

TARIMSAL ARAşTIRMALAR III

EDİTÖRLER

Mevlüt TÜRK

Ayhan GÖSTERİT



© Copyright 2025

Bu kitabın, basım, yayım ve satış hakları Akademisyen Kitabevi A.Ş. 'ye aittir. Anılan kuruluşun izni alınmadan kitabın tümü ya da bölümleri mekanik, elektronik, fotokopi, manyetik kağıt ve/veya başka yöntemlerle çoğaltılamaz, basılamaz, dağıtılamaz. Tablo, şekil ve grafikler izin alınmadan, ticari amaçlı kullanılamaz. Bu kitap T.C. Kültür Bakanlığı bandrolü ile satılmaktadır.

ISBN 978-625-375-769-4	Sayfa ve Kapak Tasarımı Akademisyen Dizgi Ünitesi
Kitap Adı Tarımsal Araştırmalar III	Yayıncı Sertifika No 47518
Editörler Mevlüt TÜRK ORCID iD: 0000-0003-4493-887X Ayhan GÖSTERİT ORCID iD: 0000-0001-9686-7992	Baskı ve Cilt Vadi Matbaacılık Bisac Code TEC003000
Yayın Koordinatörü Yasin DİLMEN	DOI 10.37609/akya.3911

Kütüphane Kimlik Kartı
Tarımsal Araştırmalar III / ed. Mevlüt Türk, Ayhan Gösterit.
Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2025.
124 s. : şekil, tablo, çizelge. ; 160x235 mm.
Kaynakça var.
ISBN 9786253757694

GENEL DAĞITIM
Akademisyen Kitabevi A.Ş.

Halk Sokak 5 / A Yenışehir / Ankara
Tel: 0312 431 16 33
siparis@akademisyen.com

www.akademisyen.com

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1	And Bölgesi Pseudotahıllarının (Kinoa ve Kaniwa) Besinsel Özellikleri ve Sürdürülebilir Beslenmedeki Önemi..... 1 <i>İlknur AKGÜN</i> <i>Cengiz TÜRKAY</i> <i>Ruziye KARAMAN</i>
Bölüm 2	Nörotoksik İnsektisitlerin Polinatör Arılar Üzerindeki Etkileri 23 <i>İsmail Yaşhan BULUŞ</i> <i>Zihni Serbay SANDALCIOĞLU</i>
Bölüm 3	Tarımsal Üretimde Biyokömür 31 <i>Ali COŞKAN</i> <i>Ahmet DEMİRBAŞ</i>
Bölüm 4	Bal Arılarında Üreme..... 43 <i>Cengiz ERKAN</i> <i>Ayhan GÖSTERİT</i>
Bölüm 5	İklim Değişikliğinin Tozlaştırıcılar Üzerine Etkisi..... 55 <i>Ayhan GÖSTERİT</i> <i>İsmail Yaşhan BULUŞ</i> <i>Cengiz ERKAN</i>
Bölüm 6	Yem Bitkilerindeki Tanenlerin Hayvan Besleme Açısından Önemi..... 65 <i>Müge GÜVENÇ</i> <i>Mevlüt TÜRK</i>
Bölüm 7	Bitkilerde Böceklerle Karşı CRISPR-CAS ile Genom Düzenleme..... 85 <i>Erhan KOÇAK</i>
Bölüm 8	Elektromanyetik Alanların Bal Arıları Üzerine Etkileri..... 97 <i>Zihni Serbay SANDALCIOĞLU</i> <i>İsmail Yaşhan BULUŞ</i>
Bölüm 9	Yonca Tozlaşması Üzerine Arıların Rolü..... 107 <i>Murat YILMAZ</i> <i>Mevlüt TÜRK</i>

YAZARLAR

Prof. Dr. İlknur AKGÜN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

Doç. Dr. Ruziye KARAMAN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

Arş. Gör. Dr. İsmail Yaşhan BULUŞ

Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı
Bilimler Fakültesi, Hayvansal Üretim ve
Teknolojileri Bölümü

Prof. Dr. Erhan KOÇAK

ISUBÜ Ziraat Fakültesi

Prof. Dr. Ali COŞKAN

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki
Besleme Bölümü

**Öğr. Gör. Dr. Zihni Serbay
SANDALCIOĞLU**

Hakkâri Üniversitesi, Çölemerik Meslek
Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü,
Laborant ve Veteriner Sağlık Programı

Prof. Dr. Ahmet DEMİRBAŞ

Sivas Teknik Bilimler Meslek
Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal
Üretim, Organik Tarım Programı

Prof. Dr. Mevlüt TÜRK

ISUBÜ, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri
Bölümü

Doç. Dr. Cengiz ERKAN

Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat
Fakültesi Zootečni Bölümü

Arş. Gör. Cengiz TÜRKA

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi,
Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü

Prof. Dr. Ayhan GÖSTERİT

Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü

Öğr. Gör. Murat YILMAZ

Uşak Üniversitesi Sivaslı Meslek Yüksek
Okulu

Öğr. Gör. Müge GÜVENÇ

MAKÜ Tarım, Hayvancılık ve Gıda
Araştırmaları Uygulama ve Araştırma
Merkezi

BÖLÜM 1

AND BÖLGESİ PSEUDOTAHILLARININ (KİNOA VE KANIWA) BESİNSEL ÖZELLİKLERİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİR BESLENMEDEKİ ÖNEMİ

İlknur AKGÜN¹
Cengiz TÜRKAY²
Ruziye KARAMAN³

GİRİŞ

Son yıllarda artan dünya nüfusu, iklim değişikliği ve sürdürülebilir gıda üretimi konularındaki endişeler, alternatif tahıl benzeri bitkilere olan ilgiyi artırmıştır. Geleneksel tahılların üretiminde karşılaşılan sorunlara (su kaynaklarının azalması ve toprak tuzluluğunun artması gibi) bağlı olarak verimin azalması, beslenme güvenliğini tehdit eden temel unsurlar arasında yer almaktadır. Bu nedenle, yüksek besin değerine sahip, çevresel stres koşullarına dayanıklı ve marjinal alanlarda yetişebilen türlerin araştırılması önem kazanmıştır. Güney Amerika'nın And Dağları bölgesine özgü, binlerce yıldır yerel halk tarafından temel besin kaynağı olarak kullanılan kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) ve kaniwa (cañihua, *Chenopodium pallidicaule* Aellen), iki önemli pseudotahıl türüdür. Her iki bitki de yüksek protein kalitesi, dengeli aminoasit profili, zengin mineral ve vitamin içeriği ile dikkat çekmektedir. Ayrıca glutensiz özelliği sayesinde modern beslenme ve fonksiyonel gıda endüstrisinde giderek artan öneme sahiptir. Kinoa ve kaniwa, yalnızca besinsel değerleriyle değil, aynı zamanda kuraklık, tuzluluk ve düşük sıcaklık gibi zorlu çevresel koşullara dayanıklılıklarıyla da sürdürülebilir tarım sistemlerinde geleceğin stratejik ürünleri arasında gösterilmektedir. Ayrıca, FAO ve diğer uluslararası kuruluşlar tarafından 'geleceğin tahılı' olarak nitelendirilmesi, bu bitkinin gıda güvenliği ve olumsuz çevre şartlarına dayanıklılığı yönünden stratejik önemini bir kez daha ortaya koymuştur.

¹ Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
ilknurakgun@isparta.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-7476-7226

² Arş. Gör., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
cengizturkay@isparta.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-3857-0140

³ Doç. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü
ruziyekaraman@isparta.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-5088-8253

KAYNAKLAR

- Giusti L. El género *Chenopodium* en Argentina: I. Números de cromosomas. *Darwiniana*. 1970;98–105.
- Kadereit G, Gotzek D, Jacobs S, et al. Origin and age of Australian Chenopodiaceae. *Organisms Diversity & Evolution*. 2005;5(1):59–80.
- Vega-Gálvez A, Miranda M, Vergara J, et al. Nutrition facts and functional potential of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.), an ancient Andean grain: a review. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2010;90(15):2541–2547.
- Galwey NW, Leahey CLA, Price KR, et al. Chemical composition and nutritional characteristics of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Sciences and Nutrition*. 1989;42(4):245–261.
- Tapia M. *La quinua y la kañiwa: cultivos andinos*. Vol. 40. Bib. Orton IICA/CATIE; 1979.
- Cusack D. Quinoa-grain of the Incas. *Ecologist*. 1984;14(1):21–31.
- Jacobsen SE, Monteros C, Christiansen JL, et al. Plant responses of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) to frost at various phenological stages. *European Journal of Agronomy*. 2005;22:131–139.
- Geerts S, Raes D, Garcia M, et al. Modeling the potential for closing quinoa yield gaps under varying water availability in the Bolivian Altiplano. *Agricultural Water Management*. 2009;96(11):1652–1658.
- Jacobsen SE. The worldwide potential for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Food Reviews International*. 2003;19:167–177.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAOSTAT). Statistical database. Available from: <https://www.fao.org/faostat> [Accessed: 02.06.2024].
- Galwey NW. The potential of quinoa as a multi-purpose crop for agricultural diversification: a review. *Industrial Crops and Products*. 1992;1(2–4):101–106.
- Rodriguez JP, Jacobsen SE, Andreasen C, et al. Cañahua (*Chenopodium pallidicaule*): a promising new crop for arid areas. In: *Emerging Research in Alternative Crops*. Cham: Springer International Publishing; 2020. p. 221–243.
- De Bock P, Van Bockstaele F, Muylle H, et al. Yield and nutritional characterization of thirteen quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) varieties grown in North-West Europe—Part I. *Plants*. 2021;10(12):2689.
- Iliadis C, Karyotis T, Jacobsen SE. Effect of sowing date on seed quality and yield of quinoa (*Chenopodium quinoa*) in Greece. In: *Crop Development for the Cool and Wet Regions of Europe: Workshop on Alternative Crops for Sustainable Agriculture of the COST Action 814*. BioCity, Turku, Finland; 1999. p. 226–231.
- Iliadis C, Karyotis T, Jacobsen SE. Adaptation of quinoa under xerothermic conditions and cultivation for biomass and fibre production. In: Jacobsen SE, Mujica A, Portillo Z, eds. *Memorias, Primer Taller Internacional sobre Quinua – Recursos Genéticos y Sistemas de Producción*. Lima, Peru: UNALM & CIP; 2001. p. 371–378.
- Jarvis DE, Hoang NV, Riley R, et al. The genome of *Chenopodium quinoa*. *Nature*. 2017;542:307–312.
- Paško P, Bartoń H, Zagrodzki P, et al. Anthocyanins, total polyphenols and antioxidant activity in amaranth and quinoa seeds and sprouts during their growth. *Food Chemistry*. 2009;115:994–998.
- Prakash D, Pal M. *Chenopodium*: seed protein, fractionation and amino acid composition. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*. 1998;49(4):271–275.
- Bhargava A, Shukla S, Ohri D. Genetic variability and heritability of selected traits during different cuttings of vegetable *Chenopodium*. *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding*. 2003;63(4):359–360.
- Wilson HD. Quinoa and relatives (*Chenopodium* sect. *Chenopodium* subsect. *Celluloid*). *Economic Botany*. 1990;44(Suppl 3):92–110.

21. Gangopadhyay G, Das S, Mukherjee KK. Speciation in *Chenopodium* in West Bengal, India. *Genetic Resources and Crop Evolution*. 2002;49(5):503–510.
22. Gandarillas H. Razas de Quinoa. Ministerio de Agricultura, División de Investigaciones Agrícolas, Instituto Boliviano de Cultivos Andinos. *Boletín Experimental*. 1968;34.
23. Wilson HD. Artificial hybridization among species of *Chenopodium* sect. *Chenopodium*. *Systematic Botany*. 1980;5:253–263.
24. Wilson HD. Allozyme variation and morphological relationships of *Chenopodium hircinum* Schrader (s. lat.). *Systematic Botany*. 1988;13:215–228.
25. Danielsen S, Munk L. Evaluation of disease assessment methods in quinoa for their ability to predict yield loss caused by downy mildew. *Crop Protection*. 2004;23(3):219–228.
26. Emrani N, Maldonado-Taípe N, Hasler M, et al. Early flowering and maturity promote the successful adaptation and high yield of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in temperate regions. *Plants*. 2024;13(20):2919.
27. Patiranage DS, Rey E, Emrani N, et al. Genome-wide association study in quinoa reveals selection pattern typical for crops with a short breeding history. *eLife*. 2022;11:e66873.
28. Temel İ, Keskin B. Farklı sıra arası ve sıra üzeri mesafelerinin kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)’nın besin içeriğine etkisi. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*. 2019;5(1):110–116.
29. Partap T, Kapoor P. The Himalayan grain chenopods. II. Comparative morphology. *Agriculture, Ecosystems & Environment*. 1985;14(3–4):201–220.
30. Kozioł MJ. Chemical composition and nutritional evaluation of quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Food Composition and Analysis*. 1992;5:35–68.
31. Palomino G, Hernández LT, de la Cruz Torres E. Nuclear genome size and chromosome analysis in *Chenopodium quinoa* and *C. berlandieri* subsp. *nuttalliae*. *Euphytica*. 2008;164(1):221–230.
32. Ward SM. A recessive allele inhibiting saponin synthesis in two lines of Bolivian quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). *Journal of Heredity*. 2001;92:83–86.
33. Mujica A, Jacobsen SE. La quinua (*Chenopodium quinoa* Willd.) y sus parientes silvestres. *Botánica Económica de los Andes Centrales*. 2006;32:449–457.
34. Zurita-Silva A, Fuentes F, Zamora P, et al. Breeding quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.): potential and perspectives. *Molecular Breeding*. 2014;34(1):13–30.
35. Lescano JL. *Cultivo de quinua*. Universidad Nacional Técnica del Altiplano, Centro de Investigaciones en Cultivos Andinos; 1981.
36. Risi C, Galwey J, Galwey NW. The *Chenopodium* grains of the Andes: Inca crops for modern agriculture. In: Coaker TH, ed. *Advances in Applied Biology*. Vol. X. London: Academic Press; 1984. p. 145–216.
37. Cardozo A, Tapia M. Valor nutritivo. In: Tapia M, Gandarillas H, Alandia S, et al., eds. *Quinoa y kaniwa. Cultivos andinos*. Editorial IICA, Centro Internacional de Investigaciones para el Desarrollo (CIID), Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas (IICA); 1979. p. 149–192.
38. Bhargava A, Shukla S, Ohri D. *Chenopodium quinoa*: an Indian perspective. *Industrial Crops and Products*. 2006;23:73–87.
39. Davis PH. Chenopodiaceae. In: Aellen P, ed. *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Vol. 2. Edinburgh: University Press; 1967. p. 294–300.
40. Gandarillas H. *Genética y origen de la quinua*. Ministerio de Asuntos Campesinos y Agropecuarios, La Paz, Bolivia; 1974.
41. Simmonds NW. The breeding system of *Chenopodium quinoa* I. Male sterility. *Heredity*. 1971;27:73–82.
42. Peterson A, Jacobsen SE, Bonifacio A, et al. A crossing method for quinoa. *Sustainability*. 2015;7(3):3230–3243.
43. National Research Council (NRC). *Lost Crops of the Incas: Little-Known Plants of the Andes with Promise for Worldwide Cultivation*. Washington (DC): The National Academies Press;

1989.

44. Anonymous. *Chenopodium pallidicaule*. Available from: https://es.wikipedia.org/wiki/Chenopodium_pallidicaule#Taxonom%C3%ADa [Accessed: 07.10.2025].
45. Scarpati de Briceño Z. Aislamiento y caracterización de almidón de quinua (*Chenopodium quinoa*) y cañihua (*Chenopodium pallidicaule*). *Revista Peruana de Química e Ingeniería Química*. 1979;2(1):33–40.
46. Kent NL. *Technology of Cereals*. 3rd ed. Oxford; New York: Pergamon Press; 1983.
47. Repo-Carrasco R. *Andean Crops and Infant Nourishment*. Report B25. Helsinki: University of Helsinki, Institute of Development Studies; 1992.
48. Repo-Carrasco R, Espinoza C, Jacobsen SE. Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*. 2003;19:179–189.
49. Prakash D, Nath P, Pal M. Composition, variation of nutritional content in leaves, seed protein, fat and fatty acid profile of *Chenopodium* species. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1993;62:203–205.
50. Tan M, Temel S. Erzurum ve Iğdır şartlarında yetiştirilen farklı kinoa genotiplerinin kuru madde verimi ve bazı özelliklerinin belirlenmesi. *Journal of the Institute of Science and Technology*. 2017;7(4):257–263.
51. Dini A, Rastrelli L, Saturnino P, et al. A compositional study of *Chenopodium quinoa* seeds. *Nahrung*. 1992;36:400–404.
52. Wright KH, Pike OA, Fairbanks DJ, et al. Composition of *Atriplex hortensis*, sweet and bitter *Chenopodium quinoa* seeds. *Food Chemistry and Toxicology*. 2002;67:1383–1385.
53. Martínez EA. Quinoa: nutritional aspects of the rice of the Incas. In: Bazile D, Bertero D, Nieto C, eds. *State of the Art Report of Quinoa in the World in 2013*. Rome: FAO & CIRAD; 2015. p. 278–285.
54. United States Department of Agriculture (USDA). *National Nutrient Database for Standard Reference Release 28 (Basic Reports)*. Washington, DC; 2015.
55. Doğdubay M, Şahin NN, Yiğit S. In the fusion cuisine approach availability of quinoa (application suggestions). *Journal of Tourism & Gastronomy Studies*. 2017;5(3):3–12.
56. Gonzalez JA, Roldán A, Gallardo M, et al. Quantitative determinations of chemical compounds with nutritional value from Inca crops: *Chenopodium quinoa* (“quinoa”). *Plant Foods for Human Nutrition*. 1989;39:331–337.
57. De Bruin A. Investigation of the food value of quinoa and cañihua seed. *Journal of Food Science*. 1963;29:872–876.
58. Food and Agriculture Organization/World Health Organization/United Nations University (FAO/WHO/UNU). *Energy and Protein Requirements: Report of a Joint FAO/WHO/UNU Meeting*. Geneva: World Health Organization; 1985.
59. Bhargava A, Rana TS, Shukla S, et al. Seed protein electrophoresis of some cultivated and wild species of *Chenopodium*. *Biologia Plantarum*. 2005;49:505–511.
60. Ahamed NT, Singhal RS, Kulkarni PR, et al. A lesser-known grain, *Chenopodium quinoa*: review of the chemical composition of its edible parts. *Food and Nutrition Bulletin*. 1998;19:61–70.
61. Ruales J, Nair BM. Saponins, phytic acid, tannins and protease inhibitors in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. *Food Chemistry*. 1993;48(2):137–143.
62. Wood SG, Lawson LD, Fairbanks DJ, et al. Seed lipid content and fatty acid composition of three quinoa cultivars. *Journal of Food Composition and Analysis*. 1993;6(1):41–44.
63. Przybylski R, Chauhan GS, Eskin NAM. Characterization of quinoa (*Chenopodium quinoa*) lipids. *Food Chemistry*. 1994;51(2):187–192.
64. Nsimba RY, Kikuzaki H, Konishi Y. Antioxidant activity of various extract fractions of *Chenopodium quinoa* and *Amaranthus* spp. seeds. *Food Chemistry*. 2008;106:760–766.
65. Improta F, Kellems RO. Comparison of raw, washed and polished quinoa (*Chenopodium qui-*

