

BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ VII

Editörler

Hasan DEĞİRMENCİ

Atılgan ATILGAN

Burak SALTUK



© Copyright 2025

Bu kitabın, basım, yayın ve satış hakları Akademisyen Kitabevi A.Ş.'ne 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
978-625-375-767-0

Yayın Koordinatörü
Yasin DİLMEN

Kitap Adı
Biyosistem Mühendisliği VII

Sayfa ve Kapak Tasarımı
Akademisyen Dizgi Ünitesi

Editörler
Hasan DEĞİRMENÇİ
ORCID iD: 0000-0002-6157-816X

Yayıncı Sertifika No
47518

Atılğan ATILGAN
ORCID iD: 0000-0003-2391-0317

Baskı ve Cilt
Vadi Matbaacılık

Burak SALTUK
ORCID iD: 0000-0001-8673-9372

Bisac Code
TEC003000

DOI
10.37609/akya.3939

Kütüphane Kimlik Kartı
Biyosistem Mühendisliği VII / ed. Hasan Değirmenci, Atılğan Atılğan, Burak Saltuk.
Ankara : Akademisyen Yayınevi Kitabevi, 2025.
202 s. : tablo, şekil. ; 160x235 mm.
Kaynakça var.
ISBN 9786253757670

GENEL DAĞITIM
Akademisyen Kitabevi A.Ş.

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

www.akademisyen.com

ÖNSÖZ

Akademisyen Yayınevi yöneticileri, yaklaşık 35 yıllık yayın tecrübesini, kendi tüzel kişiliklerine aktararak uzun zamandan beri, ticarî faaliyetlerini sürdürmektedir. Anılan süre içinde, başta sağlık ve sosyal bilimler, kültürel ve sanatsal konular dahil 3800'ü aşkın kitabı yayımlamanın gururu içindedir. Uluslararası yayınevi olmanın alt yapısını tamamlayan Akademisyen, Türkçe ve yabancı dillerde yayın yapmanın yanında, küresel bir marka yaratmanın peşindedir.

Bilimsel ve düşünsel çalışmaların kalıcı belgeleri sayılan kitaplar, bilgi kayıt ortamı olarak yüzlerce yılın tanıklarındır. Matbaanın icadıyla varoluşunu sağlam temellere oturtan kitabın geleceği, her ne kadar yeni buluşların yörüngesine taşınmış olsa da, daha uzun süre hayatımızda yer edineceği muhakkaktır.

Akademisyen Yayınevi, kendi adını taşıyan “Bilimsel Araştırmalar Kitabı” serisiyle Türkçe ve İngilizce olarak, uluslararası nitelik ve nicelikte, kitap yayımlama sürecini başlatmış bulunmaktadır. Her yıl Mart ve Aralık aylarında gerçekleşecek olan yayımlama süreci, tematik alt başlıklarla devam edecektir. Bu süreci destekleyen tüm hocalarımıza ve arka planda yer alan herkese teşekkür borçluyuz.

Akademisyen Yayınevi A.Ş.

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1	Dijital Tarımın Geleceği: Hassas Tarım Yaklaşımları 1 <i>Çağatay TANRIVERDİ</i> <i>Ümmühani DOĞAR</i>
Bölüm 2	Sera İklim Yönetiminde Buhar Basıncı Açığı (VPD) Temelli Yaklaşımlar 15 <i>Ali ÇAYLI</i>
Bölüm 3	Bingöl İli Koyunculuk İşletmelerinde Yağmur Suyu Hasadı ve Kullanım Olanaklarının Araştırılması 31 <i>Sedat BOYACI</i> <i>Yoldaş EKTİREN</i>
Bölüm 4	Sulama Performansının Değerlendirilmesi: Kahramanmaraş Kılavuzlu Sulama Birliği Örneği 43 <i>Mahir İMALI</i> <i>Hasan DEĞİRMENCİ</i>
Bölüm 5	Polikarbonat Sera Örtü Malzemelerinin Tarımsal Üretimdeki Önemi ve Mekanik Performansı 57 <i>Candan KORKMAZ</i> <i>Nefise Yasemin TEZCAN</i>
Bölüm 6	Bitkilerde Abiyotik Stres Toleransı ve Bor Gübrelemesi 81 <i>Safiye AŞIKLI</i> <i>Armağan KAYA</i>
Bölüm 7	Konya Kapalı Havzası Büyükbaş Hayvan Yetiştiriciliği İşletmeleri ve Hayvancılık Potansiyeli 93 <i>Samet EĞİLMEZ</i> <i>Selda UZAL SEYFİ</i>
Bölüm 8	Sera Yetiştiriciliğinde İş Sağlığı ve Güvenliğinin Değerlendirilmesi: Antalya Örneği 107 <i>Hasan ERTOP</i> <i>Atılğan ATILGAN</i> <i>Burak SALTUK</i>

İçindekiler

Bölüm 9	Akıllı Sera Teknolojileri ve Önemi	135
	<i>Esra KUTLU SEZER</i>	
	<i>Çağlar Özkan SEZER</i>	
Bölüm 10	Yapay Zeka Kullanımının Önemi: Atık Yönetimi Örneği.....	145
	<i>Atılğan ATILGAN</i>	
	<i>Fatma YOKUŞ</i>	
Bölüm 11	Drenajdan Dönen Suların Tarımsal Sulamada Yeniden Kullanımı.....	163
	<i>Sertan SESVEREN</i>	

YAZARLAR

Prof. Dr. Atılgan ATILGAN

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi,
Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi,
Biyosistem Mühendisliği Bölümü

Dr. Öğr. Üyesi Safiye AŞIKLI

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi,
M.R.B. Meslek Yüksekokulu, Tıbbi
Aromatik Bitkiler Bölümü

Prof. Dr. Sedat BOYACI

Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi/Ziraat
Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği
Bölümü

Doç. Dr. Ali ÇAYLI

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Ziraat Fakültesi/Biyosistem Mühendisliği
Bölümü

Prof. Dr. Hasan DEĞİRMENCİ

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği
Bölümü

Ümmühani DOĞAR

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi,
Yüksek Lisans Öğrencisi

Öğr. Gör. Yoldaş EKTİREN

Bingöl Üniversitesi, Gıda Tarım ve
Hayvancılık Meslek Yüksekokulu,
Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü

Dr. Hasan ERTOP

Tarım ve Orman Bakanlığı Yenişarbademli
İlçe Müdürlüğü

Samet EĞİLMEZ

Ziraat Yük. Müh., Tarımsal Ekonomi ve
Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü

Mahir İMALI

Mühendis, Yozgat-Çayıralan İlçe Tarım ve
Orman Müdürlüğü

Prof. Dr. Armağan KAYA

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi,
Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi,
Mühendislik Temel Bilimleri Bölümü

Dr. Candan KORKMAZ

Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma
Kurumu

Doç. Dr. Burak SALTUK

Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi
Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi
Biyosistem Mühendisliği Bölümü

Doç. Dr. Sertan SESVEREN

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği
Bölümü

Prof. Dr. Selda UZAL SEYFİ

Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Dr. Esra KUTLU SEZER

Ana-Kent Planlama Yapı Yatırım Teknoloji
Danışmanlık Turizm Enerji Sanayi ve
Ticaret Anonim Şirketi

Yazarlar

Dr. Öğr. Üyesi Çağlar Özkan SEZER

Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat
Fakültesi Biyosistem Mühendisliği
Bölümü

Prof. Dr. Çağatay TANRIVERDİ

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi
Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği
Bölümü

Doç. Dr. Nefise Yasemin TEZCAN

Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi,
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Fatma YOKUŞ

Milli Eğitim Bakanlığı, Yenilik ve Eğitim
Teknolojileri Genel Müdürlüğü

BÖLÜM 1

DİJİTAL TARIMIN GELECEĞİ: HASSAS TARIM YAKLAŞIMLARI

Çağatay TANRIVERDİ¹
Ümmühani DOĞAR²

GİRİŞ

Tarım, son dönemde küresel ekonominin temel unsurlarından biri haline gelmiştir. Tahminler, 2050 yılına kadar 9–10 milyar civarında olması beklenen dünya nüfusunun beslenme ihtiyacını karşılayabilmek için mevcut tarımsal üretim düzeyinin %60–100 oranında artırılmasını, iki katına çıkmasını zorunlu kılmaktadır. Öte yandan, geçtiğimiz birkaç on yılda uygulanan yoğun tarımsal yöntemler çevresel açıdan olumsuz etkiler yaratmıştır. Bu durum, tarım sistemleri üzerindeki baskıyı geçmişe kıyasla daha da artırmaktadır (1-4). Günümüzde yaşanan bu baskılar, yalnızca üretim miktarını değil, üretim kalitesini ve sürdürülebilirliği de doğrudan etkilemektedir. Dolayısıyla tarımsal sistemlerde yenilikçi ve teknoloji tabanlı çözümlerin benimsenmesi kaçınılmaz hâle gelmiştir.

Geleneksel tarım uygulamaları, gelecek nesiller açısından sürdürülebilir bir üretim modeli olmaktan giderek uzaklaşmaktadır. Bu yöntem, yüksek düzeyde gıda israfına yol açmakta; gübre sızıntısı ve yüzey akışı gibi çevresel sorunları beraberinde getirmektedir. Ayrıca, artan gıda talebini karşılayabilmek için daha fazla tarım arazisi kullanımını ve su kaynaklarının kullanımını zorunlu kılmaktadır (5). Bu noktada özellikle su kaynaklarının hızla azalması, iklim değişikliğinin tarımsal üretime olan etkileri ve enerji maliyetlerindeki artış, geleneksel tarım sistemlerinin daha da kırılgan bir hâle gelmesine yol açmaktadır.

¹ Prof. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi/Biyosistem Mühendisliği Bölümü, ctanriverdi@ksu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-9005-0436

² Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Yüksek Lisans Öğrencisi, ummuhanidogarr@gmail.com, ORCID iD: 0009-0001-6119-0907

KAYNAKLAR

1. Roberts DP, Short Jr NM, Sill J, et al. Precision agriculture and geospatial techniques for sustainable disease control. *Indian Phytopathology*. 2021;74(2):287-305.
2. Seelan SK, Laguette S, Casady GM, et al. Remote sensing applications for precision agriculture: A learning community approach. *Remote sensing of environment*. 2003;88(1-2):157-69.
3. Martínez J, Egea G, Agüera J, et al. A cost-effective canopy temperature measurement system for precision agriculture: A case study on sugar beet. *Precision Agriculture*. 2017;18(1):95-110.
4. Tilman D, Balzer C, Hill J, et al. Global food demand and the sustainable intensification of agriculture. *Proceedings of the national academy of sciences*. 2011;108(50):20260-4.
5. Martinez J. Controlled Environment Agriculture: A Systematic Review. *Food Safety*. 2024.
6. Maes WH, Steppe K. Perspectives for remote sensing with unmanned aerial vehicles in precision agriculture. *Trends in plant science*. 2019;24(2):152-64.
7. Pierce FJ, Nowak P. Aspects of precision agriculture. *Advances in agronomy*. 1999;67:1-85.
8. Gebbers R, Adamchuk VI. Precision agriculture and food security. *Science*. 2010;327(5967):828-31.
9. Bucci G, Bentivoglio D, Finco A. Precision agriculture as a driver for sustainable farming systems: State of art in literature and research. *Calitatea*. 2018;19(S1):114-21.
10. Monteiro A, Santos S, Gonçalves P. Precision agriculture for crop and livestock farming—Brief review. *Animals*. 2021;11(8):2345.
11. Daccache A, Ciurana J, Diaz JR, et al. Water and energy footprint of irrigated agriculture in the Mediterranean region. *Environmental Research Letters*. 2014;9(12):124014.
12. Tey YS, Brindal M. Factors influencing the adoption of precision agricultural technologies: a review for policy implications. *Precision agriculture*. 2012;13(6):713-30.
13. Balafoutis A, Beck B, Fountas S, et al. Precision agriculture technologies positively contributing to GHG emissions mitigation, farm productivity and economics. *Sustainability*. 2017;9(8):1339.
14. Kalisz B, Żuk-Golaszewska K, Radawiec W, et al. Land use indicators in the context of land use efficiency. *Sustainability*. 2023;15(2):1106.
15. Aküzüm T, Çakmak B, Gökalp Z. Türkiye’de su kaynakları yönetiminin değerlendirilmesi. *International Journal of Agricultural and Natural Sciences*. 2010;3(1):67-74.
16. Müdürlüğü DSİG. Su Kaynakları Verileri 2023 [Available from: <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754>].
17. Martínez-Fernández J, González-Zamora A, Sánchez N, et al. Satellite soil moisture for agricultural drought monitoring: Assessment of the SMOS derived Soil Water Deficit Index. *Remote Sensing of Environment*. 2016;177:277-86.
18. Survey USG. Water Science for School: How Much Water Is There on Earth? 2006a:Pp. 1-3.
19. Giannerini G, Genovesi R. The water saving with Irriframe platform for thousands of Italian farms. *Journal of Agricultural Informatics*. 2015;6(4).
20. Tanriverdi C. Using TDR in the agricultural water management. *KSUJ Sci Eng*. 2005;2:108-15.
21. Tanriverdi C. Available water effects on water stress indices for irrigated corn grown in sandy soils: Colorado State University; 2003.
22. Idso S, Jackson R, Pinter Jr P, et al. Normalizing the stress-degree-day parameter for environmental variability. *Agricultural meteorology*. 1981;24:45-55.
23. Kacira M, Ling P, Short T. Establishing crop water stress index (cws) threshold values for early, non-contact detection of plant water stress. *Transactions of the ASAE*. 2002;45(3):775.
24. Moran M, Clarke T, Inoue Y, et al. Estimating crop water deficit using the relation between surface-air temperature and spectral vegetation index. *Remote sensing of environment*. 1994;49(3):246-63.
25. Rud R, Cohen Y, Alchanatis V, et al. Crop water stress index derived from multi-year ground and aerial thermal images as an indicator of potato water status. *Precision Agriculture*. 2014;15(3):273-89.
26. El-Shirbeny M, Ali A, Rashash A, et al. Wheat yield response to water deficit under central pivot irrigation system using remote sensing techniques. *World Journal of Engineering and Technology*. 2015;3(3):65-72.

27. Erdem Y, Şehirali S, Erdem T, et al. Determination of crop water stress index for irrigation scheduling of bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*. 2006;30(3):195-202.
28. Gönen E, Tanrıverdi Ç. The Effects of Different Nitrogen Levels and Irrigation Intervals on Yield and Water Productivity of Cotton Grown in the Eastern Mediterranean Region. *Turkish Journal of Agricultural and Natural Sciences*.8(4):898-904.
29. Tanrıverdi C, Degirmenci H, Sesveren S. Assessment of irrigation schemes in Turkey based on management types. *African Journal of Biotechnology*. 2011;10(11):1997-2004.
30. Stafford JV. Implementing precision agriculture in the 21st century. *Journal of agricultural engineering research*. 2000;76(3):267-75.
31. Zhang N, Wang M, Wang N. Precision agriculture—a worldwide overview. *Computers and electronics in agriculture*. 2002;36(2-3):113-32.
32. Tekin AB, Şen E. Hiper spektral görüntülemenin tarımda kullanımı. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*. 2017;13(3):127-31.
33. Monteiro A, Santos S, Goncalves P. Precision Agriculture for Crop and Livestock Farming-Brief Review. *Animals (Basel)*. 2021;11(8).
34. Robertson M, Carberry P, Brennan L. The economic benefits of precision agriculture: case studies from Australian grain farms. *Crop Pasture Sci*. 2007;60:2012.
35. Aubert BA, Schroeder A, Grimaudo J. IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Decision support systems*. 2012;54(1):510-20.
36. Sangeetha C, Moond V, Damor JS, et al. Remote sensing and geographic information systems for precision agriculture: A Review. *International Journal of Environment and Climate Change*. 2024;14(2):287-309.
37. Raihan A. A systematic review of Geographic Information Systems (GIS) in agriculture for evidence-based decision making and sustainability. *Global Sustainability Research*. 2024;3(1):1-24.
38. Warren G, Metternicht G. Agricultural applications of high-resolution digital multispectral imagery. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 2005;71(5):595-602.
39. Colwell RN. Determining the prevalence of certain cereal crop diseases by means of aerial photography. 1956.
40. DeTar WR, Chesson JH, Penner JV, et al. Detection of soil properties with airborne hyperspectral measurements of bare fields. *Transactions of the ASABE*. 2008;51(2):463-70.
41. Gomez C, Rossel RAV, McBratney AB. Soil organic carbon prediction by hyperspectral remote sensing and field vis-NIR spectroscopy: An Australian case study. *Geoderma*. 2008;146(3-4):403-11.
42. Rao NR, Garg PK, Ghosh SK. Development of an agricultural crops spectral library and classification of crops at cultivar level using hyperspectral data. *Precision Agriculture*. 2007;8(4):173-85.
43. Rao NR, Garg P, Ghosh S, et al. Estimation of leaf total chlorophyll and nitrogen concentrations using hyperspectral satellite imagery. *The Journal of Agricultural Science*. 2008;146(1):65-75.
44. Lan Y, Huang Y, Martin D, et al. Development of an airborne remote sensing system for crop pest management: system integration and verification. *Applied engineering in agriculture*. 2009;25(4):607-15.
45. Lelong CC, Pinet PC, Poilvé H. Hyperspectral imaging and stress mapping in agriculture: A case study on wheat in Beauce (France). *Remote sensing of environment*. 1998;66(2):179-91.
46. Erickson BJ, Johannsen CJ, Vorst JJ, et al. Using remote sensing to assess stand loss and defoliation in maize. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 2004;70(6):717-22.
47. Wu C, Niu Z, Tang Q, et al. Estimating chlorophyll content from hyperspectral vegetation indices: Modeling and validation. *Agricultural and forest meteorology*. 2008;148(8-9):1230-41.
48. Lamb D, Brown RB. Pa—precision agriculture: Remote-sensing and mapping of weeds in crops. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 2001;78(2):117-25.

