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, yüksek pigment (kartamin ve karthamon) üretimi potansiyeli açısından da önemlidir. Aydın (2012), yüksek çiçek verimine sahip çeşitlerin genellikle kartamin oranı açısından da avantajlı olduklarını bildirmiştir.

Çiçek verimi aynı zamanda bitki sıklığı, azot beslemesi ve çevresel stres faktörlerinden önemli ölçüde etkilenmektedir. Çalışmanın yürütüldüğü Kırşehir koşullarında, 2024 yılı yetiştirme döneminde yağışların düzensiz olması (özellikle Haziran ayında -27 mm sapma; bkz. Tablo 4), bazı çeşitlerde çiçeklenme süresinin kısalmasına neden olmuştur. Ancak buna rağmen Balcı çeşidinin yüksek performansı, bu genotipin kurak koşullara karşı nispeten daha toleranslı olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, Balcı ve Olas çeşitleri çiçek verimi açısından öne çıkmış; bu çeşitler, çiçek ve doğal boya (kartamin) üretimi amacıyla değerlendirilebilecek uygun genotipler olarak belirlenmiştir. Buna karşın Dinçer çeşidi düşük çiçek verimi ile dikkat çekmiş, bu genotipin daha çok yağ verimi odaklı üretim için uygun olabileceği düşünülmektedir.

Dane Verimi

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitleri arasında dane verimi bakımından istatistiksel olarak çok ileri düzeyde önemli farklar tespit edilmiştir ($p<0.01$). Ortalama dane verimi 132.79 kg/da olarak saptanmıştır. En yüksek dane verimi Linas çeşidinde (147.43 kg/da) elde edilirken, bu çeşit A grubunda yer almıştır. Dinçer (142.62 kg/da) çeşidi de istatistiksel olarak benzer düzeyde yüksek verim göstermiştir. En düşük dane verimi ise Koç (114.15 kg/da) çeşidinde belirlenmiştir (Tablo 12). Dane verimi, aspir bitkisinde genetik yapı, çevresel faktörler ve kültürel uygulamaların etkileşimiyle şekillenen en önemli tarımsal özelliklerden biridir. Verim; tabla sayısı, dane sayısı, bin dane ağırlığı ve yağ oranı gibi bileşenlerin kombinasyonu ile belirlenir (Smith et al., 2010; Demir ve Karaca, 2018). Bu çalışmada dane verimi ile bitki boyu ($r = 0.621$, $p<0.01$) ve bin dane ağırlığı ($r = 0.548$, $p<0.05$) arasında pozitif ilişkiler saptanmıştır. Bu durum, uzun boylu ve iri daneli çeşitlerin daha yüksek dane verimi oluşturduğunu göstermektedir.

Benzer araştırmalar incelendiğinde, Bozdemir (2020) Kayseri koşullarında dane verimini 124.5–148.6 kg/da; Demir ve Karaca (2018) Kırşehir koşullarında 105.2–152.3 kg/da; Katar et al. (2015) Tekirdağ koşullarında 115.3–164.4 kg/da; Çelik (2022) Şırnak koşullarında 118.4–176.5 kg/da arasında bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen ortalama dane verimi (132.79 kg/da), söz konusu araştırmaların ortalama değerlerine oldukça yakındır ve Kırşehir'in yarı kurak koşullarında aspir üretiminin verim potansiyelinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Tablo 12. Aspir çeşitlerinin dane verimine ait istatistiksel analiz sonuçları ve bitki boyu değerleri

<i>Varyans kaynağı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>
<i>Tekerrür</i>	0,22
<i>Çeşit</i>	427,66**
<i>Hata</i>	16,22
<i>CV</i>	8,88
<i>Çeşit</i>	<i>Dane verimi (kg/da)</i>
<i>Asol</i>	127,18 D
<i>Balcı</i>	136,10 BC
<i>Koç</i>	114,15 E
<i>Dinçer</i>	142,62 AB
<i>Linas</i>	147,43 A
<i>Olas</i>	129,29 CD
<i>Ortalama</i>	132,79
<i>LSD</i>	7,32

*: 0.05 düzeyinde önemli; **: 0.01 düzeyinde önemli; .öd: önemli değil. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar LSD testine göre istatistiksel olarak farklıdır (p<0.05).

Linas ve Dinçer çeşitlerinin yüksek dane verimine ulaşmasında, bu genotiplerin yüksek bitki boyu ve orta düzeyde tabla sayısı özelliklerinin denge sağlaması etkili olmuştur. Özellikle Linas çeşidinin yüksek bin dane ağırlığı (41.04 g) ve optimum yağ oranı (%35.67), bu çeşidin fotosentetik ürünleri dane gelişimine etkin şekilde aktarabildiğini göstermektedir. Buna karşın Koç çeşidi, yüksek dane sayısına rağmen düşük dane ağırlığı nedeniyle toplam verimde geri kalmıştır. Bu durum, yağ bitkilerinde sıklıkla görülen kaynak-yük dengesizliği ile açıklanabilir (Jones et al., 2015).

Çalışmanın yürütüldüğü yılın iklim verilerine göre (Tablo 4), Nisan ve Mayıs aylarında ortalama sıcaklıkların uzun yıllar ortalamasının üzerinde seyretmesi, bitki gelişimini hızlandırarak olgunlaşma süresini kısaltmış olabilir. Ancak buna rağmen Linas ve Dinçer çeşitlerinin yüksek performans göstermesi, bu genotiplerin sıcak ve kurak koşullara adaptasyon yeteneğinin yüksek olduğunu göstermektedir (Eslam et al., 2010).

Sonuç olarak, Linas ve Dinçer çeşitleri Kırşehir koşullarında yüksek dane verimi potansiyeli göstermiştir. Linas, iri dane yapısı ve yüksek yağ oranı ile yağlık üretim, Dinçer ise dengeli verim bileşenleriyle hem yağlık hem dane amaçlı üretim için uygun genotipler olarak öne çıkmıştır. Koç ve

Asol çeşitlerinin düşük verimi ise bu genotiplerin kurak koşullarda verim stabilitesinin sınırlı olduğunu göstermektedir.

Ham Yağ Oranı

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitleri arasında ham yağ oranı bakımından istatistiksel olarak çok ileri düzeyde önemli farklar belirlenmiştir ($p<0.01$). Ortalama ham yağ oranı %35.56'dır. En yüksek yağ oranı Olas (%38.13) ve Koç (%38.07) çeşitlerinde elde edilirken, bu iki çeşit A grubunda yer almıştır. En düşük yağ oranı ise Dinçer çeşidinde (%31.57) saptanmış ve C grubunda yer almıştır (Tablo 13).

Tablo 13. Aspir çeşitlerinin ham yağ oranı ait istatistiksel analiz sonuçları ve bitki boyu değerleri

<i>Varyans kaynağı</i>	<i>Kareler Ortalaması</i>
<i>Tekerrür</i>	0,17
<i>Çeşit</i>	19,74 **
<i>Hata</i>	1,97
<i>CV</i>	3,95
<i>Çeşit</i>	Ham yağ oranı (%)
<i>Asol</i>	33,67 BC
<i>Balcı</i>	36,23 A
<i>Koç</i>	38,07 A
<i>Dinçer</i>	31,57 C
<i>Linas</i>	35,67 AB
<i>Olas</i>	38,13 A
<i>Ortalama</i>	35,56
<i>LSD</i>	2,56

*: 0.05 düzeyinde önemli; **: 0.01 düzeyinde önemli; .öd: önemli değil. Farklı harflerle gösterilen ortalamalar LSD testine göre istatistiksel olarak farklıdır ($p<0.05$).

Bu sonuçlar, aspir çeşitlerinin genetik farklılıklarının yağ sentezi üzerinde belirleyici olduğunu göstermektedir. Ham yağ oranı, genetik yapı kadar çevresel koşullardan (özellikle sıcaklık ve su stresi) da etkilenmektedir (Eslam et al., 2010). Kırşehir koşullarında 2024 yılı üretim döneminde yağışların uzun yıllar ortalamasının altında kalması, bazı çeşitlerde yağ birikimini artırıcı bir stres etkisi oluşturmuş olabilir. Balcı, Koç ve Olas çeşitlerinin yüksek yağ oranı göstermesi, bu genotiplerin kurak koşullarda lipid sentezini verimli sürdürebildiğini düşündürmektedir.

Benzer çalışmalar, farklı ekolojik koşullarda aspir çeşitlerinde yağ oranının geniş bir aralıkta değiştiğini göstermektedir. Demir ve Karaca (2018), Kırşehir koşullarında yağ oranını %29.4–37.8; Bozdemir (2020),

Kayseri koşullarında %31.8–38.9; Aydın (2012), Samsun koşullarında %30.1–39.5; Katar et al. (2015), Tekirdağ koşullarında %33.0–40.2; Çelik (2022), Şırnak koşullarında %31.2–38.5 arasında bildirmiştir. Bu çalışmada elde edilen ortalama (%35.56), literatürde bildirilen değerlerle uyumlu olup, Kırşehir ekolojik koşullarında aspir çeşitlerinin yüksek yağ potansiyeli taşıdığını göstermektedir.

Çalışmada ham yağ oranı ile bin dane ağırlığı ($r = 0.412$, $p < 0.05$) arasında pozitif bir ilişki saptanmıştır. Bu durum, iri daneli çeşitlerin genellikle daha fazla yağ depoladığını göstermektedir. Benzer şekilde Smith et al. (2010), yağ bitkilerinde karbon akışının tohum dolumu süresince yağ biyosentezine yönelmesinin genetik ve çevresel etmenlerle düzenlendiğini bildirmiştir.

Koç ve Olas çeşitleri, hem yüksek yağ oranı hem de yeterli dane verimi ile dikkat çekmiştir. Bu çeşitlerin yağ sanayisine uygun yüksek kaliteli hammadde üretimi için tercih edilmesi önerilmektedir. Buna karşın Dinçer çeşidinde düşük yağ oranı, muhtemelen hızlı olgunlaşma ve kısa dolum süresinden kaynaklanmaktadır. Linas ve Balcı çeşitlerinin orta-yüksek yağ oranı değerleri, bu genotiplerin dengeli bir kaynak-yük yönetimine sahip olduğunu göstermektedir.

Sonuç olarak, Kırşehir koşullarında incelenen çeşitler arasında Olas, Koç ve Balcı yağ oranı bakımından üstün bulunmuştur. Bu çeşitlerin yüksek yağ oranı ve dengeli verim performansı, hem yağ sanayiine yönelik üretim hem de kurak bölge tarımı açısından önemli bir potansiyel taşımaktadır.

Korelasyon analizi

Bu çalışmada elde edilen korelasyon sonuçları, bitki boyu ile verim unsurları arasında önemli ilişkiler olduğunu göstermiştir (Tablo 7). Bitki boyunun yan dal sayısı ($r = 0,775$, $p < 0,01$) ve tabla sayısı ($r = 0,642$, $p < 0,01$) ile güçlü pozitif ilişkisi, daha uzun bitkilerin daha fazla yan dal ve dolayısıyla daha fazla tabla oluşturma eğiliminde olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde, yan dal sayısının tabla sayısı ile pozitif yönde ($r = 0,708$, $p < 0,01$) ilişkili olması, bitkide dallanmanın doğrudan tabla oluşumunu artırdığını ortaya koymaktadır. Buna karşın, bitki boyu ile tabla çapı ($r = -0,542$, $p < 0,05$) ve yan dal sayısı ile tabla çapı ($r = -0,507$, $p < 0,05$) arasındaki negatif ilişkiler, daha fazla dal ve tabla sayısına sahip bitkilerde tabla çapının küçüldüğünü düşündürmektedir. Bu durum, bitkinin sınırlı kaynaklarını daha fazla üreme organına dağıtması sonucu oluşan kaynak-yük dengesi ile açıklanabilir (Smith vd., 2010). Tabla başına dane sayısının bin dane ağırlığı ile güçlü ve negatif yönde ilişkisi (r

= -0,728, $p < 0,01$), tabla başına daha fazla dane içeren bitkilerde tane ağırlığının küçüldüğünü göstermektedir. Bu durum, tane dolumu döneminde karbonhidrat ve besin maddelerinin çok sayıda dane arasında paylaşılmasıyla açıklanabilir.

Tablo 14. Çeşitleri gözlenene parametrelerine ait korelasyon analizi

	BY	YD	TS	TÇ	DS	BDA	ÇV	DV	HYO
BY	1	0,775**	0,642**	-0,542*	0,012	0,466	-0,459	0,343	0,023
YD		1	0,708**	-0,507*	0,181	0,145	-0,184	-0,028	0,153
TS			1	-0,499*	0,197	-0,098	0,025	0,034	0,202
TÇ				1	-0,129	-0,045	0,274	-0,148	-0,069
DY					1	-0,728**	-0,183	-0,218	0,384
BDA						1	-0,218	0,455	-0,444
ÇV							1	-0,406	0,426
DV								1	-0,340
HYO									1

BY:bitki boyu, YD: yan dal sayısı, TS:tabla sayısı, TÇ: tabla çapı, DS:dane sayısı, BDA:bin dane ağırlığı, ÇV:çiçek verimi, DV:dane verimi, HYO:ham yağ oranı

Nitekim, Jones vd. (2015), tahıl ve yağ bitkilerinde benzer sonuçları vurgulamaktadır. Bin dane ağırlığının dane verimi ile pozitif ($r=0,455$) ve ham yağ oranı ile negatif ($r = -0,444$) ilişkileri, iri tanelerin toplam verimi artırabileceğini, ancak yağ oranının azalabileceğini göstermektedir. Ham yağ oranı çiçek verimi ile pozitif ilişkisi ($r = 0,426$), çiçeklenme yoğunluğunun yağ potansiyelini artırabileceğini ortaya koymaktadır (Tablo 7). Genel olarak bu sonuçlar, bitki boyu, dallanma ve tabla sayısının artırılmasının toplam verimi olumlu etkileyebileceğini; ancak dane iriliği ve yağ oranı gibi kalite unsurlarında istenmeyen değişimlere yol açabileceğini göstermektedir. Dolayısıyla, ıslah programlarında bu özellikler arasındaki denge göz önünde bulundurulmalıdır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Kırşehir ekolojik koşullarında yetiştirilen altı aspir çeşidinin morfolojik ve verim özellikleri yanında çiçek verimi de incelenmiştir. Aspir çiçekleri önemli bir gıda ve tekstil boyası olmakla birlikte safran kadarda değerlidir. Aspir tarımı yapılan alanlarda çiçek hasadı için yeterli mekanizasyon olması durumunda tohum üretimi yanında önemli düzeyde çiçekler üretilebilecektir. Elde edilen sonuçlara

göre çeşitler arasında önemli farklılıklar bulunmuş, özellikle Linas çeşidi yüksek çiçek ve dane verimiyle öne çıkarken, Olas ve Koç çeşitleri yüksek ham yağ oranı ile dikkat çekmiştir. Dinçer çeşidi ise nispeten düşük çiçek verimi ve yağ oranı göstermiştir. Bitki boyu, yan dal sayısı ve tabla sayısı gibi morfolojik özellikler ile verim unsurları arasında pozitif ilişkiler saptanmış; buna karşın dane iriliği ve yağ oranı gibi kalite unsurlarıyla bazı olumsuz ilişkiler tespit edilmiştir. Bu durum, ıslah çalışmalarında verim ile kalite arasında bir denge kurulması gerektiğini ortaya koymaktadır. Araştırma sonuçları, Kırşehir ve benzeri ekolojik koşullarda aspir tarımı için Linas çeşidinin özellikle dane ve çiçek verimi bakımından öne çıktığını, Olas ve Koç çeşitlerinin ise yağ amaçlı üretim için uygun olabileceğini göstermektedir. Genel olarak aspir, hem kurak koşullara dayanıklılığı hem de çok yönlü kullanım alanlarıyla Türkiye’de alternatif bir yağ bitkisi olarak değerlendirilebilecek önemli bir tarla bitkisidir. Bölge ekolojik koşullarında değerlendirilen aspir çeşitlerinden Linas çeşidinin hem dane hem de çiçek verimi bakımından diğer çeşitlere göre önemli düzeyde üstün olduğu görülmektedir. Yeterli mekanizasyon geliştirilip aspir çiçeklenin de değerlendirilmesi açısından bu çalışmalar daha da önem kazanmaktadır.

TEŞEKKÜR

Aspirde çiçek hasadının önemliliğini belirlemek ve gerekli mekanizasyon işlemlerinin geliştirilmesine katkı sağlamak amacıyla gerçekleştirdiğimiz araştırmamız Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından ZRT.A4.24.005 numarası desteklenmiştir.

KAYNAKÇA

- Aktaş, H. (2022). Van koşullarında yeni geliştirilen bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin tarımsal ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi (Yüksek lisans tezi). Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van.
- Aslan, D. (2021). Gümüşhane (Kelkit) koşullarında bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi (Yüksek lisans tezi). Gümüşhane Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Gümüşhane.
- Aydın, E. (2012). Bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin Samsun ekolojik koşullarında verim, verim unsurları ve kalite kriterlerinin belirlenmesi (Yüksek lisans tezi). Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Samsun.
- Babaoğlu, M. (2006). Yağ bitkileri üretiminde yeni eğilimler: Aspirin önemi. TMMOB Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi Bildirileri.
- Bozdemir, İ. (2020). Aspir çeşitlerinde (*Carthamus tinctorius* L.) farklı ekim sıklıklarının verim ve kalite üzerine etkisi (Yüksek lisans tezi). Erciyes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Kayseri.
- Çelik, R. (2022). Güneydoğu Anadolu Bölgesinde azot dozu uygulamasının aspirin (*Carthamus tinctorius* L.) verimi ve kalitesi üzerine etkileri (Yüksek lisans tezi). Şırnak Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Şırnak.
- Demir, İ. & Kara, K. (2018). The effect of different environmental conditions on yield and oil rates of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). *Fresenius Environmental Bulletin*, 27(2), 989–995.
- Demir, İ. & Karaca, K. (2018). Kurak koşullarda farklı azot ve fosfor dozlarının asperde (*Carthamus tinctorius* L.) verim ve verim öğelerine etkisi. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 6(8), 971–976.
- Düzgüneş, O., Kesici, T., Kavuncu, O., & Gürbüz, F. (1987). Araştırma deneme metodları: İstatistik metodları II. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Ekin, F. (2019). Bingöl sulu koşullarında farklı ekim zamanlarının bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinde verim ve kalite üzerine etkisi (Yüksek lisans tezi). Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bingöl.
- Er, C. & Başalma, D. (2008). Aspir bitkisinin Türkiye'de üretim potansiyeli. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 14(1), 45–52.
- Eryılmaz, T., Cesur, C., Yeşilyurt, M. K., & Aydın, E. (2014). Aspir (*Carthamus tinctorius* L.) Remzibey-05 tohum yağı metil ester: Potansiyel dizel motor uygulamaları için yakıt özellikleri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 1(1), 85–90.
- Eryılmaz, T., Kara, K. & Karaca, M. (2014). Aspirin farklı ekolojik bölgelerde yetiştiriciliği. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 23(1), 67–74.
- Eslam, B. P., Monirifar, H., & Ghassemi, M. T. (2010). Evaluation of late season drought effects on seed and oil yields in spring safflower genotypes. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 34(5), 373–380.
- Food and Agriculture Organization [FAO]. (2025). Crops and livestock products: Safflower seed. <https://www.fao.org>
- Gök, N. (2016). Hakkâri ekolojik koşullarında farklı ekim zamanı uygulamalarının bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinde önemli tarımsal karakterler ve verim üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü.
- Jones, M., Patel, S., & Kumar, R. (2015). Source–sink relationships and seed filling in oilseed plants. *Industrial Crops and Products*, 76, 920–927.
- Kacar, B. (1995). Fiziksel ve kimyasal toprak analizleri: Bitki, toprak ve gübre analizleri 3. Ankara Üniversitesi Yayınları.

- Katar, D., Arslan, Y., Subaşı, İ., Kodaş, R., & Katar, N. (2015). Bölünerek uygulanan azotlu gübrelerin aspir (*Carthamus tinctorius* L.) bitkisinde verim ve verim unsurları üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(2), 25–34.
- Kaya, D., Arslan, Y., Subaşı, İ., & Katar, D. (2015). Bölünerek uygulanan azotlu gübrelerin aspir (*Carthamus tinctorius* L.) bitkisinde verim ve verim unsurları üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12(2), 25–34.
- Kaydan, D., & Yıldırım, M. (2010). Bitkilerde morfolojik özelliklerin verim üzerine etkileri. *Türkiye Tarla Bitkileri Kongresi Bildirileri*, Konya.
- Serim, A. T., Asav, Ü., & Türkseven, S. (2015). Ankara ili aspir (*Carthamus tinctorius* L.) ekiliş alanlarında bulunan yabancı otların tespiti. *Turkish Journal of Weed Science*, 18(1), 19–23.
- Sirel, Z. (2011). Bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) hat ve çeşitlerinin tarımsal özellikleri (Yüksek lisans tezi). Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Eskişehir.
- Smith, J., Brown, R., & Clark, P. (2010). Resource allocation in oilseed crops: Effects on yield components. *Field Crops Research*, 117(2–3), 156–164.
- Smith, J., Brown, R., & Clark, P. (2010). Resource allocation in oilseed crops: Effects on yield components. *Field*
- Türkiye İstatistik Kurumu [TÜİK]. (2025). Yağlı tohumlar istatistikleri: 2024 yılı verileri. Ankara: TÜİK.
- Ulcay, S. (2021). Morphological, Anatomical and Ecological Features of *Ajuga salicifolia* (L.) Schreber (Lamiaceae) with Natural Spreading. *Sakarya Univ. J. of Science*, 25(1), 230–239.
- Ulcay, S. (2022). Anatomy, palynology, seed and leaf micromorphology of Turkish endemic *Allium brevicaulis* Boiss. & Balansa and *Allium scorodoprasum* ssp. *rotundum* (L.) Stearn. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 64(1), 27–38.
- Ulcay, S. (2023a). Comparative anatomy of some *Sedum* species (Crassulaceae) in Turkey and distinguishing characteristics of these species. *JAPS*, 33(1).
- Ulcay, S. (2023b). A Research on the Anatomical and Ecological Characteristic of *Onosma mollis* DC. (Boraginaceae). *Sakarya Univ. J. of Science*, 27(4), 813–821.
- Ulcay, S. (2024). An ethnobotanical study of medicinal and wild food plants in Kırşehir (Türkiye). *Anales del Jardín Botánico de Madrid*, 81(1), e146.
- Yılman, M. (2017). Siirt ekolojik koşullarında farklı ekim zamanlarının bazı aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinde verim ve verim unsurları üzerine etkisi (Yüksek lisans tezi). Siirt Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Siirt.
- Yurteri, T. (2016). Yozgat şartlarında farklı mevsimlerde ekimi yapılan aspir (*Carthamus tinctorius* L.) çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının incelenmesi (Yüksek lisans tezi). Bozok Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yozgat.

BİTKİ BÜYÜMESİNİ TEŞVİK EDEN RİZOBAKTERİLERİN ABİYOTİK STRESLERLE MÜCADELEDE ETKİSİ

Hatice Öğütçü**,***

GİRİŞ

PGPR, bitkilerde abiyotik stres toleransını artırarak, bitki tarafından kolayca alınabilmesi için besinleri sabitleyerek, bitki büyüme düzenleyicilerinin sentezini uyararak, sideroforlar, uçucu organik bileşikler ve bitki hastalıklarının önlenmesi için koruyucu enzimler olan glukanaaz, kitinaaz ve ACC-deaminaz oluşturmak yoluyla bitki büyümesini desteklemektedir. (Choudhary ve ark., 2011; Khan ve ark., 2021; Tariq ve ark., 2022). Her bir PGPR'nin etki mekanizması, konak bitki türüne bağlı olarak değişir (García-Fraile ve ark., 2015). Her bir PGPR'nin etki mekanizması, konukçu bitki türüne bağlı olarak değişmekte olup (García-Fraile ve ark., 2015) bitki biyostimülan uygulamaları, fakir topraklar ve zorlu çevre koşullarına toleransı artırmak ve optimum olmayan yetiştirme koşullarının tarımsal ve bahçe bitkileri üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmak için stres koşullarında etkili bir tarımsal strateji olarak önerilmektedir (Haney ve ark., 2015). Çeşitli ürün türlerinde abiyotik stresin azaltılmasını sağlayan bakteri izolatları üzerinde çok sayıda çalışma yapılmıştır. PGPR'lar ozmolitleri ve strese duyarlı genleri düzenleyerek ve köklerdeki değişiklikleri arttırarak, fitohormonlar, uçucu yapıdaki kimyasal maddeler, ACCD, ekzopolisakkaritler ve antioksidanlar salgılayarak, ozmolitler ile strese duyarlı genleri düzenleyerek kuraklık toleransını artırmaktadır (Khan, Bano ve ark., 2020; Rehman ve ark., 2020). Bitkiler, besin alımını artırarak, iyon homeostazını sağlayarak, antioksidan aktiviteyi artırarak oksidatif stresi azaltarak, uçucu organik bileşikler (VOC) düşürerek ve fotosentezi iyileştirerek PGPR'larda faydalanmaktadır (Etesami ve Maheshwari, 2018; Kour ve ark., 2019; Hamid ve ark., 2021). Soğuğa adapte olmuş PGPR özellik taşıyan cinsler arasında; *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Exiguobacterium*, *Paenibacillus*, *Providencia* ve *Serratia* bulunmaktadır.

** Prof.Dr., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kırşehir, hogutcu@ahievran.edu.tr, ORCID: orcid.org/0000-0001-7100-9318

***Prof.Dr., Ankara Hacı Bayram Veli Üniversitesi, Polatlı Fen- Ed. Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Ankara, hatice.ogutcu@hbv.edu.tr

Psikrotolerant PGPR'ler, soğuk stresini azaltmak için onları değerli biyostimülan yapan çeşitli özelliklere (Ör; arasında besin çözünürlüğü, şelat oluşturan kimyasallar, ACC deaminaz sentezi, IAA ve biyoaktif moleküller) sahiptir. PGPR'ler, besin alımını iyileştirerek, fitopatojenik mikroorganizmalara karşı koruma sağlayarak ve abiyotik stres faktörlerine karşı toleransı artırarak bitki sağlığını düzenler (Milledge, 2011; Sattar ve ark., 2019). Abiyotik stres toleransını artırarak, besinleri kolay emilim için sabitleme, bitki büyüme düzenleyici sentezini aktive etme, sideroforlar, uçucu organik bileşikler ve glukanaaz, kitinaaz ve ACC deaminaz gibi koruyucu enzimler üretme yoluyla bitki gelişimini uyarmaktadırlar (Choudhary ve ark., 2011). Her PGPR'nin etki şekli, konak bitkiye bağlı olarak değişir (García-Fraile ve ark., 2015).

Sıcaklık Toleransı

Sıcaklık stresi, özellikle bitki büyümesini engelleyebilen etilen olmak üzere hormon oluşumunu değiştirmeye ve (Young ve ark., 2006) 15 -24°C arasındaki sıcaklıklar bitki büyümesi için en idealidir (Banerjee ve Roychoudhury, 2018; Marchin ve ark., 2022). Abiyotik stres, sıcaklıklar güvenli bir eşiğin üzerine çıktığında ürün verimini düşürmektedir. Kuraklık, tuzluluk, ağır metal maruziyeti ve sıcaklık, bitki metabolizmasını ve büyümesini etkiler, ancak sıcaklık stresi bu abiyotik streslerin en zararlısıdır ve sıcaklık 24°C'nin üzerine çıktığında ortaya çıkar. Sıcaklık stresi nedeniyle bitkilerde hastalık ve ölüm oranı artar ve kaliteleri düşer (Bhat ve ark., 2020; dos Santos ve ark., 2022; Perrella ve ark., 2022). Isı stresi uzun süre devam ederse, bitki hücreleri hücre ölümü gibi kalıcı değişikliklere uğrayabilir. Yabani ot dökülmesi, yaprak kıvrılması ve meyve dökülmesi, bitkilerin aşırı ısı stresi altındayken sergilediği belirtilerden sadece birkaçıdır (Faizan ve ark., 2022). Yüksek sıcaklık stresi, kontrol altına alınmadığı takdirde hücresel proteinlerin denatürasyonuna ve birikmesine neden olarak hücre nekrozuna yol açar. Üreme döneminde aşırı ısı stresinden kaynaklanan ABA ve sitokininler arasındaki dengesizlik nedeniyle tahıl abortusu meydana gelebilir (Hifnawy ve ark., 2020). Standart transkripsiyon ve translasyonun inhibisyonu, ısı şoku proteinlerini kodlayan genlerin ekspresyonunun artması ve termotolerans indüksiyonu gibi olaylar da sıcaklık stresine verilen tepkilerdir (Moumbock ve ark., 2021). Öte yandan, düşük sıcaklık stresi metabolik yolları bozar, zar özelliklerini ve protein yapısını değiştirir ve enzimatik reaksiyonları engeller (Salwan ve Sharma, 2020). Soğuk,

spor oluşumu sırasında mayoz bölünmeyi engelleyerek çiçek sterilitesine neden olur (Anilkumar ve ark., 2017).

Mikroorganizmaların aşılınması, ısı stresine karşı toleransı ve dayanıklılığı artırır. Faydalı bakteriler, fitohormonları ve diğer metabolitleri sentezleyerek bitki savunma mekanizmalarını güçlendirmekle birlikte stresin olumsuz etkilerini de azaltır. Bitki-mikrobiyal etkileşimleri antioksidan savunma sistemini harekete geçirir. Ayrıca, ozmoprotektan seviyelerini koruyarak iyon homeostazını iyileştirdikleri de belirlenmiştir. Bu nedenle, bitkiyle ilişkili mikrobiyal toplulukları araştırmak önem arz etmektedir (Shaffique ve ark., 2022).

Ozmotik Stress

Bitkilerde ozmotik stres, kuru ve tuzlu topraklardan kaynaklanabilir ve bu ise su kıtlığı (kuraklık) veya su temini eksikliği (tuzluluk) nedeniyle hücre dehidrasyonuna yol açabilir. Bu iki kısıtlama genellikle tarımsal açıdan önemlidir, çünkü topraktaki yüksek tuzluluk öncelikle, yağışın az olduğu dünyanın birçok yerinde verim artışı için gerekli olan sulamadan kaynaklanır. Yüzeysel toprak katmanından iyonları uzaklaştırmak için gereken su miktarı yetersizse, iyonlar birikerek tuzluluğu artırır (Alawiye ve Babalola, 2019). Bu tür topraklarda yetişen bitkiler genellikle ozmotik strese maruz kalır, bu da su Emilimini azaltır ve doku iyon konsantrasyonlarını tehlikeli seviyelere getirir (Vurukonda ve ark., 2018). PGPR, Na⁺ bağlayıcı ekzopolisakkaritlerin gelişimi, iyileştirilmiş iyon homeostazı ve ACC deaminaz ve IAA sentezi yoluyla bitkilerde etilen seviyelerinin azaltılması dahil olmak üzere çeşitli mekanizmalar yoluyla stres semptomlarını azaltır (Liu ve ark., 2017; Thakur, 2017; Ijaz ve ark., 2019; Riaz ve ark., 2021).

Kuraklık Stresi

İnsan faaliyetleri ve küresel ısınmanın bir sonucu olarak kuraklık şiddeti artmakta bu ise tarımsal verimlilik için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Sonuç olarak, dünya gıda arzının güvenliğini sağlamak amacıyla çevre dostu çözümlere olan talep de gün geçtikçe artmakta olup PGPR uygulamasının potansiyel faydaları vardır. Bitkinin kuraklık sırasında hayatta kalması, ozmotik ayarlamalar, artan antioksidan aktivite, fitohormon üretimi vb. çeşitli mekanizmalar aracılığıyla PGPR'lar tarafından garanti altına alınır ve bu mekanizmalar aynı zamanda bitkilerin büyümesi de desteklenmektedir (Jabborova ve ark., 2021; Baba ve ark., 2021; Kapadia ve ark., 2021; Khumairah ve ark., 2022). Kuraklığa toleransı kolaylaştıran ve bitki su kullanımını artıran faydalı

mikroorganizmalar son zamanlarda büyük ilgi görmekte olup yeni nesil dizileme ve mikrobiyom alanındaki teknolojik gelişmeler bu araştırmalara destek olmuş ve yol göstermiştir (Verma ve ark., 2017). PGPR'ların bitkisel üretimde su kıtlığıyla başa çıkmanın uzun vadeli sinerjik bir biyolojik yolu olduğu değerlendirilmektedir. PGPR'lar ozmolitleri ve strese duyarlı genleri düzenleyerek ve köklerdeki değişiklikleri artırmak yoluyla fitohormonlar, uçucu bileşikler, ACCD, ekzopolisakkaritler ve antioksidanlar salgılayarak kuraklığa dayanıklılık sağlayabilmektedir (Rehman ve ark., 2020; Khan, Bano ve ark., 2020).

