

ÇEVRESEL BASKILAR VE TARIM



EDİTÖRLER

Doç. Dr. Mehmet Fırat BARAN
Prof. Dr. Korkmaz BELLİTÜRK
Doç. Dr. Ahmet ÇELİK

ÇEVRESEL BASKILAR VE TARIM

EDİTÖRLER

Doç. Dr. Mehmet Fırat BARAN

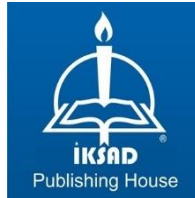
Prof. Dr. Korkmaz BELLİTÜRK

Doç. Dr. Ahmet ÇELİK

YAZARLAR:

Prof. Dr. Ali Fuat TARI
Prof. Dr. Aydın ADİLOĞLU
Prof. Dr. Burhan ARSLAN
Doç. Dr. A. Konuralp ELİÇİN
Doç. Dr. Azize DOĞAN DEMİR
Doç. Dr. Soner ÇELEN
Doç. Dr. Vedat BEYYAVAŞ
Doç. Dr. Yasin DEMİR
Dr. Öğr. Üyesi Aytaç MORALAR
Dr. Öğr. Üyesi Bülent YAĞMUR
Dr. Öğr. Üyesi Halil Nusret BULUŞ
Dr. Öğr. Üyesi Garip YARŞI

Dr. Öğr. Üyesi Miraç KILIÇ
Dr. Emrullah CULPAN
Arş. Gör. Sabri AKIN
Dr. Öğrencisi Emrah
RAMAZANOĞLU
Dr. Öğrencisi Suat CUN
Zir. Yük. Müh. M. Emin KAPLAN
MSc. Enes CHOUSEİN



Copyright © 2023 by iksad publishing house
All rights reserved. No part of this publication may be reproduced, distributed or transmitted in any form or by any means, including photocopying, recording or other electronic or mechanical methods, without the prior written permission of the publisher, except in the case of brief quotations embodied in critical reviews and certain other noncommercial uses permitted by copyright law. Institution of Economic Development and Social

Researches Publications®
(The Licence Number of Publicator: 2014/31220)

TÜRKİYE TR: +90 342 606 06 75

USA: +1 631 685 0 853

E mail: iksadyayinevi@gmail.com

www.iksadyayinevi.com

It is responsibility of the author to abide by the publishing ethics rules. The first degree responsibility of the works in the book belongs to the authors.

Iksad Publications – 2023©
ISBN: 978-625-367-436-6
Cover Design: Büşra ÖZTOPRAK
December/ 2023
Ankara / Türkiye
Size = 16x24 cm

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ

Doç. Dr. Mehmet Fırat BARAN

Prof. Dr. Korkmaz BELLİTÜRK

Doç. Dr. Ahmet ÇELİK.....1

BÖLÜM 1

AKILLI TARIM UYGULAMALARININ ÇEVRESEL ETKİLERİ

Dr. Öğrencisi Emrah RAMAZANOĞLU

Dr. Öğrencisi Suat CUN

Doç. Dr. Vedat BEYYAVAŞ.....3

BÖLÜM 2

TOPRAK BİTKİ SU VE HAVA KİRLİLİĞİNİN TARIM VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Bülent YAĞMUR.....23

BÖLÜM 3

TARIMSAL ÜRÜNLERİN KURUTULMASINDA YAPAY SİNİR AĞI (YSA) VE ADAPTİF SİNİRSEL BULANIK ÇIKARIM SİSTEMİ (ANFIS) KULLANIMI VE MANTAR KURUTMA ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Halil Nusret BULUŞ

Dr. Öğr. Üyesi Aytaç MORALAR

Doç. Dr. Soner ÇELEN.....69

BÖLÜM 4

KÜRESEL ISINMA SONUCU AZALAN SU KAYNAKLARININ TARIMSAL ÜRETİMDE YÖNETİM STRATEJİLERİ

Prof. Dr. Ali Fuat TARI

Arş. Gör. Sabri AKIN.....93

BÖLÜM 5

KÜRESEL İKLİME BAĞLI BAZI TOPRAK NİTELİĞİNDEKİ DEĞİŞMELER

Doç. Dr. Yasin DEMİR

Doç. Dr. Azize DOĞAN DEMİR.....121

BÖLÜM 6

BAZI KARACADAĞ ÇELTİK ÇEŞİTLERİNİN PİRİNCE İŞLENMESİ ESNASINDA MEYDANA GELEN FİZİKSEL VE KİMYASAL DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ

Zir. Yük. Müh. M. Emin KAPLAN

Doç. Dr. A. Konuralp ELİÇİN.....143

BÖLÜM 7

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE TRAKYA BÖLGESİNDE YAĞ BİTKİLERİ TARIMI

Prof. Dr. Burhan ARSLAN

Dr. Emrullah CULPAN.....165

BÖLÜM 8

ERDEMLİ İLÇESİNDE SERALARDA ALTERNATİF BİR ÜRÜN: PİTAYA MEYVESİ (*HYLOCEREUS* SPP.)

Garip YARŞI.....183

BÖLÜM 9

YUNANİSTAN'IN GÜMÜLCİNE ŞEHRİNE BAĞLI KOZLUKEBİR BELEDİYESİ KÖYLERİNİN TARIM TOPRAKLARININ VERİMLİLİK DURUMLARININ ARAŞTIRILMASI