49. Scotford I, Miller P. Applications of spectral reflectance techniques in northern European cereal production: a review. *Biosystems engineering*. 2005;90(3):235-50.
50. Gutiérrez P, López-Granados F, Peña-Barragán J, et al. Logistic regression product-unit neural networks for mapping *Ridolfia segetum* infestations in sunflower crop using multitemporal remote sensed data. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2008;64(2):293-306.
51. Zhang C, Kovacs JM. The application of small unmanned aerial systems for precision agriculture: a review. *Precision Agriculture*. 2012;13(6):693-712.
52. Torres-Sánchez J, López-Granados F, De Castro AI, et al. Configuration and specifications of an unmanned aerial vehicle (UAV) for early site specific weed management. *PloS one*. 2013;8(3):e58210.
53. Shaw DR. Remote sensing and site-specific weed management. *Frontiers in Ecology and the Environment*. 2005;3(10):526-32.
54. Pinter Jr PJ, Hatfield JL, Schepers JS, et al. Remote sensing for crop management. *Photogrammetric Engineering & Remote Sensing*. 2003;69(6):647-64.
55. de Castro AI, Jurado-Expósito M, Peña-Barragán JM, et al. Airborne multi-spectral imagery for mapping cruciferous weeds in cereal and legume crops. *Precision Agriculture*. 2012;13(3):302-21.
56. Huang H, Lan Y, Yang A, et al. Deep learning versus Object-based Image Analysis (OBIA) in weed mapping of UAV imagery. *International Journal of Remote Sensing*. 2020;41(9):3446-79.
57. Li T, Cui L, Kuhnert M, et al. A comprehensive review of soil organic carbon estimates: Integrating remote sensing and machine learning technologies. *Journal of Soils and Sediments*. 2024;24(11):3556-71.
58. Jiménez C, Prigent C, Mueller B, et al. Global intercomparison of 12 land surface heat flux estimates. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*. 2011;116(D2).
59. Mulla DJ. Twenty five years of remote sensing in precision agriculture: Key advances and remaining knowledge gaps. *Biosystems engineering*. 2013;114(4):358-71.
60. Partel V, Kakarla SC, Ampatzidis Y. Development and evaluation of a low-cost and smart technology for precision weed management utilizing artificial intelligence. *Computers and electronics in agriculture*. 2019;157:339-50.
61. Wolfert S, Ge L, Verdouw C, et al. Big data in smart farming—a review. *Agricultural systems*. 2017;153:69-80.
62. Abdulridha J, Ampatzidis Y, Kakarla SC, et al. Detection of target spot and bacterial spot diseases in tomato using UAV-based and benchtop-based hyperspectral imaging techniques. *Precision Agriculture*. 2020;21(5):955-78.
63. Katsigiannis P, Galanis G, Dimitrakos A, et al., editors. Fusion of spatio-temporal UAV and proximal sensing data for an agricultural decision support system. Fourth International Conference on Remote Sensing and Geoinformation of the Environment (RSCy2016); 2016: SPIE.
64. Shamshiri RR, Sturm B, Weltzien C, et al. Digitalization of agriculture for sustainable crop production: a use-case review. *Frontiers in Environmental Science*. 2024;12:1375193.
65. Tanriverdi C. A review of remote sensing and vegetation indices in precision farming. *J Sci Eng*. 2006;9:69-76.
66. Abdalla A, Mirzakhani Nafchi A. Development and evaluation of an affordable variable rate applicator controller for precision agriculture. *AgriEngineering*. 2024;6(4):4639-57.
67. Değirmenci HT, Çağatay; Arslan, Fırat. Sulama Projelerinin Modernizasyonu. 12 Ulusal Kültürteknik Sempozyumu. TEKİRDAĞ, TÜRKİYE2014.
68. Shamshiri R, Kalantari F, Ting K, et al. Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2018;11(1):1-22.
69. Banerjee S, Mukherjee A, Kamboj S. Precision Agriculture Revolution: Integrating Digital Twins and Advanced Crop Recommendation for Optimal Yield. *arXiv preprint arXiv:250204054*. 2025.
70. Schimmelpfennig D. Farm profits and adoption of precision agriculture. 2016.

BÖLÜM 2

SERA İKLİM YÖNETİMİNDE BUHAR BASINCI AÇIĞI (VPD) TEMELLİ YAKLAŞIMLAR

Ali ÇAYLI¹

GİRİŞ

Sera üretimi, sınırlı tarım alanlarında yüksek verim ve yıl boyu taze ürün temini sağlaması açısından modern tarımın köşe taşlarından biridir. Küresel gıda güvenliği ve pazar taleplerinin artmasıyla birlikte, sera ortamlarında sadece verimliliği değil, aynı zamanda ürün kalitesini ve çevresel sürdürülebilirliği en üst düzeye çıkarmak kritik bir zorunluluk haline gelmiştir (1-3). Bu hedeflere ulaşmak, sera içerisindeki çevre koşullarının hassas ve dinamik yönetimine bağlıdır. Serada mikroklima yönetimi, bitki sağlığı ve verimliliği açısından kritik bir role sahiptir (4, 5). Geleneksel olarak bağıl nem temel alınarak iklim kontrolü yapılırken, bu yaklaşımın sınırlılıkları belirgindir. Çünkü bağıl nem; havanın su buharı içeriğini, havanın taşıyabileceği maksimum su buharı kapasitesine oranlayarak tanımlar ve bu kapasite sıcaklığa bağlıdır. Bu nedenle, farklı sıcaklıklar altındaki benzer nem değerleri, bitkinin transpirasyon potansiyelini doğru yansıtmaz. Bu tutarsızlık, özellikle stres koşullarında bitki fizyolojisini olumsuz etkileyerek, verim kayıplarına ve hastalık riskinin artmasına neden olabilir. Bu noktada, VPD (Vapor Pressure Deficit) kavramı öne çıkmaktadır.

VPD, havanın doymuş buhar basıncı ile mevcut buhar basıncı arasındaki farktır ve dolayısıyla bitkilerde su buharı hareketine yönelik gerçek termodinamik itici gücü gösterir. VPD, sıcaklıktan bağımsız bir gösterge olarak, bitki transpirasyonu ve su kaybını öngörmede bağıl nemden daha doğru ve güvenilir bir ölçüdür (6, 7).

Küresel sıcaklık artışlarıyla birlikte, açık arazi koşullarında VPD ani ve öngörülemez değişkenlikler gösterebilmektedir. Bu durum, sera dışı üretim ortamlarında bitki verimliliği ve su kullanımı üzerinde doğrudan olumsuz etkilere yol

¹ Doç. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi/Biyosistem Mühendisliği Bölümü, alicayli@ksu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-8332-2264

mesini mümkün kılmaktadır. Dolayısıyla VPD'nin doğrudan kontrolü, sadece çevresel dengeyi sağlamakla kalmayıp aynı zamanda verimlilik ve ürün kalitesini artırmakta, hastalık riskini ise azaltmaktadır.

SONUÇ

Bu çalışmada sera üretiminde mikroklima yönetiminin kritik bir parametresi olan VPD'nin önemi ve doğrudan kontrol yöntemleri ele alınmıştır. Araştırmalar, bağıl nem temelli kontrol stratejilerinin sınırlılıkları dikkate alındığında, VPD'nin sera mikroklima yönetiminde daha güvenilir ve bitki fizyolojisi açısından daha anlamlı bir gösterge olduğunu ortaya koymaktadır. VPD'nin hedeflenen aralıkta tutulması, bitkilerin transpirasyon dengesi, fotosentez kapasitesi ve genel verimliliği üzerinde doğrudan belirleyici olmaktadır. Sera iklim kontrolünde havalandırma, ısıtma-soğutma, nemlendirme, sisleme ve nem alma gibi sistemlerin koordineli bir şekilde yönetilmesi, VPD'nin etkin biçimde düzenlenmesini sağlamaktadır. Bununla birlikte manuel kontrol yöntemleri sınırlı etki sunarken, sensör tabanlı ölçüm ve otomatik kontrol sistemlerinin entegrasyonu VPD temelli yönetimin başarısını artırmaktadır. Özellikle IoT tabanlı, düşük maliyetli ve ölçeklenebilir çözümler, gelecekte sera iklim yönetiminde yaygın olarak benimsenebilecek yenilikçi yaklaşımlar olarak değerlendirilmektedir. Sera üretiminde VPD'ye dayalı iklim kontrolü, sürdürülebilir ve yüksek verimli bir üretim için stratejik bir araç niteliği taşımaktadır. Doğru yönetildiğinde hem bitki sağlığı hem de ürün kalitesi üzerinde olumlu sonuçlar sağlayacak bu yaklaşımın, iklim değişikliğine uyum sürecinde de önemli katkılar sunacağı öngörülmektedir.

KAYNAKLAR

1. Üstün S, Batman Yöresi Modern Seracılık İşletmelerinin Isı Gereksinim Değerlerinin Hesaplanması, Isı Koruma Önlemlerinin Isı Tüketimine Etkilerinin Belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi. 2024;27(3): 644-655.
2. Atılğan A, Boyacı S, Famielec S, et al., Energy Potential of Greenhouse Plant Residue: The Cases of Turkey and Poland. Energies. 2025;18(13): 3405.
3. Boyacı S, Kocięcka J, Jagosz B, et al., Energy Efficiency in Greenhouses and Comparison of Energy Sources Used for Heating.
4. Baytorun AN and Üstün S, Seralarda Bir Günlük Toplam Sıcaklığa Göre Yapılan Dinamik Kontrol Stratejisine Bağlı Enerji Tasarrufunun Belirlenmesi. Tarım ve Doğa Dergisi. 2022;25(5): 1119.
5. Boyacı S, Ertuğrul Ö, and Özgünlaltay Ertuğrul G, Spatial evaluation of plant residual energy potential in greenhouse tomato cultivation in Kırşehir. 2021.
6. Çaylı A and Baytorun A, Analysis of Climate and Vapor Pressure Deficit (VPD) in a Heated Multi-Span Plastic Greenhouse. Journal of Animal & Plant Sciences. 2021;31(6).
7. Baytorun AN, Seralar, Sera Tipleri, Donanımı ve İklimlendirilmesi. 1 ed., İstanbul: Nobel kitabevi; 2016. 444.
8. Yuan W, Zheng Y, Piao S, et al., Increased atmospheric vapor pressure deficit reduces global vegetation growth. Science advances. 2019;5(8): eaax1396.

9. Grossiord C, Buckley TN, Cernusak LA, et al., Plant responses to rising vapor pressure deficit. *New phytologist*. 2020;226(6): 1550-1566.
10. Boyacı S, Kocięcka J, Kęsicka B, et al., Assessment of the Crop Water Stress Index for Green Pepper Cultivation Under Different Irrigation Levels. *Sustainability*. 2025;17(13): 5692.
11. Lu N, Nukaya T, Kamimura T, et al., Control of vapor pressure deficit (VPD) in greenhouse enhanced tomato growth and productivity during the winter season. *Scientia Horticulturae*. 2015;197: 17-23. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.11.001>.
12. Leuschner C, Air humidity as an ecological factor for woodland herbs: leaf water status, nutrient uptake, leaf anatomy, and productivity of eight species grown at low or high vpd levels. *Flora – Morphology, Distribution, Functional Ecology of Plants*. 2002;197(4): 262-274. doi: <https://doi.org/10.1078/0367-2530-00040>.
13. Stanghellini C, Van't Ooster B, and Heuvelink E, *Greenhouse horticulture: Technology for optimal crop production*. Brill; 2025.
14. Seginer I, Efficient greenhouse design: Evapotranspiration approximated by a linear function of global radiation. *Biosystems Engineering*. 2022;224: 213-225.
15. Taiz L, Zeiger E, Moller IM, et al., *Plant Physiology and Development*. Sinauer Associates. Inc., Publishers Sunderland, Massachusetts. pp. 2014;761.
16. Lang A, Physiology of flower initiation, in *In Encyclopedia of Plant Physiology*, W. Ruhland, Editor. 1965, Springer-Verlag: Berlin.
17. Jones HG, *Plants and microclimate: a quantitative approach to environmental plant physiology*. Cambridge university press; 2014.
18. Rengel Z, Cakmak I, and White PJ, *Marschner's mineral nutrition of plants*. London: Academic press; 2022.
19. Gruda N and Tanny J. Protected crops–recent advances, innovative technologies and future challenges. in XXIX International Horticultural Congress on Horticulture: Sustaining Lives, Livelihoods and Landscapes (IHC2014): 1107. 2014. (pp. 271-278).
20. Üstün S, Çölkesen EK, Bolat KG, et al., Doğu Akdeniz Bölgesi Modern Seralarında Farklı Örtü Malzemesi ile Farklı Isı Perdeleri Kullanımının Sera Isı Gereksinimine Etkisinin Belirlenmesi. *Tarım ve Doga Dergisi*. 2024;27(6): 1343.
21. Baytorun AN, Üstün S, Akyüz A, et al., Determination of Ventilation Openings Ratio in Greenhouses under Mediterranean Climate Conditions. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 2017;5(4): 409-415.
22. Katsoulas N, Baille A, and Kittas C. Transpiration and Energy Balance of a Greenhouse Rose Crop in Mediterranean Summer Conditions. in V International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Current Trends for Sustainable Technologies 559. 2000. (pp. 395-400).
23. Van Henten E and Bontsema J, Time-scale decomposition of an optimal control problem in greenhouse climate management. *Control Engineering Practice*. 2009;17(1): 88-96.
24. Çaylı A, Akyüz A, Baytorun AN, et al., The Feasibility of a Cloud-Based Low-Cost Environmental Monitoring System Via Open Source Hardware in Greenhouses. *KSU J. Agric Nat*. 2018;21(3): 323-338. doi: 10.18016/ksudobil.341513.
25. Çaylı A, Akyüz A, Baytorun AN, et al., Control of Greenhouse Environmental Conditions with IOT Based Monitoring and Analysis System. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*. 2017;5(11): 1279-1289.
26. Çaylı A and Mercanlı AS, The Impact of Greenhouse Environmental Conditions on the Signal Strength of wi-fi Based Sensor Network. *International Journal of Advanced Research (IJAR)*. 2017;5(6): 774-781. doi: 10.21474/IJAR01/4475.
27. Campbell GS and Norman JM, *An introduction to environmental biophysics*. Springer Science & Business Media; 2000.
28. Fordham MC, Harrison-Murray RS, Knight L, et al., Effects of leaf wetting and high humidity on stomatal function in leafy cuttings and intact plants of *Corylus maxima*. *Physiologia plantarum*. 2001;113(2): 233-240.

29. Von Zabeltitz C, Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates: Climate Conditions, Design, Construction, Maintenance, Climate Control, Berlin, Springer, 285-311. Integrated Greenhouse Systems for Mild Climates: Climate Conditions, Design, Construction, Maintenance, Climate Control. 2011. 285-311.doi: 10.1007/978-3-642-14582-7_12.
30. Sesveren S, Tulun Y, Dogan K, et al., Variation of the Soil Thermal Properties with Different Applications in Greenhouse Solarization. Pakistan Journal of Agricultural Sciences. 2025;62(1).
31. Ding J, Jiao X, Bai P, et al., Effect of vapor pressure deficit on the photosynthesis, growth, and nutrient absorption of tomato seedlings. Scientia Horticulturae. 2022;293: 110736. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2021.110736>.
32. Çaylı A, Akyüz A, Baytorun AN, et al., Seralarda Isı Kaybına Neden Olan Yapısal Sorunların Termal Kamera ile Belirlenmesi. KSU Journal of Natural Sciences. 2016;19: 5-14. doi: 10.18016/KSUJNS.36715.
33. Nelson JA and Bugbee B, Analysis of environmental effects on leaf temperature under sunlight, high pressure sodium and light emitting diodes. PloS one. 2015;10(10): e0138930.
34. Alemu MD, Barak V, Shenhar I, et al., Dynamic physiological response of tef to contrasting water availabilities. Frontiers in Plant Science. 2024;15: 1406173.
35. Monteith JL and Unsworth MH, Chapter 2 – Properties of Gases and Liquids, in Principles of Environmental Physics (Fourth Edition), J.L. Monteith and M.H. Unsworth, Editors. 2013, Academic Press: Boston. p. 5-23.doi: <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-386910-4.00002-0>.
36. Merilo E, Yarmolinsky D, Jalakas P, et al., Stomatal VPD Response: There Is More to the Story Than ABA Plant Physiology. 2017;176(1): 851-864. doi: 10.1104/pp.17.00912.
37. McAdam SA and Brodribb TJ, The evolution of mechanisms driving the stomatal response to vapor pressure deficit. Plant Physiology. 2015;167(3): 833-843.
38. Schoppach R and Sadok W, Transpiration sensitivities to evaporative demand and leaf areas vary with night and day warming regimes among wheat genotypes. Functional Plant Biology. 2013;40(7): 708-718.
39. Tullus A, Kupper P, Sellin A, et al., Climate change at northern latitudes: rising atmospheric humidity decreases transpiration, N-uptake and growth rate of hybrid aspen. 2012.
40. Tamang BG, Monnens D, Anderson JA, et al., The genetic basis of transpiration sensitivity to vapor pressure deficit in wheat. Physiologia Plantarum. 2022;174(5): e13752.
41. Tang K, Fracasso A, Struik PC, et al., Water-and nitrogen-use efficiencies of hemp (*Cannabis sativa* L.) based on whole-canopy measurements and modeling. Frontiers in Plant Science. 2018;9: 951.
42. Jiao X-C, Song X-M, Zhang D-L, et al., Coordination between vapor pressure deficit and CO₂ on the regulation of photosynthesis and productivity in greenhouse tomato production. Scientific Reports. 2019;9(1): 8700.
43. Inoue T, Sunaga M, Ito M, et al., Minimizing VPD fluctuations maintains higher stomatal conductance and photosynthesis, resulting in improvement of plant growth in lettuce. Frontiers in plant science. 2021;12: 646144.
44. Stanghellini C, Thermal and Aerodynamic Conditions in Greenhouses in Relation to Estimation of Heat-Flux and Evapotranspiration – Reply. Agricultural and Forest Meteorology. 1995;77(1-2): 137-138. doi: 10.1016/0168-1923(95)02244-R.
45. Medina S, Vicente R, Nieto-Taladriz MT, et al., The plant-transpiration response to vapor pressure deficit (VPD) in durum wheat is associated with differential yield performance and specific expression of genes involved in primary metabolism and water transport. Frontiers in plant science. 2019;9: 1994.
46. Boyacı S, Investigation Of The Effectiveness Of The Fan-Pad Cooling System And The Horizontal Temperature And Relative Humidity Changes In The Greenhouse. Fresenius Environmental Bulletin. 2018;27(12B): 9755-9761.
47. Baytorun AN, Zaimoğlu Z, Akyüz A, et al., Comparison of Greenhouse Fuel Consumption Calculated Using Different Methods with Actual Fuel Consumption. Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology. 2018;6(7): 850-857.