Ağır metal stresi

Çevre araştırmacıları, ağır metallerin sınırlı parçalanabilirlikleri ve çevrede yüksek kalıcılıkları nedeniyle toksisiteyi konusunda endişe duymakta olup metallerin toksisitesi, konsantrasyonlarına veya türlerine bağlı olarak değişmektedir. Bazı ağır metaller belirli dozlarda tehlikelidir. Kadmiyum (Cd) ve Hg iyonları 0,001-0,1 mg/121'de zararlı olmakta ancak bazı elementler çevrelerine tepki olarak yapılarını değiştirirler (Singh ve ark., 2019). Topraktaki birikimleri, toprağın dokusunu ve pH değerini doğrudan etkiler ve çeşitli biyolojik süreçleri engelleyerek ürün gelişimini azaltmaktadır (Benizri ve Kidd, 2018; Sagar, Riyazuddin ve ark., 2020). Bitkilerde ağır metal stresinin hem doğrudan hem de dolaylı sonuçları vardır. Ağır metallere toleranslı PGPR'lar (*Pseudomonas*, *Streptomyces*, *Methylobacterium* ve *Bacillus* gibi cinsler) ağır metallerin bitkiler üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmaya yardımcı olmakla birlikte büyümesini ve verimliliklerini de artırabilir. PGPR biyostimülantları, bitkilerdeki ağır metal toksisitesini azaltmada oldukça yüksek derecede etkilidir ve kompleksleşme, çökelme, redoks süreçleri, şelasyon, adsorpsiyon yoluyla ağır metallerin mobilizasyonunu değiştirerek bitkinin çeşitli bölgelerine ağır metal taşınmasını engellemektedirler (Sayyed ve ark., 2015; Ismail ve ark., 2017; Lengai ve ark., 2020).

Tuzluluk Stresi

Gelecekteki yıllarda, toprak tuzluluğunun hızla artacağı ve bunun bitkisel üretime zarar vereceği tahmin edilmektedir. Tuzluluktan etkilenen toprakları geri kazanmak için kullanılan birçok geleneksel yöntemin sürdürülebilir ve ekonomik olmadığı ortaya çıkmıştır. PGPR'lar tuzlu toprakları geri kazanmak için çok yönlü bir araç haline gelmiş ve tuz stresinin bitkiler üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmaya da yardımcı olmaktadır. PGPR'lar tuzlu topraklarda bitkilerin canlı kalma süresini artırmak için çeşitli mekanizmalara sahiptir. PGPR bazlı biyostimülantların

çeşitli fitopatojenlere karşı biyokontrol ve bitki büyümesini destekleyici özellikleri iyi bilinmektedir. Toprak tuzluluğu, küresel toprağın %6'sından fazlasını etkileyerek, ekili ve sulanan toplam tarım arazilerinin sırasıyla %22'sini ve %33'ünü tehdit etmekte ve ürün verimini de düşürmektedir (Gupta ve ark., 2015). 2050 yılına kadar, ekilebilir arazilerin neredeyse yarısının; bilinçsiz sulama faaliyetleri, irrasyonel gübreleme, yetersiz drenaj ve iklim değişikliği gibi çeşitli nedenlerle her yıl %10 oranında artan toprak tuzluluğundan etkileneceği tahmin edilmektedir (Yadav ve ark., 2017; Verma, Mishra ve Arora, 2019). PGPR'lar ozmotik düzenleme, ozmolit birikimini ve fitohormon sinyallerini teşvik etme, besin alımını artırarak ve iyonların homeostazını sağlama ve gelişmiş antioksidan aktivite uçucu organik bileşikler (VOC'ler) ve fotosentezi iyileştirme yoluyla oksidatif stresi azaltma gibi birçok sinerjik mekanizma aracılığıyla bitkilerdeki tuzluluk stresini hafifletebilir (Etesami ve Maheshwari, 2018; Kour ve ark., 2019; (Najafi ve ark., 2021; Sudha ve ark., 2022). Fitohormonlar, kök sistemindeki hücre çoğalmasını teşvik ederek ve kök tüylerinin aşırı üretimi yoluyla su ve besin alımı için yüzey alanını artırmak suretiyle bitkilerin tuz stresine dayanmasına yardımcı olmaktadır (Paul ve Lade, 2014). Oksinler gibi büyüme düzenleyicileri, buğday tohumlarında tuzluluktan kaynaklanan uyku halini azaltır. *Pseudomonas putida* ve *Enterobacter cloacae*, bitkinin tuz stresine karşı direncini artırmaktadır (Cheng ve ark., 2012).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Artan dünya nüfusu nedeniyle gıda üretimine olan talep artmıştır. Bununla birlikte, iklim değişikliği, çevre kirliliği, saldırgan virüslerin ortaya çıkması ve geleneksel tarım uygulamalarının artan olumsuz etkileri, mahsul ve gıda üretimini ciddi şekilde tehdit etmektedir. Daha iyi ve sürdürülebilir bitkisel üretim, gıda güvenliğinin korunması, daha yüksek verim, bitki koruma ve tarımsal ekonomi endüstrisi için PGPR, son birkaç on yılda geleneksel tarım yöntemlerine önemli bir alternatif haline gelmiştir. Rizosferdeki bitkiler ve mikroplar arasındaki etkileşimler, bitkilerin ve bağlantılı oldukları PGPR'nin hayati bileşikleri birbirleriyle değiştirmesini mümkün kılmıştır. PGPR'nin biyogübre olarak ticarileştirilmesi örnek olarak gösterilmelidir. Bu bağlamda, PGPR için biyogübre üretiminde dünya çapında önemli gelişmeler kaydedilmiştir.

PGPR ayrıca mahsul üretimini ve toprak verimliliğini artırmak için çok etkili ve gerekli olmuştur. Genel olarak, mikrobiyal biyoteknolojinin tarıma dahil edilmesiyle birçok avantaj elde edildiğini varsayabiliriz. Yine

de, gelecekteki sürdürülebilir tarımsal kalkınma için birçok engel ve fırsat hala ele alınmayı beklemektedir. Nüfusu büyük bir tarım ülkesi olan Hindistan, büyük ölçüde tarımsal ekonomisine bağlıdır. Bunu akılda tutarak, tarımda araştırma ve iyileştirme ihtiyacı her zaman bir ihtiyaçtır. PGPR'nin biyogübreleme, fotostimülasyon, biyopestisitler ve biyoremediasyon gibi faydalı hizmetler sunmadaki rolü, bitkisel üretim ve sürdürülebilir tarım üzerinde önemli bir etkiye sahiptir. Bu nedenle, daha iyi bitkisel üretim ve sürdürülebilir tarım için temel tarım sisteminde başarılı bir şekilde uygulanmalarını kolaylaştırmalıyız. PGPR kullanımı, daha titiz araştırma ve geliştirmeyle gerçeğe dönüşecek ve tarımsal ekosistemlerin sürdürülebilirliğini ve verimliliğini sağlayan temel süreçlere yardımcı olacak ve bu da verimli, insan sağlığını koruyan ve iyileştiren, çevreye fayda sağlayan ve dünya nüfusuna yeterli gıda sağlayan ideal bir tarım sistemiye sonuçlanacaktır.

Son olarak, tıpkı besin haritalamasında olduğu gibi, biyogübreler için yeni PGPR türleri aramak ve herhangi bir bölge için bir mikrobiyal çeşitlilik haritası oluşturmak da faydalı olabilir. Büyüme hızlandırıcı olarak biyostimülanlara olan talep 2000 yılından bu yana artmış ve ısı stresiyle başa çıkmak için faydalı mikroorganizmaların kullanımına yönelik yayınlar ve araştırma ilgisi giderek artmaktadır. Mikroorganizmaların aşılınması, çeşitli streslere karşı toleransı ve dayanıklılığı artırır. Bitkilerin çapraz korunması, faydalı mikroorganizmaların izolasyonu ve tanımlanmasından önemli ölçüde fayda sağlayacaktır. Sürdürülebilir tarımın ve mikrobiyal çeşitliliğin gelişimini ve sürdürülmesini desteklemek için uygun teknik kalibrasyonlar ve testler, değişen iklim koşullarında mikroplar ve davranış kalıplarıyla ilgili gelişmiş simülasyon modelleri oluşturmak için de kullanılabilir. Uygun rizosfer mikroplarının seçimi ve mikrobiyal türlerin geliştirilmesi üzerine yapılacak ileri çalışmalar, tarımsal biyoteknoloji, biyoteknoloji, kimya mühendisliği, nanoteknoloji ve malzeme bilimlerindeki uygulamaları entegre eden çok disiplinli araştırmaların ilerlemesi ve çeşitli ekolojik ve fonksiyonel biyolojik yaklaşımların bir araya getirilmesiyle birlikte, yeni formülasyonlar ve beklentiler sağlayacaktır. Biyolojik deneylerde çok sayıda bitki patojenine karşı biyolojik kontrol için sıvı aşılayıcılar/granül, PGPR tanımlaması gibi alternatif bileşimlerin geliştirilmesi, sürdürülebilir tarım için bir ön koşuldur.

KAYNAKÇA

- Alawiye, T.T. & Babalola, O.O. (2019). Bacterial diversity and community structure in typical plant rhizosphere. *Diversity*, 11(10), 179.
- Anilkumar, R.R., Edison, L.K. & Pradeep, N.S. (2017). *Exploitation of fungi and actinobacteria for sustainable agriculture*. In: *Microbial biotechnology*. Singapore: Springer, 135– 162.
- Bhat, B.A., Islam, S.T., Ali, A., Sheikh, B.A., Tariq, L., Islam, S.U. et al. (2020). *Role of micronutrients in secondary metabolism of plants plant micronutrients*. Switzerland: Springer., 311– 329.
- Baba, Z.A., Hamid, B., Sheikh, T.A., Alotaibi, S., Enshasy, H.E., Ansari, M.J. et al. (2021). Psychrotolerant *Mesorhizobium* sp. Isolated from temperate and cold desert regions solubilize Potassium and produces multiple plant growth- promoting metabolites. *Molecules*, 26, 5758.
- Banerjee, A. & Roychoudhury, A. (2018). *Small heat shock proteins: structural assembly and functional responses against heat stress in plants*. In: *Plant metabolites and regulation under environmental stress*. London: Elsevier, 367– 376.
- Benizri, E. & Kidd, P.S. (2018). *The role of the rhizosphere and microbes associated with hyperaccumulator plants in metal accumulation*. In: *Agromining: farming for metals*. Switzerland: Springer, 157– 188.
- Cheng, Z., Woody, O.Z., McConkey, B.J. & Glick, B.R. (2012). Combined effects of the plant growth- promoting bacterium *Pseudomonas putida* UW4 and salinity stress on the Brassica napus proteome. *Applied Soil Ecology*, 61, 255– 263.
- Choudhary, D.K., Sharma, K.P. & Gaur, R.K. (2011). Biotechnological perspectives of microbes in agro- ecosystems. *Biotechnology Letters*, 33(10), 1905– 1910.
- dos Santos, T.B., Ribas, A.F., de Souza, S.G.H., Budzinski, I.G.F. & Domingues, D.S. (2022). Physiological responses to drought, salinity, and heat stress in plants: a review. *Stresses*, 2(1), 113– 135.
- Etesami, H. & Maheshwari, D.K. (2018). Use of plant growth promoting rhizobacteria (PGPRs) with multiple plant growth promoting traits in stress agriculture: action mechanisms and future prospects. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 156, 225– 246.
- Faizan, M., Yu, F., Rajput, V.D., Minkina, T. & Hayat, S. (2022). *Role of brassinosteroids in protein folding under high- temperature stress*. In: *Brassinosteroids signalling*. Singapore: Springer Nature, 259– 268.
- García- Fraile, P., Menéndez, E. & Rivas, R. (2015). Role of bacterial biofertilizers in agriculture and forestry. *AIMS Bioengineering*, 2(3), 183– 205.
- Gupta, G., Parihar, S.S., Ahirwar, N.K., Snehi, S.K. & Singh, V. (2015). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR): current and future prospects for development of sustainable agriculture. *Journal of Microbial & Biochemical Technology*, 7(2), 96– 102.
- Haney, C.H., Samuel, B.S., Bush, J. & Ausubel, F.M. (2015). Associations with rhizosphere bacteria can confer an adaptive advantage to plants. *Nature Plants*, 1(6), 1– 9.
- Hamid, B., Zaman, M., Farooq, S., Fatima, S., Sayyed, R.Z., Baba, Z.A. et al. (2021). Bacterial plant biostimulants: a sustainable way towards improving growth, productivity, and health of crops. *Sustainability*, 13(5), 2856.
- Hifnawy, M.S., Fouda, M.M., Sayed, A.M., Mohammed, R., Hassan, H.M., AbouZid, S.F. et al. (2020). The genus *Micromonospora* as a model microorganism for bioactive natural product discovery. *RSC Advances*, 10(35), 20939– 20959.
- Ijaz, M., Tahir, M., Shahid, M., Ul- Allah, S., Sattar, A., Sher, A. et al. (2019). Combined application of biochar and PGPR consortia for sustainable production of wheat under semiarid conditions with a reduced dose of synthetic fertilizer. *Brazilian Journal of Microbiology*, 50(2), 449– 458.

- Ismail, M., Prasad, R., Ibrahim, A.I.M. & Ahmed, A.I.S. (2017). *Modern prospects of nanotechnology in plant pathology*. In: *Nanotechnology*. Singapore: Springer, 305– 317.
- Jabborova D, Kannepalli A, Davranov K, Narimanov A, Enakiev Y, Syed A, Elgorban AM, Bahkali AH, Wirth S, Sayyed RZ, and Gafur A (2021). Co- inoculation of rhizobacteria promotes growth, yield, and nutrient contents in soybean and improves soil enzymes and nutrients under drought conditions. *Scientific Report 11*:22081
- Kapadia, C., Sayyed, R.Z., Enshasy, H.E.E., Vaidya, H., Sharma, D., Patel, V. et al. (2021). Halotolerant microbial consortia for sustainable mitigation of salinity stress, growth promotion, and mineral uptake in tomato plant and soil nutrient enrichment. *Sustainability*, 13, 8369.
- Khan, M.A., Asaf, S., Khan, A.L., Jan, R., Kang, S.- M., Kim, K.- M. et al. (2020). Extending thermotolerance to tomato seedlings by inoculation with SA1 isolate of *Bacillus cereus* and comparison with exogenous humic acid application. *PLoS One*, 15(4), e0232228.
- Khan, N., Bano, A., Ali, S. & Babar, M.A. (2020). Crosstalk amongst phytohormones from planta and PGPR under biotic and abiotic stresses. *Plant Growth Regulation*, 90(2), 189– 203.
- Khumairah, F.H., Setiawati, M.R., Fitriatin, B.N., Simarmata, T., Alfaraaj, S., Ansari, M.J. et al. (2022). Halotolerant plant growth promoting rhizobacteria isolated from saline soil improve nitrogen fixation and alleviate salt stress. *Frontiers in Microbiology*, 13, 905210.
- Kour, D., Rana, K.L., Yadav, N., Yadav, A.N., Kumar, A., Meena, V.S. et al. (2019). *Rhizospheric microbiomes: biodiversity, mechanisms of plant growth promotion, and biotechnological applications for sustainable agriculture*. In: *Plant growth promoting rhizobacteria for agricultural sustainability*. Singapore: Springer, 19– 65.
- Lengai, G.M.W., Muthomi, J.W. & Mbega, E.R. (2020). Phytochemical activity and role of botanical pesticides in pest management for sustainable agricultural crop production. *Scientific African*, 7, e00239.
- Liu, H., Carvalhais, L.C., Crawford, M., Singh, E., Dennis, P.G., Pieterse, C.M.J. et al. (2017). Inner plant values: diversity, colonization, and benefits from endophytic bacteria. *Frontiers in Microbiology*, 8, 2552.
- Marchin, R.M., Backes, D., Ossola, A., Leishman, M.R., Tjoelker, M.G. & Ellsworth, D.S. (2022). Extreme heat increases stomatal conductance and drought- induced mortality risk in vulnerable plant species. *Global Change Biology*, 28(3), 1133– 1146.
- Milledge, J.J. (2011). Commercial application of microalgae other than as biofuels: a brief review. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*, 10(1), 31– 41.
- Moumbock, A.F.A., Gao, M., Qaseem, A., Li, J., Kirchner, P.A., Ndingkokhar, B. et al. (2021). StreptomeDB 3.0: an updated compendium of streptomycetes natural products. *Nucleic Acids Research*, 49(D1), D600– D604.
- Perrella, G., Bäurle, I. & van Zanten, M. (2022). Epigenetic regulation of thermomorphogenesis and heat stress tolerance. *New Phytologist*, 234(4), 1144– 1160.
- Rehman, F.U., Kalsoom, M., Adnan, M., Toor, M. & Zulfiqar, A. (2020). Plant growth promoting rhizobacteria and their mechanisms involved in agricultural crop production: a review. *SunText Review of BioTechnology*, 1(2), 1– 6.
- Riaz, U., Murtaza, G., Anum, W., Samreen, T., Sarfraz, M. & Nazir, M.Z. (2021). *Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) as biofertilizers and biopesticides*. In: *Microbiota and biofertilizers*. Singapore: Springer, 181– 196.
- Paul, D. & Lade, H. (2014). Plant- growth- promoting rhizobacteria to improve crop growth in saline soils: a review. *Agronomy for Sustainable Development*, 34(4), 737– 752.

- Sagar, A., Riyazuddin, R., Shukla, P.K., Ramteke, P.W. & Sayyed, R.Z. (2020). Heavy metal stress tolerance in *Enterobacter* sp. PR14 is mediated by plasmid. *Indian Journal of Experimental Biology*, 58(2), 115–121.
- Salwan, R. & Sharma, V. (2020). *Bioactive compounds of Streptomyces: biosynthesis to applications*. In: *Studies in natural products chemistry*, 64. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 467–491.
- Sayyed, R.Z., Patel, P.R. & Shaikh, S.S. (2015). Plant growth promotion and root colonization by EPS producing *Enterobacter* sp. RZS5 under heavy metal contaminated soil. *Indian Journal of Experimental Biology*, 53, 116–123.
- Shaffique, S., Khan, M.A., Wani, S.H., Pande, A., Imran, M., Kang, S.-M. et al. (2022). A review on the role of endophytes and plant growth promoting rhizobacteria in mitigating heat stress in plants. *Microorganisms*, 10(7), 1286.
- Tariq, L., Bhat, B.A., Hamdani, S.S., Nissar, S., Sheikh, B.A., Dar, M.A. et al. (2022). Plant growth regulators and their interaction with abiotic stress factors plant abiotic stress physiology. *New Jersey and Canada: Apple Academic Press*, 115–135.
- Thakur, N. (2017). *Organic farming, food quality, and human health: a trisection of sustainability and a move from pesticides to eco-friendly biofertilizers*. In: *Probiotics in agroecosystem*. Singapore: Springer, 491–515.
- Singh, J.S. (2019). *New and future developments in microbial biotechnology and bioengineering: microbes in the soil, crop, and environmental sustainability*. Amsterdam, Netherlands: Elsevier, 1–386.
- Verma, J.P., Jaiswal, D.K., Singh, S., Kumar, A., Prakash, S. & Curá, J.A. (2017). Consequence of phosphate solubilizing microbes in sustainable agriculture as an efficient microbial consortium: a review. *Climate Change and Environmental Sustainability*, 5(1), 1–19.
- Verma, M., Mishra, J. & Arora, N.K. (2019). *Plant growth-promoting rhizobacteria: diversity and applications*. In: *Environmental biotechnology: for sustainable future*. Singapore: Springer, 129–173.
- Vurukonda, S.S.K.P., Giovanardi, D. & Stefani, E. (2018). Plant growth promoting and biocontrol activity of *Streptomyces* spp. as endophytes. *International Journal of Molecular Sciences*, 19(4), 952.
- Yadav, A.N., Verma, P., Kour, D., Rana, K.L., Kumar, V., Singh, B. (2017). Plant microbiomes and its beneficial multifunctional plant growth promoting attributes. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 3(1), 1–8.
- Young, J.P.W., Crossman, L.C., Johnston, A.W.B., Thomson, N.R., Ghazoui, Z.F., Hull, K.H. et al. (2006). The genome of *Rhizobium leguminosarum* has recognizable core and accessory components. *Genome Biology*, 7(4), 1–20.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ KOŞULLARINDA TÜRKİYE'NİN GIDA GÜVENLİĞİ

Selahattin ÇINAR**

1.GİRİŞ

Güneş sistemindeki canlı yaşamına İMKAN sağladığı bilinen tek gezegen olan dünya gezegeni; canlı ve cansız ögeleri içeren, bölümleri arasında sürekli enerji akışı ve madde dolanımının bulunduğu bir ekosistemdir. Bu ekosistemde insanoğlu sahip olduğu düşünme yeteneği sayesinde dünya ekosistemini yönetme ve yönlendirme yeteneğindedir. Yeryüzündeki canlılığını sürdürebilmesi ve neslini devam ettirebilmesi için sınırsız gereksinimlere sahip olan insanoğlunun en önemli gereksinimini beslenme gereksinimi oluşturur.

İnsanoğlu başta beslenme gereksinimi olmak üzere diğer gereksinimlerini karşılamak için insanlık tarihi boyunca çaba göstermiş ve bu alanda çok önemli ilerlemeler kaydetmiştir. Başlangıçta, çevresindeki bitkileri besin olarak kullanmayı öğrenen insanoğlu, daha sonra bazı aletler geliştirerek avlanmayı öğrenmiş ve beslenme gereksinimlerinin bir bölümünü av hayvanlarından temin etmeye başlamıştır. Günümüzden yaklaşık 7000-10000 yıl önce hayvanları evcilleştirerek, daha sonra da bitkileri kültüre alarak tarım tarihini başlatmıştır. Artan insan nüfusu ve insanoğlunun yaşam düzeyini yükseltme çabaları tarım tarihi içerisinde insanoğlunun kültüre aldığı ve evcilleştirdiği bitki ve hayvan türlerini kendi amaçlarına daha uygun hale getirmek için önemli derecede değiştirmesine ve onların verim düzeyini çok önemli derecede yükseltmesine neden olmuştur. İnsanoğlunun tarımını yaptığı bitki ve hayvan türlerini kendi amaçlarına daha uygun hale getirme çabaları 20. yüzyılda bilimsel esaslara dayalı olarak yapılmış ve söz konusu türlerin verim ve ürün kalitelerinde çok önemli artışlar olmuştur. Ancak, insanoğlunun yaşam düzeyini yükseltme amacıyla tarımsal üretimde verim ve kalite artışı sağlama ve sanayileşme çabaları içerisinde yaşadığı dünya ekosisteminde önemli sorunları beraberinde getirmiştir. İnsanoğlu bu

** Prof. Dr. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Kırşehir,
s.cinar@ahievran.edu.tr, orcid.org/ 0000-0002-9049-0044

sorunları 20. Yüzyılın ortalarından itibaren fark etmiştir. Söz konusu sorunların en önemlisini dünya ekosisteminde iklimin değişmesi oluşturmaktadır.

İklim, bir yerde uzun dönemdeki atmosfer hareketlerini (sıcaklık, nem, hava basıncı, rüzgar, yağış, yağış şekli) ifade eder (NASA, 2019). İklim değişikliği ise, çok genel anlamıyla iklim sisteminin istatistiksel özelliklerinde (ortalama ve dağılımı) farklı nedenlerle uzun dönemli olarak ortaya çıkan değişiklikler olarak tanımlanmaktadır (Solomon ve ark., 2007). Bu tanıma göre 10 yıldan daha kısa dönemdeki iklimsel dalgalanmalar iklim değişikliği olarak kabul edilmemektedir. Bazen iklim değişikliği denildiğinde, yalnızca insan aktivitelerinin neden olduğu iklim değişikliği anlaşılmaktadır. Buna karşılık yeryüzündeki doğal süreçler de iklim değişikliğine neden olabilmektedir.

Yeryüzündeki sıcaklık artışı küresel ısınma olarak tanımlanır. İklim değişikliği ise küresel ısınma dahil sera gazlarındaki artışın etkilediği her türlü iklim değişikliklerini kapsamaktadır. Karbondioksit (CO_2), metan (CH_4), azot oksit (N_2O), hidrofloro karbonlar (HFCs), perflorokarbonlar (PFCs) ve heksaflorid olmak üzere altı ana sera gazı bulunmaktadır. Ayrıca su buharı da sera gazı olarak kabul edilmektedir. Aslında bu gazlar yaşam için gerekli gazlardır. Eğer bu gazlar olmaz ise güneşten gelen sıcaklık, uzaya geri döner ve yeryüzü daha soğuk olurdu. Yani bu gazlar yeryüzünün ısınmasını sağlar. Fakat, bu gazların atmosferdeki konsantrasyonu arttığında, atmosferde daha fazla sıcaklık tutulur ve yeryüzü insan, hayvan ve bitkilerin yaşamı için daha az uygun hale gelir. Sera gazları içinde karbondioksit en etkin sera gazı olmamasına karşılık en önemli sera gazıdır. İnsan aktiviteleri sera gazı etkisinin doğal döngüsünde ve bu döngü ile ilgili süreçlerde dengesizliğe neden olmuştur. Önemli miktarlardaki sera gazının atmosfere salımı endüstri çağında başlamıştır ve günümüzde bu gazların salımı hızla artmaktadır. 1950’li yıllara kadar 300 ppm’in üzerine çıkmayan CO_2 konsantrasyonu 1980-2014 yılları arasında 338 ppm’den 398 ppm’e çıkmıştır. Şubat 2024’te 424.55 ppm olan atmosferdeki CO_2 konsantrasyonunun Şubat 2025’de 427.09 ppm olduğu bildirilmektedir (Anonymous, 2025). 2100 yılında farklı senaryolara göre atmosferdeki karbondioksit konsantrasyonunun 421-936 ppm arasında değişeceği tahmin edilmektedir (Dumont ve ark., 2015).

Atmosferde sera gazlarının ve özellikle de CO_2 konsantrasyonunun artışı yeryüzü sıcaklığında, yağışın miktar ve dağılımında ve diğer iklim olaylarında değişikliğe neden olmaktadır (Dumont ve ark., 2015).

Yeryüzündeki küresel ısınma 1880 yılından beri devam etmektedir (NASA, 2023). En fazla ısınma son 35 yılda ortaya çıkmıştır. 1880 yılından beri en sıcak 19 yıl 2000'den sonra ortaya çıkmıştır. 2022 yılında 1880 yılına göre küresel ortalama sıcaklık 1.01 °C artmıştır. Sıcaklık artışı devam etmektedir. Her yıl 427 milyar m³ buz erimektedir. 1993 yılından beri deniz seviyesi 10.16 cm artmıştır.

Türkiye'de ise 1950-2010 yılları arası iklim verileri değerlendirildiğinde; istatistiksel açıdan anlamlı ısınma eğilimlerinin genel olarak Akdeniz Bölgesi'nde egemen olduğu, çok azı istatistiksel açıdan anlamlı olmak üzere, soğuma eğilimlerinin Karadeniz Bölgesi ile iç ve batı bölgelerinde görüldüğü, ilkbahar ortalama hava sıcaklıklarının, birkaç istasyon dışında, Türkiye'nin çok büyük bölümünde artma eğilimi gösterdiği anlaşılmıştır (Anonymous, 2012).

Özellikle Marmara, Ege, Akdeniz, İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde gözlenen ısınma eğilimlerinin istatistiksel açıdan önemli olduğu, ısınma eğilimlerinin kentleşmenin hızlı ve yaygın, buna bağlı kentsel ısı adası etkilerinin kuvvetli olduğu İstanbul yöresinde, Ege ve Akdeniz bölgelerinin kıyı istasyonlarında ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi istasyonlarında çoğunlukla %1 anlamlılık düzeyinde önemli ve klimatolojik olarak dikkat çekici olduğu, yazın, eğilim çözümlemelerinde kullanılan tüm istasyonların, birkaçı dışında %1 anlamlılık düzeyinde önemli belirgin artış eğilimleri sergilediği saptanmıştır (Anonymous, 2012). Sonbahar ortalama hava sıcaklıkları da, çoğunlukla ısınma eğilimi göstermiştir.

2011-2040 yılları için tüm Türkiye'de yüzey sıcaklığının artacağı tahmin edilmiştir (Anonymous, 2012). Ancak bu artışların genelde düşük oranlarda olacağı (kışın 0.5 °C'den ve yazın 1.0 °C'den düşük) beklenmektedir. Türkiye'de yüzey sıcaklıklarındaki önemli artışların ikinci dönemde (2041- 2070) ortaya çıkması beklenmektedir. Bu artışın, kışın yaklaşık 1.5 °C, yazın ise yaklaşık 2.4 °C olacağı tahmin edilmektedir. 21. yüzyılın sonuna doğru yüzey sıcaklıklarının kışın yaklaşık 3.5°C, yazın ise 6°C'ye ulaşacağı tahmin edilmektedir. Model simülasyonu, Türkiye'deki yüzey sıcaklığı artışlarının eşit olmayacağını öngörmektedir. Türkiye'nin doğu ve iç kısımlarında kış sıcaklıklarında daha fazla artış, güney ve güneydoğu kesimlerinde ise yaz sıcaklıklarında daha fazla artış beklenmektedir. Yaz mevsimi yüzey sıcaklığı değişimindeki kuzey-güney gradyanı yüzyılın sonuna doğru daha belirgin hale gelmeye başlayacaktır. Son dönemde yaz sıcaklığı artışları, Türkiye'nin güneydoğu ve güneybatı kesimlerinde yaklaşık 6 °C'ye

ulaşırken, Karadeniz ve Marmara Bölgeleri'nde sadece 3 °C civarında kalacağı tahmin edilmektedir.

Türkiye'de 1950-2010 yılları arası iklim verilerinin değerlendirilme sonuçlarına göre, genel olarak kış ve ilkbahar yağış toplamalarında, Marmara, Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgeleri ile İç ve Doğu Anadolu bölgelerinin iç ve güney bölümlerinde belirgin bir azalma eğiliminin (kuraklaşma) olduğu ortaya çıkmıştır.

2011-2040 yılları arasında Türkiye'nin çoğu bölgesinde kış ve ilkbahar yağışlarında %30'a varan bir artış olacağı, ancak ikinci dönemde (2040-2070), kış yağışlarının Türkiye'nin güney ve batı kesimlerinde %20'ye varan bir düşüş göstereceği tahmin edilmektedir. Benzer şekilde, ilkbahar yağışlarının da Türkiye'nin iç ve güney kısımlarında azalacağı tahmin edilmektedir. Buna karşılık, yağışların her iki mevsimde de Türkiye'nin kuzey kesimlerinde artacağı tahmin edilmektedir. 2070-2099 döneminde kış mevsimi yağış değişiklikleri, 2040-2070 dönemi ile benzerlik göstermesi beklenmektedir. En temel farkın değişikliklerin güçlenmesi şeklinde olacağı tahmin edilmektedir. Diğer bir ifadeyle, 2070-2099 döneminde yağış düşüşlerinin olduğu bölgelerin çok daha kuru, yağışlarda artışın olduğu bölgelerin ise çok daha nemli olması beklenmektedir. Ayrıca, 2070-2099 döneminde ilkbahar yağışlarında azalmanın olduğu alanların Türkiye'nin büyük bir bölümünü kapsamaması, sadece Karadeniz Bölgesi'nde yağışların artması beklenmektedir.

Yukarıda açıklandığı gibi atmosferde aşırı sıcaklık artışları küresel ısınmayı ortaya çıkarmaktadır. Küresel ısınma bazı yanlış uygulamalar sonucunda atmosfere salınan sera gazlarının oluşturduğu sera etkisi ile ortaya çıkmaktadır. Dünyada enerji tüketimi, insan kaynaklı sera gazı emisyonlarının açık ara en büyük kaynağı olup dünya çapında sera gazı emisyonlarının %73'ünden sorumludur. Enerji sektörünün haricinden emisyon üreten başlıca diğer alanlar, tarımsal faaliyetler (%12), arazi kullanımı, arazi kullanım değişikliği ve ormansızlaşma gibi ormancılık (%6,5) faaliyetleri; kimyasallar, çimento ve farklı endüstriyel süreçler (%5,6) ve düzenli depolama alanları ile atık suların da yer aldığı atıklardan (%3,2) oluşmaktadır.

Ülkemizin sera gazı emisyonunu değerlendirecek olursak; 2019 yılında toplam sera gazı emisyonu 506,1 Mt CO₂ eşd. olarak raporlanmıştır. Toplam sera gazı emisyonlarında 2019 yılında CO₂ eşd. olarak en büyük payı %72 ile enerji kaynaklı emisyonlar alırken bunu sırasıyla; %13,4 ile tarım (bir önceki yıla göre artış olmuştur), %11,2 ile endüstriyel işlemler

ile ürün kullanımı ve %3,4 ile atık sektörü takip etmiştir (Anonymous, 2021).