Prof. Dr. Aydın ADİLOĞLU

MSc. Enes CHOUSEİN.....195

BÖLÜM 10

PAMUK HASADINDA KULLANILAN HASADA YARDIMCI KİMYASALLARIN ÇEVREYE OLUMSUZ ETKİLERİ

Dr. Öğrencisi Suat CUN

Dr. Öğrencisi Emrah RAMAZANOĞLU

Doç. Dr. Vedat BEYYAVAŞ217

BÖLÜM 11

İKLİM VERİLERİNE DAYALI BİTKİ SU TÜKETİMİ HESAPLAMA MODELLERİ

Arş. Gör. Sabri AKIN

Prof. Dr. Ali Fuat TARI.....233

BÖLÜM 12

ARAZİ BOZULMASINA GENEL BİR BAKIŞ

Dr. Öğr. Üyesi Miraç KILIÇ.....263

ÖNSÖZ

Sürdürülebilir tarım kavramı, çevresel etkilerin artmaya başladığı andan itibaren sıkça tartışılan bir kavram. Sürdürülebilir tarım, tarımsal üretimin çevre üzerindeki olumsuz etkilerini azaltmayı ve aynı zamanda mevcut ve gelecek kuşaklar için gıda güvenliğini sağlamayı amaçlamaktadır. Sanayi ve sanayiye dayalı endüstriyel üretim çevresel baskıyı artıran başlıca unsurlardan biridir. Çevresel baskılardan etkilenen tarım ve tarıma dayalı yan unsurlar birçok konuyu içine alan bütüncül bir yaklaşım gerektiren çok yönlü bir konudur.

Çevresel problemlerle birlikte tarımsal üretime en çok sıkıntı yaratan unsurlar; iklim değişikliği, ormansızlaşma, su kirliliği ve toprak bozulması tarımsal üretimi hem nitelik hemde nicelik olarak önemli ölçüde etkileyebilmektedir. Yine mera alanlarımız, birinci sınıf tarım alanları, sulak alanlar ve hayvanların doğal yaşama alanları maalesef ciddi tehdit altındadır. Bu açıdan çevresel baskılar sürdürülebilir tarım için önemli bir tehdit oluşturmaktadır. Bu baskılar tarımın verimliliğini düşürebilir, üretim maliyetlerini artırabilir. İnsanların gıda güvenliği ihtiyaçlarını karşılamalarını zorlaştırabilir.

Koruyucu bir takım önlemlerin alınması merkezi yönetimler tarafından zorunluluk haline gelmiştir. Yine koruyucu diğer önemli faktörlerden biride doğal varlıklarla ilgili yasal mevzuatların düzenlenmesi ve sahada kontrolünün resmi makamlarca denetimi oldukça önemlidir. Özellikle az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde tarımsal üretime katkı sunan çiftçilere daha fazla tarım ve çevre dostu uygulamalar için desteklemelerin yapılması doğal varlıkların korunmasına yönelik ayrıca bir destek olabilir.

Bu nedenle, sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesi konuyla ilgili eğitim, bilinç ve farkındalık çalışmalarının hızla yaygınlaşması gerekmektedir. Çevresel baskıyı azaltan ve sürdürülebilirliği teşvik eden

çeşitli sürdürülebilir tarım uygulamalarına teşvik edici çalışmaların artması daha yaşanabilir bir dünya için zorunluluk haline gelmiştir. Çünkü başka yaşayacak DÜNYA yoktur.

TEMA VAKFI Kurucusu Hayrettin KARACA der ki;

“Yaşamak için yaşatmaktan başka bir yolumuz yok!”

Aralık, 2023

Doç. Dr. M. Fırat BARAN
Prof. Dr. Korkmaz BELLİTÜRK
Doç. Dr. Ahmet ÇELİK

BÖLÜM 1

AKILLI TARIM UYGULAMALARININ ÇEVRESEL ETKİLERİ

Doktora Öğrencisi Emrah RAMAZANOĞLU¹

Doktora Öğrencisi Suat CUN^{2*}

Doç. Dr. Vedat BEYYAVAŞ³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10251465>

¹ Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. eramazanoglu@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-7921-5703

^{2*} Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. suatcun@harran.edu.tr, ORCID:0000-0001-6607-8263

³ Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. vbeyyavas@harran.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6516-9403

Giriş

İnsanların doğa ile mücadelesi varoluşlarından bu yana değişmektedir. İnsan ırkının yaşamını sürdürebilmesi açısından hayati öneme sahip çiftçilik, dünyanın en eski meslekleri arasında yerini almaktadır. Tarımın keşfi ile birlikte eski çağlarda beslenme ihtiyaçlarını karşılamak için doğada buldukları gıdalarla yaşamlarını sürdürmeye çalışan insanoğlunun hayatında birtakım değişimlerin yaşanmasına olanak sağlamıştır (Gülersoy, 2014). İnsanların yerleşik hayata geçilmesi ile birlikte insanların yaşam standartları ve toprak ile olan bağımlılığı daha da artmıştır. Toprak, insanlığın beslenmesi, barınması, giyinmesi ve refahı, medeniyetin gelişmesi ve yaşamsal faaliyetler için önemli bir doğal kaynaktır (Türkoğlu ve Verdiyeva, 2019).

İnsanların bu faaliyetleri gerçekleştirmek için kullandıkları enerji kaynakları da gelişmiştir. İnsanlar ilk başta sadece kendi güçlerini kullandılar, ancak daha sonra fiziksel güçle birlikte beyin gücünü ve hayvan gücünü kullanmaya başladılar. En sonunda da kendilerinden ve hayvanlardan elde ettikleri enerji yetersiz kalınca farklı enerji kaynaklarını araştırmak ve kullanmak zorunda kalmışlardır. Böylece mekanik bilimi geliştirmiş motorlar, insan ve hayvanların yapamadığı koşullarda bile iş üretebilir hale gelmiştir (Direk, 2012).

Dünyanın farklı yerlerinde ve farklı iklimlerde yapılan çalışmalar incelendiğinde, küresel tarımda yaşanan sorunların yerelde çözümü için akıllı teknolojik aletlerin kullanımı oldukça önemli bir hale getirmiştir. Yapılan çalışmaların önemli bir amacı da tarıma elverişli ürünlerin dışarıda ekilebilir arazilerde ve akıllı sera ortamlarında yetiştirilmesini sağlamaktır. Modern ve geleneksel tarım uygulamalarının uygulanabilirliği ile karşılaştırıldığında modern tarıma geçişi

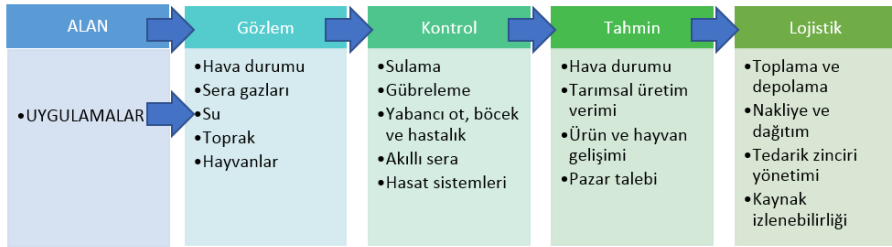
hızlandırmak amacıyla çok fazla çalışma yapılmıştır (Öztürk ve ark., 2021).