48. Jiao X, Yu X, Ding J, et al., Effects of rising VPD on the nutrient uptake, water status and photosynthetic system of tomato plants at different nitrogen applications under low temperature. *Scientia Horticulturae*. 2022;304: 111335. doi: <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2022.111335>.
49. Shamshiri R, Kalantari F, Ting K, et al., Advances in greenhouse automation and controlled environment agriculture: A transition to plant factories and urban agriculture. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*. 2018;11(1): 1-22.
50. Both A-J, Benjamin L, Franklin J, et al., Guidelines for measuring and reporting environmental parameters for experiments in greenhouses. *Plant Methods*. 2015;11(1): 43.
51. Bakker JC, Analysis of humidity effects on growth and production of glasshouse fruit vegetables. 1991, Bakker.
52. Sattar SSA and Al-Badri SB, Amount Of Water Consumption For Evaporative Cooling Pads. *Iraqi Journal Of Agricultural Sciences*. 2012;43(6): 78-82.
53. Iraqi D, Dorais M, and Gosselin A, Influence of vapor pressure deficit on photosynthesis and pigment content of greenhouse tomato leaves. 1998.
54. Heuvelink E, Bakker M, Marcelis L, et al., Climate and yield in a closed greenhouse. *Acta Horticulturae*. 2008;801: 1083-1092.
55. Blasco X, Martínez M, Herrero JM, et al., Model-based predictive control of greenhouse climate for reducing energy and water consumption. *Computers and electronics in agriculture*. 2007;55(1): 49-70.
56. Kittas C, Bartzanas T, and Jaffrin A, Temperature gradients in a partially shaded large greenhouse equipped with evaporative cooling pads. *Biosystems Engineering*. 2003;85(1): 87-94. doi: 10.1016/S1537-5110(03)00018-7.
57. Morison J, Baker N, Mullineaux P, et al., Improving water use in crop production. *Philosophical Transactions of the Royal Society B: Biological Sciences*. 2008;363(1491): 639-658.
58. Boulard T and Wang S, Greenhouse crop transpiration simulation from external climate conditions. *Agricultural and forest meteorology*. 2000;100(1): 25-34.
59. Medrano E, Lorenzo P, Sánchez-Guerrero MC, et al., Evaluation and modelling of greenhouse cucumber-crop transpiration under high and low radiation conditions. *Scientia Horticulturae*. 2005;105(2): 163-175.
60. Stanghellini C, Transpiration of greenhouse crops, an aid to climate management (Ph. D. dissertation). Wageningen, The Netherlands: Wageningen Agricultural University. 1987.
61. Noh H and Lee J, The effect of vapor pressure deficit regulation on the growth of tomato plants grown in different planting environments. *Applied Sciences*. 2022;12(7): 3667.
62. Majdoubi H, Boulard T, Fatnassi H, et al., Airflow and microclimate patterns in a one-hectare Canary type greenhouse: An experimental and CFD assisted study. *Agricultural and Forest Meteorology*. 2009;149(6-7): 1050-1062.
63. Stanghellini C, Kempkes F, and Knies P. Enhancing environmental quality in agricultural systems. in *International Symposium on Managing Greenhouse Crops in Saline Environment* 609. 2003. (pp. 277-283).

BÖLÜM 3

BİNGÖL İLİ KOYUNCULUK İŞLETMELERİNDE YAĞMUR SUYU HASADI VE KULLANIM OLANAKLARININ ARAŞTIRILMASI

Sedat BOYACI¹
Yoldaş EKTİREN²

GİRİŞ

Hayati faaliyetlerin sürdürülmesi için en temel gerekliliklerden biri olan suyun önemi ve etkin bir şekilde kullanılması her geçen gün daha fazla önem kazanmaktadır. Nüfusun hızla artması ve sanayileşmedeki plansızlık, var olan su kaynaklarının tüketimini hızlandırmaktadır. Bunun yanında iklim değişikliğinin bir sonucu olan kuraklık, mevcut su kaynakları için bir tehdit oluşturmaktadır. Su kaynaklarının tükenebilir olması, nüfusun ve sanayileşmenin plansızlığı yanında ortaya çıkan kuraklık gibi faktörler alternatif su kaynaklarına yönelimi artırmaktadır [1]. Dünyada gelişen teknoloji ve sanayileşme politikalarına rağmen hayvancılık sektörü ülke ekonomisindeki önemini korumaktadır [2]. Yoğun hayvansal üretim faaliyetlerinde sürdürülebilirlik, su yönetimiyle doğrudan ilişkilidir. Su kaynakları üzerindeki artan baskı ve gün geçtikçe yoğunlaşarak devam eden şiddetli kuraklıkların yaşanması, kırsal alanlarda hayvancılık taleplerini karşılamayı zorlaştırmakta ve akılcı su kullanım yöntemleri ve alternatif su kaynaklarının önemini vurgulamaktadır [3]. Su gereksinimleri için yedek bir plana sahip olmak amacıyla, su kıtlığı sorunlarının çoğunun çözümüne yardımcı olabilecek yağmur suyunu korumak için uygun sistemler geliştirilmelidir [4]. Su, hayati bir unsurdur ve neredeyse tüm ekonomik faaliyetler için gereklidir. Yoğun hayvancılık yapılan işletmeler açısından, hayvanların içme suyu tüketimi, konut binalarının temizliği ve termal konfor göz önüne alındığında, su günlük talepler nedeniyle önemli bir

¹ Prof. Dr. Kırşehir Ahi Evran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, sedat.boyaci@ahievran.edu.tr, ORCID iD: 0000-0001-9356-1736

² Öğr. Gör., Bingöl Üniversitesi, Gıda Tarım ve Hayvancılık Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, yektiren@bingol.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-6571-6806

duyulan içme ve temizlik suyunun %57.3'ü çatı yüzeyinden yağmur suyu hasadı ile karşılanabilecektir. Yağmur suyu hasadı sistemlerinin geri dönüşüm süresinin ise 10.5 yıl olarak belirlenmiştir. Bingöl ilinde koyunculuk işletmelerinde bulunan bina çatı yüzey alanlarından toplanabilecek yağmur suları bir yandan işletme ekonomisine katkı sağlarken diğer yandan yeraltı ve yerüstü su kaynaklarına olan baskının hafifletilebilmesi açısından da önemli olacaktır. Bu nedenle işletmelerin kuruluş aşamasında yağmur suyu hasadı sistemlerinin tasarlanması sistem verimliliğinin artırılması açısından da önemli olacaktır.

KAYNAKLAR

1. Ertop H, Kocięcka J, Atilgan A, Liberacki D, Niemiec M, Rolbiecki, R. The importance of rainwater harvesting and its usage possibilities: Antalya example (Turkey). *Water*, 2023; 15(12): 2194.
2. Saltuk B, Gümüş Z, Aydın Y, Solak M. Current situation of livestock in Siirt province and environmental impacts. *ARJA*, 2017; 7(3): 1-8.
3. Hoss C.G., Tavares J.M.R., Moreira A.J.G., Belli Filho P, Matthiensen, A. Assessing the potential for rainwater harvesting use in a concentrated animal feeding operation region in the South of Brazil. *Sustainability*, 2022; 14: 12523.
4. Anchan, S.S., & Shiva Prasad, H.C., (2021). Feasibility of roof top rainwater harvesting potential – A case study of South Indian University. *Cleaner Engineering and Technology*, 4, 100206.
5. Kılıç U, Yaylı B, Kılıç İ. Rainwater harvesting and system design in livestock farms. *International Journal of Agriculture and Wildlife Science*, 2023; 9(2): 218-228.
6. UN-WATER. United Nations World Water Development Report 2020: Water and Climate Change; UNESCO: Paris, France, 2020; 219p.
7. Yalılı Kılıç M, Abuş M.N. Bahçeli bir konut örneğinde yağmur suyu hasadı. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 2018; 4(2): 209-215.
8. Hristov J, Barreiro-Hurle J, Salputra G, Blanco M, Witzke P. Reuse of treated water in European agriculture: Potential to address water scarcity under climate change. *Agricultural Water Management*, 2021; 251: 106872.
9. Christian Amos C, Rahman A, Mwangi Gathanya J. Economic analysis and feasibility of rainwater harvesting systems in urban and peri-urban environments: A review of the global situation with a special focus on Australia and Kenya. *Water*, 2016; 8(4): 149. <https://doi.org/10.3390/w8040149>
10. Bafdal N, Dwirata S. Water harvesting system as an alternative appropriate technology to supply irrigation on red oval cherry tomato production. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*, 2018; 8(2): 561-566. <http://dx.doi.org/10.18517/ijaseit.8.2.5468>
11. Adham A, Wesseling J.G., Abed R, Riksen M, Ouassar M, Ritsema C. J. Assessing the impact of climate change on rainwater harvesting in the Oum Zessar watershed in Southeastern Tunisia. *Agricultural Water Management*, 2019; 221: 131-140. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.05.006>
12. Napierała M, Mrozik K, Kęsicka B. Rainwater harvesting on animal farms as a response to the increasing water deficit in agriculture. *Economics And Environment*, 2024; 3(90): 2-19.
13. MGM. Resmi istatistikler. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=&m=BINGOL> (Erişim tarihi: 20.10.2025).
14. Olgun M. 2009. Tarımsal Yapılar. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları: 1577, Ders Kitabı: 529.
15. Büyüktaş K, Atilgan A, Tezcan A. Tarımsal Üretim Yapıları. Isparta: Süleyman Demirel Üniversitesi Yayınları, 2016; Yayın no: 101.

16. Anonim (2022). Yağmur Suyu Hasadı Rehber Dokümanı, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Su Yönetimi Genel Müdürlüğü. Erişim Linki: <https://www.suverimlilik.gov.tr/wp-content/uploads/2023/01/YAGMUR-SUYU-HASADI.pdf>, (Erişim Tarihi: 20.10.2025).
17. Kılıç U, Yaylı B, Kılıç İ. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi bünyesinde bulunan seralarda yağmur suyu hasadı potansiyelinin belirlenmesi ve ekonomik analizi. Bursa Uludağ Üniv. Ziraat Fak. Derg., 2024; 38(2): 313 – 324.
18. Chapagain A.K., Hoekstra A.Y. (2003). Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products, Value of Water Research Report Series No.13, UNESCO-IHE. <https://www.waterfootprint.org/media/downloads/Report13.pdf>.
19. Parker D.B., Perino L.J., Auvermann B.W., Sweeten J.M. Water Use And Conservation At Texas High Plains Beef Cattle Feedyards. Applied Engineering in Agriculture, 2000; 16(1): 77-82.
20. Boyacı S. Kuçukbaş Hayvancılık işletmelerinde yağmur suyu hasadı ve kullanım olanaklarının araştırılması. IV International Siirt Conference on Scientific Research, 17-18 Kasım 2023, Siirt, Türkiye.
21. Çaylı A. Kümeslerin su gereksiniminin yağmur suyu hasadından karşılanması üzerine bir araştırma: Kahramanmaraş örneği. KSÜ Tarım ve Doğa Derg, 2021; 24(5): 1048-1058.
22. Çaylı A, Arslan B. Analysis of the thermal environment and determination of heat stress periods for dairy cattle under eastern mediterranean climate conditions. Journal of Biosystems Engineering, 2022; 47: 39-47.
23. Akyuz A, Boyaci S, Cayli A. Determination of critical period for dairy cows using temperature humidity index. J Anim Vet Adv, 2010; 9(13): 1824–1827
24. Muhirirwe S.C., Kisakye V, der Bruggen B.V. Reliability and economic assessment of rainwater harvesting systems for dairy production. Resources, Conservation & Recycling Advances, 2022; 14: 200079.
25. Akyuz A. Effects of some climates parameters of environmentally uncontrollable broiler houses on broiler performance. Journal of Animal and Veterinary Advances, 2009; 8(12): 2608-2612.
26. Atılğan A, Alagöz T, Saltuk B, Erkan M. Hayvan Barınaklarında Gübre Depolarının Mevcut Durumu ve Geliştirilmesi. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi, 2005; 20(2): 37-46.

BÖLÜM 4

SULAMA PERFORMANSININ DEĞERLENDİRİLMESİ: KAHRAMANMARAŞ KILAVUZLU SULAMA BİRLİĞİ ÖRNEĞİ

Mahir İMALI¹
Hasan DEĞİRMENCİ²

GİRİŞ

Türkiye'nin 78 milyon hektar olan yüzölçümünün 24 milyon hektarı ekilebilir tarım arazisi olup, bunun da teknik ve ekonomik olarak sulanabilir miktarı 8.5 milyon hektar olarak belirlenmiştir. Ülkemizde halen, teknik ve ekonomik olarak sulanabilecek 8.5 milyon hektar tarım alanının yaklaşık %83.5'i sulanabilmektedir. DSİ, kuruluşundan günümüze kadar 8.5 milyon hektar tarım sahasının yaklaşık % 56.6'sını suya kavuşturmuştur. 4,81 milyon hektar olan bu alan, ülkemizin toplam tarım alanının (24 milyon hektar) yaklaşık %20.04'ünü oluşturmaktadır. 2023 yılı sonu itibarıyla ülkemizde sulamaya açılan alan diğer kurumlarca sulamaya açılan alanlarla birlikte toplam 7.1 milyon hektara ulaşmıştır. Beslenme ihtiyacının karşılanması, sanayinin ihtiyacı olan zirai ürünlerin dengeli ve sürekli üretilebilmesi, tarım kesiminde çalışan nüfusun işsizlik probleminin çözülmesi ve hayat standardının yükseltilmesi için kalan 1.4 milyon hektar alanın da sulanması ve bunun için gereken sulama tesislerinin bir an önce inşa edilmesi özel bir önem taşımaktadır. Ülkemizde, toprak ve su kaynaklarının geliştirilmesinden sorumlu olan kamu kurum ve kuruluşlarının geliştirdikleri projeler sonucu çeşitli maksatlara yönelik yıllık su tüketimi 57 milyar m³'e ulaşmıştır. Bu suyun; 44 milyar m³'ü (%77) sulama, 13 milyar m³'ü (%23) içme-kullanma ve sanayi suyu ihtiyaçlarının karşılanmasında kullanılmaktadır (1).

Sulama şebekelerinin işletme ve bakım faaliyetlerinin su kullanıcı örgütlerine

1 Mühendis, Yozgat-Çayıralan İlçe Tarım ve Orman Müdürlüğü, mahirimali@hotmail.com, ORCID iD: 0009-0001-6521-4515

2 Prof.Dr. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, degirmenci@ksu.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-6157-816X

KAYNAKLAR

1. DSİ, 2022. DSİ 2023 Yılı Faaliyet Raporu. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü. chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://cdniys.tarimorman.gov.tr/api/File/GetFile/425/Sayfa/759/1107/DosyaGaleri/dsi_2023_yili_faaliyet_raporu.pdf
2. Gürbüz, H.İ. 2019 Sulama Sistemlerinde Performans Değerlendirilmesi. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi Journal of Bahri Dagdas Crop Research 8 (1): 195-215, 2019.
3. Rao, P.S. 1993. Review of Selected Literature on Indicators of Irrigation Performance International Irrigation Management Institute. P. 1-75, Colombo, Sri Lanka.
4. Molden, D., Sakthivadivel, R., Perry, C. J., Friture, C. & Kloezen, W. H. 1998. Indicators for comparing performance of irrigated agriculture. International Water Management Institute (IWMI) Research Report 20. IWMI, Sri Lanka.
5. Gençoğlu, M., Değirmenci, H. 2019, Sulama Performansının Değerlendirilmesi: Kırıkhan Sulama Birliği Örneği, KSÜ Tarım ve Doğa Dergisi 22(2): 436-443
6. Beyribey, M. (1997). Devlet Sulama Şebekelerinde Sistem Performansının Değerlendirilmesi. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No: 1480, Bilimsel Araştırmalar ve İncelemeler. 813. Ankara, 88s.
7. Çakmak, B. 2002b. Ceylanpınar İkircip Sulama Birliği'nde Sulama Sistem Performansının Değerlendirilmesi. H. Üniv. Ziraat Fakültesi Dergisi, Cilt:7, Sayı:12, s.1-9, Ş.Urfa
8. Değirmenci, H., Arslan, F. 2018. Sulama Birliklerine Devredilen Sulama Şebekelerinde İşletme ve Bakım Giderlerinin Analizi. Su Kaynakları, 3(1), 16-23.
9. Kartal, S., Değirmenci, H., Arslan, F., Gizlenci İ. 2023. Evaluation of some Water, Energy and Financial Indicators: A Case Study of Esenli Water User Association in Yozgat, Türkiye. Journal of Agricultural Sciences (Tarım Bilimleri Dergisi), 29(2):643-654. DOI: 10.15832/ankutbd.1008458
10. Abadia, R., Rocamora, M. C., Corcoles, J. I., RuizCanales, A., Martinez-Romero, A. and Moreno, M. A. 2010. Comparative analysis of energy efficiency in water users associations. Spanish Journal of Agricultural Research, 8(2): 134-142
11. Blanco M., Camacho E., Rodriguez J.A., 2009. Análisis de la eficiencia energética en el uso del agua deriego en comunidades de regantes de Andalucía. XXVII Congreso Nacional de Riegos, Murcia, Spain. Junio 2009.

BÖLÜM 5

POLİKARBONAT SERA ÖRTÜ MALZEMELERİNİN TARIMSAL ÜRETİMDEKİ ÖNEMİ VE MEKANİK PERFORMANSI

Candan KORKMAZ¹
Nefise Yasemin TEZCAN²

GİRİŞ

Yirminci yüzyılın sonlarına doğru, kaynak kıtlığına çözüm olarak petrol türevli polimer malzemelere duyulan ihtiyaç artmıştır. Bu sentetik polimerlerin çoğu başlangıçta doğal makromoleküllerden türetilmiştir. Polimer kimyasının gelişmesiyle, tekrarlayan birimlerden (monomerlerden) oluşan zincir yapılı malzemelerin sentezi mümkün hale gelmiştir. Polimerler arasında polikarbonat (PC), yüksek şeffaflık, ısı dayanımı ve tokluk (darbelere karşı direnç) özellikleriyle öne çıkan bir termoplastik polimerdir. Polikarbonat, yalnızca optik şeffaflığıyla değil, aynı zamanda mekanik ve termal özellikleriyle de geniş bir endüstriyel kullanım alanına sahiptir [1]. Bu özellikler, dayanıklılık ve uzun ömür gerektiren uygulamalarda, örneğin modern seracılıkta kullanılan örtü malzemelerinde tercih edilmesini sağlamaktadır.

Örtüaltı yetiştiriciliği, yüzeysel örtüler, alçak ve yüksek tüneller ile seraları kapsayan geniş kapsamlı bir kavramdır. Bu sistemleri açık tarla tarımından ayıran temel unsur, bitkisel üretim için gerekli mikro çevre koşullarının (havalandırma, ısıtma, soğutma, aydınlatma vb.) sistematik olarak kontrol altına alınabilmesidir. Bu yaklaşım, birim alandan elde edilen verimi artırmakta ve seracılığı küçük ölçekli işletmeler için daha uygun hâle getirirken, tarımsal üretimde sürdürülebilirliği de desteklemektedir [2].