2.İklim Değişikliğinin Bitkisel Üretime Etkileri

İnsanoğlunun bugüne kadar geliştirdiği teknolojiye rağmen açık fabrika üretimi olarak adlandırılan tarımsal üretim başta iklim olmak üzere çevre koşullarının etkisi altındadır. Tarım, iklim değişikliğini etkileyen ve ondan etkilenen önemli bir sektördür. İklim değişikliğinin etkileri ve sonuçları hissedilir şekilde yaşantımızı etkilemektedir. Bu durum; salgın hastalıklar, kuraklık, erozyon, çölleşme, iklim kuşaklarının yer değiştirmesi, şiddetli hava olaylarının artması, deniz seviyesinin yükselmesi, doğal dengenin bozulması sonucu vahşi yaşam türlerinin zarar görmesi ve insan sağlığının bozulması gibi hususlarla karşımıza çıkmaktadır.

2.1. Bitki Su Tüketimi ve Su Ayak İzine Etkileri

Türkiye’de kişi başı tatlı su kaynaklarına erişim miktarı yıllık 1300 m³ civarındadır ve su sıkıntısı çeken bir ülke konumundadır. Türkiye’de erişilebilir tatlı suyun %73’ü tarımsal üretimde kullanılmaktadır. Tarımsal üretim alanlarının yalnızca 6,5 milyon hektarı (yaklaşık %28’i) sulanabilir koşullara sahiptir. Sulanan alanların ise %75’inde, modern sulama tekniklerine göre %250’ye varan miktarlarda daha çok su tüketimine neden olan *vahşi sulama* adı verilen kontrolsüz sulama tekniği uygulanmaktadır. Öte yandan iklim senaryolarına göre Türkiye’nin diğer bölgelerinde etkili yağış miktarının %5-20 arasında azalacağı, +1,5 °C derece sıcaklık artışının ise bitki su tüketimini %5-15 arası artıracığı öngörülmektedir. Bu durum hiçbir önlem alınmaz ve yatırım yapılmaz ise mevcut tarımsal sulama suyu ihtiyacının %12 ile %40 arasında artacağını göstermektedir. Tarımsal sulamada su tasarrufu sağlayan önlemler hayata geçirilmediği sürece, suya erişimde önemli problemlerin yaşanacağı öngörülmektedir. Tüm bu süreçler sağlıklı yönetilmediği takdirde tarımsal üretim rekoltesinde düşüşler meydana gelecek ve birim maliyetler yükselecektir. Ayrıca, artan su ihtiyacı nedeniyle de mevcut üretim teknikleri ve su kullanım alışkanlıkları değişmediği sürece ürünlerin su ayak izi de artacak, ve bu durum toprakların daha erken tuzlanmasına neden olacaktır.

2.2. Bölgesel Üretim Deseni ve Rekolteye Etkileri

İklim değişikliği neticesinde, yüksek ve düşük sıcaklıklar bitki büyüme ve gelişiminde önemli etkiler oluşturacaktır. Günümüzde Türkiye’nin pek çok bölgesi ılıman-yarı ılıman iklim kuşağında yer almaktadır. Gelecekte iklim değişikliği nedeniyle ılıman kuşakta yer alan bölgelerin sıcak ve kurak koşullara dönüşmesi beklenmektedir ve bu durum, belirli kültür

bitkilerinin bu bölgelerde ekonomik olarak yetiştirilememesine neden olacaktır. Türkiye’de yetişen birçok bitkisel ürünün +35-40 °C derece sıcaklıkta strese girdiği bilinmektedir. Bu stres sonucu bitkiler ürününü/çiçeğini silkelemekte, çok yıllık bitkilerde ise, bir sonraki yıl meyve tutumu gerçekleşmemektedir. Öte yandan bitkilerin genelinde ani sıcaklık yükselmesi/düşmesi de stres yaratmakta ve benzer şekilde meyve/çiçek silkelemelerine neden olmaktadır. Bu gibi nedenlerden dolayı, sıcaklık artışları ve ekstrem sıcaklık süresinin uzaması, rekoltelerde ciddi düşüşlere sebebiyet vereceği beklenmektedir. Bazı meyve türlerinin meyve tutumunun gerçekleşebilmesi için yapraklarını döktükten yapraklarını tekrar açana kadar geçen sürede 0 ile +7,2 °C sıcaklık değerleri toplamına ihtiyaç vardır. *Soğuklanma ihtiyacı* olarak adlandırılan bu fizyolojik olay birçok çok yıllık bitkinin yaşam yerlerini belirlemesi bakımından kritiktir. İklim değişikliğinden kaynaklı sıcaklık artışları, soğuklanma ihtiyacı yüksek ürünlerde ihtiyacın karşılanamaması riskini getireceğinden kritik mikro-klima ve bölgelerde ürünlerin yetişememesine neden olacaktır. Buna en güzel örnek; Kuzey Yarım kürede en erkenci kiraz olan kirazın Manisa-Turgutlu, İzmir-Bağarası ilçelerinde yapılan tarımı, iklim değişikliği bu hızla devam ettiği takdirde soğuklanma isteği karşılanamayacağından yapılamayacaktır. Soğuklanma isteği düşük ürünlerde ise sıcaklık artışı ile bitkilerin erken uyanması ve çiçek açmasına neden olabileceğinden ilkbahar geç donlarından daha fazla etkilenme olasılığı ile karşı karşıya kalma riski artacaktır.

Bütün bu fizyolojik durumlar rekolte azalmalarına, ürünlerin üretim yerlerinin değişmesine, üretim risk faktörlerinin artmasına ve birim fiyatların dalgalı ve yüksek seyretmesine neden olacaktır. Türkiye’de insan beslenmesinde stratejik görülen birçok tarımsal ürün (arpa, buğday, ayçiçeği, bazı yem bitkileri vs.) büyük bir bölümü kuru koşullarda üretilmektedir. Yağışın azalması, sıcaklığın artması ile beraber kuru koşullarda üretim imkânları daralacak ya da yüksek oranda üretim riski ile karşı karşıya kalınacaktır. İklim değişikliği ile beraber dünyada lider olduğumuz ve döviz girdisi sağladığımız fındık, kuru kayısı, incir ve sultani çekirdeksiz kuru üzüm üretiminin ciddi anlamda sekteye uğrayacağı öngörülmektedir. Söz konusu ürünlerinde iklim değişikliğinin muhtemel etkilerinin azaltılması ve adaptif kapasitelerinin yükseltilmesi için acil olarak araştırma, kaynak ve sermaye gerekmektedir. Fındıkta iklim değişikliği senaryoları ile döllenme biyolojisi, kayısı üretiminde aşırı sıcaklık stresinin bitki göz oluşumuna etkisi, incirde Küçük ve Büyük Menderes havzalarında incir olgunlaşma dönemlerinde

2.3. Meteorolojik Risk Faktörlerinin Aşırı Yoğunlaşmasının Bitkisel Üretime Etkisi

İklim değişikliği sadece sıcaklık artışı ve yağış rejimini değiştirmemektedir. Ekstrem hava olaylarının görülme sıklığını ve şiddetini artıracaktır. Bu bağlamda aşırı hızlı ve yoğun yağış sıklığının, sel ve erozyonlara neden olacağı; üretimden kaynaklı risk primlerinin yükseleceği ve bu durumun birim maliyetlere olumsuz etkileri olacağı düşünülmektedir. Diğer taraftan rüzgâr, fırtına, dolu gibi meteorolojik ekstrem olayların sıklığı ve şiddetinin de artacağı öngörülmektedir. Bu durum toprak erozyonunun daha da artmasına ve ekilebilir alanların azalmasına sebep olacaktır. Yaşanan süreçte sonuç olarak tarımsal ürünlerin birim maliyetlerinin yükseleceği ve fiyat dalgalanmalarının yaşanacağı düşünülmektedir.

2.4. Ekim Normuna ve Ekiliş Tarihlerine Etkileri

Tek yıllık kültür bitkilerinde ekim tarihinin doğru yapılması ve ekim sırasında toprağın tavra olması çok önemlidir. İklim değişikliği senaryolarında ve ekstrem iklim durumlarında toprak tava oluşmamakta; don, dolu gibi meteorolojik olaylarda yaşanan sapma ve yoğunluk ekim tarihlerinde kaymalara sebep olmakta ve üretim tahminlerini zorlaştırabilmektedir. Bu durum hem üretim planlamasının yapılamamasına hem de rekolte azlığı ya da üretim yığılması gibi fiyatların dalgalanmasına veya rekoltelerin tahmin edilememesine neden olabilmektedir. Üreticilerin üretim alışkanlıkları ve karar verme süreçlerine olumsuz etkilerini, bugünlerde yaşanan ekstrem iklim olaylarında görmemiz mümkündür.

2.5. Hastalık, Zararlı Organizmalar, Yabancı Ot Direnci ve Faydalı Organizmalara Etkisi

Sıcaklık artışları, kültür bitkilerine zarar veren birçok hastalık, zararlı ve yabancı otların varlığına avantaj sağlarken, dayanıklılık özelliği zayıf kültür bitkilerinin rekabet koşullarını azaltacaktır. Bu durum daha fazla pestisit kullanımının yaygınlaşmasına zemin hazırlayacaktır. Böylece tarımsal ürünlerde hem pestisit kullanım oranları yükselecek hem de birim maliyetler artacaktır.

3. İklim Değişikliğinin Hayvansal Üretime Etkileri

3.1. Büyükbaş Hayvancılığa Etkileri

Büyükbaş hayvanların sindirim sisteminden çıkan gazların önemli derecede sera gazı salınımına neden olduğu bilinmektedir. Bu nedenle et ve süt üretiminde değerlendirilen büyükbaş (inek) hayvan yetiştiriciliğinde kısıtlamalar getirilmesi; protein ihtiyacının sera gazı salınımı düşük

hayvansal gıdalardan karşılanması önerilmektedir. Büyükbaş hayvan yetiştiriciliğine getirilecek bir kısıt ise, inekten elde edilen süt, sığır eti gibi gıdaların fiyatlarında fahiş yükselişlere neden olabilir. İnekler günlük ortalama 200 litre su tüketmektedir. Toplam su ayak izine baktığımızda da bir kilogram et için, 19.525 litre su tüketildiği hesaplanmıştır. Sıcaklık artışları, ineklerin fizyolojik olarak daha çok terlemelerine ve su ihtiyaçlarının daha çok artmasına neden olacaktır. Sıcaklık artışlarının bitkilerde olduğu gibi hayvanlarda da stres artışına neden olacağı, gerekli önlemler alınmadığında süt verimlerinde de %5-15 arasında düşüşler olacağı tahmin edilmektedir. Öte yandan bitkisel ürünlerde (yem) yaşanan her türlü değişimin direkt olarak hayvansal ürünlerin rekoltelerine olumsuz etkileri olabileceği ve ürün fiyatlarında ciddi yükselişler oluşabileceği hesaplanmaktadır.

3.2. Küçükbaş Hayvancılığa Etkileri

Nispeten geniş getirme özelliği düşük, et bağlama kapasitesi yüksek keçi-koyun gibi küçükbaş hayvan üretiminin yaygınlaştırılması ve tüketimin bu ürünlere yöneltilmesi iklim değişikliği adaptasyonu açısından önemli bir adımdır. Küçükbaş hayvancılık daha çok mera otlanmasına dayandığından iklim değişikliğinin mera varlığına ve sürdürülebilirliğine etkileri de göz önüne alarak tasarlanmalıdır. İklim değişikliği ile beraber mera alanlarında etkili yağışların azalması küçükbaş hayvancılığı olumsuz etkileyebilecektir. Yine mera alanları çiçek balı üretiminin yaygın yapıldığı bölgelerdir. Yağış rejiminde azalma arıcılık sektörünü de olumsuz etkileyebilecektir.

3.3. Arıcılığa Etkileri

Küresel iklim değişikliğinin, bal üretimine de önemli etkileri olması beklenmektedir. Öncelikle, değişen iklim nedeniyle bal üretim bölgelerindeki flora etkilenebilecek ve etkilenen bölgelerde biyoçeşitlilikte bozulmalar meydana gelebilecektir. Ayrıca, mevsim normalleri dışındaki sıcaklıkların bal arıları üzerine olabilecek etkileri de iklim değişikliğinin arıcılık sektörüne olabilecek potansiyel etkiler arasındadır. Düşen ve artan sıcaklıklar ile arı ölümlerinde artış olabileceği gibi; arı hastalık ve zararlılarında da artış meydana gelebilecektir. Türkiye dünya salgı balı (çam balı) üretiminin %90'ını karşılamaktadır. Özellikle Muğla bölgesindeki kızılçam orman alanlarında iklim değişikliğinin yangınlara davetiye çıkaracaktır. Bu durumun ise, çam balı üretimini etkileyeceği

öngörülmektedir. Ayrıca salgı balı üretimine vesile olan Balsıra (Basra) böceğinin yaşamsal döngüsüne etki edip etmeyeceği de araştırılmalıdır.

3.4. Kanatlı Üretimine (Beyaz Et ve Yumurta) Etkileri

Türkiye’de ve dünyada kanatlı üretimi kapalı alanlarda konvansiyonel üretim şekline dönüşmüştür. Sıcaklık artışları, işletmede enerji (havalandırma vs.) giderlerinin artmasına sebep olabilecektir, ayrıca bitkisel (yem) üretimde yaşanacak değişimlerin etkileri direkt olarak kanatlı üretiminde gözlenecektir.

3.5. Balıkçılık ve Su Ürünlerine Etkileri

İklim değişikliğinin en çok etkileyeceği tarımsal sektörlerin başında balıkçılık sektörü gelmektedir. Buzulların erimesi, deniz seviyelerinin yükselmesinin yanında deniz suyu sıcaklığında yaşanan kalıcı değişimler tüm deniz ekosistemini bozacaktır. Deniz ekosisteminde çok önemli yere sahip olan bitkisel ve hayvansal planktonlarda yaşanan değişim tüm besin zincirini olumsuz etkileyecektir. Deniz suyu sıcaklık artışı ve kontrolsüz avcılık şeklinde yapılan balıkçılık; birçok türün yok olmasına ya da azalmasına ve deniz suyu sıcaklık artışları ile beraber istilacı türlerin çoğalmasına neden olacaktır. Bugünlerde Akdeniz bölgesinde birçok balık türünün yok olması veya azalması, balon balığı, aslan balığı gibi istilacı türlerin yaygınlaşması, deniz suyu sıcaklık değerlerinin artmasından kaynaklı olabilmektedir. Öte yandan kültür balıkçılığının daha da yaygınlaşması beklenmekle beraber hammadde (balık yemi) bulmada gelecekte çok büyük aksaklıklar yaşanması öngörülmektedir. İklim değişikliği neticesinde, günümüzde yaygın olarak tüketilen etobur (çipura, levrek) beslenen balık türlerinin üretiminin, otobur (sazan vs.) balık türlerine kayması da beklenmektedir.

4. İklim Değişikliğinin Gıda Güvenliğine Etkisi

Gıda güvenliği, *tüm insanların kendi beslenme gereksinimlerini karşılamak üzere her an, yeterli, güvenli ve besleyici gıdaya fiziksel ve ekonomik olarak ulaşabilmesi ve gıda tercihlerinin etkin ve sağlıklı bir yaşam için karşılanması* olarak tanımlanabilir (World Food Summit, 1996). İklim değişikliklerinin gıda teminini kesintiye uğratacağı yukarıdaki açıklamalardan anlaşılmaktadır.

Krishnamurthy ve ark. (2014), iklim riskinin ulusal düzeyde gıda güvenliği üzerindeki etkilerini bir etkilenebilirlik indisi ile kolaylıkla değerlendirmeye yönelik metodolojik yaklaşımı ayrıntılı bir biçimde açıklamışlardır. Söz konusu çalışmada, anlaşılması ve yorumlanması

oldukça kolay yeni bir *Açlık ve İklimsel Etkilenebilirlik İndisi* haritası verilmiştir. Türkiye bu yeni haritada da orta düzeyde etkilenebilirlik sınıfındaki ülkeler arasında gösterilmiştir (Şekil 1). Krishnamurthy ve ark. (2014)'nın çalışmasında, HCVI'ye ek olarak, konuya ilişkin daha ayrıntılı değerlendirmelerin yapılmasına olanak sağlayan çok işlevsel başka haritalar da üretilmiştir. Bu haritalara göre, Türkiye 'hassaslık' açısından *çok yüksek* sınıfta yer alırken, 'uyum kapasitesi' ve 'bakı' indis sınıfları açısından *orta düzeyde* etkilenebilir ülkeler arasında yer almıştır. Bu sonuçlar bize, bugünkü iklim açısından hassaslığı *çok yüksek* olduğu için, Türkiye'nin iklim değişikliği koşulları altında gelecekteki HCVI puanlarının artabileceğini, başka bir deyişle *yüksek* ya da *çok yüksek* indis sınıflarına yükselebileceğini göstermektedir.

5. İklim Değişikliği ile Mücadele

İklim değişikliğine sebep olan antropojenik sera gazı salınımının azaltılması,

Karbon emisyonunu tutma ve depolayarak kapasitesi yüksek koruma alanlarının birbirine bağlanması ve daha etkin şekilde sera gazı emisyonunun giderilmesi,

Tarım alanlarının sürdürülebilir kullanımının sağlanması

Ekstrem iklim olayları nedeni ile meydana gelen doğal afetler öncesinde, erken uyarı sistemlerini etkin bir şekilde devreye sokulması.

Tarımda kullanılacak olan su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde planlanması,

Tarımda su yönetiminin etkinleştirilerek verimli sulama teknolojilerinin geliştirmesi,

Kuraklığa dayanıklı bitki çeşitlerinin geliştirilmesi ve sayılarının artırılması

Tarımsal verimliliğin artırılması amacıyla küçük ölçekli tarım arazilerini birleştirilmesinin sağlanması, Organik tarım ve iyi tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması,

Niteliği bozulmuş olmakla birlikte yeniden kazanılabilecek tarım ve mera arazilerini geliştirilerek yeniden kullanıma sunulması

SONUÇ

İklim değişikliği, Türkiye'nin tarımsal üretimi ve gıda güvenliği üzerinde giderek artan ölçüde belirleyici hale gelen kritik bir faktördür. Sıcaklık artışı, yağış rejimlerinde düzensizlik, kuraklık, ekstrem hava olaylarının sıklaşması ve su kaynaklarının azalması; hem bitkisel hem de

hayvansal üretimde ciddi riskler oluşturmaktadır. Türkiye, bugün itibariyle iklim açısından yüksek hassasiyet gösteren bir ülke konumundadır ve mevcut eğilimlerin devamı hâlinde ulusal gıda güvenliği üzerindeki baskının artacağı öngörülmektedir.

Bitkisel üretimde su kıtlığı, artan bitki su tüketimi, soğuklanma süresinin azalması, rekolte düşüşleri ve üretim bölgelerinin yer değiştirmesi en belirgin sonuçlardır. Stratejik ürünlerin büyük bölümünün kuru tarım alanlarında üretiliyor olması, iklim değişikliğinin etkisini daha da artırmaktadır. Meyvecilikte soğuklanma ihtiyacının karşılanamaması, erken uyanma ve don zararları; tahıllarda verim kayıpları; fındık, incir, kayısı gibi Türkiye'nin dünya lideri olduğu ürünlerde ciddi riskler bulunmaktadır.

Hayvansal üretimde sıcaklık stresinin artması, yem maliyetlerindeki yükseliş, su tüketiminin çoğalması ve hastalık baskısının artması; özellikle büyükbaş hayvancılığı daha kırılgan hale getirmektedir. Küçükbaş hayvancılık ve arıcılık ise meralar ve bitki örtüsü üzerindeki iklimsel değişimlerden doğrudan etkilenmektedir. Deniz suyu sıcaklıklarının yükselmesi ve ekosistem bozulması, su ürünleri üretiminde düşüşlere ve tür değişimlerine yol açmaktadır.

Bu koşullar altında Türkiye'nin gıda güvenliğinin sürdürülebilirliği; **uyum ve azaltım politikalarının hızla devreye alınmasına**, bilimsel veriye dayalı tarım planlamasına ve su yönetimi reformlarına bağlıdır. Verimli sulama tekniklerinin yaygınlaştırılması, kuraklığa dayanıklı çeşit geliştirme çalışmaları, üretim deseninin iklim senaryolarına göre yeniden yapılandırılması, erken uyarı sistemlerinin güçlendirilmesi, meraların rehabilitasyonu ve karbon tutma kapasitesi yüksek doğal alanların korunması stratejik önceliklerdir.

Türkiye, iklim değişikliğine uyum konusunda gerekli adımları hızla atmazsa; üretim maliyetlerinde artış, gıda fiyatlarında dalgalanma, ithalata bağımlılığın yükselmesi ve kırılgan toplumsal kesimlerin gıdaya erişiminde sorunlar yaşanması kaçınılmaz olacaktır. Ancak bilimsel temelli politikalar, teknoloji kullanımı ve kaynakların etkin yönetimiyle Türkiye, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerini azaltabilecek, tarımsal üretimini ve gıda güvenliğini sürdürülebilir bir çerçevede koruyabilecektir.

KAYNAKÇA

- Akalın, M. (2014). “İklim Değişikliğinin Tarım Üzerindeki Etkileri: Bu Etkileri Gidermeye Yönelik Uyum ve Azaltım Stratejileri.” Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Yıl:7, Sayı:2, Sayfa: 351-377.
- Anonymous, (2021). İklim Değişikliği ve Tarım Değerlendirme Raporu. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, Ankara. 114 S.
- Anonymous, (2025). Earth's CO₂. <https://www.co2.earth> (Erişim tarihi: 02.07.2025)
- Dellal, İ., Ünüvar F. İ. 2019. Effect Of Climate Change On Food Supply Of Turkey. Journal of Environmental Protection and Ecology, 20(2), 692-700.
- Dumont, B., Andueza, D., Niderkorn, V., Lüscher, A., Porqueddu, C. and Picon-Cochar, C. (2015). A meta-analysis of climate change effects on forage quality in grasslands: specificities of mountain and Mediterranean areas. Grass and Forage Science, 70, 239–254.
- Krishnamurthy, P.K. Lewis, K., Choularton, R.J. (2014). A methodological framework for rapidly assessing the impacts of climate risk on national-level food security through a vulnerability index. *Global Environmental Change*, 25, 121–132.
- Met Office. (2012): <http://www.metoffice.gov.uk/climate-change/guide/impacts/food>.
- NASA, (2023). Global Climate Change. <https://climate.nasa.gov/resources/global-warming-vs-climate-change/>. (Erişim tarihi, Ekim 2019)
- Solomon, S., Qin, D., Manning, M., Chen, Z., Marquis, M., Averyt, K.B., Tignor, M., Miller, H.L., (2007). "Understanding and Attributing Climate Change". Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change, 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC).
- Türkeş, M. (2020). İklim Değişikliğinin Tarımsal Üretim Ve Gıda Güvenliğine Etkileri: Bilimsel Bir Değerlendirme. Ege Coğrafya Dergisi 29 (1): 125-149.

MEYVE YETİŞTİRİCİLİĞİNDE UZAKTAN ALGILAMA, COĞRAFI BİLGİ SİSTEMİ VE UYGUNLUK ANALİZLERİ

Ebru ŞİRİN**, Yaşar ERTÜRK***

GİRİŞ

Tarım ve toprak uygunluk haritalarının oluşturulmasında kullanılan metodoloji, toprak uygunluğunu belirleyen ana faktörler olarak kabul edilen çeşitli katmanların işlenmesi ve entegrasyonuna dayanır. Toprak, iklim, topografya ve mevcut arazi kullanımı gibi faktörler, belirli bir bölgedeki tarımsal üretim için toprağın uygunluk durumunu değerlendirmede kullanılan temel katmanlardır. Toprak katmanı; toprak tekstürü, derinliği, organik madde ve pH düzeyi gibi parametreleri içerir. İklim faktörü, yağış miktarı ve sıcaklık koşullarını kapsar, topografya ise eğimi ve bakıyı değerlendirir. Mevcut arazi kullanımı ve örtüsü de bu değerlendirmede önemli bir yer tutar. Bu katmanların birleştirilmesi, tarım alanlarının uygunluğunu belirlemek için kritik bir yöntemdir (Malczewski,

1996). Tarımsal ürün yetiştiriciliğinde sıcaklık, ışık yoğunluğu ve bağıl nem değerleri optimum olmayan aralıkta ise ürün verimi sınırlanmakta ve ürün kalitesi olumsuz etkilenebilmektedir. Sıcaklık tüm bitki metabolizması üzerinde doğrudan etkilidir; düşük veya yüksek sıcaklıklar büyümeyi azaltmakta ve ürün hasarına neden olabilmektedir. Güneş radyasyonu tarımsal üretiminin temel enerji kaynağı olmakla birlikte ışık yoğunluğunun artması, özellikle su stresi ve yüksek sıcaklıkla birleştiğinde olumsuz sonuçlar doğurabilir. Bağıl nem ise terleme ve su dengesini düzenleyerek önemli bir rol oynar. Ürün verimi, genotip/çeşit, yetiştirme teknikleri ve çevresel koşulların etkileşimi ile şekillenir. Farklı genotip ve çeşitler, stres koşullarına uyum sağlama yetenekleri doğrultusunda farklı verim kapasitelerine sahiptir. Modern tarımsal sistemlerde kullanılan yeni ekipmanlar, geliştirilmiş yetiştirme teknikleri ve geleneksel ya da biyoteknolojik yöntemlerle elde edilen yüksek performanslı çeşitler, üretim süreçlerini sürekli olarak geliştirmektedir. Buna rağmen; su

** Öğr. Gör. Dr. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kırşehir, ebru.sirin@ahievran.edu.tr, ORCID: orcid.org/0000-0002-7416-6367

*** Prof. Dr. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Kırşehir, yasar.erturk@ahievran.edu.tr, ORCID: orcid.org/0000-0003-2525-0260

yetersizliği, tuzluluk, aşırı sıcaklıklar ve besin maddesi eksiklikleri gibi abiyotik stresler hâlen tarımsal üretim kayıplarının başlıca nedenleri arasında yer almaktadır. Bu nedenle, tarımsal üretimin ve pedoklimatik koşulların zamanında ve ayrıntılı bir şekilde izlenmesine olanak sağlayan tekniklerin tarımsal meteoroloji istasyonları, uydu ve drone tabanlı uzaktan algılama sistemleri gibi yaygın biçimde kullanılması büyük önem taşımaktadır (Ferrante ve Mariani, 2018).

Arazi uygunluk değerlendirmesi, birden fazla çevresel ve sosyo-ekonomik kriterin birlikte analizini gerektiren mekânsal bir problem niteliğindedir. Bu bağlamda, CBS destekli ÇKKA (Çok Kriterli Karar Analizi) yöntemleri, karar vericilere çok sayıda kriteri sistematik bir şekilde değerlendirme ve önceliklendirme imkânı sunmaktadır (Musakwa, 2018). Saaty'nin geliştirdiği Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP), çok kriterli karar verme kapsamında kriterler arası ikili karşılaştırmalarla ağırlıklandırma yapılmasını sağlayan en yaygın yöntemlerden biridir (Sari vd., 2020). Bu yöntem; problemi amaçlar, kriterler ve alternatifler çerçevesinde yapılandırarak karar verme sürecini sistematik hâle getirir (Saaty 2008; Everest vd., 2021). AHP, özellikle arazi uygunluk analizlerinde karmaşık karar süreçlerinin yönetilmesinde ve en uygun seçeneklerin belirlenmesinde önemli avantaj sağlaması nedeniyle CBS tabanlı değerlendirmelerde sıkça kullanılmaktadır (Alsafadi vd., 2020).

Tarımsal ürünlerin yetiştirme gereksinimlerine bağlı olarak uygun alanların tespit edilmesi ve mevcut üretim alanlarının uygunluğunun değerlendirilmesi sürecinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) önemli avantajlar sunmaktadır. CBS, coğrafi verilerin depolanması, düzenlenmesi, karşılaştırılması ve analiz edilmesini sağlayarak, arazi uygunluk değerlendirmelerinin matematiksel analizlere dayalı olarak yapılmasına imkân tanımaktadır (Ödeker ve Bayar, 2021). Uzaktan algılama, geleneksel arazi gözlemlerine kıyasla ürünlerin hızlı, düşük maliyetli, geniş alanlı ve uzun dönemli takibini mümkün kılarak zaman, iş gücü ve maliyet tasarrufu sağlar; aynı zamanda haritalama çalışmalarının etkinliğini artırır. Bitkilerin kendine özgü mevsimsel büyüme desenleri ve fenolojik dönemleri bulunduğu (Hu vd., 2019), uzaktan algılama ile yapılan ürün haritalama çalışmaları, farklı ürünlerin mekânsal dağılımı ve ekim alanları gibi kritik tarımsal bilgileri ortaya koyar. Bu bilgiler, tarım arazilerinin izlenmesi, tarım politikalarının geliştirilmesi, tarımsal sigorta uygulamaları ve gıda güvenliği planlamaları açısından önemli bir temel oluşturmaktadır (Mohammadi vd., 2023).

Bu çalışmada, meyve yetiştiriciliği için uygun alanların belirlenmesinde, birden fazla parametreyi entegre eden ve değerlendiren Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve uzaktan algılama yöntemleri ile yapılan çalışmalara değinilmiştir.

Meyve Gelişimi Üzerinde Rakım ve İklim Koşullarının Rolü

Topografik koşulların hava sıcaklığı üzerinde belirgin etkiler oluşturduğu uzun süredir bilinmektedir. Rakım arttıkça bölgenin iklim özellikleri de değişim gösterir. Bu değişim, sıcaklık, nem, yağış, güneşlenme süresi ve rüzgâr gibi temel iklim bileşenlerinin rakıma bağlı olarak farklılaşmasından kaynaklanmaktadır. Özellikle dağlık veya engebeli arazilerde yer alan meyve bahçelerinde rakım, günlük en düşük ve en yüksek sıcaklıkların oluşumunda belirleyici bir faktördür. Soğuk havanın birikimi, don ve don olaylarına bağlı zararlar ürün verimliliğini ciddi şekilde düşürür. Bu nedenle rakım meyve bahçelerinin uygunluk değerlendirmelerinde kritik bir parametre olarak kabul edilir. Sıcaklık değişimleri, bitkilerin hücre ve organlarındaki tüm metabolik süreçleri etkileyerek yapısal bileşenlerin değişmesine neden olabilir. Bitkiler yer değiştiremedikleri için metabolizmalarını sıcaklık dalgalanmalarına uyarlamak zorunda kalır (Hughes ve Dunn, 1990). Yüksek rakımlarda vejetasyon süresi kısaltmakla birlikte, bitkiler düşük sıcaklıklarda fizyolojik faaliyetlerini başlatabilmektedir. Sonbahar erken donları meydana gelmeden önce de hasat olgunluğuna ulaşabilmektedir (Poincelot, 1981). Meyvelerin olgunlaşma süresi genetik bir faktör olmakla birlikte, düşük rakımlı sıcak alanlar da daha kısadır. Buna karşın, yüksek rakımlarda yetiştirilen meyveler daha iyi meyve kalitesine, uzun raf ömrüne ve daha dengeli bir aromaya sahip olmakta; bu durum geç olgunlaşmayı beraberinde getirmektedir. Örneğin, yüksek rakımlarda yetişen elmaların, vadilerde yetiştirilenlere kıyasla daha iyi depolama özellikleri gösterdiği belirtilmektedir (Eccher ve Noe, 1993). Rakımla birlikte meyve sertliği, raf ömrü ve aroma yoğunluğu da artmaktadır (Osterloh vd., 1996). Aynı çeşide ait meyvelerin şeklinin rakıma bağlı olarak değişebildiği; özellikle çiçeklenme döneminin daha serin geçtiği alanlarda meyve ve sap uzunluklarının arttığı bildirilmiştir (Eccher ve Noe, 1993; Noe ve Eccher, 1996). Yüksek rakımlarda gecelerin daha soğuk olması nedeniyle bitkiler gün içinde ürettikleri fotosentez ürünlerinin daha azını tüketir, yapısal maddeler yerine soğuğa dayanıklılığı artıran çözünebilir şeker ve proteinleri depolarlar. Ayrıca artan ışık şiddeti ve UV

radyasyonu meyvelerin daha koyu renkli ve aromaca zengin olmasına katkı sağlar. Nitekim, Erzincan’da 1200 m rakımda yetiştirilen Granny Smith elmalarının kabuğu tamamen yeşil iken, 1850 m rakımlı Erzurum’da aynı çeşidin kırmızı renge döndüğü bildirilmiştir (Aslantaş ve Karakurt, 2007). Rakım arttıkça, ışık yoğunluğundaki artış fotosentezi güçleştirir. Sekonder metabolitlerin örneğin, resveratrol gibi bileşiklerin üretimini artırır (Bajda, 2007). Yüksek rakımlarda sıcaklığın düşmesi, buharlaşma ve havanın nem tutma kapasitesini azaltarak çevresel nemin azalmasına yol açar. Aynı enlemde yer alan farklı rakımlarda sıcaklık değişimleri görülebilir; ayrıca CO₂, O₂, N₂ ve su buharı gibi gazların kısmi basıncı rakım arttıkça azalır (Fischer vd., 2012). Ilıman iklim bölgelerinde rakım arttıkça hava sıcaklığı düşerken yağış miktarı artmaktadır. Hava kütleleri yüksek rakımlı alanlardan geçerken taşıdıkları nemin büyük bölümünü yağış olarak bırakır (Fischer vd., 2012). Deniz seviyesinden her 100 m yükselişte sıcaklığın kuru havada yaklaşık 1 °C, nemli havada ise 0,6 °C azaldığı bilinmektedir. Ayrıca yüksek rakımlarda güneş radyasyonu daha yoğundur; atmosfer tabakasının incilmesi nedeniyle her 1000 m yükselişte UV radyasyonu yaklaşık %10–12 artmaktadır (Benavides vd., 2017). UV artışı bitkilerde bodurlaşmaya, yaprak alanında azalmaya (Fischer vd., 2012) ve kütikül ile epidermis tabakasının kalınlaşmasına neden olur. Bu durum, yüksek rakımlarda yetiştirilen meyvelerin patojen ve zararlılara karşı daha dirençli olmasını sağlar (Aslantaş ve Karakurt, 2007; Fischer vd., 2012). Rakım artışına bağlı olarak meyvelerin renk yoğunluğu artmaktadır. (Fischer vd., 2012). Özellikle üzümde yüksek tanen ve antosiyanin içeriği nedeniyle daha koyu kırmızı renkler oluşmaktadır (Korkutal vd., 2012). Ayrıca alçak rakımda yer alan don çukurlarındaki bağlar, yüksek rakımdaki bağlara kıyasla ilkbahar ve sonbahar donları ile kış dönemindeki aşırı soğuklara daha fazla maruz kalmaktadır. İlkbaharda görülen donların yaklaşık %80’i ve kış ortasında yaşanan don olaylarının büyük kısmı radyasyonel soğumadan kaynaklanmaktadır. Radyasyonel soğumanın etkili olduğu durumlarda, rüzgârın sakin ve gökyüzünün açık olması nedeniyle yeryüzü hızla ısı kaybeder ve bunun sonucunda yüzeye yakın hava tabakası soğur. Aşağı doğru çöken soğuk hava, daha sıcak havayı yukarıya doğru iterek bir ısıl değişim süreci oluşturur. Soğuk hava tabanda birikerek “don çukuru” ya da “don gölü” olarak adlandırılan alanları meydana getirir. (Erdoğan, 2023).