Verimlilik ve sürdürülebilirliğin sağlanması için sektörde geleneksel teknik ve yöntemlerden ziyade gelişmiş teknolojilerin uygulanmasını gerekli kılmaktadır. Bu bağlamda diğer sektörlerdeki gibi tarımın gelişim ve ilerlemesinde teknolojik ilerleme önemli bir unsur olarak kabul görmekte, tarımda verimliliği arttırmak için yeni teknik ve yöntemler geliştirilmektedir (Yaman ve ark., 2021).

Akıllı Tarım ve Robotik Sistemler

"Akıllı tarım" olarak da bilinen hassas tarımın kökenleri 1970'li yıllara kadar uzanır. Hassas tarımın gelişim göstermesi, hem mekansal hem de zamansal değişkenlikleri daha iyi yönetme arzusundan kaynaklanmıştır (Blackmore, 2009). Otonom sistemlerin ortaya çıkmasıyla, daha çok enerji tasarrufu sağlayan ekonomik, küçük, akıllı makinelere dayalı, yeni bir esnek tarım ekipmanı yelpazesi geliştirme fırsatı da sunmaktadır (Şahin, 2022). Yıllar geçtikçe akıllı teknolojinin yükselişi ile birlikte gerek tarımda insan çabalarını azaltma çabalarıyla birlikte su kaynakları ve güç tüketimini azaltma ihtiyacı gerekse hızla yaşanan nüfus artışının etkisiyle artan gıda taleplerinin karşılanabilmesi bakımından ekonomik şartlarda kaliteli ürün yetiştirme hız kazanmıştır (Singh ve Saikia, 2016). Bu teknolojik aletler, bilgilerin doğru kullanımını, maliyetlerin düşmesini, verimin artması ve çiftçilerin işlerini daha da kolaylaştırılacağı düşünülmektedir (Akbaş ve Bağcı, 2021). Bilgi çağının gelişen teknolojilerinin ekonomik ve çevresel olarak entegre üretim faaliyetlerinde kullanılmasını ifade eden Hassas Tarım'a işaret etmektedir (Tekin ve Değirmencioğlu, 2010).

Son yıllarda Türk tarımında girdi maliyetlerinin artması, girdilerin bilinçsiz kullanılması, tarımla uğraşan genç nüfusun azalması gibi nedenlerle tarım sektöründe yeni arayışlara girilmiştir. Endüstri 4.0 ile gerçekleştirilen teknolojik dönüşümün tarım sektörüne entegrasyonu ile Tarım 4.0 (Akıllı Tarım, Dijital Tarım) uygulamaları ortaya çıkmıştır. Tarım 4.0, belirli alanlardan meydana gelmektedir. Bu alanlar;



Şekil 1. Tarım 4.0 ana alanları ve uygulamaları (Araújo ve ark., 2021).

Tarım 1.0	Tarım 2.0	Tarım 3.0	Tarım 4.0	Tarım 5.0
-1900'lü yılların başları -Hayvan gücü ve mekanizasyon -Emek yoğun tarımsal üretim	-1950 sonları (Yeşil Devrim) -Azot takviyesi, sentetik böcek ilaçları, gübreler ve kullanılan gelişmiş makineler - İlk defa şarap hasat makineleri kullanımı (1960'lar) - İlk genetiği değiştirilmiş bitkilerin ekimi (1982) -İçten yanmalı motor	-1990'lı yılların sonları (Hassas Tarım) -Bilgi ve yaratıcı çalışma -Yönlendir-me sistemleri -GPS, telematik, verim izleme sistem ve programları, yazılım ve mobil cihazlar	-2010'ların başları (Dijital Tarım/Akıllı Tarım) -Bulut tabanlı faaliyetler -Nesnelerin İnterneti, Hassas tarım teknolojisine ilaveten akıllı ağlar ve veri yönetim araçları -Tarımda büyük veri -Bütünsel bakış açısı -Az çalışarak çok verim elde etme	-Robotik, yapay zekâya dayalı

Şekil 2. Tarım devrimi aşamaları

İnsansız hava araçları (İHA) ve diğer robotlar, ana mahsul ve yabancı ot dağılımını gösteren yüksek çözünürlüklü görüntüler göstererek, tarım arazilerinde bitki bazında hassas bir izlenim ile tarımsal uygulamalarda potansiyel cevaplar sunmaktadır (Khan ve ark., 2021). Tarımsal robotik sistemlerin sonuç değerlerinin istenildiği gibi olabilmesi için insan faktörü tarafından yapılacak işin giriş parametrelerinin doğru girilmesi

ayrıca çevresel faktörlerinde (arazinin ve urunun fiziki durumu, hava şartları vb.) iyi değerlendirilmesi gerekmektedir (Turan ve Aydın, 2018).