¹ Dr., Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu, candan.korkmaz@tubitak.gov.tr, ORCID iD: 0009-0000-0756-8588

² Doç. Dr., Akdeniz Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, nYTEZCAN@akdeniz.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-3384-0108

Son olarak, biyobazlı ve BPA'sız PC alternatiflerinin mekanik ve termal performanslarının incelenmesi, sürdürülebilir malzeme kullanımını teşvik ederek sera üretiminde uzun ömürlü ve çevre dostu çözümlerin geliştirilmesine katkıda bulunacaktır. Bu yönelimler, sera örtü malzemelerinin performansını artırmaya ve uzun dönem güvenilir kullanımını sağlamaya yönelik literatürdeki boşlukların doldurulmasına imkân tanımaktadır.

Polikarbonat (PC) sera örtü malzemelerinin mekanik performansı ve fiziksel özellikleri, yalnızca malzemenin kendisine bağlı olmayıp, aynı zamanda sera konstrüksiyonuna doğru şekilde montajına da bağlıdır. PC levhaların konstrüksiyona uygun biçimde yerleştirilmesi, malzemenin dayanıklılığını, işlevselliğini ve uzun dönem yaşlanma direncini doğrudan etkiler. Özellikle şiddetli yağış dönemlerinde, montaj sırasında gerekli özenin gösterilmemesi halinde, yağmur suları PC levhaların oluklarına dolabilir ve bu bölgelerde yosun veya alg oluşumuna yol açabilir. Bu durum, hem malzemenin şeffaflığını azaltmakta hem de örtünün mekanik performansını ve ömrünü olumsuz yönde etkileyebilmektedir. Bu nedenle, malzemenin konstrüksiyona montajı sırasında gerekli özenin gösterilmesi ve köşe ile birleşim noktalarında özel contalar veya etkili su tahliye sistemlerinin kullanılması, PC levhaların dayanıklılığı ve ömrünü artırmak için önemlidir.

KAYNAKLAR

1. de Paiva, C. S., de Assis, F. S., Monteiro, S. N., Candido, V. S., Ferreira, C. A. M., & Rios da Silva, A. C. (2020, November). Study of Mechanical Behavior of Polycarbonate after Thermal Degradation. In *Materials Science Forum* (Vol. 1012, pp. 94-99). Trans Tech Publications Ltd.
2. Kabay, T. (2025). Effect of Greenhouses on Vegetable Production. *Ejons International Journal on Mathematic, Engineering and Natural Sciences*, 9(1), 57–63. <https://doi.org/10.5281/zenodo.15054071>
3. Tezcan, N.Y. (2024). Seralarda İklimlendirme ve Sürdürülebilirlik. In *Biyosistem Mühendisliği VI* (pp. 103–118). Akademisyen Kitabevi.
4. TÜİK 2024. TÜİK Veri Portalı Niteliklerine göre örtü altı tarım alanları, 1995-2024. (7/11/2025 tarihinde <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/DownloadIstatistikselTablo?p=QbcENFM42DS-13SwZBSxzH1y6dZquDM25jgGNbardt6Vk/cJHx0PFM3duxJLA2OGu> adresinden ulaşılmıştır.)
5. Frigione, M. (2022). Assessment of the Ageing and Durability of Polymers. *Polymers*, 14(10), 1934.
6. Petrov, A., Salopek Čubrić, I., & Čubrić, G. (2024). Influence of aging on the physical properties of knitted polymeric materials. *Polymers*, 16(4), 513.
7. Erdem S. The comparative analysis of polymeric sheets used in roofs. Thesis M.Sc., İstanbul Technical University, Institute of Science and Technology İstanbul, Türkiye, 2008. 171 p.
8. Fuinaa S., Marano G.C. and Scarascia-Mugnozza G. Polycarbonate laminates thermo-mechanical behaviour under different operating temperatures. *Polymer Testing*; 2019. 76: 344-349. <https://doi.org/10.1016/j.polymertesting.2019.03.031>
9. Kim, H. K., Lee, S. Y., Kwon, J. K., & Kim, Y. H. (2022). Evaluating the effect of cover materials on greenhouse microclimates and thermal performance. *Agronomy*, 12(1), 143.
10. Kim Na-im, Lee Jeong-moo, Lee Su-ha, & Wi Jeong-uk. (2024). Analysis of accelerated degra-

- dation behavior of polycarbonate materials under various temperature and humidity conditions. *Journal of the Korean Society of Mechanical Engineers*, Vol. A, 48(8), 565-571.
11. Frenzel, O., Westphalen, T., Kaminski, K., Kluge, S., Bucker, M., & Piechotta, C. (2025). Evaluation and Validation of an Accelerated Weathering Procedure to Characterise the Release of Bisphenol A from Polycarbonate Under Exposure to Simulated Environmental Conditions. *Applied Sciences*, 15(19), 10361.
 12. İska Sera, "Polycarbonate Greenhouses with İska Sera: A Durable and Efficient Agricultural Solution." Blog, 2025.
 13. Korkmaz, C., & Tezcan, N. Y. (2025). The temporal variation of some physical and mechanical properties of different polycarbonate greenhouse covering materials and the detection of aging using thermal imaging. *Infrared Physics & Technology*, 105979.
 14. Meyers M.A. and Chawla K.K. *Mechanical behavior of materials*. Cambridge University Press; 2009. 2 edition, 882 p.
 15. Ishida, T., & Kitagaki, R. (2021). Mathematical modeling of outdoor natural weathering of Polycarbonate: Regional characteristics of degradation behaviors. *Polymers*, 13(5), 820.
 16. Papadakis G., Briassoulis D., Scarascia Mugnozza G., Vox G., Feuilloley P. et al. Radiometric and thermal properties of, and testing methods for, greenhouse covering materials. *Journal of Agricultural Engineering Research*; 2000. 77 (1): 7-38. <https://doi.org/10.1006/jaer.2000.0525>.
 17. Mehr Y.M., Driel W.D.V., Jansen K.M.B., Deeben P. and Zhang G.Q. Lifetime assessment of bisphenol-a polycarbonate (BPA-PC) plastic lens, used in LED-based products. *Microelectronics 629 Reliability*; 2014. 54 (1): 138-142. <https://doi.org/10.1016/j.microrel.2013.09.009>.
 18. Gandhi K., Hein C.L., Heerbeek R.V. and Pickett J.E. Acceleration parameters for polycarbonate under blue LED photo-thermal aging conditions. *Polymer Degradation and Stability*; 2019. 164: 69-74. <https://doi.org/10.1016/j.polymdegradstab.2019.04.001>
 19. Shivanna, S., Subramani, N. K., Nagaraj, S. K., Mutturaj, J. R. B., & Basavaraj, S. (2019). Patina-green coloured light emitting polycarbonate films: A synergistic extraction of improved UV endurance and considerate spectral down-conversion. *Journal of Luminescence*, 210, 276-284.
 20. Montaudo, G., Carroccio, S. and Puglisi, C. 2002. Thermal and thermoxidative degradation processes in poly (bisphenol a carbonate). *Journal of Analytical and Applied Pyrolysis*, 64 (2): 229-247.
 21. Jiang, L., Zhou, M., Ding, Y., Zhou, Y. and Dan, Y. 2018. Aging induced ductile-brittle – ductile transition in bisphenol a polycarbonate. *Journal of Polymer Research*, 25: 39.
 22. Akbay, İ.K. 2014. Polikarbonat'ın atmosferik ve sulu ortamlarda uv ışınları ile bozunumu. Yüksek lisans tezi, Mersin Üniversitesi, Mersin, 104s.
 23. Kwon, J.K., Khoshimkhujav, B., Lee, J.H., Yu, I.H., Park, K.S. and Choi, H.G. 2017. Growth and yield of tomato and cucumber plants in polycarbonate or glass greenhouses. *Hortic. Sci. Technol.*, 35: 79-87.
 24. Ahmadi, L. and Tsao, R. 2018. The effect of greenhouse covering materials on phytochemical composition and antioxidant capacity of tomato cultivars. *J Sci Food Agric*, 98: 4427-4435.
 25. Korkmaz C. Determination of The Effect of Different Polycarbonate Greenhouse Cover Materials on Environmental Microclimate and Plant Development with Thermal Cameras. PhD Thesis, Akdeniz University, Antalya, Türkiye, 2021. 179 p.
 26. Tao, W. A. N. G., Yong, G. E., Jian-lin, L. A. N. G., Bo-lun, W. A. N. G., & Yue, Y. A. N. (2021). Effect of ultraviolet accelerated aging on mechanical and optical properties of polycarbonate. *Journal of Materials Engineering*, 49(11), 83-89.
 27. Shalaby, S. W., & Pearce, E. M. (1974). Flame retardation of engineering thermoplastics. *International Journal of Polymeric Materials*, 3(2), 81-98.
 28. Islam, M. T., Alam, A. R. U., Sakib, N., Hasan, M. S., Chakrovarty, T., Tawwabur, M., ... & Anwar Hossain, M. (2021). A rapid and cost-effective multiplex ARMS-PCR method for the simultaneous genotyping of the circulating SARS-CoV-2 phylogenetic clades. *Journal of medical virology*, 93(5), 2962-2970.
 29. Lu, T., Fang, W., Zhou, Q., Liu, M., & Wu, G. (2024). Synthesis and hygrothermal aging of pol-

- ycarbonates containing a bisphenol fluorene moiety. RSC advances, 14(25), 17771-17779.
30. Zhang, S., Wang, B., Meng, X., & Chen, Y. (2023). Mechanical Properties and Fracture Microstructure of Polycarbonate under High Strain Rate Tension. *Materials*, 16(9), 3386. <https://doi.org/10.3390/ma16093386>.
 31. Bahar, A., Belhabib, S., Guessasma, S., Benmahiddine, F., Hamami, A. E. A., & Belarbi, R. (2022). Mechanical and thermal properties of 3D printed polycarbonate. *Energies*, 15(10), 3686.
 32. Plaskolite Teknik Dokümanı – <https://plaskolite.com/products-services/product-brands/tuffak>, son erişim 7 Kasım 2025)
 33. Shirshin, K. V., Kornienko, P. V., & Shalaginova, I. A. (2020). Acrylic compositions for adhesion of poly (methyl metacrylate), poly (met) acrylamides, and polycarbonate. *Polymer Science, Series D*, 13(1), 1-5.
 34. Kumar, R., Kar, K. K., & Kumar, V. (2018). Studies on the effect of compatibilizers on mechanical, thermal and flow properties of polycarbonate/poly (butylene terephthalate) blends. *Materials Research Express*, 5(1), 015306.
 35. Redjala, S., Ait Hocine, N., Ferhoum, R., Gratton, M., Poirot, N., Azem, S. (2020). UV aging effects on polycarbonate properties. *Journal of Failure Analysis and Prevention*, 20(6), 1907–1916.
 36. Geoola, F., Kashti, Y., Levi, A. and Brickman, R. 2004. Quality evaluation of anti-drop properties of greenhouse cladding materials. *Polymer Testing*, 23: 755-761.
 37. Sangpradit, K. 2014. Study of the solar transmissivity of plastic cladding materials and influence of dust and dirt on greenhouse cultivations. *Energy Procedia*, 56: 566-573.
 38. Mariz-Ponte, N., Martins, S., Gonçalves, A., Correia, C.M., Ribeiro, C., Dias, M.C., et al. 2019. The potential use of the UV-A and UV-B to improve tomato quality and preference for consumers. *Sci. Hortic.* 246: 777-784.
 39. Mogharreb, M.M. and Abbaspour-Fard, M.H. 2019. Experimental study on the effect of a novel water injected polycarbonate shading on light transmittance and greenhouse interior conditions. *Energy for Sustainable Development*, 52: 26.
 40. Peretz, M.F., Farhad, G., Yehia, I., Ozer, S., Levi, A., Magadley, E., Brikman, R., Rosenfeld, L., Levy, A., Kacira, M. and Teitel, M. 2019. Testing organic photovoltaic modules for application as greenhouse cover or shading element. *Biosystems Engineering*, 184: 24-36.
 41. Prospector Knowledge Center. (2022, 16 Kasım). An overview of polycarbonate [Polikarbonatın genel özelliklerine dair teknik inceleme]. Erişim adresi: <https://www.unqpc.com/an-overview-of-polycarbonate-prospector-knowledge-center/>
 42. Mintorogo, D.S. 2007. The aquatic-polycarbonate skylight for surabaya indonesia. *DIMENSI J. Archit. Built Environ.*, 35 (1): 100.
 43. Serrano, M.A. and Moreno, J.C. 2020. Spectral transmission of solar radiation by plastic and glass materials. *Journal of Photochemistry & Photobiology*, 208:111894.
 44. Giacomelli, G.A. 1999. Greenhouse glazings: Alternatives under the sun. Department of Bioresource Engineering, Cook College, Rutgers University, New Brunswick, New Jersey.
 45. Çaylı, A., Akyüz, A., Baytorun, A.N., Üstün, Ü. ve Boyacı, S. 2016. Seralarda ısı kaybına neden olan yapısal sorunların termal kamera ile belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, Cilt 19 (1): 5-14.
 46. Emekli, N.Y., Büyüktaş, K. and Başçetinçelik, A. 2016. Changes of the light transmittance of the LDPE films during the service life for greenhouse application. *Journal of Building Engineering*, 6: 126-132.
 47. Chen, H., Ginzburg, V.V., Yang, J., Yang, Y., Liu, W., Huang, Y., Du, L. and Chen, B. 2016. Thermal conductivity of polymer-based composites: fundamentals and applications. *Progress in Polymer Science*, 59: 41-85.

BÖLÜM 6

BİTKİLERDE ABİYOTİK STRES TOLERANSI VE BOR GÜBRELEMESİ

Safiye AŞIKLI¹
Armağan KAYA²

GİRİŞ

Bitkiler yetiştikleri ortamda çevresel değişimlerden büyük ölçüde etkilenirler. Doğada ışık, sıcaklık, su miktarı vb. çevresel koşulların bitkiler için optimumdan sapması bitkiler üzerinde strese yol açar. Bitkilerin bulundukları çevrede büyüme ve gelişmelerini olumsuz yönde etkileyecek her duruma “stres” denir (1).

Stres tarımsal alanlarda bitkilerin verim ve kalitesinde büyük ölçüde kayıplara yol açan ve dolayısı ile bitkisel üretimi sınırlandıran başlıca faktörlerden biridir (2). Bitkiler yaşam döngüleri süresince yetiştikleri alanlarda çok sayıda stres faktörüne çoğunlukla eş zamanlı olarak maruz kalırlar. Çevresel stresler morfolojik, fizyolojik ve metabolik süreçlerinde değişimleri tetikleyerek bitkilerde büyümenin sınırlandırılmasına, ürünlerde nitelik ve nicelik kayıplarına ve bitkilerin ölümlüne yol açabilir. Literatür bilgileri abiyotik streslerin tarımsal üretimde yaklaşık %51 ile %82 arasında ürün kaybına yol açtığını göstermektedir (3). Abiyotik streslerin bitkiler üzerindeki olumsuz etkileri sadece üretim sürecinde değil, hasat sonrası dönemde de sebze ve meyvelerin depolama koşullarına karşı hassasiyetlerini artırarak ve raf ömrünü kısaltarak devam etmektedir (4).

Son yıllarda hızla artan dünya nüfusuna bağlı olarak ortaya çıkan gıda krizinin çözümü tarımsal üretimin verimli bir şekilde sürdürülebilirliği ile yakından ilişkilidir. Bu nedenle değişen ortam koşullarına karşı bitkilerin dayanıklılık mekanizmalarının incelenmesi ve bitki stres toleransını artırabilecek uygulamaların araştırılması bitkisel üretimin sürdürülebilirliği ve dolayısı ile artan nüfusun besin

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, M.R.B. Meslek Yüksekokulu, Tıbbi Aromatik Bitkiler Bölümü, safiye.asikli@alanya.edu.tr ORCID iD:xxxxxxxxxxxxxxxx

² Prof. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Mühendislik Temel Bilimleri Bölümü, armagan.kaya@alanya.edu.tr ORCID iD:xxxxxxxxxxxxxxxx

KAYNAKLAR

1. Yılmaz E, Tuna AL, Bürün B. Bitkilerin Tuz Stresi Etkilerine Karşı Gelistirdikleri Tolerans Stratejileri. *Celal Bayar University Journal of Science*; 2011; 7(1), 47-66.
2. Rao NKS, Laxman, RH, Shivashankara KS. Physiological and morphological responses of horticultural crops to abiotic stresses. In: Rao, N., Shivashankara, K., Laxman, R. (eds) *Abiotic Stress Physiology of Horticultural Crops*. Springer; 2016. New Delhi.
3. Kaçar B, Katkat V, Öztürk Ş. *Bitki Fizyolojisi* (5. Baskı). Nobel Akademi Yayıncılık, Ankara, 2013.
4. Toivonen PM, Hodges DM. Abiotic Stress in Harvested Fruits and Vegetables. In book: *Abiotic Stress in Plants – Mechanisms and Adaptations*; 2011. DOI: 10.5772/22524
5. Çiçek N, Cengil B, Yücedağ C. Bitki besin elementlerinin önemi ve orman fidanlıklarında gübrelemenin rolü. *Theoretical and Applied Forestry*; 2022; 1: 26-32.
6. Kadioğlu A. *Bitki Fizyolojisi*, Esen Ofset, Trabzon; 2007.
7. Kaya A, Doganlar ZB. Melatonin improves the multiple stress tolerance in pepper (*Capsicum annuum*). *Scientia Horticulturae*; 2019; 256, 108509.
8. Rajeswari V, Vijayalakshmi D, Srinivasan S, et al. Physiological and reproductive abrasions in chilli under combined high temperature and water-deficit stress condition. *Plant Physiol.*; 2024; Rep. 29, 88-104.
9. Ibrahim, MEH, Zhu X, Zhou G. et al. Promoting salt tolerance in wheat seedlings by application of nitrogen fertilizer. *Pakistan Journal of Botany*; 2019; 51(6): 1995-2002.
10. Ganguly R, Sarkar A, Dasgupta D, et al. Unravelling the efficient applications of zinc and selenium for mitigation of abiotic stresses in plants. *Agriculture*; 2022; 12, 1551.
11. Ersoy L, Akhoundnejad Y, Dasgan HY et al. The effect of potassium sulphate applications on plant growth and nutrient content of pepper plants grown under high temperature stress. *Akademik Ziraat Dergisi*; 2024; 13(1), 51-64.
12. Kacar B, ve Katkat V. Bitki Besleme. 5. Baskı, Nobel Yayın Dağıtım Tic. Ltd. Şti. Kızılay-Ankara; 2010.
13. Arnon DL, Stout PR. The essentiality of certain elements in minute quantity for plants with special reference to copper. *Plant physiology*; 1939; 14(2), 371.
14. Bergmann W. Nutritional disorders of plants: visual and analytical diagnosis (English, French, Spanish); 1992.
15. Mandal S, Gupta SK, Ghorai M. et al. Retracted article: Plant nutrient dynamics: a growing appreciation for the roles of micronutrients. *Plant Growth Regulation.*; 2023; 100(2), 435-452.
16. Cakmak I. Role of mineral nutrients in tolerance of crop plants to environmental stress factors. In *Proceedings from the international symposium on fertigation-optimizing the utilization of water and nutrients*; 2005. pp. 35-48.
17. Park JW, Melgar JC, Kunta M. Plant nutritional deficiency and its impact on crop production. *Bioactive Molecules in Plant Defense: Signaling in Growth and Stress*; 2019; 231-258.
18. Sharma A, Kumar V, Shahzad B, et al. Photosynthetic response of plants under different abiotic stresses: a review. *Journal of Plant Growth Regulation*; 2020; 39: 509-531.
19. El-Ramady H, Alshaal, T. Elhawat, N. Et al. Plant nutrients and their roles under saline soil conditions. In *Plant nutrients and abiotic stress tolerance*; *Singapore: Springer Singapore*; 2018; pp. 297-324.
20. Sillanpaa M. Micronutrient assessment at the country level: an international study, 1990. No. 63, pp. pp-208.
21. Çakmak İ. Uluslararası Tarımda Bor Sempozyumu Bildiriler Kitabı, s. IV, 16-18 Kasım. 2016.
22. Dridi I, Tlili A, Fatnassi S, et al. Effects of boron distribution on sugar beet crop yield in two Tunisian soils. *Arabian Journal of Geosciences*; 2018; 11(15), 400.
23. Kelling KA. Soil and applied boron. *Understanding Plant Nutrients*, A 2522, 1999.
24. Noreen S, Fatima Z, Ahmad S, et al. Foliar application of micronutrients in mitigating abiotic stress in crop plants. In *Plant nutrients and abiotic stress tolerance*; 2018; pp. 95-117. Singapore: Springer Singapore.

