





## Determination of Some Trace Element Content of Gum tragacanth (*Astragalus gummifer* Labill.) Growing Near Mining Sites



Hazel GÖKDERE<sup>1</sup>, Çağrı ŞAHİN<sup>2</sup>, Sinan ERDEM<sup>3</sup>, Zeynep ASUTAY<sup>4</sup>, Ayşe ARIGTEKİN<sup>5</sup>


<sup>1,2,5</sup>Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Bingöl, Türkiye,

<sup>3</sup>Bingöl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Zootečni Anabilim Dalı, Bingöl, Türkiye,

<sup>4</sup>Bitlis Üniversitesi, Hizan Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Bitlis, Türkiye

<sup>1</sup> <https://orcid.org/0009-0008-6633-5192>, <sup>2</sup> <https://orcid.org/0009-0008-9661-9030>,

<sup>3</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5342-6302>, <sup>4</sup> <https://orcid.org/0000-0002-5854-1040>

<sup>5</sup> <https://orcid.org/0009-0006-7189-1500>

<sup>1</sup>hazel.gkdere@gmail.com, <sup>2</sup>cagrisahin23@yaani.com, <sup>3</sup>sinanerdem012@gmail.com, <sup>4</sup>zasutay@beu.edu.tr, <sup>5</sup>arigtekinayse@gmail.com

**Geliş Tarihi: 09.07.2025 Düzeltme Geliş Tarihi: 21.08.2025 Kabul Tarihi: 27.08.2025**

### ABSTRACT

The mining sector contributes significantly to the country's economy, but the processes involved in mining, from extraction to operation, can have various effects on soil and plant populations. Among these effects are changes in soil element concentrations, particularly increases in heavy metals, and corresponding changes in the element content of plants naturally occurring in the region. In this study, the plant *Astragalus gummifer* Labill. was collected, and the trace element contents of aluminum (Al), cobalt (Co), chromium (Cr), copper (Cu), iron (Fe), nickel (Ni), manganese (Mn), and zinc (Zn) in the root, stem, and leaf parts of the plant were determined. The concentrations of Al and Mn between plant organs were found to be statistically very significant ( $p < 0.01$ ), while the concentrations of Co, Cr, Cu, and Fe were significant ( $p < 0.05$ ), and the concentrations of Ni and Zn were insignificant. *Astragalus gummifer* Labill accumulated the highest amounts of Al, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, and Zn in its stems, while Mn accumulated in its leaves; stem > leaf > root. Additionally, the Translocation Factor (TF) values for the examined elements were calculated. For all elements examined in *Astragalus gummifer* (Al, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Mn, and Zn), TF values were calculated to be >1. The gum tree accumulates heavy metals in its above-ground organs rather than in its roots, which has revealed its potential for use in phytoremediation.

**Keywords:** Mining, *Astragalus*, heavy metal, accumulation

---

## Maden Sahası Yakınlarında Gelişen Sakız Geveni Bitkisinin (*Astragalus gummifer* Labill. )

### Bazı İz Element İçeriklerinin Belirlenmesi

---

#### ÖZ

Madencilik sektörü ülke ekonomisine büyük katkılar sunmakla birlikte madenlerin çıkarılmasından işletilmesine kadar olan süreçler toprak ve bitki popülasyonlarında değişik etkilere neden olabilmektedir. Bu etkiler içerisinde toprakların element konsantrasyonlarındaki değişimler ve özellikle ağır metallerin artışı ve bu durumun yansımaları olarak bölgede doğal olarak yayılış gösteren bitkilerin element içeriklerindeki değişimler sayılabilmektedir. Bu çalışmada Bingöl ili Genç ilçesinde yer alan demir madeni işletmesinin yakınlarında doğal olarak yayılış gösteren sakız geveni (*Astragalus gummifer* Labill.) bitkisi toplanarak bazı iz element alüminyum (Al), kobalt (Co), krom (Cr), bakır (Cu), demir (Fe), nikel (Ni), mangan, (Mn) ve çinko, (Zn) içerikleri bitkinin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenmesi amaçlanmıştır. Bitki organları arasındaki Al ve Mn konsantrasyonları istatistiksel olarak çok önemli ( $p<0.01$ ), Co, Cr, Cu ve Fe konsantrasyonları önemli ( $p<0.05$ ), Ni ve Zn konsantrasyonları ise önemsiz bulunmuştur. Sakız geveni (*Astragalus gummifer* Labill) en fazla Al, Co, Cr, Cu, Fe, Ni ve Zn gövdelerinde, Mn ise yapraklarında birikmiştir; gövde>yaprak>kök. Ayrıca bitkinin incelenen elementler açısından Translokasyon Faktörü (TF) değerleri hesaplanmıştır. *Astragalus gummifer* bitkisinde incelenen tüm elementler için (Al, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Mn ve Zn) TF değerleri >1 olarak hesaplanmıştır. Sakız geveni bitkisi ağır metalleri köklerinde akümüle etmek yerine toprak üstü organlarına taşımıştır ve buda bitkinin fitoremediasyonda kullanılma açısından değerlendirilme potansiyelini ortaya çıkarmıştır.

**Anahtar kelimeler:** Maden, *Astragalus*, ağır metal, akümülyasyon

---

#### GİRİŞ

*Astragalus* cinsi, *Fabaceae* familyasına ait 3000 çeşit içeren otsu, çalimsı tek veya çok yıllık bitkilerdir (Dinç ve ark., 2013; Erkul ve Aytaç, 2013). *Astragalus gummifer* Labill. Dünya genelinde olmak üzere çoğunlukla Kuzey Amerika, Asya ve Avrupa'da yayılış göstermektedir. Türkiye'de ise 463 *Astragalus* türü bulunmakta, bu türlerin ise %41'i (210 tür) endemik olarak yetişmektedir (Muhittin ve ark., 2013). *Astragalus* türünün birçok kullanım alanı vardır. Eğimli alanlarda biyoçeşitliliği sürdürmekte, toprağı korumakta ve arıcılıkta aromasından yararlanılmaktadır (Kadioğlu ve ark., 2008). Bazı türleri ise gösterişli ve dikensiz çiçekleri süs bitkisi olarak ve hayvan yemi amacıyla kullanılmakta olup yaygın ve uzun kök sistemleri ile erozyonu önleyen türleri bulunmaktadır (Kaçmaz, 2007). Sakız geveni adı verilen *Astragalus gummifer* Türkiye, Kafkasya, Afganistan ve İran bölgelerinde yaygın bir şekilde bulunarak boya, dokuma sanayi ve eczacılıkta kullanılmaktadır (Khan ve Abourashed, 2010). *Astragalus* bitkisi türleri sağlık ve gıda gereksinimlerinin yanı sıra dünya genelinde kitre sakızı üretmek amacıyla da yaygın olarak kullanılmaktadır (Amiri ve ark., 2020). Kitre sakızının üretildiğı *Astragalus* türlerinden bir tanesi ise *Astragalus gummifer* Labill. bitkisidir (Karimi ve ark., 2016). *Astragalus gummifer* bitkisi çalları toprak dengesi, toprak verimliliğı ve hayvanlar açısından kritik bir öneme sahiptir. Yaprakları ve kökleri aracılığı ile toprağı zengin miktarda organik madde kazandırır. Bunun yanı sıra toprağın fiziksel, biyolojik ve kimyasal dengesini de iyileştirme görevi görmektedir (Parlak ve ark., 2012). Geven türleri, tipik olarak ağaçlardan yoksun ve kurak alanlarda, 3-5 metre derinliğe ulaşabilmektedir (Kadioğlu ve ark., 2008; Kaçmaz, 2007). Doğal alanlarda bulunan *Astragalus* çeşitleri, evcil ve yabani hayvanlar için besin kaynağı sağlarken, yabani hayvanların barınmasına da olanak tanır (Başbağ ve ark., 2017). Özellikle çalı ve yarı çalı şekline sahip olan *Astragalus* türleri, bahar ve yaz dönemlerinde meralarda otlatılma yapıldığı sırada dikenli yapıları sayesinde çevredeki bazı yabancı otları koruma işlevi görürler. Sonbaharda yağmur yağdığında dikenlerin yumuşaması ve kurumuş otların

nenmesi sonucunda, meradaki ot miktarının azalmasıyla birlikte ihtiyaç duyulan kaba yem bu kurumuş otlardan sağlanır (Çaçan ve ark., 2023). Sakız geveni Bingöl ili Genç ilçesinde yer alan demir madeni işletmesinin yakınlarında doğal olarak yayılış göstermektedir. Merkez ilçesi Yelesen-Dikme köyleri alanlarında da görülmektedir (Başbağ ve ark., 2012). Balpınarı (Matan), Şaban, Ortaköy, etrafındaki step alanlarında da yaygın olarak bulunmaktadır (Behçet ve Yapar, 2019). Gelişmiş ve modern ülke kriterlerine ulaşabilmek için madencilik sektörü giderek daha fazla önemli hale gelmektedir. Tarihi oldukça derinlere giden madencilik çalışmaları, günümüzde de en büyük sanayi dallarından biri haline gelmiştir. Fakat madenlerin işletilmesi anında uygulanan yöntem her nasıl olursa olsun uzun vadeli ve geri dönüşü olmayan çevre kirliliklerine yol açma riski bulunmaktadır (Cheng ve ark., 2018). Maden faaliyetleri su, toprak, hava gibi fiziksel unsurları etkileyerek çevresel hasara neden olmaktadır. Toprak, gürültü, hava ve su kirliliği gibi unsurlar ile toprak yapısının değişmesi, verimli yüzey toprağının kayıp olması, bitki örtüsü ve hayvan türlerinin yok olması madenciliğin olumsuz etkilerindedir (Oladipovd, 2014). Madencilik sürecinde oluşan atıklar, özellikle toprak kirliliğine yol açmaktadır (Weissenstein ve Sinkala, 2011). Bunun sebebi, madencilik faaliyetlerinin kontrolsüz bir şekilde ekosistemi kirleten büyük tonajda ağır metal içeren atıkların meydana gelmesine yol açabilmektedir. (Fashola ve ark., 2016).

Bu çalışmada Bingöl ili Genç ilçesinde yer alan demir madeni işletmesinin yakınlarında doğal olarak yayılış gösteren sakız geveni (*Astragalus gummifer* Labill.) bitkisi toplanarak bazı iz element (Al, Co, Cr, Cu, Ni, Mn ve Zn) içeriklerinin bitkinin kök, gövde ve yaprak kısımlarında belirlenmesi amaçlanmıştır.

## **MATERYAL VE METOT**

### ***Çalışma alanı***

Bu çalışmada 2024 yılı Nisan-Haziran aylarında Bingöl ili Genç ilçesinde yer alan demir madeni işletmesinin yakınlarında doğal olarak yayılış gösteren sakız geveni (*Astragalus gummifer* Labill.) bitkisi toplanarak bazı iz element (Al, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Mn ve Zn) içeriklerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Demir madeni işletmesi çevresinde doğal alanlarda yayılış gösteren sakız geveni (*Astragalus gummifer* Labill.) bitkisi, bitki örtüsünün izlenmesi ile en olgun dönemlerinde toplanmıştır. Bitki, köklerine zarar verilmeden alınarak tanısı yapılmıştır. Kök, gövde, yaprak ve generatif kısım (salkım, çiçek, başak, bakla) olacak şekilde organlarına ayrılmıştır. Önce musluk suyu ile sonra ise saf su ile bolca temizlenerek yıkanmıştır. Yıkanan bitki kısımları 70 °C sıcaklıkta 48 saat kurutulmaya bırakıldıktan sonra el değirmeni ile öğütülerek element analizi için uygun hale getirilmiştir.

### ***Bitki türü***

*Astragalus gummifer* bitkisi kök, gövde ve yaprak kısımlarından oluşmaktadır. Çok yıllık, Sub-alpin kuşakta 1200-1600 m rakımlarda yetişen bir geven türüdür. Dikenli ve çiçek renkleri beyaz-pembe şeklinde bir bitkidir. Bitki boyu 30-60 cm uzayabilmektedir. Yoğun şekilde selenyum birikimi oluşturan ve glikozit muhtevası yüksek bir bitkidir. Meralar için istilacı bir tür olarak kabul edilmektedir (Serin ve ark., 2008). Bitkiye ait çekilmiş bir fotoğraf Şekil 1' de gösterilmiştir.



**Şekil 1. *Astragalus gummifer* (sakız geveni) bitkisine ait görüntü**

### ***Bitki Analizleri***

Bitki örneği, Miller (1998) tarafından bildirilen yönteme uyarlanarak mikrodalga yakma işlemi ile yapılmıştır. Bitkinin kök, gövde ve yaprak kısımları kurutulup öğütüldükten sonra 0.5 gram ağırlıkta tartılmış, mikrodalga cihazının (CEM-MARS 6) vessellarına aktararak üzerlerine 10 ml HNO<sub>3</sub> eklenmiştir. Gerekli süzme ve seyreltme işlemleri yapılarak ICP-MS (Inductively Coupled Plasma Mass Spectrometry) cihazında örneklerle ait Al, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Mn ve Zn element konsantrasyonları okunarak kaydedilmiştir.

### ***Translokasyon Faktörünün Hesaplanması (TF)***

Bitkinin sürgünündeki ağır metal konsantrasyonunun, kökteki ağır metal konsantrasyonuna oranıdır. Kök kısmından bitkinin farklı organlarına taşıyabilme yeteneğini belirtmektedir. Belirtilen formülden yararlanılarak hesaplanmıştır (Alaribe ve Agamuthu, 2015; Ortakçı, 2020).

$$TF = \frac{\text{Sürgündeki element konsantrasyonu}}{\text{Kökteki element konsantrasyonu}} \quad (1)$$

### ***İstatistiksel Analiz***

Veriler JMP istatistik programında varyans analizine (ANOVA) tabi tutulmuş ve önemli ( $p < 0,05$ ) olan parametreler Tukey testi ile karşılaştırılmıştır (JMP, 2018).

## **BULGULAR VE TARTIŞMA**

### ***Sakız geveni (*Astragalus gummifer*) bitkisi element konsantrasyonlarının değerlendirilmesi***

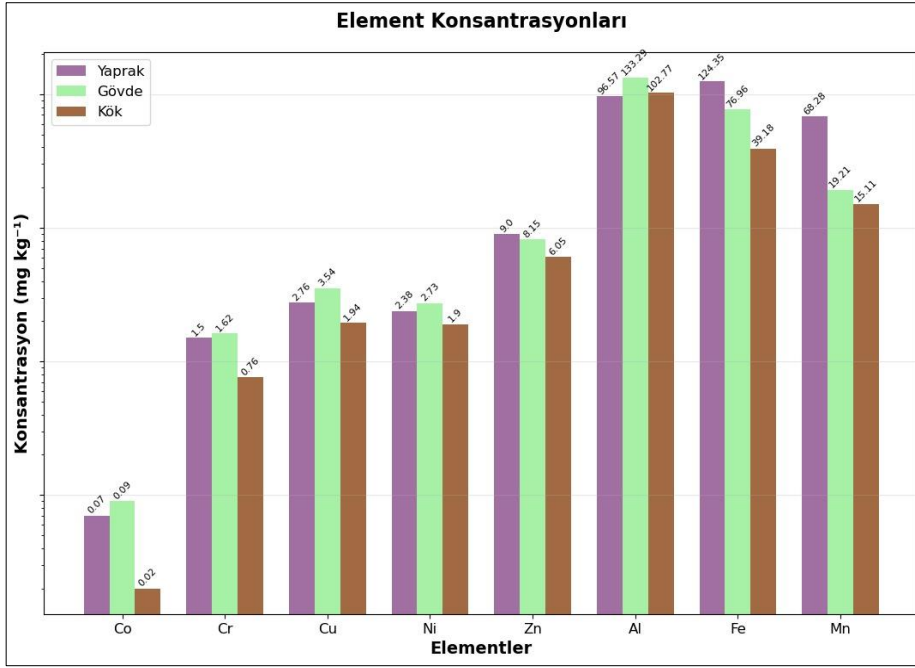
Sakız geveni (*Astragalus gummifer*) bitkisinin organlarında bulunan (Al, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Mn ve Zn) element konsantrasyonları varyans analizi sonucu oluşan ortalama ve grupları Tablo 1'de gösterilmiştir.

**Tablo 1. Sakız geveni (*Astragalus gummifer*) bitkisi organlarında bulunan element konsantrasyonlarına ait değerler**

Organlar	Elementler (mg kg <sup>-1</sup> )							
	Al	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
Yaprak	96.87b	0.07a	1.50a	2.76ab	121.36	66.28a	2.28	8.00
Gövde	133.28a	0.09a	1.62a	3.54a	176.96a	19.21b	2.73	8.15
Kök	109.77b	0.02b	0.76b	1.94b	39.18b	15.11b	1.90	6.08
Önem	**	*	*	*	*	**	Öd	Öd
LSD <sub>0,05</sub>	14.46	0.04	0.59	1.15	67.23	7.18	-	-

\*\* : p<0,01, \* : p<0,05 ve Öd: önemli değil

Bitkinin organları arasında Al elementi istatistiksel olarak çok önemli (p<0,01) bulunmuştur. Organlarda en yüksek Al içeriği (133.28 mg kg<sup>-1</sup>) bitkinin gövdesinde en düşük ise yaprağında (96.37 mg kg<sup>-1</sup>) belirlenmiştir. Kabata-Pendias (2011) baklagil bitkileri için ideal Al seviyesinin 85-3470 mg kg<sup>-1</sup> arasında olması gerektiğini ifade etmiştir. Bitkinin organları arasında Co elementi istatistiksel olarak önemli (p<0,05) bulunmuştur. Organlarda en yüksek Co içeriği (0.09 mg kg<sup>-1</sup>) bitkinin gövdesinde en düşük ise (0.02 mg kg<sup>-1</sup>) köklerinde belirlenmiştir. Kabata-Pendias (2011) baklagil bitkilerinin otlardan daha fazla Co biriktirdiğini belirtmiş ve çeşitli ülkelerden elde edilen yoncaların ortalama değerlerinin 100-570 mg kg<sup>-1</sup> arasında değiştiğini ifade etmiştir. Bitkinin organları arasında Cr elementi istatistiksel olarak önemli (p<0,05) bulunmuştur. Organlarda en yüksek Cr içeriği (1.62 mg kg<sup>-1</sup>) bitkinin gövdesinde en düşük ise köklerinde (0.76 mg kg<sup>-1</sup>) belirlenmiştir. Kabata-Pendias (2011) baklagil bitkileri için ideal Cr seviyesinin 0.2-4.2 mg kg<sup>-1</sup> arasında olması gerektiğini ifade etmiştir. Bitkinin organları arasında Cu elementi istatistiksel olarak önemli (p<0,05) bulunmuştur. Organlarda en yüksek Cu içeriği (3.54 mg kg<sup>-1</sup>) bitkinin gövdesinde en düşük ise köklerinde (1.94 mg kg<sup>-1</sup>) belirlenmiştir. Çağan ve ark., (2023) yaptıkları çalışma da *Astragalus gummifer* bitkisi Cu içeriği 71.1 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir. Yapılan bir çalışmada *Astragalus auganus* bitkisinin ise Cu oranı 0.8234 mg kg<sup>-1</sup>dir (Hussain ve ark., 2019). Bitkinin organları arasında Fe elementi istatistiksel olarak önemli (p<0,05) bulunmuştur. Organlarda en yüksek Fe içeriği (176.96 mg kg<sup>-1</sup>) bitkinin gövdesinde en düşük ise köklerinde (39.18 mg kg<sup>-1</sup>) belirlenmiştir. Yapılan bir çalışma da *Astragalus gummifer* bitkisinin Fe içeriği 794 mg kg<sup>-1</sup> olarak belirlenmiştir (Çağan ve ark., 2023). Bitkinin organları arasında Mn elementi istatistiksel olarak çok önemli (p<0,01) bulunmuştur. Organlarında en yüksek Mn içeriği (66.28 mg kg<sup>-1</sup>) bitkinin yaprağında en düşük ise köklerinde (15.11 mg kg<sup>-1</sup>) belirlenmiştir. *Astragalus ocephalus* subsp. stachyophorus'taki Mn içeriği, bitkinin ilk gelişim evresinde 69.34 mg kg<sup>-1</sup> ve tohum oluşturma aşamasında 115.91 mg kg<sup>-1</sup> civarındadır. Bitkilerde ideal Mn konsantrasyonları 25-250 mg kg<sup>-1</sup> arasındadır (Fox ve Guerinot, 1998). Bitkinin organları arasında Ni elementi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Rakamsal olarak organlarında en yüksek Ni içeriği 2.73 mg kg<sup>-1</sup> ile en düşük 1.98 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Kabata-Pendias (2011) baklagil bitkileri için ideal Ni seviyesinin 1.2-2.7 mg kg<sup>-1</sup> arasında olması gerektiğini ifade etmiştir. Bitkinin organları arasında Zn elementi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Rakamsal olarak organlarında en yüksek Zn içeriği 8.15 mg kg<sup>-1</sup> ile en düşük 6.08 mg kg<sup>-1</sup> arasında değişim gösterdiği belirlenmiştir. Hussain ve ark. (2019) *Astragalus auganus*'taki çinko konsantrasyonlarının 2.750 mg kg<sup>-1</sup> olduğunu belirtmiştir.



**Şekil 2. Sakız geveni (*Astragalus gummifer*) bitkisinin organlarında bulunan element konsantrasyonlarına ait grafik**

Şekil 2 incelendiğinde Co, Cr, Cu, Ni ve Al bitkinin en çok gövdesinde belirlenirken Zn, Fe ve Mn en çok yapraklarda belirlenmiştir. Yine Şekil 2’de görüldüğü üzere bitki dokularında en az akümüle olan element Co ve Cr iken en fazla Al ve Fe akümüle olmuştur.