Ilıman İklim Meyve Türlerinde Düşük Soğuklanma Durumunda Görülen Anomaliler

Meyve ağaçlarının, ilkbaharda büyüme ve gelişme süreçlerini tamamlayabilmesi için gerekli sıcaklık ihtiyaçlarını karşılaması zorunludur (Luedeling, 2012). Kış aylarında sıcaklıkların mevsim normallerinin üzerinde seyretmesi, ılıman iklim meyvelerinin soğuklanma gereksinimlerinin karşılanamamasına, çiçek tomurcuğu kayıplarına, düşük meyve tutumuna ve dinlenme döneminin uzamasına neden olarak verimi önemli ölçüde azaltabilmektedir (Melke, 2015). Sıcaklığın meyve gelişimi ve olgunlaşma sürecindeki belirleyici rolü dikkate alındığında, yüksek rakımlarda daha düşük sıcaklıklar nedeniyle fenolojik dönemlerin uzadığı ve meyve gelişiminin daha geç tamamlandığı bildirilmektedir (Parra-Coronado vd., 2015).

Küresel ısınma, bu süreci daha da kritik hale getirmekte ve özellikle ılıman iklim meyve türleri üzerinde önemli bir baskı oluşturmaktadır. Kış aylarında görülen olağandışı yüksek sıcaklıklar ağaçların soğuklanma gereksinimlerinin karşılamasını engellemekte; bunun sonucunda kusurlu, anormal ve eksik çiçeklenme meydana gelmekte bu da hem verimde hem de meyve kalitesinde azalmaya yol açmaktadır (Martínez-Gómez vd., 2017).

Sıcaklık ve fotoperiyot, çok yıllık meyve ağaçlarında uyku döngüsünün aşamalarını yöneten temel çevresel faktörlerdir. Ilıman iklim meyve ağaçlarında endodormansi, sonbahar ve kış aylarındaki olumsuz koşullara karşı hayatta kalmayı sağlayan koruyucu bir fizyolojik durumdur. Çiçek tomurcuklarının endodormansiden çıkabilmesi için tür ve çeşide özgü bir soğuklanma süresinin tamamlanması gereklidir. Soğuklanma eksikliği düzensiz ve eşzamanlı olmayan çiçeklenmeye ve düşük kaliteli çiçek ve meyvelerin oluşmasına neden olur (Guillamón vd., 2022). Rakımın fenolojik süreçler ve meyve kalitesi üzerindeki etkisine yönelik çalışmalar da bu durumu desteklemektedir.

Kayısı genotiplerinde her 100 m rakım artışının çiçeklenmeyi yaklaşık 3,3 gün, meyve olgunlaşmasını ise 7,1 gün geciktirdiği; meyve ağırlığını 0,5 g, meyve nem içeriğini ise %1,9 azalttığı; buna karşılık çözünebilir kuru madde miktarını (TSS) 1,2 ° Brix artırdığı rapor edilmiştir (Naryal vd., 2020). Endonezya'da yapılan bir araştırmada ise, 550 m rakımda yetiştirilen 'Crystal' guava meyvelerinin daha sert, 200 m rakımda

yetiştirilenlerin ise daha yumuşak ve daha ağır olduğu gözlenmiştir (Musyarofah vd., 2020). Yüksek sıcaklık toplamına ihtiyaç duyan tür ve çeşitlerde, rakım arttıkça meyvelerin küçüldüğü ve sert kabuklu meyvelerde verimin azaldığı belirlenmiştir (Balcı, 2002; Dinis vd, 2011). Soğuklama gereksiniminin yeterince karşılanamadığı bölgelerde, daha yüksek rakımlar yetiştiricilik açısından önemli avantajlar sağlamaktadır. Bununla birlikte rakımın artmasıyla vejetasyon süresinin kısalması, genetik olarak periyodisite göstermeyen çeşitlerde dahi verimde dalgalanmalara yol açabilmektedir (Erdoğan, 2023).

Uzaktan Algılama ve CBS Tabanlı Yaklaşımlar ile Uygunluk Analizleri

Karaların yüzey sıcaklığı (LST), NASA ve diğer uluslararası kuruluşlar tarafından en önemli Dünya Sistemi Veri Kayıtlarından biri olarak tanımlanmıştır (King, 1999). Çevresel çalışmalar ve dünya kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için geniş ölçekli sıcaklık verilerine duyulan ihtiyaç, son yıllarda arazi yüzey sıcaklığının (LST) uzaktan algılama yöntemleriyle belirlenmesini önemli bir araştırma konusu hâline getirmiştir. Uzaktan algılama verilerinden LST'nin elde edilmesine yönelik çeşitli metodolojilerin geliştirilmesi üzerine yoğun çaba sarf edilmiştir. Bilim ve teknolojideki gelişmeler, özellikle uzaktan algılama teknikleri, çevresel parametrelerin izlenmesi, analiz edilmesi ve değerlendirilmesi için yeni ve etkili araçlar sunarak çevresel değişkenlerin daha doğru şekilde ifade edilmesine olanak sağlamaktadır (Mao vd., 2005). İklim, hidroloji, ekoloji, biyofizik ve biyojeokimya gibi pek çok alandaki araştırmalarda kritik bir değişkendir (Hansen vd., 2006). MODIS gibi yüksek kaliteli uydu tabanlı LST veri setleri günümüzde geniş bir uygulama yelpazesinde kullanılmaktadır. Bu uygulamalar arasında, büyük ölçekli ekosistem bozulmalarının tespiti (Mildrexler vd., 2009), kuraklık izleme (Wan vd., 2004), arazi örtüsü değişimlerinin takibi (Julien ve Sobrino, 2009), tarımsal meteoroloji çalışmaları (Anderson vd., 2007) yer almaktadır. Yüzey sıcaklıkları, kara yüzeyi ile atmosfer arasındaki etkileşimlerin yanı sıra iki ortam arasındaki enerji alışverişi tarafından şekillendirilmektedir. Klimatolojik veriler iki tür yüzey sıcaklığı için geliştirilebilir: yüzeye yakın hava sıcaklığı (Tair) ve yüzeyin kendisine ait kara yüzey sıcaklığı (LST) (Jin ve Dickinson, 2010). Tair, standart meteorolojik yöntemlere uygun olarak, radyasyondan korunmuş ve iyi havalandırılan sensörlerle donatılmış resmi hava istasyonlarında yerden

yaklaşık 1,5 metre yükseklikte ölçülür (Karl vd., 2006; Mildrexler vd., 2011). LST ise uydular tarafından kaydedilen ve küresel ölçekte haritalanan kara yüzeyinin termal ısıma değerlerinden elde edilen bir sıcaklık göstergesidir. Örneğin MODIS LST ürününde yer alan LST, yüzeyin yaydığı termal kızılötesi (TIR) radyasyondan hesaplanan ve anlık olarak belirlenen radyometrik (kinetik) sıcaklığı temsil eder (Wan ve Li, 2011). Uydudan türetilen LST, bitki örtüsünün bulunduğu alanlarda gölgelik sıcaklığını yansıtır; bu özellik, kritik sıcaklığa duyarlı fizyolojik süreçlerin ve ilgili enerji akışlarının çoğunlukla bitki örtüsüyle kaplı gölgelikte gerçekleşmesi nedeniyle ekolojik açıdan değerli bir parametre sunar.

MODIS gibi uydu tabanlı sensörler, yüksek mekânsal ve zamansal çözünürlüğün yanı sıra geniş alanları kapsayan veri sağlama kapasitesiyle önemli avantajlar sunmaktadır. Arazi yüzeyi sıcaklığı; kara yüzeyi özellikleri ile atmosferik unsurların (su buharı, bulutluluk vb.) etkileşimleri tarafından belirlenmektedir. Son dönemde yapılan araştırmalar, özellikle meteoroloji istasyonu sayısının yetersiz olduğu veya bu istasyonların kurulmasının teknik olarak güç olduğu bölgelerde sıcaklık parametrelerinin yeniden yapılandırılmasında uydu verilerine duyulan ihtiyacın kritik öneme sahip olduğunu göstermektedir (Jin ve Dickinson, 2010). Uzaktan algılama uydularının sağladığı bilgiler, sıcaklık, bitki örtüsü, buharlaşma ve terleme gibi kara yüzeyi parametrelerinin daha önce mümkün olmayan ayrıntı düzeyinde izlenme imkânı sunmaktadır (Zhu vd., 2013). Ayrıca ABD Jeoloji Araştırmaları Kurumu (USGS) tarafından Landsat arşivinin ücretsiz erişime açılması, bilimsel çalışmalarda Landsat verilerinin kullanımını büyük ölçüde artırmış; 30 m çözünürlüğe sahip küresel arazi örtüsü haritalarının geliştirilmesine olanak tanımıştır. Gerek meteoroloji istasyonlarından gerekse uydu verilerinden elde edilen sıcaklık değişkenlerine dayalı iklim haritaları, farklı iklim tiplerinin belirlenmesi ve buna bağlı olarak meyve yetiştiriciliğinin doğru şekilde planlanması açısından önemli bir rol oynamaktadır (Achour vd., 2018). Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKA), son yıllarda arazi kullanımı planlaması ve yönetimi konularında karar verme süreçlerini destekleyen etkili bir araç olarak sıkça kullanılmaktadır (Kazemi ve Akinci, 2018). CBS mekânsal problemlerin analizinde önemli bir araç olurken, ÇKKA problemlerin yapılandırılmasına, alternatiflerin değerlendirilmesine ve ağırlıklandırılmasına imkân tanımaktadır (Kahsay vd., 2018). Uzaktan algılamanın, saha çalışmalarına kıyasla zaman

açısından daha hızlı ve mekânsal olarak daha ayrıntılı ürün dağılımı sağlayarak üstünlük gösterdiği belirtilmiştir. Son yıllarda yapılan araştırmalar da bitki fenolojisindeki değişimleri izlemek ve başlıca ürün türlerini belirlemek amacıyla uzaktan algılama zaman serilerinden yararlanmıştır (Wei vd., 2019). Bununla birlikte, topografyanın oluşturduğu mikroiklim farklılıklarının değerlendirilmesi, yer şekline bağlı potansiyel bitki örtüsü ve üretim alanlarının belirlenmesine imkân tanımaktadır (Mokarram ve Mirsoleimani, 2022).

Aktaş (2024), Aras Nehri'nin Yukarı kesiminde 2001-2022 yılları arasındaki ekim aylarına ilişkin bitki örtüsü değişimlerini MODIS NDVI verilerini kullanarak analiz etmiştir. Çalışmada iklim değişikliğinin bölgedeki bitki örtüsü üzerine etkilerini değerlendirmiştir. Araştırma sonuçlarına göre artan sıcaklıkların ve yağış rejimindeki düzensizliklerin, sonbaharda bitki örtüsünün daha uzun süreli aktif kalmasına neden olduğunu bildirmiştir (Şekil 1).

Uzaktan algılama (UA) ve Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), farklı zamansal, spektral ve mekânsal çözünürlüklere sahip veriler kullanarak doğal kaynakların izlenmesi ve yönetilmesi için önemli fırsatlar sunmaktadır. Uzaktan algılama görüntüleri ile coğrafi referanslı veri kümelerinin entegre edilmesi, çeşitli mekânsal ilişkilerin ortaya konmasına olanak tanır. CBS'nin temel amaçlarından biri, doğal kaynak yönetimine yönelik karar alma süreçlerini desteklemektir (Sharma vd., 2024).

Meyve Yetiştiriciliğinde Coğrafi Bilgi Sistemleri ve Uzaktan Algılama Uygulamaları

Topografya, toprak ve iklim özellikleri dikkate alınarak hangi bölgede hangi bitki türlerinin yetiştirilebileceğini belirlemeye yönelik çalışmalar, tarımsal planlama açısından büyük önem taşımaktadır. Ülkemizde uzun yıllar boyunca alan uygunluğu analizleri daha çok yerinde gözlemler ve istatistiksel yöntemlerle yürütülmüş olsa da son dönemlerde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS) ve Uzaktan Algılama (UA) tekniklerinin kullanımı önemli ölçüde artmıştır. Bitki türlerinin ekolojik istekleri, coğrafi dağılışları ve bu dağılışların iklim, toprak, eğim, bakı (yöney) ve coğrafi konum gibi bağımsız değişkenlerle ilişkileri CBS üzerinden çok daha ayrıntılı bir şekilde analiz edilmekte ve modellenabilmektedir (Yıldırım, 2002).

Qiu vd. (2005), Çin'in Fujian eyaletinde muz, liçi ve longan yetiştiriciliği için uygun alanları belirlemek amacıyla iklim, topoğrafya ve

toprak parametrelerini CBS ve AHP yöntemiyle değerlendirmiş ve bölgenin geniş bir bölümünün bu tür için “çok uygun” ya da “uygun” sınıfında yer aldığını bildirmişlerdir. Başayığıt ve Şenol (2008), Isparta’da meyve yetiştiriciliği potansiyeli yüksek alanları belirlenmek amacıyla toprak ve topografik özellikleri Landsat uydu görüntüleriyle birlikte değerlendirmiş, en önemli kısıtlayıcı unsurun yüksek taban suyu seviyesi ve topraktaki aşırı nem birikiminin olduğunu ortaya koymuşlardır. Dhami vd. (2012), Hindistan’da elma ve armut üretimine uygun alanları CBS ve uzaktan algılama teknikleriyle incelemiş; bölgenin güney kesimlerinin daha elverişli, yüksek rakımlı ve killi topraklara sahip tepelik alanların ise düşük sıcaklık ve don riski nedeniyle uygun olmadığını belirtmiştir. Selim vd. (2018), Antalya’da avokado yetiştiriciliğine uygun alanları belirlemek için yedi farklı çevresel ve topografik kriteri CBS ve AHP yaklaşımıyla değerlendirmiş ve avokado yetiştiriciliği için en uygun ile orta derecede uygun alanları tespit etmiştir. Wei vd. (2019), farklı ürün türlerinin fenoloji tabanlı modelleme yoluyla doğru şekilde haritalanıp haritalanamayacağını ve bu süreçte topoğrafyanın etkilerini incelemek için MODIS EVI (Gelişmiş Bitki Örtüsü İndeksi) ile NDVI (Normalize Edilmiş Bitki Örtüsü Fark İndeksi) zaman serilerini kullanmıştır. Güney Çin’de 12 farklı ürün türünü haritaladıkları çalışmada, MODIS EVI’nin NDVI’ya kıyasla daha yüksek doğruluk sağladığı sonucuna varmışlardır. NDVI ve geliştirilmiş bitki örtüsü indeksi (EVI) gibi bitki örtüsü indeksleri, bitki örtüsü dinamiklerini karakterize etmek için yaygın olarak kullanılır ve yaprak alanı indeksi ve yaprak klorofil konsantrasyonlarıyla ilişkilidir (Bégué vd., 2011; Hu ve ark., 2019). Güzel ve Doğan (2020), farklı olgunlaşma dönemlerine sahip üzüm çeşitlerinin (*Vitis* spp.) Erciş ve çevresindeki potansiyel yetiştirme alanlarını belirlemiş, yeni bağ tesislerinde yön seçiminin önemli olduğunu, özellikle güney yönü tercih edilmesinin ardından güneybatı, güneydoğu, batı ve doğu yönlerinin tercih edilmesini önermişlerdir. Ödeker ve Bayar (2021), Denizli’de bağcılık için uygun alanları belirlemiş ve bu alanların şarap sektörünü üzerindeki etkilerini değerlendirmiştir. Çalışmada ilin yüzölçümünün yaklaşık %31’inin bağcılık açısından çok yüksek ve yüksek uygunluk sınıfında yer aldığı tespit edilmiştir. Balcıoğlu vd. (2022), Malatya’da iklim değişikliği ve jeomorfolojik yapının kayısı üzerindeki etkilerini inceleyerek fenolojik dönemlerin daha erken başlamasının geç don riskini artırdığı, özellikle son yıllarda bazı bölgelerde geç don olaylarının daha sıklaştığını, iklimdeki sıcaklık artışının yüksek bölgelerde susuz kayısı yetiştiriciliğini mümkün hale getirdiğini ifade etmişlerdir. Mokarram ve Mirsoleimani (2022),

İran'ın güneydoğusunda tarımsal verimliliği artırmak ve uygun meteorolojik istasyon sayısını belirlemek amacıyla MODIS görüntüleri ve rakım verilerini kullanmışlardır. Topografik konum indeksini kullanarak arazi şekilleri, bölgesel iklim koşulları ve yetiştirilebilecek bitki türleri arasındaki ilişkiyi ortaya koymuşlardır. Çalışma; mikroiklimlerin, MODIS verileri ve topografya birlikte değerlendirildiğinde yüksek doğrulukla tanımlanabileceğini göstermiştir. Ayrıca mevcut iklim, topografya ve rakım koşulları göz önünde bulundurularak uygun istasyon sayısının belirlenmesinin verimliliği artırabileceği ve olası zararları azaltabileceği belirtilmiştir. Araştırmacılar, kış sıcaklıklarının 0°C'nin altında seyrettiği alanların elma, armut ve ceviz gibi ılıman iklim meyveleri için; kış sıcaklıklarının 0°C'nin üzerinde olduğu alanların ise turuncgiller ve zeytin gibi subtropikal meyveler için uygun olduğunu ifade etmişlerdir.

Salata vd. (2022), İzmir'de bağcılığa elverişli alanları belirlemek amacıyla bir yükselti, eğim, bakı, arazi kabiliyeti ve güneş radyasyonu gibi kriterleri Temel Bileşenler Analizi (PCA) yöntemiyle değerlendirilmişlerdir. Kozak Yaylası'nın stratejik önemine dikkat çekmiştir.

Uyan vd. (2023), Ankara'nın güney kesimlerinin bağcılık için daha elverişli olduğunu ortaya koymuştur. Honorio vd. (2024) Güneybatı İspanya'da zeytin yetiştiriciliği için uygun alanları belirlemek için iklim ve topografya verilerini CBS ile değerlendirmiş, zeytin parsellerinin çoğunlukla deniz seviyesinden 200–600 m yükseklikte yer aldığını belirtmiş ve sıcaklıkların çoğu alan için kısıtlayıcı olmadığını, ancak yağışın sınırlayıcı olabileceğini bildirmişleridir.

Casadó-Tortosa vd. (2025), iklim, toprak ve topografik faktörleri CBS teknikleri ve Analitik Hiyerarşi Süreci (AHP) ile entegre ederek yürüttükleri çalışmada üzüm bağları ve elma bahçeleri için düşük su ihtiyacına sahip alçak havzaların ve güneşli yamaçların en uygun alan olduğunu belirlemişlerdir. Bu durumun, her iki ürün için de kritik sınırlayıcı faktörlerden biri olarak kabul edilen ilkbahar geç donlarının görülme sıklığının azalmasından kaynaklandığını bildirmişlerdir.

Şirin ve Ertürk (2025), Kırşehir'de ceviz yetiştiriciliğine uygun alanları iklim ve topografik verilerle CBS ve AHP yaklaşımıyla değerlendirmiş; uygun alanların Kaman İlçesi'nin kuzeybatı kesiminde, Hirfanlı Barajı

çevresinde, Çiçekdağı ve Boztepe'nin kuzeydoğusunda yoğunlaştığını bildirmişlerdir (Şekil 2).

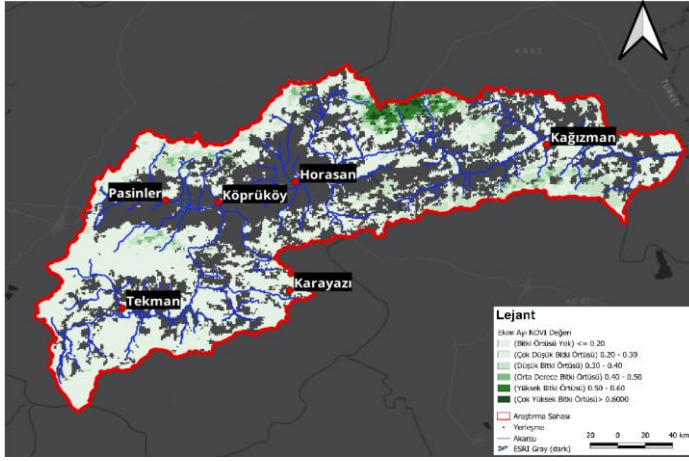
Tüm bu çalışmalar birlikte bütün değerlendirildiğinde, CBS ve uzaktan algılama tekniklerinin tarımsal üretim alanlarının belirlenmesi, iklimsel risklerin analiz edilmesi ve uygun arazi kullanım kararlarının desteklenmesi açısından güçlü bir araç sunduğu görülmektedir.

Sürdürülebilir Meyve Yetiştiriciliğinde Uzaktan Algılama ve CBS Uygulamaları

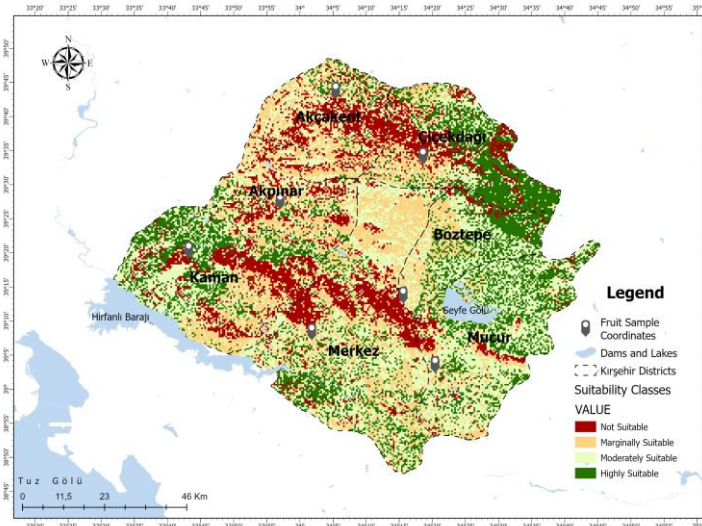
Kıtlık riskinin ortaya çıkma olasılığı ile şiddetini izlemeye yönelik çeşitli erken uyarı sistemleri geliştirilmiş olup, günümüzde bu sistemlerin büyük bir bölümü yer gözlemlerini desteklemek amacıyla uydu tabanlı uzaktan algılama verilerinden yararlanmaktadır. Uzaktan algılama verilerinin zamansal süreklilik ve tutarlılık sağlaması, bu erken uyarı sistemlerinin etkinliğini artıran en önemli unsurlardan biridir. Kullanıcı gereksinimleri her zaman net tanımlanmamış olsa da uygulama deneyimleri ve araştırma bulguları, bitki örtüsünün fotosentetik aktivitesi ile büyüme mevsiminin süresinin birlikte değerlendirilmesiyle ürün verimi tahminlerinin geliştirilebileceğini göstermektedir. Ayrıca, ürün yılları arasındaki karşılaştırmaların yapılabilmesi mevcut erken uyarı süreçleri için değerli girdiler sağlarken, geniş alanların tutarlı coğrafi birimlere bölünmesi tahmin doğruluğunu yükseltmektedir (Hutchinson, 1991). Meyve ağaçlarında yüksek verim ve kaliteli ürün elde edebilmek için uygun tarımsal yönetim sisteminin belirlenmesi büyük önem taşımaktadır (Dixon vd., 2001). Potansiyel verim (mümkün olan maksimum verim), iklimsel koşullar, toprak özellikleri, topografya, sulama, gübre yönetimi ve daha da önemlisi bitkilerin genetik özellikleri gibi birçok faktörlere bağlıdır (Chlingaryan vd., 2018). Ancak, gerçek verim üretim sürecinin farklı aşamalarında ortaya çıkan sınırlayıcı faktörler nedeniyle potansiyel verimin oldukça altında kalmaktadır (Jin ve ark., 2020). Bölgesel ölçekli verim tahminleri yalnızca tarım alanlarının yönetimi açısından değil, aynı zamanda gıda fiyatlandırması ve ticaret politikalarının oluşturulması açısından da kritik rol oynamaktadır. Ürün dağılımı ve verimliliğine ilişkin bilgiler, meteorolojik ve biyokimyasal modellere de temel girdiler sağlar (Lobell vd., 2023). Birçok faktörün etkileşimi, özellikle periyodisite gösteren meyve türlerinde verim tahminini daha da karmaşık bir hâle getirir.

Verimi etkileyen unsurlar genel olarak üç ana grupta değerlendirilebilir: çevresel faktörler, genotipe bağlı özellikler ve bu ikisinin etkileşimleri. Çevresel faktörler; hava koşulları, yağış miktarı, bahçenin konumu, toprak yapısı, suyun miktarı ve kalitesi ile tozlayıcı türlerin varlığı gibi pek çok bileşeni içerir. Bu faktörlerin analiz edilmesi, üretimi kısıtlayan temel parametrelerin belirlenmesine ve çözülmesine yardımcı olur. Doğal kaynakların sınırlı olması yeni meyve bahçelerinin genişletilmesini güçleştirmekte; bu nedenle mevcut üretim uygulamalarının daha verimli hâle getirilmesi kaçınılmaz olmaktadır. Azalan su kaynakları, tarıma uygun arazilerin daralması, artan iklimsel anomaliler, sıkı çevresel düzenlemeler ve yeni zararlı ve hastalık türlerinin ortaya çıkması dünya genelinde daha etkili ve sürdürülebilir tarımsal yöntemlere olan ihtiyacı artırmaktadır. Bu doğrultuda, geleneksel bahçe yönetimi uygulamalarının yerini; sulama, gübreleme, hastalık ve zararlı kontrolü, budama ve hasat gibi temel tarımsal faaliyetlerde verimliliği artırmayı amaçlayan veri odaklı karar destek sistemlerine bırakması gerekmektedir (Jafarbiglu ve Pourreza, 2022).

Uzaktan algılama ve CBS, tarımsal üretimi etkileyen çeşitli sorunların aşılmasında geniş bir uygulama yelpazesi sunan son derece önemli araçlardır. Bu teknolojiler; ürün sınıflandırması, ürün gelişiminin izlenmesi ve stres tespiti, ürün envanteri oluşturma, toprak neminin tahmini, ürün evapotranspirasyonunun hesaplanması, bölgeye özgü yönetim ve hassas tarım uygulamaları, ekim alanı belirleme ve verim tahmini gibi birçok alanda etkin bir şekilde kullanılmaktadır. Ayrıca uzaktan algılama ve CBS, kuraklık, sel ve diğer aşırı hava olaylarının neden olduğu etkilerin değerlendirilmesinde, arazi kullanımı/arazi örtüsü değişim analizlerinde ve afet sonrası hasar tespit çalışmalarında da etkili bir şekilde kullanılabilir (El Gayar ve Singh, 2024).



Şekil 1. MODIS Tabanlı NDVI Verileri ile Aras Nehri'nin Yukarı kesiminin 2022 Yılı Bitki Örtüsü Değişim Haritası (Aktaş, 2024).



Şekil 2. Kırşehir İlinde Ceviz Yetiştiriciliği için CBS Tabanlı Uygunluk Haritası (Şirin ve Ertürk, 2025).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarım sektöründe sürdürülebilirliğin sağlanması, yalnızca mevcut üretim alanlarının verimliliğini artırmakla değil, aynı zamanda gelecekte ortaya çıkabilecek iklimsel ve çevresel risklere karşı dayanıklı üretim modellerinin geliştirilmesiyle mümkündür. Bu bağlamda CBS, uzaktan algılama ve meteorolojik veri entegrasyonuna dayalı dijital tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması, meyve yetiştiriciliğinin iklim

değişikliğine uyumu açısından temel bir gereklilik haline gelmiştir. Özellikle mikroiklim haritaları, değişen iklim koşullarına karşı toleransı yüksek çeşitlerin seçilmesi, yeni bahçe tesislerinde optimum lokasyonların belirlenmesi ve su kaynaklarının sürdürülebilir planlanması bağlamında üreticilere önemli avantajlar sunmaktadır. Böylece hem çevresel hem de ekonomik sürdürülebilirlik birlikte ele alınarak meyvecilik sektörünün uzun vadeli dayanıklılığı güçlendirilebilmektedir.

Bu çalışma, meyve yetiştiriciliğinde Coğrafi Bilgi Sistemleri (CBS), uzaktan algılama teknikleri ve çok kriterli uygunluk analizlerinin kullanımına ilişkin literatürü değerlendirmiş ve bu teknolojilerin tarımsal planlamaya sağladığı katkıları ortaya koymuştur. Meyve türlerinin yetiştirilme başarısı; iklim koşulları, rakım, toprak özellikleri, topoğrafya, su kaynakları, don riski ve fizyolojik gereksinimler gibi çok sayıda çevresel faktöre bağlıdır. Ancak küresel iklim değişikliği, doğal kaynakların azalması ve çevresel koşullardaki düzensizlikler, geleneksel yöntemlerle yapılan planlamaların yetersiz kalmasına neden olmaktadır. Bu noktada CBS ve uzaktan algılama tabanlı yaklaşımlar hem geniş alanlarda hem de yüksek doğruluk düzeyinde değerlendirme yapma kapasitesiyle modern tarımda vazgeçilmez araçlar haline gelmiştir. Uzaktan algılama verileri ile türetilen NDVI, EVI gibi parametreler; bitki fenolojisinin izlenmesi, mikroiklim farklılıklarının değerlendirilmesi, hastalık ve stres durumlarının tespiti ve ürün dağılımının belirlenmesinde büyük avantaj sağlamaktadır. Landsat ve MODIS gibi geniş erişilebilir veri kaynakları, özellikle meteorolojik istasyon yoğunluğunun yetersiz olduğu bölgelerde kritik veri açığını kapatmaktadır. CBS tabanlı Çok Kriterli Karar Analizi (ÇKKA) yöntemleri ise yetiştiricilikte dikkate alınması gereken çok sayıdaki kriterin birlikte değerlendirilmesine imkân sağlamak; böylece yeni tarım alanlarının planlanmasında bilimsel, tutarlı ve karşılaştırılabilir sonuçlar üretmektedir. Literatürde yer alan örnek çalışmalar, uygunluk analizlerinin yalnızca mevcut üretim alanlarının değerlendirilmesinde değil, aynı zamanda iklim değişikliği etkilerine karşı uyum stratejilerinin geliştirilmesinde de önemli bir rehber olduğunu göstermektedir. Farklı meyve türlerinin rakıma, sıcaklık toplamına, soğuklama gereksinimine ve toprak koşullarına verdikleri tepkilerin CBS ortamında modellenmesi, gelecekteki üretim desenlerinin planlanması açısından kritik bir perspektif sunmaktadır.