25. Tewari RK, Kumar P, Sharma PN. Morphology and oxidative physiology of boron-deficient mulberry plants. *Tree physiology*; 2010; 30(1), 68-77.
26. Rattan RK, Kumar M, Narwal RP, Singh AP. Soil health and nutritional security–micronutrients. In Proceedings of the platinum jubilee symposium. *Indian Society of Soil Science*, New Delhi; 2009; pp. 249-265.
27. Marschner H. Mineral nutrition of higher plants. *Academic Press, Second Edition*; 1995; 379-396.
28. McCauley A, Jones C, Jacobsen J. Nutrient management. nutrient management module 9 montana state university extension service. Publication; 2009; 4449(9), 1-16.
29. Mengel K, Kirkby EA. Principles of Plant Nutrition, 5th Edn. Rashtriya Printers, Delhi, *First Indian Reprint. Ann. Bot*; 2006; 93, 479-480.
30. Yu X, Liang CY, Chen J, et al. The effects of salinity stress on morphological characteristics, mineral nutrient accumulation and essential oil yield and composition in *Mentha canadensis* L., *Sci Horti-Amsterdam*; 2015; 197, 579–583. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.10.023>.
31. Isayenkov SV, Maathuis FJM. Plant salinity stress: many unanswered questions remain. *Front. Plant Sci.*; 2019; 10, 80. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.00080>.
32. Shabala S, Munns R. Salinity stress: physiological constraints and adaptive mechanisms. *Plant stress physiology*; 2012; 9-93.
33. Kalaji MH, Pietkiewicz S. Salinity effects on plant growth and other physiological processes. *Acta Physiologiae Plantarum*; 1993; 15(2):89-124.
34. Zhu YX, Gong HJ. Beneficial effects of silicon on salt and drought tolerance in plants. *Agron. Sustain.*; 2013; Dev. 34 (2) <https://doi.org/10.1007/s13593-013-0194-1>, 455-4.
35. Liang W, Ma X, Wan P, et al. Plant salt-tolerance mechanism: a review. *Biochem. Bioph. Res.*, 2018.
36. Yang Y, Yao YD, Li J, et al. Trehalose alleviated salt stress in tomato by regulating ros metabolism, photosynthesis, osmolyte synthesis, and trehalose metabolic pathways. *Front. Plant Sci.*; 2022; 13, 772948 <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.772948>.
37. Zhang XX, Shi ZQ, Tian YJ, et al. Salt stress increases content and size of glutenin macropolymers in wheat grain. *Food Chem.*; 2016; 197, 516–521. <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2015.11.008>.
38. Hussain M, Ahmad S, Hussain S, et al. Rice in saline soils: physiology, biochemistry, genetics and management. *Adv Agron* ; 2018; 148:1–60
39. Moreno DA, Carvajal M, Del Carmen Mart Nez Ballesta, MA. Interactive effects of boron and NaCl stress on water and nutrient transport in two broccoli cultivars. *Functional Plant Biology*; 2013; FPB, 40(7), 739-748.
40. Lu K, Yan L, Riaz M, et al. Exogenous boron alleviates salt stress in cotton by maintaining cell wall structure and ion homeostasis. *Plant Physiol. Biochem.*; 2023; 201, 107858.
41. Yousefi, H, Dalir N, Rahnamaie R, et al. The alleviation of salinity-induced stress by using boron in soilless grown rose. *Journal of plant nutrition*; 2020; 43(4), 526-537.
42. Alharby HF, Nahar K, Al-Zahrani HS, et al. Enhancing salt tolerance in soybean by exogenous boron: Intrinsic study of the ascorbate-glutathione and glyoxalase pathways. *Plants*; 2021; 10(10), 2085.
43. Wasaya A, Abbas T, Yasir TA, et al. Mitigating drought stress in sunflower (*Helianthus annuus* L.) through exogenous application of β -aminobutyric acid. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*; 2021; 21(2), 936-948.
44. Akhtar N, Ilyas N, Arshad M, et al. The impact of calcium, potassium, and boron application on the growth and yield characteristics of durum wheat under drought conditions. *Agronomy*; 2022; 12(8), 1917.
45. Capell T, Bassie L, Christou P. Modulation of the polyamine biosynthetic pathway in transgenic rice confers tolerance to drought stress. *Proceedings of the National Academy of Sciences*; 2004; 101(26), 9909-9914.
46. Doğru A. Bitkilerde aktif oksijen türleri ve oksidatif stres. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*; 2020; 3(2), 205-226.

47. Yang X, Lu M, Wang Y, et al. Response mechanism of plants to drought stress. *Horticulturae*; 2021; 7(3), 50.
48. Laddomada B, Blanco A, Mita G, et al. Drought and heat stress impacts on phenolic acids accumulation in durum wheat cultivars. *Foods*; 2021; 10(9), 2142.
49. Calderon-Paez SE, Cueto-Niño YA, Sánchez-Reinoso AD, et al. Foliar boron compounds applications mitigate heat stress caused by high daytime temperatures in rice (*Oryza sativa* L.) Boron mitigates heat stress in rice. *Journal of Plant Nutrition*; 2021; 44(17), 2514–2527.
50. Shehzad MA, Maqsood M, Nawaz F, et al. Boron-induced improvement in physiological, biochemical and growth attributes in sunflower (*Helianthus annuus* L.) exposed to terminal drought stress. *Journal of plant nutrition*; 2018; 41(8), 943-955.
51. Souza Junior PC, Marchiori PER, Hippler FWR, et al. Boron foliar supplementation as a strategy to attenuate drought stress in soybean. *Annals of Applied Biology*; 2023; 183(3), 220-230.
52. Taiz L, Zeiger, E. Bitki Fizyolojisi (3. Baskı), Palme Yayıncılık, Ankara, 2008.
53. Kaya A, Beker Akbulut G, Murathan ZT. *Meslek Yüksekokulları İçin Bitki Fizyolojisi (2. Basım)*, Nobel Akademik Yayıncılık, Ankara, 2022.
54. Chakraborty P, Rajpoot K, Dwivedi P. Optimizing wheat resilience to heat stress via boron-based seed priming: insights from morphological and antioxidant assessments. *Cereal Research Communications*. 2025. <https://doi.org/10.1007/s42976-025-00730-8>.
55. Donbaloğlu Bozca F, Leblebici S. Interactive effect of boric acid and temperature stress on phenological characteristics and antioxidant system in *Helianthus annuus* L. *South African Journal of Botany*; 2022; 147, 391-399.
56. Mishra RK, Mohammad N, Roychoudhury N. Soil pollution: Causes, effects and control. *Van Sangyan*; 2015; 3(1)
57. Shen C, Fu H, Huang B, et al. Physiological and molecular mechanisms of boron in alleviating cadmium toxicity in *Capsicum annuum*, *Science of The Total Environment*; 2023; 903, 166264.
58. Riaz MS, Kamran M, Fang Y, et al. Boron supply alleviates cadmium toxicity in rice (*Oryza sativa* L.) by enhancing cadmium adsorption on cell wall and triggering antioxidant defense system in roots. *Chemosphere*; 2020; 128938.
59. Shireen F, Nawaz MA, Lu J, et al. Application of boron reduces vanadium toxicity by altering the subcellular distribution of vanadium, enhancing boron uptake and enhancing the antioxidant defense system of watermelon. *Ecotoxicology and Environmental Safety*; 2021; 226, 112828

BÖLÜM 7

KONYA KAPALI HAVZASI BÜYÜKBAŞ HAYVAN YETİŞTİRİCİLİĞİ İŞLETMELERİ VE HAYVANCILIK POTANSİYELİ

Samet EĞİLMEZ ¹
Selda UZAL SEYFİ ²

GİRİŞ

İklim değişikliği ve artan nüfus; su kaynakları, ormanlar ve mera alanları üzerindeki baskıyı giderek artırmaktadır. Bu durum, tarımsal üretim ve hayvancılık sektörünü küresel ölçekte olduğu gibi Türkiye'yi de etkilemektedir. Özellikle Konya Kapalı Havzası (KKH); mevcut büyükbaş hayvan varlığı, yem bitkilerine elverişli tarım alanları ve bu sayede yüksek et ve süt üretim potansiyeline rağmen, çeşitli problemlerle karşı karşıyadır. Son yıllarda su kaynaklarının azalması, mera verimliliğinin düşmesi, yem maliyetlerinin artması ve iklim değişikliği, üretim faaliyetlerini olumsuz yönde etkilemektedir. Ancak, ekonomik açıdan havzanın önemli üretim faaliyetlerinden biri olan hayvancılık, tarımsal üretim ve gıda sistemleri içinde stratejik önemini korumaktadır.

Hayvansal ürünler; protein, vitamin ve mineraller sunarak dengeli ve güvenilir beslenmeye katkıda bulunurlar. Et ve süt ürünlerinin insan beslenmesindeki hayati rolünün yanında işleme sanayisi, istihdam ve kırsal kalkınmaya da önemli ölçüde fayda sağlamaktadır.

Konya Kapalı Havzası'nın, hayvancılıkta Türkiye'nin kalbi konumunda olması; bölgede hayvancılık konusunda yapılacak olan uygulamaların hayvancılığın bölgesel ekonomisine etkisinin yanında Ülke ekonomisi, kırsal kalkınma ve ulusal gıda arz güvenliği üzerindeki belirleyici rolü nedeniyle stratejik öneme sahiptir.

¹ Zir. Yük. Müh., Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü, 238143002001@ogr.selcuk.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-2795-5638

² Prof. Dr., Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, seldauzal@selcuk.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-1296-2939

HAYGEM'den alınan verilere göre; KKH'da 714 adet sığırcılık işletmesi ile 156 adet manda yetiştiriciliği işletmesinin bulunduğu belirlenmiştir.

Araştırma alanında; işletme başına düşen ortama sığır varlığı 24 baş iken; manda sayısı ise yaklaşık 10 baş olarak hesaplanmıştır. KKH bölgesinde sığır ve manda yetiştiriciliğinin ortalama hayvan sayısı bakımından küçük aile işletmeleri şeklinde olduğu düşünülse de bölgede yüksek kapasiteli ve süt verimleri oldukça yüksek işletmelerin varlığı da önemli derecede yüksektir. Bu durum KKH'da , aile işletmeleri sayısının oldukça fazla olmasından ve bu nedenle verim parametrelerinin ortalama değerlerinin düşük olmasına neden olmaktadır.

Çalışma sonucunda açığa çıkan öneriler aşağıda sıralanmaktadır.

- **Hayvan yetiştiriciliği işletmelerinde dijital gelişmelerin çalışma bölgesinde yer alan illerde de uygulanması,**
- **Bölgedeki mera alanlarının korunması ve ormanlık alanların içerisinde yer alan meralardan daha çok fayda sağlanması,**
- Manda yetiştiriciliğinin özendirilmesi,
- Hayvan yetiştiriciliğinde istenilen verimlilik düzeyine ulaşılması; bilinçli ve stratejik planlar dahilinde profesyonel olarak yetiştiricilik yapılması ile mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

1. FAO. 2025. *FAOSTAT: Livestock primary*. Food and Agriculture Organization of the United Nations. (10 Ağustos 2025 tarihinde <http://www.fao.org/faostat> adresinden alınmıştır).
2. TÜİK. Hayvancılık istatistikleri, [Online] (08 Ekim 2025 tarihinde <https://www.tuik.gov.tr> adresinden alınmıştır).
3. Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, 2020. Konya Kapalı Havzası Taşkın Yönetim Planı, Ankara. (20 Mayıs 2025 tarihinde, <https://www.tarimorman.gov.tr/SYGM/Belgeler/Ta%C5%9Fk%C4%B1n%20Y%C3%B6netim%20Planlar%C4%B1%2026.12.2022/Konya%20Havzas%C4%B1%20Ta%C5%9Fk%C4%B1n%20Y%C3%B6netim%20Plan%C4%B1.pdf> adresinden alınmıştır).
4. TÜİK, 2025. Çiğ süt üretim istatistikleri, 2024, (4 Mayıs 2025 tarihinde <https://www.tuik.gov.tr> adresinden alınmıştır).
5. Tarım ve Orman Bakanlığı, IV. Tarım Orman Şurası – 6. Grup Hayvansal üretim çalışma belgesi. 6. Çalışma Grubu (04 Kasım 2025 tarihinde <https://sura.tarimorman.gov.tr/Sayfa/Detay/2117> adresinden alınmıştır).
6. HAYGEM, 2025. Hayvancılık Genel Müdürlüğü, İşletme Sayısı Raporu.

BÖLÜM 8

SERA YETİŞTİRİCİLİĞİNDE İŞ SAĞLIĞI VE GÜVENLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİ: ANTALYA ÖRNEĞİ

Hasan ERTOP¹
Atılğan ATILGAN²
Burak SALTUK³

GİRİŞ

Türkiye’de 4857 Sayılı İş Kanunu ile “işçi sağlığı ve iş güvenliği” terimi “iş sağlığı ve güvenliği” olarak değiştirilmiştir. Kanunun gerekçesinde, “işçi sağlığı” teriminin iş kazalarının (örneğin büyük bir patlama) işyeri çevresindeki insanlara zarar verebileceği düşünülerek “iş sağlığı” şeklinde yenilendiği belirtilmektedir (1). 2012 yılında yayınlanan 6331 Sayılı İş Sağlığı ve Güvenliği Kanunu ile de “iş sağlığı ve güvenliği” olarak tanımlanmaya devam edilmiştir. İş sağlığı ve güvenliğinin kapsamlı tanımı, çalışanların işyerinde veya işin gerçekleştirilmesi sırasında oluşabilecek sağlıklarına ve bedensel bütünlüklerine zarar verebilecek tehditlerden korunmasını ve iş kazalarının önlenmesi için gerçekleştirilen uygulamaları kapsamaktadır. İş sağlığı ve güvenliği kavramı için pek çok tanım mevcuttur. Dar bir çerçeveden bakıldığında, iş sağlığı güvenliği, çalışanın sağlık ve güvenliğinin çalışma ortamında ve işe bağlı olarak ortaya çıkabilecek tehlikelere karşı korunması anlamına gelir (2). Daha geniş bir perspektife sahip olduğunda ise, çalışanın sağlık ve güvenliğini olumsuz etkileyebilecek risklere karşı hem çalışma alanında hem de dışında önlemler alınmasını ve tehlikelerden korunmasını ifade eder (1).