### ***Astragalus gummifer* bitkisine ait TF değerleri**

*Astragalus gummifer* bitkisinin Al, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn elementleri için TF değerleri Tablo 2’ de gösterilmiştir.

**Tablo 2. *Astragalus gummifer* bitkisinin Al, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn elementleri için TF değerleri**

	Translokasyon Faktörü (TF) Değerleri							
	Al	Co	Cr	Cu	Fe	Mn	Ni	Zn
<b><i>Astragalus gummifer</i> Labill.</b>	1.05	4.0	2.05	1.62	3.81	2.83	1.32	1.33
	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1	>1

*Astragalus gummifer* bitkisinde Al, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni ve Zn için TF>1 olarak belirlenmiştir. Bitkinin metalleri köklerden sürgünlere iletme yeteneği, sürgündeki metal yoğunluğunun köklerdeki yoğunluğa oranı translokasyon faktörü olarak değerlendirilmektedir. TF değerinin birden az olması (TF<1) fitoekstraksiyon için uygun değilken (Fitz ve Wenzel, 2002), TF değerinin birden çok olması (TF>1) fitoremediasyon için bitki türlerini sınıflandırılırken belirgin bir etken olarak ortaya çıkmaktadır (Chanu ve Gupta, 2016). Dalvand ve ark. (2014).

*Astragalus gummifer* bitkisinde Cu için TF<1, Zn için TF<1 olmak üzere hesaplanmıştır. Yapılan bir çalışma da *astragalus* türlerinin birçoğu TF>1 olmak üzere hesaplanmıştır (Parlak, 2019).

## SONUÇLAR

Sakız geveni bitkisi incelenen elementlerin (Al, Co, Cr, Cu, Fe) çoğunu en fazla gövdesinde akümüle etmiştir. Bu durum bitkinin toprak üstü organlarında toprakaltı organlarına göre daha fazla element biriktirdiğinin göstergesidir. Nitekim hesaplanan TF değerlerinde incelenen tüm elementler için TF<sub>Al, Co, Cr, Cu, Fe, Mn, Ni, Zn</sub>>1 olarak hesaplanmıştır. Bitki organları arasında Ni ve Zn içeriği istatistiksel olarak önemli bulunmasa da yine rakamsal olarak en fazla konsantrasyon bitkinin gövdesinde belirlenmiştir. İz elementlerden ya da ağır metallere yana yoğun konsantrasyonlara sahip topraklarda *Astragalus gummifer* bitkisi fitoremediasyon amaçlı kullanımı açısından umut vaat etmektedir. Farklı kirlilikteki alanlarda bitkinin tam olgun döneminde daha farklı *astragalus* türleri ile yapılacak olan çalışmalar bitkinin akümülyasyon özelliğini daha da aydınlatacaktır.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti:** Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

- Alaribe, F. and Agamuthu, P. (2015). Pb etkilenen topraktaki Lantana camara'nın organik atık katkı maddeleri ile bitki ıslatma potansiyellerinin değerlendirilmesi. *Ekolojik Mühendislik Dergisi*, 83, 513-520.
- Amiri, M. S., Joharchi, M. R., Nadaf, M., & Nasseh, Y. (2020). Ethnobotanical knowledge of *Astragalus* spp.: The world's largest genus of vascular plants. *Avicenna Journal of Phytomedicine*, 10(2), 128.
- Basbag, M., Cacan, E., Sayar, M. S. & Karan, H. (2017). Some shrub and tree taxa in the grassland-pasture and natural vegetation of Turkey. *Middle East Journal of Science*, 3(2), 115-128.
- Başbağ, M., Hoşgören, H., Aydın, A., Sayar, M. S., & Çağan, E. (2012). Bingöl bölgesi çayır-mera ve doğal vejetasyonlarında yer alan bazı bitki taksonları. *Tr. J. Nature Sci.* 1(2), 57-61.
- Behçet, L., Yapar, Y. (2019). Important plants at the Matan Mountain (Bingöl/Turkey) flora with regard to beekeeping. *Biological Diversity and Conservation*, 12(1), 149-159.
- Chanu, L. B. & Gupta, A. (2016). Phytoremediation of lead using *Ipomoea aquatica* Forsk. in hydroponic solution. *Chemosphere*, 156, 407-411.
- Cheng, X., Drozdova, J., Danek, T., Huang, Q., Qi, W., Yang, S., & Zhao, X. (2018). Pollution assessment of trace elements in agricultural soils around copper mining area. *Sustainability*, 10(12), 4533.
- Çağan, E., Kılıç, Ö., & Kökten, K. (2023). Determination of macro, micro element and heavy metal contents of *Astragalus* taxa collected from nature. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2), 334-342.
- Dalvand, M., Hamidian, A. H., Zare Chahooki, M. A., Moteshare Zadeh, B., Mirjalili, S. A. A., & Esmaeil Zade, E. (2014). Comparing heavy metal accumulation abilities in *Artemisia aucheri* and *Astragalus gummifer* in Darreh Zereshk region, Taft. *Desert*, 19(2), 137-140.
- Dinc, M., Aytac, Z., & Doğu, S. (2013). A new species of *Astragalus* (*Fabaceae*) from Turkey. *Turkish Journal of Botany*, 37(5), 841-846.
- Fashola, M. O., Ngole-Jeme, V. M., & Babalola, O. O. (2016). Heavy metal pollution from gold mines: environmental effects and bacterial strategies for resistance. *International journal of environmental research and public health*, 13(11), 1047.
- Fitz, W. J. & Wenzel, W. W. (2002). Arsenic transformations in the soil-rhizosphere-plant system: fundamentals and potential application to phytoremediation. *Journal of biotechnology*, 99(3), 259-278.
- Fox, T. C., Guerinot, M. L. (1998). Molecular biology of cation transport in plants. *Annual Review of Plant Physiology and Plant Molecular Biology*, 49, 669-696.
- Hussain, M., Hidayatullah, S., Baqi, A., Jabeen, R. and Iqbal Khattak, M. (2019). Study of heavy metals (Cd, Cu, Ni, Pb & Zn) in some medicinal plant species (*Hernia intermedia*, *Cardaria chalepense*, *Scorzonera*

- ammophila, Tamarix karelini, Astragalus auganus) at Pishin area in Balochistan, Pakistan. *Pure and Applied Biology*, 8(1):, 995-1007.
- JMP., (2018). *Statistical Discovery from SAS*, USA.
- Kabata-Pendias, A. (2011). *Trace Elements in Soils and Plants: Fourth Edition*. CRC Press Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Kaçmaz, S. (2007). Kıymeti bilinmeyen bitki: Geven. *Ekoloji Magazin Dergisi*, 13, 88-89.
- Kadioğlu, B., Kadioğlu, S., & Turan, Y. (2008). Gevenlerin (Astragalus sp.) farklı kullanım alanları ve önemi. *Alinteri Journal of Agriculture Science*, 14(1), 17-26.
- Karimi, S., Salehi, H., & Ashiri, F. (2016). Tragacanth, a novel and cheap gelling agent in carnation and miniature rose tissue culture media. *Journal of Ornamental Plants*, 6(4), 253-260,
- Khan, I.A., Abourashed, E.A. (2010). *Leung's encyclopedia of common natural ingredients used in food, drugs, and cosmetics Third Edition*. John Wiley & Sons, Inc., Hoboken, New Jersey, ISBN 978-0-471-46743-4.
- Mohammad Hussain, M. H., Ullah, S. H., Abdul Baqi, A. B., Rukhsana Jabeen, R. J., & Khattak, M. I. (2019). Study of heavy metals (Cd, Cu, Ni, Pb & Zn) in some medicinal plant species (Hertia intermedia, Cardaria chalepense, Scorzonera ammophila, Tamarix karelini, Astragalus auganus) at Pishin area in Balochistan, Pakistan. *Pure and Applied Biology*, 8(1).
- Oladipo, O. G., Olayinka, A., & Awotoye, O. O. (2014). Ecological impact of mining on soils of Southwestern Nigeria. *Environmental and Experimental Biology*, 12, 179-186.
- Parlak, K. U. (2019). Accumulation potential for Cd, Ni, Zn and Pb of indigenous plants growing in erciyes mountain and environment. In *Mathematics and Natural Sciences*, 2, 14.
- Ortakçı, G. (2020). Elazığ (Maden)'da işletmesi devam eden ve Amasya (Gümüşhacıköy)'da işletmesi bitmiş olan maden sahalarındaki bazı bitkilerde ağır metal bioakümülyasyonları Yüksek Lisans Tezi, Amasya Üniversitesi.
- Parlak, M., Gökkuş, A., & Parlak, A. Ö. (2012). Çanakkale meralarında bazı çalıların toprak özelliklerine etkileri. *Toprak Su Dergisi*, 1(2), 88-98.
- Serin, Y., Tan, M., Koç, A., Zengin, H., Karaca, A., Şentürk, T., & Özçelik, H. (2008). Türkiye'nin çayır ve mera bitkileri. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Tarımsal Üretim ve Geliştirme Genel Müd. Yayınları, Ankara.
- Weissenstein, K., & Sinkala, T. (2011). Soil pollution with heavy metals in mine environments, impact areas of mine dumps particularly of gold-and copper mining industries in Southern Africa. *Arid Ecosystems*, 1(1), 53-58.
- Yesilada, E., Bedir, E., Çalış, İ., Takaishi, Y., & Ohmoto, Y. (2005). Effects of triterpene saponins from Astragalus species on in vitro cytokine release. *Journal of ethnopharmacology*, 96(1-2), 71-77.



## Evaluation of Some Properties of Asphaltites Widely Found in Sirnak Province in Terms of Usability in Agriculture

Bedriye BİLİR<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Department of Soil Science and Plant Nutrition, Faculty of Agriculture, Kahramanmaraş Sutcu Imam University, Kahramanmaraş, Türkiye

 <https://orcid.org/0000-0002-0038-9509>

bbilir@ksu.edu.tr

**Geliş Tarihi: 29.07.2025 Düzeltme Geliş Tarihi: 25.08.2025 Kabul Tarihi: 02.09.2025**

### ABSTRACT

One of the most important criteria for obtaining quality and abundant crops in agricultural production is a sufficient level of soil organic matter content. It is very important to ensure the use of natural coal-based organic matter resources such as gyttja and leonardite, which are available in our country, in agricultural areas. Sirnak is a province with rich coal deposits. In this study, some properties of asphaltite samples taken from mineral reserves in Sirnak province were investigated in terms of their usability in agriculture. For this purpose, pH, electrical conductivity (EC), lime (%), organic matter (%), ash (%), and humic acid (%) contents of the asphaltites were determined. According to the results of the research, the average pH of the asphaltites was determined as 7.58, EC as 2.95 mS cm<sup>-1</sup>, and lime content as 28%. Organic matter contents ranged from 32-40%, with an average ash content of 38% and an average humic acid content of 8.8%. Although the organic matter content of the asphaltites in the region is high, the humic acid level is low.

**Key words:** Sirnak, asphaltite, agriculture, humic acid, gyttja

### Şırnak İlinde Yaygın Olarak Bulunan Asfaltitlerin Tarımda Kullanılabilirlik Açısından Bazı Özelliklerinin Değerlendirilmesi

#### ÖZ

Tarımsal üretimde nitelikli ve bol ürün almanın en önemli kriterlerden bir tanesi toprak organik madde içeriğinin yeterli düzeyde olmasıdır. Ülkemizde mevcut olan gıda ve leonardit gibi kömür orijinli doğal organik madde kaynaklarının tarım alanlarında kullanımının sağlanması oldukça önemlidir. Şırnak, zengin kömür yataklarına sahip bir ilimizdir. Bu çalışmada, Şırnak ilinde bulunan maden rezervlerinden alınan asfaltit numunelerinin tarımda kullanılabilirlik açısından bazı özellikleri araştırılmıştır. Bu amaç doğrultusunda asfaltitlerin pH, elektriksel iletkenlik (EC), kireç (%), organik madde (%), kül (%) ve hümik asit (%) içerikleri belirlenmiştir. Araştırma sonucuna göre asfaltitlerin ortalama pH 7.58, EC 2.95 mS cm<sup>-1</sup> ve kireç içeriği %28 olarak belirlenmiştir. Organik madde içerikleri ise %32-40 aralığında değişirken ortalama kül %38 ve ortalama hümik asit %8.8 olarak belirlenmiştir. Bölge asfaltitlerinde organik madde içeriği yüksek olmasına rağmen hümik asit düzeyi düşüktür.

**Anahtar Kelimeler:** Şırnak, asfaltit, tarım, hümik asit, gıda

## INTRODUCTION

One of the most important factors influencing high-quality and abundant crop production is undoubtedly the organic matter content of soils. In addition to improving the physical properties of soils, organic matter contributes to plant production by containing plant nutrients and providing an energy source for soil microorganisms. Nearly 50% of our country's agricultural soils have an organic matter content of around 1-2% (Taban et al., 2013). According to the analysis results of 10,000 samples collected from our agricultural soils between 2011 and 2014 as part of a project conducted by the Central Research Institute for Soil, Fertilizer, and Water Resources, 99% of our agricultural soils are deficient in organic matter (<3%). For agricultural soils to achieve the desired physical, chemical, and biological properties and productivity potential, their organic matter content must constitute at least 3% of the soil weight. The inadequate organic matter content of our agricultural soils, and the fact that this inadequacy increases over time, can be attributed to our inadequate management of existing manure and other organic matter resources in agricultural fields, our current climate with low rainfall and high average temperatures, and improper tillage techniques, particularly stubble burning, that constantly disrupt the soil. To raise and maintain the organic matter content of all our soils to 3%, 2 billion tons of organic fertilizer (containing 60% organic matter) is needed once and 800 million tons of organic fertilizer (containing 60% organic matter) are needed annually. It's impossible to procure and apply this much organic fertilizer to our soils, but at least the organic fertilizers we have should be used correctly and effectively. The sources of organic matter in our soils can be listed as follows: 1. Stubble, 2. Barn manure, 3. Composts, 4. Urban waste, 5. Leonardite, 6. Green manure, 7. Humic acid and others, and 8. Meat grinders and slaughterhouse waste (Gezgin, 2018). Asphaltites, found in significant quantities in Sirnak and its surrounding areas, have physical and chemical properties similar to coal. However, they differ from coal due to their formation sources and chemical processes. Asphaltites are separated from liquid petroleum by tectonic processes and settled in other locations. They harden and transform into a solid phase through chemical reactions throughout geological processes. Most of the heating needs in the Southeastern Anatolia Region are met by asphaltites. However, due to their low calorific value and high ash, sulfur, and moisture content, they are a low-calorie raw material with a high potential for negative air pollution. They contain nitrogen and humic acid, which dissolves slowly in aqueous environments, and can be used as soil enhancers (Taşkesen et al., 2022). Humic acids are very dark-colored materials with molecular weights ranging from 50,000 to 100,000. Humic acid is found in decomposed organic matter, peat, coal beds, and soil (Özkan, 2008). One of the most important reasons why plant roots can easily absorb nutrients in environments containing organic materials such as leonardite and gyttja, and why they increase the availability of micronutrients, is due to the humic and fulvic acids they contain (Padem and Öcal, 1999; Pettit, 2012). Gyttja applications to agricultural soils have been found to improve soils chemically and biologically, as well as increase the adsorption of heavy metals (Cd, Pb, Ni, and Zn) and soil organic matter content (Karaca et al., 2006, Korkmaz et al., 2021). In their study, Saltalı and Alhashemi (2022) aimed to determine the Zn sorption properties of gyttja, leonardite, and compost used in organomineral fertilizer production. As a result of the study, the Zn sorption values of gyttja, leonardite, and compost conformed to the Langmuir and Freundlich isotherms. The maximum sorption capacities ( $q_{max}$ ) of these materials are very similar. Considering these data, it was determined that 1

kg of organic material can retain approximately 15 g of Zn. Akgül et al. (2022) aimed to investigate the effects of gyttja and cadmium (Cd) treatments on dry matter yield, Cd, and mineral nutrient uptake (phosphorus, potassium, calcium, magnesium, iron, copper, zinc, manganese) of bread and durum wheat varieties grown under Cd applications. Because gyttja applications can reduce Cd transport to durum wheat in Cd-polluted areas and increase the transport of mineral nutrients, their use is recommended. Saltalı et al. (2015) investigated the effects of gyttja application on soil quality. The mean pH and EC values of the soils did not change statistically when compared to control soils at all application rates. Gyttja applications were shown to have no negative impact on soil quality parameters such as soil EC. Soil organic matter content increased with increasing gyttja applications, and these increases were found to be statistically significant. Gyttja is formed by the accumulation of organic materials and their mixing with inorganic materials on lake bottoms, which are lower in quality than leonardite. It contains approximately 30-40% lime and 40-50% organic matter, and its color varies from light gray to brown and black depending on the lime content. Gyttja also has the potential to be used as a soil conditioner in the improvement of acid soils or in the production of organomineral fertilizers for acid soils (Saltalı and Korkmaz, 2015). A study investigating the effects of gyttja application on sunflower yield and soil properties in alkaline soils reported that gyttja application to soils statistically significantly increased soil organic matter content, sunflower seed yield, fresh head weight, stem weight, and head diameter (Saltalı and Yıldırım, 2016).

In short, one of the most important criteria for achieving high-quality and abundant agricultural yields is a sufficient level of soil organic matter. Ensuring the utilization of existing coal-based natural organic matter resources, such as gyttja and leonardite, is crucial. Sirnak and its surrounding area are rich in coal deposits. In this study, some properties of asphaltite samples taken from the mine reserve in Sirnak province were investigated for their agricultural usability.

## **MATERIAL and METHODS**

### **Material**

In this study, nine different asphaltite samples (A.1, A.2, A.3, A.4, A.5, A.6, A.7, A.8, A.9) extracted from different mines were collected from this influential Sirnak province.

### **Method**

The asphaltite samples were shade-dried and crushed with a wooden mallet to prepare them for analysis. pH, EC, lime, organic matter, ash, and humic acid contents were determined in the asphaltite samples. pH and electrical conductivity (EC) were determined using a glass-electrode pH meter in a solution obtained at a 1:10 soil-to-water ratio, while electrical conductivity was determined using an electrical conductivity device (Richard, 1954). Lime was determined using a Scheibler calcimeter according to the method recommended by Allison and Moodie (1965). Organic matter was determined using the modified Walkley-Black method as recommended by Nelson and Sommers (1996).

To determine raw ash, a porcelain crucible was heated in a muffle furnace at 550°C for at least 30 minutes, cooled to room temperature in a dryer, and weighed to the nearest 0.001 g. A 5 g asphaltite sample was accurately weighed and gradually incinerated in a muffle furnace at 550°C for 4 hours. The porcelain crucible was placed in the dryer, cooled to room temperature, and then weighed again to determine % ash (Jia et al., 2023). The TS 5869 ISO 5073 method used for the determination of humic acid contents of brown coals and lignites. This method determines a) total humic acids (Method A) and b) free humic acids (Method B) in brown coals and lignites by colorimetric method (Anonymous 2003). The method is essentially the same as the Walkley-Black method used in determining organic matter in soil. It is based on the oxidation of the organic portion with chromate and the titration of the remaining chromate. The method is briefly as follows: 0.2 g of the sample is weighed and placed in a 250 mL erlenmeyer flask. 150 mL of sodium pyrophosphate solution is added and mixed. It is heated in a water bath for two hours. After the samples taken from the water bath reach room temperature, pure water is added to the 200 mL line and filtered. The filtered extract is taken and potassium dichromate oxidation solution and concentrated sulfuric acid are added. It is heated in a water bath for 30 minutes. Once it reaches room temperature, it is diluted with distilled water. Three drops of phenanthroline indicator are added and titrated with ammonium iron (II) sulfate solution until the color turns brick red (Özkan, 2008).

## RESULTS AND DISCUSSION

The results of the asphaltite samples used in the study are given in Table 1.

**Table 1. Results of some properties of the asphaltite samples**

Sample No	pH	E.C (mS cm <sup>-1</sup> )	CaCO <sub>3</sub> %	O. M%	Ash%	Humic A. %
A.1	7.69	2.43	37.39	37.96	33	10.22
A.2	7.79	3.09	41.25	35.09	35	6.55
A.3	7.65	2.45	45.15	33.73	33	7.16
A.4	7.46	3.58	23.67	40.05	43.5	9.61
A.5	7.52	3.66	20.38	34.07	43.5	10.52
A.6	7.49	3.21	23.55	32.32	42	9.61
A.7	7.56	2.72	22.21	33.39	35	7.77
A.8	7.57	2.71	18.32	33.26	38	9
A.9	7.57	2.74	23.41	36.18	39.5	9
Min.	7.46	2.43	18.32	32.32	33	6.55
Max.	7.79	3.66	45.15	40.05	43.5	10.52
Mean	7.58	2.95	28.3	38.05	38.05	8.82

When the results obtained in the study were examined, it was determined that the pH values of the asphaltite samples ranged from 7.46 to 7.79. It can be said that it is classified as slightly alkaline. Its electrical conductivity (EC) ranged from 2.43 to 3.66 mS cm<sup>-1</sup>, indicating a salt-free classification. The %CaCO<sub>3</sub> levels of the asphaltite samples were determined to range from 18.32 to 45.15%, while their organic matter contents ranged from 32.32 to 40.05%. Ash content was a minimum of 33% and a maximum of 43.5%. Humic acid contents were lowest in sample A.2 at 6.55% and highest in sample A.5 at 10.52%.