- noa Willd.) to wheat, sorghum or maize based diets on growth and survival of broiler chicks. *Livestock Research for Rural Development*. 2001;13(1). Available from: <http://www.cipav.org.co/lrrd/lrrd13/1/impr131.htm> [Accessed: 29.05.2009].
66. Tarade KM, Singhal RS, Jayram RV, et al. Kinetics of degradation of saponins in soybean flour (*Glycine max*) during food processing. *Journal of Food Engineering*. 2006;76:440–445.
 67. Jacobsen SE, Dini I, Schettino O, et al. Isolation and characterization of saponins and other minor components in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.). In: *Proceedings of COST 814 Conference: Crop Development for Cool and Wet Regions of Europe*. Pordenone, Italy; 2000. p. 537–540.
 68. Geren H, Kavut YT, Topçu GD, vd. Akdeniz iklimi koşullarında yetiştirilen kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)’da farklı ekim zamanlarının tane verimi ve bazı verim unsurlarına etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2014;51(3):297–305.
 69. Kır AE, Temel S. Iğdır Ovası kuru koşullarında farklı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) çeşit ve populasyonlarının tohum verimi ile bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*. 2016;6(4):145–154.
 70. Üke Ö, Kale H. Olgunlaşma döneminin kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.)’da ot verimi ve kalitesi ile gaz ve metan üretimine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi*. 2017;20(1):42–46.
 71. Keukens AJ, De Vrije T, Van den Boom C, et al. Molecular basis of glycoalkaloid-induced membrane disruption. *Biochimica et Biophysica Acta (BBA) – Biomembranes*. 1995;1240:216–228.
 72. Armah CN, Mackie AR, Roy C, et al. The membrane permeabilizing effect of avenacin A-1 involves the reorganization of bilayer cholesterol. *Biophysical Journal*. 1999;76:281–290.
 73. Khattak AB, Zeb A, Bibi N, et al. Influence of germination techniques on phytic acid and polyphenols content of chickpea (*Cicer arietinum* L.) sprouts. *Food Chemistry*. 2007;104:1074–1079.
 74. Jian YQ, Kuhn M. Characterization of *Amaranthus cruentus* and *Chenopodium quinoa* starch. *Starch – Stärke*. 1999;51:116–120.
 75. Ogunbenge HN. Nutritional evaluation and functional properties of quinoa (*Chenopodium quinoa*) flour. *International Journal of Food Science and Nutrition*. 2003;54:153–158.
 76. Konishi Y, Hirano S, Tsuboi H, et al. Distribution of minerals in quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) seeds. *Bioscience, Biotechnology, and Biochemistry*. 2004;68:231–234.
 77. Schlick G, Bubenheim DL. Quinoa: candidate crop for NASA’s controlled ecological life support systems. In: Janick J, ed. *Progress in New Crops*. Arlington, VA: ASHS Press; 1996. p. 632–640.
 78. Sanders M. *Estudio del secado industrial de la quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) cultivada en Chile: efecto de la temperatura sobre su composición*. Undergraduate thesis. Departamento de Ingeniería en Alimentos, Universidad de La Serena, Chile; 2009.
 79. Becker R, Wheeler K, Lorenz A, et al. A compositional study of amaranth grain. *Journal of Food Science*. 1981;46:1175–1180.
 80. Latinreco S.A. *Quinoa: hacia su cultivo comercial*. Quito, Ecuador: Latinreco; 1990.
 81. Bayram M, Pekacar S, Orhan DD. Kinoa ve sağlık üzerine etkileri. *Gümüşhane University Journal of Health Sciences*. 2018;7(2):47–57.
 82. Koç A, Çetin MD. Investigation of some quinoa (*Chenopodium quinoa*) genotypes in terms of quality criteria. *Journal of the Institute of Science and Technology*. 2020;10(2):1396–1409.

BÖLÜM 2

NÖROTOKSİK İNSEKTİSİTLERİN POLİNATÖR ARILAR ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

İsmail Yaşhan BULUŞ¹
Zihni Serbay SANDALCIOĞLU²

GİRİŞ

Çiçekli bitkilerde erkek organ tarafından üretilen polenin dişi organa taşınması tozlaşma (polinasyon) olarak tanımlanmaktadır. Bu biyolojik süreç, bitkilerin genetik materyallerini sonraki nesillere aktarmasında ve ekosistemlerin biyolojik çeşitliliğinin korunmasında kritik bir rol üstlenmektedir. Tozlaşma etkinliği yalnızca su ve rüzgar gibi abiyotik faktörlere değil, aynı zamanda kuşlar, yarasalar ve böcekler gibi biyotik faktörlerin katkısına da bağlıdır. Özellikle hayvanlar aracılığıyla gerçekleşen tozlaşmanın, küresel tarımsal üretime yıllık yaklaşık 235–577 milyar ABD doları düzeyinde ek katkı sağladığı, bu ekonomik faydanın en yüksek düzeyde Akdeniz, Güney ve Doğu Asya ile Avrupa’da ortaya çıktığı bildirilmektedir (1). Bu canlı grupları içerisinde en etkili tozlayıcıları böcekler oluşturmaktadır. Böceklerin gerçekleştirdiği tozlaşma yalnızca ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından değil, aynı zamanda dünya çapında tarımsal üretimin devamlılığı için de temel bir unsur olarak kabul edilmektedir. Nitekim dünya genelinde kültürü yapılan yaklaşık 300 tarımsal bitki türünün %85’inin tozlaşmasında böceklerin rol oynadığı, ayrıca dünya gıda üretiminin üçte birini oluşturan meyveler, sebzeler, yağlı tohumlar, baklagiller ve yem bitkilerinin tozlaşmasında en etkin türlerin bal arıları olduğu bildirilmektedir (2,3). Bal arıları başta olmak üzere tüm polinatör arılar, sundukları tozlaşma hizmeti ile ürün verimi, ürün kalitesi ve tohum üretimine doğrudan katkı sağlamaktadır.

Öte yandan, bitkisel üretimde sürdürülebilirliğin güvence altına alınması amacıyla tarımsal zararlılarla mücadelede pestisit kullanımı yaygın bir uygulama haline gelmiştir. FAO’nun (4) raporuna göre, dünya genelinde pestisit tüketimi 1990

¹ Arş. Gör. Dr., Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü, y.bulus@alparslan.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-4418-588X

² Öğr. Gör. Dr., Hakkâri Üniversitesi, Çölemerik Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, Laborant ve Veteriner Sağlık Programı, s.sandalcioglu@hakkari.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-5960-1009

doğurduğu anlaşılmaktadır. Dolayısıyla insektisitlerin polinatör arılar üzerindeki olumsuz etkileri, ekosistem sürdürülebilirliği ve gıda güvenliği açısından kritik bir sorun teşkil etmektedir.

KAYNAKLAR

1. Potts, S. G., Biesmeijer, J. C., Kremen, C., Neumann, P., Schweiger, O., & Kunin, W. E. (2010). Global pollinator declines: trends, impacts and drivers. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(6), 345-353. doi: 10.1016/j.tree.2010.01.007
2. Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 274(1608), 303-313. doi:10.1098/rspb.2006.3721
3. Allsopp, M. H., De Lange, W. J., & Veldtman, R. (2008). Valuing insect pollination services with cost of replacement. *PloS One*, 3(9), e3128. doi:10.1371/journal.pone.0003128
4. FAO. Pesticides use and trade – 1990–2022. Report No.: 89. (26.09.2025 <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/a8a8c2c8-ee36-42e8-a619-7e73c8daf8a6/content> adresinden ulaşılmıştır).
5. Casida, J. E., & Durkin, K. A. (2013). Neuroactive insecticides: targets, selectivity, resistance, and secondary effects. *Annual Review of Entomology*, 58(1), 99-117. doi:10.1146/annurev-ento-120811-153645
6. Favaro, R., Garrido, P. M., Bruno, D., Braglia, C., Alberoni, D., Baffoni, L., ... & Angeli, S. (2023). Combined effect of a neonicotinoid insecticide and a fungicide on honeybee gut epithelium and microbiota, adult survival, colony strength and foraging preferences. *Science of the Total Environment*, 905, 167277. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.167277
7. O'Reilly, A. D., & Stanley, D. A. (2023). Solitary bee behaviour and pollination service delivery is differentially impacted by neonicotinoid and pyrethroid insecticides. *Science of the Total Environment*, 894, 164399. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.164399
8. Straub, F., Birkenbach, M., Leonhardt, S. D., Ruedenauer, F. A., Kuppler, J., Wilfert, L., & Ayasse, M. (2023). Land-use-associated stressors interact to reduce bumblebee health at the individual and colony level. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 290(2008), 20231322. doi:10.1098/rspb.2023.1322
9. Singh, G., & Rana, A. (2025). Honeybees and colony collapse disorder: understanding key drivers and economic implications. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 1-17. doi:10.1007/s43538-025-00399-x
10. Williamson, S. M., Moffat, C., Gomersall, M. A., Saranzewa, N., Connolly, C. N., & Wright, G. A. (2013). Exposure to acetylcholinesterase inhibitors alters the physiology and motor function of honeybees. *Frontiers in Physiology*, 4, 13. doi:10.3389/fphys.2013.00013
11. Paoli, M., & Giurfa, M. (2024). Pesticides and pollinator brain: How do neonicotinoids affect the central nervous system of bees?. *European Journal of Neuroscience*, 60(8), 5927-5948. doi:10.1111/ejn.16536
12. Kojima, T., & Yamato, S. (2025). Pyrethrins inhibit feeding in flies by irritating their oral taste organs through intrinsic neurotoxic actions. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 106518. doi:10.1016/j.pestbp.2025.106518
13. Schneider, C. W., Tautz, J., Grünewald, B., & Fuchs, S. (2012). RFID tracking of sublethal effects of two neonicotinoid insecticides on the foraging behavior of *Apis mellifera*. *PloS One*, 7(1), e30023. doi:10.1371/journal.pone.0030023
14. Lämsä, J., Kuusela, E., Tuomi, J., Juntunen, S., & Watts, P. C. (2018). Low dose of neonicotinoid insecticide reduces foraging motivation of bumblebees. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 285(1883), 20180506. doi:10.1098/rspb.2018.0506

15. Decourtye, A., Devillers, J., Cluzeau, S., Charreton, M., & Pham-Delègue, M. H. (2004). Effects of imidacloprid and deltamethrin on associative learning in honeybees under semi-field and laboratory conditions. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 57(3), 410-419. doi:10.1016/j.ecoenv.2003.08.001
16. Aliouane, Y., El Hassani, A. K., Gary, V., Armengaud, C., Lambin, M., & Gauthier, M. (2009). Subchronic exposure of honeybees to sublethal doses of pesticides: effects on behavior. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 28(1), 113-122. doi:10.1897/08-110.
17. Aguiar, J. M. R. B. V., Nocelli, R. C. F., Giurfa, M., & Nascimento, F. S. (2023). Neonicotinoid effects on tropical bees: Imidacloprid impairs innate appetitive responsiveness, learning and memory in the stingless bee *Melipona quadrifasciata*. *Science of The Total Environment*, 877, 162859. doi:10.1016/j.scitotenv.2023.162859
18. Gill, R. J., Ramos-Rodriguez, O., & Raine, N. E. (2012). Combined pesticide exposure severely affects individual-and colony-level traits in bees. *Nature*, 491(7422), 105-108. doi:10.1038/nature11585
19. Whitehorn, P. R., O'connor, S., Wackers, F. L., & Goulson, D. (2012). Neonicotinoid pesticide reduces bumble bee colony growth and queen production. *Science*, 336(6079), 351-352. doi: 10.1126/science.1215025
20. Wu-Smart, J., & Spivak, M. (2016). Sub-lethal effects of dietary neonicotinoid insecticide exposure on honey bee queen fecundity and colony development. *Scientific Reports*, 6(1), 32108. doi:10.1038/srep32108
21. Buluş, I. Y., Uzun, A., Demirözer, O., & Gösterit, A. (2020). Effects of acetamiprid on brood development in bumblebees, *Bombus terrestris*. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(1), 91-99.
22. Fukuto, T. R. (1990). Mechanism of action of organophosphorus and carbamate insecticides. *Environmental Health Perspectives*, 87, 245-254. doi:10.1289/ehp.9087245
23. Zhou, T., Zhou, W., Wang, Q., Dai, P. L., Liu, F., Zhang, Y. L., & Sun, J. H. (2011). Effects of pyrethroids on neuronal excitability of adult honeybees *Apis mellifera*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 100(1), 35-40. doi:10.1016/j.pestbp.2011.02.001
24. Tomizawa, M., & Casida, J. E. (2005). Neonicotinoid insecticide toxicology: mechanisms of selective action. *Annual Review of Pharmacology and Toxicology*, 45(1), 247-268. doi:10.1146/annurev.pharmtox.45.120403.095930
25. Narahashi, T., Zhao, X., Ikeda, T., Salgado, V. L., & Yeh, J. Z. (2010). Glutamate-activated chloride channels: unique fipronil targets present in insects but not in mammals. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 97(2), 149-152. doi:10.1016/j.pestbp.2009.07.008
26. Raisch, T., & Raunser, S. (2023). The modes of action of ion-channel-targeting neurotoxic insecticides: lessons from structural biology. *Nature Structural & Molecular Biology*, 30(10), 1411-1427. doi:10.1038/s41594-023-01113-5
27. Morfin, N., Goodwin, P. H., Hunt, G. J., & Guzman-Novoa, E. (2019). Effects of sublethal doses of clothianidin and/or *V. destructor* on honey bee (*Apis mellifera*) self-grooming behavior and associated gene expression. *Scientific Reports*, 9(1), 5196. doi:10.1038/s41598-019-41365-0
28. Ben Abdelkader, F., Çakmak, İ., Çakmak, S. S., Nur, Z., İncebiyık, E., Aktar, A., & Erdost, H. (2021). Toxicity assessment of chronic exposure to common insecticides and bee medications on colony development and drones sperm parameters. *Ecotoxicology*, 30(5), 806-817. doi:10.1007/s10646-021-02416-3
29. Tosi, S., & Nieh, J. C. (2019). Lethal and sublethal synergistic effects of a new systemic pesticide, flupyradifurone (Sivanto®), on honeybees. *Proceedings of the Royal Society B*, 286(1900), 20190433. doi:10.1098/rspb.2019.0433
30. Tavares, D. A., Roat, T. C., Silva-Zacarin, E. C. M., Nocelli, R. C. F., & Malaspina, O. (2019). Exposure to thiamethoxam during the larval phase affects synapsin levels in the brain of the honey bee. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 169, 523-528. doi:10.1016/j.ecoenv.2018.11.048
31. Straub, L., Villamar-Bouza, L., Bruckner, S., Chantawannakul, P., Gauthier, L., Khongphinit-

- bunjong, K., ... & Williams, G. R. (2016). Neonicotinoid insecticides can serve as inadvertent insect contraceptives. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences*, 283(1835), 20160506. doi:10.1098/rspb.2016.0506
32. Williams, G. R., Troxler, A., Retschnig, G., Roth, K., Yañez, O., Shutler, D., ... & Gauthier, L. (2015). Neonicotinoid pesticides severely affect honey bee queens. *Scientific Reports*, 5(1), 14621. doi:10.1038/srep14621
33. Chaimanee, V., Evans, J. D., Chen, Y., Jackson, C., & Pettis, J. S. (2016). Sperm viability and gene expression in honey bee queens (*Apis mellifera*) following exposure to the neonicotinoid insecticide imidacloprid and the organophosphate acaricide coumaphos. *Journal of Insect Physiology*, 89, 1-8. doi:10.1016/j.jinsphys.2016.03.004
34. Palmer, M. J., Moffat, C., Saranzewa, N., Harvey, J., Wright, G. A., & Connolly, C. N. (2013). Cholinergic pesticides cause mushroom body neuronal inactivation in honeybees. *Nature Communications*, 4(1), 1634. doi:10.1038/ncomms2648
35. Pereira, N. C., Diniz, T. O., & Takasusuki, M. C. C. R. (2020). Sublethal effects of neonicotinoids in bees: a review. *Scientific Electronic Archives*, 13(7), 142-152. doi: 10.36560/13720201120
36. Tsvetkov, N., Samson-Robert, O., Sood, K., Patel, H. S., Malena, D. A., Gajiwala, P. H., ... & Zayed, A. (2017). Chronic exposure to neonicotinoids reduces honey bee health near corn crops. *Science*, 356(6345), 1395-1397. doi: 10.1126/science.aam7470
37. Doublet, V., Natsopoulou, M. E., Zschiesche, L., & Paxton, R. J. (2015). Within-host competition among the honey bees pathogens *Nosema ceranae* and Deformed wing virus is asymmetric and to the disadvantage of the virus. *Journal of Invertebrate Pathology*, 124, 31-34. doi:10.1016/j.jip.2014.10.007
38. Stanley, D. A., Smith, K. E., & Raine, N. E. (2015). Bumblebee learning and memory is impaired by chronic exposure to a neonicotinoid pesticide. *Scientific Reports*, 5(1), 16508. doi:10.1038/srep16508
39. Henry, M., Beguin, M., Requier, F., Rollin, O., Odoux, J. F., Aupinel, P., ... & Decourtye, A. (2012). A common pesticide decreases foraging success and survival in honey bees. *Science*, 336(6079), 348-350. doi: 10.1126/science.1215039
40. Eiri, D. M., & Nieh, J. C. (2012). A nicotinic acetylcholine receptor agonist affects honey bee sucrose responsiveness and decreases waggle dancing. *Journal of Experimental Biology*, 215(12), 2022-2029. doi:10.1242/jeb.068718
41. Beer, K., Steffan-Dewenter, I., Härtel, S., & Helfrich-Förster, C. (2016). A new device for monitoring individual activity rhythms of honey bees reveals critical effects of the social environment on behavior. *Journal of Comparative Physiology A*, 202(8), 555-565. doi:10.1007/s00359-016-1103-2
42. Sandrock, C., Tanadini, L. G., Pettis, J. S., Biesmeijer, J. C., Potts, S. G., & Neumann, P. (2014). Sublethal neonicotinoid insecticide exposure reduces solitary bee reproductive success. *Agricultural and Forest Entomology*, 16(2), 119-128. doi:10.1111/afe.12041
43. Williams, G. R., Troxler, A., Retschnig, G., Roth, K., Yañez, O., Shutler, D., ... & Gauthier, L. (2015). Neonicotinoid pesticides severely affect honey bee queens. *Scientific Reports*, 5(1), 14621. doi:10.1038/srep14621
44. van der Sluijs, J. P., Simon-Delso, N., Goulson, D., Maxim, L., Bonmatin, J. M., & Belzunces, L. P. (2013). Neonicotinoids, bee disorders and the sustainability of pollinator services. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 5(3-4), 293-305. doi:10.1016/j.cosust.2013.05.007