KAYNAKÇA

- Achour, H., Toujani, A., Rzigui, T., Faïz, S. (2018). Forest cover in Tunisia before and after the 2011 Tunisian revolution: A spatial analysis approach. *Journal of Geovisualization and Spatial Analysis*, 2(2), 10.
- Alsafadi, K., Mohammed, S., Habib, H., Kiwan, S., Hennawi, S., Sharaf, M. (2020). An integration of bioclimatic, soil, and topographic indicators for viticulture suitability using multi-criteria evaluation: a case study in the Western slopes of Jabal Al Arab—Syria. *Geocarto International*, 35(13), 1466-1488.
- Anderson, M. C., Norman, J. M., Mecikalski, J. R., Otkin, J. A., Kustas, W. P. (2007). A climatological study of evapotranspiration and moisture stress across the continental United States based on thermal remote sensing: 2. Surface moisture climatology. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 112(D11).
- Aktaş, C. (2024). Google Earth Engine ve MODIS Tabanlı NDVI verileri ile Aras Nehri Yukarı Kesiminde Bitki Örtüsü Üzerindeki Ekim ayı Değişimlerinin İncelenmesi (2001-2022). *Journal of Anatolian Geography*, 2(2), 108-120.
- Aslantaş, R. ve Karakurt, H. (2007). *Rakımın Meyve Yetiştiriciliğinde Önemi ve Etkileri. Alinteri Journal of Agriculture Science*, 12(2), 31-37.
- Bajda, E. (2007). Bodega Catena Zapata. *First High Altitude Symposium*. 14 June, California
- Balcıoğlu, Y. E., Kaya, C. ve Demircan, M. (2022). İklim değişikliğinin Malatya ilinde kayısı rekoltesi ve coğrafi dağılışına etkileri. *JENAS Journal of Environmental and Natural Studies*, 4(2), 119-146.
- Balcı, B. (2002). Bazı ceviz (*Juglans regia* L.) çeşitlerinde farklı ekolojilerin verim ve kalite öğelerine etkileri üzerine araştırmalar. Yüksek Lisans Tezi, Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, İzmir.
- Başayığıt, L. ve Şenol, H. (2008). Meyve yetiştirme potansiyeli yüksek alanların coğrafi bilgi sistemleri ortamında belirlenebilirliği ve uzaktan algılama metodu ile kontrolü. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(1), 1-8.
- Bégué, A., Vintrou, E., Ruelland, D., Claden, M., Dessay, N. (2011). Can a 25-year trend in Soudano-Sahelian vegetation dynamics be interpreted in terms of land use change? A remote sensing approach. *Global environmental change*, 21(2), 413-420.
- Benavides, H. O., Simbaqueva, O., Zapata, H. J. (2017). Atlas de radiación solar, ultravioleta y ozono de Colombia. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales (IDEAM) y Unidad de Planeación Minero Energética (UPME).
- Casadó-Tortosa, A. de Herralde, F. Savé, R. Peris, M. Lordan, J. Sánchez-Ortiz, A. Sánchez-Costa, E. Barbeta, A., Funes, I. (2025). GIS-Based Approach for Modeling Vineyard and Apple Orchard Suitability in Mountainous Regions. *Land*, 14(11), 2135.
- Dhami, J. Roy, S. Nain, A. S., Panwar, R. (2012). Suitability analysis of apple and pear using remote sensing and GIS in Uttarakhand. *Journal of Agrometeorology*, 14, 464-474.
- Dinis, L. T., Peixoto, F., Pinto, T., Costa, R., Bennett, R. N., Gomes-Laranjo, J. (2011). Study of morphological and phenological diversity in chestnut trees ('Judia' variety) as a function of temperature sum. *Environmental and Experimental Botany*, 70, 110-120.
- Eccher, T. ve Noe, N. (1993). Influence of light on shape and quality of Golden Delicious apples. *SHS Acta Horticulturae* 329: *VII International Symposium on Plant Growth Regulators in* 10.17660/ActaHortic.1993.329.31
- Erdoğan, Ü. (2023). *Fruit Growing at High Altitude. Editors*, 3.
- El Gayar, A., Singh, J. (2024). Remote sensing and GIS application in agriculture and natural resource management economics. *International Journal of Agricultural Invention*, 9(1), 150-164.
- Everest, T. (2021). Suitable site selection for pistachio (*Pistacia vera*) by using GIS and multi-criteria decision analyses (a case study in Turkey). *Environ Dev Sustain* 23:7686-7705.
- Ferrante, A., Mariani, L. (2018). Agronomic management for enhancing plant tolerance to abiotic stresses: High and low values of temperature, light intensity, and relative humidity. *Horticulturae*, 4(3), 21.
- Fischer, G., Almanza-Merchán, P. J. ve Ramírez, F. (2012). Source-sink relationships in fruit species: A review. *Revista Colombiana de Ciencias Hortícolas*, 6, 238-253. <https://doi.org/10.17584/rcch.2012v6i2.1980>

- Guillamón, J. G., Dicenta, F., Sánchez-Pérez, R. (2022). Advancing endodormancy release in temperate fruit trees using agrochemical treatments. *Frontiers in plant science*, 12, 812621.
- Hansen, J., Sato, M., Ruedy, R., Lo, K., Lea, D. W., Medina-Elizade, M. (2006). Global temperature change. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 103(39), 14288-14293.
- Honorio, F., Aguirado, C., Paniagua, L. L., García-Martín, A., Rebollo, L. ve Rebollo, F. J. (2024). Exploring the Climate and Topography of Olive Orchards in Extremadura, Southwestern Spain. *Land*, 13(4), 495. <https://doi.org/10.3390/land13040495>
- Hughes, M. A., Dunn, M. A. (1990). The Effect of Temperature on Plant Growth and Development. *Biotechnology and Genetic Engineering Reviews*, 8(1), 161-188.
- Hu, Q. Sulla-Menasse, D. Xu, B. Yin, H. Tang, H., Yang, P., Wu, W. (2019). A phenology-based spectral and temporal feature selection method for crop mapping from satellite time series. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*, 80, 218-229.
- Hutchinson, C.F. Uses of satellite data for famine early warning in sub-Saharan Africa. *Int. J. Remote Sens.* 1991, 12, 1405-1421.
- Julien, Y., Sobrino, J. A. (2009). The Yearly Land Cover Dynamics (YLCD) method: An analysis of global vegetation from NDVI and LST parameters. *Remote sensing of environment*, 113(2), 329-334.
- Jin, M., Dickinson, R.E. (2010). Land surface skin temperature climatology: benefitting from the strengths of satellite observations. *Environ. Res. Lett.*, 5 (4), p. 044004
- Kahsay, A., Haile, M., Gebresamuel, G., Mohammed, M. (2018). GIS-based multi-criteria model for land suitability evaluation of rainfed teff crop production in degraded semi-arid highlands of Northern Ethiopia. *Modeling Earth Systems and Environment*, 4(4), 1467-1486.
- Kazemi, H., Akinci, H. (2018). A land use suitability model for rainfed farming by Multi-criteria Decision-making Analysis (MCDA) and Geographic Information System (GIS). *Ecological Engineering*, 116, 1-6.
- Korkutal, I., Bahar, E., Kaymaz, Ö. (2012). *Rakımın Üzüm Kalitesi Üzerine Etkileri*. Trakya Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 13(1), 17-29.
- King, M. D. (1999). *EOS science plan: the state of science in the EOS program*.
- Mao, K. Qin, Z. Shi, J. Gong. P. (2005). A practical split-window algorithm for retrieving land-surface temperature from MODIS data. *Int. J. Remote. Sens.*, 26 (15), pp. 3181-3204.
- Malczewski, J. (1996). A GIS-based approach to multiple criteria group decision-making. *International Journal of Geographical Information Science*, 10(6), 955-967. <https://doi.org/10.1080/136588196242223>
- Melke, A. (2015). The physiology of chilling temperature requirements for dormancy release and bud-break in temperate fruit trees grown at mild winter tropical climate. *Journal of Plant Studies*, 4(2).
- Martínez-Gómez, P., Prudencio, A. S., Gradziel, T. M., Dicenta, F. (2017). The delay of flowering time in almond: a review of the combined effect of adaptation, mutation and breeding. *Euphytica*, 213(8), 197.
- Mildrexler, D. J. Zhao, M., Running, S. W. (2009). Testing a MODIS global disturbance index across North America. *Remote Sensing of Environment*, 113(10), 2103-2117.
- Mildrexler, D. J., Zhao, M., Running, S. W. (2011). Satellite finds highest land skin temperatures on Earth. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 92(7), 855-860.
- Mohammadi, S., Belgiu, M., Stein, A. (2023). Improvement in crop mapping from satellite image time series by effectively supervising deep neural networks. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 198, 272-283.
- Luedeling, E. (2012). Climate change impacts on winter chill for temperate fruit and nut production: a review. *Scientia Horticulturae*, 144, 218-229.
- Lobell, D. B., Asner, G. P., Ortiz-Monasterio, J. I., Benning, T. L. (2003). Remote sensing of regional crop production in the Yaqui Valley, Mexico: estimates and uncertainties. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 94(2), 205-220.
- Musyarofah, N., Susanto S., Aziz S. A., Suket, K., Dadang (2020). The diversity of 'kristal' guava (*Psidium guajava*) fruit quality in response to different altitudes and cultural practices. *Biodiversitas*, 21(7).

- Mokarram, M., Mirsoleimani, A. (2022). Determining microclimates, required weather stations, and suitable fruit tree species by using remote sensing techniques: A case study in an arid and subtropical region. *Advances in Space Research*, 69(10), 3571-3583.
- Naryal, A., Dolkar, D., Bhardwaj, A. K. Kant, A., Chaurasia, O. P., Stobdan, T. (2020). Effect of altitude on the phenology and fruit quality attributes of apricot (*Prunus armeniaca* L.) fruits. *Defence Life Science*, 5(1), 18-24. <https://doi.org/10.14429/dlsj.5.14656>
- Noe, N., Eccher, T. (1996). 'Golden Delicious' apple fruit shape and russeting are affected by light conditions. *Scientia Horticulturae*, 65, [https://doi.org/10.1016/0304-4238\(95\)00850-0](https://doi.org/10.1016/0304-4238(95)00850-0) 209-213.
- Osterloh, A., Ebert, G., Held, W.-H. Schulz, H., Urban, E. (1996). Lagerung von obst und südfrüchten. Verlag Eugen Ulmer, Stuttgart.
- Uyan, M., Janus, J., Ertuğ, E. (2023). Land Use Suitability Model for Grapevine (*Vitis vinifera* L.) Cultivation Using the Best Worst Method: A Case Study from Ankara/Türkiye. *Agriculture*, 13(9), 1722.
- Parra-Coronado, A., Fischer, G., Chaves-Cordoba, B. (2015). Tiempo térmico para estados fenológicos reproductivos de la feijoa (*Acca sellowiana* (O. Berg) Burret). *Acta Biológica Colombiana*, 20(1), 167-177. <https://doi.org/10.15446/abc.v20n1.43390> 226
- Poincelot, P.R. (1981). *Horticulture Principles and Practical Application*. PrenticeHall, Inc, Englewood Cliffs, 652 p, 07632, New jersey, USA.
- Salata, S., Ozkavaf-Senalp, S., Velibeyoğlu, K., Elburz, Z. (2022). Suitability analysis for vineyard cultivation in the Izmir Metropolitan Area. *Land*, 11(3), 416.
- Saaty, T. L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. *International journal of services sciences*, 1(1), 83-98.
- Sari, F., Kandemir, İ., Ceylan, D. A., Gül, A. (2020). Using AHP and PROMETHEE multi-criteria decision making methods to define suitable apiary locations. *Journal of Apicultural Research*, 59(4), 546-557.
- Sharma, S., Beslity, J. O., Rustad, L., Shelby, L. J., Manos, P. T., Khanal, P., Reinmann, A. B., Khanal, C. (2024). Remote Sensing and GIS in Natural Resource Management: Comparing Tools and Emphasizing the Importance of In-Situ Data. *Remote Sensing*, 16(22), 4161. <https://doi.org/10.3390/rs16224161>
- Şirin E, Ertürk Y. (2025). Climatic suitability analysis and evaluation of pomological characteristics for walnut (*Juglans regia* L.) cultivation in Kırşehir Province. *BSJ Eng Sci*, 8(6): 2006-2012.
- Ödeker, B., Bayar, R. (2021). CBS Teknolojileri ve AHP ile Bağ Alanları için Uygun Yer Seçimi: Denizli İli Örneği. *Ege Coğrafya Dergisi*, 30(1), 125-141.
- Qiu, B. W., Chi, T. H. & Wang, Q. M. (2005). Fruit tree suitability assessment using GIS and multi-criteria evaluation. *Transaction of the CSAE*, 21(6), 667-690.
- Wan, Z., Wang, P., Li, Z. (2004), Using MODIS Surface Temperature and Normalized Difference Vegetation Index products for monitoring drought in the southern Great Plains, USA, *Int. J. Remote Sens.*, 25, 61-72.
- Wan, Z., Li, Z. L. (2011), MODIS land surface temperature and emissivity, in *Land Remote Sensing and Global Environmental Change, Remote Sens. and Digital Image Proc.*, vol. 11, edited by B. Ramachandran et al., pp. 563-577, Springer, New York.
- Wei, Y., Tong, X., Chen, G., Liu, D., Han, Z. (2019). Remote Detection of Large-Area Crop Types: The Role of Plant Phenology and Topography. *Agriculture*, 9(7), 150.
- Zhu, W., Lü. A., Jia. S. (2013). Estimation of daily maximum and minimum air temperature using MODIS land surface temperature products. *Remote. Sens. Environ.* 130. pp. 62-73.

SALVIA VIRGATA’NIN FİTOKİMYASAL BİLEŞENLERİ İLE ANTİOKSİDAN VE ANTİFUNGAL AKTİVİTELERİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ

Halil Burak SÜT**, Yusuf BAYAR***

GİRİŞ

Yaygın adıyla yabani adaçayı olarak bilinen *Salvia virgata* Jacq., dünyanın aromatik ve tıbbi bitkilerin en büyük ailelerinden biri olan Lamiaceae’ye ait çok yıllık otsu bir türdür. Yaklaşık 1000 türü kapsayan *Salvia* cinsi, ılıman ile subtropikal bölgelerde dağınık olarak bulunur ve Akdeniz Havzası ve Güneybatı Asya’da yaygındır (Walker ve ark., 2004; Jenks & Kim, 2013). Bu geniş cins içinde *S. virgata*, uyum yeteneği, morfolojik çeşitlilik ve zengin ikincil metabolit bileşimi nedeniyle ekolojik ve etnobotanik olarak önemli bir yere sahiptir. Botanik olarak *S. virgata*, dik gövdeler, yumru-kıvamsı yapraklar ve Lamiaceae’ye özgü çift dudaklı çiçeklere sahip uzanan çiçek salkımları oluşturan inflorescences ile ayırt edilebilen bir bitki türüdür (Hedge, 1982; Abacı Bayar, 2022). Yol kenarlarında, açık tarlalarda, bozkır habitatlarında ve bozulmuş alanlarda yetişen, kuraklığa ve kireçli topraklara karşı güçlü tolerans gösteren bir türdür (Abacı-bayar, 2021). Doğal coğrafi dağılışı güneydoğu Avrupa’dan Batı ve Orta Asya’ya uzanır; Türkiye’de belirgin bir yoğunluk gösterir ve burada birkaç *Salvia* taksonu morfolojik ve kimyasal çeşitlilik bakımından zengindir (Davis ve ark., 1988; Celep & Doğan, 2010). Pek çok *Salvia* türü gibi *S. virgata* da fenolik asitler, flavonoidler, diterpenoidler ve uçucu yağ bileşenleri dahil olmak üzere biyolojik olarak aktif ikincil metabolitlerce zengin olan bir türdür. Temel bileşen olarak kafeik asit türevleri, rosmarinik asit ve luteolin ile apigenin glikosidleri gibi flavonlar önemli fenolik bileşikleridir (Topçu ve ark., 2001; Kamatou ve ark., 2008). Bitkinin uçucu yağ temel bileşenleri ise, 1,8-sineol, kamfor, β -kariyofillen ve α -humulen olup, bitkinin kokusal ve farmakolojik özelliklerine katkıda bulunur (Baser ve ark., 2004; Tepe ve ark., 2011). *S.*

** YL, Üniversite, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakülte, Bitki Koruma Bölüm, Kırşehir, E-posta, hburaksut@gmail.com; ORCID: orcid.org/0009-0007-2106-5208

*** Dr.öğr. üyesi, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakülte, Bitki Koruma Bölüm, Kırşehir, E-posta, yusuf.bayar@ahievran.edu.tr ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-8393-7218>

virgata'nın fitokimyasal bileşimi çevresel faktörlerden, fenolojik aşamadan ve genetik değişkenlikten etkilenir; bu durum tür içinde görülen geniş kimyasal çeşitlilik olduğunu göstermektedir (Pavela ve ark., 2016). Bu çeşitlilik, *S. virgata*'yı daha ileri metabolomik ve biyoyaklaşım (bioactivity-guided) çalışmalar için cazip bir tür konumuna getirmektedir. *S. virgata*'nın biyolojik özellikleri, geleneksel halk hekimliğinde yara, iltihap ve mikrobiyal enfeksiyonların tedavisi için kullanılması nedeniyle giderek daha çok incelenmektedir (Baytop, 1999). Modern farmakolojik çalışmalar bu kullanımları doğruluyor; türün özlerinin antioksidan, antimikrobiyal, antifungal, insektisidal, antiinflamatuvar ve sitotoksik özelliklere sahip olduğunu bildirmektedir (Tepe & Sokmen, 2007; Cvetkovikj ve ark., 2014).

Antioxidant etkinlik, öncelikle rosmarinik asit ve flavonoid türevleri gibi fenolik bileşiklerin etkisi yüksektir. Bu bileşikler güçlü serbest radikal temizleme ve indirgeme kapasitesine sahiptir (Lu & Foo, 2001). *S. virgata*'nın uçucu yağları ve bitki ekstraktları, geniş bir patojen yelpazesine karşı antibakteriyel ve antifungal özellikler göstermiştir; bu da gıda koruma, bitki koruma ve farmasötik formülasyonlarda potansiyel uygulamalar önermektedir (Pavela ve ark., 2013; Soković ve ark., 2010).

Bu çalışma, *S. virgata*'nın antioksidant, antifungal, toplam fenolik, toplam flavanoid, ve fitokimyasal bileşenlerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür

MATERYAL VE METOT

Bitki Materyali

Çalışmada kullanılan bitki materyali *Salvia virgata* Bünyan-Kayseri doğal yaşam alanlarından toplanmış ve herbolog Doç. Dr. Melih YILAR tarafından teşhis edilmiştir.

Reaktifler ve Çözeltiler

Tüm çözeltiler analitik sınıf reaktifleri ve ultra saf su (Milli-Q, Millipore, Bedford, MA, ABD) kullanılarak hazırlanmıştır. Bireysel fenolik bileşiklerin analizi için LC/MS sınıfı, Methanol (MeOH) ve CHCl₃ Merck'ten (Darmstadt, Almanya) ve HPLC sınıfı formik asit J. T. Baker'dan (Phillipsburg, NJ, ABD) temin edilmiştir. Ultra saf bireysel fenolik standartları (tümü saflıkta $\geq 95\%$) Sigma-Aldrich (St. Louis, MO, ABD)'den temin edilmiştir. Her bir bileşiğin 1000 mg/L'lik stok standart çözeltileri MeOH içinde hazırlanmış ve 4±2°C'de saklanmıştır. İncelenen

fenolik bileşiklerin tahlili harici standart kalibrasyonu ile gerçekleştirilmiştir.

Bitki Ekstraksiyonu

Toplanan bitki materyalleri analiz için toprak üstü kısımları kullanılmıştır. Bitki örnekleri oda sıcaklığı koşullarında kurutulmuştur. Kurutulan *S. virgata*'nın toprak üstü kısımları daha sonra ICP-MS, antioksidan kapasite ve antifungal analizleri için bir blender kullanılarak öğütülmüştür. 100 gram öğütülmüş bitki materyali 1 litrelik bir Erlenmeyer şişesine konmuş ve üzerine 600 ml MeOH eklenmiştir. Bu çözeltiler oda sıcaklığında çalkalayıcıda 24 saat boyunca ekstraksiyona tabi tutulmuştur. Ekstraksiyondan sonra çözelti, partiküllü maddeleri uzaklaştırmak için filtre kâğıdından süzölmüştür. Çözeltideki MeOH katı madde elde edilene kadar 32°C'de bir buharlaştırıcı kullanılarak buharlaştırma yoluyla uzaklaştırıldı. Kalan katı ekstrak tüm analizlerde kullanılmıştır.

LC-MS/MS Tabanlı Fitokimyasal Kantifikasyonu

S. virgata'nın fenolik bileşik içeriği, daha önce bildirilen Kayır ve ark. (2020) tarafından bildirilen göre yapılmıştır. *S. virgata* metanol ekstraktındaki fitokimyasal bileşiklerin nicel analizi, daha önce geliştirilmiş ve onaylanmış bir LC-MS/MS yöntemi kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Bu teknik ile toplam 30 farklı fitokimyasal bileşimin varlığı araştırılmıştır.

Kantitatif analizlerin doğruluğunu ve güvenilirliğini artırmak amacıyla dötereli iç standartlar kullanılmıştır. Bu standartlar, ekstraksiyon ve cihaz analiz işlemleri boyunca meydana gelen matriks etkilerini ve analit kayıplarını düzeltmiştir (Kayır ve ark., 2020).

DPPH Serbest Radikal Giderme Aktivitesi

S. virgata'nın serbest radikal giderme aktivitesi, daha önce bildirilen Yılar ve ark. (2020) tarafından bildirilen yöntemler modifiye edilerek yapılmıştır. DPPH analizlerinde, metanol ekstraktı çözülerek 1 mg/mL derişimde stok çözelti hazırlanmıştır. Daha sonra *S. virgata* ekstraktının 20–1000 µg/mL aralığında farklı derişimlerde çözeltileri hazırlanmıştır. Ayrıca 0.26 mM DPPH çözeltisi ve 1 mg/mL ekstrakt stok çözeltisi hazırlanmıştır. Her bir ekstrakt çözeltisi, 1 mL DPPH çözeltisi ile karıştırılmış, vortekslenmiş ve 30 dakika boyunca oda sıcaklığında karanlıkta inkübe edilmiştir. Örneklerin absorbansı 517 nm'de ölçölmüş ve radikal giderme yüzdesi hesaplanmıştır. Son olarak, ekstraktların

antioksidan kapasitesini değerlendirmek amacıyla IC₅₀ değerleri (µg/mL) belirlenmiş ve Trolox, askorbik asit, BHT ve BHA ile karşılaştırılmıştır.

Ferrik İndirgeme Gücü Aktivitesi (FRAP)

Bitki materyalinin indirgeme gücü aktivitesi, literatürde Şimşek ve ark., (2025) bildirilen yöntem modifiye edilerek edilmiştir. *S. virgata* ekstraktı metanolde çözülmüş ve ekstrakt ile standart maddelerin 1 mg/mL derişimde stok çözeltileri hazırlanmıştır. Analiz kapsamında, 100 µL örnek çözeltisi 0.2 M fosfat tamponu (pH 6.6) ile 1.25 mL'ye tamamlanmıştır. Ardından 1.25 mL %1 potasyum ferrisiyanür ilave edilmiş ve karışım 50 °C'de 20 dakika inkübe edilmiştir. İnkübasyonu takiben, 1.25 mL %10 trikloroasetik asit ve 0.25 mL %0.1 FeCl₃ eklenmiştir. Absorbans 700 nm'de ölçülmüş ve sonuçlar Trolox kalibrasyon eğrisi kullanılarak mg TE/g ekstrakt cinsinden ifade edilmiştir. *S. virgata* ekstraktının antioksidan kapasitesi askorbik asit, BHT ve BHA ile karşılaştırılmıştır.

Toplam Fenolik Madde İçeriği (TPC)

S. virgata'nın toplam fenolik madde içeriği, daha önce bildirilen Folin–Ciocalteu yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Akşit ve ark., 2022). Öncelikle BC ekstraktı saf suda çözülmüştür. Ardından, 100 µL örnek çözeltisi 4.5 mL saf su ile seyreltilmiş; üzerine 100 µL Folin–Ciocalteu reaktifi ve 300 µL %2 Na₂CO₃ çözeltisi eklenmiştir. Karışım 2 saat inkübe edilmiş ve absorbans 760 nm'de ölçülmüştür. Sonuçlar, mg gallik asit eşdeğeri/g ekstrakt (mg GAE/g ekstrakt) olarak ifade edilmiştir.

Toplam Flavonoid İçeriği (TFC)

S. virgata'nın toplam flavonoid içeriği, literatürde bildirilen yöntem temel alınarak belirlenmiştir (Akşit ve ark., 2022). *S. virgata* ekstraktı başlangıçta saf suda çözülmüş ve örnek ile standart stok çözeltilerinden 100 µL alınarak metanol ile 4.8 mL'ye seyreltilmiştir. Daha sonra 100 µL 1 M amonyum asetat ve 100 µL %10 alüminyum klorür çözeltisi eklenmiştir. Karışım vortekslenmiş ve 45 dakika oda sıcaklığında inkübe edilmiştir. Absorbans 415 nm'de ölçülmüş; sonuçlar mg kuersetin eşdeğeri/g ekstrakt (mg QE/g ekstrakt) olarak ifade edilmiştir.

Antifungal Aktivite

Bu çalışmada *S. virgata* ekstraktının antifungal aktivitesi, Nwosu ve Okafor (23) tarafından tanımlanan agar plaka yönteminin modifiye edilmesiyle belirlenmiştir. Metanol ekstraktının stok çözeltisi %1 (v/v) DMSO içinde hazırlanmıştır. Sterilize edilen PDA besiyerleri yaklaşık 40

°C'ye soğutulmuş ve ekstrakt farklı derişimlerde (0, 1, 2 ve 4 mg/mL) eklenerek homojen karışım elde edilmiştir. Daha sonra her Petri kabına (60 mm) yaklaşık 10 mL besiyeri dökülmüş ve merkeze 7 günlük kültürlerden alınan 5 mm'lik miselyum diskleri aseptik şekilde yerleştirilmiştir. Petri kapları 23 ± 2 °C'de 10 gün inkübe edilmiş ve miselyal gelişim iki dik eksen boyunca ölçülerek günlük takip edilmiştir. %1 (v/v) DMSO negatif kontrol olarak kullanılmıştır. Tüm deneyler üç teknik tekrar ve iki biyolojik tekrar ile yürütülmüştür. Miselyum gelişim inhibisyonu Pandey ve ark. (24) tarafından önerilen formülle hesaplanmıştır: $I (\%) = [(dc - dt) / dc] \times 100$

I: Miselyal gelişimin inhibisyon yüzdesi

d(c): Kontrol grubundaki miselyum gelişimi

d(t): Uygulama grubundaki miselyum gelişimi

İstatiksel Analiz

Fungusların miselyal gelişim inhibisyonuna ilişkin veriler, tek yönlü varyans analizi (ANOVA) ($p \leq 0.05$) ile değerlendirilmiş ve anlamlı farklılıklar Duncan çoklu karşılaştırma testi ($p \leq 0.05$) kullanılarak belirlenmiştir. İstatistiksel analizler SPSS istatistik yazılımı (sürüm 15.0; SPSS Inc., Cary, NC, ABD) ile gerçekleştirilmiştir.

SONUÇLAR VE TARTIŞMA

Bu çalışmada LC-ESI-MS/MS analizleri sonucunda *S. virgata* ekstraktında 12 fenolik bileşik farklı miktarlarda tanımlanmış olup, özellikle luteolin-7-glikozit (706.11 µg/g), rosmarinik asit (583.98 µg/g) ve rutin (24.90 µg/g) en yüksek düzeyde bulunan ana bileşenler olarak belirlenmiştir (Tablo 1). Ekstraktın fenolik profiline en güçlü katkırı sağlayan bu üç bileşiğin baskınlığı, literatürde *Salvia* türleri için bildirilen genel fenolik yapı ile uyum göstermektedir.

Tablo 1. *Salvia virgata*'nın metanol akstraktının LC-ESI-MS/MS analizleri sonuçları

No	Geliş zamanları	Fenolik bileşikler	Formülleri	Miktar (µg/g ekstrakt)
1	9.19	Gallik Asit	C ₇ H ₆ O ₅	*Nd
2	11.11	Protokatekuik Asit	C ₇ H ₆ O ₄	Nd
3	12.06	Protokatekuik Aldehit	C ₇ H ₆ O ₃	5,713
4	12.07	Sesamol	C ₇ H ₆ O ₃	5,697
5	12.34	Gentisik Asit	C ₇ H ₆ O ₄	Nd
6	12.58	Kateşin	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	Nd
7	13.61	Klorojenik Asit	C ₁₆ H ₁₈ O ₉	16,737
8	13.99	Epikateşin	C ₁₅ H ₁₄ O ₆	Nd
9	14.19	Kafeik Asit	C ₉ H ₈ O ₄	20,559
10	14.71	Vanilin	C ₈ H ₈ O ₃	0,225
11	15.71	p_Kumarik asit	C ₉ H ₈ O ₃	Nd
12	15.86	Taxifolin	C ₁₅ H ₁₂ O ₇	Nd
13	16.13	Ferulik Asit	C ₁₀ H ₁₀ O ₄	Nd
14	16.36	Salisilik Asit	C ₇ H ₆ O ₃	5,919
15	16.37	p-Hidroksibenzoik Asit	C ₇ H ₆ O ₃	5,178
16	16.78	Hesperidin	C ₂₈ H ₃₄ O ₁₅	Nd
17	16.86	Rozmarinik Asit	C ₁₈ H ₁₆ O ₈	583,987
18	16.95	Oleuropein	C ₂₅ H ₃₂ O ₁₃	NF
19	17.30	Luteolin-7-Glikozit	C ₂₁ H ₁₈ O ₁₂	706,110
20	17.48	Rutin	C ₂₇ H ₃₀ O ₁₆	24,906
21	17.59	Rezveratrol	C ₁₄ H ₁₂ O ₃	Nd
22	19.08	Ellagiç Asit	C ₁₄ H ₆ O ₈	Nd
23	19.16	Naringenin	C ₁₅ H ₁₂ O ₅	Nd
24	19.75	Kuarsetin	C ₁₅ H ₁₀ O ₇	Nd
25	20.23	Luteolin	C ₁₅ H ₁₀ O ₆	4,991
26	21.15	Apigenin	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	5,167
27	21.19	Pinocembrin	C ₁₅ H ₁₂ O ₄	Nd
28	22.59	Krisin	C ₁₅ H ₁₀ O ₄	Nd
29	22.64	Galangin	C ₁₅ H ₁₀ O ₅	Nd
30	22.94	Flavon	C ₁₅ H ₁₀ O ₂	Nd

*Nd; belirlenememiştir.

Önceki çalışmalar, *S. virgata*'nın özellikle rozmarinik asit ve luteolin türevleri açısından zengin olduğunu vurgulamaktadır. Örneğin yapılan çalışmalarda, *S. virgata*'nın metanol ve etanol ekstraktlarında rozmarinik asidi temel fenolik bileşik olarak tanımlamış ve bunu luteolin glikozitleri,

kafeik asit türevleri ve flavonoidlerin takip ettiğini bildirmiştir (Küpeli Akkol ve ark., 2008; Koşar ve ark.,2008). Söz konusu bulgular, bu çalışmada rozmarinik asidin ikinci en yüksek bileşik olarak tespit edilmesiyle uyumludur. Ayrıca yapılan başka bir çalışmada, *S. virgata*'nın toprak üstü kısımlarından elde edilen ekstraktlarda luteolin ve türevlerinin yüksek düzeyde olduğunu rapor etmiştir (Morteza-Semnani ve ark., 2016; Rahimi ve ark., 2020). Bu çalışmada luteolin türevleri içinde özellikle luteolin-7-glikozit'in en baskın bileşik olması, önceki çalışmalarla paralellik göstermektedir. Benzer şekilde Güllüce ve ark., (2003) tarafından *S. virgata*'nın antioksidan aktivitesinin özellikle flavonoid zenginliğine bağlı olduğu ifade edilmiş olup, bu çalışmadaki luteolin-7-glikozit ve rutin düzeylerinin yüksekliği söz konusu biyolojik aktivite sonuçlarını destekler niteliktedir.

Bu çalışmanın literatüre önemli katkılarından biri, *S. virgata* ekstraktında daha önce sınırlı sayıda rapor edilen veya hiç rapor edilmeyen bazı bileşiklerin protocatechuic aldehit, sesamol, p-hidroksibenzoik asit, salisilik asit, pinosembirin belirlenmiş olmasıdır. Daha önceki fenolik tarama çalışmalarında *S. virgata*'nın fenolik profili çoğunlukla rosmarinik asit, kafeik asit türevleri, luteolin glikozitleri ve kuersetin türevleri ile sınırlı kalmıştır (Amin ve ark., 2017; Sharifi-Rad ve ark., 2018). Bu açıdan bakıldığında, söz konusu bileşiklerin ilk kez rapor edilmesi türün kimyasal çeşitliliğine ilişkin yeni veriler sunmakta ve *S. virgata*'nın fitokimyasal açıdan daha zengin ve kompleks bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

***Salvia virgata*'nın Toplam Fenolik içeriği (TPC) ve Toplam Flavonoid İçeriği (TFC)**

S. virgata'nın toplam fenolik içeriği (TPC) $104,12 \pm 1,94$ mg GAE/g ekstrakt, toplam flavonoid içeriği (TFC) ise $26,57 \pm 0,76$ mg QE/g ekstrakt olarak belirlenmiştir (Tablo 2). Elde edilen bu değerler, *S. virgata*'nın hem fenolik bileşikler hem de flavonoid grubu sekonder metabolitler açısından oldukça zengin bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir.