Diskaya and Saltalı (2023) determined the pH and EC of commercially sourced leonardite to be 5.2 and 1.81 mS cm<sup>-1</sup>, while that of gyttja was 7.57 and 0.91 mS cm<sup>-1</sup>. Lime (CaCO<sub>3</sub>) content increased from 8.2% in leonardite to 35% in gyttja. The organic matter content of leonardite was reported as 71%, while that of gyttja was 40%. Akgül et al. (2022) reported the properties of the gyttja they used in their study as pH: 6.76 (1/2), EC: 1970 µS cm<sup>-1</sup>, lime: 34%, organic matter: 43%, and humic acid: 34%. In a study conducted with lignite samples taken from Beyşehir, Ermenek, and İlgın, the humic acid contents of the samples were determined. The Kreulen method was used to determine the humic acid content. Lignite from Beyşehir, Ermenek, and İlgın was found to contain 42% humic acid, while lignite from Ermenek contained 30% and lignite from İlgın contained 38% (Kurbanlı et al. 2002). In this study, the humic acid content of asphaltites from Sirnak province was determined to be low. In a study conducted by Baran et al. (2002) to determine the effect of humic acid on potassium fixation in soils with different clay types, humic acid in the form of K humate (containing 9.5% humic acid), which has a humic acid content similar to this study, was mixed into the soils at various doses; and it was determined that humic acids significantly increased K fixation in the soils.

## CONCLUSION

Sirnak is a province with rich coal deposits. This study aimed to evaluate the agricultural usability of asphaltite, which is widely found and mined in Sirnak. Although its properties, pH, CaCO<sub>3</sub>, and organic matter content suggest its suitability for use in acidic soils, its humic acid content remains well below that of leonardite and gyttja. Further scientific studies and research into its agricultural applicability would be beneficial.

## REFERENCES

- Anonim, 2003. Türk Standardı TS 5869 ISO 5073. Kahverengi kömürler ve linyitler humik asitlerin tayini.
- Akgül, S., Aydemir, Ö. E., & Özkutlu, F. (2022). Gıda uygulamalarının ekmeçlik ve makarnalık buğdayların kadmiyum ve besin elementi alımı üzerine etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 11(2), 353-362.
- Allison, L. E., & Moodie, C. D. (1965). Carbonate. In A. G. Norman (Ed). *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties* (pp. 1379-1396). American Society of Agronomy. doi:10.2134/agronmonogr9.2.c40
- Gezgin, S. (2018). Türkiye topraklarının organik madde durumu, organik madde kaynaklarımız ve kullanımı. *Organomineral Gübre Çalıştayı*, 29, 12-16.
- Jia, Z., Zhou, J., Yang, M., Wang, M., Li, L., & Fan, X. (2023). Preparation and evaluation of certified reference materials for crude protein, crude fat, and crude ash in feed. *Microchemical Journal*, 191, 108854.
- Karaca, A., Turgay, O.C. & Tamer, N. (2006). Effects of a humic deposit (gıda) on soil chemical and microbiological properties and heavy metal availability. *Biology and Fertility of Soils*. 42, 585–592.
- Korkmaz, K., Ergin, M. N., Akgün, M., & Saltalı, K., 2021. (2021). The influence of humic deposit (gyttja) application on some selected soil properties and yield-quality of hazelnut in acid conditions. *Agrochimica*, 279-293.
- Nelson, D. W., & Sommers, L. E. (1996). Total carbon, organic carbon and organic matter. In D. L. Sparks (Ed.). *Methods of Soil Analysis. Part 3, Chemical Methods*, Madison. doi:10.2136/sssabookser5.3.c34

- Özkan, A. (2008). Humik Asit İçeren Toprak Düzenleyicilerinin Humik Asit Kapsamlarının Uygun Yöntemlerle Belirlenmesi (Master's thesis, Ankara Üniversitesi (Turkey)).
- Padem, H., Öcal, A. 1999. Effect of humic acid applications on yield and some characteristic of processing tomato. *Acta Horticulturae*, 487, 159-63.
- Pettit, R.E. 2012. Organic Matter, Humus, Humate, Humic Acid, Fulvic Acid, and Humin. [www.calciumproducts.com/articles/Dr.\\_Pettit\\_Humate.pdf](http://www.calciumproducts.com/articles/Dr._Pettit_Humate.pdf).
- Richard, L. A. (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. *Agriculture Handbook*, Washington.
- Saltalı, K., Dereli, N., & Kizilkaya, R. (2015). Effects of gyttja on some soil quality parameters. 363-367 The proceedings International Soil Science Congress on "Soil Science in International Year of Soils". 19-23 October, 2015. Sochi, RUSSIA
- Saltalı, K., & Korkmaz, K. (2015). Gıda organomineral toprak düzenleyicisi olarak değerlendirilebilir mi? 4. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi Bildiri Özet Kitabı, s: 15. 01-04 Eylül 2015, Kahramanmaraş, Türkiye
- Saltalı, K., & Yıldırım, Ö. (2016). Kuru koşullarda çerezlik ayçiçeği (*Helianthus annuus L.*) yetiştiriciliğinde gıda uygulamasının bazı toprak ve bitki özelliklerine etkisi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 19(1), 84-90.
- Saltalı, K., & Alhashemi, M. (2022). Gıda, Leonardit ve Kompost 'un Çinko Sorpsiyon Özelliklerinin Belirlenmesi. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 10, 2751-2757.
- Taban, S., Turan, M. A., & Katkat, A. V. (2013). Tarımda organik madde ve tavuk gübresi. *Tavukçuluk Araştırma Dergisi*, 10(1), 9-13.
- Taşkesen, E., Acar, Ş., Ertuğrul, G., Arlı, F., Dumrul, H., & Bulbul, S. (2022). Şırnak-Uludere bölgesinde yaygın olarak bulunan asfaltitlerden doğal hümik asit elde edilebilirliğinin incelenmesi. *Politeknik Dergisi*, 25(2), 691-697





## Performance Evaluation of Peanut Genotypes in Terms of Agronomic and Quality Parameters

Tahsin BEYÇİOĞLU<sup>1\*</sup>, Oktay Burak ÖZCAN<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Pamukkale University, Faculty of Agriculture, Department of Field Crop, Denizli, TÜRKİYE

<sup>2</sup>Osmaniye Oilseeds Research Institute Directorate, Osmaniye, TÜRKİYE

ORCID<sup>1</sup>:  <https://orcid.org/0000-0001-5338-8836>; ORCID<sup>2</sup>:  <https://orcid.org/0000-0001-8438-7932>

\*Corresponding author: [tbeycioglu@pau.edu.tr](mailto:tbeycioglu@pau.edu.tr); e-posta<sup>2</sup>: [oktayburak.ozcan@tarimorman.gov.tr](mailto:oktayburak.ozcan@tarimorman.gov.tr)

**Geliş Tarihi: 29.07.2025 Düzeltme Geliş Tarihi: 28.08.2025 Kabul Tarihi: 17.09.2025**

### ABSTRACT

In this study, the agronomic and quality parameters of nine different peanut genotypes (57-422 Senegal, 96-Australia, 98-Australia, Argentina, Florispan, Georgia Green, New Mexico, Starr, and Starr Spanish) were evaluated. The study was conducted in a randomized block design with three replications, and the following parameters were examined: yield, first-quality pod ratio (FiQuPoRa), second-quality pod ratio (SeQuPoRa), hundred-pod weight (OHuPoWe), hundred-seed weight (OHuSeWe), and shelling ratio (SeRA). The F values calculated for all parameters were found to be statistically significant, and significant differences were detected between genotypes. In terms of yield, Georgia Green (408.50 kg da<sup>-1</sup>) showed the highest value, while Starr Spanish (259.91 kg da<sup>-1</sup>) had the lowest value. In terms of first-quality pod ratio, 98-Australia (66.63%), second-quality pod ratio, Argentina (46.24%), hundred pod and seed weight, Florispan (190.89 g and 111.28 g, respectively), and shelling ratio, 96-Australia (64.85%) were the standout genotypes. Correlation analysis results showed positive and significant relationships between yield and first-quality pod ratio, hundred-pod weight, and hundred-seed weight. Principal component analysis (PCA) revealed that the examined traits explained 78.1% of the total variation and that genotypes were distinctly grouped according to different traits. The results provide valuable information for selecting suitable genotypes for different cultivation purposes and for use in breeding programs.

**Keywords:** Peanut, genotype, yield, quality, principal component analyse

### Yerfistiği Genotiplerinin Agronomik ve Kalite Parametrelerinin Değerlendirmesi

### ÖZ

Bu çalışmada, dokuz farklı yer fıstığı genotipinin (57-422 Senegal, 96-Avustralya, 98-Avustralya, Arjantin, Florispan, Georgia Green, New Mexico, Starr ve Starr Spanish) agronomik ve kalite parametreleri değerlendirilmiştir. Çalışma, tesadüf blokları deneme deseninde üç tekrarlamalı olarak gerçekleştirilmiş ve şu parametreler incelenmiştir: verim, birinci kalite meyve oranı (FiQuPoRa), ikinci kalite meyve oranı (SeQuPoRa),

yüz meyve ağırlığı (OHuPoWe), yüz tohum ağırlığı (OHuSeWe) ve iç oranı (SeRA). Tüm parametreler için hesaplanan F değerlerinin istatistiksel olarak çok anlamlı olduğu ve genotipler arasında önemli farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Verim açısından Georgia Green (408,50 kg da<sup>-1</sup>) en yüksek değeri gösterirken, Starr Spanish (259,91 kg da<sup>-1</sup>) en düşük değeri almıştır. Birinci kalite meyve oranı açısından 98-Australia (66,63%), ikinci kalite meyve oranı açısından Argentina (46,24%), yüz meyve ve tohum ağırlığı açısından Florispan (sırasıyla 190,89 g ve 111,28 g) ve iç oranı açısından 96-Australia (64,85%) öne çıkan genotiplerdir. Korelasyon analizi sonuçları, verim ile birinci kalite meyve oranı, yüz meyve ağırlığı ve yüz tohum ağırlığı arasında pozitif ve anlamlı ilişkiler olduğunu göstermiştir. Temel bileşen analizi (PCA), incelenen özelliklerin toplam varyasyonunun %78,1'ini açıkladığını ve genotiplerin farklı özelliklere göre belirgin bir şekilde gruplandırıldığını ortaya koymuştur. Sonuçlar, farklı yetiştirme amaçları için uygun genotiplerin seçilmesi ve ıslah programlarında kullanılması için değerli bilgiler sağlamaktadır.

**Anahtar kelimeler:** Yer fıstığı, genotip, verim, kalite, temel bileşen analizi

---

## INTRODUCTION

Peanut (*Arachis hypogaea* L.) belongs to the *Dalbergieae* tribe of the *Papilionoideae* subfamily of the Fabaceae family (Stalker et al., 2016). Peanut, a high-protein oilseed crop (Khedikar et al., 2018), is one of the most important oil and protein crops in the world (Zhao et al., 2012). Peanut is a self-pollinating, annual herbaceous plant (Adinya et al., 2010). A legume native to South America, peanuts (Hammons et al., 2016) were spread worldwide by the Portuguese due to their tasty large seeds (Silva et al., 2017). The earliest known records of peanut cultivation date back 7,600 years (Becker and Jappe, 2014). Peanuts are among the most important industrial crops worldwide as food, oil, and commercial products. Primarily cultivated in tropical and subtropical regions, peanuts are native to South America and belong to the “oilseed” group of plants due to their high oil content of 44-55%. Peanut seeds also contain 22-30% protein, 18% carbohydrates, and high amounts of minerals such as Ca, Mg, K, P, S, Fe, and Zn (Ağan, 2025). In terms of oil crop cultivation areas, peanuts rank fourth after soybeans, rapeseed, and sunflowers. Peanuts are an important food source for human nutrition, as their seeds contain oil, protein, carbohydrates, and vitamins. In addition, the oil extracted from peanut seeds leaves behind a significant amount of protein in the meal, which is highly valuable for animal feed. The protein content in peanut seeds varies depending on the variety (Elinç and Erman, 2021). In our country, it is believed that producers first started planting peanuts in the Thrace region, and then it spread to the Aegean, Mediterranean, and Southeast Anatolia regions (Arioğlu, 1999). Approximately 90% of production in Turkey takes place in the Çukurova region. The highest peanut production is in Adana province, while Osmaniye is the province where peanut trade and industry are most developed (Kadiroğlu, 2016). Peanuts exhibit significant genetic variation in terms of morphological and agronomic characteristics. To fully realize this potential, studies aimed at identifying varieties that can adapt to regional conditions in terms of yield and yield parameters, as well as appropriate agronomic techniques, are of considerable importance (Baran and Andırman, 2022).

The objective of this study is to compare the performance of nine different peanut genotypes in terms of agronomic and quality parameters such as yield, first and second quality pod ratio, hundred pod weight, hundred seed weight, and shelling ratio under a randomized block design, and to identify the genotypes that best adapt to regional conditions and exhibit superior characteristics.

## **MATERIALS AND METHODS**

### ***Plant Material and Trial Area***

The research was conducted in the peanut growing season under the main crop conditions of 2023 in Çal district of Denizli province. Nine different peanut genotypes (57-422 Senegal, 96-Australia, 98-Australia, Argentina, Florispan, Georgia Green, New Mexico, Starr, and Starr Spanish) were obtained from the Osmaniye Oilseed Research Institute Directorate. According to soil analysis results (0-30 cm depth), the experimental area exhibited moderate alkaline characteristics with a pH level of 8.3. The electrical conductivity (EC) value of 450  $\mu\text{S cm}^{-1}$  indicates saline soil conditions. The soil has an extremely high lime content (25.77%), which has the potential to affect nutrient mobility and availability. When examining the results of macro nutrient elements, potassium (365  $\text{mg kg}^{-1}$ ) and phosphorus (26.37  $\text{mg kg}^{-1}$ ) levels were found to be sufficient. However, organic matter content (1.17%) is below the recommended limit value (2-5%) for agricultural lands. When examining micro-nutrient elements, copper (1.7  $\text{mg kg}^{-1}$ ) and manganese (11.4  $\text{mg kg}^{-1}$ ) concentrations appear moderate, while iron (5.4  $\text{mg kg}^{-1}$ ) levels are sufficient but may be negatively affected by high soil pH and calcareous structure. Zinc concentration (0.4  $\text{mg kg}^{-1}$ ) is significantly insufficient. Climate data for the main crop growing season in Denizli-Çal were obtained from the Denizli Meteorological Station Directorate. In the Denizli-Çal district, during the April-October growing season of 2023, the monthly total rainfall was 295.5 mm, average temperature values ranged from 10.5°C (April) to 27.1°C (August), and average relative humidity values ranged from 42.6% (July) to 75.4 (May). The highest rainfall was recorded in May (125.4 mm), and the lowest in August (5.2 mm). During the first half of the vegetation period (April-June), 82% (243.2 mm) of the total precipitation occurred, while a significant decrease in precipitation was observed during the second half (July-October). Temperature values showed a steady increase starting from April, reaching their maximum level in August, and then gradually decreasing (Anonymous, 2024).

### ***Method***

The research was conducted at the Research and Application Center of the Faculty of Agriculture, Pamukkale University, located in the Çal district of Denizli province, at 38°05'57" north latitude and 29°25'04" east longitude in the Aegean Region. The experiment was set up in a randomized block design with three replications. A total of nine peanut genotypes were evaluated, including the following varieties: 57-422 Senegal, 96-Australia, 98-Australia, Argentina, Florispan, Georgia Green, New Mexico, Starr, and Starr Spanish. The total trial area was 529,2  $\text{m}^2$ , with plot dimensions of 2.8 m  $\times$  5.0 m (14  $\text{m}^2$ ), and each block contained 9 plots, each consisting of 4 rows. Before sowing, the row spacing was set to 70 cm, and seeds were manually sown into 6–7 cm deep furrows marked with markers, ensuring that each plot received 132.0 seeds. In the experiment, the distance between blocks was set at 3 m. Immediately before planting, 30  $\text{kg da}^{-1}$  of diammonium phosphate fertilizer (18% N, 46%  $\text{P}_2\text{O}_5$ ) was applied and mixed into the soil. After planting, 15  $\text{kg da}^{-1}$  of urea fertilizer (46% N) was applied as top dressing. All necessary maintenance operations, including weed control, disease and pest management, and irrigation, were carried out throughout the growing season. Harvesting was done by manually pulling the plants from the plots and turning them upside down to dry. Threshing was performed manually when

the plant leaves turned brown and the above-ground parts dried out. In this study, yield and quality parameters such as yield (kg da<sup>-1</sup>), first-quality pod ratio (FiQuPoRa, %), second-quality pod ratio (SeQuPoRa, %), hundred-pod weight (OHuPoWe, g), hundred-seed weight (OHuSeWe, g), and shelling ratio (SeRA, %) were examined. Yield was calculated by weighing the product obtained from each plot and converting it to decares. The first and second quality pod ratios were determined by separating the harvested products according to their quality classes. The hundred pod and hundred seed weights were measured by weighing randomly selected samples from each plot. The shelling ratio was calculated as the ratio of seed weight to pod weight.

### Statistical Analysis

The field trial was established on May 11, 2023, according to a three-replicated Randomized Block Design. The data were analyzed using the JMP (Pro 17) statistical software. Mean values were calculated for all measured parameters, including yield components and quality parameters. The data were analyzed using analysis of variance with Tukey's test to compare the means. Correlation coefficients and principal component analyses (PCA) were calculated and evaluated on average data (JMP 17 SAS Institute Inc, 2020).

## RESULT AND DISCUSSION

In this study on peanut genotypes, the yield and quality characteristics of nine different genotypes were investigated. The study was conducted in a randomized block design with three replications, and the F values calculated for all parameters were found to be statistically significant (\*\*), indicating significant differences between the genotypes studied.

**Table 1. Mean Values and Groupings of Yield and Agromorphological Characteristics of Different Peanut Genotypes**

Genotype	Yield (kg da <sup>-1</sup> )	FiQuPoRa (%)	SeQuPoRa (%)	OHuPoWe (g)	OHuSeWe (g)	SeRA (%)
57-422 Senegal	325,05 de	59,18 c	38,42 de	98,88 d	62,52 bc	63,23 ab
96-Australia	343,44 cd	61,10 bc	34,91 fg	89,95 e	58,33 c	64,85 a
98-Australia	350,15 c	66,63 a	32,22 g	103,94 cd	60,84 bc	58,53 d
Argentina	346,45 c	52,05 e	46,24 a	106,22 c	65,27 b	61,40 bc
Florispan	383,00 b	62,27 b	32,84 fg	190,89 a	111,28 a	58,28 d
Georgia Green	408,50 a	63,28 b	35,86 ef	166,56 b	106,42 a	63,89 a
New Mexico	379,07 b	58,83 c	39,38 cd	105,14 cd	63,04 bc	59,96 cd
Starr	307,04 e	54,68 d	42,70 bc	104,32 cd	65,53 b	62,82 ab
Starr Spanish	259,91 f	55,30 d	42,88 ab	101,50 cd	64,77 bc	63,81 a
<b>Anova</b>						
<b>F Ratio</b>	106,58**	92,05**	49,78**	582,89**	239,11**	34,92**

When the results were evaluated in terms of yield, the Georgia Green genotype showed the highest yield value of 408.50 kg da<sup>-1</sup>. This value is significantly higher than the trial average of 344.73 kg da<sup>-1</sup>. Following Georgia Green were the Florispan (383.00 kg da<sup>-1</sup>) and New Mexico (379.07 kg da<sup>-1</sup>) genotypes. The 98-Australia

(350.15 kg da<sup>-1</sup>), Argentina (346.45 kg da<sup>-1</sup>), and 96-Australia (343.44 kg da<sup>-1</sup>) genotypes showed moderate yield performance, while 57-422 Senegal (325.05 kg da<sup>-1</sup>), Starr (307.04 kg da<sup>-1</sup>), and Starr Spanish (259.91 kg da<sup>-1</sup>) genotypes had lower yield values. There is a significant difference of 148.59 kg da<sup>-1</sup> between Georgia Green, which has the highest yield, and Starr Spanish, which has the lowest yield. In the studies conducted, Ekin and Yolbaş (2022) reported a yield of 367.86-451.67 kg da<sup>-1</sup>, Boydak (2020) 352.01-553.45 kg da<sup>-1</sup>, and Çil et al. (2016) 252.5-428.3 kg da<sup>-1</sup>. These results are partially consistent with our findings, and the lower values in our results can be attributed to the differences in market types among the varieties. In terms of the first-quality pod ratio (FiQuPoRa), the 98-Australia genotype showed the highest value at 66.63%. This genotype was followed by Georgia Green (63.28%), Florispan (62.27%), and 96-Australia (61.10%) genotypes. The 57-422 Senegal (59.18%), New Mexico (58.83%), Starr Spanish (55.30%), and Starr (54.68%) genotypes had an average first-quality pod ratio, while the Argentina genotype showed the lowest value at 52.05%. There is a 14.58% difference between 98-Australia, which has the highest percentage of first-quality fruit, and Argentina, which has the lowest percentage. Kurt et al. (2016) reported that the marketability of produced peanuts depends on the first-grade pod ratio. In their study, they found the first-grade pod ratio to be between 71.8% and 91.6%, while Aşık et al. (2018) found the first-grade pod ratio of the Flower 22 variety belonging to the Virginia group to be the lowest; Batem-5025 (87.37%), NC-7 (85.24%), and Brantley (84.43%) varieties. Compared to previous studies, the first-quality pod ratio obtained in this study is at lower levels. This situation can be attributed to ecological and regional climatic conditions.