BÖLÜM 3

TARIMSAL ÜRETİMDE BİYOKÖMÜR

Ali COŞKAN¹
Ahmet DEMİRBAŞ²

GİRİŞ

Toprak düzenleyici olarak kullanımının tarihi 1878'lere kadar uzanan biyokömür (1), son zamanlarda atmosferdeki CO₂'nin ve buna bağlı olarak küresel ısınmanın etkilerinin azaltılmasına yönelik (2-4) olarak kullanım potansiyeli nedeniyle yeniden popüler olmuştur. Biyokömürün tarım alanlarında kullanılması ile birçok toprak özelliğinde değişimler gözlemlenmiştir. Laird vd. (5) biyokömür uygulamasının tropikal bölge topraklarında besin elementi yıkanmasını azalttığını, bu etkinin karmaşık kimyasal, fiziksel ve biyolojik özellikleri ile ilgili olduğunu ancak ılıman bölge topraklarında etkisi ile ilgili bilgilerin sınırlı olduğunu bildirmiştir. Luo vd. (6) ise biyokömür uygulaması ile toprak biyolojik aktivitesinin ve buna bağlı olarak CO₂ üretiminin, dolayısıyla biyokömürün mineralizasyonunun arttığını rapor etmişlerdir. Biyokömürün atmosferdeki karbondioksit miktarını azaltmak amacıyla kullanılması göz önüne alındığında, biyokömür uygulamasının CO₂ üretimini arttırması olumsuz bir sonuç gibi görülse de, toprağa kazandırılan karbon ile topraktan CO₂ oluşumu yoluyla eksilen karbon karşılaştırıldığında, biyokömür uygulamasının atmosfer CO₂ konsantrasyonunu azaltmada etkili olduğu da bildirilmektedir (6). Zavalloni vd. (4) buğday anızı ile birlikte uygulanan biyokömürün sadece %2,8'inin, buğday anızının ise %56'sının CO₂ olarak yeniden atmosfere döndüğünü bildirmişlerdir. Bu konuda çok fazla çalışma yapılmamış olmasına rağmen, yürütülen denemelerde biyokömür uygulamasının nitrat yıkanmasını (7) ve N₂O oluşumunu (8) azalttığı vurgulanmaktadır. Denitrifikasyon ürünü bir gaz olan N₂O'nun ozon tabakasına olumsuz etkisinin CO₂'den yaklaşık 250 kat (farklı kaynaklarda 265, 270 ve 310 rakamlarına da rastlanılmaktadır) daha fazla olması (9), küresel ısınma açısından biyokömür uygulamasının

¹ Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, alicoskan@isparta.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-5473-3515

² Prof. Dr., Sivas Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim, Organik Tarım Programı, ademirbas@cumhuriyet.edu.tr, ORCID iD: 0009-0003-8759-8745

KAYNAKLAR

1. Chan, K. Y., Xu, Z. (2010) Biochar: Nutrient Properties and Their Enhancement. In: J. Lehmann & S. Joseph (Eds) Biochar for environmental management: science and technology. pp:67-84. London Earthscan. ISBN:184407658X/9781844076581.
2. Sohi, S. P., Krull, E., Lopez-Capel, E., & Bol, R. (2010). A review of biochar and its use and function in soil. *Advances in agronomy*, 105, 47-82.
3. Prendergast-Miller, M.T., Duvall, M., Sohi, S.P. (2011). Localization of nitrate in the rhizosphere of Biochar-amended soil. *Soil Biology & Biochemistry*. 43:2243-2246.
4. Zavollini, C., Alberti, G., Biasiol, S., Vedove, G.D., Fornasier, F., Liu, J., Peressotti, A. (2011) Microbial mineralization of biochar and wheat straw mixture in soil: A short term study. *Applied Soil Ecology*. 50:45-51.
5. Laird, D., Fleming, P., Wang, B., Horton, R., Karlen, D. (2010) Biochar impact on nutrient leaching from a Midwestern agricultural soil. *Geoderma*. 158:436-442.
6. Luo, Y., Durenkamp, M., DeNobili, M., Lin, Q., Brookes, P.C., 2011. Short term soil priming effects and mineralisation of Biochar following its incorporation to soils of different pH. *Soil Biology & Biochemistry*. 43:2304-2314.
7. Ding, Y., Liu, Y.X., Wu, W.X., Shi, D.Z., Yang, M., Zhong, Z.K. (2010) Evaluation of biochar effects on nitrogen retention and leaching in multi-layered soil columns. *Water Air Soil Pollution*. 213:47-55.
8. Yanai, Y., Toyota, K., Okazaki, M. (2007) Effects of charcoal addition on N₂O emissions from soil resulting from rewetting air-dried soil in short-term laboratory experiments. *Soil Science & Plant Nutrition*. 53:181-188.
9. Boyle, S., Ardill, J., 1989. The Greenhouse Effect: A Partical Guide to the World's Changing Climate, London: Hodder and Stoughton.
10. Castaldi, S., Riondino, M., Baronti, S., Esposito, F.R., Marzaioli, R., Rutigliano, F.A., Vaccari, F.P., Miglietta, F. (2011) Impact of biochar application to a Mediterranean wheat crop on soil microbial activity and greenhouse gas fluxes. *Chemosphere* 85:1464-1471.
11. LeCroy, C., Masiello, C.A., Rudgers, J.A., Hockaday, W.C., Silberg, J. (2013) Nitrogen, Biochar, and mycorrhizae: Alteration of the symbiosis and oxidation of the char surface. *Soil Biology & Biochemistry*. 58:248-254.
12. Denyes, M.J., Langlois, V.S., Rutter, A., Zeeb, B.A., 2012. The use of biochar to reduce soil PCB bioavailability to Cucurbita pepo and Eisenia fetida. *Science of the Total Environment*. 437:76-82.
13. Akbolat, D., Coşkan, A., Varol, H. T., & Kılıçarslan, M. (2023). Biyokömür Incorporation Zone Has an Effect on The Soil Carbon Dioxide Emission. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(2), 110-115.
14. Song W. & Guo, M. (2012) Quality variations of poultry litter biochar generated at different pyrolysis temperatures. *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*. 94:138-145.
15. Gök, M., Coşkan, A., Onaç, I., Sağlamtimur, T., Tansı, V., Karip, B., & İnal, İ. (1999). Organik Gübrelemenin Toprakta N-Mineralizasyonuna, Denitrifikasyonla Azot Kaybına ve Mikrobiyel Aktiviteye Etkisi. *GAP I. Tarım Kongresi Bildiri Kitabı*, 2, 971-978.
16. Gök, M., Onaç, I., Karip, B., Sağlamtimur, T., Coşkan, A., Tansı, V., & Kızılsimşek, M. (1998, September). Hasat artıkları, tütün atığı ve hayvan gübresi uygulamalarının toprakta azot mineralizasyonu, immobilizasyonu ve toprağın bazı biyolojik özelliklerine etkisi. In *International Symposium on Arid Region Soil. Menemen* (pp. 551-557).
17. Gok, M., Dogan, K., & Coskan, A. (2006, April). Effects of divers organic substrat application on denitrification and soil respiration under different plant vegetation in Çukurova region. In *International Symposium on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture* (pp. 4-8).
18. Lehmann, J., Rillig, M.C., Thies, J., Masiello, A.C., Hockaday, W. C., Crowley, D. (2010) Biochar effects on soil biota-A review. *Soil Biology & Biochemistry* 43:1812-1836.

19. Göksal, C., Gök, M., & Coşkan, A. (2002). The Effects of Different Organic Substrates on Nitrogen Mineralization and Some Microbiological Properties in Soil. In *International Conference on Sustainable Land Use and Management* (pp. 10-13).
20. Pivato, A., Gohar, H., Antille, D. L., Schievano, A., Beggio, G., Reichardt, P., ... & Lavagnolo, M. C. (2024). Air-polluting emissions from pyrolysis plants: a systematic mapping. *Environments*, 11(7), 149.
21. Uzoma, K. C., Inoue, M., Andry, H., Fujimaki, H., Zahoor, A., & Nishihara, E. (2011). Effect of cow manure biochar on maize productivity under sandy soil condition. *Soil use and management*, 27(2), 205-212.
22. Zhu, Z., Zhang, Y., Tao, W., Zhang, X., Xu, Z., & Xu, C. (2025). The biological effects of biochar on soil's physical and chemical characteristics: A review. *Sustainability*, 17(5), 2214.
23. Adhikari, S., Moon, E., & Timms, W. (2024). Identifying biochar production variables to maximise exchangeable cations and increase nutrient availability in soils. *Journal of Cleaner Production*, 446, 141454.
24. Gok, M., Dogan, K., & Coskan, A. (2006). Effects of divers organic substrat application on denitrification and soil respiration under different plant vegetation in Çukurova region. In *International Symposium on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture*, 4-8 April 2006, Adana/Türkiye pp. 4-8.
25. Gencer, M., Gök, M., & Celik, İ. (2024). Sustaining Soil Biological Activity: The Role of Extended Reduced and No-Tillage Techniques. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 27(6), 1443-1458.
26. Zavollini, C., Alberti, G., Biasiol, S., Vedove, G.D., Fornasier, F., Liu, J., Peressotti, A. (2011) Microbial mineralization of biochar and wheat straw mixture in soil: A short term study. *Applied Soil Ecology*. 50:45-51.
27. Alaboz, P., Coskan, A., & Isildar, A. A. (2017). Effects of saw-dust biochar on some soil moisture constants. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(6), 4033-4038.
28. Küçükyumuk, Z., Erdal, İ., Coskan, A., Göktaş, M., & Sırça, E. (2017). Influence of biochar on growth and mineral concentrations of pepper. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. DOI: 10.14597/infraeco.2017.2.2.061
29. Kemer, Y., & Coskan, A. (2017). The effects of walnut shell and thyme stalk biochar on pepper: plant parameters. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*. DOI: 10.14597/infraeco.2017.2.2.056
30. Demirbas, A., Karakoy, T., Durukan, H., & Erdem, H. (2017). The impacts of the biochar addition in different doses on yield and nutrient uptake of the chickpea plant (*Cicer arietinum* L.) under the conditions with and without incubation. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(12), 8328-8336.
31. Arin, A., Aydın, H. R., Erbaş, S., & Coşkan, A. (2018). The effect of biochar obtained from pruning residue of oil-bearing rose on flower yield and essential oil content of oil-bearing rose. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 444-449.
32. Demirbaş, A., & Coşkan, A. (2019). The effects of biochar and cadmium applications on yield and nutrient uptake of maize plant. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology* (7): 109-114, Special Issue 2.
33. Durukan, H., Demirbas, A., & Turkekul, I. (2020). Effects of biochar rates on yield and nutrient uptake of sugar beet plants grown under drought stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 51(21), 2735-2745.
34. Kutlay, A., & Demirbaş, A. (2024). Farklı Sıcaklıkta Üretilen Biyokömür Uygulamasının Mısır Bitkisinin Verimi, Besin Elementi Alımı ve Karbon Mineralizasyonuna Etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 13(2), 376-390.
35. Demirbaş, H., Sönmez, O., Demirbaş, A., & Kılıç, F. A. T. M. A. (2024). Effects of Different Doses of Biochar Applications on Yield and Nutrient Element Concentrations on Wheat Grown under Salt Stress. *Cumhuriyet Science Journal*, 45(3).

36. Singh, B., Dolk, M. M., Shen, Q., & Camps-Arbestain, M. (2017). Biochar pH, electrical conductivity and liming potential. *Biochar: A guide to analytical methods*, 23.
37. Eyüpoğlu, F., N. Kurucu, ve S. Talaz 1996. Türkiye Topraklarının Bitkiye Yarıyışlı Bazı Mikroelementler (Fe, Cu, Zn, Mn) Bakımından Genel Durumu. T.C. Başbakanlık Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Ankara, 72 s.
38. Mukherjee, A., & Lal, R. (2014). The biochar dilemma. *Soil research*, 52(3), 217-230.
39. Lyu, H., He, Y., Tang, J., Hecker, M., Liu, Q., Jones, P. D., ... & Giesy, J. P. (2016). Effect of pyrolysis temperature on potential toxicity of biochar if applied to the environment. *Environmental Pollution*, 218, 1-7.

BÖLÜM 4

BAL ARILARINDA ÜREME

Cengiz ERKAN¹
Ayhan GÖSTERİT²

1. GİRİŞ

Bal arıları genel anlamda bir adet ana arı, binlerce işçi arı ve varlıkları mevsime bağlı olan erkek arılardan oluşan koloniler halinde yaşarlar. Ana arı kolonide üreme yeteneğine sahip tek dişi bireydir (1). Yaşantısı boyunca bıraktığı yumurtalar sayesinde gelişmeyi kontrol ettiği gibi salgıladığı feromonlar da kolonide işleyişin bozulmamasına katkı sağlar. Diğer taraftan dişi olmalarına rağmen üreme yetenekleri olmayan işçi arılar yavru bakımından nektar/polen toplamaya kadar tüm faaliyetlerden sorumlu bireylerdir. Erkek arılar ise sadece üreme amacıyla kolonide bulunurlar. İşçi arılara oranla oldukça sınırlı sayıda olan erkek arılar sezonun tamamlanmasıyla birlikte kovan dışına atılırlar ve yenilerinin üretilmesi engellenir (2,3).

Koloninin devamlılığı ve sosyal yapının sürdürülebilirliği doğrudan ana arıya bağlıdır. Bıraktığı dömlü ya da dölsüz yumurtalar ile işçi ve erkek arı üretimini sağlaması nedeniyle verimliliği doğrudan koloni verimliliği ve sağlığı ile ilişkilidir (4). Günde binlerce yumurta bırakma kapasitesine sahip olmakla birlikte bu yeteneğinde yaşanan düşüş, ölmesi ya da koloninin oğul verecek olması işçi arılar tarafından yeni ana arılar üretilmesi ile sonuçlanır (5).

Petek gözünden çıkan genç, döllenmemiş ana arı kovan dışında, açık havada sayıları onlarla ifade edilebilen erkek arı ile çiftleşir. Çiftleşme sonrasında ana arı yaşantısı boyunca kullanacak olduğu spermatozoidleri sperm kesesinde depolar. Doğal koşullar altında gerçekleşen çiftleşme, yapay tohumlama uygulaması ile kontrollü altına alınabilmektedir. Her iki durumda da ana arı gelecek generasyonları oluşturacak genetik materyali depolamış olacaktır (6).

¹ Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü, cerkan@yyu.edu.tr
ORCID iD: 0000-0003-3510-2800

² Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Zootečni Bölümü,
ORCID iD: ayhangosterit@isparta.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-9686-7992

KAYNAKLAR

1. **Güler A.** Besin madde ihtiyaçları ve beslenme. *Bal Arısı (Apis mellifera L.) Yetiştiriciliği Hastalıkları ve Ürünleri*. 1. Baskı. Ankara: Azim Matbaacılık; 2017. s.120–121.
2. **Boes K.E.** Honeybee colony drone production and maintenance in accordance with environmental factors: an interplay of queen and worker decisions. *Insectes Sociaux*. 2010;57(1):1–9.
3. **Nowogrodzki R.** Division of labour in the honeybee colony: a review. *Bee World*. 1984;65(3):109–116.
4. **Wharton K.E., Dyer F.C., Huang Z.Y., Getty T.** The honeybee queen influences the regulation of colony drone production. *Behavioral Ecology*. 2007;18(6):1092–1099.
5. **Lee P.C., Winston M.L.** Effects of reproductive timing and colony size on the survival, offspring colony size and drone production in the honey bee (*Apis mellifera*). *Ecological Entomology*. 1987;12(2):187–195.
6. **Cobey S.W., Tarpy D.R., Woyke J.** Standard methods for instrumental insemination of *Apis mellifera* queens. *Journal of Apicultural Research*. 2013;52(4):1–18.
7. **Tarpy D.R., Page R.E.** The curious promiscuity of queen honey bees (*Apis mellifera*): evolutionary and behavioral perspectives. *American Scientist*. 2001;89(4):330–337.
8. **Gençer H.V.** Bal arılarında yapay tohumlama. Ankara: Palme Yayınevi; 2018. Yayın No: 1491.
9. **Mackenson O., Tucker K.W.** Instrumental insemination of queen bees. *U.S. Department of Agriculture, Agricultural Handbook No. 390*. Washington D.C.: USDA; 1970.
10. **Cullen G., Gilligan J.B., Guhlin J.G., Dearden P.K.** Germ-stem cells and oocyte production in the honeybee queen ovary. *BioRxiv*. 2022. doi:10.1101/2022.03.15.484492.
11. **Koeniger G., Koeniger N., Jamie E., Lawrence C.** *Mating Biology of Honey Bees (Apis mellifera)*. United States: Wicwas Press; 2014.
12. **Sasaki K., Obara Y.** Egg activation and timing of sperm acceptance by an egg in honey bees (*Apis mellifera L.*). *Insectes Sociaux*. 2002;49(3):234–240.
13. **Kozii I.V., Wood S.C., Kozii R.V., Simko E.** Histomorphological description of the reproductive system in mated honey bee queens. *Journal of Apicultural Research*. 2021;61(1):114–126. doi:10.1080/00218839.2021.1900636
14. **Winston M.L.** *The Biology of the Honey Bee*. Cambridge, MA: Harvard University Press; 1987.
15. **Baer B.** Sexual selection in *Apis* bees. *Apidologie*. 2005;36(2):187–200.
16. **Zennouche O.S., Iguer-Ouada M., Benmeradi N., Mohammedi A.** Structure and organization of the spermatozoa within the spermatheca of honey bee queens *Apis mellifera intermissa L.* *Journal of Apicultural Research*. 2015;54(6):577–581.
17. **Pabalan N., Davey K.G., Packer L.** Comparative morphology of spermathecae in solitary and primitively eusocial bees (Hymenoptera; Apoidea). *Canadian Journal of Zoology*. 1996;74(5):802–808.
18. **Kressin M., Sommer U., Schnorr B.** The spermathecal epithelium of the queen bee (*Apis mellifera*): morphology, age-dependent changes and cell contacts. *Anatomia, Histologia, Embryologia*. 1996;25(1):31–35.
19. **Martins G.F., Serrão J.E.** A comparative study of the spermathecae in bees (Hymenoptera; Apoidea). *Sociobiology*. 2002;40(3):711–720.
20. **Baer B., Collins J., Maalaps K., den Boer S.P.A.** Sperm use economy of honeybee (*Apis mellifera*) queens. *Ecology and Evolution*. 2016;6(9):2877–2885.
21. **Poland V., Eubel H., King M., Solheim C., Millar A.H., Baer B.** Stored sperm differs from ejaculated sperm by proteome alterations associated with energy metabolism in the honeybee *Apis mellifera*. *Molecular Ecology*. 2011;20(12):2643–2654.
22. **Klenk M., Koeniger G., Koeniger N., Fasold H.** Proteins in spermathecal gland secretion and spermathecal fluid and the properties of a 29 kDa protein in queens of *Apis mellifera*. *Apidologie*. 2004;35(4):371–381.
23. **Weirich G.F., Collins A.M., Williams V.P.** Antioxidant enzymes in the honey bee, *Apis mellifera*.