Tablo 2. *S. virgata*'nın toplam fenolik ve toplam flavonoid içeriği.

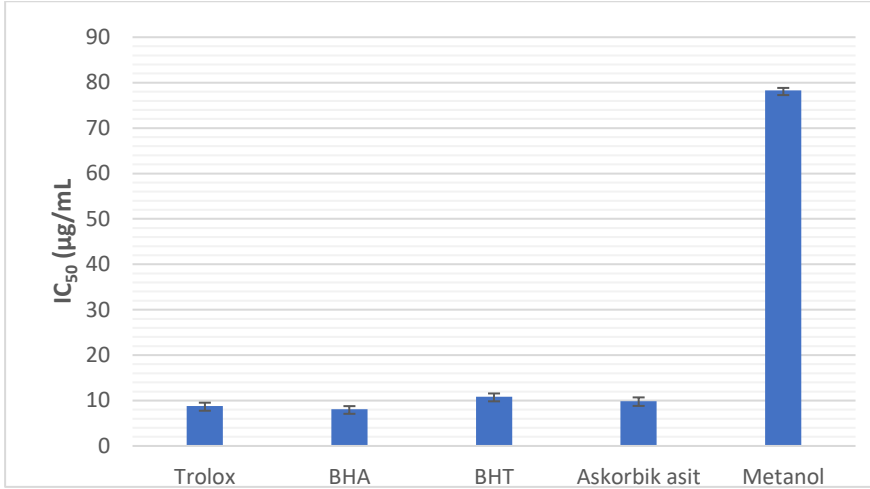
Örnek	Toplam fenolik içeriği (mg GAE g ⁻¹ ekstrakt)	Toplam flavonoid içeriği (mg QE g ⁻¹ Ekstrakt)
<i>S. virgata</i>	$104,12 \pm 1,94$	$26,57 \pm 0,76$

Fenolik bileşiklerin antioksidan aktivite, serbest radikal inhibisyonu, metal iyon şelasyonu ve çeşitli biyolojik süreçlerde kritik rol oynadığı bilinmektedir (Koşar et al., 2008; Sharifi-Rad et al., 2018). *S. virgata*'nın yüksek fenolik düzeyi, bu türün biyolojik aktivite potansiyelinin oldukça güçlü olduğuna işaret etmektedir. Literatürde *S. virgata* için bildirilen TPC değerleri genel olarak 45–95 mg GAE/g ekstrakt aralığındadır. Örneğin Morteza-Semnani ve ark. 2016'da, metanol ekstraktında TPC değerini 83,4 mg GAE/g olarak rapor etmişlerdir. Başka bir çalışmada ise *S. virgata*'nın fenolikçe zengin fraksiyonlarının yüksek antioksidan aktivite sergilediğini bildirmiştir (Güllüce ve ark., 2003). Bu çalışmada belirlenen 104,12 mg GAE/g, söz konusu çalışmalarla karşılaştırıldığında *S. virgata*'nın daha yüksek bir fenolik kapasiteye sahip olduğunu göstermektedir. Bu durum, kullanılan ekstraksiyon yöntemi, çözücü polaritesi, toplama zamanı ve coğrafi konum gibi faktörlerin etkisiyle açıklanabilir.

Flavonoid içeriği açısından değerlendirildiğinde, bu çalışmada tespit edilen 26,57 mg QE/g değeri de literatürde bildirilen ortalamaların üzerindedir. Rahimi ve ark., 2020'de yaptıkları bir çalışmada, *Salvia* türlerinde flavonoid içeriğinin önemli oranda luteolin türevlerinden kaynaklandığını belirtmişlerdir. Benzer şekilde Amin ve ark. 2017'de yaptıkları çalışmada, flavonoidlerin *Salvia* türlerinin antioksidan özelliklerinde belirleyici olduğunu vurgulamıştır. Bu çalışmada *S. virgata* ekstraktında yüksek miktarda belirlenen luteolin-7-glikozit ve rutin gibi flavonoidlerin TFC değerinin yüksek çıkmasına önemli katkı sağladığı düşünülmektedir.

DPPH* Serbest Radikal Giderme Aktivitesi

Yapılan DPPH çalışmasında *S. virgata* metanol ekstraktının serbest radikal giderme kapasitesi DPPH· testi ile belirlenmiş ve IC₅₀ değeri 654,47 ± 2,45 µg/mL olarak tespit edilmiştir (Şekil 1). Referans antioksidanlarla karşılaştırıldığında, ekstraktın IC₅₀ değerinin Trolox (8,76 µg/mL), BHA (8,08 µg/mL), BHT (10,83 µg/mL) ve askorbik asitten (9,82 µg/mL) yüksek olduğu görülmektedir. Bu durum, *S. virgata* ekstraktının zayıf bir radikal temizleyici olduğunu ve saf antioksidan standartlara kıyasla daha düşük bir kapasiteye sahip olduğunu göstermektedir. Bitki ekstraktlarındaki antioksidan etkinliğin genellikle bileşiklerin bireysel etkilerinden ziyade toplam sinerjik etkilerden kaynaklandığı göz önüne alındığında, bu sonuçlar doğal bitkisel ekstraktlar için beklenen bir durumdur.



Şekil 1. *S. virgata* metanol ekstraktının serbest radikal giderme kapasitesi.

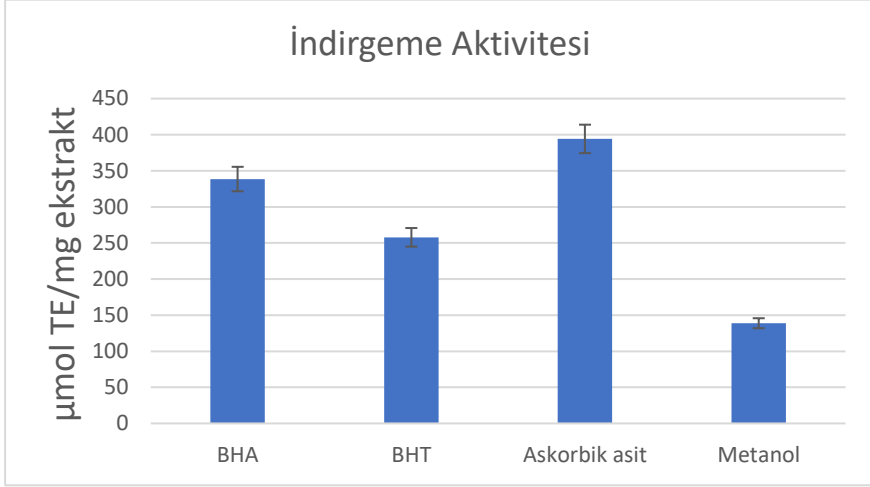
Literatürde yer alan çalışmalar, elde edilen bulguları büyük ölçüde desteklemektedir. Koşar ve ark 2008’de yaptıkları bir çalışmada, *S. virgata*’nın metanol ekstraktında DPPH radikal giderme aktivitesinin orta düzeyde olduğunu ve IC₅₀ değerinin saf antioksidanlara göre daha yüksek çıktığını rapor etmiştir. Benzer şekilde Güllüce ve ark. 2003’de yaptıkları çalışmada ise, *S. virgata*’nın fenolik açısından zengin fraksiyonlarının belirgin antioksidan aktivite sergilediğini ancak bütün ekstraktın genellikle daha düşük radikal temizleme performansı gösterdiğini bildirmiştir. Yapılan kapsamlı değerlendirmelerde de *Salvia* türlerinin antioksidan aktivitelerinin türe, ekstraksiyon yöntemine ve çözücü polaritesine bağlı olarak önemli derecede değiştiği ortaya konmuştur (Rahimi ve ark., 2020 ; Sharifi-Rad ve ark., 2018).

Ferrik İyonu İndirgeme (FRAP) Aktivitesinin

S. virgata metanol ekstraktının ferrik iyonu indirgeme kapasitesi (FRAP), yaygın kullanılan sentetik antioksidanlar olan BHA ve BHT ile doğal bir antioksidan olan askorbik asit referans alınarak değerlendirilmiştir. FRAP analizi, bileşiklerin Fe³⁺ iyonlarını Fe²⁺ formuna indirme kapasitesini ölçmesi bakımından antioksidan etkinliğin önemli göstergelerinden biridir. İndirgeme gücü, elektron verme potansiyeli yüksek bileşiklerin daha yüksek absorbans değerleriyle temsil edilir ve genellikle fenolik bileşikler ile flavonoidler ferrosiyanyür kompleksi

üzerinden güçlü indirgeme aktivitesi gösterir (Vladimir-Knežević ve ark., 2011).

Bu çalışmada *S. virgata* metanol ekstraktının indirgeme gücü $138,80 \pm 0,47$ mg TE/g ekstrakt olarak belirlenmiştir (Şekil 2). Bu değer, askorbik asit 394,17 mg TE/g, BHA 338,57 mg TE/g ve BHT 257,80 mg TE/g gibi standart antioksidanlardan düşük olmakla birlikte, bitkisel ekstraktlar için beklenen seviyede önemli bir indirgeme kapasitesini göstermektedir.



Şekil 2. *S.virgata*'nın metanol ekstraktının ferrik iyonu indirgeme kapasitesi

Literatürde *Salvia* türlerinin ferrik iyonu indirgeme kapasitelerinin geniş bir aralıkta değiştiği bildirilmiştir. Örneğin Koşar ve ark. (2008), bazı *Salvia* türlerinde FRAP değerlerini 70–170 mg TE/g aralığında rapor etmiştir. Bu çalışmada elde edilen 138.80 mg TE/g değeri, *S. virgata*'nın bu aralığın üst seviyelerine yakın bir indirgeme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Benzer şekilde Güllüce ve ark. (2003), *S. virgata* dahil olmak üzere çeşitli *Salvia* türlerinin fenolik açısından zengin fraksiyonlarının yüksek ferrik iyonu indirgeme kapasitesi gösterdiğini bildirmiş ve bu etkinin özellikle rosmarinik asit, kafeik asit türevleri ve luteolin glikozitleri gibi fenolik bileşiklerden kaynaklandığını vurgulamıştır. *S. virgata* ekstraktının yüksek TPC (104.12 mg GAE/g ekstrakt) ve belirgin flavonoid içeriği (26.57 mg QE/g ekstrakt) ile birlikte yüksek miktarda rosmarinik asit ve luteolin-7-glikozit içermesi, gözlenen FRAP değerini açıklayan önemli faktörlerdir. Literatürde rosmarinik asidin ferrik iyonlarını indirgeme kapasitesinin yüksek olduğu ve

antioksidan etki mekanizmalarının büyük bölümünün bu bileşiğe dayandığı belirtilmiştir (Amin et al., 2017; Sharifi-Rad et al., 2018).

Antifungal Aktivite Sonuçları

Bu çalışmada *Salvia virgata* metanol ekstraktının dört önemli toprak kökenli bitki patojeni olan *Phytophthora infestans*, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (FOM) ve *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* (FOC) üzerindeki antifungal etkisi değerlendirilmiştir. Elde edilen bulgular, *S. virgata* ekstraktlarının tüm patojenler üzerinde dikkate değer düzeyde miselyal gelişim inhibisyonu oluşturduğunu göstermiştir (Tablo 3). Özellikle 4 mg/mL dozunda ekstrakt; *A. alternata*'da %29,27, *P. infestans*'ta %32,41, FOM'da %47,89 ve FOC'da %52,20 oranlarında inhibisyona neden olmuştur. Bu sonuçlar, *S. virgata*'nın funguslara karşı geniş spektrumlu bir antifungal etki sergilediğini doğrulamaktadır.

Tablo 3. *Salvi virgata* Metanol Ekstresinin önemli bitki patojenlerine karşı antifungal aktivitesi

Doz (mg mL ⁻¹)	FF	AA	FOM	FOC
Kontrol (+)	100±0,00a*	100±0,00a	100±0,00a*	100±0,00a*
Kontrol (-)	0,00±0,00f	0,00±0,00e	0,00±0,00e	0,00±0,00f
0,5	17,82±1,14e	8,37±1,89d	21,88±1,10d	31,85±4,44e
1	20,86±1,15d	13,54±1,30c	38,20±2,54c	38,38±1,01d
2	28,76±0,74c	27,58±2,27b	39,16±0,80c	45,70±0,33c
4	32,41±1,37b	29,27±2,32b	47,89±0,83b	52,20±0,71b

*Aynı sütundaki aynı harfli ortalamalar ANOVA'ya göre anlamlı derecede farklı değildi (a = 0,05); Kontrol (+) Thiram; Pozitif kontrol, Kontrol (-); Negatif kontrol (%1 (v/v) DMSO); *Phytophthora infestans* (F.F), *Alternaria alternata* (A.A), *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* (FOM) ve *Fusarium oxysporum* f. sp. *cucumerinum* (FOC)

Literatürde *Salvia* türlerinin ekstrak ve uçucu yağlarının antifungal etkilerinin olduğu rapor edilmiştir (Morteza-Semnani ve ark., 2016; Yılar ve ark., 2020). Çoğunlukla fenolik bileşikler, özellikle de rosmarinik asit, luteolin, apigenin ve çeşitli flavonoid türevlerinden kaynaklandığı bildirilmektedir (Güllüce ve ark., 2003; Koşar ve ark., 2008;). Bu çalışmada da *S. virgata* ekstraktının yüksek düzeyde rosmarinik asit (583,98 µg/g) ve luteolin-7-glikozit (706,11 µg/g) içermesi, gözlenen antifungal aktivitenin fitokimyasal bileşimle doğrudan ilişkili olduğunu göstermektedir. Özellikle rosmarinik asidin plazma membranı geçirgenliğini bozarak miselyal uzamayı engellediği daha önce rapor

edilmiştir (Amin et al., 2017). Benzer şekilde luteolin türevlerinin mantar hücre duvarı sentezini baskıladığı bilinmektedir (Sharifi-Rad et al., 2018).

Fusarium türlerine karşı gözlenen yüksek inhibisyon düzeyi (özellikle FOC için %52,20), literatürde *F. oxysporum*'un polifenollere karşı daha duyarlı olduğuna ilişkin bulgularla paraleldir (Rahimi et al., 2020). Bununla birlikte *Phytophthora infestans* gibi oomycete patojenlerin genellikle fenolik bileşiklere daha dayanıklı olduğu bilinmektedir; bu çalışmada elde edilen %32,41'lik inhibisyon, *Salvia* türleri için rapor edilen en yüksek etkilerden biri olarak değerlendirilebilir.

Nitekim Morteza-Semnani ve ark. (2016), *S. virgata* esansiyel yağı ve ekstraktlarının özellikle *Fusarium* ve *Alternaria* türlerine karşı güçlü antifungal etki gösterdiğini bildirmiştir. Bu çalışma, benzer şekilde *S. virgata* ekstraktının FOM ve FOC üzerinde daha yüksek inhibisyon değerleri göstermesi yönüyle literatürü desteklemektedir. Elde edilen biyolojik bulgular, *S. virgata*'nın yalnızca fenolik bileşik zenginliği ile değil, aynı zamanda fungitoksik potansiyeliyle de öne çıktığını göstermektedir. Doza bağlı inhibisyonun belirgin olması, ekstraktın etkisinin konsantrasyonla güçlendiğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, *S. virgata* ekstraktının özellikle *Fusarium* kaynaklı hastalıkların kontrolünde doğal antifungal ajan olarak değerlendirilmesi için bilimsel bir temel oluşturmakta ve türün tarımsal biyoteknoloji alanında potansiyel kullanımını desteklemektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, *S. virgata* metanol ekstraktının fenolik bileşik kompozisyonu, toplam fenolik ve flavonoid içerikleri ile antioksidan ve antifungal özelliklerini kapsamlı biçimde değerlendirmiştir. LC-ESI-MS/MS analizleri sonucunda ekstrakta ait 12 fenolik bileşik başarıyla tanımlanmış; bunlar arasında luteolin-7-glikozit, rosmarinik asit ve rutin en baskın bileşenler olarak belirlenmiştir. Bu bulgular, *S. virgata*'nın fenolik açıdan zengin bir fitokimyasal profile sahip olduğunu ortaya koymuştur. Toplam fenolik içerik $104,12 \pm 1,94$ mg GAE/g ve toplam flavonoid içerik $26,57 \pm 0,76$ mg QE/g değerleri de türün polifenolce yüksek bir yapıya sahip olduğunu göstermektedir. Fenolik bileşiklerin antioksidan kapasite ve biyolojik aktivite üzerindeki belirleyici rolü dikkate alındığında, *S. virgata*'nın kayda değer bir doğal antioksidan kaynağı olduğu söylenebilir. Antioksidan analizler kapsamında elde edilen DPPH· IC₅₀ değeri $654,47 \pm 2,45$ µg/mL, ekstraktın serbest radikal giderme etkinliğinin saf referans antioksidanlara kıyasla daha düşük

olduğunu ancak bitkisel ekstraktların kompleks yapısı göz önüne alındığında orta düzeyde bir radikal temizleme kapasitesine sahip olduğunu göstermiştir. FRAP analizinde belirlenen $138,80 \pm 0,47$ mg TE/g değerinden de anlaşılabileceği üzere, *S. virgata* ferrik iyonu indirgeme potansiyeli açısından anlamlı bir antioksidan etki sergilemektedir. Antifungal testler ise ekstraktın *Phytophthora infestans*, *Alternaria alternata*, *Fusarium oxysporum* f. sp. *melonis* ve *F. oxysporum* f. sp. *cucumerinum* üzerinde önemli düzeyde miselyal inhibisyona yol açtığını göstermiştir. En yüksek dozda uygulanan ekstrakt, patojenlere bağlı olarak %29 ile %52 arasında değişen inhibisyon oranları sağlamış ve özellikle *Fusarium* türleri üzerinde belirgin bir etki ortaya koymuştur.

S. virgata, fenolik ve flavonoid içeriği yüksek, anlamlı antioksidan kapasiteye ve geniş spektrumlu antifungal aktiviteye sahip bir tür olarak öne çıkmaktadır. Bu bulgular, türün doğal antioksidan kaynağı olarak kullanılabileceğini ve özellikle bitki patojenlerine karşı biyolojik kontrol amacıyla değerlendirilebileceğini göstermektedir. Gelecekte farklı çözücülerle ekstraksiyon, saf bileşik izolasyonu ve mekanizma temelli biyolojik aktivitelerin araştırılması, *S. virgata*'nın potansiyel kullanım alanlarının daha iyi anlaşılmasına katkı sağlayacaktır.

Açıklama

Bu çalışma, Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü'nde 10626583 numaralı yüksek lisans tezinin bir bölümünden üretilmiştir.

KAYNAKÇA

- Abacı-Bayar AA. 2022. The uptake of essential mineral elements by endemic *Salvia absconditiflora* (Greuter & Burdet) growing in natural habitats. *BSJ Agri*, 5(4): 351-356
- Abacı-bayar, A. A. (2021). Determination of Minerals and Trace Elements of Some *Salvia* Species Distributed in Kırşehir. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 8(2), 315-328. <https://doi.org/10.30910/turkjans.820375>
- Akşit, Z., Akşit, H., Şimşek, S., Aydın, A., Yılmaz, M.A., Kandemir, A. and Köksal, E. (2022). LC-MS/MS profiling phytochemical content of *Echinophora chrysantha* (Apiaceae) and antiproliferative, antioxidant activity. *Pharm Pharmacol Int J*. 10(5):190–194. doi:10.15406/ppij.2022.10.00384
- Amin, M. J., Rehman, M. and Khan, H. (2017). *Phytochemistry and pharmacological properties of Salvia species: A review*. Journal of Traditional and Complementary Medicine, 7(4), 1–15.
- Baser, K. H. C., Kirimer, N., Kurkuoglu, M., & Demirci, B. (2004). Essential oils of *Salvia* species from Turkey. *Chemistry of Natural Compounds*, 40(3), 224–228.
- Baytop, T. (1999). Türkiye’de Bitkilerle Tedavi: Geçmişte ve Bugün. Nobel Tıp Kitabevleri.
- Celep, F., & Doğan, M. (2010). *Salvia* L. In: Güner, A., et al. (Eds.), Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler). Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi Yayınları.
- Cvetkovikj, I., Stefkov, G., Karapandzova, M., & Kulevanova, S. (2014). Chemical composition and biological activity of essential oils from *Salvia* species. *Natural Product Research*, 28(4), 301–307.
- Davis, P. H., Mill, R. R., & Tan, K. (1988). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol. 10. Edinburgh University Press.
- Delazar, A., Khodaie, L., Afshar, F. H. and Nazemiyeh, H. (2004). Determination of hydroxycinnamic acids in some *Salvia* species using HPLC. *Iranian Journal of Pharmaceutical Research*, 3(2), 81–86.
- Güllüce, M., Sökmen, M., Daferera, D., Açar, G., Özkan, H., Kartal, N., Polissiou, M., Sökmen, A. and Şahin, F. (2003). Antimicrobial and antioxidant properties of the essential oils and methanol extract from *Salvia virgata* Jacq. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(14), 3958–3965.
- Hedge, I. C. (1982). *Salvia* L. In: Davis, P. H. (Ed.), *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*, Vol. 7. Edinburgh University Press, pp. 400–461.
- Jenks, A. A. and Kim, S. C. (2013). Molecular phylogeny of *Salvia* (Lamiaceae) in the New World: Evidence from plastid DNA and morphological characters. *Systematic Botany*, 38(3), 730–744.
- Kamatou, G. P. P., Viljoen, A. M. and Steenkamp, P. (2008). Antioxidant, anti-inflammatory activities and chemical composition of *Salvia* species. *Journal of Ethnopharmacology*, 119(3), 664–672.
- Kayir, Ö., Doğan, H., Alver, E. and Bilici, İ. (2023). Quantification of phenolic component by LC-HESI-MS/MS and evaluation of antioxidant activities of *Crocus Ancyrensis* extracts obtained with different solvents. *Chem. Biodivers.* 20, 202201186
- Koşar, M., Göger, F. and Başer, K. H. C. (2008). In vitro antioxidant properties and phenolic composition of *Salvia* species from Turkey. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 56(7), 2369–2374.

- Küpeli Akkol, E., Göger, F., Kosar, M. and Başer, K. H. C. (2008). Phytochemical analysis and biological activities of *Salvia* species. *Pharmaceutical Biology*, 46(5), 301–309.
- Lu, Y. and Foo, L. Y. (2001). Antioxidant activities of polyphenols from sage (*Salvia officinalis*). *Food Chemistry*, 75(2), 197–202.
- Morteza-Semnani, K., Saeedi, M., Ebrahimi, S. N. and Hadjiakhoondi, A. (2016). Chemical composition and antifungal activity of *Salvia virgata* Jacq. extracts. *Research Journal of Pharmacognosy*, 3(1), 11–18.
- Pavela, R., Benelli, G. and Maggi, F. (2016). Essential oils for managing stored-product insects: Advances and limitations. *Trends in Food Science & Technology*, 62, 26–38.
- Pavela, R., Vrchotová, N. and Triska, J. (2013). Effect of extracts from five *Salvia* species on larval growth of *Spodoptera littoralis*. *Industrial Crops and Products*, 49, 265–272.
- Rahimi, M., Aliakbarlu, J. and Ghasemi Pirbalouti, A. (2020). Phenolic profile and antioxidant activity of several *Salvia* species evaluated by LC–MS/MS. *Industrial Crops and Products*, 145, 112–119.
- Samani, S. M., Amiri, H. and Aghazari, F. (2014). Evaluation of phenolic acids in some Lamiaceae species. *Journal of Medicinal Plants Research*, 8(16), 666–671.
- Sharifi-Rad, M., Nazaruk, J., Polito, L., Morais-Braga, M. F. B., Rocha, J. E., Coutinho, H. D. M., Salehi, B., Tabanelli, G., Montanari, C. and Martínez-Lopez, A. (2018). Biological, phytochemical, and toxicological aspects of *Salvia* species. *Phytotherapy Research*, 32(10), 1851–1870.
- Soković, M., Glamčlija, J., Marin, P. D., Brkić, D., & van Griensven, L. J. L. D. (2010). Antibacterial effects of essential oils against *Listeria monocytogenes*, *Staphylococcus aureus*, and *Escherichia coli*. *Food Control*, 21(10), 1412–1418.
- Tepe, B., and Sokmen, A. (2007). Biological activities of essential oils from Turkish *Salvia* species. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 55(21), 9891–9895.
- Tepe, B., Daferera, D., Sökmen, M., Polissiou, M. and Sökmen, A. (2011). Antimicrobial and antioxidant properties of the essential oil and various extracts of *Salvia virgata*. *Food Chemistry*, 100(3), 985–990.
- Topçu, G., Öztürk, M. and Aydoğmuş, Z. (2001). Diterpenoids and flavonoids from *Salvia* species. *Phytochemistry*, 58(7), 1245–1250.
- Vladimir-Knežević, S., Blažeković, B., Štefan, M. B., Alegro, A., Dominis-Kramarić, M. and Štefan, M. (2011). *Plant polyphenols as reducing agents in FRAP assay*. *Food Chemistry*, 127(2), 907–912.
- Walker, J. B., Sytsma, K. J., Treutlein, J. and Wink, M. (2004). *Salvia* phylogeny and systematics: Implications for floral evolution and biogeography. *Taxon*, 53(4), 1149–1163.
- Yılar M, Bayar Y and Abacı Bayar A.A, Genç N (2020) Chemical composition of the essential oil of *Salvia bracteata* Banks and the biological activity of its extracts: antioxidant, total phenolic, total flavonoid, antifungal and allelopathic effects. *Bot. Serb.*, 44 (2020), pp. 71-79, 10.2298/BOTSERB2001071Y
- Yılar, M., Bayar, Y. and Abacı-Bayar, A.A. (2020). Allelopathic and antifungal potentials of endemic *Salvia absconditiflora* Greuter & Burdet collected from different locations in Turkey. *Allelopathy Journal*, 49(2), 243-256.

ŞEKER PANCARI (*BETA VULGARIS* L.) HASADI SONRASI TOPRAK SAĞLIĞI VE SÜRDÜRÜLEBİLİR YÖNETİM STRATEJİLERİ

Sultan KIYMAZ**

GİRİŞ

Şeker pancarı (*Beta vulgaris* L.), yüksek şeker verimi, biyokütle üretimi ve geniş ekolojik adaptasyon kapasitesi ile hem dünya tarımında hem de Türkiye’de stratejik bir öneme sahiptir. Türkiye’de şeker pancarı üretimi, farklı iklim koşulları ve toprak tipleri ile şekillenen üretim sistemleri içinde önemli bir yer tutmakta; verim ve sürdürülebilirlik büyük ölçüde toprak sağlığına bağlı olarak belirlenmektedir (Draycott, 2006; Hoffmann ve Märlander, 2007). Bu bağlamda, şeker pancarı yetiştiriciliğinin toprak üzerindeki etkileri ve hasat sonrası yönetim stratejileri, hem kısa vadeli verim hem de uzun vadeli sürdürülebilirlik açısından kritik bir öneme sahiptir.

Hasat işlemleri, özellikle köklerin topraktan sökülmesine dayalı sistemlerde, çoğunlukla ağır tarım makinelerinin kullanımını gerektirmektedir. Bu durum, toprağın fiziksel yapısında sıkışma, gözenekliliğin azalması ve kök gelişiminin sınırlanması gibi bozulmalara yol açabilmektedir (Hamza ve Anderson, 2005; Keller vd. 2019). Türkiye’de yapılan çalışmalar da benzer şekilde, hasat sonrası toprak sıkışmasının suyun toprak tarafından emilimini azaltarak verimi sınırlayan önemli bir faktör olduğunu ortaya koymaktadır (Negiş, 2014). Ayrıca, yüzey kabuklanması ve erozyon riski, izleyen ürün dönemlerinde üretim potansiyelini olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenle şeker pancarı yetiştiriciliğinde hasat sonrası toprak yapısının korunması, üretim sistemlerinin sürdürülebilirliği açısından temel bir gerekliliktir.

Biyokimyasal açıdan bakıldığında, şeker pancarı azot ve potasyum gibi makro besin elementlerini yoğun şekilde tükettiği için hasat sonrası toprakta besin dengesizlikleri oluşabilmektedir. Bitki artıklarının tarlada

** Prof. Dr. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Kırşehir, E-posta,skiymaz@ahievran.edu.tr, ORCID: orcid.org/0000-0002-9228-7525

birakılması veya uzaklaştırılması, organik madde ve karbon döngüsü açısından kritik bir rol oynamaktadır (Lal, 2004; Triberti vd. 2008). Toprakta bırakılan yaprak ve tepe artıklarının ayrışması, mikrobiyal faaliyetleri artırarak izleyen ürün için besin arzını iyileştirmekte; ancak işleme derinliği ve yoğunluğu bu süreci ve topraktaki biyolojik dengeyi doğrudan etkilemektedir (Recous vd. 1990; Sinsabaugh vd. 2013).

Modern tarım literatürü, özellikle kök bitkilerde koruyucu tarım uygulamalarının, toprak organik maddesinin korunması, mikrobiyal denge ve uzun vadeli verimlilik açısından daha sürdürülebilir bir yaklaşım olduğunu vurgulamaktadır (Kassam vd. 2014). Hasat sonrası toprak yönetimi, yalnızca fiziksel ve kimyasal özelliklerin korunması ile sınırlı kalmayıp, aynı zamanda karbon birikimi, iklim değişikliğine uyum ve uzun vadeli üretim sürdürülebilirliği açısından da kritik bir rol oynamaktadır (FAO, 2017).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye ve uluslararası literatür ışığında şeker pancarı hasadı sonrası toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlerini incelemek; bitki artığı yönetimi ve sürdürülebilir kullanım stratejilerini bütüncül bir bakış açısıyla değerlendirmektir.

MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışma bir derleme niteliğindedir. Türkiye’de yapılan güncel araştırmaların yanı sıra uluslararası literatür taranmış; fiziksel (toprak sıkışması, gözenek yapısı, su infiltrasyonu), kimyasal (besin elementi dengesi, organik madde) ve biyolojik (mikrobiyal aktivite, karbon dönüşümü) parametreler değerlendirilmiştir. Bitki artığı yönetimi ve minimum işleme uygulamaları gibi sürdürülebilir toprak yönetimi stratejileri sistematik olarak incelenmiştir.

Çalışmada kullanılan veriler, hem saha çalışmaları hem de laboratuvar analizlerini içeren makalelerden derlenmiştir. Toprak özellikleri, penetrasyon direnci, gözenek hacmi, organik madde miktarı ve besin elementi içerikleri gibi parametreler karşılaştırmalı olarak ele alınmıştır. Bu sayede Türkiye ve uluslararası deneyimler bir araya getirilmiş ve bütüncül bir bakış açısı sağlanmıştır.

BULGULAR VE TARTIŞMA

Toprak fiziksel özellikler

Hasat sırasında kullanılan mekanizasyon, toprağın gözenek yapısının bozulmasına ve kök gelişiminin sınırlanmasına yol açmaktadır. Türkiye’de Konya-Çumra ovasında yapılan çalışmalarda penetrasyon direnci 2,636–4,82 MPa arasında ölçülmüştür (Negiş, 2014). Uluslararası literatürde de Almanya ve Avrupa genelinde mekanize şeker pancarı hasadının alt horizonlarda gözenek kaybına ve kök gelişiminin sınırlanmasına neden olduğu rapor edilmiştir (Hamza ve Anderson, 2005; Keller vd. 2019). Bu durum toprağın infiltrasyon hızının azalması ve erozyon riskinin artmasıyla birleşerek izleyen ürünlerde verimi sınırlamaktadır (Saggau vd. 2024). Minimum işleme ve koruyucu tarım uygulamaları, toprak yapısını koruyarak organik madde ve karbon stoklarını artırmaktadır (Koç vd. 2003; Kassam vd. 2014). Türkiye ve Almanya örneklerinden derlenen veriler, mekanizasyon kaynaklı sıkışmanın etkilerini göstermek amacıyla Tablo 1’de özetlenmiştir. Tablo, farklı coğrafi bölgelerden sınırlı sayıda örnek içermekle birlikte, toprağın mekanik baskıya karşı gösterdiği tepkilerin genel eğilimini ortaya koymaktadır.