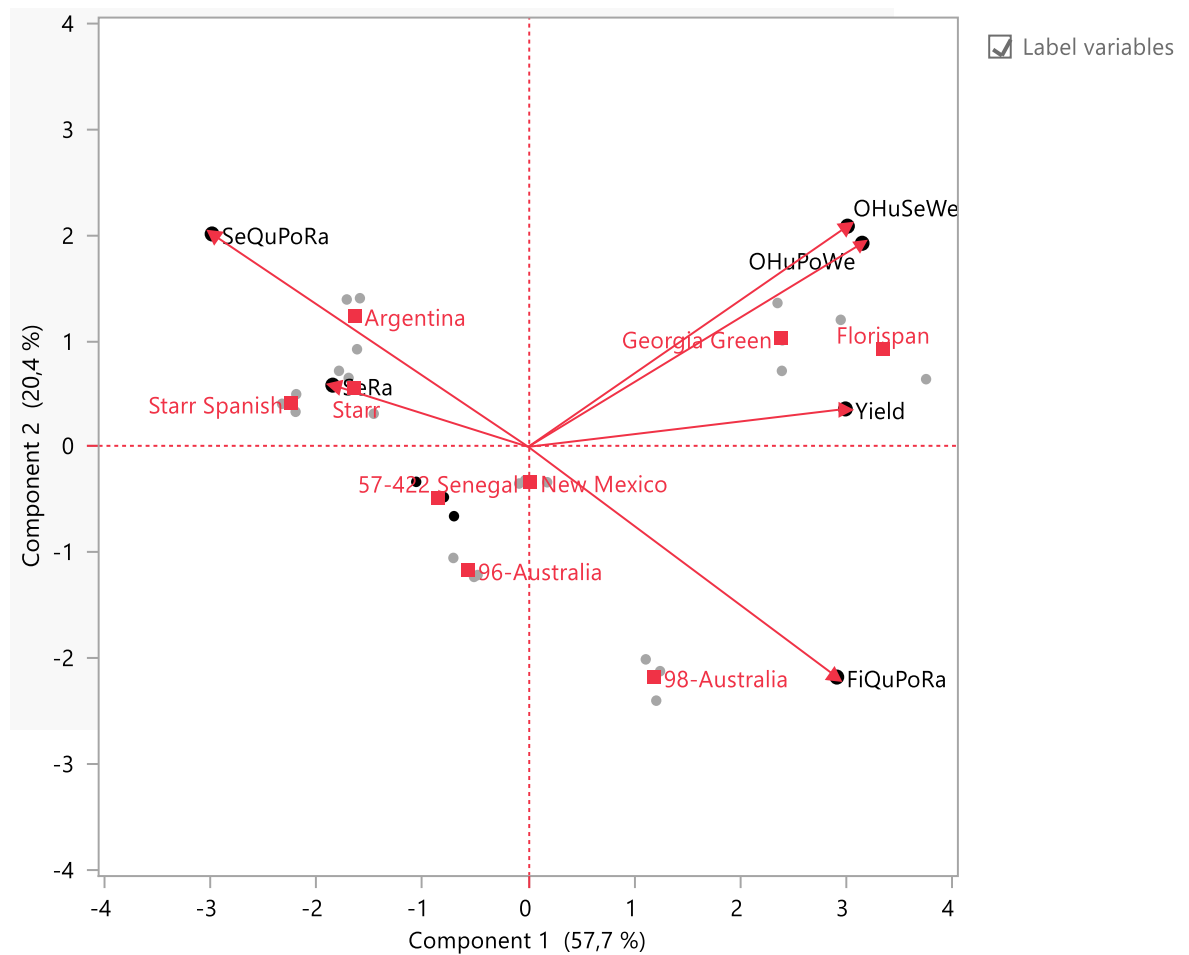
In terms of the second-grade pod ratio (SeQuPoRa), the Argentina genotype has the highest value at 46.24%. This genotype is followed by Starr Spanish (42.88%), Starr (42.70%), New Mexico (39.38%), and 57-422 Senegal (38.42%). Georgia Green (35.86%), 96-Australia (34.91%), Florispan (32.84%), and 98-Australia (32.22%) genotypes have lower second-quality pod ratios. There is a 14.02% difference between the highest second-quality pod ratio of Argentina and the lowest ratio of 98-Australia. In terms of hundred pod weight (OHuPoWe), the Florispan genotype stands out significantly from the others with 190.89 g. The Georgia Green genotype ranks second with 166.56 g. Argentina (106.22 g), New Mexico (105.14 g), Starr (104.32 g), 98-Australia (103.94 g), Starr Spanish (101.50 g), and 57-422 Senegal (98.88 g) genotypes show similar values, while the 96-Australia genotype has the lowest pod weight at 89.95 g. There is a significant difference of 100.94 g between Florispan, which has the highest hundred pod weight, and 96-Australia, which has the lowest value. In terms of 100 pod weight, studies conducted on the subject indicate that Kadiroğlu (2012) found the highest 100 pod weight (334.60 g) among different peanut varieties (Georgia Green, NC-7, Florispan, and Halisbey) from the Halisbey variety, while Koldanca (2016) reported the highest 100 pod weight (64.3 g) from the Halisbey variety among different peanut varieties (Halisbey, NC-7, and Batem-5025). In terms of hundred-seed weight (OHuSeWe), the Florispan (111.28 g) and Georgia Green (106.42 g) genotypes showed the highest values. These two genotypes are distinctly different from the others. Starr (65.53 g), Argentina (65.27 g), Starr Spanish (64.77 g), New Mexico (63.04 g), 57-422 Senegal (62.52 g), 98-Australia (60.84 g), and 96-Australia (58.33 g) genotypes have lower seed weight values. There is a significant difference of 52.95 g between Florispan, which has the highest hundred-seed weight, and 96-Australia, which has the lowest value. Hundred-seed weight is a fundamental yield-determining factor in peanuts because the healthier and heavier the seed, the higher the seed yield (Güven, 2025). Agan

(2010) reported 114–134 g, Canavar (2011) 59.13–94.06 g, and Hatipoğlu (2014) 60.28–63.92 g for hundred-seed weight. These results are consistent with the hundred-seed weight values obtained in our study. In terms of shelling ratio (SeRA), the genotypes 96-Australia (64.85%), Georgia Green (63.89%), Starr Spanish (63.81%), and 57-422 Senegal (63.23%) showed the highest values. The genotypes Starr (62.82%), Argentina (61.40%), New Mexico (59.96%), 98-Australia (58.53%), and Florispan (58.28%) had lower shelling ratio values. There is a 6.57% difference between the genotype with the highest shelling ratio (96-Australia) and the one with the lowest value (Florispan). The shelling ratio in the study ranged from 62.92% to 66.43% in 2014, 64.78% in 2014, 67.70% in 2015, and between 63.85% and 67.07% on a two-year average (Güllüoğlu et al. 2016). When all parameters are evaluated together, it is observed that the Georgia Green genotype exhibits a balanced and superior performance in terms of both yield and quality parameters. This genotype ranks among the top in terms of first-quality pod ratio, hundred-pod weight, hundred-seed weight, and shelling ratio, in addition to having the highest yield value. The Florispan genotype ranks second in terms of yield and has the highest values for hundred pod weight and hundred seed weight. However, its low shelling ratio is considered a disadvantage. The 98-Australia genotype stands out in terms of quality due to its highest first-grade pod ratio and lowest second-grade pod ratio. However, the low shelling ratio of this genotype can be seen as a disadvantage. The Argentina genotype is at a disadvantage in terms of quality due to its lowest first-grade pod ratio and highest second-grade pod ratio. The 96-Australia genotype attracts attention with its highest shelling ratio, but its lowest hundred pod weight and hundred seed weight are among its disadvantages. The Starr Spanish genotype, despite having the lowest yield value, stands out due to its high shelling ratio. These detailed analysis results provide important information for selecting suitable genotypes according to different cultivation objectives. For yield-focused production systems, Georgia Green and Florispan are recommended, while 98-Australia and Georgia Green are suggested for quality-focused production systems. For balanced production systems, Georgia Green is recommended. Additionally, breeding studies between 98-Australia, which has a high first-quality pod ratio, and Georgia Green, which has a high yield value, could contribute to the development of new varieties with superior traits in both yield and quality. Florispan's significant superiority in terms of pod and seed weight indicates that this genotype can be used in breeding programs aimed at increasing grain size (Table 1). In this study on peanut genotypes, the relationships between the yield and quality characteristics of nine different genotypes were examined using correlation analysis. As seen in the correlation table, there are significant relationships between yield and other quality parameters. A positive and statistically very significant ( $r = 0.5179^{**}$ ) relationship was found between yield and the first-quality pod ratio (FiQuPoRa). This indicates that an increase in yield is associated with an increase in the first-quality pod ratio. It is understood that high-yielding genotypes tend to produce high-quality products. A negative and statistically very significant ( $r = -0.4935^{**}$ ) relationship was found between yield and the second-quality pod ratio (SeQuPoRa). This result indicates that as yield increases, the second-quality pod ratio decreases. Positive and statistically significant ( $r = 0.6101^{**}$  and  $r = 0.5938^{**}$ , respectively) relationships were also identified between yield and hundred pod weight (OHuPoWe) and hundred seed weight (OHuSeWe). This indicates that genotypes with higher pod and seed weights generally have higher yields. A negative but statistically insignificant relationship ( $r = -0.3626$ ) was found between yield and shelling ratio (SeRA). A very strong, negative, and statistically significant relationship ( $r = -0.9547^{**}$ ) was identified between the first-quality

pod ratio (FiQuPoRa) and the second-quality pod ratio (SeQuPoRa). This result indicates that as the first-quality pod ratio increases, the second-quality pod ratio decreases significantly. There are positive but statistically insignificant relationships ( $r = 0.3677$  and  $r = 0.3432$ , respectively) between the first-quality pod ratio and the hundred-pod weight (OHuPoWe) and the hundred-seed weight (OHuSeWe). A negative but statistically insignificant relationship ( $r = -0.3093$ ) was found between the first-quality pod ratio and the shelling ratio (SeRA). There are negative and statistically significant relationships between the second-quality pod ratio (SeQuPoRa) and the face pod weight (OHuPoWe) and face seed weight (OHuSeWe) ( $r = -0.4234^*$  and  $r = -0.3897^*$ , respectively). This result indicates that as pod and seed weight increase, the second-quality pod ratio decreases. A positive but statistically insignificant ( $r = 0.3118$ ) relationship was found between the second-quality pod ratio and the shelling ratio (SeRA). There is a very strong, positive, and high correlation ( $r = 0.9886$ ) between hundred pod weight (OHuPoWe) and hundred seed weight (OHuSeWe). This indicates that genotypes with higher pod weight also have higher seed weight. A negative but statistically insignificant ( $r = -0.3314$ ) relationship was found between hundred pod weight and shelling ratio (SeRA). A negative but statistically insignificant ( $r = -0.1923$ ) relationship was also found between hundred seed weight (OHuSeWe) and shelling ratio (SeRA). These correlation analysis results provide important information that should be considered when determining selection criteria in peanut breeding programs. In particular, the positive relationship between yield and first-quality pod ratio indicates that selection can be made in the same direction for both traits. Additionally, the strong positive relationships between yield and hundred-pod weight and hundred-seed weight are important for indirect selection. Selecting genotypes with high pod and seed weight may indirectly contribute to increased yield. The very strong negative relationship between the first-quality pod ratio and the second-quality pod ratio indicates that these two traits are alternatives to each other and that selection for the first-quality pod ratio will automatically reduce the second-quality pod ratio. A very strong positive relationship has been identified between hundred pod weight and hundred seed weight (Table 2). Şahin et al. (2023) found positive relationships between pod yield and hundred pod weight and hundred seed weight in their study. This result is consistent with our findings.

**Table 2. Correlation coefficients among agromorphological traits of peanut genotypes**

	Yield	FiQuPoRa	SeQuPoRa	OHuPoWe	OHuSeWe	SeRa
Yield	1,0000	0,5179**	-0,4935**	0,6101**	0,5938**	-0,3626
FiQuPoRa		1,0000	-0,9547**	0,3677	0,3432	-0,3093
SeQuPoRa			1,0000	-0,4234*	-0,3897*	0,3118
OHuPoWe				1,0000	0,9886	-0,3314
OHuSeWe					1,0000	-0,1923
SeRa						1,0000



**Figure 1. Biplot between PC1 and PC2 for agro-morphological traits of peanut genotypes**

This study on peanut genotypes presents the principal component analysis (PCA) graph of the parameters and genotypes examined. This graph visualizes the relationships in a multidimensional data set on a two-dimensional plane, making the relationships between genotypes and traits more understandable. In the graph, the first component (Component 1) explains 57.7% of the total variation, while the second component

(Component 2) explains 20.4%. Together, these two components account for approximately 78.1% of the total variation in the dataset. The relationships between traits and genotypes in the graph can be interpreted as follows: Yield, OHuPoWe (hundred pod weight), and OHuSeWe (hundred seed weight) parameters are located on the right side of the graph and close to each other. This indicates strong positive correlations between these three traits. As seen in the correlation table, there are significant positive relationships between yield and face pod weight ( $r = 0.6101^{**}$ ) and face seed weight ( $r = 0.5938^{**}$ ). The FiQuPoRa (first-quality pod ratio) parameter is located in the lower right part of the graph. This parameter is in the same direction as the yield and seed weight parameters but at a more distant position. This indicates that there are positive but weaker relationships between the first-quality pod ratio and the yield and seed weight parameters. The SeQuPoRa (second-quality pod ratio) parameter is located in the upper left part of the graph and directly opposite FiQuPoRa. This indicates a strong negative relationship between these two parameters. As seen in the correlation table, there is a very strong negative correlation ( $r = -0.9547^{**}$ ) between these two parameters. The SeRa (shelling ratio) parameter is located on the left side of the graph and opposite the yield parameter. This indicates a negative relationship between shelling ratio and yield. A negative relationship ( $r = -0.3626$ ) was also detected between these two parameters in the correlation table. When evaluated in terms of genotypes: The Georgia Green and Florispan genotypes are located on the right side of the graph and close to the yield, hundred pod weight, and hundred seed weight parameters. This indicates that these two genotypes have high yield and seed weight values. The 98-Australia genotype is located on the lower right side of the graph and close to the FiQuPoRa parameter. This indicates that this genotype has a high first-quality pod ratio. The Argentina genotype is located on the upper left side of the graph and close to the SeQuPoRa parameter. This indicates that this genotype has a high second-quality pod ratio. The Starr and Starr Spanish genotypes are located on the left side of the graph and close to the SeRa parameter. This indicates that these genotypes have a high shelling ratio. The 96-Australia genotype is located at the bottom of the graph and in a separate position from the other genotypes. This indicates that this genotype has a different profile from the other genotypes in terms of the parameters examined. The 57-422 Senegal and New Mexico genotypes are located near the center of the graph. This indicates that these genotypes have average values in terms of the parameters examined. This PCA graph visually illustrates the differences and similarities between peanut genotypes and the relationships between their characteristics. As seen in the graph, there are significant differences between genotypes, and these differences provide important information for selecting suitable genotypes according to different cultivation objectives. In terms of yield and seed weight, Georgia Green and Florispan stand out, while 98-Australia leads in terms of first-quality pod ratio, and Starr and Starr Spanish in terms of shelling ratio.

## CONCLUSION

In this study, the performance of nine different peanut genotypes was evaluated in terms of agronomic and quality parameters. The results obtained revealed statistically significant differences among the genotypes examined in all parameters. In terms of yield, the Georgia Green genotype ( $408.50 \text{ kg da}^{-1}$ ) showed significantly superior performance compared to other genotypes. This genotype was followed by Florispan ( $383.00 \text{ kg da}^{-1}$ ) and New Mexico ( $379.07 \text{ kg da}^{-1}$ ). The high yield potential of Georgia Green, its high percentage of first-quality

fruit, high number of fruits per plant, high seed weight, and moderate shelling ratio indicate that this genotype performs well. When evaluated in terms of quality parameters, the 98-Australia genotype stood out with the highest first-quality pod ratio (66.63%) and the lowest second-quality pod ratio (32.22%). The Florispan genotype was significantly superior to other genotypes in terms of hundred pod weight (190.89 g) and hundred seed weight (111.28 g). In terms of shelling ratio, the 96-Australia (64.85%), Georgia Green (63.89%), and Starr Spanish (63.81%) genotypes showed the highest values. Correlation analysis results revealed positive and significant relationships between yield and first-quality pod ratio ( $r = 0.5179^{**}$ ), hundred pod weight ( $r = 0.6101^{**}$ ), and hundred seed weight ( $r = 0.5938^{**}$ ). This indicates that high-yielding genotypes tend to produce higher-quality products. A negative relationship ( $r = -0.9547^{**}$ ) was determined between the first-quality pod ratio and the second-quality pod ratio. The positive relationship between hundred pod weight and hundred seed weight ( $r = 0.9886$ ) suggests that these two traits are genetically linked. Principal component analysis (PCA) revealed that the examined traits explained 78.1% of the total variation and that genotypes were distinctly grouped according to different traits. The Georgia Green and Florispan genotypes stood out in terms of yield and seed weight, the 98-Australia genotype in terms of first-quality pod ratio, the Argentina genotype in terms of second-quality pod ratio, and the Starr and Starr Spanish genotypes in terms of shelling ratio. These research results provide important information for the selection of suitable genotypes according to different cultivation objectives. When evaluated in terms of yield, Georgia Green and Florispan stand out, while 98-Australia and Georgia Green are preferred for quality. Additionally, breeding studies between 98-Australia, which has a high first-quality pod ratio, and Georgia Green, which has a high yield value, could contribute to the development of new varieties with superior traits in both yield and quality. The distinct superiority of Florispan in terms of pod and seed weight indicates that this genotype can be used as a valuable genetic resource in breeding programs aimed at increasing grain size. In conclusion, this study has provided important data that will serve as a basis for variety selection and breeding programs suitable for regional conditions by revealing the performance of peanut genotypes in terms of agronomic and quality parameters.

**Conflict of Interest Statement:** The authors declare that they have no conflict of interest.

**Summary of Researcher Contribution Declaration:** The authors declare that they have contributed equally to the article.

## REFERENCES


- Adinya, I. B., Enun, E. E., & Ijoma, J. U. (2010). Exploring profitability potentials in groundnut *Arachis hypogaea* production through agroforestry practices: A case study in Nigeria. *The Journal of Animal and Plant Sciences*, 20(2), 123-131.
- Ağan, Y. A. (2010). A study on the effect of nitrogen fertilizer applied at different rates and times on yield and some agricultural characteristics in peanut cultivation [Master's thesis, Çukurova University]. 61 pp.
- Ağan, Y. A. (2025). Determination of the effect of different planting densities on leaf area index and yield in the cultivation of peanuts (*Arachis hypogaea* L.) as the primary and secondary crops [Doctoral dissertation, Çukurova University]. 219 pp.
- Anonymous. (2024). Denizli Provincial Meteorology Directorate, Denizli.
- Arioglu, H. H. (1999). Peanut cultivation improvement. In *Oil crops textbook* (p. 74). Ç.Ü.Z.F.

- Aşık, F. F., Yıldız, R., & Arıoğlu, H. H. (2018). Identification of new peanut varieties suitable for Osmaniye conditions and their important agricultural and quality characteristics. *Kahramanmaraş Sütçü İmam University Journal of Agriculture and Nature*, 21(6), 825-836.
- Baran, N., & Andırman, M. (2022). Determination of yield and yield characteristics of some peanut (*Arachis hypogaea* L.) varieties under Batman conditions. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 6(1), 58-63.
- Becker, W. M., & Jappe, U. (2014). Peanut allergens. In *History of Allergy* (Vol. 100, pp. 256-267). Karger Publishers.
- Boydak, E. (2020). Determination of yield and yield components of some peanut (*Arachis hypogaea* L.) varieties cultivated in the Eastern Passage Region. *Atatürk University Journal of Agriculture*, 51(3), 239-242.
- Canavar, Ö. (2011). The effect of different harvest times on the yield and yield components of groundnuts, as well as their fatty acid composition and aflatoxin concentration [Doctoral dissertation, Adnan Menderes University]. 108 pp.
- Elinç, H., & Erman, M. (2021). Research on the yield and some agricultural characteristics of some peanut varieties grown as the main crop under the ecological conditions of Siirt. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 5(3), 598-607.
- Gulluoglu, L., Bakal, H., Onat, B., Kurt, C., & Arıoğlu, H. (2016). The effect of harvesting date on some agronomic and quality characteristics of peanut grown in the Mediterranean region of Turkey. *Turkish Journal of Field Crops*, 21(2), 224-232.
- Güven, M. (2025). Determination of the effect of boron application in field conditions on boron nutrition, some yield and quality parameters in peanuts [Doctoral dissertation, Çukurova University].
- Hammons, R. O., Herman, D., & Stalker, H. T. (2016). Origin and early history of the peanut. In *Peanuts* (pp. 1-26). AOCS Press.
- Hatipoğlu, H. (2014). Determination of the optimal sowing time for the groundnut plant under Harran Plain conditions [Master's thesis, Harran University]. 61 pp.
- JMP®, Version 17. (2020). SAS Institute Inc., Cary, NC, 1989-2020.
- Kadiroğlu, A. (2016). Peanut cultivation. Western Mediterranean Agricultural Research Institute Directorate, Antalya, 1-2.
- Kadiroğlu, A. (2012). Comparison of single and double row planting methods in peanut cultivation according to different varieties and row spacing [Doctoral dissertation, Süleyman Demirel University].
- Khedikar, Y., Pandey, M. K., Sujay, V., Singh, S., Nayak, S. N., Klein-Gebbinck, H. W., & Bhat, R. S. (2018). Identification of main effect and epistatic quantitative trait loci for morphological and yield-related traits in peanut *Arachis hypogaea* L. *Molecular Breeding*, 38, 1-12.
- Koldanca, E. (2016). The effect of different planting times on yield and quality of some peanut (*Arachis hypogaea* L.) varieties under Bingöl conditions [Master's thesis, Bingöl University].
- Kurt, C., Bakal, H., Güllüoğlu, L., Onat, B., & Arıoğlu, H. (2016). Determination of important agronomic and quality characteristics of some peanut varieties under second crop conditions in the Çukurova region. *Journal of the Faculty of Agriculture*, 11(1), 112-119.
- Silva, E. D. B., Ferreira, E. A., Pereira, G. A. M., Silva, D. V., & Oliveira, A. J. M. (2017). Peanut plant nutrient absorption and growth. *Revista Caatinga*, 30, 653-661.
- Stalker, H. T., Tallury, S. P., Seijo, G. R., & Leal-Bertioli, S. C. (2016). Biology, speciation, and utilization of peanut species. In *Peanuts* (pp. 27-66). AOCS Press.
- Şahin, C. B., Yılmaz, M., Yıldız, R., & İşler, N. (2023). Comparison of quality and yield components of peanut market types using PCA. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 26(3), 610-618.
- Zhao, X., Chen, J., & Du, F. (2012). Potential use of peanut by-products in food processing: A review. *Journal of Food Science and Technology*, 49, 521-529.