- fera. Apidologie.* 2002;33(1):3–14.
24. Nascimento J.D., Caneguim B.H., Paula M.C., Ribeiro A.R., Sasso-Cerri E., Rosa J.A. Spermathecae: morphofunctional features and correlation with fat bodies and trachea in six species of vectors of Chagas disease. *Acta Tropica.* 2019;197:105032. doi:10.1016/j.actatropica.2019.105032.
 25. Paillard M., Rousseau A., Giovenazzo P., Bailey J.L. Preservation of domesticated honey bee (*Hymenoptera: Apidae*) drone semen. *Journal of Economic Entomology.* 2017;110(4):1412–1418.
 26. Rangel J., Fisher A. Factors affecting the reproductive health of honey bee (*Apis mellifera*) drones—A review. *Apidologie.* 2019;50(6):759–778.
 27. Page R.E. Jr., Peng C.Y. Aging and development in social insects with emphasis on the honey bee, *Apis mellifera* L. *Experimental Gerontology.* 2001;36(4–6):695–711.
 28. Klein C.D., Kozii I.V., Wood S.C., Kozii R.V., Zabrodski M.W., Dvilyuk I., de Mattos I.M., Moshynskyy I., Honaramooz A., Simko E. Testicular changes of honey bee drones, *Apis mellifera* (Hymenoptera: Apidae), during sexual maturation. *Journal of Insect Science.* 2021;21(2):1–12.
 29. Collins A.M., Caperna T.J., Williams V., Garrett W.M., Evans J.D. Proteomic analyses of male contributions to honey bee sperm storage and mating. *Insect Molecular Biology.* 2006;15(5):541–549.
 30. Moors L., Spaas O., Koeniger G., Billen J. Morphological and ultrastructural changes in the mucus glands of *Apis mellifera* drones during pupal development and sexual maturation. *Apidologie.* 2005;36(2):245–254.
 31. Delaplane K., Hagan K., Vogel K., Bartlett L. Mechanisms for polyandry evolution in a complex social bee. *Behavioral Ecology and Sociobiology.* 2024;78(39):1–10. doi:10.1007/s00265-024-03439-0.
 32. Koeniger G. Mating sign and multiple mating in the honeybee. *Bee World.* 1986;67(3):141–150.
 33. Baudry E., Solignac M., Garnery L., Gries M., Cornuet J.M., Koeniger N. Relatedness among honeybees (*Apis mellifera*) of a drone congregation. *Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences.* 1998;265(1408):2009–2014.
 34. Koeniger N., Koeniger G. Reproductive isolation among species of the genus *Apis*. *Apidologie.* 2000;31(2):313–339.
 35. Woyke J. Why the eversion of the endophallus of honey bee drone stops at the partly everted stage and significance of this. *Apidologie.* 2008;39(6):627–636.
 36. Woyke J. Three substances ejected by *Apis mellifera* drones from everted endophallus and during natural matings with queen bees. *Apidologie.* 2010;41(5):613–621.
 37. Koeniger G. Morpho-functional study of the mating in the honeybee (*Apis mellifera* L.). *Apidologie.* 1984;15(2):189–203.
 38. Woyke J. The hatchability of lethal eggs in a two sex-allele fraternity of honeybees. *Journal of Apicultural Research.* 1962;1(1):6–13.
 39. Koeniger N. An evolutionary approach to mating behaviour and drone copulatory organs in *Apis*. *Apidologie.* 1991;22(6):581–590.
 40. Woyke J. Dynamics of entry of spermatozoa into the spermatheca of instrumentally inseminated queen honey bees. *Journal of Apicultural Research.* 1983;22(3):150–154.
 41. Laidlaw H.H. Origin and development of instrumental insemination of queen bees. In: Moritz R.F.A. (ed.) *The Instrumental Insemination of the Queen Bee*. Bucharest: Apimondia; 1989. p.9–17.
 42. Gençer V. Bal arılarında yapay tohumlama. *Hayvancılık Araştırma Dergisi.* 1998;8(1–2):39–51.
 43. Laidlaw H.H. Instrumental insemination of honeybee queens: its origin and development. *Bee World.* 1987;68(1):17–36.
 44. Erkan C. Arıcılığın tarihçesi. In: Yücel B. (ed.) *Bal Arısı ve Arıcılık*. Ankara: Akademisyen Kitabevi; 2024. p.1–10.

45. Oldroyd B.P., Thompson G.J. Behavioural genetics of the honey bee *Apis mellifera*. In: Simpson S.J. (ed.) *Advances in Insect Physiology*. Vol. 33. San Diego: Academic Press; 2006. p.1–49.
46. Plate M., Bernstein R., Hoppe A., Bienefeld K. The importance of controlled mating in honey-bee breeding. *Genetics Selection Evolution*. 2019;51(1):1–14.
47. Gillard T.L., Oldroyd B.P. Controlled reproduction in the honey bee (*Apis mellifera*) via artificial insemination. In: *Advances in Insect Physiology*. Vol. 59. London: Academic Press; 2020. p.1–42.
48. Cobey S., Tarpy D.R., Woyke J. Standard methods for instrumental insemination of *Apis mellifera* queens. *Journal of Apicultural Research*. 2013;52(4):1–18.
49. Scientific Beekeeping. II Generation Instrumental Insemination. (20/10/2025 tarihinde <http://scientificbeekeeping.co.uk/Ilgan%202.html> adresinden erişilmiştir).

BÖLÜM 5

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNİN TOZLAŞTIRICILAR ÜZERİNE ETKİSİ

Ayhan GÖSTERİT¹
İsmail Yaşhan BULUŞ²
Cengiz ERKAN³

GİRİŞ

Bir çiçeğin erkek organındaki polenin, aynı çiçeğin ya da başka bir çiçeğin dişi organına transferi olarak tanımlanan tozlaşma (polinasyon), biyotik (böcekler, kuşlar, memeliler, sürüngenler) veya abiyotik (rüzgar) vektörler aracılığıyla gerçekleşmektedir (1). Özellikle biyotik tozlaştırıcılar içinde yer alan böcekler birçok bitkinin üremesini sağlayarak hem biyolojik çeşitlilik hem de ekosistemin sürdürülebilirliği açısından hayati bir rol üstlenmektedir (2). Kültürü yapılan bitki çeşitlerinin %75'inden fazlası farklı düzeylerde böcek tozlaştırıcılara bağımlı olup, bu durum dünya genelinde tüketilen gıda miktarının üçte birinden fazlasını etkilemektedir. Hem yabani hem de tarımsal bitkilerde yüksek etkinlik ve verimlilik göstermeleri nedeniyle Hymenoptera (zar kanatlılar) takımında yer alan arılar en önemli tozlaştırıcı böcek grubunu oluşturmaktadır. Ancak, arıların küresel ölçekte karşı karşıya kaldıkları azalma veya popülasyonlarının yok olma tehlikesi nedeniyle arı dışındaki tozlaştırıcı böceklerin rolüne odaklanan çalışmalar da artış göstermiştir (2-4).

Tozlaştırıcı böcek popülasyonlarındaki azalma riski ekolojik ve tarımsal sistemler üzerindeki etkileri nedeniyle günümüzde önemli bir endişe kaynağıdır (5,6). İnsan kaynaklı arazi kullanımındaki değişiklikler, pestisit kullanımı, zararlılar, patojenler, çevre kirliliği ve iklim değişikliği gibi durumlar tozlaştırıcılar üzerinde olumsuz etkilere yol açan önemli faktörler olarak öne çıkmaktadır. Ayrıca bu faktörler arasındaki etkileşimlerin tozlaştırıcılar üzerindeki olumsuz etkileri şiddetlendirme olasılığı da söz konusudur (7-10).

¹ Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, ayhangosterit@isparta.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-9686-7992

² Arş. Gör. Dr., Muş Alparslan Üniversitesi, Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü, y.bulus@alparslan.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-4418-588X

³ Doç. Dr., Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Zootečni Bölümü, cerkan@yyu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-3510-2800

lerini olumsuz etkileyerek popülasyonların sürdürülebilirliğini tehdit etmektedir.

İklim değişikliğinin etkilerini azaltmaya yönelik olarak sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması, doğal habitatların korunması ve tozlaştırıcı dostu peyzaj planlamalarının yapılması kritik öneme sahiptir. Ayrıca, tozlaştırıcı türlerin ekolojik toleranslarını ve adaptasyon yeteneklerini daha iyi anlamak amacıyla uzun dönemli izleme çalışmaları ve ekolojik modellemelere dayalı araştırmaların artırılması önemlidir. Sonuç olarak, iklim değişikliği ile mücadele yalnızca enerji ve sanayi politikalarıyla sınırlı kalmamalı; ekosistemlerin bütünlüğünü ve tozlaştırıcı türlerin varlığını korumayı hedefleyen bütüncül bir yaklaşım benimsenmelidir. Bu doğrultuda alınacak önlemler hem biyolojik çeşitliliğin sürdürülmesi hem de insan refahının temelini oluşturan ekosistem hizmetlerinin devamlılığı açısından yaşamsal önem taşımaktadır.

KAYNAKLAR

1. Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 274(1608), 303-313. <https://doi.org/10.1098/rspb.2006.3721>
2. Rader, R., Bartomeus, I., Garibaldi, L. A., Garratt, M. P., Howlett, B. G., Winfree, R., ... & Wojciechowski, M. (2016). Non-bee insects are important contributors to global crop pollination. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(1), 146-151. <https://doi.org/10.1073/pnas.1517092112>
3. Ollerton, J. (2017). Pollinator diversity: distribution, ecological function, and conservation. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 48(1), 353-376. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110316-022919>
4. Muinde, J., & Katumo, D. M. (2024). Beyond bees and butterflies: the role of beetles in pollination system. *Journal for Nature Conservation*, 77, 126523. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2023.126523>
5. Winfree, R., Bartomeus, I., & Cariveau, D. P. (2011). Native pollinators in anthropogenic habitats. *annual review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 42(1), 1-22. <https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-102710-145042>
6. Thomann, M., Imbert, E., Devaux, C., & Cheptou, P. O. (2013). Flowering plants under global pollinator decline. *Trends in Plant Science*, 18(7), 353-359. doi: 10.1016/j.tplants.2013.04.002
7. Goulson, D., Nicholls, E., Botías, C., & Rotheray, E. L. (2015). Bee declines driven by combined stress from parasites, pesticides, and lack of flowers. *Science*, 347(6229), 1255957. doi: 10.1126/science.1255957
8. Janousek, W. M., Douglas, M. R., Cannings, S., Clément, M. A., Delphia, C. M., Everett, J. G., ... & Graves, T. A. (2023). Recent and future declines of a historically widespread pollinator linked to climate, land cover, and pesticides. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(5), e2211223120. <https://doi.org/10.1073/pnas.2211223120>
9. Williams, N. M., & Hemberger, J. (2023). Climate, pesticides, and landcover drive declines of the western bumble bee. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 120(7), e221692120. <https://doi.org/10.1073/pnas.221692120>
10. Brunet, J., & Fragoso, F. P. (2024). What are the main reasons for the worldwide decline in pollinator populations?. *CABI Reviews*, (2024). 19(1) <https://doi.org/10.1079/cabireviews.2024.0016>

11. Minachilis, K., Kougioumoutzis, K., & Petanidou, T. (2021). Climate change effects on multi-taxa pollinator diversity and distribution along the elevation gradient of Mount Olympus, Greece. *Ecological Indicators*, 132, 108335. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.108335>
12. Zattara, E. E., & Aizen, M. A. (2021). Worldwide occurrence records suggest a global decline in bee species richness. *One Earth*, 4(1), 114-123. doi: 10.1016/j.oneear.2020.12.005
13. Türkeş, M. (2022). İklim diplomasisi ve iklim değişikliğinin ekonomi politliği. *Bilim ve Ütopya*, 332, 31-45.
14. Lee H, Calvin K, Dasgupta D, Krinner G, Mukherji A, Thorne P, vd. IPCC, 2023: Climate change 2023: Synthesis report, summary for policymakers. Contribution of working groups i, II and III to the sixth assessment report of the intergovernmental panel on climate change [core writing team, h. Lee and j. Romero (eds.)]. IPCC, geneva, Switzerland. 2023 [Accessed: 13 Ekim 2025]; Erişim adresi: <https://mural.maynoothuniversity.ie/17886/>
15. Demirbaş, M., & Aydın, R. (2020). 21. Yüzyılın en büyük tehdidi: küresel iklim değişikliği. *Ecological Life Sciences*, 15(4), 163-179.
16. Neumann, P., & Straub, L. (2023). Beekeeping under climate change. *Journal of Apicultural Research*, 62(5), 963-968. <https://doi.org/10.1080/00218839.2023.2247115>
17. Pörtner, H. O., Roberts, D. C., Adams, H., Adekan, I., Adler, C., Adrian, R., ... & Zaiton Ibrahim, Z. (2022). Technical summary. *Climate change*, 37-118.
18. van Eeden LM, Nimmo D, Mahony M, Herman K, Ehmke G, Driessen J, vd. Impacts of the unprecedented 2019-2020 bushfires on Australian animals. 2020 [13 Ekim 2025]; Erişim adresi: <https://researchoutput.csu.edu.au/en/publications/impacts-of-the-unprecedented-2019-2020-bushfires-on-australian-an>
19. Sepúlveda, Y., Nicholls, E., Schuett, W., & Goulson, D. (2024). Heatwave-like events affect drone production and brood-care behaviour in bumblebees. *PeerJ*, 12, e17135. <https://doi.org/10.7717/peerj.17135>
20. Korkmaz, K. (2007). Küresel Isınma ve Tarımsal Uygulamalara Etkisi. *Alatarım Dergisi*, 6(2), 43-49.
21. Türkeş, M. (2020). İklim değişikliğinin tarımsal üretim ve gıda güvenliğine etkileri: bilimsel bir değerlendirme. *Ege Coğrafya Dergisi*, 29(1), 125-149.
22. Zhai, P., Pörtner, H. O., Roberts, D., Skea, J., Shukla, P. R., Pirani, A., ... & Waterfield, T. (2018). Global Warming of 1.5 C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5 C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty. *Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty*, 32.
23. Gaspar P, Anderson D, Boone C, Davey M, Latif M, Le Traon PY, vd. The DUACS project: Towards operational use of altimeter data in coupled ocean-atmosphere models for climate studies and forecasts. In: Elsevier Oceanography Series [İnternet]. Elsevier; 2002 [13 Ekim 2025]. s. 393-4. Erişim adresi: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0422989402800459>
24. Jones, R. A., & Qualset, C. O. (1984). Breeding crops for environmental stress tolerance. In *Applications of genetic engineering to crop improvement* (pp. 305-340). Dordrecht: Springer Netherlands.
25. Barnabás, B., Jäger, K., & Fehér, A. (2008). The effect of drought and heat stress on reproductive processes in cereals. *Plant, Cell & Environment*, 31(1), 11-38. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2007.01727.x>
26. Akın, G. (2006). Küresel ısınma, nedenleri ve sonuçları. *Ankara Üniversitesi Dil ve Tarih-Coğrafya Fakültesi Dergisi*, 46(2), 29-43.
27. Colinet, H., Sinclair, B. J., Vernon, P., & Renault, D. (2015). Insects in fluctuating thermal environments. *Annual Review of Entomology*, 60, 123-140. <https://doi.org/10.1146/annurev-ent-010814-021017>
28. Barnett, K. L., & Facey, S. L. (2016). Grasslands, invertebrates, and precipitation: a review of the effects of climate change. *Frontiers in Plant Science*, 7, 1196. <https://doi.org/10.3389/>

fp̈ls.2016.01196

29. Hegland, S. J., Nielsen, A., Lázaro, A., Bjerknes, A. L., & Totland, Ø. (2009). How does climate warming affect plant-pollinator interactions?. *Ecology Letters*, 12(2), 184-195. doi: 10.1111/j.1461-0248.2008.01269.x
30. Donnelly, A., Caffarra, A., & O'Neill, B. F. (2011). A review of climate-driven mismatches between interdependent phenophases in terrestrial and aquatic ecosystems. *International Journal of Biometeorology*, 55(6), 805-817. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0426-5>
31. Berg, M. P., Kiers, E. T., Driessen, G., Van Der HEIJDEN, M. A. R. C. E. L., Kooi, B. W., Kuenen, F., ... & Ellers, J. (2010). Adapt or disperse: understanding species persistence in a changing world. *Global Change Biology*, 16(2), 587-598. doi: 10.1111/j.1365-2486.2009.02014.x
32. 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. doi: 10.1111/j.1461-0248.2007.01061.x
33. Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals?. *Oikos*, 120(3), 321-326. doi: 10.1111/j.1600-0706.2010.18644.x
34. Dukes, J. S., Pontius, J., Orwig, D., Garnas, J. R., Rodgers, V. L., Brazee, N., ... & Ayres, M. (2009). Responses of insect pests, pathogens, and invasive plant species to climate change in the forests of northeastern North America: what can we predict?. *Canadian Journal of Forest Research*, 39(2), 231-248. <https://doi.org/10.1139/X08-17>
35. Bhagarathi, L. K., & Maharaj, G. (2023). Impact of climate change on insect biology, ecology, population dynamics, and pest management: A critical review. *World Journal of Advanced Research and Reviews*, 19(3), 541-568. <https://doi.org/10.30574/wjarr.2023.19.3.1843>
36. Regina, T., Chamola, A., & Ghosh, C. (2024). The Impact Of Climate Change On Insects. *Environment and Ecology*, 42, 1774-1782. <https://doi.org/10.60151/envec/DXDR8910>
37. Ostap-Chec, M., Kierat, J., Kuszewska, K., & Woyciechowski, M. (2021). Red mason bee (*Osmia bicornis*) thermal preferences for nest sites and their effects on offspring survival. *Apidologie*, 52(3), 707-719. doi: 10.1007/s13592-021-00858-6
38. Ramos-Jiliberto, R., Moisset de Espanés, P., & Vázquez, D. P. (2020). Pollinator declines and the stability of plant-pollinator networks. *Ecosphere*, 11(4), e03069. doi:10.1002/ecs2.3069
39. Marshall, L., Perdijk, F., Dendoncker, N., Kunin, W., Roberts, S., & Biesmeijer, J. C. (2020). Bumblebees moving up: shifts in elevation ranges in the Pyrenees over 115 years. *Proceedings of the Royal Society B*, 287(1938), 20202201. <https://doi.org/10.1098/rspb.2020.2201>
40. Skendžić, S., Zovko, M., Pajač Živković, I., Lešić, V., & Lemić, D. (2021). Effect of climate change on introduced and native agricultural invasive insect pests in Europe. *Insects*, 12(11), 985. <https://doi.org/10.3390/insects12110985>
41. Bale, J. S., & Hayward, S. A. L. (2010). Insect overwintering in a changing climate. *Journal of Experimental Biology*, 213(6), 980-994. <https://doi.org/10.1242/jeb.037911>
42. Shrestha, S. (2019). Effects of climate change in agricultural insect pest. *Acta Scientific Agriculture*, 3(12), 74-80. doi: 10.31080/ASAG.2019.03.0727
43. Gordo, O., & Sanz, J. J. (2006). Temporal trends in phenology of the honey bee *Apis mellifera* (L.) and the small white *Pieris rapae* (L.) in the Iberian Peninsula (1952-2004). *Ecological Entomology*, 31(3), 261-268.
44. Martinet, B., Lecocq, T., Smet, J., & Rasmont, P. (2015). A protocol to assess insect resistance to heat waves, applied to bumblebees (*Bombus Latreille*, 1802). *PloS One*, 10(3), e0118591. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0118591>
45. Zambra, E., Martinet, B., Brasero, N., Michez, D., & Rasmont, P. (2020). Hyperthermic stress resistance of bumblebee males: test case of Belgian species. *Apidologie*, 51(5), 911-920. <https://doi.org/10.1007/s13592-020-00771-4>
46. Walters, J., Zavalnitskaya, J., Isaacs, R., & Szendrei, Z. (2022). Heat of the moment: extreme heat poses a risk to bee-plant interactions and crop yields. *Current Opinion in Insect Science*, 52, 100927. <https://doi.org/10.1016/j.cois.2022.100927>