İnsansız Hava Araçları

İnsansız hava araçları (İHA'lar) bugün çeşitli alanlarda önemli bir etkiye sahip olmakla birlikte eğlence, spor ve hobiler gibi bireysel kullanımların yanı sıra savunma, inşaat ve havacılık gibi sektörlerde geniş ticari ve profesyonel uygulamalara sahiptirler. Son yıllarda İHA'lar tarımda giderek popüler hale gelmiştir. Tarımsal İHA'lar uzaktan algılama, bitki sağlığının izlenmesi, mera ve sürü takibi ile pestisit uygulamaları için kullanılmaktadır (Chen ve ark., 2021). Başlangıçta uzakdoğu ülkelerinde, meyve bahçelerinde, çay bahçelerinde ve pirinç tarlalarında traktör gibi kara araçlarının uygun olmadığı zorlu arazilerde tarımsal uygulamaları kolaylaştırmak için kullanılan ilaçlama dronları, birçok ülkede ve Türkiye'de drone uçuşları için yasal kısıtlamalar olmaması nedeniyle yaygın bir şekilde kullanılmaktadır (Özyurt ve Çelen, 2023). İnsansız hava araçları ve robotlar, teknolojik kameralar ile donatılmış olup, navigasyon sistemleri ile destek gören ve çevreye üzerinde zararı düşünülmeyen güncel yabancı ot kontrol araçlarıdır (Michaels ve ark., 2015; Lottes ve ark., 2016; Binch ve ark., 2017; Kounalakis ve ark., 2018). İnsansız hava araçları daha çok tarımda bitki koruma uygulamalarında kullanılmaktadır. Genellikle küçük bir sıvı tankı, bir pompa ve bir şase üzerine monte edilmiş püskürtme nozullarından oluşan droneler ile uzaktan kumandayı kontrol eden bir operatör yardımıyla pestisit uygulamaları yapılabilmektedir (Çelen ve ark., 2020).



Şekil 3. İnsansız hava araçlarının tarımda kullanımına ait görseller

Günümüzde bu robotik sistemler daha çok yabancı otlara karşı zirai mücadelede kullanılmakta ve gelecekte de bu teknoloji entegrasyonlu robotik sistemler kullanılacaktır. Robotik alanında çalışan ve bilime yön veren insanlar, insansız hava ile karada çalışan araçları, tarımsal alanlarda büyük bir sorun olan yabancı otlarla mücadelede bir teknoloji atılımı olarak değerlendirdiklerini ve bu araçları istilacı bitkilerle mücadelede kullanmaktadırlar (Michaels ve ark., 2015; Pérez-Ortiz ve ark., 2016; Lottes ve ark., 2017; Grimstad ve ark., 2017).

Tarımda Robot Kullanımı

Robotlar, fiziksel aktiviteleri veya karar vermeyi içeren görevleri yerine getirirken insanların yerini alması amaçlanan makinelerdir. Robotun çeşitli elektronikleri ve diğer düşük güçlü bileşenleri içeren elektronik alt sisteminin bir parçasıdır (Kyriakopoulos ve Loizou, 2006).

Tarım robotunun bazı temel yeteneklere ve birden fazla uygulamayı destekleme yeteneğine sahip olması gerekir. Temel yetenekleri arasında, güvenli ve özerk navigasyon için bir navigasyon sistemi gereklidir (Biber ve ark., 2012). Otonom araçların tarımdaki farklı uygulamaları geleneksel sistemlerle karşılaştırıldığında, ilk potansiyel pratik

uygulamalar üç ana gruba ayrılmaktadır; Bitki yetiştiriciliği, bitki bakımı ve seçici hasadın yapıldığı tespit edilmiştir (Pedersen ve ark., 2008).

Tarım alanları, robotik sistemlerin kullanım süresi boyunca değişime ve güncellemelere maruz kaldığı ortamlardır. Yeni ürün çeşitlerinin tanınması, yabancı ot ve zararlılar, hastalıklar ve tedavileri, mevzuat ve iklim değişikliği gibi faktörler bu duruma örnek olarak gösterilebilir (Galaz ve ark., 2021; Korinek ve Stiglitz, 2021). Tarımsal robotik sistemlerin istenilen sonuçları elde edebilmesi için insan faktörüne ve görevle ilgili giriş parametrelerine doğru şekilde girilmesi ve arazi ile ürünün fiziksel durumu, hava koşulları gibi çevresel faktörlerin doğru bir şekilde değerlendirilmesi gerekmektedir (Turan ve Aydın, 2018).



Şekil 4. Tarımda kullanılan bazı robotlara ait görseller

Akıllı tarım makinelerinin otomatik saha işlemleri yapabilmesi için makinelerin aşağıdaki yeteneklere sahip olması gerekir:

1. Fiili çalışma koşullarının farkında olma,
2. Değişen arazi, meteorolojik ve diğer koşullarına kendini uydurabilmesi,
3. Uygun bir mekanik sistem yardımıyla bu düzeltmeleri uygulayabilmesi.

Buna benzer bir hedefe ulaşabilmenin özünde, çoğunlukla sıradan mantıksal kurallarla temel görevleri kontrol etmek olup, karmaşık işlemleri meydana getiren karmaşık yapay zeka (AI) algoritmalarına kadar ulaşan akıllı makineler tarafından yönetilen sistemlere dayanmaktadır.

Bu tür yüksek düzeylerdeki algoritmalar, yapay sinir ağı, karmaşık mantık, olasılık dahilinde tahmin ve genetik algoritmalar gibi popüler olan tekniklerin kullanılmasıyla gelişme göstermektedir (Russell ve ark., 2021).

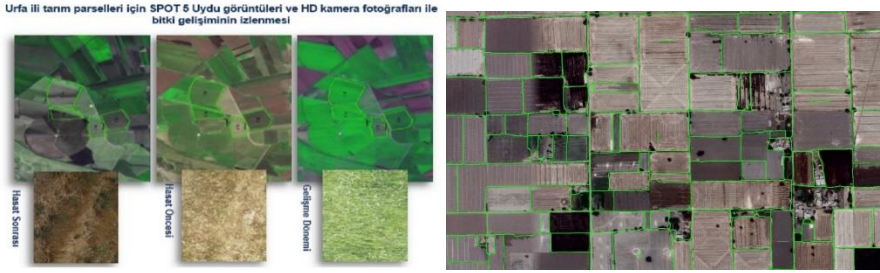
Tohum yerleştirme ve haritalama, bitkilerinin hava, ışık, besin ve toprak nemi gibi gereksinimler nedeniyle, tarımsal otomatikleşme ihtiyacı gittikçe artacaktır (Talaviya ve ark., 2021). Ayrıca, robotik, özellikle toprak (Fentanes ve ark., 2018) ve su (Hitz ve ark., 2012) için hem izleme hem de müdahaleler dahil olmak üzere, üretime yönelik girdilerin yönetiminde gelecekte önemli bir role sahip olacaktır.