## Modeling and Forecasting Eggplant Production Quantity in Türkiye with Artificial Neural Networks

Şenol ÇELİK<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Bingöl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootekni Bölümü, Bingöl, Türkiye

<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0001-5894-8986>

<sup>1</sup>senolcelik@bingol.edu.tr

**Geliş Tarihi: 08.09.2025 Düzeltme Geliş Tarihi: 21.09.2025 Kabul Tarihi: 23.09.2025**

### ABSTRACT

This study aimed to investigate eggplant production in Turkey using artificial neural networks. In this context, artificial neural networks (ANN) were applied to the dataset consisting of 64 the number of observations covering the period 1961-2024 using the hyperbolic tangent activation function. Here, years were treated as the independent variable, and eggplant production amount as the dependent variable. The ANN model was a network architecture with a single hidden layer, six processing elements (1-6-1), and the Levenberg–Marquardt backpropagation algorithm (trainlm) was used as the learning algorithm. Model performance was measured using Mean Square Error (MSE) and Mean Absolute Error (MAE). According to the results, the optimal MSE (1 196 450 266.58) and MAE (26 977.843) values were achieved. Forecasts made with the hyperbolic tangent function indicate an increasing trend in eggplant production during the 2025-2030 period. The average annual increase for this period is expected to be between 2600-3000 tons. These results demonstrate that artificial neural networks provide good results in modeling and forecasting crop production amounts.

**Key words:** Artificial neural networks, forecasting, eggplant, production

## Türkiye’de Patlıcan Üretim Miktarının Yapay Sinir Ağları ile Modellenmesi ve İleriye Yönelik Öngörü

### ÖZ

Bu çalışmada, yapay sinir ağları ile Türkiye’de patlıcan üretiminin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu kapsamda hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu 1961-2024 dönemimi kapsayan 64 tane gözlem sayısından oluşan veri setine yapay sinir ağları (YSA) uygulandı. Burada yıllar bağımsız değişken, patlıcan üretim miktarı ise bağımlı değişken olarak ele alınmıştır. YSA modeli tek gizli katmanlı, 6 işlem elemanlı (1-6-1) ve öğrenme algoritması olarak Levenberg–Marquardt geri yayılım algoritması (trainlm) olarak kullanılan bir ağ mimarisi şeklinde olmuştur. Model performansı Hata Kareler Ortalaması (MSE) ve Ortalama Mutlak Hata (MAE) kriterleri ile ölçülmüştür. Elde edilen sonuçlara göre, en uygun MSE (1 196 450 266,58) ve MAE (26 977,843) değerlerine ulaşılmıştır. Hiperbolik tanjant fonksiyonu ile yapılan tahminler ile patlıcan üretiminin 2025–2030 döneminde artan bir eğilim beklenmektedir. Bu döneme ait ortalama yıllık artış 2600-3000 ton arasında olacağı umulmaktadır. Bu sonuçlar, yapay sinir ağları yönteminin bitkisel üretim miktarının modellenmesi ve öngörüsünde iyi sonuçlar verdiğini göstermektedir.

**Anahtar kelimeler:** Yapay sinir ağları, öngörü, patlıcan, üretim

## GİRİŞ

Anavatanı Hindistan olan patlıcan, Solanaceae familyasının, Solanum cinsinden olup yenilebilir patlıcan türü botanik olarak Solanum melongena L. olarak isimlendirilmektedir. Sıcaklığı seven patlıcan bitkisi 15-35°C arasındaki sıcaklıklarda ticari üretimlerde 6 aylık bir vejetasyon süresinde yetiştirilmektedir (Alas ve ark., 2022). Türkiye, farklı iklimlere sahip bir ülkedir. Bu nedenle, Anadolu'da uzun yıllar yaşayan insanlar tarafından geliştirilen, Türkiye'nin patlıcan yetiştiriciliğinde ikinci önemli çeşitlilik bölgesi olmasına yardımcı olan yerel patlıcan çeşitlerinin oluşmasına katkı sağlamıştır. Patlıcanlar, bazı araştırmacılar tarafından erken olmaları, çevresel koşullar, kökenleri, şekilleri, rengi ve diğer özellikleri dikkate alarak sınıflandırılmıştır (Günay, 1992). 1925-1926 yılları arasında Türkiye'de patlıcan örnekleri toplamış olan Zhukovsky, bu örneklerden yola çıkarak Anadolu topraklarında beş farklı patlıcan çeşidini belirlemiştir (Galenbus, 1951). Patlıcan (Solanum melongena L.) Türkiye'de başta Akdeniz Bölgesi olmak üzere Ege, Marmara, Karadeniz ve Güney Doğu Anadolu Bölgeleri'nde ekonomik olarak yetiştiriciliği yapılan önemli kültür bitkilerdendir (Altınok ve ark., 2012). FAO (Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü) 2023 yılı verilerine göre Türkiye, 817 591 tonluk üretimle Çin, Hindistan ve Mısır'dan sonra dünyada dördüncü sıradadır (FAO, 2023). Tablo 1'de en fazla patlıcan üretimi yapılan ilk 10 ülke ve üretim miktarları verilmiştir.

**Tablo 1. Patlıcan üretimi (FAO, 2023)**

Sıra	Ülke	Üretim miktarı (ton)
1	Çin	39 244 168
2	Hindistan	12 792 000
3	Mısır	1 859 439
4	Türkiye	817 591
5	Endonezya	699 896
6	Bangladeş	681 196
7	İran	596 545
8	İtalya	317 980
9	Japonya	282 455
10	İspanya	260 410

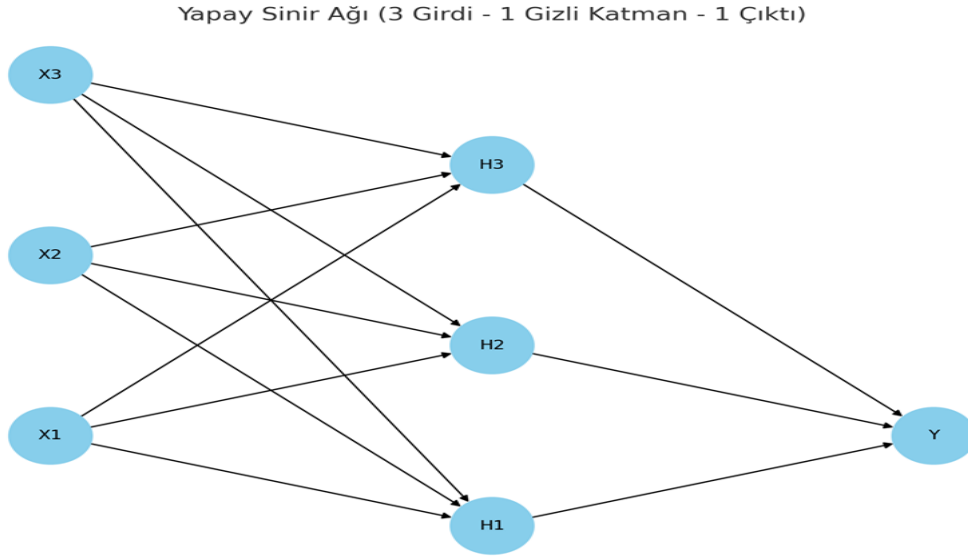
Patlıcanın insan beslenmesindeki yeri diğer sebze türlerine göre, küçümsenmeyecek kadar önemlidir. 100 gram patlıcanda 24 kalori, 1,1 g protein, 2 g yağ ve 5,5 g karbonhidrat vardır. Vitamin içeriği bakımından ise; 100 gramında 30 IU A vitamini, 0,4 mg B1 vitamini, 0,5 mg B2 vitamini ve 5 mg C vitamini bulunmaktadır (Anonim, 2025). Patlıcan, Hindistan'ın doğusunda yetişen bir sebze olup, tropik bölgelerde çok yıllık olarak yetişir. Ancak bu kuşağın dışındaki iklimlerde tek yıllık olarak yetiştirilir. Sıcak iklimlerde yetişen, kazık köklü bir bitkidir. Bu sebze, Afrika'ya yayılmış ve 16. yüzyılda İspanyollar tarafından Avrupa'ya getirilmiştir (Anonim, 2004).

Bu çalışmanın amacı, Türkiye'de yetiştirilen patlıcanın üretim miktarının yapay sinir ağları ile değerlendirilmesi ve ileriye yönelik öngörü yapılmasıdır.

## MATERYAL VE METOT

Araştırmanın materyalini 1961-2024 yılları arası (64 yıl) Türkiye’de patlıcan üretim miktarı (ton) oluşturmaktadır. Araştırmada kullanılan veriler yıllık olarak Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK)’in [www.tuik.gov.tr](http://www.tuik.gov.tr) ve <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> web sitesinden alınmıştır. Girdi değişkenleri yıllar, çıktı değişkenleri ise patlıcan üretim miktarıdır. Verilerin istatistik analizi Zaitun Time Series (Fathony ve ark., 2012) paket programı ile yapılmıştır. Gözlenen, tahmin edilen ve öngörü değerlerin birlikte grafiği ise R sürüm 4.4.2 (2024-10-31 ucrt) R Core Team (2024) ile gerçekleştirilmiştir.

Yapay Sinir Ağları (YSA) yapay zekâ yöntemlerinden birisidir. Yapay sinir ağı, insan beynindeki biyolojik nöronların mimarisinden esinlenmiştir. İlk yapay sinir ağı modellemesi 1943 yılında Warren McCulloch ve Walter Pitts tarafından gerçekleştirilmiştir. Basit biyolojik sinir sistemlerinin nasıl çalıştığını taklit ederek yapılan matematiksel modellerdir (Eğrioğlu ve ark., 2019). YSA girdi, gizli ve çıktı olmak üzere üç ana tabakadan oluşur. Her bir tabaka ise nöronlardan oluşmaktadır. Nöronların birbirleri ile bağlantıları ağı oluşturmaktadır (Kara, 2024). Girdi, gizli ve çıktı katmanlardan oluşan YSA diyagramı oluşturulabilir (Haykin, 1999; Rumelhart ve ark., 1986). R kodunun ürettiği 3 girdi, 1 gizli katman (3 nöron) ve 1 çıktı yapay sinir ağı diyagramının benzetilmiş hali Şekil 1’de verilmiştir.



**Şekil 1. Yapay sinir ağı bağlantıları ve şeması**

YSA'nın çalışma mekanizmasının temelinde nöron adı verilen unsurlar, katmanlar arasında çok yönlü bağlantı kurulmakta ve bu bağlantının gücüne göre ağırlıklandırma yapılır. Kendi aktivasyon fonksiyonuna sahip her bir nöron eğitime ve teste tabi tutularak en uygun ağırlık değerini alması gerçekleştirilir (Abbasi, 2009). YSA'da kullanılan aktivasyon fonksiyonu girdi ve çıktı arasındaki doğrusal olmayan eşleştiren fonksiyondur. En yaygın kullanılan aktivasyon fonksiyonlarından biri Hiperbolik tanjant fonksiyonudur ve aşağıdaki formül ile hesaplanır (Öztemel, 2012; Alp ve Öz, 2019).

$$f(x) = \frac{e^x - e^{-x}}{e^x + e^{-x}} \quad (1)$$

YSA model performansı genellikle Hata Kareler Ortalaması (MSE) ve Ortalama Mutlak Hata (MAE) ile tespit edilir. MSE ve MAE aşağıdaki gibi hesaplanır (Singh ve ark., 2009).

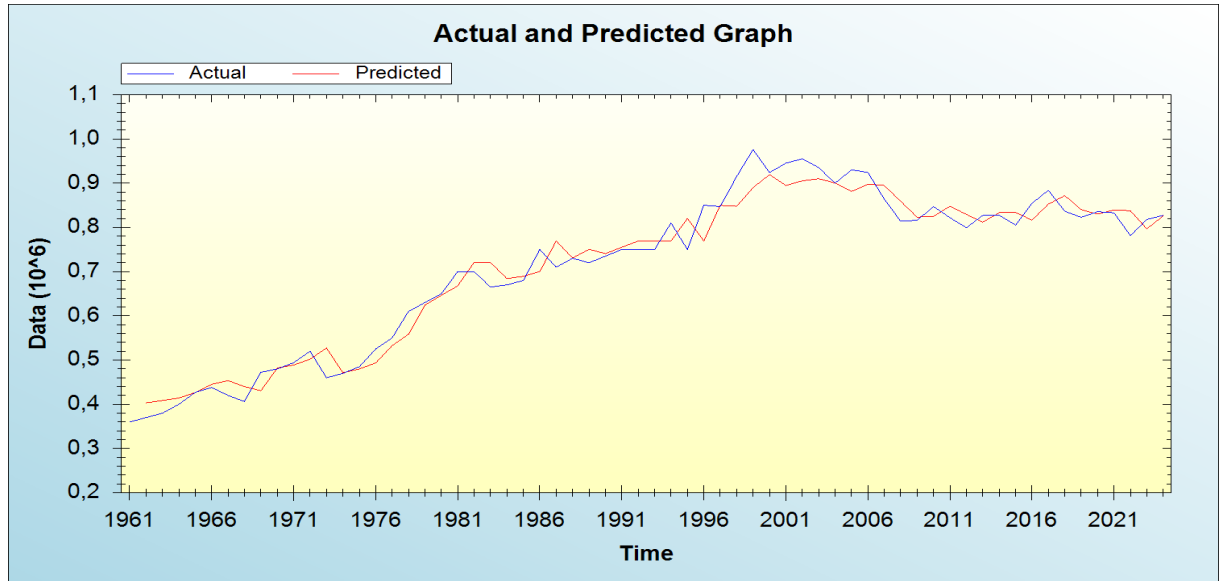
$$MSE = \frac{\sum_{i=1}^n (Y_i - \hat{Y}_i)^2}{n} \quad (2)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^n |Y_i - \hat{Y}_i|}{n} \quad (3)$$

Burada  $Y_i$ : Bağımlı değişkenin gözlenen değerleri,  $\hat{Y}_i$ : Bağımlı değişkenin tahmini değerleri,  $n$  ise gözlem sayısıdır.

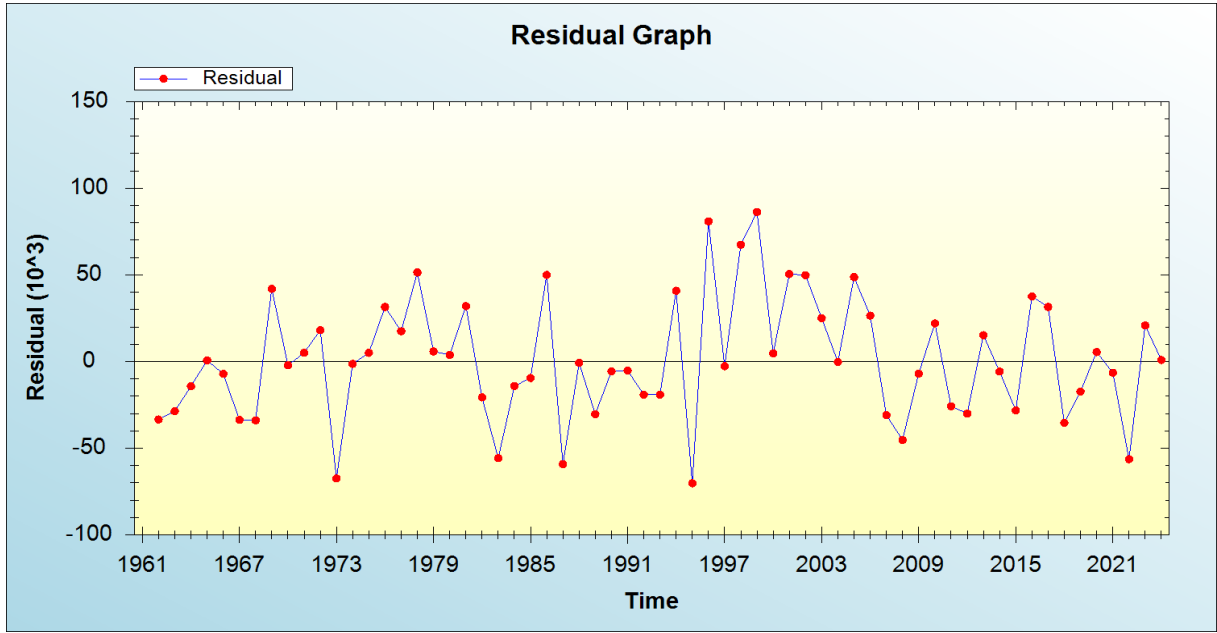
## BULGULAR VE TARTIŞMA

Hiperbolik tanjant aktivasyon fonksiyonu kullanılarak yapay sinir ağları (YSA) uygulamasıyla Hata Kareler Ortalaması (MSE)=1.196.450.267 ve Ortalama Mutlak Hata (MAE)=26978 olarak hesaplanmıştır. Diğer uyum iyiliği istatistiklerinden belirleme katsayısı ( $R^2=0.973$ ) ve düzeltilmiş belirleme katsayısı  $\bar{R}^2 = 0,966$  bulunmuştur. Gözlenen değerlerle tahmin edilen değerlerin birlikte grafiği Şekil 2’de gösterilmiştir.



Şekil 2. Gözlenen ve tahmin edilen değerler

Şekil 3’te görüldüğü gibi, 1961–2023 arasındaki süreçte model, verinin genel yükseliş trendini yakalamıştır. Özellikle 1980 sonrası artış trendinde gerçek ve tahmin değerleri oldukça yakın ilerlemiştir. 1970’lerin başında ve 1995–2005 arasında modelin tahminleri ile gerçek değerler arasında farklar göze çarpıyor. 1995–2000 döneminde model zaman zaman gerçek değerleri düşük tahmin etmiştir. 2001–2006 arasında bazı yıllarda model gerçek verinin üzerinde tahmin yapmıştır. 2010-2023 yılları arasında model ve gerçek değerler birbirine oldukça yakın gitmektedir ve bu durum modelin son dönemde daha stabil tahmin yaptığını göstermektedir. YSA modeline ait hata terimlerinin dağılımının grafiği Şekil 2’de sunulmuştur.



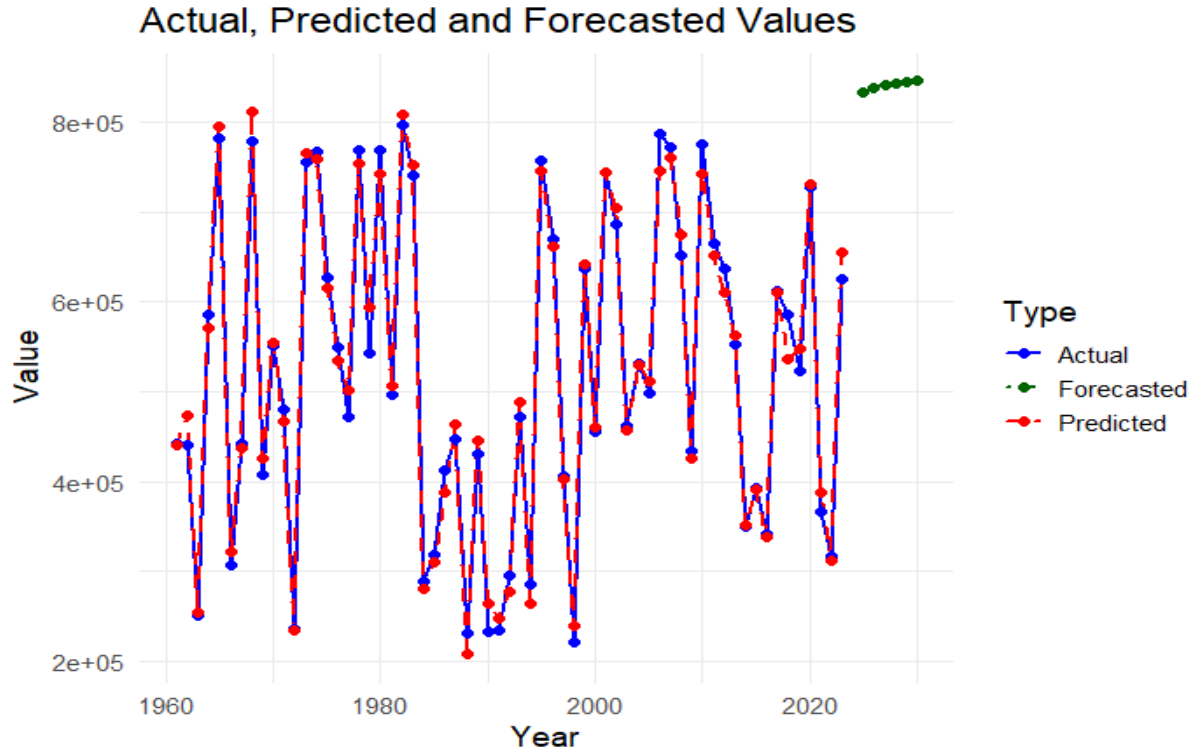
Şekil 3. Hata terimleri grafiği

Şekil 3'te, hata terimleri tahmin edilen değer ile gözlenen değer arasındaki farkı temsil etmektedir. Bu grafikte hata terimleri hem pozitif hem de negatif yönde dalgalanmıştır. 1990'lardan itibaren hata terimlerinin dalgalanma şiddeti artmış görünüyör (özellikle 1995–2005 arası daha yüksek oynaklık vardır). Hata terimlerinin sıfır etrafında dağılması modelin genel olarak uygun olabildiğini göstermektedir. 2025-2030 yılları arası geleceğe dönük öngörü değerleri hesaplanmıştır ve Tablo 2'de sunulmuştur.