47. Vanderplanck, M., Martinet, B., Carvalho, L. G., Rasmont, P., Barraud, A., Renaudeau, C., & Michez, D. (2019). Ensuring access to high-quality resources reduces the impacts of heat stress on bees. *Scientific Reports*, 9(1), 12596. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-49025-z>
48. Greenop, A., Mica-Hawkyard, N., Walkington, S., Wilby, A., Cook, S. M., Pywell, R. F., & Woodcock, B. A. (2020). Equivocal evidence for colony level stress effects on bumble bee pollination services. *Insects*, 11(3), 191. <https://doi.org/10.3390/insects11030191>

BÖLÜM 6

YEM BİTKİLERİNDEKİ TANENLERİN HAYVAN BESLEME AÇISINDAN ÖNEMİ

Müge GÜVENÇ¹
Mevlüt TÜRK²

GİRİŞ

Hayvanların sağlıklı yaşamlarını sürdürebilmeleri ve beklenen düzeyde ürün veribilmeleri, besin madde gereksinimlerinin eksiksiz ve dengeli biçimde karşılanmasına bağlıdır (1). Bu amaçla hayvan beslemede yemden yararlanmayı artırmak, sağlık durumunu korumak ve süt, et ile döl verimi gibi performans göstergelerini iyileştirmek üzere çeşitli yem katkı maddeleri kullanılmaktadır (2-3). Tarihsel olarak bu katkıların başında büyüme uyarıcısı olarak antibiyotikler gelmiş; ancak yanlış ve yaygın kullanımın mikrobiyal direnç gelişimini hızlandığı, dolayısıyla halk sağlığı açısından risk oluşturduğu Dünya Sağlık Örgütü tarafından vurgulanmıştır. Bu bağlamda Avrupa Birliği, 1831/2003/EC sayılı düzenleme ile antibiyotiklerin yem katkısı olarak kullanımını yasaklamış, Türkiye’de ise Tarım Bakanlığı’nın 10.06.1996 tarihli düzenlemesi ve Resmî Gazete’de yayımlanan ilgili hükümler uyarınca 30.06.1999’dan itibaren büyütme faktörü antibiyotiklerin yem katkısı olarak kullanımına son verilmiş; Avrupa ve Türkiye’de yem içinde kullanımı serbest kalan diğer antibiyotikler de 21 Ocak 2006 itibarıyla tamamen yasaklanmıştır (4). Bu düzenleme, rumen fermentasyonunun istenen yönde düzenlenmesi için doğal kökenli alternatiflere olan ilgiyi artırmıştır. Nitekim ruminant rasyonlarında bitkilerin kendileri veya ekstraktları; aromatik, antioksidan, antimikrobiyal, antiparaziter ve immün uyarıcı etkilerinden yararlanmak üzere yoğun biçimde değerlendirilmektedir (5). Fitobiyotik şemsiyesi altında yer alan bitki özütleri, tanenler, saponinler, uçucu (esansiyel) yağlar ve enzimler, antibiyotiklere ek/alternatif seçenekler olarak öne çıkmakta; bu bileşenlerin doz-yanıt ilişkilerinin ve rasyonla etkileşimlerinin titizlikle değerlendirilmesi gerekmektedir.

¹ Öğr. Gör., MAKÜ Tarım, Hayvancılık ve Gıda Araştırmaları Uygulama ve Araştırma Merkezi, mguvenc@mehmetakif.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-9595-1551

² Prof. Dr., ISUBÜ, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, mevlutturk@isparta.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-4493-887X

süt ürünlerinin oksidatif stabilitesini geliştirme yeteneğinin altında yatan mekanizmalar da ileri çalışmaların hedefi olmalıdır (137).

Mevcut kanıtlar, kondanse tanen açısından zengin yem maddelerinin uygun kullanımı, geniş getiren hayvan üretiminin sürdürülebilir şekilde yoğunlaştırılmasına katkıda bulunabilir. Özellikle hayvansal ürünler insanların ihtiyaç duyduğu daha zengin besin kaynakları olduğundan, yarı kurak bölgelerde hayvansal ürün arzını artırmanın gıda ve beslenme güvenliğini iyileştirmede önemli bir seçenek olduğuna şüphe yoktur. Bu yem kaynaklarının başarılı bir şekilde kullanılması, çiftçilerin çeşitli yem kaynaklarının beslenme özellikleri hakkında bilgi sahibi olmasını ve ayrıca yem hasadı, işlenmesi ve beslenmesi için gerekli teknik becerilere sahip olmasını gerektirir. Kondanse tanen açısından zengin yem maddeleri tek başına yarı kurak bölgelerde gıda ve beslenme güvensizliği için yeterli olmasa da geniş getiren hayvanların üretkenliğini ve ürün kalitesini artırmak için bunların optimum kullanımı, gıda üretimini ve besin kullanılabilirliğini doğrudan iyileştirmek için tasarlanan çabalara önemli katkı sağlayabilir. Sonuç olarak, gelişmekte olan düşük gelirli yarı kurak bölgelerde yaşayan yoksul, savunmasız ve marjinal popülasyonlar için gıda ve beslenme güvenliğini iyileştirmek için kondanse tanen açısından zengin yem maddelerinin kullanılmasıyla sürdürülebilir bir gıda üretim sisteminin elde edilebileceği ön görülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Kılıç U, Boğa M, Görgülü M. Ruminantların beslenmesinde kullanılan yem katkı maddeleri. *Yem Magazin*. 2007;48: 25-32.
2. Şengezer E, Güngör T. Esansiyel yapılar ve hayvanlar üzerindeki etkileri. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 2008;48(2), 101-110.
3. Karayağız İ, Bülbül T. Ruminantlarda verim performansı üzerine etkili yem katkı maddeleri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*. 2014;9(2), 124-133.
4. Mazmanoğlu G. Etlik piliç yemlerine antibiyotik, esansiyel yağ karışımı ve organik asit katılmasının performans, organ ağırlıkları ve kan parametreleri üzerine etkileri, 2008; *Doktora Tezi, İstanbul Üniversitesi, Sağlık Bilimleri Enstitüsü, İstanbul*.
5. Gümüş R, İmrik H. Saponinlerin hayvan beslemede yem katkı maddesi olarak kullanımı. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*. 2012;7(3), 221-229.
6. Tölü C, Akbağ Hİ, Yurtman İY, et al. Organic animal farming in turkey: philosophy and practice. *Journal of Animal Production*. 2020;61(1), 73-81.
7. Öztürk P. Fitobiyotiklerin metanogenezise etkisi. *Bahri Dağdaş Hayvancılık Araştırma Dergisi*. 2015;4(2), 30-36.
8. Kocaoğlu Güçlü B, Kara K. Ruminant beslemede alternatif yem katkı maddelerinin kullanımı: I. probiyotik, prebiyotik ve enzim. *Erciyes Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2009;6(1), 65-75.
9. Aydın A, Üstün F. Tanenler I kimyasal yapıları, farmakolojik etkileri, analiz yöntemleri, *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2007;33(1), 21-31.
10. Üstün F, Aydın A. Tanenler II toksisiteleri, beslenme üzerine etkileri, detannifikasyon, *İstanbul Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2007;33(1), 33-41.

11. Yalçın S. *Yemlerde antinutrisyonel faktörler, yemler ve yem hijyeni ve teknolojisi*. Genişletilmiş 5. Baskı, Ankara: Ankara Üniversitesi Veteriner Fakültesi; 2013.
12. Kamalak A. Kondanse tanenin olumsuz etkilerini azaltmak için kullanılan katkı maddeleri ve yemlere uygulanan işlemler. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen ve Mühendislik Dergisi*. 2007;10, 144-150.
13. Radeleff RD. *Veterinary toxicology*. Published by Lea & Febiger, Philadelphia: ISBN 10: 0812102002, ISBN 13: 9780812102000; 1970.
14. Şener S, Yıldırım M. *Veteriner toksikoloji*. Teknik Yayıncılık, 221-223; 2000.
15. Guglielmelli A, Calabro S, Primi R, et al. In vitro fermentation patterns and methane production of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) hay with different condensed tannin contents. *Grass Forage Science*. 2011;66(4), 488-500.
16. Borreani G, Peiretti PG, Tabacco E. Evolutaion of yield and quality of sainfoin (*Onobrychis viciafolia* Scop.) in the spring growth cycle. *Agronomie*. 2003;23:3, 93-201.
17. Carleton AE, Cooper CS, Delenay RH, et al. Growth and forage quality comparisons of sainfoin (*O. viciafolia* Scop.) and alfalfa (*Medicago sativa* L.). *Agronomy Journal*. 1968;60(6), 630-632.
18. Goplen BP, Howard RE, Sarkar SK, et al. A search of condensed tanins in annual and perrenial species of *Medicago*, *Trigonella* and *Onobrychis*, 1. *Crop Science*. 1980;20(6), 801-804.
19. Ünver E, Okur AA, Tahtabiçen E, et al. Tanenler ve hayvan besleme üzerine etkileri. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 2014;2(6), 263-267.
20. Li Y, Iwaasa AD, Wang Y, et al. Condensed tannins concentration of selected prairie legume forages as affected by phenological stages during two consecutive growth seasons in Western Canada. *Canadian Journal of Plant Science*. 2014;94(5), 817-826.
21. Theodoridou K, Aufrère J, Andueza D, et al. Effects of condensed tannins in fresh sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) on in vivo and in situ digestion in sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 2010;160(1-2), 23-38. doi:10.1016/j.anifeedsci.2010.06.007
22. Jones GA, McAllister TA, Muir AD, et al. Effects of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop.) condensed tannins on growth and proteolysis by four strains of ruminal bacteria. *Applied and Environmental Microbiology*. 1994;60(4), 1374-1378.
23. Heckendorn F, Häring DA, Maurer V, et al. Effect of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) silage and hay on established populations of *Haemonchus contortus* and *Cooperia curticei* in lambs. *Veterinary Parasitology*. 2006;142(3-4), 293-300.
24. Barrau E, Fabre N, Fouraste I, et al. Effect of bioactive compounds from sainfoin (*O. viciifolia* Scop.) on the in vitro larval migration of *Haemonchus contortus*: role of tannins and flavonol glycosides. *Parasitology Journals*. 2005;131(4), 531-538.
25. Marais JPJ, Mueuller-Harvey I, Brandt EV, et al. Polyphenols, condensed tannins, and other natural products in *Onobrychis viciifolia* (sainfoin). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2000;48(8), 3440-3447.
26. Ross JA, Kasum CM. Dietary flavonoids: bioavailability, metabolic effects and safety. *Annual Review of Nutrition*. 2002;22(1), 19-34.
27. Hristov AN, Oh J, Firkins JL, et al. Special topics—Mitigation of methane and nitrous oxide emissions from animal operations: I. A review of enteric methane mitigation options. *Journal of Animal Science*. 2013;91(11), 5045-5069.
28. Tamminga S, Bannink A, Dijkstra J, et al. Feeding strategies to reduce methane loss in cattle. *Animal Sciences Group*. 2007.
29. Priolo A, Bella M, Lanza M, et al. Carcass and meat quality of lambs fed fresh sulla (*Hedysarum coronarium* L.) with or without polyethylene glycol or concentrate. *Small Ruminant Research*. 2005;59(2-3), 281-288.
30. Girard M, Dohme-Meier F, Silacci P, et al. Forage legumes rich in condensed tannins may increase n-3 fatty acid levels and sensory quality of lamb meat. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2015; 96(6), 1923-1933.
31. Waghorn GC, Jone, WT, Shelton ID, et al. Condensed tannins and the nutritive value of herba-

- ge. *Proceedings of the New Zealand Grassland Association*. 1990; 51, 171-76.
32. Aufrere J, Dudilieu M, Poncet C. In vivo and in situ measurements of the digestive characteristics of sainfoin in comparison with lucerne fed to sheep as fresh forages at two growth stages and as hay. *Animal*. 2008;9, 1331-9. doi:10.1017/S1751731108002450
33. Altier NA, Ehlke NJ, Rebuffo M. Divergent selections for resistance to fusarium root rot in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). *Crop Science*. 2000;40(3), 670-675.
34. Christiansen-Weniger F, Jung L, Horn V, et al. 1978. *Bodenschutz-und ackerbauliche Massnahmen zur Erhaltung gefährdeter türkischer Böden sowie zur Steigerung des Futterpflanzenbaues und der Tierproduktion*. Verlag nicht ermittelbar.
35. Avcioglu R, Hatipoğlu R, Karadağ Y. *Baklagil yembitkileri*. Cilt 2. ISBN: 978-605-6084-1-0; 2009.
36. Barry TN, McNabb WC. The implications of condensed tannins on the nutritive value of temperate forages fed to ruminants. *British Journal of Nutrition*. 1999;81(4), 263-272.
37. Min BR, Barry TN, Attwood GT, et al. The effect of condensed tannins on the nutrition and health of ruminants fed fresh temperate forages: a review. *Animal Feed Science and Technology*. 2003;106(1-4), 3-19.
38. Wang Y, Douglas GB, Waghorn GC, et al. Effect of condensed tannins in *Lotus corniculatus* upon lactation performance in ewes. *The Journal of Agricultural Science*. 1996;126(3), 353-362.
39. Ramírez-Restrepo A, Barry TN. Alternative temperate forages containing secondary compounds for improving sustainable productivity in grazing ruminants. *Animal Feed Science and Technology*. 2005;120(3-4), 179-201.
40. Salehi M, Mirzaei F, Mahdavi A. Effects of different levels of feeding of pistachio epicarp silage on wool characteristics of growing Afshari lambs. *Agricultural Sciences*. 2012;3(3), 351-354.
41. Mkhathshwa PD, Hoveland CS. *Sericea lespedeza* production on acid soils in Swaziland. *Tropical Grasslands*. 1991;25, 337-341.
42. Naumann HD, Muir JP, Lambert BD, et al. Condensed tannins in the ruminant environment: a perspective on biological activity. *The Journal of Agriculture Science*. 2013;1(1), 8-20.
43. Terrill TH, Mosjidis JA, Moore DA, et al. Effect of pelleting on efficacy of *Sericea lespedeza* hay as a natural dewormer in goats. *Veterinary Parasitology*. 2007;146(1-2), 117-122.
44. Min BR, Pomroy WE, Hart SP, et al. The effect of short-term consumption of a forage containing condensed tannins on gastro-intestinal nematode parasite infections in grazing wether goats. *Small Ruminant Research*. 2004;51(3), 279-283.
45. Shaik SA, Terrill TH, Miller JE, et al. Effects of feeding *Sericea lespedeza* hay to goats infected with *Haemonchus contortus*. *South African Journal of Animal Science*. 2004;34(5), 248-250.
46. Lange KC, Olcott DD, Miller JE, et al. Effect of *Sericea lespedeza* (*Lespedeza cuneata*) fed as hay, on natural and experimental *Haemonchus contortus* infections in lambs. *Veterinary Parasitology*. 2006;141(3-4), 273-278.
47. Kommuru DS, Barker T, Desai S, et al. Use of pelleted *Sericea lespedeza* (*Lespedeza cuneata*) for natural control of *coccidia* and gastrointestinal nematodes in weaned goats. *Veterinary Parasitology*. 2014;204(3-4), 191-198.
48. Douglas GB, Foote AG. Dry matter and seed yields of sulla (*Hedysarum coronarium* L.). *New Zealand Journal of Experimental Agriculture*. 1985;13:1, 97-99. doi: 10.1080/03015521.1985.10426064
49. Stienezen M, Waghorn GC, Douglas GB. Digestibility and effects of condensed tannins on digestion of sulla (*Hedysarum coronarium*) when fed to sheep. *Journal of Agricultural Research*. 1996;39, 215-221.
50. Niezen JH, Waghorn TS, Charleston WAG, et al. Growth and gastrointestinal nematode parasitism in lambs grazing either lucerne (*Medicago sativa*) or sulla (*Hedysarum coronarium*) which contains condensed tannins. *The Journal of Agricultural Science*. 1995;125(2), 281-289. doi:10.1017/S0021859600084422
51. Tibe O, Meagher LP, Fraser K, et al. Condensed tannins and flavonoids from the forage legume sulla (*Hedysarum coronarium*). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2011;59(17), 9402-