Tarım çalışanlarının; sosyal ve ekonomik sıkıntılarının yanında çalışma alan-

¹ Dr., Tarım ve Orman Bakanlığı Yenişarbademli İlçe Müdürlüğü hasanertop@hotmail.com
ORCID iD: 0000-0003-0987-5885

² Prof. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, atilgan.atilgan@alanya.edu.tr ORCID iD: 0000-0003-2391-0317

³ Doç. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, burak.saltuk@alanya.edu.tr ORCID iD: 0000-0001-8673-9372

KAYNAKLAR

1. Kılıç, L. (2011). İş sağlığı ve güvenliği kavramı ve 4857 sayılı kanunu madde 77 kapsamında işverenin yükümlülüğü. *Sicil İş Hukuku Dergisi*, 22, 91-100.
2. Bayılmış, O., & Taş, Y. (2015). Sağlık çalışanlarının iş sağlığı ve güvenliğine yönelik yaklaşımlarının değerlendirilmesi: Sakarya örneği. *İş, Güç Endüstri İlişkileri ve İnsan Kaynakları Dergisi*, 17(1), 89-117.
3. Gönültaş, T., Aytaç, N., & Akbaba, M. (2018). Mevsimlik tarım işçilerinin iş kazası ve işle ilgili hastalık geçirme durumlarının araştırılması. *Sakarya Tıp Dergisi*, 8(1), 117-126. <https://doi.org/10.31832/SMJ.387645>
4. Merisalu, E., Leppälä, J., Jacob, M., & Rautiainen, R. H. (2019). Variation in eurostat and national statistics of accidents in agriculture. *Agronomy Research*, 17(5), 1969-1983. <https://doi.org/10.15159/ar.19.190>
5. Yazkı, B. (2022). Mersin İli Seracılık Sektöründe Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Farkındalığı, Karşılaştıkları Tehlikeler ve Risklerin Saptanması. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
6. Güğçerçin, Ö., & Baytorun, A. N. (2018). Tarımda iş kazaları ve gerekli önlemler. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 33(2), 157-168.
7. Çamurcu, S., & Seyhan, T. G. (2015). Tarım sektöründe iş sağlığı ve güvenliği. *Süleyman Demirel Üniversitesi Mühendislik Bilimleri ve Tasarım Dergisi*, 3(3), 549-552.
8. Yıldırım, C., & Altuntaş, E. (2015). Tokat ilindeki traktör ve tarım makinaları kullanımından kaynaklanan iş kazalarının iş güvenliği açısından değerlendirilmesi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 77 - 90. <https://doi.org/10.13002/jafag814>
9. Erdoğan, H. (2020). İş Sağlığı ve Güvenliği Sınavlarına Hazırlık Konu Kitabı. *Stüdyo Star Ajans Matbaacılık*, Bursa.
10. Gedikli, B., Gürel, A., & Gönenç, İ. G. (2018). Örtüaltı Sektöründe İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberi. *İş Sağlığı ve Güvenliği Araştırma Projesi (İSGAP)*, 202s.
11. Onur, B. (2012). İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Açısından Aydınlatma. (Yüksek Lisans Tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
12. Eldeş, Z. (2022). İş Sağlığı ve Güvenliği Açısından Mevsimlik Tarım İşçilerinde Görülen İş Kazaları ve Meslek Hastalıkları. (Yüksek Lisans Tezi, Tarsus Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü)
13. Anonim (2017). Örtü Altı Çalıştay Raporu, Sağlık Bakanlığı Türkiye Halk Sağlığı Kurumu Mersin Halk Sağlığı Müdürlüğü.
14. Karakaş, K. (2020). Tarım Sektöründe Tütün Yetiştiriciliği Çalışanlarında İş Sağlığı ve Güvenliği; Malatya Örneği. (Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
15. Öz, İ. (2019). Tekstil Sektöründe Termal Konfor, Aydınlatma, Gürültü Ölçümleri ve Alınacak Önlemlerin Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Uşak Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
16. Akpınar, T., & Özyıldırım, K. (2016). Trakya Bölgesi'nde tarımsal faaliyette bulunan çiftçilerin iş sağlığı ve güvenliği açısından değerlendirilmesi. *Çalışma ve Toplum*, 3, 1231-1270.
17. Sert, Ö., & Nazlıoğlu, A. (2016). Tarımda İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberi. *Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı Genel Yayınları*.
18. Şensoy, S., Türkoğlu, N., Çiçek, İ., & Matzarakis, A. (2020). Antalya'nın termal konfor özellikleri, iklim model verileri kullanılarak gelecek projeksiyonları ve turizme etkileri. *Coğrafi Bilimler Dergisi*, 18(2), 124-160. <https://doi.org/10.33688/aucbd.706150>
19. Oğuz, C., & Karakayacı, Z. (2017). Tarım Ekonomisinde Araştırma ve Örneklem Metodolojisi. *Atlas Akademi*, Konya.
20. Tekin, V. N. (2009). SPSS Uygulamalı İstatistik Teknikleri. *Seçkin Yayıncılık*.
21. Aydın, U., Karaca, N. G., Canbey Özgüler, V., & Karaca, E. (2013). İş sağlığı ve güvenliği eğitiminin iş kazaları ve meslek hastalıklarının önlenmesindeki rolü. *Çimento Endüstrisi İşverenleri Sendikası*, 27(4), 24-45.
22. Özel, C. (2020). Tarımda Çalışan Kadın İşçilerin İş Sağlığı ve Güvenliği Konusundaki Bilgi Dü-

- zeylerinin Algı Düzeylerine Etkisi: İzmir Örneği. (Yüksek Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
23. Anonim (2023). Örtü Altı Yetiştiriciliğinde İş Sağlığı ve Güvenliği Rehberi. <https://www.csgb.gov.tr/media/90512/ortu-alti-yetistiriciliginde-is-sagligi-ve-guvenligi-rehberi.pdf> (Son erişim tarihi: 10 Haziran 2023)
 24. Güler, Ç., & Çobanoğlu, Z. (2006). Su kirliliği. In Halk Sağlığı Temel Bilgiler. (pp. 521-537)
 25. Fawell, J., & Nieuwenhuijsen, M. J. (2003). Contaminants in drinking water: Environmental pollution and health. *British medical bulletin*, 68(1), 199-208. <https://doi.org/10.1093/bmb/ldg027>
 26. Sönmez, G., & Çizmecioglu, B. (2007). Su ile bulaşan hastalıklar. *TEB Haberler Dergisi*, 4, 28-32.
 27. Saltuk, B., & Atılğan, A. (2020). Seralarda iş sağlığı ve güvenliği: Siirt ili örneği. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 19, 881-890.
 28. Dijk, D. J., & Czeisler, C. A. (1994). Paradoxical timing of the circadian rhythm of sleep propensity serves to consolidate sleep and wakefulness in humans. *Neurosci Lett*, 166, 63-68.
 29. Mullington, J. M., Haack, M., Toth, M., Serrador, J. M., & Meier-Ewert, H. K. (2009). Cardiovascular, inflammatory, and metabolic consequences of sleep deprivation. *Progress in Cardiovascular Diseases*, 51(4), 294-302. <https://doi.org/10.1016/j.pcad.2008.10.003>
 30. Scheer, F. A., Hilton, M. F., Mantzoros, C. S., & Shea, S. A. (2009). Adverse metabolic and cardiovascular consequences of circadian misalignment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(11), 4453-4458.
 31. Faraut, B., Boudjeltia, K. Z., Vanhamme, L., & Kerkhofs, M. (2012). Immune, inflammatory and cardiovascular consequences of sleep restriction and recovery. *Sleep Med Rev*, 16, 137-149.
 32. Özdemir, P. G., Ökmen, C. A., & Yılmaz, O. (2018). Vardiyalı çalışma bozukluğu ve vardiyalı çalışmanın ruhsal ve bedensel etkileri. *Psikiyatride Güncel Yaklaşımlar*, 10(1), 71-83. <https://doi.org/10.18863/pgy.336513>
 33. Spor, N. Y. (2001). İş Psikolojisi. İşyeri Hekimliği Ders Notları. Türk Tabipler Birliği Yayını.
 34. Koruk, İ. (2010). İhmal edilen bir grup: göçebe mevsimlik tarım işçileri. *Mesleki Sağlık ve Güvenlik Dergisi*, (38), 18-22.
 35. ILO (2000). Safety and Health in Agriculture. Geneva, Switzerland.
 36. Akbulut, T. (1996). İşçi Sağlığı Prensip ve Uygulamaları. Sistem Yayıncılık.
 37. Tüzel, Y., Gül, A., Dasgan, H. Y., Özgür, M., Özçelik, N., Boyacı, H. F., & Ersoy, A. (2005). Örtü altı Yetiştiriciliğinde Gelişmeler. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi. 3-7 Ocak, Ankara, 609-627.
 38. Yılmaz, F. (2010). Türkiye’de iş sağlığı ve güvenliği hizmetleri ve örgütlenmesi: sağlık ve güvenlik birimleri hakkında yönetmeliğin eleştirel bir değerlendirmesi. *Kamu-iş Dergisi*, 11, 89-112.
 39. Hakkören, F., & Kürklü, A. (2007). Sera Planlaması. Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
 40. Emekli, N. Y., Baştuğ, R., & Büyüktaş, K. (2007). Antalya ili Kumluca ilçesindeki seraların mevcut durumu, sorunları ve uygun çözüm önerilerinin geliştirilmesi. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 20(2), 273-288.
 41. Anonim (2016). Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı Modern Seralarda Aranacak Asgari Şartlara Dair Uygulama Talimatı [https://www.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Mevzuat/Talimatlar/BUGEM/Seralarda%20Aranacak%20Asgari%20C5%9Eartlara%20Dair%20Uygulama%20Talimat%C4%B1%202016\(1\).pdf](https://www.tarimorman.gov.tr/Belgeler/Mevzuat/Talimatlar/BUGEM/Seralarda%20Aranacak%20Asgari%20C5%9Eartlara%20Dair%20Uygulama%20Talimat%C4%B1%202016(1).pdf) (Son erişim tarihi: 10 Haziran 2023)
 42. Zabeltitz, C. (1990). Greenhouse construction in function of better climate control. *Acta Horticulturae*, 263, 357-374.
 43. Turhanogulları, Z. (2013). Antalya İlinde Sera İşletmelerinde Çalışma Koşullarının İşçi Sağlığı ve İş Güvenliği Açısından Değerlendirilmesi. (Doktora Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
 44. Monso, E. (2004). Occupational asthma in greenhouse workers. *Current Opinion in Pulmonary Medicine*, 10, 147-150

45. Aktuna, A. (2017). Tarım Sektöründe Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Çerçevesinde Bilgi, Tutum ve Algı Düzeyleri. Tekirdağ Süleymanpaşa Örneği. (Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü)
46. Sakartepe, İ. A. (2016). Seracılık Sektörü Çalışanlarının İş Sağlığı ve Güvenliği Konusundaki Farkındalık ve Tutumlarının İncelenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü)
47. Mert, E. A. (2014). Ergonomik Risk Değerlendirme Yöntemlerinin Karşılaştırılması ve Bir Çanta İmalat Atölyesinde Uygulanması. (İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü)
48. Kır, İ. (2015). Adana ve Mersin Bölgesinde Seracılık Sektöründe Çalışanların Karşılaştığı Ergonomik Risklerin Değerlendirilmesi. (İş Sağlığı ve Güvenliği Uzmanlık Tezi, Çalışma ve Sosyal Güvenlik Bakanlığı, İş Sağlığı ve Güvenliği Genel Müdürlüğü)
49. Akın, N. M., Aydın, F., Yıldız, B., Gündüz, T., & Özalp, T. (2022). Tekrarlı manuel işlerde fizyolojik zorlanmaların değerlendirilmesi ve önlenmesi. *Ergonomi*, 5(1), 43-54. <https://doi.org/10.33439/ergonomi.1036740>
50. Akay, D., Dağdeviren, M., & Kurt, M. (2003). Çalışma duruşlarının ergonomik analizi. *Gazi Üniversitesi Mühendislik Mimarlık Fakültesi Dergisi*, 18(3), 73-84.
51. Kahya, E. (2020). Bir metal sanayi işletmesinde fiziksel zorlanmaların kas iskelet sistemi rahatsızlıklarına etkisi. *Endüstri Mühendisliği Dergisi*, 31(2), 148-158. <https://doi.org/10.46465/endustrimuhendisligi.709339>
52. Özel, E., & Çetik, O. (2010). Mesleki görevlerin ergonomik analizinde kullanılan araçlar ve bir uygulama örneği. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 22, 41-56
53. Kaya, Ö. (2015). Design of work place and ergonomics in garment enterprises. *Procedia Manufacturing*, 3, 6437-6443.
54. Erbek, E., Özyörük, A., & Arslan, Ü. (2018). Bursa İli Gürsu ve Kestel ilçelerindeki meyve üreticilerinin pestisit kullanımına yönelik tutum ve davranışlarının belirlenmesi. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2), 69-76.
55. Erdoğan, O., & Gökdoğan, O. (2017). Nevşehir ilinde patates üreticilerinin bitki koruma uygulamaları. *Derim*, 34(1), 51-60. <https://doi.org/10.16882/derim.2017.305448>
56. Bouvier, G., Blanchard, O., Momas, I., & Seta, N. (2006). Pesticide exposure of non-occupationally exposed subjects compared to some occupational exposure: a French pilot study. *Science of The Total Environment*, 366(1), 74-91.
57. Damalas, C. A., & Eleftherohorinos, I. G. (2011). Pesticide exposure, safety issues, and risk assessment indicators. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 8(5), 1402-1419.
58. Zuskın, E., Schachter, E. N., & Mustajbegovic, J. (1993). Respiratory function in greenhouse workers. *Occupational and Environmental Health*, 64(7), 521-526.
59. Anonim, 2024. Çalışanların İş Sağlığı ve Güvenliği Eğitimlerinin Usul ve Esasları Hakkında Yönetmeliği, <https://www.mevzuat.gov.tr/mevzuat?MevzuatNo=18371&MevzuatTur=7&MevzuatTertip=5>, (Son erişim tarihi: 10 Haziran 2023).
60. Tiyek, R. (2014). Oryantasyon eğitim programı etkinliğinin değerlendirilmesi: bir araştırma. *Çankırı Karatekin Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 5(1), 335-353.

BÖLÜM 9

AKILLI SERA TEKNOLOJİLERİ VE ÖNEMİ

Esra KUTLU SEZER¹
Çağlar Özkan SEZER²

GİRİŞ

Dünya genelinde hızla artan nüfus, iklim değişikliği, su kıtlığı ve tarım alanlarının daralması, tarımsal üretim sistemlerinin yeniden tanımlanmasını zorunlu hale getirmiştir. Geleneksel tarım yöntemleri hem çevresel hem de ekonomik açıdan sürdürülebilirliğini yitirmekte; bu durum, üretimde dijitalleşme ve teknolojik dönüşüm ihtiyacını gündeme getirmektedir. Bu bağlamda akıllı sera teknolojileri, tarımsal üretimde kaynak verimliliğini artıran, iklim koşullarına bağımlılığı azaltan ve üretim süreçlerini otomasyonla optimize eden bir çözüm olarak öne çıkmaktadır (1).

Akıllı seralar; sensörler, nesnelerin interneti (IoT), yapay zekâ (AI), robotik sistemler ve veri analitiği gibi ileri teknolojilerin entegre biçimde kullanıldığı kontrollü tarım ortamlarıdır. Bu seralarda sıcaklık, nem, ışık yoğunluğu, CO₂ seviyesi, toprak nemi ve besin çözeltileri sürekli olarak izlenir ve bu veriler ışığında otomatik düzenlemeler yapılır (2). Böylelikle, bitkilerin fizyolojik gereksinimlerine en uygun mikroklima koşulları oluşturularak maksimum verim, minimum kaynak kullanımıyla sağlanır.

Son yıllarda hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerde akıllı sera teknolojilerine yönelik yatırımlar önemli ölçüde artmıştır. Avrupa Birliği'nin "Dijital Tarım 2030" vizyonu, ABD'nin "Precision Agriculture Initiative" programı ve Asya'da Çin ile Güney Kore'nin akıllı sera projeleri, bu dönüşümün küresel ölçekteki örnekleridir. Türkiye'de ise Tarım ve Orman Bakanlığı'nın

¹ Dr., Ana-Kent Planlama Yapı Yatırım Teknoloji Danışmanlık Turizm Enerji Sanayi ve Ticaret Anonim Şirketi esrakutlu44@gmail.com ORCID iD: 0000-0002-6039-2304

² Dr. Öğr. Üyesi, Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Biyosistem, Mühendisliği Bölümü caglarsezzerziraat@gmail.com, ORCID iD:0000-0003-3817-2396

SONUÇ VE ÖNERİLER

Akıllı seracılık, tarım sektöründe verimlilik, enerji yönetimi ve sürdürülebilirlik açısından önemli bir dönüşüm yaratmaktadır. Birinci bölümde ele alınan giriş ve problem tanımı, günümüz tarımının karşılaştığı sınırlılıkları ve bitkisel atık potansiyeli yüksek organik yan ürünlerin değerlendirilmesinin önemini ortaya koymaktadır. İkinci ve üçüncü bölümlerde, dijital tarım ve sensör teknolojileri ile tarımsal üretimde verimlilik artırıcı yöntemler detaylandırılmış, özellikle iklim koşullarına duyarlı üretim yönetimi ve hassas sulama sistemlerinin rolü vurgulanmıştır. Akıllı seracılığın temel bileşenleri ve otomasyon sistemlerini açıklayarak, modern seralarda kullanılan havalandırma, karbondioksit yönetimi, ışık ve enerji kontrolü gibi uygulamaların üretim kalitesine etkisini ortaya koymuştur. Beşinci bölümde ise verimlilik, enerji yönetimi ve sürdürülebilirlik alt başlıkları altında, enerji verimliliğini artıran teknolojiler, yenilenebilir enerji kullanımı ve çevresel sürdürülebilirlik uygulamaları ele alınmıştır.

Altıncı bölümde ise Türkiye ve dünyada uygulama örnekleri incelenmiş, yerel ve küresel düzeyde başarılı akıllı sera uygulamaları karşılaştırılmıştır. Bu karşılaştırma hem yerel hem küresel deneyimlerin bir araya getirilmesiyle akıllı seracılığın verimli ve sürdürülebilir bir şekilde yaygınlaşmasını desteklemektedir.

Genel olarak, akıllı seracılık yalnızca üretim verimliliğini artırmakla kalmayıp, enerji tasarrufu ve çevresel sürdürülebilirliği de destekleyen bir tarım modelini temsil etmektedir. Gelecek perspektifinde, yapay zekâ, robotik otomasyon ve veri analitiği uygulamalarının daha yaygın hale gelmesi, tarımsal üretim süreçlerinin daha hassas, ekonomik ve çevre dostu olmasını sağlayacaktır. Ayrıca, yerel ve küresel deneyimlerin entegre edilmesi, Türkiye’de akıllı seracılığın ölçeklenebilirliğini artıracak ve modern tarımın uzun vadeli sürdürülebilirliğine katkı sağlayacaktır.

Sonuç olarak, akıllı seracılık hem bilimsel hem de pratik açıdan tarımın geleceğini şekillendiren bir model olarak ortaya çıkmakta ve gelecekteki tarımsal üretim stratejileri için bir referans noktası oluşturmaktadır.

KAYNAKLAR

1. Kumar, A., Dubey, S. K., Sendhil, R., Mishra, A. K., Sah, U., Suna, T., & Chand, R. (2022). Smart and sustainable food production technologies. In *Smart and Sustainable Food Technologies* (pp. 3-24). Singapore: Springer Nature
2. Singapore. Wei, Y., & Zhang, X. (2021). Data-Driven Approaches. *Data-driven Analytics for Sustainable Buildings and Cities: From Theory to Application*,
3. TAGEM. Tarım Makineleri ve Teknolojileri, Sektör Politika Belgesi 2023-2027.
4. Patil, N. V., Wadd, N. V., Thorat, S. S., & Upadhye, S. S. (2020). Microspheres: A novel drug delivery system. *Am. J. PharmTech Res*, 10(02), 286-301..

5. FAO. 2021. The State of Food and Agriculture 2021. Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses. Rome,FAO. 978-92-5-134329-6
6. Li, Y., Nie, J., & Chao, X. (2020). Do we really need deep CNN for plant diseases identification?. *Computers and Electronics in Agriculture*, 178, 105803.
7. Wang, H., Zhang, Y., Zhang, Y., McDaniel, M. D., Sun, L., Su, W., ... & Xiao, X. (2020). Water-saving irrigation is a 'win-win' management strategy in rice paddies–With both reduced greenhouse gas emissions and enhanced water use efficiency. *Agricultural Water Management*, 228, 105889.
8. Patil, S. S., & Thorat, S. A. (2016, August). Early detection of grapes diseases using machine learning and IoT. In 2016 second international conference on Cognitive Computing and Information Processing (CCIP) (pp. 1-5). IEEE.
9. FAO, 2020. The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Asche, F, Bjørndal, T., 2011. The Economics of Salmon Aquaculture, Second edition. John Wiley & Sons.
10. Khoshnevisan, B., Duan, N., Tsapekos, P., Awasthi, M. K., Liu, Z., Mohammadi, A., ... & Liu, H. (2021). A critical review on livestock manure biorefinery technologies: Sustainability, challenges, and future perspectives. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 135, 110033.