Tablo 2. Patlıcan üretim miktarı (ton) öngörüsü

Yıllar	Öngörü
2025	833184
2026	837731
2027	841021
2028	843370
2029	845033
2030	846202

Tablo 2 incelendiğinde, üretimde artış eğilimi 2025 yılında 833184 tondan 2030'da 846202 ton seviyesine yükseliyor. Bu döneme ait ortalama yıllık artış yaklaşık 2600–3000 ton civarında seyretmektedir. Artış hızı önceki yıllardaki dalgalanmalara göre daha istikrarlıdır. Bu, modelin uzun vadede trendi yakaladığını ancak dalgalanmaları (kriz etkileri vb.) düzlediğini gösteriyor. Öngörü sonucunda model, 2025–2030 arasında ölçülü bir artış öngörmekte ve genel artış trendini sürdürmektedir. Gelecek 6 yıl için öngörü zamana bağlı olarak azalan oranlarda artış göstermiştir. Gerçek, tahmin edilen ve öngörü değerlerini içeren grafik Şekil 4'te verilmiştir.



**Şekil 4. Gerçek, tahmini ve öngörü değerleri**

Bir çalışmada, Türkiye’de 1988-2011 yılları arası patlıcan üretimi ilgili regresyon analizi yapılmış, yapılan analizle patlıcan üretimi kuadratik regresyon modeli ile tahmin edilmiştir. Yazarın çalışmasında 2012-2015 dönemi öngörü sonucunda üretim miktarında düşüş beklenmiştir (Çelik, 2012). Kullanılan istatistik yöntemi ve incelenen dönemin farklı olması nedeniyle bu çalışma sonuçlarıyla farklılık göstermiştir. İran’da 1990-2020 yılları arası patlıcan üretim verileri analiz edilmiş ve en uygun modelin kuadratik regresyon modeli olduğu tespit edilmiştir. En uygun modeli belirlemek için RMSE, Akaike Bilgi Kriterleri ve Schwarz Bayes Bilgi Kriterleri’nin minimum değerleri kullanılmıştır. 2020’den 2028’e kadar 1000 ton başına patlıcan için 615,819 ila 496,993 olacağı öngörüsü yapılmıştır. Yani patlıcan üretiminde düşüş beklenmiştir (Latifi ve Fami, 2021). Vatresia ve ark. (2023)’ün çalışmasında Endonezya’nın Bengkulu şehrinde 2000-2020 yılları arasındaki 21 yıllık verilere göre patlıcan bitkisinde yağış miktarı ile üretim miktarı arasındaki ilişkinin istatistik analizi yapılmıştır. Regresyon analizi kullanılmış ve doğrusal regresyon modelinin uygun olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmada kullanılan istatistik yöntemine ait patlıcan üretimi ile yapılan çalışmalar sınırlı sayıda olduğu için çok geniş bir tartışma yapılamamıştır. Dolayısıyla tartışılan çalışmalardaki sonuçlar ile bu çalışma sonuçları farklılık göstermiştir. Çünkü farklı iklim, bölge ve ekolojik şartların olması, farklı zaman aralığında farklı istatistik yöntemlerinin kullanılmasındır.

## SONUÇ

Bu çalışmada yapay sinir ağları ile Türkiye’de patlıcan üretim miktarı modellenmiştir. Girdi değişkeni yıllar (1961-2024) olup, çıktı değişkeni ise üretim miktarı kullanılmıştır. Aktivasyon fonksiyonlarından doğrusal ve hiperbolik aktivasyon fonksiyonları kullanılmıştır. En uygun olan hiperbolik tanjant fonksiyonu sonuçlarına göre model oluşturuldu. Bu aktivasyon fonksiyonunda en küçük MSE ve MAE değerleri elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, uygulanan YSA yönteminin iyi tahminler verdiğini ortaya koymuştur. Eğitim, test ve doğrulama

aşamalarındaki düşük MSE ve MAE değerleri de bunu doğrulamaktadır. Hiperbolik tanjant fonksiyonu kullanılarak analiz edilen YSA ile, Türkiye’de 2025-2030 döneminde patlıcan üretim miktarının 833 184 ton ile 846 202 ton arasında olacağı beklenmektedir. 2024 yılına göre gelecek 6 yıllık periyotta patlıcan üretiminde artış beklenmektedir. 6 yıl sonra bu artışın %2,32 olacağı beklenmektedir. Öngörü dönemine ait yıllık ortalama artışın yaklaşık 2600–3000 arasında olması beklenmektedir. Geleceğe ait tahmin çalışmalarında yapay sinir ağları ve alternatif teknikleri kullanarak ziraat alanında iyi sonuçlar vereceği söylenebilir.

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Makale yazarı herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti:** Yazar makaleye %100 oranında katkı sağlamış olduğunu beyan eder.

## KAYNAKLAR

- Abbasi, B. (2009). A neural network applied to estimate process capability of non-normal processes. *Expert Systems with Applications*, 36, 3093-3100.
- Alas, E., Öztekin, G.B., & Boyacı, H.F. (2022). Türkiye patlıcan üretiminin mevcut durumu. *Bahçe*, 51(Özel Sayı 1), 435–447.
- Altınok, H. H., Can, C., Dikilitaş, M., & Çolak, H. (2012). Türkiye'de Açık Tarla Patlıcan Yetiştiriciliğinde Fusarium Solgunluk Hastalığının Yaygınlığı ve İzolatların Virülenslikleri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 16(3), 342-352.
- Anonim, (2004). Tarımsal Yapı, Üretim, Fiyat, Değer, D.İ.E.
- Anonim, (2025). Patlıcan. <https://tr.wikipedia.org/wiki/Patlıcan> (24.08.2025).
- Çelik, Ş. (2012). Türkiye’de sebze üretiminin regresyon analizi ile modellenmesi ve ileriye yönelik üretim tahmini. 8. Ulusal Sebze Tarımı Sempozyumu, 12-14 Eylül 2012, Konya.
- Eğrioğlu, E., Yolcu, U., & Baş, E. (2019). Yapay sinir ağları öngörü ve tahmin uygulamaları. Ankara: Nobel.
- Fathony, R. Z. A., Wibowo, S. H., Kurniawan, W., Hasan, M. F., Sholihah, A. M., Rismawaty, & Amelia, L. (2012). Zaitun time series (Version 0.2.1) [Software]. Zaitun Software. Release: May 22, 2012; Latest update: August 30, 2015. <https://www.zaitunsoftware.com>
- FAO, (2023). Food and Agriculture Organization of the United Nations. Crops and livestock products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (11.08.2025).
- Galenbus, V. L. (1951). Anatolian eggplants (Anadolu Patlıcanları). *Türkiye’nin Zirai Bünyesi (Anadolu). Türkiye Şeker Fabrikaları A.Ş. Neşriyatı*, (20), 738- 745.
- Günay, A. (1992). Özel sebze yetiştiriciliği. Çağ Publish, Ankara, Turkey, Cilt 4
- Haykin, S. (1999). *Neural networks: A comprehensive foundation* (2nd ed.). Prentice Hall.
- Kara, M.A. (2024). Fındık fiyatlarının yapay sinir ağları ile tahminlenmesi: Türkiye örneği. *Batman Üniversitesi Yaşam Bilimleri Dergisi*, 14(1), 31-42.
- Latifi, Z., & Fami, H.S. (2021). An investigation of vegetable production in Iran by using time series models. *Fundamental and Applied Agriculture*, 6(4), 367-382. doi:10.5455/faa.129347
- R Core Team. (2024). R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing. <https://www.R-project.org/>
- Rumelhart, D. E., Hinton, G. E., & Williams, R. J. (1986). Learning representations by back-propagating errors. *Nature*, 323(6088), 533–536. <https://doi.org/10.1038/323533a0>
- Singh, K. P., Basant, A., Malik, A., & Jain, G. (2009). Artificial neural network modeling of the river water quality. A case study. *Ecological Modelling*, 220(6), 888-895.
- TÜİK, (2025). Türkiye İstatistik Kurumu. Meyvesi için yetiştirilen sebzeler (ton). Patlıcan, <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>
- Vatresia, A., Faurina, R., & Simanjuntak, Y. (2023). Regression analysis for crop production using CLARANS algorithm. *Jurnal Online Informatika*, 8(1), 1-10. doi:10.15575/join.v8i1.1031

## The Effect of Beekeeping Activities on Growth, Development and Nutritional Quality in Natural Forage Plants Used in Animal Husbandry

Zeynep ÜRÜŞAN<sup>1</sup>, Mehmet İLKAYA<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup>Bingöl Üniversitesi Arıcılık Araştırma, Geliştirme Uygulama Ve Araştırma Merkezi

<sup>1</sup> <https://orcid.org/0000-0002-7749-5553>, <sup>2</sup> <https://orcid.org/0000-0002-1797-144X>

Geliş Tarihi: 04.09.2025 Düzeltme Geliş Tarihi: 06.10.2025 Kabul Tarihi: 10.10.2025

### ABSTRACT

Beekeeping activities serve as a critical ecological and economic bridge between the plant production and livestock sectors. Honey bees (*Apis mellifera*) significantly influence the growth, development and nutritional quality of forage plants through their pollination activities. In particular, in forage plants commonly used in animal husbandry, such as alfalfa (*Medicago sativa*), clover (*Trifolium spp.*), sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) and forage pea (*Pisum sativum ssp. Arvense L.*), bee pollination increases flowering intensity, raises seed setting rates, and supports biomass production. Various studies have shown that forage crops regularly pollinated by bees have increased crude protein content, digestibility, mineral content (especially calcium, phosphorus and magnesium) and total dry matter yield. The positive effects of pollination on the chemical composition of forage crops contribute to closing the gap in quality roughage in ruminant feeding. Furthermore, the enriched nutritional content of forage crops is also associated with increased yield and quality in animal products (milk, meat, and wool). The sustainable practice of beekeeping not only increases the productivity of forage crops but also serves to protect ecosystem services, support biodiversity, and strengthen the integration of agriculture and animal husbandry. There is a reciprocal and complementary interaction between beekeeping and the development of natural forage plants. This interaction is of strategic importance in terms of both increased productivity and quality in animal husbandry and environmental sustainability. Therefore, integrating beekeeping into the production systems of natural forage plants used in animal husbandry is considered an important approach that will create added value in the agricultural production chain.

**Key words:** Beekeeping, Pollination, Forage Crops, Growth and Development, Nutritional Quality, Animal Husbandry

### Arıcılık Faaliyetlerinin Hayvancılıkta Kullanılan Doğal Yem Bitkilerinde Büyüme, Gelişme ve Besin Kalitesine Etkisi

#### ÖZ

Arıcılık faaliyetleri, bitkisel üretim ve hayvancılık sektörleri arasında ekolojik ve ekonomik açıdan kritik bir köprü işlevi görmektedir. Bal arıları (*Apis mellifera*), yürüttükleri polinasyon faaliyetleri sayesinde yem bitkilerinin büyüme, gelişme ve besin kalitesini önemli ölçüde etkilemektedir. Özellikle yonca (*Medicago sativa*), üçgül (*Trifolium spp.*), korunga (*Onobrychis viciifolia*) ve yem bezelyesi (*Pisum sativum ssp. Arvense L.*) gibi

hayvancılıkta yaygın kullanılan yem bitkilerinde, arı polinasyonu çiçeklenme yoğunluğunu artırmakta, tohum bağlama oranını yükseltmekte ve biyokütle üretimini desteklemektedir. Çeşitli araştırmalar, arıların düzenli polinasyon sağladığı yem bitkilerinde ham protein oranı, sindirilebilirlik düzeyi, mineral madde içeriği (özellikle kalsiyum, fosfor ve magnezyum) ve toplam kuru madde veriminin arttığını ortaya koymaktadır. Polinasyonun yem bitkilerinin kimyasal bileşimi üzerindeki olumlu etkileri, ruminant beslemede kaliteli kaba yem açığının kapatılmasına katkı sağlamaktadır. Ayrıca yem bitkilerinin zenginleşmiş besin içeriği, hayvansal ürünlerde (süt, et ve yün) verim ve kalite artışıyla da ilişkilendirilmektedir. Arıcılık faaliyetlerinin sürdürülebilir yürütülmesi, yalnızca yem bitkilerinin üretkenliğini artırmakla kalmayıp aynı zamanda ekosistem hizmetlerinin korunmasına, biyoçeşitliliğin desteklenmesine ve tarım-hayvancılık entegrasyonunun güçlenmesine de hizmet etmektedir. Arıcılık ile doğal yem bitkilerinin gelişimi arasında karşılıklı ve tamamlayıcı bir etkileşim söz konusudur. Bu etkileşim, hem hayvancılıkta verim ve kalite artışı hem de çevresel sürdürülebilirlik bakımından stratejik önem taşımaktadır. Dolayısıyla arıcılığın, hayvancılıkta kullanılan doğal yem bitkilerinin üretim sistemlerine entegre edilmesi, tarımsal üretim zincirinde katma değer yaratacak önemli bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir.

**Anahtar kelimeler:** Arıcılık, Polinasyon, Yem bitkileri, Büyüme-gelişme, Besin kalitesi, Hayvancılık

## 1. GİRİŞ

Arıcılık, yalnızca bal, balmumu, propolis ve polen gibi ürünlerin üretimini sağlayan bir faaliyet olmanın ötesinde, ekosistem hizmetleri açısından da büyük öneme sahiptir. Arıcılığın özellikle tozlaşma (polinasyon) yoluyla bitkisel üretimi artırıcı etkisi, tarım ve hayvancılıkla entegre edilmesini stratejik hale getirmektedir (Klein vd., 2007). Hayvancılıkta kullanılan doğal yem bitkileri çoğunlukla otsu ve çiçekli türlerden oluşmakta ve bu türlerin verimi ile besin içeriği, büyük ölçüde tozlayıcı (polinatör) böceklerin etkinliğiyle ilişkilidir (Garibaldi vd., 2013). Arıların doğal yem bitkilerine sağladığı tozlaşma desteği, bu bitkilerde çiçeklenme yoğunluğunu, tohum verimini ve biyokütle üretimini arttırarak yem bitkilerinin toplam üretkenliğini doğrudan etkileyebilmektedir (Potts vd., 2016). Tozlaşma, bitkilerde sadece üretim miktarını değil, aynı zamanda ürün kalitesini de belirleyen temel bir faktördür. Nitekim, legüminöz (baklagil) ve kompozit (bileşikgiller) familyasından birçok yem bitkisi, entomofil (böceklerle tozlaşan) türler arasında yer almakta olup, arılar bu türler için başlıca tozlayıcı gruplardan biridir (Delaplane & Mayer, 2000). Örneğin, yonca (*Medicago sativa*), fiğ (*Vicia spp.*) ve üçgül (*Trifolium spp.*) gibi yüksek proteinli yem bitkilerinde arı tozlaşması, tohum bağlama oranlarını ve biyokütle verimini anlamlı düzeyde arttırmaktadır (Cane, 2002). Arıcılık faaliyetlerinin bu tür bitkiler üzerindeki etkileri, yalnızca ekolojik denge açısından değil, aynı zamanda ekonomik sürdürülebilirlik açısından da önem taşımaktadır. Çünkü yem bitkilerinde verim artışı, hayvansal üretim maliyetlerini düşürmekte ve yem kalitesi bakımından daha dengeli bir rasyon sunulmasına olanak sağlamaktadır (Klein vd., 2003). Besin kalitesi açısından, arıların sağladığı polinasyonun yem bitkilerinin besin bileşenlerini de etkilediği ortaya konmuştur. Arı tozlaşmasıyla artan tohum kalitesi ve genetik çeşitlilik, bu bitkilerin protein, enerji ve lif içeriklerinde anlamlı farklılıklara neden olabilmektedir. Ayrıca, arıcılığın yaygın olduğu alanlarda floristik zenginliğin artması, meralarda bitki çeşitliliğini desteklemekte ve otlatılan hayvanların daha dengeli bir besin almasına katkı sağlamaktadır. Bu durum, hayvansal ürünlerin kalitesine yansımakta olup, süt ve et veriminin artışına ve ürünlerdeki biyolojik değerlerin yükselmesine imkân tanımaktadır (Kevan ve Phillips, 2001). Diğer yandan, arıcılıkla entegre edilen yem bitkisi üretim sistemlerinin sürdürülebilir tarım uygulamaları kapsamında değerlendirilmesi de mümkündür. Özellikle kimyasal girdi kullanımının azaltılması, biyolojik çeşitliliğin korunması ve agroekolojik sistemlerin desteklenmesi açısından, arıcılık faaliyetlerinin yem bitkileriyle birlikte planlanması büyük avantajlar sağlamaktadır. Hayvancılıkla uğraşan

üreticilerin arıcılıkla entegre modelleri benimsemeleri hem yem üretiminde verimlilik artışı hem de doğal kaynakların korunması açısından stratejik bir yaklaşım olarak değerlendirilmektedir (Potts vd., 2016). Özellikle mera hayvancılığı yapılan alanlarda arıcılık faaliyetlerinin entegrasyonu, hem bitki örtüsünün sağlıklı bir şekilde korunması hem de mera kalitesinin sürdürülebilirliği açısından oldukça önemlidir. Doğal meralarda arıların sıklıkla ziyaret ettiği nektarlı ve polenli yem bitkileri, çoğu zaman hayvan beslemede temel protein ve enerji kaynaklarını oluşturmaktadır (Potts vd., 2016). Bu bitkilerin çiçeklenme başarısı, tohum verimi ve tür devamlılığı gibi özellikleri arıların sağladığı polinasyondan doğrudan etkilenmektedir. Örneğin, baklagil türlerinin çoğunda çapraz tozlaşma, genetik çeşitliliğin korunmasına ve dolayısıyla biyotik streslere karşı dirençli bireylerin varlığına katkı sağlamaktadır (Free, 1970). Arıcılığın sağladığı ekosistem hizmetlerinden biri de bitki çeşitliliğinin sürdürülmesine katkı sunmasıdır. Farklı arı türleri, farklı çiçek yapılarından nektar ve polen toplarken, bitki türleri arasında çapraz tozlaşmayı teşvik ederek, genetik varyasyonun artmasına ve bitki popülasyonlarının adaptasyon kapasitesinin yükselmesini sağlar (Çağlayan vd., 2025; Aizen ve Harder, 2007). Bu durum, iklim değişikliği ve çevresel stres faktörlerinin arttığı günümüzde, yem bitkilerinin çevresel değişimlere karşı daha dayanıklı hale gelmesini sağlamak açısından stratejik bir avantajdır (Potts vd., 2016). Yem bitkileri açısından arıcılık faaliyetlerinin yarattığı bir diğer olumlu etki, tohum üretimi ve yeniden ekim potansiyelinin artmasıdır. Özellikle tohumla çoğalan yem bitkilerinde (korunga, ak üçgül, fiğ vs.) bal arılarının tarlacılık faaliyeti, üreticilerin kendi tohumluklarını üretmesini kolaylaştırmakta ve dışa bağımlılığı azaltmaktadır (Delaplane vd., 2013). Bu da yem üretim maliyetlerinin düşmesini, yerel adaptasyona sahip çeşitlerin korunmasını ve yerel hayvancılık sistemlerinin daha dirençli hale gelmesini mümkün kılmaktadır (Aizen ve Harder, 2007). Arıcılığın yem bitkilerinin besin değeri üzerindeki etkileri ise daha çok dolaylı yollarla ortaya çıkmakta olup, bu etkiler protein içeriği, ham selüloz oranı, enerji düzeyi ve mineral madde bileşimleri açısından değerlendirilmektedir. Örneğin, polinasyon yoluyla verim artışı sağlayan bitkilerin daha fazla yaprak ve sürgün oluşturması, hayvanların tükettiği biyokütlenin besin yoğunluğunu da artırmaktadır (Abrol, 2012). Bu da doğrudan hayvan sağlığı, büyüme hızı ve ürün kalitesi üzerinde pozitif bir etki oluşturmaktadır; dolayısıyla hayvancılığın verimliliğini dolaylı olarak desteklemektedir (Aizen ve Harder, 2007). Arıcılıkla entegre yem bitkisi yönetiminin tarımsal üretim sistemlerinde benimsenmesi, aynı zamanda agroekolojik ilkelere dayalı sürdürülebilir bir üretim modeli olarak öne çıkmaktadır. Bu tür sistemlerde pestisit kullanımının azaltılması, toprak sağlığının korunması, doğal döngülerin desteklenmesi gibi çok yönlü faydalar söz konusu olmakta ve arıcılık da bu döngülerin merkezinde yer almaktadır (Kremen vd., 2002). Üstelik, arıcılığın yem bitkileri ile olan etkileşimi sadece ekonomik bir değer üretmekle kalmaz, aynı zamanda kırsal kalkınma, gıda güvenliği ve biyoçeşitlilik hedeflerine de doğrudan katkı sağlar (Ingram, 2018). Bununla birlikte, arıcılık faaliyetleri ile doğal yem bitkileri arasındaki ilişki karşılıklı bir ekolojik etkileşim modeli olarak değerlendirilmelidir. Arılar, nektar ve polen kaynağı olarak nitelikli yem bitkilerine ihtiyaç duymakta; buna karşılık bu bitkiler de başarılı üreme ve genetik süreklilik açısından arıların tozlaşma faaliyetine ihtiyaç duymaktadır (Albrecht vd., 2012). Bu simbiyotik ilişki, özellikle *Apiaceae*, *Fabaceae* ve *Asteraceae* familyalarına ait yem bitkilerinde daha belirgindir (Goulson, 2009). Özellikle baklagil kökenli yem bitkilerinde arıların tozlaştırma faaliyetleri, nitrojen fiksasyonu yapan bitki türlerinin yaygınlaşmasına da olanak tanımakta ve bu yolla mera topraklarında doğal gübreleme etkisi oluşturulmaktadır (Albrecht vd., 2012). Arıcılık faaliyetlerinin yem bitkileri üzerindeki etkileri, sadece verim artışıyla sınırlı kalmamakta, aynı zamanda biyotik ve abiyotik stres faktörlerine karşı dirençlilik açısından da