9409. dx.doi.org/10.1021/jf2014759
52. Terrill TH, Douglas GB, Foote AG, et al. Effect of condensed tannins upon body growth, wool growth, wool growth and rumen metabolism in sheep grazing sulla (*Hedysarum coronarium*) and perennial pasture. *The Journal of Agricultural Science*. 1992a;119(2), 265-273.
 53. Burns RE, Henson PR, Cummins DG. Tannin content of crown vetch (*Coronilla varia* L.). *Herbage I. Agronomy Journal*. 1967;59(3), 284-285.
 54. Terrill TH, Rowan AM, Douglas GB, et al. Determination of extractable and bound condensed tannin concentrations in forage plants, protein concentrate meals and cereal grains. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 1992b;58(3), 321-329.
 55. Waghorn GC. Beneficial and detrimental effects of dietary condensed tannins for sustainable sheep and goat production, progress and challenges. *Animal Feed Science and Technology*. 2008;147(1-3), 116-139.
 56. Hess HD, Tiemann TT, Noto F. (2006a). Strategic use of tannins as means to limit methane emissions from ruminant livestock. In *International Congress Series*, (Vol. 1293, pp. 164-167). Elsevier.
 57. Brogna DMR, Tansawat R, Cornfort, D, et al. The quality of meat from sheep treated with tannin- and saponin-based remedies as a natural strategy for parasite control. *Meat Science*. 2014;96, 744-749.
 58. Luciano G, Monahan FJ, Vasta V, et al. Dietary tannins improve lamb meat colour stability. *Meat Science*. 2009;81(1), 120-125.
 59. Mapiye C, Chimonyo M, Dzama K, et al. Fatty acid composition of beef from Nguni steers supplemented with *Acacia karroo* leaf-meal. *Journal of Food Composition and Analysis*. 2011;24(4-5), 523-528.
 60. Mueller-Harvey I. Tannins: their nature and biological significance. In: Caygill JC. and Mueller-Harvey I, (eds). *Secondary plants products. antinutritional and beneficial actions in animal feeding*. Nottingham University Press, p. 17-70; 1999.
 61. Piluzza G, Sulas L, Bullitta S. Tannins in forage plants and their role in animal husbandry and environmental sustainability: a review. *Grass and Forage Science*. 2013;69(1), 32-48. doi:10.1111/gfs.12053
 62. Coley PD. Costs and benefits of defense by tannins in a neotropical tree. *Oecologia*. 1986;70(2), 238-241.
 63. İmİK H, Şeker E. Farklı tanen kaynaklarının tiftik keçilerinde yem tüketimi canlı ağırlık artışı, tiftik verimi ve kalitesi üzerine etkisi. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 1999;39(1), 85-100.
 64. Kamalak A, Canbolat O, Gürbüz Y, et al. Kondense taninin ruminant hayvanlar üzerindeki etkileri hakkında bir inceleme. *KSÜ Fen ve Mühendislik Dergisi*. 2005;8(1), 132-137.
 65. Jones WT, Mangan JL. Complexes of the condensed tannins of sainfoin (*Onobrychis viciifolia* Scop) with fraction 1 leaf protein and with sub maxillary mucoprotein and the reversal by polyethylene glycol and pH. *Journal of the Science Food and Agriculture*. 1977;28(2), 126-136.
 66. Mangan JL. Nutritional effects of tannins in animal feeds. *Nutrition Research Reviews*. 1988;1(1), 209-231.
 67. Waghorn GC, Jones WT. Bloat in cattle. 46. potential of dock (*Rumex obtusifolius*) as an anti-bloat agent for cattle. *New Zealand Journal of Agricultural Research*. 1989;32(2), 227-235.
 68. Lorenz MM, Eriksson T, Udén P. Effect of wilting, silage additive, PEG treatment and tannin content on the distribution of N between different fractions after ensiling of three different sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) varieties. *Grass and Forage Science*. 2010;65(2), 175-184. doi:10.1111/j.1365-2494.2010.00736.x
 69. Özkan ÇÖ. Gladiçya (*Gleditsia triacanthos*) meyvesinin şeker pancarı posası silajında kullanımı. *Doktora Tezi*, T.C. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootekni Anabilim Dalı, 2012; pp. 81, Kahramanmaraş.
 70. Silanikove N, Nitsan Z, Perevolotsky A. Effect of a daily supplementation of polyethylene glycol

- on intake and digestion of tannin-containing leaves (*Ceratonia Siliqua*) by sheep. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 1994;42(12), 2844-2847.
71. Beever DE, Siddons RC. *Control of digestion and metabolism in ruminants*. Milligan LP, Grovum WL, Dobson A (eds.) New Jersey: Prentice-Hall;1986. p. 479-497.
 72. Waghorn GC, Ulyatt MJ, John A, et al. the effect of condensed tannins on the site of digestion of amino acids and other nutrients in sheep fed on *Lotus corniculatus*. *British journal of nutrition*. 1987;57(1), 115-126.
 73. Kaya İ, Yalçın S. Baklagil tane yemleri ve ruminant rasyonlarında kullanımı. *Lalahan Hayvancılık Araştırma Enstitüsü Dergisi*. 1999;39, 101-114.
 74. Aktaş B, Akkan S. Sığır besi yemine ilave edilen meşe palamudu taneninin rumen fermentasyonuna etkilerinin rumen simulasyon tekniği (rusitek) ile saptanması. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*. 2011;48(3), 249-254.
 75. Narjisse H, Elhonsali MA, Olsen JD. Effects of oak (*Quercus ibex*) tannins on digestion and nitrogen balance in sheep and goats. *Small Ruminant Research*. 1995;18(3), 201-206.
 76. Kuloğlu R. Tanik asidin rumen bakterilerinin bazı fibrolitik enzimlerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Zootečni ABD, Yüksek Lisans Tezi*. 2007; s.37, Kahramanmaraş.
 77. Chung KT, Wong TY, Wei CI, et al. Tannins and human health: a review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*. 1998;38(6), 421-464.
 78. Barry TN, Manley TR. Interrelation ships between the concentrations of total condensed tannin, free condensed tannin and lignin in *Lotus* sp. and their possible consequences in ruminant nutrition. *Journal of Science of Food and Agriculture*. 1986;37(3), 248-254.
 79. Butter NL, Dawson, JM, Wakelin D, et al. Effect of dietary tannin and protein concentration on nematode infection (*Trichostrongylus colubriformis*) in lambs. *The Journal of Agricultural Science*. 2000;134(1), 89-99.
 80. Driedger A, Hatfield EE. Influence of tannins on the nutritive value of soybean meal for ruminants. *Journal of Animal Science*, 1972, 34(3), 465-468.
 81. Van Soest PJ. *Nutritional ecology of the ruminant*. 2. Edition. London: Cornell University Press; 1994.
 82. Meral Y, Biricik H. Ruminantlarda metan emisyonunu azaltmak için kullanılan besleme yöntemleri. VII. *Ulusal Hayvan Besleme Kongresi*. 26-27 Eylül 2013, Ankara, Türkiye, p. 34.
 83. Kutlu HR, Serbester U. Ruminant beslemede son gelişmeler. *Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*. 2014;2(1), 18-37.
 84. Yurtseven S, Çetin M, Öztürk İ, et al. Effect of different feeding method on methane and carbon dioxide emissions milk yield and composition of lactating awassi sheep. *Asian Journal of Animal and Veterinary Advances*. 2009;4(6), 278-287.
 85. Dschaak CM, Williams CM, Holt, M. et al. Effects of supplementing condensed tannin extract on intake, digestion, ruminal fermentation, and milk production of lactating dairy cows. *Journal of Dairy Science*. 2011;94(5), 2508-2519.
 86. Gerlach K, Pries M, Tholen E, et al. Effect of condensed tannins in rations of lactating dairy cows on production variables and nitrogen use efficiency. *Animal*. 2018;12(9), 1847-1855.
 87. Williams SRO, Hanna MC, Eckard RJ, et al. Supplementing the diet of dairy cows with fat or tannin reduces methane yield, and additively when fed in combination. *Animal*. 2020;14(S3), 464-472.
 88. Ece Z, Avcı M. Yonca kuru otu ve süt sığırı rasyonuna zeolit ve meşe palamudu ilavesinin in vitro organik madde sindirimi ve metan oluşumu üzerine etkisi. *Harran Üniversitesi Veteriner Fakültesi Dergisi*. 2018;7(1), 67-73.
 89. Orlandi T, Stefanello S, Mezzomo MP, et al. Impact of a tannin extract on digestibility and net flux of metabolites across splanchnic tissues of sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 2020;261, 114384.
 90. Denninger TM, Schwarm A, Birkinshaw A, et al. Immediate effect of *Acacia mearnsii* tannins

- on methane emissions and milk fatty acid profiles of dairy cows. *Animal Feed Science and Technology*. 2020;261, 114388.
91. Hassanat F, Benchaar C. Assessment of the effect of condensed (acacia and quebracho) and hydrolysable (chestnut and valonea) tannins on rumen fermentation and methane production in vitro. *Journal of the Science of Food and Agriculture*. 2013;93(2), 332-339.
 92. Herremans S, Vanwindekens F, Decruyenaere V, et al. Effect of dietary tannins on milk yield and composition, nitrogen partitioning and nitrogen use efficiency of lactating dairy cows: a meta-analysis. *Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition*. 2020;104(5), 1209-1218.
 93. Parkins JJ, Holmes PH. Effects of gastrointestinal helminth parasites on ruminant nutrient. *Nutrition Research Reviews*. 1989;2(1), 227-246.
 94. Lunn PG, Northrop CA, Wainwright M. Hypoalbuminemia in energy-malnourished rats infected with *Nippostrongylus brasiliensis* (Nematoda). *The Journal of Nutrition*. 1988;118(1), 121-127.
 95. Jackson F. Anthelmintic resistance-the state of play. *British Veterinary Journal*. 1993;149 (2), 123-138.
 96. Chandel YS, Metha PK. Nematicidal properties of leaf extract of wild sage. *Indian Journal of Agricultural Science*. 1990;60(11), 781-789.
 97. Bennet-Jenkins E, Bryant C. Novel sources of anthelmintics. *International Journal for Parasitology*. 1996;26(8), 937-947.
 98. Akkari H, Ben Salem H, Gharbi M, et al. Feeding *Acacia cyanophylla* Lindl. foliage to barbarine lambs with or without peg: effect on the excretion of gastro-intestinal nematode eggs. *Animal Feed Science and Technology*. 2008;147(1-3), 182-192.
 99. Marley C, Cook R, Keatinge R, et al. The effect of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) and chicory (*Cichorium intybus*) on parasite intensities and performance of lambs naturally infected with helminth parasites. *Veterinary Parasitology*. 2003;112(1-2), 147-155.
 100. Minh AP, Bueno ICS, Louvandini H, et al. Effect of *Acacia molissima* tannin extract on the control of gastrointestinal parasites in sheep. *Animal Feed Science and Technology*. 2008;147(1-3), 172-181. doi:10.1016/j.anifeedsci.2007.09.016
 101. Nguyen TM, Binh DV, Orskov ER. Effect of foliages containing condensed tannins and gastrointestinal parasites. *Animal Feed Science and Technology*. 2005;121(1-2), 77-87.
 102. Xhomfulana V, Mapiye C, Chimonyo M, et al. Supplements containing *Acacia karroo* foliage reduce nematode burdens in Nguni and crossbred cattle. *Animal Production Science*. 2009;49(8), 646-653.
 103. Geerts S, Gryseels B. Anthelmintic resistance in human helminths: a review. *Tropical Medicine & International Health*. 2001;6(11), 915-921.
 104. Mlambo V, Mapiye C. Towards household food and nutrition security in semi-arid areas: what role for condensed tannin-rich ruminant feedstuffs?. *Food Research International*. 2015;76, 953-961.
 105. Acar MC, Kırkpınar F, Şayan Y, et al. Organik yemler ve alternatif organik yem proteini kaynakları. VI. *Organik Tarım Sempozyumu*, 15-17 Mayıs 2019, İzmir.
 106. Acar Z, Tan M, Ayan İ, et al. Türkiye’de yem bitkileri tarımının durumu ve geliştirme olanakları. *Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1*, TMMOB Ziraat Mühendisleri Odası. 2020; p. 529-555.
 107. Leathwick DM, Besier RB. The management of anthelmintic resistance in grazing ruminants in Australasia strategies and experiences. *Veterinary Parasitology*. 2014;204(1-2), 44-54.
 108. Terrill T, Dykes G, Shaik S, et al. Efficacy of *Sericea lespedeza* hay as a natural dewormer in goats: dose titration study. *Veterinary Parasitology*. 2009;163(1-2), 52-56.
 109. Tedeschi LO, Ramirez-Restrepo CA, Muir JP. Developing a conceptual model of possible benefits of condensed tannins for ruminant production. *Animal*. 2014;8(7), 1095-1105. doi:10.1017/S1751731114000974
 110. Quijada J, Frygas C, Ropiak HM, et al. Anthelmintic activities against *Haemonchus contortus*

- or *Trichostrongylus colubriformis* from small ruminants are influenced by structural features of condensed tannins. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 2015;63(28), 6346-6354. doi:10.1021/acs.jafc.5b00831
111. Shaik SA, Terrill TH, Miller JE, et al. *Sericea lespedeza* hay as a natural deworming agent against gastrointestinal nematode infection in goats. *Veterinary Parasitology*. 2006;139(1-3), 150-157.
112. Naumann HD, Lambert BD, Armstrong SA, et al. Effect of replacing alfalfa with panicked-tick clover or *Sericea lespedeza* in corn-alfalfa-based substrates on in vitro ruminal methane production. *Journal of Dairy Science*. 2015;98(6), 3980-3987.
113. Desrues O, Frygas C, Ropiak HM, et al. Impact of chemical structure of flavanol monomers and condensed tannins on in vitro anthelmintic activity against bovine nematodes. *Parasitology*. 2016;143(4), 444-454. doi:10.1017/S0031182015001912
114. Liu H, Zhou D, Jianming T, et al. Influence of chestnut tannins on welfare, carcass characteristics, meat quality, and lipid oxidation in rabbits under high ambient temperature. *Meat Science*. 2011;90, 164-169.
115. Araújo WAG, Rostagno HS, Albino LFT, et al. Vitamina E na Nutrição Animal. *Revista Eletrônica Nutritime*. 2010;7, 1292-1303 [in Portuguese].
116. Ksapidou E, Wood JD, Richardson RI, et al. Effect of vitamin E supplementation and diet on fatty acid composition and on meat colour and lipid oxidation of lamb leg steaks displayed in modified atmosphere packs. *Meat Science*. 2012;90(4), 908-916.
117. López-Bote CJ, Daza A, Soares M, et al. Dose-response effect of dietary vitamin E concentration on meat quality characteristics in light-weight lambs. *Animal Science*. 2001;73(3), 451-457.
118. Soares SE. Ácidos fenólicos como antioxidantes. *Revista de Nutrição*. 2002;15, 71-81.
119. Bravo L. Polyphenols: chemistry, dietary sources, metabolism, and nutritional significance. *Nutrition Review*. 1988;56(11), 317-333.
120. Boskou D. Non-nutrient antioxidants and stability of frying oils. In: Boskou D, Elmadfa I (eds). *Frying of food: oxidation, nutrient and non-nutrient antioxidants, biologically active compounds and high temperatures*. Lancaster: Technomic Publishing Co. 1999; p. 183-204.
121. Silva EM, Souza JNS, Rogez H, et al. Antioxidant activities and polyphenolic contents of fifteen selected plant species from the Amazonian region. *Food Chemistry*. 2007;101(3), 1012-1018.
122. Ripoll G, González-Calvo L, Molino F, et al. Effects of finishing period length with vitamin E supplementation and alfalfa grazing on carcass color and the evolution of meat color and the lipid oxidation of light lambs. *Meat Science*. 2013;93(4), 906-913.
123. Mancini RA, Hunt MC. Current research in meat color. *Meat Science*. 2005;71(1), 100-121.
124. Mapiye C, Chimonyo M, Dzama K, et al. Meat quality of Nguni steers supplemented with *Acacia karroo* leaf-meal. *Meat Science*. 2010;84(4), 621-627.
125. Vasta V, Luciano G. (2011). The effects of dietary consumption of plants secondary compounds on small ruminants' products quality. *Small Ruminant Research*. 2011; 101(1-3), 150-159.
126. Priolo A, Vasta V. Effect of tannin-containing diets on small ruminant meat quality. *Italian Journal of Animal Science*. 2007;6(Sup1), 527-530.
127. Larraín RE, Richards MP, Schaefer DM, et al. Growth performance and muscle oxidation in rats fed increasing amounts of high-tannin sorghum. *Journal of Animal Science*. 2007;95(12), 3276-3284.
128. Luciano G, Vasta V, Monahan FJ et al. Antioxidant status, colour stability and myoglobin resistance to oxidation of longissimus dorsi muscle from lambs fed a tannin-containing diet. *Food chemistry*. 2011;124(3), 1036-1042.
129. Alhijazeen M. Effect of oregano essential oil and tannic acid on storage stability and quality of ground chicken meal. (Graduate Theses and Dissertations) Paper 13966 (<http://lib.dr.iastate.edu/etd/13966>); 2014.
130. Ahn DU, Nam KC, Lee EJ. Applied Muscle Biology and Meat Science. Min Du, Richard J. McCormick (ed.) *Lipid Oxidation and Flavor*. New York: CRC Press; 2009. pp. 227-246.
131. Falowo AB, Fayemi PO, Muchenje V. Natural antioxidants against lipid-protein oxidative dete-

- rioration in meat and meat products: A review. *Food Research International*. 2014;64, 171-181.
132. Gladine C, Morand C, Rock E, et al. Plant extracts rich in polyphenols (PERP) are efficient antioxidants to prevent lipoperoxidation in plasma lipids from animals fed n-3 PUFA supplemented diets. *Animal Feed Science and Technology*. 2007;136(3-4), 281-296.
133. Schreurs NM, Lane GA, Tavendale MH, et al. Pastoral flavour in meat products from ruminants fed fresh forages and its amelioration by forage condensed tannins. *Animal Feed Science and Technology*. 2008;146(3-4), 193-221.
134. Lund MN, Heinonen M, Baron CP, et al. Protein oxidation in muscle foods: a review. *Molecular Nutrition & Food Research*. 2011;55(1), 83-95.
135. Hurtaud C, Peyraud JL. Effects of feeding camelina (seeds or meal) on milk fatty acid composition and butter spreadability. *Journal of Dairy Science*. 2007;90(11), 5134-5145.
136. Kim TJ, Silva JL, Kim MK et al. Enhanced antioxidant capacity and antimicrobial activity of tannic acid by thermal processing. *Food Chemistry*. 2010;118(3), 740-746.
137. Boğa M, Kocadayıoğulları F, Can ME. Tanenlerin ruminant hayvan beslemede kullanımı. *Black Sea Journal of Engineering and Science*. 2021;4(4), 217-225.

BÖLÜM 7

BİTKİLERDE BÖCEKLERE KARŞI CRISPR-CAS İLE GENOM DÜZENLEME

Erhan KOÇAK¹

GİRİŞ

Bitkilerde zararlı böcekler tarımsal ürünlerin kalite ve kantitesi için ciddi bir tehdit oluşturmaktadır. Böcekler her yıl dünyada toplam ürün veriminin beşte birine zarar vermektedir. Biyotik stres, mahsul verimliliğinin kalitesini ve miktarını tehlikeye atarak herhangi bir ülkenin gıda güvenliğini etkileyebilirler. İklim değişikliği ve hava durumu değişikliklerine yanıt olarak mahsul veriminde güçlü bir düşüş beklentisi artmıştır. İklim değişiklikleri, bitki zararlılarının neden olduğu riski artırabilir ve böylece onları mahsuller için daha zararlı bir tehdit haline getirebilir. Böcek istilasından kaynaklanan verim kaybı, açlık ve yoksulluk gibi toplum üzerinde yıkıcı etkilere sahiptir. Zararlı böceklerin artışı ile hızla artan insan nüfusunun birleşik etkisi, yeni buluşlar ve entegre tarım uygulamalarının kullanılmasını gerektirmektedir. FAO, bitki hastalıkları ve zararlılarının küresel mahsul veriminde yıllık %20-40 oranında bir azalmaya neden olduğunu tahmin etmektedir (1). Bu durumda, toksik ve maliyetli tarım kimyasallarının kullanımı, ürün koruması için tek uygun çözüm gibi görünmektedir. Ancak, bu uygulamaların çevre ve insan sağlığına olumsuz etkileri ile böceklerde direnç meydana gelmesi gibi olumsuzluklar nedeniyle, çeşitli biyolojik mücadele uygulamaları veya ıslah yaklaşımları uygulanmıştır. Uzun yıllar boyunca, böceklere dirençli ürün çeşitleri geliştirmek için bitki ıslahı kullanılmıştır; ancak bu yöntem zahmetli, zaman alıcı ve belirsiz bir yapıya sahiptir ve tarama süreci de oldukça zor olan bir uygulamadır (2). Ayrıca, gen havuzunda bir direnç kaynağının bulunmaması, dirençli bir çeşidin ıslah kapsamını kısıtlamaktadır (3).