BÖLÜM 10

YAPAY ZEKA KULLANIMININ ÖNEMİ: ATIK YÖNETİMİ ÖRNEĞİ¹

Atılğan ATILGAN²
Fatma YOKUŞ³

GİRİŞ

Atık, üretim ve tüketim faaliyetleri sonucunda oluşan, fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleriyle alıcı ortamların doğal yapısını ve kullanım özelliklerini değiştirebilen, doğrudan veya dolaylı olarak zarara neden olabilen sıvı, katı ve gaz hâlindeki maddeler ile atık enerji türleridir (1).

Atık yönetimi, atığın oluşumunun önlenmesi, kaynağında azaltılması, yeniden kullanılması, özelliğine ve türüne göre ayrılması, biriktirilmesi, toplanması, geçici depolanması, taşınması, ara depolanması, geri dönüşümü, enerji geri kazanımı dâhil geri kazanılması, bertarafı, bertaraf işlemleri sonrası izlenmesi, kontrolü ve denetimi olarak ifade edilir (2). Modern toplumlarda nüfusun, tüketim alışkanlıklarının ve sanayileşmenin hızla artışı ile birlikte atık miktarı da çok hızlı bir şekilde artmasına neden olmaktadır. Bu sebeple çevresel sorunlar çoğalmakta ve doğal kaynaklar tükenmeye başlamaktadır. (3).

Dünya Bankasına 2020 yılı verilerine göre dünyada yılda 2,01 milyar ton kentsel atık oluşmaktadır. Bu atıkların en az %33'ü çevresel yönden güvenli bir biçimde bertaraf edilmemektedir. Acil önlemler alınmadığı takdirde bu miktarın 2050 yılına kadar %56 oranında artarak 3,8 milyar tona ulaşması beklenmektedir (4).

Atık yönetiminin başarılı olabilmesi için toplumda farkındalığın artırılması, çevre dostu alışkanlıkların teşvik edilmesi, etkin bir atık yönetimi sisteminin geliştirilmesi gerekmektedir. Bireylerin geri dönüşüm kutularını etkin kullanması, atık yönetim stratejilerinin başarısını artırırken, şirketler de sürdürülebilir politi-

¹ Bu makale bildiri özeti olarak daha önce uluslararası kongrede sunulmuştur.

² Prof. Dr., Alanya Alaaddin Keykubat Üniversitesi, Rafet Kayış Mühendislik Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği Bölümü, atilgan.atilgan@alanya.edu.tr, ORCID iD: 0000-0003-2391-0317

³ Milli Eğitim Bakanlığı, Yenilik ve Eğitim Teknolojileri Genel Müdürlüğü, fatmayokusdayan@gmail.com, ORCID iD: 0009-0006-1437-2114

yönetimindeki bu yenilikçi uygulamaları, yalnızca çevreyi korumakla kalmaz; toplumun refahını artıran, ekonomik kazanç sağlayan ve daha yaşanabilir bir dünya için güçlü bir temel sunar.

Ancak altyapı eksikliği, veri güvenliği kaygıları ve maliyet unsurları gibi zorluklar YZ'nin daha geniş bir çapta kullanılmasını engellemektedir. Gelecekte, YZ ile desteklenen atık yönetimi uygulamalarının daha yaygın hale gelmesiyle, döngüsel ekonomi prensiplerinin daha etkin bir biçimde uygulanabileceği öngörülmektedir. Bu sayede, çevre dostu politikalar güçlenirken, doğal kaynakların korunmasına yönelik daha kapsamlı stratejiler geliştirilebilecektir. Bu doğrultuda ileride gerçekleştirilecek çalışmaların YZ destekli atık yönetimi modellerinin farklı şehirlerde uygulanabilirliği ve veri altyapısının sistem performansına olan etkisini daha derinlemesine ele alınması öngörülmektedir. Ayrıca, YZ temelli süreçlerin toplum tarafından benimsenme düzeyi ile kullanıcı davranışları üzerindeki etkilerinin incelenmesi, sürdürülebilir atık yönetimi politikalarının daha etkin bir şekilde oluşturulmasına önemli ölçüde katkı sağlayacaktır.

Teknolojinin gücünü doğru şekilde kullanmak, sürdürülebilir bir gelecek için hepimizin sorumluluğudur. Dolayısıyla atıklarımızı birlikte azaltabilir, çevremizi koruyabilir ve daha temiz bir dünyayı inşa edebiliriz.

KAYNAKLAR

1. Ünal, E., Duygulu, F. ve Bolat, E. Z., 1998. İmar Terimleri. Türkiye ve Orta Doğu Amme İdaresi Enstitüsü: 288, Yerel Yönetimler Araştırma ve Eğitim Merkezi: 3, Kentsel Hizmetler Dizisi: 3, Yorum Matbaası, Ankara.
2. Anonim. (2023a). *Atık yönetimi tanımları ve süreçleri*. Ankara: Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Yayınları. <https://webdosya.csb.gov.tr/db/bilecik/webmenu/webmenu14879.pdf> (Son erişim tarihi: 20.07.2025)
3. Bilbay, Ö.F. & Karaca, E. (2025). İklim Krizi ve Katı Atık Yönetimi, Kent Akademisi Dergisi, 18(3):1596-1618. <https://doi.org/10.35674/kent.1534146>
4. Eren, Z. ve Taşarsu, N. (2023). Katı Atıkların Geri Dönüşümü İçin Depozito İade Sisteminin Önemi: Kızılcahamam Pilot Uygulaması Örneği, Çevre, İklim Sürdürülebilirlik, 24(2) 65-74.
5. Şimşek, Ş. E. (2024). Dijital Teknolojilerin Gücüyle Sürdürülebilirlik: Döngüsel Ekonomi Kapsamında Sıfır Atık Uygulama Önerisi <https://doi.org/10.58767/joinbat.1481797>
6. Öztemel, E. (2020). Yapay zekâ ve insanlığın geleceği. Bilişim teknolojileri ve iletişim: Birey ve toplum güvenliği, 95-112.
7. Çavuşoğlu, B. B. , Badem, H. (2025). Transfer öğrenme kullanılarak geri dönüşüm atıklarının sınıflandırılması <https://doi.org/10.28948/ngumuh.1504730>
8. Özcan, T. (2022). Nesnelerin interneti özellikli sensörlerin akıllı atık yönetimine katkısı. Yapı Bilgi Modelleme, 4(1), 14-22.
9. Cihan, P. (2023). "Artificial Intelligence and Sustainability." ICCAR All Sciences Proceedings. 1st International Conference on Contemporary Academic Research 17-19 May 2023 Konya/ Turkey
10. Salur, M. U., Elmas, N., Koçak, A. N., Kaymaz, M. (2024). Derin Öğrenme ile Çevresel Atıkların Sınıflandırılmasına Dayalı Akıllı Çöp Konteyneri Tasarımı ve Prototipinin Geliştirilmesi. Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11 (24), 547-563.

11. Oyucu, S., Herdem, M. S. (2024). Hibrit Derin Öğrenme Algoritmaları Kullanılarak Biyogaz Reform Süreçlerinin Optimizasyonu: CNN-LSTM Modeli ile Çıktı Parametrelerinin Tahmini. Adıyaman Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, 11(23), 4-5.
12. Polat, M. (2024). *Yapay zeka tabanlı teknolojilerin BM Sürdürülebilir Kalkınma Hedeflerine katkıları* <https://doi.org/10.47243/jos.2627>
13. Aksel, H., & Cetiner, İ. (2021). Yapım sürecinde atık yönetimi: yapım sürecinde atık yönetiminin sistem yaklaşımıyla ele alınması. Journal of Architectural Sciences and Applications, 6(1), 206-226.
14. Anonim. (2015a). Atık Yönetimi Yönetmeliği , T.C. Resmi Gazete, 29314, 2 Nisan 2015
15. Sayın, A. A., Yerli, A. (2020). Evsel atıklarda geri dönüşüm farkındalığı ve ekonomiye katkısının incelenmesi. OPUS International Journal of Society Researches, 16(29), 1849-1874
16. Gündüzalp, A. A., & Güven, S. (2016). Atık, çeşitleri, atık yönetimi, geri dönüşüm ve tüketici: Çankaya belediyesi ve semt tüketicileri örneği. Hacettepe Üniversitesi Sosyolojik Araştırmalar E-Dergisi, 9(1), 1-19.
17. Gezer, N., & Işıldar, G. Y. (2017). Ankara İlindeki KOBİ'lerde Endüstriyel Atık Yönetimi. Ankara Üniversitesi SBF Dergisi, 72(2), 355-375.
18. Gün, B. Ş., & Balbay, Ş. (2025). Türkiye'de Sanayi Atıkları ve Karakterizasyon Yöntemleri. Çevre Şehir ve İklim Dergisi, (7), 82-105.
19. Anonim. (2025d). *Endüstriyel Atık Nedir?*. <https://bavvey.com/endustriyel-atik-nedir/> (Son erişim tarihi: 20.07.2025)
20. Özgen, I. (2005). Büyük Ölçekli Otel İşletmelerinde Atık Yönetimi ve İber Otel Sarıgerme Park Örneği, Doktora Tezi, Dokuz Eylül Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü, İzmir
21. Chandak, S. P., Chari, K. R., Memon, M. A. (2015). Converting waste agricultural biomass into energy: Experiences and lessons learnt from a capacity building and technology demonstration project in India. Journal of the Japan Institute of Energy, 94(10), 1129-1147.
22. Karaman, A. (2023). Malatya İli Tehlikeli Katı Atık Yönetimi, Yüksek Lisans Tezi, Fırat Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ocak 2023, Elazığ.
23. Anonim. (2017). Tıbbi Atıkların Kontrolü Yönetmeliği, 2017.Resmi Gazete. Sayı:29959, Yayın Tarihi: 25.01.2017.
24. Aydın, Ç. Y., Kiraz, E. D. E. (2017). Elektronik atıklar ve çevre sağlığı. Adnan Menderes Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Dergisi, 1 (1), 39-52.
25. Anonim. (2025e). *Differences between organic and inorganic waste*. <https://atlasdisposal.com/differences-between-organic-and-inorganic-waste/> (Son erişim tarihi: 20.07.2025)
26. Aydın, G. E. (2024). Sıfır Atık Yönetiminde Araç Rotalama Optimizasyonu: İstanbul İlinde Bir Uygulama, Yüksek Lisans Tezi, Haliç Üniversitesi Lisans Üstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul
27. Anonim, (2015b). Kompost Tebliği, 2015. Resmi Gazete. Sayı: 29286, Yayın Tarihi: 05.03.2015.
28. Çalışkan, Y. (2013). *Organik madde içeren katı atıkların enerji üretimi amacıyla anaerobik kompostlaştırılması*, Yüksek Lisans Tezi, Gebze Yüksek Teknoloji Enstitüsü, KOCAELİ
29. Çerçioğlu, M. (2019). Sürdürülebilir atık yönetiminde sera atıklarının kompost olarak değerlendirilmesi. Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 33(1), 167-178.
30. Anonim, (2025a). Inorganic Waste Management and Recycling <https://library.fiveable.me/inorganic-chemistry-ii/unit-12/inorganic-waste-management-recycling/study-guide/ntAKx-BpcYhCgx80w> (Son erişim tarihi: 20.07.2025)
31. Anonim. (2025b). *Geri dönüşüm*. https://uludag.edu.tr/dosyalar/atikyonetimi/geri_donusum.pdf (Son erişim tarihi: 20.07.2025)
32. Anonim. (2025c). *Biyobozunur atık*. <https://envico.com.tr/biyobozunur-atik/> (Son erişim tarihi: 20.07.2025)
33. Anonim. (2023c). *Geri dönüştürülemeyen atıklar*. <https://www.burkasan.com/tr/blogs/geri-donusturulemeyen-atiklar/> (Son erişim tarihi: 20.07.2025)
34. Anonim. (2023d). *Neler geri dönüştürülemez?* <https://gekader.org.tr/neler-geri-donusturulemez/> (Son erişim tarihi: 20.07.2025)
35. Avcı, S. (2024a). Organik Atık Yönetimi ve Kompost Üretim Süreçlerinin İncelenmesi, Yüksek

Lisans Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, ADANA

36. Fercoq, A., Lamouri, S. ve Carbone, V. (2016). "Lean/Green Integration Focused on Waste Reduction Techniques" *Journal of Cleaner Production*, 137, 567-578.
37. Shakour, R. R. "Atık Yönetiminde Karar Verme Teorileri Kullanılarak Sürdürülebilirliğin Çevresel ve Ekonomik Boyutlarının Çncelenmesi", Yüksek Lisans Tezi, Karabük Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Karabük
38. Batty, M., Axhausen, K. W., Giannotti, F., Pozdnoukhov, A., Bazzani, A., Wachowicz, M., Ouzounis, G., & Portugali, Y. (2012). Smart cities of the future. *The European Physical Journal Special Topics*, 214(1), 481-518.
39. Vishnu, S., Ramson, S.R.J., Senith, S., Anagnostopoulos, T., Abu-Mahfouz, A.M., Fan, Z., Srinivasan, S.; Kirubaraj, 2021. A.A. IoT-Enabled Solid Waste Management in Smart Cities. *Smart Cities* 4, 1004–1017.
40. Anonim. (2024a). İki ucu keskin kılıç: Yapay zeka çevre krizinin çözümü mü, parçası mı? <https://kriterdergi.com/dosya-cevre/iki-ucu-keskin-kilic-yapay-zek-cevre-krizinin-cozumu-mu-parcasi-mi> (Son erişim tarihi: 20.07.2025)
41. Özmen, M. (2021). Akıllı şehirlerde çöp toplama sisteminin genetik algoritma ile eniyilemesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Kültür Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, İstanbul
42. Pasandi, F. B. (2024). Creative Organic Smart Spaces and Communities: Leveraging Technology to Fight Socio-Environmental Impacts.
43. Zeybek, M., Yılmaz, E. N. (2019). Nesnelerin İnterneti: Risk Temelli Yaklaşım. *Denetışim Dergisi*, 9(19).
44. Anonim. (2024d). Başakşehir. In *Wikipedia, The Free Encyclopedia*. Retrieved July 23, 2025, from AKILLI ÇÖP TOPLAMA SİSTEMİ (Son erişim tarihi: 20.07.2025)
45. Avcı, E. (2024b). Akıllı Şehirler için Üretken Yapay Zeka Kavramsal Çerçevesi, *Kent Akademisi Dergisi*, 17(5):1654-1675.
46. Anonim. (2023b). Akıllı Atık Toplama Sistemi <https://www.roltek.com.tr/blog/akilli-atik-toplama-sistemi/> (Son erişim tarihi: 20.07.2025)
47. Anonim. (2024c). AI takes on trash: Transforming landfills for a sustainable future. <https://www.forbes.com/sites/ganeskesari/2024/09/30/ai-takes-on-trash-transforming-landfills-for-a-sustainable-future/> (Son erişim tarihi: 20.07.2025)
48. Fuqaha, S., Nursetiawan, N. (2025). Artificial Intelligence and IoT for Smart Waste Management: Challenges, Opportunities, and Future Directions. *Journal of Future Artificial Intelligence and Technologies*, 2(1), 24-46.
49. Anonim. (2025f). Yapay zeka atıkları azaltmak ve geri dönüşümü artırmak için nasıl kullanılabilir? <https://www.bbc.com/turkce/articles/cn0k40m2ndjo> (Son erişim tarihi: 20.07.2025)
50. Ayçiçek, E. (2024, Aralık 25). EMAYER'in Loopbot teknolojisi plastik, metal ve kağıt atıkları yüksek doğrulukla ayrıştırıyor. *Ulutek Teknopark Haber* <https://ulutek.com.tr/ulutek-firmasi-emayerden-cevre-dostu-yapay-zeka-teknolojisi> (Son erişim tarihi: 20.07.2025)
51. Varhan, O. (2024). Türk Savunma ve Havacılık Sanayiinde Döngüsel Ekonomi ve Ürün Yaşam Döngüsü Yönetimi: Yapay Zekâ Destekli Uygulama Örnekleri. *Ege Üniversitesi Ulaştırma Yönetimi Araştırmaları Dergisi*, 1(1), 35-59.
52. Bhambri, P., Rani, S., Dhanoa, I. S., ve Tran, T. A. (2024). 14 Environmental Impacts. AI-Driven Digital Twin and Industry 4.0: A Conceptual Framework with Applications, 221
53. El Hassani, A., El Mazgualdi, C., Masrour, T. (2019). Artificial Intelligence and Machine Learning to Predict and Improve Efficiency in Manufacturing Industry. <https://arxiv.org/pdf/1901.02256> (Son erişim tarihi: 20.07.2025)
54. Bernat, K. (2023). Post-consumer plastic waste management: From collection and sortation to mechanical recycling. *Energies*, 16(8), 3504.
55. İnkaya, H. K., Haldenbilen, S., Polat, O. (2024). Akıllı çöp konteynerleri ile değişken ağ yapısına sahip çöp rotalama optimizasyonu. *Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 30(3), 472–482. <https://dergipark.org.tr/tr/pub/pajes/issue/88220/1591282>
56. Rahman, M. W., Islam, R., Hasan, A., Bithi, N. I., Hasan, M. M., Rahman, M. M. (2022). Intel-

- ligent waste management system using deep learning with IoT. Journal of King Saud University-Computer and Information Sciences, 34(5), 2072-2087.
57. **Chowdhury, T. A., Sinthiya, N. J., Shanta, S. M. S. H., Hasan, M. T., Habib, M., Rahman, R. M.** (2022). *Object detection based management system of solid waste using artificial intelligence techniques*.
 58. Fang, B., Yu, J., Chen, Z., Osman, A. I., Farghali, M., Ihara, I., Yap, P. S. (2023). Artificial intelligence for waste management in smart cities: a review. Environmental Chemistry Letters, 21(4), 1959-1989.