belirleyici olmaktadır. Örneğin, tozlayıcı eksikliği nedeniyle oluşan genetik daralma, yem bitkilerinde hastalık ve zararlılara karşı savunma mekanizmasını zayıflatabilmektedir (Ingram, 2018). Arıların gerçekleştirdiği çapraz tozlaşma ise populasyon içi genetik çeşitliliği artırarak, bitki topluluklarının biyotik streslere (fungal patojenler, yaprak zararlıları vb.) karşı toleransını artırmaktadır (Biesmeijer vd., 2006). Bu durum, özellikle organik hayvancılık yapan üreticiler açısından önemlidir. Zira pestisit kullanımı olmaksızın yem bitkisi kalitesini koruma stratejileri geliştirmek zorunluluğu söz konusudur. Hayvansal üretim açısından bakıldığında ise, kaliteli ve polifitik (çok çeşitli) bir yem kaynağına erişimin, hayvanların rasyon dengesini doğrudan etkilediği bilinmektedir. Özellikle geviş getiren hayvanlar için sindirilebilir ham protein, metabolik enerji, NDF/ADF oranı ve vitamin-mineral dengesi gibi besinsel faktörler, yem bitkisinin türüne, fenolojik evresine ve yetiştirme koşullarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Dixon ve Stockdale, 1999). Arıcılık faaliyetlerinin teşvik ettiği bitki çeşitliliği ve tozlaşmaya bağlı fenolojik düzenlilik, merada otlayan hayvanların yıl boyunca daha dengeli bir yem spektrumuna erişmesini sağlayarak hem canlı ağırlık artışı hem de süt kompozisyonu üzerinde olumlu etkiler yaratmaktadır (Burkle ve Runyon, 2017). Ayrıca bazı araştırmalar, polinatör faaliyeti artan alanlarda yetişen yem bitkilerinin, fenolik bileşenler ve antioksidan kapasite bakımından daha yüksek değerlere sahip olduğunu göstermektedir (Dixon, 2012). Bu durum, yem bitkilerinin yalnızca makro besin öğeleri bakımından değil, aynı zamanda fonksiyonel bileşenler açısından da daha zengin bir içeriğe sahip hale geldiğini göstermektedir. Bu sayede, süt, et ve yumurta gibi hayvansal ürünlerde insan sağlığı açısından daha tercih edilebilir niteliklerin ortaya çıkması mümkün olmaktadır (Change, 2001). Elde edilen bulgular, arıcılık faaliyetlerinin yalnızca doğrudan ekonomik katkılarla sınırlı kalmadığını; aynı zamanda gıda kalitesi ve hayvan refahı üzerinden dolayı faydalar sağladığını da ortaya koymaktadır (Change, 2001). Buna ek olarak, arıcılıkla yem bitkilerinin bir arada planlandığı sistemler, agroekolojik ilkelerin sahaya yansımaları bakımından dikkate değerdir. Özellikle döngüsel üretim yapılarında arıcılığın entegrasyonu; hem hayvansal üretim zincirine katkı sağlamakta, hem de pestisit kullanımını azaltarak doğal tozlayıcıların korunmasına destek vermektedir (Altieri vd., 2015). Bu tür entegre sistemler, yalnızca çevresel fayda sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda çiftçilerin ekonomik risklerini azaltmakta ve üretim sistemini iklim değişikliğine karşı daha dirençli hale getirmektedir (Kremen vd., 2002). Özellikle küçük ölçekli üreticiler için bu tür modeller, üretimde çeşitliliğin sağlanması ve tek bir ürüne bağımlılığın azaltılması bakımından kırsal kalkınmanın desteklenmesine de hizmet etmektedir (Ingram, 2018). Bu çerçevede arıcılık faaliyetlerinin yem bitkileri üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi, sadece biyolojik ya da ekolojik düzlemde değil; aynı zamanda tarım politikaları, arazi planlaması ve gıda sistemleri perspektifinden de ele alınmalıdır. Türkiye gibi tarım ve hayvancılığın büyük ölçüde küçük aile işletmeleri üzerinden sürdürüldüğü ülkelerde, arıcılık faaliyetlerinin yem üretim süreçlerine entegre edilmesi, kırsal gelir çeşitliliğini artırabilecek, hayvansal üretimin yem teminindeki dışa bağımlılığını azaltabilecek ve aynı zamanda bal üretimi gibi ikincil ekonomik gelirler sağlayarak çiftçi refahını yükseltebilecek bir potansiyel barındırmaktadır (İnci vd., 2022; Tüfenkci, 2023). Üstelik bu durum, hayvan refahı, ürün kalitesi ve çevresel sürdürülebilirlik gibi güncel politika hedefleriyle de örtüşmektedir. Bütün bu çok boyutlu katkılara rağmen, arıcılıkla doğal yem bitkileri arasındaki ilişkinin bitkisel üretim ve hayvancılık politikalarında yeterince yer bulmadığı ve bu ilişkinin bilimsel düzeyde sistematik biçimde araştırılmadığı dikkati çekmektedir. Özellikle arı popülasyonlarının küresel ölçekte düşüş eğiliminde olduğu bir dönemde (Goulson, 2009), bu gerilemenin dolaylı etkileri arasında yem bitkilerinin üretim sürekliliği, tohum verimliliği, kalite bileşimi ve mera

biyolojik çeşitliliği gibi temel unsurların da yer aldığı göz önünde bulundurulmalıdır. Bu bağlamda, tozlayıcı dostu üretim modellerinin yaygınlaştırılması, yalnızca arı sağlığını korumakla kalmayıp, aynı zamanda yem bitkileri üretiminin sürdürülebilirliğine ve dolayısıyla hayvancılık sektörünün girdi güvenliğine katkı sağlayacaktır (Potts vd., 2016). Günümüzde entegre tarım sistemleri, tarımsal üretimin farklı bileşenleri arasında sinerji oluşturan yapılar olarak öne çıkmakta; bu kapsamda arıcılıkla hayvancılığın, özellikle yem üretimi ekseninde entegrasyonu stratejik bir alan olarak değerlendirilmektedir (Goulson, 2009). Ancak literatürde, arıcılığın doğrudan hayvansal üretime yem kalitesi ve biyokütle verimi üzerinden katkılarını nicel ve karşılaştırmalı biçimde ele alan çalışma sayısı oldukça sınırlıdır. Mevcut çalışmalar daha çok tozlaşmanın tarla bitkileri ya da meyve-sebze üretimi üzerindeki etkilerine odaklanırken, doğal veya yarı-doğal yem bitkileri üzerindeki etkiler çoğunlukla göz ardı edilmektedir (Klein vd., 2007). Bu durum, arıcılık faaliyetlerinin hayvancılık sistemlerine entegrasyonunda önemli bir bilimsel boşluk oluşturmakta ve politika geliştiriciler için sınırlı veri temeline neden olmaktadır. Günümüzde tarımın sürdürülebilirliği yalnızca ürün miktarıyla değil, aynı zamanda agroekosistemlerin işleyişi, biyoçeşitliliğin korunması ve yerel ekolojik döngülerin devamlılığıyla ölçülmektedir. Bu çerçevede arıcılık, yalnızca bal üretimi gibi doğrudan ekonomik çıktılarla değil, aynı zamanda toprak, bitki ve hayvan etkileşimleri üzerinde oynadığı rol ile de dikkat çekmektedir (Deguines vd., 2014). Özellikle hayvancılık odaklı üretim bölgelerinde, arıcılığın yem bitkileriyle birlikte değerlendirilmesi, mera yönetim planlarının ekolojik temelli olarak yeniden yapılandırılmasına olanak tanımaktadır. Arıların aktif olduğu dönemlerle, yem bitkilerinin çiçeklenme ve besin üretim evrelerinin çakıştırılması gibi uygulamalar, hem arı kolonileri için yeterli nektar-polen kaynağı sağlamakta, hem de bitkisel üretimde verim ve kalite sürekliliği oluşturmaktadır (Decourtye vd., 2010). Bu yönüyle arıcılıkla yem bitkileri arasındaki etkileşim, yalnızca üretim ekolojisi bakımından değil, aynı zamanda arazi kullanım planlaması ve çiftlik içi kaynak yönetimi açısından da önemlidir. Özellikle monokültür baskın sistemlerin neden olduğu polinatör kıtlığı ve biyolojik yoksullaşmanın önlenmesi için, yem bitkisi rotasyonlarının arı dostu türlerle desteklenmesi, hem toprak verimliliği hem de hayvan besleme kalitesi için stratejik bir uygulama olarak değerlendirilmektedir (Woo-Durand, 2024). Böylece doğal yem kaynaklarına dayalı hayvancılık sistemlerinin, yerel flora-fauna ilişkilerine duyarlı hale getirilmesi ve bölgesel biyoçeşitliliğin sürdürülebilirliği sağlanabilir (Blaauw ve Isaacs, 2014). Ayrıca, arıcılık faaliyetleri ile yem bitkilerinin aynı üretim sistemi içinde değerlendirilmesi, yerel bilgi sistemlerinin ve geleneksel uygulamaların bilimsel yöntemlerle yeniden yorumlanmasına da imkân sunar. Kırsal bölgelerde hayvancılık yapan üreticilerin doğal mera ve çayır yönetiminde tarihsel olarak gözlemlere dayalı olarak geliştirdikleri bazı uygulamaların, günümüzde arı ekolojisi ve bitki biyolojisi temelinde açıklanabilir hale gelmesi, bilimsel bilginin yerele uyarlanması önemli bir örnek teşkil etmektedir (Altieri ve Toledo, 2011). Bu durum, yalnızca akademik bilgi üretimi açısından değil, aynı zamanda bilgi transferi, çiftçi eğitimi ve yerel kalkınma programlarının başarıya ulaşması açısından da büyük önem arz etmektedir. Biyolojik çeşitliliğin korunması bağlamında da arıcılık faaliyetlerinin yem bitkilerine sağladığı tozlaşma hizmetleri büyük önem taşımaktadır. Özellikle *fabaceae* (baklagiller), *Asteraceae* (papatyagiller), *Brassicaceae* (turpgiller) gibi pek çok doğal ve kültür yem bitkisi, arı tozlaşmasına orta veya yüksek derecede bağımlıdır (Potts vd., 2016). Bu bitkilerin çiçeklenme zamanında arı yoğunluğunun yeterli düzeyde olması, dölleme başarısını ve tohum verimliliğini artırmakta; bu da yem bitkilerinin hem rekoltesini hem de besin madde içeriğini doğrudan etkilemektedir (Garibaldi vd., 2013). Ayrıca, arıların sağladığı tozlaşma faaliyeti yalnızca kantitatif değil, aynı zamanda kalitatif (besinsel kalite,

biyoaktif bileşik konsantrasyonu, protein profili vb.) parametreleri de olumlu yönde etkilemektedir (Goulson, 2009). Bu bağlamda değerlendirildiğinde, arıcılık faaliyetleri yalnızca bal üretimi açısından değil, agroekosistemlerin işlevselliği ve yem bitkilerinin biyokimyasal profili açısından da kritik bir rol üstlenmektedir (İnci vd., 2021). Arıcılık ve yem üretimi arasındaki bu simbiyotik ilişkinin daha fazla anlaşılması, aynı zamanda hayvancılığın yem kaynaklı sürdürülebilirlik açmazlarının çözümünde yeni stratejiler geliştirilmesini de mümkün kılacaktır (Kremen vd., 2002). Diğer yandan, küresel iklim değişikliği hem arı popülasyonlarını hem de yem bitkilerinin fenolojik özelliklerini olumsuz yönde etkilemektedir. Özellikle çiçeklenme dönemlerindeki kaymalar, arılarla bitkiler arasındaki zamansal uyumu bozmakta ve tozlaşma başarısını azaltmaktadır (Memmott vd., 2007). Bu durum, hayvansal üretim için gerekli olan yem bitkilerinin verim ve kalitesinde dalgalanmalara neden olmakta, dolayısıyla yem temininde belirsizlik yaratmaktadır. Arıcılığın desteklenmesi ve agroekosistemlere entegre edilmesi, bu risklerin azaltılmasında stratejik bir öneme sahiptir (Kremen vd., 2002). Ekosistem temelli üretim modellerinin geliştirilmesi, günümüzde sadece çevresel sürdürülebilirliği değil aynı zamanda üretim verimliliğini ve ekonomik istikrarı da kapsayan bütüncül bir yaklaşıma dönüşmüştür. Bu bağlamda, arıcılığın yem bitkileriyle olan karşılıklı etkileşimi, agroekosistemlerin doğrudan biyotik dayanıklılığını artırmakta ve yem verimliliğini artıran doğal süreçlerin sürdürülmesini mümkün kılmaktadır (Woo-Durand, 2024). Özellikle azot fiksasyonu yapan baklagillerin (*Medicago sativa*, *Trifolium pratense* vb.) çiçeklenme kalitesi ve döllenme oranı arıların tarlacılık faaliyetlerinden büyük ölçüde etkilenmekte, bu da hayvancılığın kaba yem kaynağının biyokütle potansiyelini doğrudan etkilemektedir (Free, 1970; Klein vd., 2007). Besin kalitesi açısından bakıldığında ise, arıların yoğun tozlaşma gerçekleştirdiği yem bitkilerinde; ham protein, çözümlenebilir karbonhidratlar, esansiyel amino asitler ve sekonder metabolit bileşenlerinin içerik ve dengelerinde belirgin iyileşmeler gözlemlenmektedir (Albrecht vd., 2012). Bu tür biyokimyasal değişiklikler özellikle süt ve et veriminde kalite parametrelerini iyileştirmekte; aynı zamanda hayvanların bağışıklık sistemi, sindirim performansı ve yemden yararlanma oranı üzerinde de olumlu etkiler yaratmaktadır (Kumar vd., 2024). Arıcılığın yem bitkileriyle entegrasyonunun yaygınlaştırılması için politika temelli teşvik mekanizmalarının geliştirilmesi, bu ilişkinin sürdürülebilir bir tarım sistemi içinde kurumsallaşmasını sağlayabilir. Tarım ve Orman Bakanlıkları nezdinde geliştirilecek biyolojik çeşitlilik destekleme programları, mera ıslahı projelerinde arıcılık dostu bitki çeşitlerinin tercih edilmesi ve agroekolojik planlamalarda arıcılık-etkileşimli bitki rotasyon sistemlerinin uygulanması bu bağlamda önemli adımlar olacaktır (Ingram, 2018; Potts vd., 2016). Ayrıca, arıcılık faaliyetlerinin sadece tozlaşma hizmetiyle sınırlı kalmadığı, aynı zamanda toprağın mikrobiyal faaliyetlerinden su döngüsüne kadar geniş bir ekosistem etkileşim ağını desteklediği bilinmektedir (Kremen vd., 2002). Bu durum yem bitkilerinin sadece niceliksel değil, aynı zamanda niteliksel büyüme potansiyelinin de artırılmasında arıcılığın vazgeçilmez bir destekleyici unsur olduğunu göstermektedir. Arıcılığın yem bitkileri üzerindeki etkisi yalnızca morfolojik büyüme parametreleriyle sınırlı kalmayıp, bitkilerin fizyolojik ve metabolik süreçlerinde de belirgin değişimlere yol açmaktadır. Özellikle flavonoidler, fenolik bileşikler ve uçucu yağ asitleri gibi sekonder metabolitlerin sentezi, tozlayıcı aktivitesine bağlı olarak artış gösterebilmektedir (Ghazoul, 2006; Herrera, 2000). Bu bileşikler, yalnızca bitkinin kendini patojenlere karşı savunmasında değil, aynı zamanda yem olarak değerlendirildiğinde hayvan sağlığına katkı sunan antioksidan ve immunomodülatör etkilerde de rol oynamaktadır (Kazemi ve Ariapour, 2025). Özellikle arıcılığın yoğun olduğu alanlarda doğal meralarda ve kültüre alınmış yem bitkisi tarlalarında

yapılan gözlemler, çiçeklenme dönemlerinin uzadığı, tohum bağlama oranlarının yükseldiği ve bitki boyu ile yaprak alan indeksinin arttığını ortaya koymaktadır (Potts vd., 2016). Bu tür yapısal büyüme avantajları, kaba yem üretim kapasitesini artırmakla kalmaz, aynı zamanda hayvancılıkta verim üzerinde doğrudan etkili olan sindirilebilirlik, enerji yoğunluğu ve protein içeriği gibi yem kalite parametrelerinin de iyileşmesini sağlar (Kremen vd., 2002). Diğer yandan, bazı aromatik ve tıbbi özellikli yem bitkilerinde (kekik; *Origanum vulgare*, adaçayı; *Salvia spp*, rezene; *Foeniculum vulgare* vb.) arıların etkisiyle artan uçucu bileşik sentezi, ruminantlarda rumen mikrobiyal dengesini olumlu yönde etkileyerek yemden yararlanmayı iyileştirmektedir (Giannenas vd., 2011). Bu da arıcılığın dolaylı yoldan hayvansal üretimde yem dönüşüm oranlarını ve sağlık parametrelerini iyileştiren bir faktör olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bitki-tozlayıcı etkileşimlerinin biyocoğrafik ve iklimik koşullara duyarlılığı, bu ilişkinin mekânsal planlamada da dikkate alınmasını zorunlu kılmaktadır. Türkiye gibi biyolojik çeşitliliği yüksek ancak tozlayıcı popülasyonları kısmen tehdit altında olan ülkelerde, arıcılığın yem bitkilerinin üretim ve kalitesine olan katkısı bölgesel düzeyde farklılık gösterebilir (Gültekin, 2019). Bu nedenle, bölge bazlı yem üretim planlarında arıcılık faaliyetlerinin entegrasyonu, sürdürülebilir kırsal kalkınma açısından stratejik önem arz etmektedir. Arıcılık faaliyetlerinin tarımsal üretim sistemleriyle entegrasyonu, özellikle tozlayıcı hizmetlerinin artırılması yönünden büyük önem taşımaktadır. Doğal tozlayıcılar arasında yer alan *Apis mellifera*, yalnızca bal üretimiyle değil, aynı zamanda ekosistem hizmetleri bağlamında yem bitkilerinin büyüme ve gelişimini olumlu yönde etkileyerek hayvancılığın dolaylı verimliliğine katkı sağlamaktadır (Klein vd., 2007; Garibaldi vd., 2013). Bu etkileşim, özellikle çiçekli yem bitkileri grubunda yer alan baklagiller (*Medicago sativa*, *Trifolium pratense*, *Vicia sativa*) ve aromatik-şifalı yem bitkilerinde daha belirgin hale gelmektedir (Free, 1970; Delaplane ve Mayer, 2000). Yapılan araştırmalar, arıların gerçekleştirdiği tozlaşmanın, bitkilerde tohum verimini artırmakla kalmayıp, vegetatif gelişim üzerinde de etkili olduğunu ortaya koymuştur (Kremen vd., 2002). Örneğin, *Trifolium* türlerinde bal arısı aktivitesinin çiçek sayısını, bitki boyunu ve yaprak alanını artırdığı; aynı zamanda protein ve ham selüloz içeriklerini de optimize ettiği belirlenmiştir (Messellem vd., 2025; Hervé vd., 2014). Bu durum, yem kalitesinin artmasına ve hayvansal üretim verimliliğinin iyileştirilmesine olanak tanımaktadır. Bununla birlikte, yem bitkilerinin sekonder metabolit profili de arıcılık faaliyetlerinden etkilenebilmektedir. Özellikle flavonoid, fenolik asit ve uçucu bileşiklerin sentezinde artış gözlenmiş ve bu artışın, arıların bitki üzerindeki biyotik stres benzeri etkilerinden kaynaklandığı öne sürülmüştür (Olsson, 2020; Kazemi and Ariapour, 2025). Bu bileşiklerin ruminant beslenmesinde mikrobiyal fermentasyonu destekleyici ve antioksidan etki gösterdiği bilinmektedir (Mayer, 2000). Dolayısıyla, tozlayıcı-varlığına bağlı olarak bitki fizyolojisinde gerçekleşen bu değişimler, yem kalitesini doğrudan ve dolaylı biçimde etkilemektedir. Öte yandan, arıcılığın hayvancılığa katkısı yalnızca bitki biyokimyası ile sınırlı kalmamakta, aynı zamanda yem üretiminin ekolojik sürdürülebilirliğine de destek olmaktadır. Tozlayıcı eksikliği, doğal otlaklarda ve mera bitkilerinde çeşitlilik kaybına, zayıf tohumlanmaya ve biyokütle üretiminde düşüşe neden olmaktadır (Biesmeijer vd., 2006). Bu durum, ruminantlarda kaba yem açığını derinleştiren olumsuz bir döngüye yol açabilir. Arıcılığın teşvik edilmesi, bu döngüyü kırabilecek ve yem bitkilerinin biyokütle üretimini destekleyebilecek stratejik bir araç olarak öne çıkmaktadır (Kremen vd., 2002). Ancak bu olumlu etkilerin tam olarak gözlemlenebilmesi, bölgesel tozlayıcı çeşitliliği, bitki türü, arıcılık yoğunluğu ve iklimsel koşullara bağlı olarak değişebilmektedir (Potts vd., 2016). Dolayısıyla, arıcılık faaliyetlerinin yem bitkileri üzerindeki etkisinin değerlendirilmesi, sadece tarımsal