Biyoteknoloji ve moleküler biyoloji, 2012 yılında memeli hücrelerinde CRISPR/Cas9 gen düzenleme sisteminin geliştirilmesinden bu yana büyük bir dönüşüm ve ilerleme yaşamıştır (4). Homolojiye bağlı bölünme rekombinasyon mekanizmasının keşfiyle, CRISPR/Cas9'un genom düzenlemedeki faydası araştırılmış ve

¹ Prof. Dr., ISUBÜ Ziraat Fakültesi, erhankocak@isparta.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-9882-6569

çevresel streslere dayanmasını destekleyebilir ve zararlı tarım uygulamalarının azaltılmasına yardımcı olabilir; güvenli ve etkili olduğundan emin olmak için etik, ekolojik, sosyal ve diğer düzenleyici hususlar dikkate alınmalıdır. Genetiği değiştirilmiş organizmaların çevrede kullanımı için kusursuz düzenlemeler ve yönergeler gereklidir. CRISPR/Cas teknolojisi, entomoloji alanında zararlı yönetimi için potansiyel bir yaklaşımdır. Genetik materyali hassas bir şekilde değiştirme kapasitesine sahip olan teknoloji, zararlılara karşı direnci artırmak ve popülasyonunu kontrol altına almak için güçlü bir araçtır ve de sürdürülebilir ve çevre dostu tarım uygulamalarının önünü açacak bir teknolojidir. Bu teknoloji benimsenirse, tarımda yeni bir yeşil devrime giden yolu açacaktır. Bunların yanında CRISPR/Cas9 teknolojisine karşı böcekler direnç geliştirirse sorusunu ve genomu düzenlenen organizmaların ekosistem zincirini değiştirme veya bozma ihtimalini de aklımızda bulundurmalıyız.

KAYNAKLAR

1. FAO STAT. The State of Food Security and Nutrition in the World; 2017, FAO: Rome, Italy.
2. Scheben A, Wolter F, Batley J, et al. Towards CRISPR/Cas crops—bringing together genomics and genome editing. *New Phytologist*. 2017; 216, 682–698.
3. Broekgaarden C, Snoeren TA, Dicke M, et al. Exploiting natural variation to identify insect-resistance genes. *Plant Biotechnology Journal*. 2011; 9, 819–825.
4. Zong Y, Wang Y, Li C, et al. Precise base editing in rice, wheat and maize with a Cas9-cytidine deaminase fusion. *Nature Biotechnology*. 2017; 35, 438.
5. Wu K, Shirk PD, Taylor CE, et al. CRISPR/Cas9 mediated knockout of the abdominal-A homeotic gene in fall armyworm moth (*Spodoptera frugiperda*). *PLoS ONE*. 2018; 13: e0208647.
6. Marraffini LA. The CRISPR-Cas system of *Streptococcus pyogenes*: Function and applications. In *Streptococcus pyogenes*: Basic biology to clinical manifestation. 2016. 1st edn. Ferretti JJ, Stevens DL, Fischetti VA eds. University
7. Yin KQ, Gao CX, Qiu JL. Progress and prospects in plant genome editing. *Nature Plants*. 2017; 3, 17107.
8. Mao Y, Botella JR, Zhu JK. Heritability of targeted gene modifications induced by plant-optimized CRISPR systems. *Cellular and Molecular Life Sciences*. 2017; 74, 1075–1093.
9. Mir A, Alterman JF, Hassler, MR, et al. Heavily and fully modified RNAs guide efficient Spy-Cas9-mediated genome editing. *Nature Communications*. 2018; 9, 2641.
10. Handler AM. Prospects for using genetic transformation for improved SIT and new biocontrol methods. *Genetica*; 2002, 116, 137–149.
11. Schetelig MF, Targovska A, Meza JS, et al. Tetracycline-suppressible female lethality and sterility in the Mexican fruit fly, *Anastrepha ludens*. *Insect Molecular Biology*. 2016; 5, 500–508.
12. Ogaugwu CE, Schetelig MF, Wimmer EA. Transgenic sexing system for *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae) based on female-specific embryonic lethality. *Insect Biochemistry and Molecular Biology*. 2013; 43, 1–8.
13. Upadhyay SK. Genome Engineering for Crop Improvement; John Wiley & Sons: Hoboken, NJ, USA, 2021; pp. 1–394.
14. Hsu PD, Lander ES, Zhang F. Development and applications of CRISPR-Cas9 for genome engineering. *Cell*. 2014; 157:1262–1278.
15. Sorek R, Kunin V, Hugenholtz P. CRISPR--a widespread system that provides acquired resistance

- ce against phages in bacteria and archaea. *Nature Reviews Microbiology*. 2008; 6:181–186.
16. Liu Y, Ma S, Wang X, et al. Highly efficient multiplex targeted mutagenesis and genomic structure variation in *Bombyx mori* cells using CRISPR/Cas9. *Insect Biochemistry and Molecular Biology* 2014; 49:35–42.
17. Han X, Liu Z, Chan JM, et al. CRISPR-Cas9 delivery to hard-to transfect cells via membrane deformation. *Science Advances*. 2015; 1(7):1500454.
18. Schulte C, Lebouille G, Otte M, et al. Honey bee promoter sequences for targeted gene expression. *Insect Molecular Biology*. 2013; 22(4), 399-410.
19. Pazmiño-Ibarra V, Mengual-Martí A, Targovnik, AM, et al. Improvement of baculovirus as protein expression vector and as biopesticide by CRISPR/Cas9 editing. *Biotechnology and Bioengineering*. 2019; 116(11), 2823-2833.
20. Kondo S, Ueda R. Highly improved gene targeting by germline-specific Cas9 expression in *Drosophila*. *Genetics*. 2013; 195(3):715–721.
21. Sebo ZL, Lee HB, Peng Y, et al. A simplified and efficient germline-specific CRISPR/Cas9 system for *Drosophila* genomic engineering. *Fly*. 2014;8(1):52–57.
22. Singh S, Rahangdale S, Pandita S, et al. CRISPR/Cas9 for insect pests management: a comprehensive review of advances and applications. *Agriculture*. 2022; 12(11), 1896.
23. Asad M, Chang Y, Liao J, et al. CRISPR/Cas9 Genome Editing in the Diamondback Moth: Current Progress, Challenges, and Prospects. *International Journal of Molecular Sciences*. 2025;26(4), 1515.
24. Ji SX, Bi SY, Wang XD, et al. First report on CRISPR/Cas9-based genome editing in the destructive invasive pest *Tuta absoluta* (Meyrick) (Lepidoptera: Gelechiidae). *Frontiers in Genetics*. 2022;13, 865622.
25. Mathur F, Arora A. CRISPR-based genetic control strategies for insect pests to mitigate classical insecticidal approaches. In *Gene Editing in Plants: CRISPR-Cas and Its Applications* (pp. 667-707), 2024. Singapore: Springer Nature Singapore.
26. Chen K, Wang Y, Zhang R, et al. CRISPR/Cas genome editing and precision plant breeding in agriculture. *Annual Review of Plant Biology*. 2019;70:667–697.
27. Ran Y, Liang Z, Gao C. Current and future editing reagent delivery systems for plant genome editing. *Science China Life Sciences*. 2017;60(5):490–505.
28. Li Z, Liu ZB, Xing A, et al. Cas9-guide RNA directed genome editing in soybean. *Plant Physiology*. 2015;169(2):960–970.
29. Svitashv S, Schwartz C, Lenderts B, et al. Genome editing in maize directed by CRISPR–Cas9 ribonucleoprotein complexes. *Nature Communication*. 2016;7(1):1–7.
30. Shan Q, Wang Y, Chen K, et al. Rapid and efficient gene modification in rice and Brachypodium using TALENs. *Molecular Plant*. 2013a;6(4):1365–1368.
31. Shan Q, Wang Y, Li J, et al. Targeted genome modification of crop plants using a CRISPR-Cas system. *Nature Biotechnology*. 2013b; 31(8):686–688.
32. Kumagai MH, Donson J, Della-Cioppa G, et al. Cytoplasmic inhibition of carotenoid biosynthesis with virus-derived RNA. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 1995, USA, 92, pp. 1670-1683.
33. Moon TT, Maliha IJ, Khan AAM, et al. CRISPR-Cas genome editing for insect pest stress management in crop plants. *Stresses*. 2022;2(4), 493-514.
34. Rathinam M, Mishra P, Mahato AK, et al. Comparative transcriptome analyses provide novel insights into the differential response of Pigeon pea (*Cajanus cajan* L.) and its wild relative (*Cajanus platycarpus* (Benth.) Maesen) to herbivory by *Helicoverpa armigera* (Hübner). *Plant Molecular Biology*. 2019;101, 163–182.

BÖLÜM 8

ELEKTROMANYETİK ALANLARIN BAL ARILARI ÜZERİNE ETKİLERİ

Zihni Serbay SANDALCIOĞLU¹
İsmail Yaşhan BULUŞ²

GİRİŞ

Dünya çapında yetiştirilen önemli tarımsal ürünlerin dörtte üçü (%75), böcekler tarafından yapılan polinasyon sayesinde daha verimli hale gelirken bu tozlaşma hizmeti, üretimin %35 inden doğrudan sorumlu olduğu varsayılmaktadır (1). Böceklerin polinasyon hizmetleri, sadece tarımsal ürünlerde değil, yabani bitkiler içinde önemli bir rol oynamaktadır (2). Bal arıları ekosistem içerisinde en önemli tozayıcılar olarak gösterilmesinin yanı sıra bal, bal mumu, polen, arı zehiri, arı sütü gibi bilinen değerli ürünlerle doğaya ve insan yaşamına katkı sağlarlar. Ancak bu ürünlerin yanında polinasyon faaliyetleri sayesinde doğal ekosistemlerin sürdürülebilirliği açısından da hayati bir rol üstlenmektedirler (3). Tozlaşma yoluyla tarımsal üretimde küresel ekonomilere milyarlarca dolarlık katkıda bulunmaktadırlar. Bu nedenle, bal arılarının yokluğu durumunda ciddi tarımsal ürün kaybı yaşanacağı, bilimsel çevreler tarafından geniş çapta kabul görmektedir (4,5).

Bal arısı popülasyonlarının azalmasının, ürün kayıplarına ve küresel olarak gıda fiyatlarının olumsuz yönde etkilenmesine neden olduğu bilinmektedir (6). Son yıllarda, dünyanın çeşitli ülkelerinde yüksek oranda koloni kayıplarının olduğu ifade edilmiştir (7,8) ve bal arılarının yok olması ile birlikte yaşanacak olumsuzluklar tartışma konusu olmuştur (9,10,11).

Bal arılarında koloni kayıplarının nedenleri tam olarak ortaya konulamamış, bu durum ise koloni çöküş sendromu (CCD) olarak adlandırılmıştır (9,12,13,14). Koloni çöküş sendromu, yetişkin işçi bal arılarının hızla ve ani bir şekilde kaybolmasıyla ortaya çıkan bir durumdur (15). Birçok bilim insanı, koloni popülasyonundaki azalmaların farklı sebepleri olabileceğini ifade ederken bunları iklim

¹ Öğr. Gör. Dr. Hakkari Üniversitesi, Çölemerik Meslek Yüksekokulu, Veterinerlik Bölümü, Laborant ve Veteriner Sağlık Programı, s.sandalcioglu@hakkari.edu.tr , ORCID iD: 0000-0002-5960-100X

² Arş. Gör. Dr. Muş Alparslan Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Fakültesi, Hayvansal Üretim ve Teknolojileri Bölümü, y.bulus@alparslan.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-4418-588X

Tarımsal üretimin devamlılığı ve biyolojik çeşitliliğin korunması açısından önemli role sahip olan bal arılarının, elektromanyetik kirlilik karşısında korunması büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, elektromanyetik alanların arı ekolojisi üzerindeki potansiyel etkilerinin değerlendirilmesi ve bu etkileri en aza indirecek bilimsel ve teknolojik planlamaların yapılması, sadece arıların değil tüm tarım ve gıda sistemlerinin geleceği açısından kritik öneme sahiptir.

KAYNAKLAR

1. Klein, A. M., Vaissière, B. E., Cane, J. H., Steffan-Dewenter, I., Cunningham, S. A., Kremen, C., & Tscharntke, T. (2007). Importance of pollinators in changing landscapes for world crops. *Proceedings of the royal society B: biological sciences*, 274(1608), 303-313.
2. Ollerton, J., Winfree, R., & Tarrant, S. (2011). How many flowering plants are pollinated by animals?. *Oikos*, 120(3), 321-326.
3. Parveen, N., Miglani, R., Kumar, A., Dewali, S., Kumar, K., Sharma, N., & Bisht, S. S. (2022). Honey bee pathogenesis posing threat to its global population: A short review. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 88(1), 11-32.
4. Gallai, N., Salles, J. M., Settele, J., & Vaissière, B. E. (2009). Economic valuation of the vulnerability of world agriculture confronted with pollinator decline. *Ecological economics*, 68(3), 810-821.
5. Khalifa, S. A., Elshafiey, E. H., Shetaia, A. A., El-Wahed, A. A. A., Algethami, A. F., Musharraf, S. G., ... & El-Seedi, H. R. (2021). Overview of bee pollination and its economic value for crop production. *Insects*, 12(8), 688.
6. Singh, G., & Rana, A. (2025). Honeybees and colony collapse disorder: understanding key drivers and economic implications. *Proceedings of the Indian National Science Academy*, 1-17.
7. Aizen, M. A., & Harder, L. D. (2009). The global stock of domesticated honey bees is growing slower than agricultural demand for pollination. *Current biology*, 19(11), 915-918.
8. Lu, C., Hung, Y. T., & Cheng, Q. (2020). A review of sub-lethal neonicotinoid insecticides exposure and effects on pollinators. *Current Pollution Reports*, 6(2), 137-151.
9. Stokstad, E. (2007). Puzzling decline of US bees linked to virus from Australia. *Science*, 317(5843), 1304-1305.
10. VanEngelsdorp, D., Meixner, M. D. (2010). A historical review of managed honey bee populations in Europe and the United States and the factors that may affect them. *Journal of invertebrate pathology*, 103, S80-S95.
11. Smith, K. M., Loh, E. H., Rostal, M. K., Zambrana-Torrel, C. M., Mendiola, L., & Daszak, P. (2013). Pathogens, pests, and economics: drivers of honey bee colony declines and losses. *Eco-Health*, 10(4), 434-445.
12. Faucon, J. P., Mathieu, L., Ribiere, M., Martel, A. C., Drajnudel, P., Zeggane, S., ... & Aubert, M. F. A. (2002). Honey bee winter mortality in France in 1999 and 2000. *Bee world*, 83(1), 14-23.
13. Kavak, G., Bıyık S., Güler A. (2016). Son yıllarda görülen koloni kayıpları Ve muhtemel sebepleri. *Uludağ Arıcılık Dergisi*, 15(1), 33-40.
14. Muz, D., Muz, M. N. (2017). Tekirdağ'da "Koloni Kaybı Sendromu" Benzeri Kayıp Görülen Arılıklarda Bazı Patojenlerinin Araştırılması. *Kocatepe Veteriner dergisi* 10(1): 21-28.
15. VanEngelsdorp, D., Speybroeck, N., Evans, J. D., Kim Nguyen, B., Mullin, C., Frazier, M., ... & Saegerman, C. (2010). Weighing risk factors associated with bee colony collapse disorder by classification and regression tree analysis. *Journal of economic entomology*, 103(5), 1517-1523.
16. González-Varo, J. P., Biesmeijer, J. C., Bommarco, R., Potts, S. G., Schweiger, O., Smith, H. G., ... & Vilà, M. (2013). Combined effects of global change pressures on animal-mediated pollination. *Trends in ecology & evolution*, 28(9), 524-530.

17. Goulson, D. (2013). An overview of the environmental risks posed by neonicotinoid insecticides. *Journal of Applied Ecology*, 50(4), 977-987.
18. Le Conte, Y., & Navajas, M. (2008). Climate change: impact on honey bee populations and diseases. *Revue Scientifique et Technique-Office International des Epizooties*, 27(2), 499-510.
19. Simon-Delso, N., San Martin, G., Bruneau, E., Minsart, L. A., Mouret, C., & Hautier, L. (2014). Honeybee colony disorder in crop areas: the role of pesticides and viruses. *PloS one*, 9(7), e103073.
20. Balmori, A. (2021). Electromagnetic radiation as an emerging driver factor for the decline of insects. *Science of the Total Environment*, 767, 144913.
21. Lupi, D., Tremolada, P., Colombo, M., Giacchini, R., Benocci, R., Parenti, P., ... & Vighi, M. (2020). Effects of pesticides and electromagnetic fields on honeybees: a field study using biomarkers. *International Journal of Environmental Research*, 14(1), 107-122.
22. Carreck, N. (2014). Electromagnetic Radiation And Bees, Again.... *Bee World*, 91(4), 101-102.
23. Migdał, P., Berbec, E., Bieńkowski, P., Plotnik, M., Murawska, A., & Latarowski, K. (2022). Exposure to magnetic fields changes the behavioral pattern in Honeybees (*Apis mellifera* L.) under laboratory conditions. *Animals*, 12(7), 855.
24. Şeker, S., Çerezci, O. (2000). Radyasyon Kuşatması. İstanbul: Boğaziçi Üniversitesi Yayınevi İstanbul.
25. Fleischmann, P. N., Grob, R., & Rössler, W. (2020). Magnetoreception in Hymenoptera: importance for navigation. *Animal cognition*, 23(6), 1051-1061.
26. Bedeloğlu, M., İl, N., Ateş, K., & Özen, Ş. (2021). Güneş Enerjisi Santrallerinde Elektromanyetik Alan Seviyeleri ve Mesleki Maruziyet Analizi. *EMO Bilimsel Dergi*, 11(Özel Sayı), 64-69.
27. Moradi, M., Naghdi, N., Hemmati, H., Asadi-Samani, M., & Bahmani, M. (2016). Effect of ultra high frequency mobile phone radiation on human health. *Electronic physician*, 8(5), 2452.
28. Shepherd, S., Lima, M. A. P., Oliveira, E. E., Sharkh, S. M., Jackson, C. W., & Newland, P. L. (2018). Extremely low frequency electromagnetic fields impair the cognitive and motor abilities of honey bees. *Scientific reports*, 8(1), 1-9.
29. Ferrari, T. E. (2014). Magnets, magnetic field fluctuations and geomagnetic disturbances impair the homing ability of honey bees (*Apis mellifera*). *Journal of Apicultural Research*, 53(4), 452-465.
30. Liang, C. H., Chuang, C. L., Jiang, J. A., & Yang, E. C. (2016). Magnetic sensing through the abdomen of the honey bee. *Scientific reports*, 6(1), 23657.
31. Favre, D. (2011). Mobile phone-induced honeybee worker piping. *Apidologie*, 42(3), 270-279.
32. Wyszowska, J., Grodzicki, P., & Szczygieł, M. (2019). Electromagnetic fields and colony collapse disorder of the honeybee. *Przegląd Elektrotechniczny*, 95(1), 137-40.
33. Hsu, C. Y., Ko, F. Y., Li, C. W., Fann, K., & Lue, J. T. (2007). Magnetoreception system in honeybees (*Apis mellifera*). *PloS one*, 2(4), e395.
34. Sharma, V. P., & Kumar, N. R. (2010). Changes in honeybee behaviour and biology under the influence of cellphone radiations. *Current Science(Bangalore)*, 98(10), 1376-1378.
35. WHO. Radiation: Electromagnetic fields. <https://www.who.int/news-room/questions-and-answers/item/radiation-electromagnetic-fields> [Erişim tarihi: 14.10.2025].
36. Greenberg, B., Bindokas, V. P., Frazier, M. J., & Gauger, J. R. (1981). Response of honey bees, *Apis mellifera* L., to high-voltage transmission lines. *Environmental Entomology*, 10(5), 600-610.
37. Hill, B., & Bartomeus, I. (2016). The potential of electricity transmission corridors in forested areas as bumblebee habitat. *Royal Society open science*, 3(11), 160525.
38. Sainudeen Sahib, S. (2011). Impact of mobile phones on the density of honeybees. *Journal of public administration and policy research*, 3(4), 131-117.
39. Taye, R. R., Deka, M. K., Rahman, A., & Bathari, M. (2017). Effect of electromagnetic radiation of cell phone tower on foraging behaviour of Asiatic honey bee, *Apis cerana* F.(Hymenoptera: Apidae). *Journal of entomology and zoology studies*, 5(3), 1527-1529.