Tarımda Uydu Görüntüleri

Yapay görme sistemleri birçok sektörde kullanılmaktadır. Bu sistemler, görüntülerin yakalanması, işlenmesi ve yürütülmesi gibi uygulamaları içerir. Düşük maliyetli, güvenilirliği yüksek sistemlerdir. Ayrıca verileri hızlı bir şekilde elde etme ve işleme yeteneğine sahiptir.

Kaynakları koruyarak, dronelerin havadan görüntülerini ve sentinel uyduları tarafından sağlanan en yeni nesil hiperpektral görüntülerin kullanımı ile mahsul verimi, arazi özellikleri/topografya, organik madde içeriği, nem seviyeleri gibi ölçülebildiği kadar çok değişkenin mekânsal

değişkenlik haritalarının oluşturulmasına imkân tanıyarak girdilerin dönüşünü optimize etmek amacı ile karar destek sistemlerini (DSS) içerir (Ercan ve ark., 2019; Uzun ve ark., 2018). Görüntü işleme yöntemi ile tarım ürünlerinde verim tahmini, hastalık teşhisi (Fuentes ve ark., 2017; Liu ve Wang, 2020; Ngugi ve ark., 2021; Selvaraj ve ark., 2019; Türkoğlu ve Hanbay, 2019), haşere kontrolü tespiti yapabilen uygulamalar da vardır.



Şekil 5. Uydu görüntülerine ait bazı görseller

Sensör Teknolojileri

Sensörler, robotun çeşitli elektronikleri ve diğer düşük güçlü bileşenleri içeren elektronik alt sisteminin bir parçasıdır. Robotun konfigürasyonunu belirlemek için kullanılan sensörlere ek olarak, çevresindeki ortamın algılanması genellikle görsel ve dokunsal sensörler aracılığıyla yapılır. Robot görme sistemleri birkaç kamera ve bir işlem biriminden oluşur (Kyriakopoulos ve Loizou, 2006). Son yirmi yılda, birçok otonom araç özel sensörler (yapay görme, GPS, RTK, lazer tabanlı cihazlar ve atalet cihazları), aktüatörler (hidrolik silindir, doğrusal ve döner elektrik motorları) ve elektronik ekipman (gömülü bilgisayarlar, endüstriyel PC ve PLC) yanı sıra tarım robotlarının entegrasyonunu sağlamıştır (Emmi ve ark., 2014).



Şekil 6. Tarımda kullanılan sensörlere ait görseller

Sensörler arasında özellikle yakın zamanda Lidar olarak adlandırılan ve gelecekte tarımsal önem kazanacağı düşünülen bu sensörler, yaydıkları lazer ışınlarının nesnelere çarpması ve geri dönmesi için geçen sürenin mesafe cinsinden hesaplanması prensibiyle çalışan sensörlerdir (Akyol ve Uçar, 2019). Lidar, bir arazinin harita üretimi, deniz araştırmaları, atmosferik araştırmalar ve buzul araştırmaları gibi farklı alanlarda kullanılan çok yönlü bir teknolojidir. Rakım farkının az olduğu ve bitki örtüsünün az olduğu yerlerde çok etkilidir (Yılmaz ve Yakar, 2006). Lidar sensörleri, görüntü elde etmek için kullanılan diğer sensörlere kıyasla hassas görüntüler sağlar. Avantajlı kullanımı nedeniyle yeni yeni popüler hale gelen bu sensör teknolojisinin piyasaya sürülmesi, tarımda verimliliği artırabilir ve çiftçilere kolaylık sağlayabilir (Petit, 2020).

Akıllı Tarımın Çevresel Etkisi

Küresel ısınma, ekolojik dengesizlik, teknolojik, ekonomik ve sosyal konular başta olmak üzere birçok parametreyi etkilemektedir. Sera gazı emisyonlarına olan yoğun ilgi de bu gelişmelerden kaynaklanmaktadır. Bu bağlamda; Kyoto Protokolü'nde çevre kirliliğinin en önemli sebebinin sera gazı salınımları olduğu ve bu gazlar içerisinde etki derecesine göre karbondioksit, metan, nitrit asit, hidroflorür karbon,

perfülorür karbon ve sülfür hekzaflorürün yer aldığı ifade edilmektedir (Abeydeera ve ark., 2019).

Sektörel bazda; küresel karbondioksit emisyonlarının ana kaynağı olarak sanayi sektörü gösterilse de tarım sektörünün de karbondioksit emisyonunu artıran önemli bir sektör olduğu vurgulanmaktadır (Xu ve Lin, 2017). Tarım sektörü, küresel olarak nitrojen asit emisyonlarının %90'ını, metan emisyonlarının %70'ini ve karbondioksit emisyonlarının %20'sini üretmektedir. Metan ve nitrojen asit miktarının karbondioksite göre daha düşük seviyelerde kaldığı belirtilmektedir (Luo ve ark., 2017). Bu gelişmeler tarım sektörü ile karbondioksit emisyonları arasında anlamlı bir ilişkinin olup olmadığı sorusunu gündeme getiriyor. Ayrıca tarım sektöründe yabancı ot kontrolünde kullanılan kimyasallar ürün verimi için kullanılsa da bu kimyasalların aşırı kullanımı ciddi tarım ve çevre sorunlarına neden olmaktadır. Sahaya özgü yabancı ot yönetimi (SSWM-Site Specific Weed Management) uygulamalarında, yabancı otları ve mahsulleri tanımak için doğru bir tespit ve tanıma sisteminin kurulması gerekmektedir (Khan ve ark., 2021).