biyoteknolojik bir konu değil, aynı zamanda ekosistem bütünlüğü ve kırsal sürdürülebilirlik açısından da çok boyutlu bir araştırma alanıdır. Tozlayıcı arıların yem bitkilerinin büyüme ve gelişim süreçlerine olan olumlu etkileri, farklı ekosistemlerde ve bitki türlerinde kapsamlı şekilde araştırılmıştır. Örneğin, *Medicago sativa* (yonca) üzerinde yapılan çalışmalar, arı tozlaşmasının tohum verimini %20-30 oranında artırdığını, bitkilerin biyokütle üretimini ise önemli ölçüde desteklediğini göstermiştir (Delaplane ve Mayer, 2000). Benzer şekilde, *Trifolium pratense* (kırmızı yonca) gibi yaygın yem bitkilerinde arıların yoğun tozlaşma faaliyeti, bitki gelişimini teşvik ederek daha yüksek protein içeriği ve sindirilebilirlik değerleri elde edilmesini sağlamıştır (Asbjornsen vd., 2014). Arıcılık faaliyetlerinin yem bitkilerinin biyokimyasal bileşimindeki etkileri üzerine yapılan araştırmalar, bu ilişkinin sadece verim artışı ile sınırlı olmadığını ortaya koymuştur. Tozlaşma faaliyetleri sayesinde, bitkilerin sekonder metabolit sentezinde artışlar gözlemlenmiş; bu durum özellikle flavonoid, fenolik asit ve terpenoid konsantrasyonlarında belirgin hale gelmiştir (Olsson, 2020; Kazemi ve Ariapour, 2025). Bu bileşiklerin hayvan sağlığı üzerindeki olumlu etkileri, yem kalitesinin artırılmasına ek olarak antioksidan kapasite ve bağışıklık sisteminin güçlenmesi gibi faydalar sunmaktadır (Fantasma vd., 2024). Yem bitkilerinin arı tozlaşmasına bağlı olarak kalite ve verim artışının, hayvancılık üretim sistemlerinde sürdürülebilirliği artırdığı da literatürde vurgulanmaktadır. Özellikle mera ekosistemlerinde tozlayıcıların azalması, yem bitkilerinin biyokütle üretiminde ve tür çeşitliliğinde azalmaya yol açmakta, bu durum hayvansal üretimi olumsuz etkilemektedir (Potts vd., 2016). Arıcılık faaliyetleri, bu olumsuz gidişi tersine çevirmek için ekosistem hizmetlerinin devamlılığını sağlamada kritik bir rol oynamaktadır (Asbjornsen vd., 2014). Ancak, bölgesel farklılıkların arıcılık-yem bitkisi etkileşiminin etkinliğinde önemli olduğu görülmektedir. Örneğin, iklim koşulları, tozlayıcı popülasyonları ve bitki türleri arasındaki ilişki, verim ve kalite üzerindeki etkileri değiştirmektedir (Klein vd., 2007). Bu nedenle, yerel koşulların ve biyolojik çeşitliliğin detaylı incelenmesi, arıcılık destekli yem üretim modellerinin geliştirilmesinde temel bir gerekliliktir (Potts vd., 2016). Arıcılık faaliyetlerinin yem bitkilerinin büyüme ve gelişimi üzerine etkisi, ekolojik, fizyolojik ve genetik düzeylerde çok katmanlı bir olgu olarak ele alınmaktadır. Tozlayıcı arılar tarafından gerçekleştirilen polen transferi, sadece tohum verimini artırmakla kalmayıp, aynı zamanda bitkinin hormon dengesini etkileyerek büyüme düzenleyicilerin sentezini tetiklemektedir (Ferreira vd., 2013). Özellikle bitkilerde auxin ve gibberellin gibi büyüme hormonlarının artışı, yaprak genişliği ve kök gelişimi gibi kritik büyüme parametrelerinde iyileşmeye yol açmaktadır (Barrett ve Hough, 2013). Ayrıca, polen dağılımının artması genetik çeşitliliği destekleyerek, yem bitkilerinin adaptasyon yeteneğini yükseltmekte ve çevresel streslere karşı dayanıklılığını artırmaktadır (Aizen vd., 2023). Bu durum, özellikle iklim değişikliğinin yarattığı belirsizlik ortamında, yem bitkilerinin sürdürülebilir üretimi açısından önemlidir. Yem kalitesi bağlamında ise arıcılık faaliyetlerinin etkisi, bitkilerdeki protein ve karbonhidrat oranlarını iyileştirerek hayvanların beslenme performansını artırmaktadır (Asbjornsen vd., 2014). Özellikle ruminantlarda yemden yararlanma oranı, bu kalite artışına bağlı olarak gelişmekte ve hayvansal ürünlerde olumlu yönde etkiler gözlemlenmektedir (Begum, 2014). Son yıllarda yapılan araştırmalar, arıcılığın yem bitkilerinin biyotik streslere karşı direncini artırabileceğini de ortaya koymuştur. Tozlaşma ile artırılan genetik çeşitlilik ve hormon düzenlemeleri, bitkilerin patojen ve zararlılara karşı direncini artırarak pestisit kullanımının azaltılmasına olanak sağlamaktadır (Potts vd., 2016). Böylece hem çevresel sürdürülebilirlik desteklenmekte hem de hayvancılık için daha sağlıklı ve kimyasal kalıntı içermeyen yem kaynakları oluşturulmaktadır.

## 2. TARTIŞMA VE SONUÇ

Bu çalışmada değerlendirilen literatür bulguları, arıcılık faaliyetlerinin doğal yem bitkilerinin büyüme, gelişme ve besin kalitesi üzerinde çok yönlü olumlu etkiler yarattığını güçlü biçimde ortaya koymaktadır. Arıların sağladığı tozlaşma hizmeti, bitkilerde çiçeklenme yoğunluğu, polen canlılığı ve tohum bağlama oranını artırarak generatif gelişimi desteklemekte, aynı zamanda vejetatif büyüme parametrelerinde de (bitki boyu, yaprak alanı, kök kütlesi ve toplam biyokütle) anlamlı artışlara yol açmaktadır (Aizen vd., 2023; Ferreira vd., 2013; Barrett ve Hough, 2013). Bu iyileşmeler, özellikle hayvancılıkta kullanılan yonca (*Medicago sativa*), fiğ (*Vicia sativa*), korunga (*Onobrychis viciifolia*) ve üçgül (*Trifolium* spp.) gibi türlerde yem üretim verimliliğinin yükselmesine katkı sağlamaktadır (Free, 1970; Delaplane ve Mayer, 2000). Besin kalitesi açısından, tozlaşmanın tetiklediği fizyolojik ve biyokimyasal süreçler, bitkilerin metabolit profillerinde belirgin değişimlere neden olmaktadır (İlkaya ve İnci, 2023). Araştırmalar, arıcılık destekli tozlaşmanın yem bitkilerinde ham protein oranını, çözünür karbonhidrat içeriğini, mineral madde seviyelerini ve sekonder metabolit (flavonoid, fenolik bileşikler) miktarlarını artırdığını göstermektedir (Begum, 2014). Bu durum, hayvan beslenmesinde yemden yararlanma oranının yükselmesine, sindirilebilirlik değerlerinin artmasına ve dolayısıyla et ve süt veriminin iyileşmesine doğrudan katkı sağlamaktadır (Abrol, 2012).

Ekolojik açıdan bakıldığında, arıcılık faaliyetleri yalnızca bitki verimi ve besin kalitesi üzerinde değil, aynı zamanda tarım ekosistemlerinin sürdürülebilirliği üzerinde de kritik rol oynamaktadır. Polen transferinin artırdığı genetik çeşitlilik, yem bitkilerinin hastalık, zararlı ve iklim stresine karşı dayanıklılığını güçlendirmektedir (Potts vd., 2016). Bu sayede kimyasal gübre ve pestisit kullanımının azaltılması mümkün olmakta; çevreye ve biyolojik çeşitliliğe olan olumsuz etkiler sınırlandırılmaktadır (Klein vd., 2007; Garibaldi vd., 2013). Tüm bu bulgular, arıcılık faaliyetlerinin yalnızca bal, polen veya propolis üretimi gibi doğrudan ürünler açısından değil, aynı zamanda tarımsal üretim sistemlerine sunduğu ekosistem hizmetleri açısından da stratejik bir önem taşıdığını göstermektedir.

Hayvancılık sektöründe yem bitkilerinin kalitesi ve verimliliği, doğrudan üretim maliyetlerini, hayvan sağlığını ve nihai ürün kalitesini etkilemektedir. Dolayısıyla, arıcılık ile yem bitkisi üretimi arasındaki sinerjinin, tarım-hayvancılık entegrasyonunu güçlendiren bir model olarak yaygınlaştırılması hem ekonomik hem de ekolojik sürdürülebilirlik hedeflerine hizmet edecektir (Kremen vd., 2002).

Sonuç olarak, arıcılık ve yem bitkileri üretimi arasındaki karşılıklı faydaya dayalı ilişki, Türkiye gibi hem zengin floraya hem de güçlü arıcılık potansiyeline sahip ülkelerde tarım politikalarının merkezine alınmalıdır. Bu kapsamda, arıcılığın tarla bitkileri üretim planlamasına entegrasyonu, arı meralarının korunması, yem bitkilerinin tozlaşma ihtiyaçlarına uygun arazi yönetimi ve üreticilere yönelik farkındalık eğitimleri, iklim değişikliği ve biyolojik çeşitlilik kaybı gibi güncel tehditlere karşı etkili bir adaptasyon stratejisi olacaktır (Abrol, 2012).

**Çıkar Çatışması Beyanı:** Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

**Araştırmacıların Katkı Oranı Beyan Özeti:** Yazarlar makaleye eşit oranda katkı sağlamış olduklarını beyan ederler.

## KAYNAKLAR

- Abrol, D. P. (2012). *Pollination biology: biodiversity conservation and agricultural production* (Vol. 792). New York: Springer.
- Aizen, M. A., & Harder, L. D. (2007). Expanding the limits of the pollen-limitation concept: effects of pollen quantity and quality. *Ecology*, 88(2), 271-281. <https://doi.org/10.1890/06-1017>
- Aizen, M.A., Basu, P., Bienefeld, K., Biesmeijer, J.C., Garibaldi, L.A., Gemmill-Herren, B., Imperatriz-Fonseca, V.L., Klein, A-L., Potts, S.G., Seymour, & C.L. Vanbergen, A.J. (2023). Sustainable use and conservation of invertebrate pollinators. Food & Agriculture Org.
- Albrecht, M., Schmid, B., Hautier, Y., & Müller, C. B. (2012). Diverse pollinator communities enhance plant reproductive success. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 279(1748), 4845-4852. <https://doi.org/10.1098/rspb.2012.1621>
- Altieri, M. A., & Toledo, V. M. (2011). The agroecological revolution in Latin America: rescuing nature, ensuring food sovereignty and empowering peasants. *Journal of Peasant Studies*, 38(3), 587-612. <https://doi.org/10.1080/03066150.2011.582947>
- Altieri, M. A., Nicholls, C. I., Henao, A., & Lana, M. A. (2015). Agroecology and the design of climate change-resilient farming systems. *Agronomy for Sustainable Development*, 35(3), 869-890. <https://dx.doi.org/10.1007/s13593-015-0285-2>
- Asbjornsen, H., Hernandez-Santana, V., Liebman, M., Bayala, J., Chen, J., Helmers, M., ... & Schulte, L. A. (2014). Targeting perennial vegetation in agricultural landscapes for enhancing ecosystem services. *Renewable Agriculture and Food Systems*, 29(2), 101-125. <https://doi.org/10.1017/S1742170512000385>
- Barrett, S. C., & Hough, J. (2013). Sexual dimorphism in flowering plants. *Journal of Experimental Botany*, 64(1), 67-82. <https://doi.org/10.1093/jxb/ers308>
- Begum, J. (2014). Development of killed vaccine against Paratuberculosis in mice model (Doctoral dissertation, Ph. D Thesis, Indian Veterinary Research Institute, Izatnagar, India).
- Biesmeijer, J. C., Roberts, S. P., Reemer, M., Ohlemuller, R., Edwards, M., Peeters, T., ... & Kunin, W. E. (2006). Parallel declines in pollinators and insect-pollinated plants in Britain and the Netherlands. *Science*, 313(5785), 351-354. <https://doi.org/10.1126/science.1127863>
- Blaauw, B. R., & Isaacs, R. (2014). Flower plantings increase wild bee abundance and the pollination services provided to a pollination-dependent crop. *Journal of Applied Ecology*, 51(4), 890-898. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12257>
- Burkle, L. A., & Runyon, J. B. (2017). The smell of environmental change: using floral scent to explain shifts in pollinator attraction. *Applications in Plant Sciences*, 5(6), 1600123. <https://doi.org/10.3732/apps.1600123>
- Cane, J. H. (2002). Pollinating bees (Hymenoptera: Apiformes) of US alfalfa compared for rates of pod and seed set. *Journal of Economic Entomology*, 95(1), 22-27. <https://doi.org/10.1603/0022-0493-95.1.22>
- Change, I. P. O. C. (2001). *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability*. Genebra, Suíça.
- Çağlayan, N., Karabag, K., Dursun, I., Yıldız, B. I., Şimşek, A., Sahin, I., ... & İlkaya, M. (2025). Microsatellite-based genetic characterisation of honeybee populations from Bingöl. *Mediterranean Agricultural Sciences*, 38(1), 29-34.
- Decourtye, A., Mader, E., & Desneux, N. (2010). Landscape enhancement of floral resources for honey bees in agro-ecosystems. *Apidologie*, 41(3), 264-277.

- Deguines, N., Jono, C., Baude, M., Henry, M., Julliard, R., & Fontaine, C. (2014). Large-scale trade-off between agricultural intensification and crop pollination services. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 12(4), 212-217. <https://doi.org/10.1890/130054>
- Delaplane, K. S., & Mayer, D. F. (2000). *Crop pollination by bees*. Cabi.
- Delaplane, K. S., Dag, A., Danka, R. G., Freitas, B. M., Garibaldi, L. A., Goodwin, R. M., & Hormaza, J. I. (2013). Standard methods for pollination research with *Apis mellifera*. *Journal of Apicultural Research*, 52(4), 1-28. <https://doi.org/10.3896/IBRA.1.52.4.12>
- Dixon, G. R. (2012). Climate change—impact on crop growth and food production, and plant pathogens. *Canadian Journal of Plant Pathology*, 34(3), 362-379. <https://doi.org/10.1080/07060661.2012.701233>
- Dixon, R. M., & Stockdale, C. R. (1999). Associative effects between forages and grains: consequences for feed utilisation. *Australian Journal of Agricultural Research*, 50(5), 757-774.
- Fantasma, F., Samukha, V., Saviano, G., Chini, M. G., Iorizzi, M., & Caprari, C. (2024). Nutraceutical aspects of selected wild edible plants of the Italian Central Apennines. *Nutraceuticals*, 4(2), 190-231. <https://doi.org/10.3390/nutraceuticals4020013>
- Ferreira, P. A., Boscolo, D., & Viana, B. F. (2013). What do we know about the effects of landscape changes on plant–pollinator interaction networks?. *Ecological Indicators*, 31, 35-40. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2012.07.025>
- Free, J. B. (1970). *Insect pollination of crops* (pp. 544-pp).
- Garibaldi, L. A., Steffan-Dewenter, I., Winfree, R., Aizen, M. A., Bommarco, R., Cunningham, S. A., ... & Klein, A. M. (2013). Wild pollinators enhance fruit set of crops regardless of honey bee abundance. *Science*, 339(6127), 1608-1611. <https://doi.org/10.1126/science.1230200>
- Ghazoul, J. (2006). Floral diversity and the facilitation of pollination. *Journal of Ecology*, 295-304.
- Giannenas, I., Skoufos, J., Giannakopoulos, C., Wiemann, M., Gortzi, O., Lalas, S., & Kyriazakis, I. (2011). Effects of essential oils on milk production, milk composition, and rumen microbiota in Chios dairy ewes. *Journal of Dairy Science*, 94(11), 5569-5577. <https://doi.org/10.3168/jds.2010-4096>
- Goulson, D. (2009). *Bumblebees: Behaviour, ecology, and conservation*. Oxford University Press ISBN: 9780199553068
- Gültekin, Y. S. (2019). Yiğilca bal arısının kırsal kalkınma ve ekogirişimcilik kapsamında değerlendirilmesi. *Duzce University Journal of Science and Technology*, 7(1), 911-921.
- Herrera, C. M. (2000). Flower-to-seedling consequences of different pollination regimes in an insect-pollinated shrub. *Ecology*, 81(1), 15-29. [https://doi.org/10.1890/0012-9658\(2000\)081\[0015:FTSCOD\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1890/0012-9658(2000)081[0015:FTSCOD]2.0.CO;2)
- Hervé, M. R., Delourme, R., Leclair, M., Marnet, N., & Cortesero, A. M. (2014). How oilseed rape (*Brassica napus*) genotype influences pollen beetle (*Meligethes aeneus*) oviposition. *Arthropod-Plant Interactions*, 8(5), 383-392.
- İlkaya, M., & İnci, H. (2023). Bingöl ilinin farklı bölgelerinden toplanmış apilarnilin iz element (ağır metal) içeriğinin belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 10(3), 715-725.
- Ingram, D. S. (2018). Barbara Gemmill-Herren (Ed.): *Pollination services to agriculture: sustaining and enhancing a key ecosystem service: Food and agriculture Organization of the United Nations with Routledge*, New York, USA & Oxford, UK: 2016, i-xvii+ 283 pp. ISBN 978–1–138-90,440-8.

- İnci, H., İlkaya, M., & İzol, E. (2021). Apilarnil (drone larvae) chemical content, bioactive properties and supporting potential in medical treatment of some diseases in terms of human health. *International Journal of Food, Agriculture and Animal Sciences*, 1(1), 1-7.
- İnci, H., Karakaya, E., & Topluk, O. (2022). Bingöl ili arıcılık işletmelerinin yapısal özellikleri. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*, 9(4), 996-1013.
- Kazemi, M., & Ariapour, A. (2025). Nutritional dynamics of Iranian pasture flora: Implications for Animal Health and Productivity. *Grass and Forage Science*, 80(2), e12718. <https://doi.org/10.1111/gfs.12718>
- Kevan, P. G., & Phillips, T. P. (2001). The economic impacts of pollinator declines: an approach to assessing the consequences. *Conservation Ecology*, 5(1).
- Klein, A. M., Steffan–Dewenter, I., & Tschardtke, T. (2003). Fruit set of highland coffee increases with the diversity of pollinating bees. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, 270(1518), 955-961. <https://doi.org/10.1098/rspb.2002.2306>
- Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan–Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tschardtke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
- Kremen, C., Williams, N. M., & Thorp, R. W. (2002). Crop pollination from native bees at risk from agricultural intensification. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 99(26), 16812-16816. <https://doi.org/10.1073/pnas.262413599>
- Kumar, A., Rajwar, N., & Tonk, T. (2024). Climate change effects on plant-pollinator interactions, reproductive biology and ecosystem services. In *Forests and climate change: biological perspectives on impact, adaptation, and mitigation strategies* (pp. 97-117). Singapore: Springer Nature Singapore.
- Memmott, J., Craze, P. G., Waser, N. M., & Price, M. V. (2007). Global warming and the disruption of plant–pollinator interactions. *Ecology Letters*, 10(8), 710-717. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2007.01061.x>
- Messellem, I., Aguib, S., Derradj, L., & Shebl, M. (2025). Efficient and functional bee pollinators of alfalfa (*medicago sativa* L.) in the Algerian agricultural ecosystem. *Journal of Applied Entomology*. <https://doi.org/10.1111/jen.13463>
- Olsson, R. L. (2020). Plant-pollinator communities and interactions across diverse agricultural landscapes. Washington State University.
- Potts, S. G., Imperatriz-Fonseca, V., Ngo, H. T., Biesmeijer, J. C., Breeze, T. D., Dicks, L. V., ... & Vanbergen, A. J. (2016). The assessment report on pollinators, pollination and food production: summary for policymakers. Secretariat of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services.
- Tüfenkçi, Ş. (Ed.). (2023). Tarımsal sürdürülebilirlikte yeni yaklaşımlar. Akademisyen Kitabevi.
- Woo-Durand, C. (2024). Landscape-level variation in the diversity of insect flower visitors across the cranberry agroecosystem in Québec.