40. Cammaerts, M. C. (2017). Is electromagnetism one of the causes of the CCD? A work plan for testing this hypothesis. *J. Behav*, 2(1), 1006.
41. El Halabi, N., Achkar, R., & Abou Haidar, G. (2014, April). The effect of cell phone antennas' radiations on the life cycle of honeybees. In *MELECON 2014-2014 17th IEEE Mediterranean Electrotechnical Conference* (pp. 408-414). Ieee.
42. Abdelaal, A. A. A. (2015). Biological and chemical activities of honey bee colonies exposed to electromagnetic radiation of cell phone towers. *Journal of Plant Protection and Pathology*, 6(9), 1231-1238.
43. Breed, M. D., Guzmán-Novoa, E., & Hunt, G. J. 3. (2004). Defensive behavior of honey bees: organization, genetics, and comparisons with other bees. *Annual Reviews in Entomology*, 49(1), 271-298.
44. Shepherd, S., Hollands, G., Godley, V. C., Sharkh, S. M., Jackson, C. W., & Newland, P. L. (2019). Increased aggression and reduced aversive learning in honey bees exposed to extremely low frequency electromagnetic fields. *PLoS One*, 14(10), e0223614.
45. Erdoğan, Y., & Cengiz, M. M. (2019). Effect of Electromagnetic Field (EMF) and Electric Field (EF) on Some Behavior of Honeybees (*Apis mellifera* L.). *bioRxiv*, 608182.
46. Getz, W. M., & Smith, K. B. (1987). Olfactory sensitivity and discrimination of mixtures in the honeybee *Apis mellifera*. *Journal of Comparative Physiology A*, 160(2), 239-245.
47. Laska, M., Galizia, C. G., Giurfa, M., & Menzel, R. (1999). Olfactory discrimination ability and odor structure-activity relationships in honeybees. *Chemical senses*, 24(4), 429-438.
48. Fröhlich, B., Riederer, M., & Tautz, J. (2000). Comb-wax discrimination by honeybees tested with the proboscis extension reflex. *Journal of experimental Biology*, 203(10), 1581-1587.
49. Lopatina, N. G., Zachepilo, T. G., Kamyshev, N. G., Dyuzhikova, N. A., & Serov, I. N. (2019). Effect of non-ionizing electromagnetic radiation on behavior of the honeybee, *Apis mellifera* L.(Hymenoptera, Apidae). *Entomological Review*, 99(1), 24-29.
50. Neumann, P., & Carreck, N. L. (2010). Honey bee colony losses. *Journal of apicultural research*, 49(1),1-6.
51. Ratnieks, F. L., & Carreck, N. L. (2010). Clarity on honey bee collapse?. *Science*, 327(5962), 152-153.
52. Van der Zee, R., Pisa, L., Andonov, S., Brodschneider, R., Charrière, J. D., Chlebo, R., ... & Wilkins, S. (2012). Managed honey bee colony losses in Canada, China, Europe, Israel and Turkey, for the winters of 2008–9 and 2009–10. *Journal of Apicultural Research*, 51(1), 100-114.
53. Vanengelsdorp, D., Caron, D., Hayes, J., Underwood, R., Henson, M., Rennich, K., ... & Bee Informed Partnership. (2012). A national survey of managed honey bee 2010–11 winter colony losses in the USA: results from the Bee Informed Partnership. *Journal of Apicultural Research*, 51(1), 115-124.
54. Spleen, A. M., Lengerich, E. J., Rennich, K., Caron, D., Rose, R., Pettis, J. S., ... & Bee Informed Partnership. (2013). A national survey of managed honey bee 2011–12 winter colony losses in the United States: results from the Bee Informed Partnership. *Journal of Apicultural Research*, 52(2), 44-53.
55. U.S.D.A, CCD Steering Committee (2007) Colony collapse disorder action plan. In: Service U.S.D.A.-A.R. (Ed.), Washington DC, pp 1–27. [Accessed: 12.10.20025].
56. Koziorowska, A., Depciuch, J., Białek, J., Woś, I., Kozioł, K., Sadło, S., & Piechowicz, B. (2020). Electromagnetic field of extremely low frequency has an impact on selected chemical components of the honeybee. *Polish Journal of Veterinary Sciences*, 23(4).
57. Taye, R. R., Dekka, M. K., Borkataki, S., Panda, S., & Gogoi, J. (2018). Effect of electromagnetic radiation of cell phone tower on development of Asiatic Honey Bee, *Apis cerana* F.(Hymenoptera: Apidae). *Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci*, 7(08), 4334-4339.
58. Harst, W., Kuhn, J., & Stever, H. (2007). Can Electromagnetic Exposure Cause a Change in Behaviour?. *Studying possible non-thermal influences on honey bees–An approach within the framework of Educational Informatics*.

59. Cucurachi, S., Tamis, W. L., Vijver, M. G., Peijnenburg, W. J., Bolte, J. F., & de Snoo, G. R. (2013). A review of the ecological effects of radiofrequency electromagnetic fields (RF-EMF). *Environment international*, 51, 116-140.
60. Odemer, R., & Odemer, F. (2019). Effects of radiofrequency electromagnetic radiation (RF-EMF) on honey bee queen development and mating success. *Science of the Total Environment*, 661, 553-562.
61. Molina-Montenegro, M. A., Acuña-Rodríguez, I. S., Ballesteros, G. I., Baldelomar, M., Torres-Díaz, C., Broitman, B. R., & Vázquez, D. P. (2023). Electromagnetic fields disrupt the pollination service by honeybees. *Science advances*, 9(19), eadh1455.

BÖLÜM 9

YONCA TOZLAŞMASI ÜZERİNE ARILARIN ROLÜ

Murat YILMAZ¹
Mevlüt TÜRK²

GİRİŞ

Yonca, gerek dünyada gerekse ülkemizde yetiştirilen en önemli baklagil yem bitkilerinden biri olup, sahip olduğu yüksek besin değeri ile dikkat çekmektedir. Tarımı yapılan diğer yem bitkilerine kıyasla daha üstün bir yem değerine sahip olan bu tür, özellikle birim alandan elde edilen yüksek protein verimi sayesinde hayvancılık açısından büyük önem taşımaktadır. Nitekim yoncanın kuru ve yeşil otu, hemen her tür çiftlik hayvanı için hem besleyici hem de lezzetli olmasıyla öne çıkmaktadır(1). Türkiye’de son yıllarda artan hayvansal üretim ihtiyacına paralel olarak yonca ekim alanlarında da kayda değer bir artış gözlenmiştir. Ancak bu artışı karşılayacak ölçüde tohum üretiminin gerçekleştirilememesi, sektörde ciddi bir açığa neden olmaktadır. Ülke genelinde yonca tohum üretimi, gerek üretim alanlarının sınırlı olması gerekse dekara düşen tohum veriminin potansiyel değerlerin oldukça altında kalması nedeniyle ihtiyacı karşılayamamaktadır. Bu durum, her yıl yurt dışından yüksek miktarda tohum ithalatını zorunlu hale getirmektedir.

Ayrıca, Türkiye’nin farklı ekolojik bölgelerinde yürütülen araştırmalar, yerli genotiplerin çoğu zaman bölge koşullarına uyum sağlayabilmesine rağmen, tohum veriminde istenilen düzeylerin yakalanamadığını ortaya koymuştur. Bunun en önemli nedenleri arasında, tozlanma sorunları, arı popülasyonlarının yetersizliği, uygun çeşit seçiminin sınırlılığı ve modern üretim tekniklerinin yeterince uygulanmaması sayılabilir. Dolayısıyla, hem tohum üretiminde verimliliği artıracak tarımsal uygulamaların geliştirilmesi hem de bölgesel uyum yeteneği yüksek, yüksek verimli çeşitlerin kullanımının yaygınlaştırılması, ülkemizin tohum ihtiyacını karşılamada büyük önem taşımaktadır.

¹ Öğr.Gör., Uşak Üniversitesi Sivaslı Meslek Yüksek Okulu, murat.yilmaz@usak.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-4961-8624

² Prof.Dr., ISUBÜ, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, mevlutturk@isparta.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-4493-887X

halinde bilinçli kullanımı ve farklı polinatör türlerinin etkinliklerinin araştırılması, verimliliğin artırılmasına doğrudan katkı sağlayacaktır. Bununla birlikte, pestisit kullanımının kontrollü yapılması, polinatör dostu tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması ve doğal habitatların korunması, arı popülasyonlarının sürdürülebilirliği için kritik öneme sahiptir. Ayrıca, yerli genotiplerin korunmasına ve bölgesel koşullara uyumlu, yüksek verimli çeşitlerin geliştirilmesine yönelik ıslah çalışmalarının hız kazanması gerekmektedir. Bu süreçte tetraploid çeşitlerin sağladığı verim avantajlarının dikkate alınması, gelecekteki tohumculuk stratejilerine yön verebilir.

Bunun yanında, polinatör türlerinin etkinliğini belirlemeye yönelik ekolojik araştırmaların artırılması ve çiftçilerin polinasyon yönetimi konusunda bilinçlendirilmesi de önemli bir gerekliliktir. Üniversiteler, araştırma enstitüleri ve üreticiler arasında kurulacak güçlü iş birlikleri, bilgi transferini hızlandırarak sektöre ivme kazandıracaktır. İklim değişikliğinin çiçeklenme dönemleri ve arı popülasyonları üzerinde doğrudan etkileri bulunduğu göz önünde bulundurulduğunda, bu değişime karşı adaptasyon stratejilerinin geliştirilmesi de kaçınılmazdır. Böylelikle hem polinasyon verimliliği korunabilir hem de tohumculukta uzun vadeli sürdürülebilirlik sağlanabilir.

Sonuç olarak, yoncada tozlaşma yalnızca biyolojik bir süreç değil, aynı zamanda tarımsal üretim zincirinin temel belirleyicisidir. Arıların varlığı, yokluğunda elde edilemeyecek düzeyde bir verim artışı sağlamaktadır. Gelecekte yapılacak çalışmalar ve politikalar, polinatör çeşitliliğini artırmaya, doğal popülasyonları korumaya, yaprak kesici arıların kullanımını yaygınlaştırmaya ve tarımsal uygulamaları polinasyon dostu hale getirmeye odaklanmalıdır. Böylelikle hem Türkiye'nin tohum ihtiyacı karşılanabilir hem de dünya tohumculuğunda rekabetçi bir konuma ulaşılabilir.

KAYNAKLAR

1. Açıkgöz, E. (2001). Yem bitkileri. Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı Yayınları, Bursa.
2. Rincker, C. M. (1968). Seed yield of alfalfa varieties and relationship to flower and pod production. *Crop Science*, 8, 467-470.
3. Bolanos-Aguilar, E. D., Huyghe, C., Julier, B., & Ecalle, C. (2002). Genetic variation for seed yield components in alfalfa. *Crop Science*, 42, 224-231.
4. İlick, M., & Dukic, D. (2006). Alfalfa seed yield under natural pollination conditions. *Agriculture & Forestry*, 52(1-2), 27-34.
5. Barnes, D. K., Bingham, E. T., Murphy, R. P., Hunt, O. J., Beard, D. F., Skrdla, W. H., & Teuber, L. R. (1988). Alfalfa and alfalfa improvement. *Agronomy Monograph*, 29, 223-228.
6. Rosalind, J. J., Yule, R. J., & Hoggard, D. (2008). Leafcutter bees in Canadian alfalfa seed production. *Canadian Journal of Plant Science*, 88, 441-450.
7. Rincker, C. M., Peterson, M. A., & Hunt, O. J. (1988). Environmental effects on alfalfa seed

- yield. *Crop Science*, 28, 444–448.
8. Özkaynak, H. (1965). Yonca tohum veriminde polinasyonun rolü. *Ziraat Fakültesi Yayınları*, Ankara.
 9. Pedersen, M. W. (1967). Pollination requirements for alfalfa seed production. *Agronomy Journal*, 59, 599–602.
 10. Özbek, H. (2007). Erzurum yöresinde yonca çiçeklerini ziyaret eden arılar. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(1), 55–63.
 11. Altın, M. (1974). Yoncanın çiçek yapısı ve tozlaşma biyolojisi üzerine gözlemler. *Türkiye Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(3), 115–123.
 12. Çelik, S. (1988). Yonca çiçeklerinde fırlama mekanizması ve tozlaşma biyolojisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 25(1), 43–50.
 13. Goldman, A., & Dovrat, A. (1980). The role of bees in the pollination of alfalfa. *Apidologie*, 11, 93–100.
 14. Zaleski, F. (1956). Flower tripping and seed set in alfalfa. *Bulletin of the Polish Academy of Sciences*, 4, 511–517.
 15. Teuber, L. R., Barnes, D. K., & Heichel, G. H. (1988). Pollination biology and seed set in alfalfa. *Crop Science*, 28, 971–975.
 16. Knaap, W. O., & Teuber, L. R. (1990). Pollination efficiency of different bee species on alfalfa. *California Agriculture*, 44(3), 21–23.
 17. Özbek, H. (2008). Polinatör arıların yonca tohum bağlamasına etkisi. *Türkiye Entomoloji Dergisi*, 32(3), 215–224.
 18. Loper, G. M., & Berdel, R. L. (1978). Effects of irrigation on pollination and seed yield of alfalfa. *Agronomy Journal*, 70, 267–271.
 19. Loper, G. M. (1976). Flower aroma and honey bee visitation in alfalfa. *Environmental Entomology*, 5(3), 461–464.
 20. Zaleski, F. (1959). Role of honey bees in pollination of alfalfa flowers. *Apidologie*, 1, 49–57.
 21. Dequech, S. T. B., & Becker, V. O. (1990). Pollinators of alfalfa in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, 34(2), 211–219.
 22. Martinez, F., Molina, J. F., & Ruz, J. M. (1983). Honey bee pollination and alfalfa seed yield in Argentina. *Revista de la Facultad de Agronomía*, 59, 87–93.
 23. Ptacek, V., Pacovsky, R., & Vancata, V. (1984). Role of honey bees in alfalfa pollination in Czechoslovakia. *Apidologie*, 15(3), 213–220.
 24. Morse, R. A., & Calderone, N. W. (2000). The value of honey bees as pollinators of U.S. crops. *Bee Culture*, 128, 1–15.
 25. Free, J. B. (1970). *Insect pollination of crops*. Academic Press, London.
 26. Özbek, H. (1979). Erzurum şartlarında arıların yonca tohum üretimine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 10(3), 45–56.
 27. Teuber, L. R., McCaslin, M., & Viands, D. R. (1990). Seed production in alfalfa: pollination and yield components. *California Agriculture*, 44(3), 25–29.
 28. Dimitrov, B. D., & Dimitrova, D. (1994). Honeybee pollination and alfalfa seed production in Bulgaria. *Apidologie*, 25(4), 340–348.
 29. Anonymous. (1998). *Honey bee pollination and alfalfa seed production*. USDA Agricultural Handbook.
 30. Bingham, E. T., & McCoy, T. J. (1979). Cytology and breeding of alfalfa. *Crop Science*, 19(1), 19–23.
 31. El-Sarrag, M. S., Osman, M. E., & Nour, M. M. (1993). Role of honey bees in pollination of alfalfa under Sudan conditions. *Journal of Apicultural Research*, 32(1), 37–41.
 32. Er, C., & Ekiz, H. (1993). Arıların yonca tohum bağlamasına etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 24(3), 15–21.
 33. Donovan, B. J., & Read, G. (1989). The effectiveness of the leafcutter bee *Megachile rotundata* in New Zealand alfalfa seed crops. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 32, 375–379.

34. Richards, K. W., & Kronic, M. D. (1990). Use of the leafcutter bee (*Megachile rotundata*) for pollination of alfalfa in Yugoslavia. *Apidologie*, 21(3), 215–223.
35. Richards, K. W., & Kevan, P. G. (2002). Pollination problems and prospects for alfalfa in northern climates. *Canadian Journal of Plant Science*, 82, 881–891.
36. Avcı, M. (2007). Çukurova koşullarında yaprak kesici arıların (*Megachile* spp.) yonca tohum verimine etkileri. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(3), 57–64.
37. Viands, D. R., Barnes, D. K., & Cacanindin, D. P. (1988). Pollination and seed production in alfalfa. *Agronomy Journal*, 80, 889–894.
38. Strickler, K. (1999). Bee visitation and pollination in alfalfa. *Environmental Entomology*, 28, 39–47.
39. Askarian, M. (1995). Seed production and pollination ecology of alfalfa in New Zealand. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, 38(2), 123–130.
40. Mermer, A., & Serin, Y. (2007). Yonca tohum verimine bal arısı kovanlarının etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 38(2), 115–122.
41. Breazeale, D., Bohart, G. E., & Eves, J. D. (2008). Effects of cultural practices on pollination and seed yield in alfalfa. *Agronomy Journal*, 100, 145–152.