İnsansız hava araçları ve görüntü işleme teknikleri kullanılarak yabancı otların tespitinde de ilerleme kaydedilmektedir. Yabancı otların tanımlanması ve çeşitli görüntü işleme teknikleri kullanılarak yoğunluklarının belirlenmesi (Şin ve Kadioğlu, 2019; Dasgupta ve ark., 2020; Dos Santos Ferreira ve ark., 2017; Luiz Carlos ve Ulson, 2021; Rahman ve ark., 2015), ilaç tipi ve doz tayini (Sabancı ve Aydın, 2014) gibi çalışmalar yapılmışlardır. Bu yöntemlerle, sinir ağına (CNN) dayalı derin öğrenme kullanılarak, yabancı otlar otomatik olarak tanımlanabilir ve daha sonra herbisitler akıllı bir sistem aracılığıyla yerel olarak

püskürtülebilir. Bu nedenle büyük ölçekli herbisit kullanımını engelleyerek çevreyi koruyucu bir rol oynar (Jabir ve Falih, 2022; Tan ve ark., 2020).

Sonuç

Teknolojinin sağladığı imkanlarla otonom hareket edebilen tarım robotları, tarımsal üretimde verimliliği ve ürün kalitesini artırarak, birçok zahmetli tarımsal görevde üretim maliyetlerini ve insan emeğini düşürerek çiftçi refahını artıracak çok önemli bir araçtır. Geliştirilen tarım robotu, tarladaki bitki sıraları arasında bitkilere zarar vermeden kendi kendine hareket edebiliyor ve hareketi sırasında görüntü işleme sistemi yardımıyla insanların işini kolaylaştırıyor. Gelecekte en önemli üç stratejik kaynak gıda/tarım, temiz su ve yenilenebilir enerji olacak. Sürdürülebilir tarımsal kalkınmayı sağlamak için bu kaynakların daha verimli kullanılması zorunludur. Verimliliğin artırılması için geleneksel tarım ve enerji yaklaşımlarının terk edilmesi, dijital ve akıllı teknolojilerin hızla geliştirilerek çiftçilerin kullanımına sunulması gerekiyor.

Dijital tarım aslında verimliliği artırma, çevreyi koruma ve akıllı veriye dayalı kararlar alma imkanı sağlayan bir tarım yönetimidir. Bu teknolojiler, güvenli, sürdürülebilir ve yüksek verimli gıda üretimini destekleyerek artan dünya nüfusunun ihtiyaçlarını karşılayabilecektir. Teknolojik yenilikler, tarımın bugün karşı karşıya olduğu ekonomik, sosyal ve çevresel zorlukların çoğunun üstesinden gelmemize yardımcı olabilir. Ulusal ve uluslararası politika ve stratejilerin geliştirilmesi ile akıllı ilaçlama, bitkisel hastalıklar, ürün ve toprak izleme, akıllı hasat

gibi uygulamaların hayata geçirilmesinin hem tarımın hem de çevrenin korunması açısından hayati önem taşıyacağı düşünülmektedir.

Kaynaklar

- Abeydeera, L.H.U.W., Mesthrige, J.W., Samarasinghalage, T.I. (2019). Global research on carbon emissions: a scientometric review. *Sustainability* 11: 1-25.
- Akbaş, G. G., & Bağcı, A. (2021). Economic growth and smart farming. *Gazi İktisat ve İşletme Dergisi*, 7(2), 104–121. <https://doi.org/10.30855/GJEB.2021.7.2.002>
- Akyol, S., ve Uçar, A. (2019). Rp-Lidar ve Mobil Robot Kullanılarak Eş Zamanlı Konum Belirleme ve Haritalama. *Fırat Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 31(1), 137-143.
- Araújo, S. O., Peres, R. S., Barata, J., Lidon, F., & Ramalho, J. C. (2021). Characterising the agriculture 4.0 landscape—emerging trends, challenges and opportunities. In *Agronomy* (Vol. 11, Issue 4). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/agronomy11040667>
- B. Şin, İ. Kadioğlu. (2019). İnsansız Hava Aracı (İHA) ve Görüntü İşleme Teknikleri Kullanılarak Yabancı Ot Tespitinin Yapılması. Retrieved March 11, 2022, from <https://dergipark.org.tr/en/pub/tjws/issue/51404/669501>
- Biber P Weiss U Dorna M and Albert A (2012). Navigation System of the Autonomous Agricultural Robot “BoniRob”. <http://www.cs.cmu.edu/~mbergerm/agrobotics2012/01Biber.pdf>, (Erişim Tarihi: Mayıs 2016).
- Binch A., & Fox, C. W. (2017). Controlled comparison of machine vision algorithms for Rumex and Urtica detection in grassland. *Computers and Electronics in Agriculture*, 140, 123-138.
- Blackmore, S. (2009). New concepts in agricultural automation. *Precision in Arable Farming: Current Practice and Future Potential*, October.
- Chen, P., Ouyang, F., Wang, G., Qi, H., Xu, W., Yang, W., Zhang, Y., Lan, Y. (2021). Droplet Distributions in Cotton Harvest Aid Applications Vary with The Interactions Among The Unmanned Aerial Vehicle Spraying Parameters. *Industrial Crops and Products*, 163, 113324.
- Dasgupta, I., Saha, J., Venkatasubbu, P., & Ramasubramanian, P. (2020). AI Crop Predictor and Weed Detector Using Wireless Technologies: A Smart Application for Farmers. *Arabian Journal for Science and Engineering*, 45(12). <https://doi.org/10.1007/s13369-020-04928-2>
- Direk, M., (2012). Tarım tarihi ve deontolojisi, Eğitim yayınevi, 978-605-4392-11-7, Eylül 2012, Meram/Konya
- Dos Santos Ferreira, A., Matte Freitas, D., Gonçalves da Silva, G., Pistori, H., & Theophilo Folhes, M. (2017). Weed detection in soybean crops using ConvNets. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2017.10.027>