Tablo 1. Türkiye ve Avrupa’da Şeker Pancarı Hasadı Sonrası Toprak Sıkışma Ölçümleri

Bölge	Penetrasyon Direnci (MPa)	Gözenek Kaybı (%)	Kaynak
Konya-Çumra	2,636–4,82	15	Negiş, 2014
Almanya	3,1–4,5	18	Keller vd. 2019

Toprak kimyası ve besin elementleri

Şeker pancarı, özellikle azot ve potasyum gibi makro besin elementlerini yoğun şekilde tüketmektedir. Türkiye’de yapılan araştırmalar, hasat sonrası toprakta besin dengesizliklerinin ortaya çıktığını göstermektedir (Draycott, 2006; Parlak vd. 2020). Uluslararası çalışmalar da bitki artığı ve gübreleme uygulamalarının bu dengesizliklerin giderilmesinde kritik rol oynadığını ortaya koymaktadır (Hoffmann ve Märlander, 2007). Bitki artıklarının toprağa kazandırılması, organik karbon stoklarını artırmakta ve mikrobiyal aktiviteyi desteklemektedir (Lal, 2004; Triberti vd. 2008; Parlak vd. 2020). Ayrıca organik gübre ve kompost uygulamaları ise toprak hacim ağırlığını düşürüp gözenek

yapısını iyileştirerek besin elementi mineralizasyonunu ve su-hava dengesini olumlu yönde etkilemektedir (Yılmaz ve Alagöz, 2013; Recous vd. 1990; Sinsabaugh vd. 2013).

Toprak biyolojisi ve bitki artığı yönetimi

Bitki artığı yönetimi, mikrobiyal faaliyetleri artırmakta ve organik madde dönüşümünü hızlandırmaktadır. Türkiye’de yapılan çalışmalar, bitki artıklarının toprağa kazandırılmasının mikrobiyal aktiviteyi ve besin elementi mineralizasyonunu artırdığını göstermektedir (Parlak vd. 2020). Uluslararası literatürde de organik artıkların mikrobiyal çeşitlilik ve karbon kullanım verimliliğini artırdığı rapor edilmiştir (Recous vd. 1990; Sinsabaugh vd. 2013). Minimum işleme ve koruyucu tarım uygulamaları, Türkiye’de toprağın organik karbonunu korumakta ve biyolojik çeşitliliği desteklemektedir (Koç vd. 2003), Avrupa örneklerinde de az işlemeli sistemler kök bitkilerde sürdürülebilirliği artırmaktadır (Kassam vd. 2014).

Toprak kaybı ve erozyon

Hasat sonrası toprak kaybı ve erozyon önemli bir sorundur. Türkiye’de şeker pancarı hasadından kaynaklanan toprak kaybı yıllık ortalama 3,41 Mg ha⁻¹ (≈3,41 ton ha⁻¹) olarak hesaplanmıştır (Parlak, 2008). Uluslararası çalışmalarda ise Avrupa’da şeker pancarı hasadının milyonlarca ton toprak kaybına neden olduğu ve bunun organik madde ile besin elementi kaybını da içerdiği belirtilmektedir (Saggau vd. 2024; Panagos vd. 2019). Bu nedenle hasat sonrası toprakların sürdürülebilir yönetimi kritik öneme sahiptir. Tablo 2’de, Türkiye ve Almanya örnekleri üzerinden toprak kaybı ve erozyon riskleri özetlenmiştir. Tablo, sınırlı sayıda örnek içermesine rağmen, farklı üretim sistemlerinde erozyon riskinin varlığını ve uygun yönetim stratejilerinin önemini vurgulamaktadır.

Tablo 2. Türkiye ve Almanya’da Şeker Pancarı Hasadı Sonrası Toprak Kaybı ve Erozyon

Bölge	Toprak kaybı (Mg ha ⁻¹)	Erozyon Riski	Kaynak
Konya-Çumra	3,41	Orta	Parlak, 2008
Almanya	4,0-4,5	Yüksek	Panagos vd. 2019

Hasat Sonrası Toprakta Karşılaşılan Sorunlar ve Çözümleri

Şeker pancarı hasadı sonrası toprakta çeşitli sorunlar ortaya çıkmaktadır ve bu sorunlar fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan kendini göstermektedir. Türkiye’de Konya-Çumra ovası gibi bölgelerde yapılan araştırmalar, hasat sırasında kullanılan ağır makinelerin toprağın alt horizonlarını sıkıştırdığını ve gözenek kaybına yol açtığını göstermektedir. Bu durum kök gelişimini sınırlamakta ve su hareketini azaltmaktadır (Negiş, 2014). Benzer şekilde Almanya ve Avrupa’da yapılan çalışmalar, mekanize şeker pancarı hasadının alt topraklarda yoğun sıkışmaya ve verim kaybına neden olduğunu ortaya koymaktadır (Hamza ve Anderson, 2005; Keller vd. 2019). ABD’de yapılan araştırmalar da benzer şekilde mekanize kök sökümünün gözenek kaybı ve mikrobiyal aktivite düşüşüne yol açtığını göstermektedir (Hamza ve Anderson, 2005). Fiziksel sıkışmanın yanı sıra yüzey kabuklanması ve erozyon riski de artmakta, bu durum toprağın organik madde kaybına ve izleyen ürünlerde verim düşüşüne yol açmaktadır (Saggau vd. 2024; Parlak, 2008). Bu sorunların çözümü için minimum veya koruyucu toprak işleme yöntemleri önerilmektedir. Bu yaklaşımlar, toprağın gözenek yapısını korumakta, organik maddeyi muhafaza etmekte ve gözenekli yapının yeniden oluşumunu desteklemektedir (Kassam vd. 2014; Koç vd. 2003). Ayrıca, hasat sonrası bitki artıklarının toprağa kazandırılması sıkışmayı azaltmakta ve toprak yapısının iyileşmesine katkıda bulunmaktadır (Lal, 2004; Triberti vd. 2008).

Kimyasal açıdan, şeker pancarı özellikle azot ve potasyum tüketimiyle toprağın besin dengesini bozabilmektedir (Draycott, 2006; Parlak vd. 2020). Ayrıca, yanlış gübreleme ve sulama uygulamaları toprağın pH dengesini etkileyerek tuzluluk artışına neden olabilmektedir (Hoffmann ve Märlander, 2007). Bu kimyasal sorunlar, dengeli gübreleme stratejileri ve bitki artığı yönetimi ile büyük ölçüde önlenabilir. Organik ve mineral gübrelerin dengeli uygulanması, izleyen ürünlerde besin elementi eksikliklerini azaltmakta ve toprağın verimliliğini korumaktadır (Recous vd. 1990; Sinsabaugh vd. 2013). Toprağın pH ve tuzluluk değerlerinin düzenli olarak izlenmesi de uygulama planlarının optimize edilmesine yardımcı olmaktadır.

Biyolojik açıdan ise, yoğun toprak işleme ve bitki artıklarının uzaklaştırılması, mikrobiyal çeşitliliğin azalmasına ve organik madde dönüşümünün yavaşlamasına yol açmaktadır (Sinsabaugh vd. 2013; Parlak vd. 2020). Bu sorunun çözümü olarak, hasat sonrası bitki artıklarının tarlada bırakılması mikrobiyal faaliyetleri artırmakta ve besin döngüsünü

desteklemektedir (Recous vd. 1990; Lal, 2004). Ayrıca, az işlemeli veya koruyucu tarım uygulamaları, toprağın biyolojik dengesini koruyarak organik karbon stoklarının artmasını sağlamaktadır (Kassam vd. 2014).

Tablo 3, Türkiye, Almanya ve ABD örneklerinde hasat sonrası karşılaşılan başlıca sorunlar ve çözüm stratejilerini özetlemektedir. Türkiye, Almanya ve ABD örneklerinde de gözlemlendiği üzere, bu sorunların etkili bir şekilde yönetilmesi için minimum toprak işleme, bitki artığı bırakma ve dengeli gübreleme gibi bütüncül yaklaşımlar uygulanmaktadır (Negiş, 2014; Keller vd. 2019; Parlak vd. 2020). Bu stratejiler, hem fiziksel hem kimyasal hem de biyolojik sorunları eş zamanlı olarak ele almakta ve hasat sonrası toprak sağlığının korunmasına önemli katkı sağlamaktadır.

Tablo 3. Türkiye, Almanya ve ABD’de Hasat Sonrası Toprakta Karşılaşılan Sorunlar ve Çözüm Örnekleri

Bölge	Karşılaşılan Sorunlar	Uygulanan Çözümler	Kaynak
Konya-Çumra, Türkiye	Toprak sıkışması, besin elementi eksikliği, organik madde kaybı	Minimum işleme, bitki artığı bırakma, dengeli gübreleme	Negiş, 2014; Parlak, 2020
Almanya	Gözenek kaybı, erozyon, mikrobiyal aktivite düşüşü	Koruyucu tarım, bitki artığını toprağa kazandırma	Keller vd. 2019; Kassam vd. 2014
ABD	Alt toprak sıkışması, organik karbon kaybı, azot eksikliği	Minimum işleme, yeşil gübre, bitki artığı yönetimi	Hamza ve Anderson, 2005

Toprakların Sürdürülebilir Kullanımı ve Farklı Kullanım Alanları

Hasat sonrası toprakların sürdürülebilir kullanımı, üretim verimliliğini korumak ve toprak sağlığını iyileştirmek için kritik öneme sahiptir. Bitki artığı yönetimi, organik madde uygulamaları ve dengeli gübreleme ile birlikte rotasyon sistemleri, şeker pancarı üretim sistemlerinin dayanıklılığını artıran temel yaklaşımlar olarak öne çıkmaktadır (FAO, 2017).

Ayrıca, hasat sonrası toprağın farklı kullanım alanlarına yönlendirilmesi mümkündür. Örneğin; organik maddece zenginleşmiş alanlar yeşil gübre, enerji üretimi veya alternatif tarım ürünleri için kullanılabilir. Bu yaklaşım hem çevresel hem de ekonomik açıdan fayda sağlamaktadır (Lal, 2004; Triberti vd. 2008).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Şeker pancarı hasadı sonrası toprakların değerlendirilmesi, fiziksel, kimyasal ve biyolojik değişimlerin anlaşılmasını ve sürdürülebilir yönetim stratejilerinin belirlenmesini gerektirmektedir. Toprak sağlığının korunması ve üretim sürdürülebilirliğinin sağlanması için düşük basınçlı veya paletli makinelerin kullanımı, bitki artığı ve organik materyal uygulamaları, minimum işleme ve koruyucu tarım, tarımsal rotasyon ve yeşil gübre uygulamaları ile erozyon kontrol önlemleri önerilmektedir. Bu yaklaşımlar, hem Türkiye’de hem de uluslararası literatürde şeker pancarı üretim sistemlerinin dayanıklılığını artıran temel yöntemler olarak öne çıkmaktadır.

KAYNAKÇA

- Draycott, A. P. (2006). Sugar Beet. Blackwell Publishing.
- FAO. (2017). Soil Management for Sustainable Agriculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Hamza, M. A. ve Anderson, W. K. (2005). Soil Compaction in Cropping Systems. *Soil and Tillage Research*, 82(2), 121–145.
- Hoffmann, C. ve Märlander, B. (2007). Sugar Beet: Cultivation, Crop Physiology, and Soil Management. Springer.
- Keller, T., Arvidsson, J., Horn, R. ve Baumgarten, A. (2019). Soil Physical Changes under Root Crops. *Agricultural Systems*, 173, 1–12.
- Kassam, A., Friedrich, T. ve Derpsch, R. (2014). Conservation Agriculture and Soil Health. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 29(2), 99–108.
- Lal, R. (2004). Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change. *Science*, 304(5677), 1623–1627.
- Negiş, D. (2014). Sugar Beet Harvesting Effects on Soil Properties in Turkey. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 38(2), 145–155.
- Panagos, P., Ballabio, C., Borrelli, P. ve Alewell, C. (2019). Soil Erosion in Europe. *Science of the Total Environment*, 626, 1194–1206.
- Parlak, E., Koç, A. ve Yıldız, B. (2020). Sugar Beet Residue Management in Turkey. *Journal of Soil Science*, 45(3), 210–222.
- Recous, S., Mary, B. ve Robin, D. (1990). Dynamics of Nitrogen and Carbon in Crop Residues. *Plant and Soil*, 128(2), 227–234.
- Sinsabaugh, R. L., Manzoni, S., Moorhead, D. L. ve Richter, A. (2013). Carbon Use Efficiency of Microbial Communities: Stoichiometry, Methodology and Modeling. *Ecology Letters*, 16(7), 930–939.
- Yılmaz, E. ve Alagöz, M. (2013). Organic and Compost Fertilization Effects on Soil Properties. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 37(4), 400–408.

TUZCUL BİR BİTKİ OLAN *SALICORNIA PERENNANS* WILD. (AMARANTHACEAE) TÜRÜNÜN ANATOMİK ÖZELLİKLERİ

Sibel ULCAY **

GİRİŞ

Amaranthaceae (Ispanakgiller) familyası, yaklaşık 180 cins ve 2.500'den fazla türü kapsayan, kozmopolit yayılışlı geniş bir bitki grubudur. Familya üyeleri özellikle kurak, tuzlu ve besince fakir ortamlarda gelişim gösterebilmeleriyle dikkat çeker (Kadereit vd., 2003). Türlerin büyük çoğunluğu otsu ve tek yıllık karakterde olmakla birlikte, bazıları çalı, nadiren de odunsu yapıdadır. Gövdeler genellikle etli ve boğumlu, yapraklar ise basit, almaşık dizilişli ve stipulsüzdür; yaprak kenarları tüm veya hafif dişlidir ve çoğu zaman tüylü bir yüzeye sahiptir (Kadereit vd., 2003).

Çiçekler genellikle küçük, iki eşeyli ya da nadiren tek eşeyli olup, sık çiçek kurulları içerisinde yer alır. Periant parçaları 1–5 adet olup serbest ya da kısmen birleşiktir. Ovaryum üst durumlu ve çoğunlukla tek ovüllü, androesyum ise 1–5 stamenlidir (Endress ve Bittrich, 1993). Tohumlar genellikle endospermlidir; embriyo düz, kıvrık veya spiral biçimde olabilir. Periantın meyveyle birlikte kalıcı olması, tohum yayılımında önemli rol oynar (Borsch vd., 2001). Polen morfolojisinde “*Amaranthus* tipi” ve “*Gomphrena* tipi” gibi ayırt edici yapılar familyaya özgü özelliklerdendir (El Ghazali, 2021).

Amaranthaceae, yaklaşık 800 tür ile C₄ fotosentez mekanizmasına sahip en zengin familyalardan biridir. Bu özellik, familya üyelerine sıcak, kurak ve tuzlu koşullarda fotosentetik verimlilik kazandırır (Sage vd., 2007). Ayrıca bu familyada, diğer Caryophyllales üyelerinden farklı olarak, betalain pigmentlerinin bulunması, onu kimyasal yönden ayırt eden önemli bir özelliktir (Brookington vd., 2011). Bu nitelikler, Amaranthaceae

** Doç. Dr. Sibel ULCAY

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Kırşehir sibel.ulcay@ahievran.edu.tr
Orcid No: 0000-0002-2878-1721

familyasını yalnızca ekolojik açıdan değil, aynı zamanda tarımsal ve endüstriyel yönden de önemli kılmaktadır. Özellikle aromatik ve tıbbi bitkiler üzerine artan ilgi, familya üyelerinin sağlık ve gıda endüstrisindeki potansiyelini ön plana çıkarmaktadır (Demir, 2013; Özdemir, 2025a; Özdemir, 2025b).

Familya içerisinde yer alan *Salicornia* cinsi, yüksek tuzluluk koşullarına uyum sağlamış halofit bitkilerin en bilinen örneklerinden biridir. *Salicornia* türleri, dünya genelinde tuzlu bataklıklar, kıyı lagünleri ve iç tuz gölleri gibi ekstrem habitatlarda yayılış göstermektedir (Kadereit vd., 2007). Yıllık yaşam döngüsüne sahip olan bu bitkiler, su depolamaya elverişli etli gövdeleri, indirgenmiş pulsu yaprakları ve küçük çiçekleriyle morfolojik olarak oldukça özgün bir yapıya sahiptir. Gövdeler silindirik, boğumlu ve fotosentetik olarak aktif olup bitkinin temel metabolik faaliyetlerinde önemli rol oynar (Wróblewska vd., (2022).

Salicornia türlerinin yüksek tuzluluk stresine karşı geliştirdikleri anatomik ve fizyolojik adaptasyonlar, onların ekstrem çevre koşullarında yaşamlarını sürdürebilmelerini sağlar. Mikroskobik incelemeler, bu türlerde palizat parankiması, çok katmanlı su depolayan korteks dokuları ve özelleşmiş iletim demetlerinin varlığını ortaya koymaktadır (Sagane vd., 2003; Cárdenas Pérez vd.,2024). Ayrıca, çevresel stresin bitki anatomisi üzerindeki etkileri son yıllarda ayrıntılı biçimde araştırılmıştır. Wróblewska vd., (2022), farklı tuzluluk koşullarında yetişen popülasyonlar arasında parankima hücre yapısı ve su depolama kapasitesi açısından anlamlı farklar bulunduğunu bildirmiştir.

Türkiye florasında beş doğal *Salicornia* türü bulunmaktadır (Davis, 1967; Ekim vd., 2000). Bu türler, başta Tuz Gölü çevresi, Konya Havzası, Harran Ovası ve Gediz Deltası olmak üzere yüksek tuzluluk içeren bölgelerde yayılış gösterir. Son yıllarda *Salicornia* türlerinin biyoyakıt üretimi, tuzlu toprakların restorasyonu ve alternatif yem ve gıda kaynağı olarak kullanım potansiyelleri, bu cinsi hem ekolojik hem de ekonomik açıdan önemli hale getirmiştir (Panth vd., 2016; Pinto vd.,2021). Bunun yanında, bu türlerin kültüre alınması ve farklı yetiştirme tekniklerinin geliştirilmesine yönelik çalışmalar, organik atıkların değerlendirilmesi ve alternatif üretim sistemlerinin uygulanabilirliği konusunda önemli bilgiler sunmaktadır (Altun, 2023; Altun, 2024; Boyacı vd., 2021).

Salicornia gibi halofitlerin yetiştirme başarısı ve genel bitkisel üretim verimliliği, toprak kalitesi ve çevresel yönetim stratejileriyle doğrudan

ilişkilidir. Çeşitli tarımsal bitkilerde olduğu gibi (*Salicornia* dahil), sıra arası ve içi mesafeler, toprak tuzluluğu ve su durumu gibi çevresel faktörlere duyarlılık, verim ve biyokütle üretimi açısından kritik öneme sahiptir (Demir, 2020a; Demir, 2020b; Demir, 2020c; Demir, 2021). Bu alandaki bilimsel çalışmalar, sürdürülebilir tarım tekniklerinin ve toprak sağlığının önemini vurgulamaktadır. Örneğin, vermikompost uygulamalarının toprak kimyası ve biyolojisi üzerindeki modifikasyonlarının, fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) gibi ticari bitkilerin toplam fenolik içeriği ve fenolojik özellikleri ile olan ilişkisi araştırılmıştır (Hepşen-Türkay, 2024). Aynı zamanda, degrade olmuş toprakların durumunun tespiti ve çevresel baskıların değerlendirilmesi amacıyla katalaz aktivitesi gibi enzimatik belirteçlerin biyolojik indikatör olarak kullanılması yönündeki araştırmalar, çevre kalitesi izleme çalışmalarına temel oluşturmaktadır (Hepşen-Türkay vd., 2024). Ayrıca, organik atıkların biyo-gübreye dönüştürülmesi sürecinde, vermikompostlama öncesi uygulanan ısı ön işlemlerinin, solucan popülasyonu dinamikleri ve kokon üretimi üzerindeki etkisi gibi optimizasyon çalışmaları da sürecin verimliliğini artırmak için hayati öneme sahiptir (Hepşen-Türkay, 2023).

Bu nedenle, *Salicornia* cinsine ait türlerin morfolojik özelliklerinin, yayılışlarının ve ekolojik toleranslarının ayrıntılı biçimde incelenmesi; hem doğal popülasyonların korunması hem de sürdürülebilir kullanım stratejilerinin geliştirilmesi açısından büyük önem taşımaktadır. Bu çalışma kapsamında, *Salicornia* cinsine ait *Salicornia perennans* Wild. (Amaranthaceae) türünün anatomik özellikleri incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmanın sonuçlarının cinse ait türlerle ilgili çalışmalara değerli bir kaynak oluşturulacağı düşünülmektedir.

Materyal ve metot

Bitki örnekleri 2024 yılında (Kırşehir-Seyfe Gölü çevresi) sınırları içerisinde doğal yayılış gösteren popülasyonlardan vejetatif gelişim döneminde toplanmıştır. Taksondan en az üç birey örneklenmiş ve sahada morfolojik teşhis için gerekli gözlemler gerçekleştirilmiştir. Teşhis anahtarları ve ilgili floralar kullanılarak tür teşhisleri yapılmış, Örnekler herbaryum standartlarına göre preslenmiş ve kurutulmuştur (Davis, 1967).

Anatomik incelemeler için taze kök, gövde ve yaprak örnekleri, %70'lik etanol içerisinde fıkse edilerek laboratuvara taşınmıştır. Kesitler kök gövde, yaprak gibi organlardan enine, yine yapraklardan yüzeyel kesitler el ile alınmıştır. Hazırlanan preparatlar, SOIF BK500-L marka

mikroskop ve AmScope FMA050 kamera sistemi ile incelenmiş ve fotoğrafları çekilmiştir.

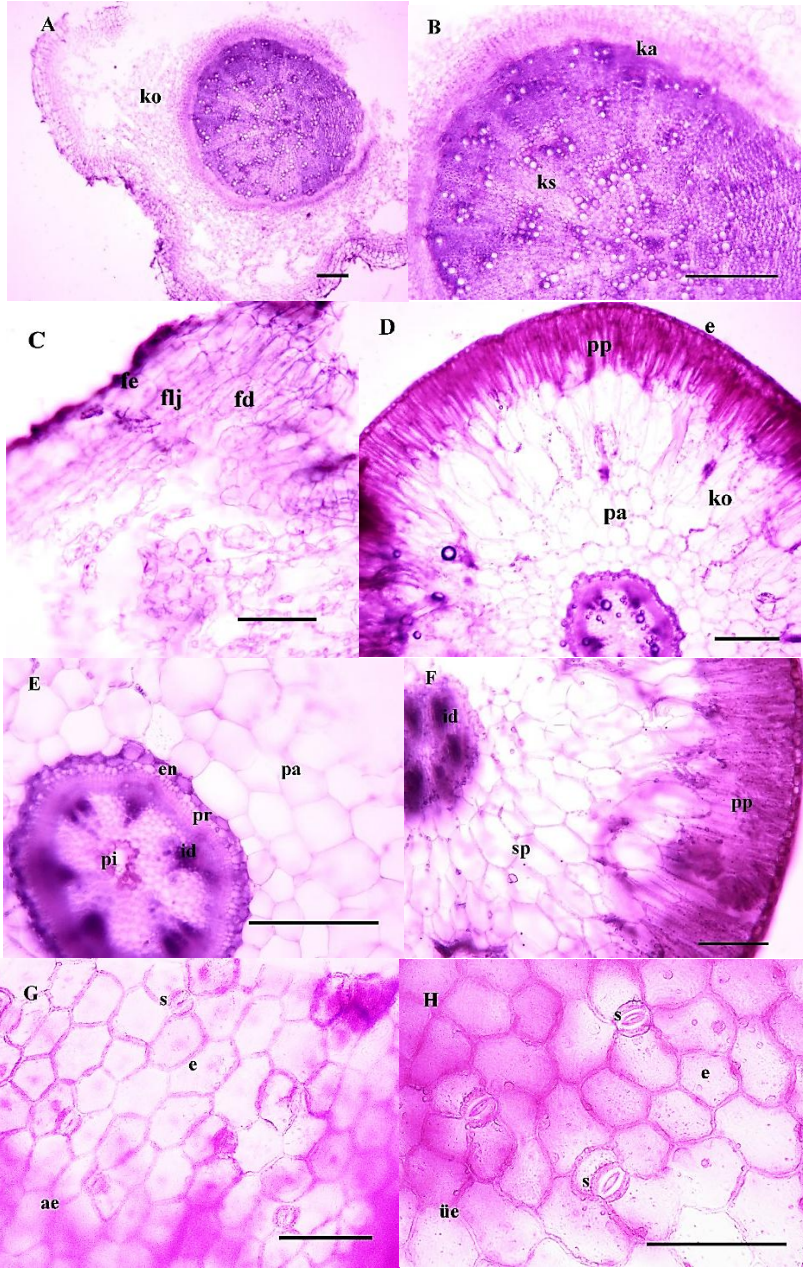
Bulgular

Kök

Türün kökünün enine kesitine göre kök sekonder yapıdadır. Peridermisin fellem felloderm ve fellojen tabakaları ayırt edilebilmektedir. Korteks bölgesi geniş olup farklı boyutlarda poligonal şekilli parankimatik hücrelerden oluşmaktadır. Parankimatik hücreleri zaman zaman parçalandığı belirlenmiştir. Merkezi silindir ksilem elemanları ile kaplıdır. Floem 8-9 tabakalı olup ksileme göre daha küçük bir alana sahiptir. Kambiyum 3-4 sıralı olup ayırt edilebilmektedir (Şekil 1).

Gövde

Türün gövde enine kesitinde en dışta epidermis hücreleri tek sıralı farklı boyutlarda, dairesel ve silindirik şekillidir. Epidermisin üzerindeki ince bir kutikula tabakası gözlenmektedir. Epidermisin altında 3-4tabaka halinde palizat parankiması hücreleri yer almaktadır. Merkezi silindire doğru olan kısımda korteks parankima hücrelerinin boyutları küçülmektedir. Korteks parankima hücreleri çok farklı boyutlarda ve poligonal şekillidir. Merkezi silindirde 4-6 adet iletim demeti vardır. İletim demetleri üzeri ve arasında sklerenkima tabakası oluşmuştur. Merkezi silindir periskl ve endodermis tabakaları ile korteksten ayrılmaktadır. Merkezi silindirin merkezinde dairesel şekilli parankimatik hücreler bulunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. A, B, C Kök Enine Kesiti, D, E Gövde Enine Kesiti, F Yaprak Enine Kesiti, G, H Yaprak Yüzeysel Kesitleri. ae alt epidermis, en endodermis, fd felloiderm, fl fellem, flj fellojen, e epidermis, ile iletim demeti, ka kambiyum, ko korteks, ks ksilem, pp palizat parankiması, pr periskl, sp sünger parankiması, stoma stoma, üe üst epidermis

Yaprak

Yaprak enine kesiti dairesel şeklindedir. Kesit kenarları hafif dalgalıdır. En dışta epidermis hücreleri dairesel veya silindirik şekillidir. 2-3 sıralı palizat parankiması epidermsin hemen altında yer almaktadır. 6-7 sıralı farklı boyutlarda silindirik şekilli parankima hücreleri merkezi silindirin etrafını sarmaktadır. Merkezi silindirde iletim demeti 5-6 adettir. Yaprak her iki yüzeyinden alınan yüzeysel kesitlerde stomaların anomositik olduğu belirlenmiştir (Şekil 1).

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada incelenen türün kök, gövde ve yaprak anatomisinde belirlenen yapısal özellikler, halofit bitkilerin tuzluluk stresine karşı geliştirdiği morfo-anatomik adaptasyonlarla yüksek düzeyde uyumluluk göstermektedir. Kök dokusunda sekonder yapı oluşumunun belirgin olması, periderm tabakalarının (fellem, fellojen, felloderm) açıkça ayırt edilebilmesi ve korteksin geniş poligonal parankima hücrelerinden meydana gelmesi, halofitlerde sıkça rapor edilen tuzlulukla ilişkili koruyucu anatomik özellikleri yansıtmaktadır. Nitekim *Salicornia brachiata* üzerinde yapılan çalışmada da sekonder yapı, geniş korteks ve iyi gelişmiş iletim sistemi, yüksek tuzluluğa uyumun önemli bir göstergesi olarak değerlendirilmiştir (Rao ve Murty, 2013). Korteks parankimasında yer yer hücre parçalanmalarının görülmesi, bazı halofitlerde aerenkima benzeri boşluklanma ile ilişkili olup (Akçin ve Yalçın 2023) tuz stresine maruz halofitlerde kortikal dokudaki parçalanma ve genişleme eğilimleriyle paralellik göstermektedir. Floemin çok sıralı, ksilemin ise baskın bir damar dokusu olarak bulunması, iyon ve su taşınımının yüksek fizyolojik maliyetine işaret etmektedir. Bu durum, tuzluluk stresine maruz halofitlerde ksilem kapasitesinin artışıyla ilişkili adaptif bir özellik olarak yorumlanmaktadır (Parida ve Jha, 2010).

Gövde anatomisinde epidermsin tek sıralı olup ince bir kutikula ile örtülmesi, hemen altında palizat parankimasının yer alması ve iletim demetlerini çevreleyen belirgin sklerenkima tabakasının bulunması, tuz stresi altında su kaybını azaltma ve mekanik dayanıklılığı artırma stratejilerinin bir yansımasıdır. Özellikle sklerenkimanın iletim demetleri üzerinde ve arasında yoğunlaşması, hem Rao ve Murty (2013) tarafından *Salicornia* türlerinde hem de Akçin ve Yalçın (2023) tarafından Türkiye halofitlerinde güçlü bir tuz toleransı göstergesi olarak bildirilmiştir. Korteks parankimasının merkezi silindire yaklaştıkça küçülmesi ise su

depolama dokularının periferde yoğunlaşmasıyla ilişkilendirilebilir. Bu doku organizasyonu, halofit gövdelerinde rapor edilen kompakt iletim demeti düzeni ve mekanik koruma karakteriyle uyumludur (Flowers ve Colmer, 2015).

Yaprak anatomisi dairesel kesit formu, çok sıralı palizat ve mezofil parankimasi ile su depolama kapasitesi yüksek sukulent yaprak morfolojisine işaret etmektedir. Halofitlerde mezofil tabakasının kalınlaşması su depolama, iyon seyreltme ve transpirasyonu azaltma açısından önemli bir adaptasyon olup bu özellik *Salicornia* türlerinde de baskın şekilde bildirilmiştir (Rao ve Murty, 2013). Anomositik stomaların her iki yüzeyde bulunması ve derine yerleşmesi, tuzluluk koşullarında transpirasyon kaybını sınırlayan tipik halofitik bir stomatal strateji olup Akçin ve Yalçın (2023) tarafından benzer şekilde değerlendirilmiştir. Bu anatomik yapılar bir bütün olarak değerlendirildiğinde incelenen türün halofit anatomisinin karakteristik bileşenleri olan su depolama, tuz izolasyonu, mekanik doku güçlenmesi ve iletim dokularının korunması yönünde belirgin adaptasyonlara sahip olduğu görülmektedir. Literatürde halofitler için vurgulanan su depolama dokusu gelişimi, ksilem baskınlığı, iletim demetlerinin sklerenkima ile desteklenmesi ve epidermal-stomatal düzen; mevcut bulgularla tamamen örtüşmektedir (Flowers ve Colmer, 2015; Parida ve Jha, 2010). Bu anatomik uyum, türün yüksek tuzlulukta yaşamını sürdürebilmesini sağlayan önemli bir yapısal temeli ortaya koymaktadır.

Bu çalışmanın bulguları, türün yakın akraba taksonlarla karşılaştırmalı anatomik olarak yeniden değerlendirilmesinin yararlı olacağını göstermektedir. Ayrıca amfistomatik yaprak yapısı, tüy yoğunluğu ve mezofil farklılaşması gibi özelliklerin türün habitat koşullarıyla ilişkisinin araştırılması, ekolojik uyum mekanizmalarının anlaşılmasına katkı sağlayacaktır. Epidermal yapıların, stoma tiplerinin ve tüy morfolojisinin SEM analizleriyle desteklenmesi ise tanısal karakterlerin daha kesin ve güvenilir biçimde ortaya konmasını sağlayacaktır.