BÖLÜM 11

DRENAJ DAN DÖNEN SULARIN TARIMSAL SULAMADA YENİDEN KULLANIMI

Sertan SESVEREN¹

GİRİŞ

Küresel ölçekte su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi, son on yıllarda hem çevresel hem de sosyoekonomik açıdan en kritik konulardan biri haline gelmiştir. Nüfus artışı, iklim değişikliği, kentleşme ve sanayileşme süreçleri, özellikle tatlı su kaynakları üzerindeki baskıyı artırmaktadır [1]. Dünya genelinde mevcut tatlı su kaynaklarının yaklaşık %70'inin tarımsal sulamada kullanıldığı bilinmektedir [2]. Bu durum, tarım sektörünün su tüketiminde belirleyici bir paya sahip olduğunu ve suyun etkin yönetiminin tarımsal sürdürülebilirlik açısından stratejik bir öneme sahip olduğunu göstermektedir. Tarımsal sulamada kullanılan sulama sularından istenilen verimin alınabilmesi için, uygun sulama ve drenaj yöntemlerini içeren projelendirme, yapım süreci ve etkin bir su yönetimi gereklidir. Ülkemizde kullanılabilir yerüstü su kaynaklarının (54 milyar m³), büyük bir kısmı (yaklaşık %74) tarımsal sulamada kullanıldığı ve ülkemizdeki sulama sistemlerinin %80'inin vahşi sulama olarak da adlandırılan yüzey sulama yöntemlerinden oluştuğu düşünüldüğünde, su kaynaklarının korunmasında, tarımsal sulama ve sulama yöntemlerinin önemi görülmektedir [7].

Tarımsal üretim süreçlerinde sulama, verimliliği artıran temel uygulamalardan biridir. Tarımın diğer sektörlerinde olduğu gibi, üretim aşamasında sulama sektöründe de çeşitli sorunlar ortaya çıkmaktadır. Bu sorunların temel nedeni, toprak-bitki-su ilişkileri arasındaki ortaya çıkan dengesizliktir. Üreticilerin ne zaman, ne kadar ve hangi yöntemle sulama suyu uygulamasının yapılacağı konusunda yeterli bilgi ve deneyime sahip olmamaları, yanlış sulama uygulamalarına yol açmaktadır. Fazla sulama, toprağın suya doymun hale gelmesine, bitki kök böl-

¹ Doç. Dr., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, sesveren@ksu.edu.tr ORCID iD: 0000-0002-5163-7066

Teknolojik gelişmeler, dijital izleme sistemleri ve doğa temelli çözümler sayesinde, bu kaynakların daha güvenli, ekonomik ve çevre dostu biçimde değerlendirilmesi mümkün hale gelecektir. Ancak bunun için yalnızca mühendislik çözümleri değil; politik irade, ekonomik teşvik ve toplumsal katılım unsurlarını içeren bütüncül bir yaklaşım gereklidir. Geleceğin tarımsal su yönetiminde; drenaj suyu artık bir atık değil geri kazanılabilir, yönetilebilir ve değerli bir kaynak olarak görülmelidir.

Sonuç olarak drenajdan dönen suların yeniden kullanımı, doğru yönetildiğinde su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımına yönelik stratejik bir fırsat sunmakta ve tarım sektöründe iklim değişikliğine uyum çabalarını desteklemektedir. Gelecekte yapılacak çalışmaların, arıtma teknolojilerinin geliştirilmesi, su kalitesinin iyileştirilmesi ve çiftçi uygulamalarının optimize edilmesine odaklanması, bu yaklaşımın daha geniş ölçekte uygulanabilirliğini artıracaktır.

KAYNAKLAR

1. FAO. (2021). *The state of the world's land and water resources for food and agriculture*. Rome.
2. WWAP (World Water Assessment Programme). (2020). *The United Nations World Water Development Report 2020: Water and climate change*. UNESCO.
3. Tanji, K. K., & Kielen, N. C. (2002). *Agricultural drainage water management in arid and semi-arid areas* (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 61). FAO.
4. Qadir, M., Sharma, B. R., Bruggeman, A., & McCornick, P. G. (2010). Non-conventional water resources and opportunities for water augmentation. *Agricultural Water Management*, 98, 155–166.
5. Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1989). *Water quality for agriculture* (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 29, Rev. 1). FAO.
6. Cetin, M. (2020). Agricultural water use. In N. B. Harmancioglu & D. Altinbilek (Eds.), *Water resources of Turkey* (Vol. 2, pp. 257–302). Springer.
7. DSİ. (2023). *Türkiye'de sulama ve drenaj sistemlerinin durumu raporu*. Ankara.
8. Ayars, J. E., Christen, E. W., Soppe, R. W., & Meyer, W. S. (2015). The resource potential of drainage water reuse for irrigation: A review. *Agricultural Water Management*, 158, 84–98.
9. Rhoades, J. D., Kandiah, A., & Mashali, A. M. (1992). *The use of saline waters for crop production* (FAO Irrigation and Drainage Paper No. 48). FAO.
10. Skaggs, R. W., & van Schilfhaarde, J. (1999). *Agricultural drainage*. ASA-CSSA-SSSA.
11. Döll, P., Kaspar, F., & Alcamo, J. (1999). Computation of global water availability and water use at the scale of large drainage basins. *Mathematische Geologie*, 4, 111–118.
12. Hill, R. W. (1994). *Consumptive use of irrigated crops in Utah* (Research Report 145, pp. 121–126). Utah Agricultural Experiment Station.
13. Minhas, P. S., Ramos, T. B., Ben-Gal, A., & Pereira, L. S. (2020). Coping with salinity in irrigated agriculture: Crop evapotranspiration and water management issues. *Agricultural Water Management*, 227, 105832. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.105832>
14. Grattan, S. R., Oster, J. D., Letey, J., & Kaffka, S. R. (2014). Drainage water reuse: Concepts, practices and potential crops. In A. C. Chang & D. Brawer Silva (Eds.), *Salinity and drainage in San Joaquin Valley, California* (pp. 277–302). Springer.
15. Hanson, B. R., & Ayars, J. E. (2002). Strategies for reducing subsurface drainage in irrigated agriculture through improved irrigation. *Irrigation and Drainage Systems*, 16, 261–277.
16. Ayers, R. S., & Westcot, D. W. (1985). *Water quality for agriculture* (Vol. 29, p. 174). FAO.

17. Beltran, J. M. (1999). *Irrigation with saline water: Benefits and environmental impact*. FAO.
18. Çiftçi, N., Kara, M., Yılmaz, M., & Uğurlu, N. (1995). Konya ovasında drenaj suları ile sulanan arazilerde tuzluluk ve sodyumluluk sorunları. In 5. *Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri* (pp. 471–481). Antalya.
19. Yurtseven, E., Koç, C., & Sönmez, B. (2018). Konya Havzası drenaj sularının sulamada yeniden kullanım olanakları. *Selçuk Tarım Bilimleri Dergisi*, 2(1), 22–31.
20. Berekatoğlu, K., & Bahçeci, İ. (2004). *Harran Ovası drenaj kanal sularının sulamada kullanılması ve toprak tuzluluğuna etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi.
21. Kaya, M., & Gürsoy, S. (2021). Harran Ovası drenaj sularının kalite analizi. *Toprak ve Su Dergisi*, 10(2), 95–108.
22. Şener, S., Şener, E., & Davra, A. (2017). Evaluation of water quality using the water quality index (WQI) method and GIS in Aksu River (SW-Turkey). *Science of the Total Environment*, 584, 131–144.
23. Gabr, M. E. (2018). Wastewater reuse standards for agriculture irrigation in Egypt. In 21st *International Water Technology Conference* (pp. 28–30).
24. Abdel-Shafy, H. I., & Aly, R. O. (2002). Wastewater reuse in Egypt: Opportunities and challenges. *Environmental Management Journal*, 30(4), 487–495.
25. Hussein, A. H. (2018). Study and evaluation of drainage water quality for the Upper Al_Masab Al_Aam channel. *Journal of University of Babylon for Engineering Sciences*, 26(9), 318–333.
26. Hamdan, A., Dawood, A., & Naeem, D. (2018). Assessment study of water quality index (WQI) for Shatt Al-Arab River and its branches. *MATEC Web of Conferences*, 162, 05005.
27. Mohammed, O., & Hassan, M. F. (2015). Evaluation of drainage water quality for irrigation by integrating IWQI and GIS. *International Journal of Technical Research and Applications*, 3(4), 24–32.
28. Wu, Z., Lai, X., & Li, K. (2021). Water quality assessment of rivers in Lake Chaohu Basin (China) using water quality index. *Ecological Indicators*, 121, 107021.
29. Allam, A. E., & Negm, A. M. (2013). Agricultural drainage water quality analysis and its suitability for direct reuse in irrigation. In 17th *International Water Technology Conference*.
30. Saad, A., Marwa, G., Bayoumi, A., Zoghdan, M., & El-Dissoky, R. (2015). Sustainable safe reuse of drainage water in agriculture at North Delta soils, Egypt. *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 7(5), 1033–1043.
31. El-Nashar, W., & Elyamany, E. (2018). Assessment of drainage water quality for irrigation purposes in Kafr El-Sheikh Governorate, Egypt. *Alexandria Engineering Journal*, 57(4), 4031–4040.
32. Shahid, S. A., Zaman, M., & Heng, L. (2018). *Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related techniques*. Springer.
33. Tanji, K. K. (1997). *Salinity in the soil environment*. Springer.
34. Pereira, L. S., Cordery, I., & Iacovides, I. (2012). *Coping with water scarcity: Addressing the challenges*. Springer.
35. Kandiah, A. (1992). *Water quality assessment and criteria*. FAO.
36. Oster, J. D., & Wichelns, D. (2003). Economic and agronomic strategies to achieve sustainable irrigation. *Irrigation Science*, 22(3–4), 107–120.
37. Sharma, D. P., & Minhas, P. S. (2005). Strategies for managing saline/sodic waters for sustainable agricultural production. *Agricultural Water Management*, 78, 136–151.
38. Rhoades, J. D. (1999). Soil salinity assessment: Methods and interpretation of electrical conductivity measurements. FAO.
39. Papadopoulos, I., & Barouchas, P. (2002). Reuse of drainage water for irrigation of agricultural crops. *Agricultural Water Management*, 54, 267–272.
40. Ranjan, R. K., & Singh, R. M. (2017). Reuse of agricultural drainage water for irrigation of crops. *International Journal of Agriculture and Environmental Research*, 3(6), 4763–4773.
41. Rengasamy, P. (2010). Soil processes affecting crop production in salinity-affected soils. *Functional Plant Biology*, 37(7), 613–620.

42. Bouksila, F., Bahri, A., Berndtsson, R., Persson, M., Rozema, J., & van der Zee, S. E. A. T. M. (2013). Assessment of soil salinization risks under irrigated agriculture in dry areas. *Agricultural Water Management*, 123, 1–7.
43. Letey, J. (2000). Soil salinity poses challenges for sustainable agriculture and food production. *California Agriculture*, 54(1), 43–48.
44. Qadir, M., & Oster, J. D. (2004). Crop and irrigation management strategies for saline-sodic soils and waters aimed at environmentally sustainable agriculture. *Science of the Total Environment*, 323, 1–19.
45. Sharma, B. R., & Minhas, P. S. (2010). Strategies for reuse of drainage water for irrigation in arid and semi-arid regions. *Irrigation and Drainage*, 59(3), 317–326.
46. Feitelson, E., & Rosenthal, G. (2012). Desalination, space and power: The ramifications of Israel's changing water geography. *Geoforum*, 43(2), 272–284.
47. Fipps, G. (1998). Irrigation water quality standards and salinity management. *Texas Agricultural Extension Service Publication B-1667*, Texas A&M University.
48. Maas, E. V., & Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance—Current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 103(2), 115–134.
49. Gupta, R. K., Singh, N. T., & Abrol, I. P. (1990). Reuse of agricultural drainage water for irrigation: A review. *Agricultural Water Management*, 18, 233–246.
50. Scanlon, B. R., Reedy, R. C., Stonestrom, D. A., Prudic, D. E., & Dennehy, K. F. (2005). Impact of land use and land cover on groundwater recharge and quality in arid and semiarid regions. *Developments in Water Science*, 50, 1–29.
51. van Schilfgaarde, J., Bernstein, L., Rhoades, J. D., & Rawlins, S. L. (1974). Irrigation management for salt control. *Journal of the Irrigation and Drainage Division (ASCE)*, 100(3), 321–338.
52. Bernstein, L., & Francois, L. E. (1973). Leaching requirement studies: Sensitivity of alfalfa to salinity of irrigation and drainage waters. *Soil Science Society of America Journal*, 37(6), 931–943.
53. Maas, E. V., & Hoffman, G. J. (1977). Crop salt tolerance: Current assessment. *Journal of the Irrigation and Drainage Division (ASCE)*, 103(2), 115–134.
54. Grieve, C. M., Grattan, S. R., & Maas, E. V. (2012). Plant salt tolerance. In W. Wallender & K. K. Tanji (Eds.), *Agricultural salinity assessment and management* (2nd ed., pp. 405–459). ASCE.
55. Sanden, B. L., Ferguson, L., Reyes, H. C., & Grattan, S. R. (2004). Effect of salinity on evapotranspiration and yield of San Joaquin Valley pistachios. *Acta Horticulturae*, 664, 583–589.
56. Rhoades, J., & Merrill, S. D. (1976). Assessing the suitability of water for irrigation: Theoretical and empirical approaches. In *Prognosis of salinity and alkalinity* (FAO Soils Bulletin No. 31, pp. 68–108). FAO.
57. Suarez, D. L., Wood, J. D., & Lesch, S. M. (2006). Effect of SAR on water infiltration under a sequential rain irrigation management system. *Agricultural Water Management*, 86(1–2), 150–164. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2006.07.010>
58. Ben-Gal, A. (2007). The contribution of foliar exposure to boron toxicity. *Journal of Plant Nutrition*, 30, 1705–1716.
59. Kan, I. (2003). Effects of drainage salinity evolution on irrigation management. *Water Resources Research*, 39, 1377–1389.
60. Choi, C. Y., & Suarez-Rey, E. M. (2004). Subsurface drip irrigation for bermudagrass with reclaimed water. *Transactions of the ASAE*, 47, 1943–1951.
61. Kang, Y., Wang, F., Liu, H., & Yuan, B. (2004). Potato evapotranspiration and yield under different drip irrigation regimes. *Irrigation Science*, 23, 133–143.
62. El-Hawary, A. (2005). *Best management practices for the drainage water reuse* (Technical report). International Center for Agricultural Research in the Dry Areas (ICARDA), Aleppo.
63. Segal, E., Ben-Gal, A., & Shani, U. (2006). Root water uptake efficiency under ultra-high irrigation frequency. *Plant and Soil*, 282, 333–341.
64. Assouline, S., Möller, M., Cohen, S., Ben-Hur, M., Grava, A., Narkis, K., & Silber, A. (2006). Soil-plant system response to pulsed drip irrigation and salinity: Bell pepper case study. *Soil Science Society of America Journal*, 70, 1556–1568.

65. Hanson, B. R., & Ayars, J. E. (2002). Strategies for reducing subsurface drainage in irrigated agriculture through improved irrigation. *Irrigation and Drainage Systems*, 16, 261–277.
66. Hillel, D. (2000). *Salinity management for sustainable irrigation: Integrating science, environment, and economics*. The World Bank.
67. Phene, C. J. (1986). Automation. In *Trickle irrigation for crop production*. Elsevier.
68. Ayars, J. E., Hutmatcher, R. B., Schoneman, R. A., Vail, S. S., Patton, S. H., & Felleke, D. (1985). Salt distribution under cotton trickle irrigated with saline water. In *Proceedings of the 3rd International Drip/Trickle Irrigation Congress* (pp. 666–672). ASAE.
69. Pasternak, D., & De Malach, Y. (1995). Irrigation with brackish water under desert conditions: X. Irrigation management of tomatoes on desert sand dunes. *Agricultural Water Management*, 28, 121–132.
70. Dehghanisanij, H., Agassi, M., Anyoji, H., Yamamoto, T., Inoue, M., & Eneji, A. E. (2006). Improvement of saline water use under drip irrigation systems. *Agricultural Water Management*, 85, 233–242.
71. Grattan, S. R., & Oster, J. D. (2003). Use and reuse of saline-sodic waters for irrigation of crops. In S. S. Goyal, S. K. Sharma, & D. W. Rains (Eds.), *Crop production in saline environments: Global and integrative perspectives* (pp. 131–162). Haworth Press.
72. Willardson, L. S., Boels, D., & Smedema, L. K. (1997). Reuse of drainage water from irrigated areas. *Irrigation and Drainage Systems*, 11, 215–239.
73. Oster, J. D., & Grattan, S. R. (2002). Drainage water reuse. *Irrigation and Drainage Systems*, 16, 297–310.
74. Sharma, D. P., & Tyagi, N. K. (2004). On-farm management of saline drainage water in arid and semi-arid regions. *Irrigation and Drainage*, 53, 87–103.
75. Letey, J. (1993). Relationship between salinity and efficient water use. *Irrigation Science*, 14, 75–84.
76. UN-Water. (2020). *UN-Water analytical brief on unconventional water resources*. Geneva.
77. Jury, W. A., Tuli, A., & Letey, J. (2003). Effect of travel time on management of a sequential reuse drainage operation. *Soil Science Society of America Journal*, 67, 1122–1126.
78. UNEP. (2018). *Resource efficiency and cleaner production in agriculture*. Nairobi.
79. WHO. (2022). *Guidelines for the safe use of wastewater, excreta and greywater*. Geneva.
80. Quirk, J. P. (2001). The significance of the threshold and turbidity concentrations in relation to sodicity and microstructure. *Australian Journal of Soil Research*, 39, 1185–1217.
81. Manedov, A. I., Levy, G. J., Shainberg, I., & Letey, J. (2001). Wetting rate, sodicity, and soil texture effects on infiltration rate and runoff. *Australian Journal of Soil Research*, 39, 1293–1305.
82. Levy, G. J., Shainberg, I., & Miller, W. P. (1998). Physical properties of sodic soils. In M. E. Sumner & R. Naidu (Eds.), *Sodic soils: Distribution, properties, management and environmental consequences* (pp. 51–75). Oxford University Press.
83. Oster, J. D., & Shainberg, I. (2001). Soil responses to sodicity and salinity: Challenges and opportunities. *Australian Journal of Soil Research*, 39, 1219–1224.
84. Nelson, P. N., Barzegar, A. R., & Oades, J. M. (1997). Sodicity and clay type: Influence on decomposition of added organic matter. *Soil Science Society of America Journal*, 61, 1052–1057.
85. Oster, J. D., & Jayawardane, N. S. (1998). Agricultural management of sodic soils. In M. E. Sumner & R. Naidu (Eds.), *Sodic soils: Distribution, processes, management and environmental consequences* (pp. 125–147). Oxford University Press.
86. WWAP. (2024). *United Nations World Water Development Report 2024: Water for a sustainable future*. UNESCO.
87. Kumar, A., Singh, R., & Gupta, N. (2023). Smart irrigation and drainage water reuse: A digital transition in water management. *Journal of Environmental Management*, 345, 118423.
88. Li, X., Zhao, Y., & Chen, H. (2022). Innovative desalination and biofiltration technologies for agricultural drainage water reuse. *Water Research*, 215, 118227.