- Emmi L Gonzalez-de-Soto M Pajares G and Gonzalez-de-Santos P (2014). New Trends in Robotics for Agriculture: Integration and Assessment of a Real Fleet of Robots. Hindawi Publishing Corporation The Scientific World Journal. Volume 2014, Article ID 404059, 21 pages. <http://dx.doi.org/10.1155/2014/404059>, (Erişim Tarihi: Mayıs 2016).
- Ercan Ş., Öztep, R., Güler, D., Saner G. 2019. Tarım 4.0 ve Türkiye'de Uygulanabilirliğinin Değerlendirilmesi. Tarım Ekonomisi Dergisi, 2019, 25:2, 259-265.
- Fentanes, J., Gould, I., (2018). 3-d soil compaction mapping through kriging-based exploration with a mobile robot. Ieeexplore.Ieee.Org.
- Fuentes, A., Yoon, S., Kim, S. C., & Park, D. S. (2017). A robust deep-learning-based detector for real-time tomato plant diseases and pests recognition. Sensors (Switzerland), 17(9). <https://doi.org/10.3390/s17092022>
- Galaz, V., Centeno, M. A., Callahan, P. W., Causevic, A., Patterson, T., Brass, I., ... & Levy, K. (2021). Artificial intelligence, systemic risks, and sustainability. Technology in Society, 67, 101741.
- Grimstad L., & From, P. J. (2017). The Thorvald II agricultural robotic system. Robotics, 6(4), 24.
- Gülersoy, A. E., (2014) “Yanlış Arazi Kullanımı”, Elektronik Sosyal Bilgiler Eğitimi Dergisi, Cilt:1, S:2
- Hitz, G., Pomerleau, F., Garneau, M. È., Pradalier, C., Posch, T., Pernthaler, J., & Siegwart, R. Y. (2012). Autonomous inland water monitoring: Design and application of a surface vessel. IEEE Robotics and Automation Magazine, 19(1). <https://doi.org/10.1109/MRA.2011.2181771>
- Jabir, B., & Falih, N. (2022). Deep learning-based decision support system for weeds detection in wheat fields. International Journal of Electrical and Computer Engineering, 12(1). <https://doi.org/10.11591/ijece.v12i1.pp816-825>
- Khan, M.T.I., Ali, Q., Ashfaq, M. (2018). The nexus between greenhouse gas emission, electricity production, renewable energy and agriculture in Pakistan. Renewable Energy 118: 437-451.
- Khan, S., Tufail, M., Khan, M. T., Khan, Z. A., & Anwar, S. (2021). Deep learning-based identification system of weeds and crops in strawberry and pea fields for a precision agriculture sprayer. Precision Agriculture, 22(6). <https://doi.org/10.1007/s11119-021-09808-9>
- Korinek, A., & Stiglitz, J. E. (2021). Artificial Intelligence, Globalization, and Strategies for Economic Development.
- Kounalakis T., Triantafyllidis, G.A., & Nalpantidis, L., (2018). A Robotic System Employing Deep Learning for Visual Recognition and Detection of Weeds in Grasslands. In: 2018 IEEE International Conference on Imaging Systems and Techniques (IST). IEEE.
- Kyriakopoulos K.J and Loizou SG (2006). Section 2.4 Robotics: Fundamentals and Prospects, pp. 93-107, of Chapter 2 Hardware, in CIGR Handbook

- of Agricultural Engineering Volume VI Information Technology. Edited by CIGR-The International Commission of Agricultural Engineering; Volume Editor, Axel Munack. St. Joseph, Michigan, USA: ASABE.
- Liu, J., & Wang, X. (2020). Tomato Diseases and Pests Detection Based on Improved Yolo V3 Convolutional Neural Network. *Frontiers in Plant Science*, 11. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00898>
- Lottes P., Hoeflerlin, M., Sander, S., Müter, M., Schulze, P., & Stachniss, L. C. (2016). An effective classification system for separating sugar beets and weeds for precision farming applications. In *2016 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (pp. 5157-5163). IEEE.
- Lottes P., Khanna, R., Pfeifer, J., Siegwart, R., & Stachniss, C. (2017). UAV-based crop and weed classification for smart farming. In *2017 IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA)* (pp. 3024-3031). IEEE.
- Luiz Carlos, M., & Ulson, J. A. C. (2021). Real time weed detection using computer vision and deep learning. *2021 14th IEEE International Conference on Industry Applications, INDUSCON 2021 - Proceedings*. <https://doi.org/10.1109/INDUSCON51756.2021.9529761>
- Luo, Y., Long, X., Wu, C., Zhang, J. (2017). Decoupling CO2 emissions from economic growth in agricultural sector across 30 Chinese provinces from 1997 to 2014. *Journal of Cleaner Production* 159: 220-228.
- Michaels A., Haug, S., & Albert, A. (2015). Vision-based high-speed manipulation for robotic ultra-precise weed control. In *2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (pp. 5498-5505). IEEE.
- Michaels A., Haug, S., & Albert, A. (2015). Vision-based high-speed manipulation for robotic ultra-precise weed control. In *2015 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)* (pp. 5498-5505). IEEE.
- Ngugi, L. C., Abelwahab, M., & Abo-Zahhad, M. (2021). Recent advances in image processing techniques for automated leaf pest and disease recognition – A review. In *Information Processing in Agriculture (Vol. 8, Issue 1)*. <https://doi.org/10.1016/j.inpa.2020.04.004>
- Öztürk, E., Çelik, Y. & Kırcı, P. (2021). Akıllı Tarımda Sensör Uygulaması. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (28), 1279-1282.
- Özyurt, H. B., & Çelen, İ. H. (2023). İnsansız Hava Araçları ile Yapılan Pestisit Uygulamalarında Farklı Meme Tiplerinin Damla Dağılımına Etkisinin İncelenmesi. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 18(3), 157-172.
- Pedersen SM Fountas S and Blackmore S (2008). *Agricultural Robots – Applications and Economic Perspectives*. <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/5324.pdf>, (Erişim Tarihi: Mayıs 2016).