KAYNAKÇA

- Akçin, A. ve Yalçın, E. (2023). The effect of salinity on anatomical characteristics of two halophyte species from Turkey. *Botany Letters*, 170(4), 581–590. <https://doi.org/10.1080/23818107.2023.2189936>
- Altun, B. (2023). Effects of seasons and indole-3-butyric acid doses on the propagation of some native rhododendron species by air layering technique in their natural habitats. *BioResources*, 18(3), 5209.
- Altun, B. (2024). Possibilities of using organic wastes as a growing medium in soilless culture for cut flower rose. *BioResources*, 19(1).
- Borsch, T., Hilu, K. W., Quandt, D., Wilde, V., Neinhuis, C. ve Barthlott, W. (2001). Noncoding plastid trnT–trnF sequences reveal a well resolved phylogeny of basal angiosperms. *Journal of Molecular Evolution*, 52(4), 427–436. <https://doi.org/10.1007/s002390010180>
- Boyacı, S., Altun, B., & Kazankaya, A. (2021). Kuşburnunda (*Rosa canina* L.) tohum çıkışı ve çöğür gelişimi üzerine farklı katlama ortamlarının ve sıcaklık uygulamalarının etkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(2), 330–336.
- Brockington, S. F., Walker, R. H., Glover, B. J., Soltis, P. S., & Soltis, D. E. (2011). Complex pigment evolution in the Caryophyllales: A phylogenetic analysis of betalain pigmentation. *New Phytologist*, 190(4), 854–864. <https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.2010.03692.x>
- Cárdenas Pérez, S., Morales, R., Gutiérrez, M., & Torres, C. (2024). Vascular adaptations in *Salicornia*: Response to salinity gradients. *Journal of Plant Research*, 137(2), 345–359. <https://doi.org/10.1007/s10265-024-01479-6>
- Davis, P. H. (Ed.). (1967). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburgh University Press. Vol. 2, pp. 321–324.
- Demir, İ. (2013). TR71 bölgesinde yağ tohumu yetiştiriciliği ve iklim değişikliğinin etkileri. *Türkiye Tarım-Gıda Bilimi ve Teknolojisi Dergisi*, 1, 73–78.
- Demir, İ. (2020a). Yarı kurak koşullarda ayçiçeği hibritlerinin performanslarının karşılaştırılması. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4), 1108–1115.
- Demir, İ. (2020b). Sıra içi ve sıra arası rekabetin, yağmurla beslenen koşullarda ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) bitkisinin büyüme ve verim unsurları üzerine etkileri. *JAPS: Journal of Animal and Plant Sciences*, 30(1).
- Demir, İ. (2020c). Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.)'nin farklı sıra arası ve sıra içi boşluk kombinasyonları kullanılarak tohum ve yağ veriminin artırılması. *Journal of Global Innovations in Agricultural and Social Sciences*, 8, 147–153.
- Demir, İ. (2021). Şekerlemelik ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.) çeşitlerinin ve popülasyonlarının verim ve verim bileşenleri açısından değerlendirilmesi. *Uluslararası Tarım, Çevre ve Biyolojik Araştırma Dergisi*, 6(1), 179–186.
- Hepşen-Türkay, F.Ş. (2024). Vermicompost effects on soil chemistry and biology: correlations with basil (*Ocimum basilicum* L.) total phenolic content and phenological traits. *Black Sea Journal of Agriculture*, 7 (5), 437–450. <https://doi.org/10.47115/bsagriculture.1489757>
- Hepşen-Türkay, F.Ş. (2023). Heat pre-treatment as an initial step in vermicomposting significantly influences worm population and cocoon production. *Soil Studies*, 12 (2), 102–110 <https://doi.org/10.21657/soilst.1408077>
- Hepşen-Türkay, F.Ş., Durmuş, M., ve Yakupoğlu, T. (2024). "Exploring Catalase Activity as A Biological Indicator in Degraded Soils", *Anadolu Journal of Agricultural Sciences*, 39 (2) 401–417. <https://doi.org/10.7161/omuanajas.1426932>
- Ekim, T., Koyuncu, M., Vural, M., Duman, H., Aytaç, Z., & Adıgüzel, N. (2000). Türkiye bitkileri kırmızı kitabı (Eğrelti ve tohumlu bitkiler) (Vol. 9). Türkiye Tabiatını Koruma Derneği.

- El Ghazali, G. (2021). Pollen morphology of Amaranthaceae in Sudan. *Grana*, 60(3), 178–189. <https://doi.org/10.1080/00173134.2020.1843536>
- Endress, P. K., & Bittrich, V. (1993). Caryophyllales. In K. Kubitzki, J. G. Rohwer, & V. Bittrich (Eds.), *The families and genera of vascular plants* (Vol. 2, s. 217–236). Springer.
- Flowers, T., & Colmer, T. (2015). Halophytes: interesting salt-tolerant plants and what we can learn from them. *AoB Plants*, 7, plv053. <https://doi.org/10.1093/aobpla/plv053>
- Kadereit, G., Hohmann, S., & Kadereit, J. W. (2003). Evolutionary ecology of halophytes: *Salicornia* and *Sarcocornia* – the ecophysiology of succulent, salt-tolerant plants. *Perspectives in Plant Ecology, Evolution and Systematics*, 6(3), 157–170. <https://doi.org/10.1078/1433-8319-00054>
- Kadereit, G., Mucina, L., & Freitag, H. (2007). Phylogeny of *Salicornioideae* (Chenopodiaceae): Diversification, biogeography, and evolutionary trends in leaf and flower morphology. *Taxon*, 56(4), 963–979. <https://doi.org/10.2307/25065906>
- Özdemir, N. (2025a). Menstrual sağlıkta kullanılan tıbbi bitkiler. G. Öztürk & M. Erdoğan (Eds.), *Ebelik Alanında Uluslararası Araştırmalar içinde* (s. 23–38). Eğitim Yayınevi.
- Özdemir, N. (2025b). Aile planlaması sürecinde kullanılan tıbbi ve aromatik bitkiler. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 13(1), 221–228. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v13i1.221-228.6256>
- Panth, N., Kingsly Ambrose, R. P., & Hurley, S. (2016). *Salicornia* as a potential bioenergy crop. *Biomass and Bioenergy*, 88, 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2016.02.004>
- Parida, A., & Jha, B. (2010). Physiological, biochemical and molecular mechanisms of salinity tolerance in plants: a review. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 73, 747–755.
- Pinto, D. C. G. A., Silva, A. M. S., & Lemos, M. F. L. (2021). Nutritional potential of *Salicornia*: Emerging halophyte for functional food. *Trends in Food Science & Technology*, 109, 546–556. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.01.035>
- Rao, G. N., & Murty, P. P. (2013). Morphological and anatomical features of *Salicornia brachiata* Roxb. *Journal of Biological and Chemical Research*, 30, 887–891.
- Sagane, Y., Ohtani, J., Ito, T., & Fukazawa, K. (2003). Structural and chemical features of succulent stem of *Salicornia europaea*. *IAWA Journal*, 24(2), 119–128.
- Sage, R. F., Sage, T. L., & Kocacinar, F. (2007). Photorespiration and the evolution of C4 photosynthesis. *Annual Review of Plant Biology*, 58, 709–734. <https://doi.org/10.1146/annurev.arplant.57.032905.105231>
- Wróblewska, A., Niedojadło, K., Mierek-Adamska, A., Dąbrowska, G. B., & Piernik, A. (2022). Influence of maternal salinity on anatomical and biochemical traits in *Salicornia europaea* populations. *Environmental and Experimental Botany*, 196, 104801. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2022.104801>

TÜRKİYE'DE YEM BİTKİLERİ TARIMININ GELİŞİMİ

Hakan KIR**, Mahir ÖZKURT***

GİRİŞ

Dünya üzerindeki nüfus artışı, kuraklık ve su havzalarındaki kirlenme, temiz suya olan talebi kritik bir seviyeye yükseltirken; buna paralel olarak, tarıma açılacak arazilerin tükenmesi ve artan şehirleşme kaba yem üretim alanlarını daraltmıştır. Bu durum doğrudan hayvansal ürün fiyatlarının artmasına neden olurken, küresel iklim değişikliği bağlı olarak yağışlı gün sayılarındaki düşüşler ve toplam yağış miktarının azalması çayır ve mera gibi doğal kaynakları olumsuz etkilenmesine sebep olmuştur. Tüm dünyada olduğu gibi, Türkiye'de de hayvanların temel kaba yem ihtiyacının büyük bir bölümü çayır ve meralardan sağlanmaktadır. Ancak bu doğal kaynakların aşırı ve bilinçsiz otlatılması sonucu ciddi sorunlar ortaya çıkmıştır. Çayır ve meralardaki verim ve kalite düşerek, elde edilen yemin miktarı ve besin değeri azalmış, aynı zamanda bitki örtüsünün tahrip olması nedeniyle de bu alanlar erozyona karşı savunmasız hale gelmiştir (Altın et al., 2011). Tarla tarımı içerisinde yetiştirilen yem bitkileri, sürekli ve güvenli kaba yem üretimini sağlamanın en önemli ve güvenilir yoludur (Sabancı, 2013). Yem bitkileri tarımı, hayvancılık işletmeleri açısından merkezi ve kritik bir role sahiptir; çünkü hayvansal üretimin uzun vadeli güvencesi (sigortası) konumunda olup, sürdürülebilir ve güvenli kaliteli kaba yem tedarikinin temelini oluşturur. Hayvansal üretimde maliyetlerin yaklaşık %70'ini yem giderlerinin oluşturduğu halihazırda herkes tarafından kabul edilen bir gerçektir. Bu durum, sektörde kârlılığı artırmanın ve sürdürülebilirliği sağlamanın yolunun öncelikle yem maliyetlerini düşürmekten geçtiğini göstermektedir (Alçıçek et al., 2010; Bıçakçı & Açıkbay, 2018; Kuşvuran et al., 2011; Turan et al., 2015).

Türkiye genelindeki çayır meralarının bugün içinde bulunduğu yetersiz durum, bu maliyetlerin doğal yoldan düşürülmesini engellemekte; bu da hayvancılığımızı ve dolayısıyla gelişmekte olan ülke ekonomisini olumsuz

** Doç. Dr., Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Kırşehir, hakankir@ahievran.edu.tr., ORCID: orcid.org/0000-0002-3124-0491

*** Doç. Dr., Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Bitkisel Üretim ve Teknolojileri Bölümü, Muş, m.ozkurt@alparslan.edu.tr., ORCID: orcid.org/0000-0003-0058-3026

etkilemektedir. Mevcut meraların yetersizliği karşısında, olumsuzlukları gidermenin tek ve en önemli yolu, tarla tarımı alanları içindeki yem bitkileri ekim alanlarının genişletilmesi ile sağlanabilir (Özkurt & Çınar, 2020). Nitekim Türkiye’de yem bitkileri yetiştiriciliğinin yaygınlaştırılması amacıyla, 2000 yılında yayınlanan 2000/467 Sayılı Hayvancılığın Desteklenmesi Hakkında Bakanlar Kurulu Kararı Uygulama Esasları Tebliği (2000/22) gereğince yem bitkileri ilk defa destekleme kapsamına alınmıştır. Destekler neticesinde tarla tarımı içindeki yem bitkilerinin payı 2000’li yılların başında % 1.6, 2010 yılında % 8.2, ve 2019 yılında ise % 13’lere ulaşmıştır. Bu çalışmanın amacı, TÜİK verilerine dayanarak yem bitkileri ekim alanlarındaki yıllık değişimleri ve artışı incelemek; ayrıca desteklemelerin üretim deseni üzerindeki etkisini güncel verilerle ortaya koymaktır.

Türkiye Arazi Varlığındaki Yıllara Göre Değişimler ve Destekleme Politikalarının Nadas Alanlarına Etkisi

Türkiye'nin yaklaşık 78 milyon hektar olan toplam yüzölçümünün neredeyse yarısı (38.64 milyon hektar) tarım arazisi niteliğindedir (Anonim, 2025a). Toplam tarım arazisi varlığı 2001 yılında 40.9 milyon hektar seviyesindeyken; köyden şehre göçün hızlanması, sanayileşme ve tarım arazilerinin amaç dışı kullanımı gibi nedenlerle 2019 yılına gelindiğinde yaklaşık 3 milyon hektar kayıpla 37.7 milyon hektara gerilemiştir. Ancak 2020 yılında başlayan pandemi süreci, gıda güvenliğinin önemi konusunda toplumsal farkındalığı artırmış; Tarım ve Orman Bakanlığı’nın atıl ve işlenmeyen arazilerin üretime kazandırılmasına yönelik başarılı politikaları sayesinde toplam tarım arazisi varlığı yeniden 38.6 milyon hektar seviyesine ulaşmıştır (Anonim, 2025a). Buna ek olarak, pandemi ve sonrasındaki ekonomik/sosyal güçlükler ile sanayide otomasyonun artması, demografik hareketliliğin yönünü değiştirerek 'tersine göç' olgusunu gündeme getirmiştir. Tüm bu gelişmeler, gıda arzının ve gıda üretiminin temel kaynağı olan tarım arazilerinin stratejik değerini bir kez daha ortaya koymuştur.

Tablo 1. Tarım Alanlarının Dağılımı ve Yem Bitkileri Ekim Alanı*

Yıl	Toplam Tarım Arazisi	Bitkisel Üretim İçin Ekilen Alan	Nadas	Çayır ve Mera Arazisi	Tahıl ve Diğer Bitkisel Ürün Alanı (A)	Yem Bitkileri Ekim Alanı (B)	Oran (A/B)
2001	40.967	17.917	4.914	14.617	22.831	358	1.57
2002	41.196	17.935	5.040	14.617	22.975	362	1.58
2003	40.644	17.408	4.991	14.617	22.399	401	1.79
2004	41.210	17.962	4.956	14.617	22.918	809	3.53
2005	41.223	18.005	4.876	14.617	22.881	942	4.12
2006	40.493	17.440	4.691	14.617	22.131	1.216	5.49
2007	39.504	16.945	4.219	14.617	21.164	1.601	7.56
2008	39.122	16.460	4.259	14.617	20.719	1.589	7.67
2009	38.912	16.217	4.323	14.617	20.540	1.484	7.22
2010	39.011	16.333	4.249	14.617	20.582	1.461	7.10
2011	38.231	15.692	4.017	14.617	19.709	1.510	7.66
2012	38.399	15.463	4.286	14.617	19.749	1.956	9.90
2013	38.423	15.613	4.148	14.617	19.761	1.875	9.49
2014	38.558	15.782	4.108	14.617	19.890	1.884	9.47
2015	38.551	15.723	4.114	14.617	19.837	1.863	9.39
2016	38.328	15.575	3.998	14.617	19.573	1.867	9.54
2017	37.964	15.498	3.697	14.617	19.195	1.955	10.18
2018	37.797	15.421	3.513	14.617	18.934	1.999	10.56
2019	37.716	15.398	3.387	14.617	18.785	2.097	11.16
2020	37.762	15.628	3.173	14.617	18.801	2.269	12.07
2021	38.089	16.062	3.059	14.617	19.121	2.480	12.97
2022	38.501	16.529	2.960	14.617	19.489	2.752	14.12
2023	38.588	16.745	2.814	14.617	19.559	2.720	13.91
2024	38.640	16.822	2.655	14.617	19.477	2.699	13.86

*Bin Hektar

Tablo 1 incelendiğinde, 2001-2024 yılları arasında nadas alanlarında belirgin bir düşüş eğilimi göze çarpmaktadır. Bilindiği üzere nadas; özellikle kuru tarım alanlarında, toprakta su biriktirmek amacıyla arazinin bir veya daha fazla üretim sezonu boyunca ekilmeden boş bırakılması işlemidir. Tarım ve Orman Bakanlığı'nın yürüttüğü 'Nadas Alanlarının Daraltılması Projesi' kapsamındaki destekler, bakanlık ve üniversitelerin münavebe (ekim nöbeti) konusundaki eğitim çalışmaları ve baklagil yem bitkilerinin toprak verimliliği açısından öneminin anlaşılması sonucunda nadas alanları ciddi oranda azalmıştır. Nitekim 2001 yılında 4.9 milyon hektar olan nadas alanları, %46'lık bir azalma ile 2.65 milyon hektara gerilemiştir (Anonim, 2025a, 2025b). Nadas alanlarındaki bu gerileme, tarım arazilerinin artık daha yoğun ve verimli kullanıldığının net bir

göstergesidir. Boş bırakılan bu alanların, hayvansal üretimde büyük bir ihtiyaç olan ve kaliteli kaba yem kaynağını oluşturan yem bitkileri yetiştiriciliğine kaydırılması, ülkedeki kaba yem açığının kapatılması konusunda hayati bir öneme sahiptir.

Türkiye'de Yem Bitkileri Ekim Alanları ve Üretim Miktarlarının Mevcut Durumu

Türkiye genelinde tarla tarımı kapsamında yem bitkileri üretimi incelendiğinde, çayır otu (karışımlar veya yapay mera alanları) 678.250 hektarlık ekim alanında yaklaşık 7 milyon ton yeşil ot üretimi gerçekleştirmektedir. (Anonim, 2025b, 2025c). Ekim alanı büyüklüğü ve üretim hacmi bakımından diğer yem bitkileri ise; yonca 560.748 hektar alanda 17.3 milyon ton yeşil ot, silajlık mısır ise yaklaşık 500 bin hektar alanda 27 milyon tonluk üretimle ilk sıralarda yer almaktadır. Yulaf ise 362.438 hektar alanda 4,8 milyon ton yeşil ot sağlamaktadır. Fiğ 245.267 hektar alanda 3.26 milyon ton, korunga ise 124.154 hektar alanda 1.5 milyon ton üretim potansiyeli oluşturmaktadır (Anonim, 2025c). Birim alandan alınan verim açısından dikkat çeken İtalyan çimi, 53.282 hektar gibi nispeten küçük bir alanda ekilmesine rağmen 2.07 milyon tonluk üretimiyle yüksek verimlilik sergilemektedir. Tritikale 66.026 hektar alanda 1.27 milyon ton, hasıl arpa 36.340 hektar alanda 570 bin ton, buğday 16.038 hektar alanda 349 bin ton ve çavdar 11.522 hektar alanda 163 bin ton yeşil ot üretimine katkı sunmaktadır. Alternatif ve daha az ekim alanına sahip ürün grubunda ise; yem bezelyesi (22.902 ha) 435 bin ton ve yem şalgamı (4.364 ha) 214 bin ton üretimle yer almaktadır. Kuraklığa dayanıklılığı ve mısıra alternatif olmasıyla bilinen sorgum 3.834 hektar alanda 165 bin ton, sudan otu ise 227 hektar alanda yaklaşık 9 bin ton ürün vermiştir. Diğer yem bitkileri 3.382 hektar alandan 62.118 ton, mürdümük 3.072 hektar alandan 21.046 ton ve burçak 1.279 hektar alandan 9.578 ton üretim sağlamıştır. Ayrıca hayvan pancarı 795 hektar alandan 38.097 ton verim sağlarken, üçgül ise 4 hektar gibi alandan 61 ton yeşil ot üretimi ile sağlamıştır (Anonim, 2025c).

Tablo 2. Yem Bitkileri ekim alanları ve üretimleri

Ürün Adı	Ekilen Alan (Hektar)	Üretim (ton)	
		Yeşil Ot	Silaj
Mısır	504.620	83.411	27.174.901
Çayır Otu	678.250	6.949.544	
Yonca	560.748	17.344.110	
Yulaf	362.438	4.780.110	
Fiğ	245.267	3.262.338	
Korunga	124.154	1.468.830	
Tritikale	66.026	1.273.975	
İtalyan Çimi	53.282	2.074.269	
Arpa	36.340	570.438	
Yem Bezelyesi	22.902	435.107	
Buğday	16.038	349.285	
Çavdar	11.522	163.110	
Yem Şalgamı	4.364	214.410	
Sorgum	3.834	165.043	
Diğer Yem Bitkileri	3.382	62.118	
Mürdümük	3.072	21.046	
Burçak	1.279	9.578	
Hayvan Pancarı	795	38.097	
Sudan Otu	227	9.128	
Üçgül	4	61	

Yem bitkileri, 1990 yılında yaklaşık 294.748 hektar alandan, 2.8 milyon ton yeşil ot, 2003 yılında ise 401.400 milyon hektar alandan, 3.6 milyon ton yeşil ot üretilmiştir (Anonim, 2025c). 1990-2003 yılları arasında yem bitkilerinin hektar verimleri 0.8-1.0 ton/ha arasında değişim göstermiştir. 2000 yılından sonra başlayan yem bitkileri teşviklerin artarak devam etmesi, çiftçilerin tarımsal teknikleri değişmelerini beraberinde getirmiştir. Bu gelişmeler ışığında verimler 1.245 ton/ha yükselmiştir. 2010 yılında sonra sulu alanlarda yoncanın ekim alanının genişlemesi, silajlık mısırın ekim alanının artması ve yüksek verimli çeşitlerin kullanılmaya başlaması ile birlikte yem bitkilerinin verimi 2.058 ton/ha yükselmiştir. 2010 yılında yaklaşık 1.5 milyon hektarlık alandan 30 milyon ton yeşil ot elde edilmiştir. 2020 yılında 2.2 milyon hektar alandan, 60.4 milyon ton yeşil ot, 2024 yılında 2.0 milyon hektar alandan, 59.4 milyon ton yeşil ot el edilmiştir. 2011-2024 sürecinde ekim alanların bir miktar düşüş olmasına rağmen, hektar başına düşen verim sürekli artış göstermiş, özellikle tarla tarımı içerisinde sulamalı olarak yetiştirilen silajlık mısır ve yonca gibi ürünlerin ekim alanları artmış, çiftçiler özellikle yüksek verimli çeşitler kullanmaya başlamışlar, bunun yanında damla sulama, gübreleme, silaj

ekipmanları gibi modern tarım aletleri ve modern teknikler sayesinde verim 2011 yılında 2.1 ton/ha iken 2024 yılında bu 2.945 ton/ha ulaşmış (Anonim, 2025b, 2025c). Birim alandan elde edilen kaliteli yeşil ot miktarı artmış, 60 milyon ton kaliteli yeşil ot elde edilmiştir (Tablo 3).

Yem Bitkileri Üretiminde Teşvik Sistemlerinin Ekim Alanlarına Yansıması

Hayvancılık işletmelerinin toplam giderlerinin yaklaşık %70'ini oluşturan yem maliyetlerini düşürmek ve kaliteli kaba yem açığını gidermek amacıyla, 2000 yılında yürürlüğe giren 2000/467 sayılı Bakanlar Kurulu Kararı ve ilgili tebliğ (2000/22) ile yeni bir destekleme süreci başlatılmıştır. Bu düzenleme ile yonca, korunga, fiğ ve silajlık mısır gibi stratejik öneme sahip yem bitkileri, dekar bazlı ödeme sistemiyle teşvik kapsamına alınmıştır. Takip eden süreçte, 2005 yılındaki düzenlemelerle destekleme yelpazesi genişletilmiş; tek ve çok yıllık yem bitkileri için ayrıştırılmış destek modelleri hayata geçirilmiştir. 2024 yılında ise tarımsal stratejide önemli bir değişikliğe gidilerek 'planlı üretim' modeline geçilmiş ve bu yeni sistem çerçevesinde üreticilere sağlanan destek tutarlarının artırılması hedeflenmiştir.

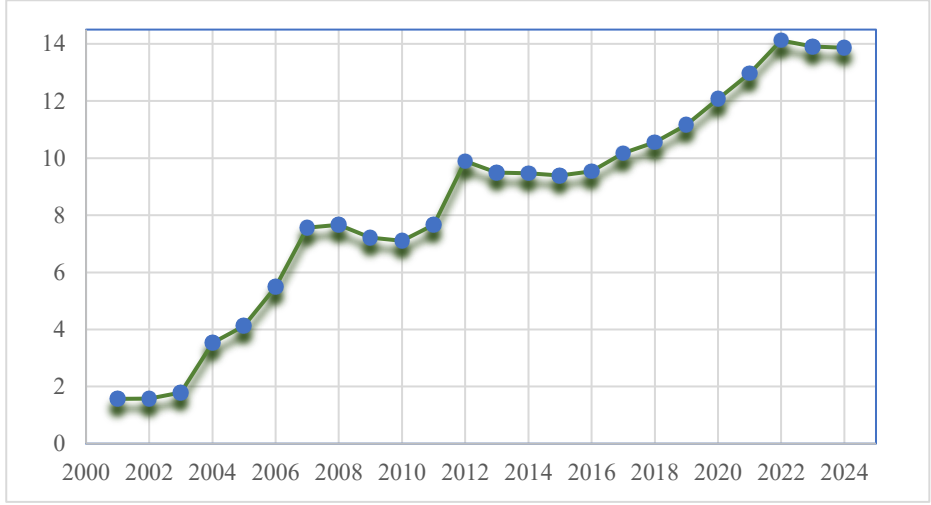
Şekil 1 göre tarla tarımı alanları içerisinde yem bitkileri ekiliş alanlarının payı, 2001 yılında %1.57 seviyesindeyken, 2002 yılında %1.58 ve 2003 yılında %1.79 olarak gerçekleşmiştir. Teşviklerin etkisiyle 2004 yılında %3.53'e yükselen bu oran, artış trendini sürdürerek 2005'te %4.12, 2006'da %5.49 ve 2007 yılında %7.56 seviyesine ulaşmıştır. Nitekim 2004 yılından sonra % 1.7'da % 3.53'lere yaklaşık iki katı oranında bir artış gerçekleşmiştir. Özellikle 2000 yıllarda başlayan teşvik sistemi 2004 yılından sonra etkisi hissettirmeye başlamıştır. Takip eden süreçte 2008 yılında %7.67 olan pay, 2009'da %7.22 ve 2010'da %7.10'a gerilemiş, 2011'de ise %7.66 olmuştur. 2008-2011 yılları arasında % 7'lerde seyreden yem bitkileri oranları 2012 yılında %7.66'da %9.9 kadar yükselmiştir. 2013-2016 yılları arasında %9 oranında seyretmiştir (2013'te %9.49, 2014'te %9.47, 2015'te %9.39 ve 2016'da %9.54). 2017 yılından sonra tarla tarımı içinde yem bitkileri ekiliş oranı %10'luk barajı aşarak 2017 yılında %10.18, 2018'de %10.56, 2019'da %11.16, 2020'de %12.07, 2021'de %12.97 ve 2022 yılında tarihi ise en yüksek oran olan %14.12'ye ulaşmıştır. 2023 yılında üreticilerin farklı ürünlere yönelmesi ile 2023 yılında %13.91 ve 2024 yılında %13.86 seviyesine gerilemiştir. Şekil 1

göre 2024 yılı verilerine göre, toplam tarla tarımı arazileri içerisinde yem bitkileri ekim alanlarının oranı %13.86 olarak gerçekleşmiştir.

Tablo 3. Türkiye’de Yıllara Göre Tarla Tarımı içerisinde Yem Bitkileri Ekim Alanı ve Üretim Miktarları

YIL	Ekim alanı (ha)	Üretim (ton)*
1990	294.748	2.760.493
1991	259.247	2.483.558
1992	281.153	2.439.008
1993	296.238	2.424.648
1994	276.885	2.404.030
1995	305.263	3.128.250
1996	315.655	3.281.080
1997	302.500	3.113.984
1998	325.600	3.079.150
1999	342.668	2.882.720
2000	361.400	3.242.360
2001	357.650	3.313.255
2002	362.300	3.454.950
2003	401.400	3.586.400
2004	808.940	10.073.601
2005	942.410	11.328.016
2006	1.215.933	13.634.379
2007	1.601.022	13.973.516
2008	1.588.746	14.946.727
2009	1.483.527	14.513.530
2010	1.461.454	30.073.909
2011	1.510.344	31.804.500
2012	1.956.455	34.416.503
2013	1.875.271	38.912.277
2014	1.884.471	40.246.496
2015	1.862.758	42.035.501
2016	1.867.202	45.665.908
2017	1.954.597	49.725.909
2018	1.999.260	52.256.118
2019	2.097.381	55.518.619
2020	2.224.027	60.404.814
2021	2.307.309	59.927.171
2022	2.256.426	63.355.481
2023	2.126.042	62.412.401
2024	2.020.301	59.499.365

*Silajlık mısır üretimi, üretime dahildir.



Şekil 1. Tarla Tarım Alanları içinde Yem Bitkileri Ekiliş Alanlarının Payı (%) ((Tahıl ve Diğer Bitkisel Ürün Alanı /Yem Bitkileri Ekim Alanı (B) oranı)

SONUÇ VE ÖNERİLER

Türkiye’deki yaklaşık 70 milyon baş hayvan varlığının beslenmesi için yıllık 76.2 milyon ton kaliteli kaba yeme ihtiyaç (kuru ot) duyulmaktadır. 9.6 milyon ton silajlık mısırdan, 8.4 milyon ton yem bitkilerinden, 13.6 milyon ton meralar ile toplamda 31.6 ton kaliteli kuru ot elde edilmektedir. Mevcut üretim ihtiyacı karşılamada yetersiz kalmakta ve ülke genelinde 44.6 milyon tonluk kaliteli kaba yem açığı bulunmaktadır (Kır, 2024). Kaliteli kaba yem ihtiyacının karşılanması, hayvancılık sektörünün temel gerekliliklerindendir. Gelişmiş ülkelerde, tarımsal arazilerin önemli bir bölümünün yem bitkisi üretimine ayrıldığı gözlemlenmektedir. Örneğin, bu oran Avustralya’da yaklaşık %50’ye, Almanya’da %36.5’e ve Hollanda’da %31.4’e ulaşmıştır. İtalya, Danimarka, Fransa ve İngiltere gibi diğer gelişmiş ülkelerde de bu oranın %25 civarında olduğu görülmektedir. Türkiye’de, Tarım Bakanlığı’nın 25 yıllık teşvik ve destekleme politikaları sayesinde yem bitkileri yetiştiriciliği önemli bir ivme kazanmıştır. Bu destekler sonucunda, toplam tarla tarımı içindeki yem bitkilerinin oranı yaklaşık 9 katlık bir artış göstererek %1.57’den %13.86 seviyesine yükselmiştir. Ancak sektörün sürdürülebilirliği ve kaba yem açığının tamamen kapatılabilmesi için atılması gereken önemli adımlar bulunmaktadır. Tarla tarımı içerisindeki yem bitkisi üretiminin, daha yüksek gelir sağlayan endüstriyel bitkilerle ekonomik olarak rekabet edebilir bir seviyeye getirilerek; yem bitkilerinin tarla tarımı içinde yaygın biçimde yetiştirilmesi yanında, çiftçilerin bu bitkileri münavebe

sistemlerinde kullanmalarının sağlanması gereklidir. Ayrıca birim alandan yüksek verim elde edilebilmesi için bölgeye uygun yem bitkisi çeşitlerinin seçilmesi büyük önem taşımaktadır. Sulamanın yağmur suyuna bağlı olduğu alanlarda fiğ, yem bezelyesi gibi tek yıllık yem bitkilerinin tahıllarla karışım halinde ekilmesi; su kaynaklarının giderek azaldığı günümüzde ise mısır yerine suyu daha etkin kullanan sorgum gibi alternatif bitkilerin tercih edilmesi gerekmektedir. Çiftçilere özellikle baklagil yem bitkilerinin toprağa sağladığı fiziksel ve kimyasal faydalar anlatılarak, yem bitkileri yetiştirme kültürünün geliştirilmesi desteklenmelidir. Orta ve büyük ölçekli hayvancılık işletmelerinde, işletmelerin kendi kaliteli kaba yemlerini üretme zorunluluğunun yaygınlaştırılması büyük önem taşımaktadır. Hayvansal üretim maliyetlerinde yem giderlerinin belirleyici rolü dikkate alındığında, mevcut destekleme mekanizmalarının güçlendirilerek ve çeşitlendirilerek sürdürülmesi zorunludur.

KAYNAKÇA

- Alçıçek, A., Kılıç, A., Ayhan, V., ve Özdoğan, M. (2010). *Türkiye’de kaba yem üretimi ve sorunları*. Türkiye Ziraat Mühendisliği VII. Teknik Kongresi, 11-15 Ocak, Ankara, 2010.
- Altın, M., Gökkuş, A., ve Koç, A. (2011). *Çayır Mera Yönetimi 1. Cilt I. Cilt (Genel İlkeler)*.
- Anonim. (2025a). Tarım Alanları, Türkiye İstatistik Kurumu, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111> (20.08.2025).
- Anonim. (2025b). Yem Bitkileri, Türkiye İstatistik Kurumu, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=Tarim-111> (12.10.2025).
- <https://biruni.tuik.gov.tr> (Erişim tarihi: 22.03.2020).
- Anonim. (2025c). Bitkisle Üretim İstatistikleri, Türkiye İstatistik Kurumu, <https://biruni.tuik.gov.tr/medas/?kn=104&locale=tr> (25.10.2025).
- Bıçakçı, E., ve Açıkbaş, S. (2018). Bitlis İlindeki Kaba Yem Üretim Potansiyelinin Hayvan Varlığına Göre Yeterliliğinin Belirlenmesi. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 7(1), 180–185.
- Kır, H. (2024). Türkiye’de Kaba Yem Üretimi ve İhtiyaç Analizi: TR71 Bölgesi Örneği. In H. Ögütçü & Y. E. Karaman (Eds.), *Fen Bilimleri, Ziraat ve Mühendislik Alanlarındaki Bilimsel Araştırmalar* (pp. 206–229).
- Kuşvuran, A., Nazlı, İ., R., & Tansı, V. (2011). Türkiye’de ve Batı Karadeniz Bölgesi’nde Çayır-Mera Alanları, Hayvan Varlığı ve Yem Bitkileri Tarımının Bugünkü Durumu. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2011(2), 21–32.
- Özkurt, M., & Çınar, S. (2020). Türkiye, Doğu Anadolu Bölgesi ve Muş İlinde Çayır Mera Yem Bitkileri ve Hayvancılığın Bugünkü Durumu. *Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology*, 8(10), 2191–2201. <https://doi.org/10.24925/turjaf.v8i10.2191-2201.3656>
- Sabancı, C., O. (2013). Buğdaygil Yem Bitkileri. Ahi Evran Üni. Ziraat Fak. Yay. No. 4. Ders Notları. 3. Kırşehir. 257 s. Giriş Copy Center, Seyhan, Adana. (ISBN: 978-605-63541-2-0).
- Turan, N., Özyazıcı, M., A., & Tantein, G., Y. (2015). Siirt ilinde çayır mera alanlarından ve yem bitkilerinden elde edilen kaba yem üretim potansiyeli. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 2(1), 69–75.