- Pérez-Ortiz M., Peña, J. M., Gutiérrez, P. A., Torres-Sánchez, J., Hervás-Martínez, C., & López-Granados, F. (2016). Selecting patterns and features for between-and within-crop-row weed mapping using UAV-imagery. *Expert Systems with Applications*, 47, 85-94.
- Petit, F. (2020). "Technology İn Agriculture: Can Lidar Transform Modern Farming?", Son Erişim Tarihi: 20.07.2023, <https://www.blickfeld.com/blog/technology-ın-agriculture-lidar/>
- Rahman, M., Blackwell, B., Banerjee, N., & Saraswat, D. (2015). Smartphone-based hierarchical crowdsourcing for weed identification. *Computers and Electronics in Agriculture*, 113, 14–23. <https://doi.org/10.1016/J.COMPAG.2014.12.012>
- Russell, S., Foundations, P. N. (2021). *Artificial Intelligence: A Modern Approach*, Global Edition 4th. Elibrary.Pearson.De.
- Sabancı, K., & Aydın, C. (2014). Görüntü İşleme Tabanlı Hassas İlaçlama Robotu. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(4), 406. <https://doi.org/10.15832/tbd.33629>
- Selvaraj, M. G., Vergara, A., Ruiz, H., Safari, N., Elayabalan, S., Ocimati, W., & Blomme, G. (2019). AI-powered banana diseases and pest detection. *Plant Methods*, 15(1). <https://doi.org/10.1186/s13007-019-0475-z>
- Singh, P., Saikia, S., 2016, "Arduino-Based Smart Irrigation Using Water Flow Sensor, Soil Moisture Sensor, Temperature Sensor and ESP8266 WiFi Module", 2016 IEEE Region 10 Humanitarian Technology.
- Şahin, H. (2022). Dijital Tarım, Tarım 4.0, Akıllı Tarım, Robotik Uygulamalar ve Otonom Sistemler. *Tarım Makinaları Bilimi Dergisi*, 18(2), 68-83.
- Talaviya, T., Shah, D., Patel, N., Agriculture, H. Y., (2020). Implementation of artificial intelligence in agriculture for optimisation of irrigation and application of pesticides and herbicides. Elsevier.
- Tan, J. W., Chang, S. W., Abdul-Kareem, S., Yap, H. J., & Yong, K. T. (2020). Deep Learning for Plant Species Classification Using Leaf Vein Morphometric. *IEEE/ACM Transactions on Computational Biology and Bioinformatics*, 17(1). <https://doi.org/10.1109/TCBB.2018.2848653>
- Tekin, A. B., Değirmencioglu, A. 2010. «Tarımsal Bilişim: İleri Tarım Teknolojileri,» %1 icinde XII. Akademik Bilişim Konferansı, Muğla.
- Turan, S., & Aydın, T. (2018). Tarımsal ürün bilgilerinin bir gezgin robot yardımıyla temin edilen görüntülerin işlenmesi yoluyla analiz edilmesi. *Sakarya University Journal of Science*, 22(2), 480-488.
- Türkoğlu, M., & Hanbay, D. (2019). Plant disease and pest detection using deep learning-based features. *Turkish Journal of Electrical Engineering and Computer Sciences*, 27(3). <https://doi.org/10.3906/elk-1809-181>
- Türkoğlu, Z. M. M., & Verdiyeva, V. (2019). Biyoçeşitlilik ve Organik Tarım. Uzun, Y., Bilban, M. ve Arıkan, H., 2018. Tarım ve Kırsal Kalkınmada Yapay Zeka Kullanımı, VI. Uluslararası KOP Bölgesel Kalkınma Sempozyumu, 26-27 Ekim, Konya.

- Xu, B., Lin, B. (2017). Factors affecting CO2 emissions in China's agriculture sector: Evidence from geographically weighted regression model. *Energy Policy* 104: 404-414.
- Yaman, H., Sungur, O., & Dulupçu, M. A. (2021). Dünyada tarım ve hayvancılığın dönüşümü: Teknolojiye dayalı uygulamalar ve devrimler. *Tarım Ekonomisi Dergisi*, 27(2), 123-133.
- Yılmaz, H. M. ve Yakar, M. (2006). Lidar (Light Detection And Ranging) Tarama Sistemi. *Yapı Teknolojileri Elektronik Dergisi*, 2(2), 23-33.

BÖLÜM 2

TOPRAK BİTKİ SU VE HAVA KİRLİLİĞİNİN TARIM VE İNSAN SAĞLIĞI ÜZERİNE ETKİSİ

Dr. Öğr. Üyesi Bülent YAĞMUR^{1*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10251474>

^{1*}Ege University, Faculty of Agriculture, Department of Soil Science and Plant Nutrition, Bornova, Izmir, Turkey. ORCID ID: 0000-0002-7645-8574, E-mail:bulent.yagmur@ege.edu.tr

Giriş

Doğada yaşayan her canlı içinde bulunduğu çevre öğeleri ile karşılıklı bir denge halindedir. Bu dengenin bozulması ekolojik görünümün bozulmasına neden olmaktadır. Günümüzde teknolojiye meydana gelen ilerlemeler ile her gün doğayı bozabilecek yeni bir kirletici ortaya çıkmaktadır.

Ülkemizde nüfusun hızlı bir artış göstermesi ve kırsal kesimden kente göçün giderek artması sonucu toplum yaşamının temel gereksinimi olan tarımsal ürünlere istemde artmıştır. Kaliteli ve yüksek verimli çeşitlerin kültürü, tarım ilaçları ve gübrelerinin yoğun ve gereğinden fazla kullanımı; başta toprak ve bitki kirliliği olmak üzere birçok çevresel sorunlara yol açmıştır.

Kirlenme (pollution) çeşitli tanımlara sahiptir. Örneğin Clark ve Wiesman'e (1965) göre kirlenme; "herhangi bir yabancı maddenin su, toprak veya havada bulunması, kalitesini bozucu etki yapması ve zararlı durumda olması veya ortamın faydalılığını düşürmesidir." Su kaynaklarının kirlenmesi evsel (kentsel) ve endüstriyel atık sular ve tarımsal faaliyetler sonucu meydana gelmektedir (Tuncay, 1994). Kirlilik; çevrenin, insan, bitki ve hayvan yaşamını tehlikeye sokacak şekilde kirlenmesi, katı, sıvı veya gazların; hava, toprak ve sularda izin verilebilir sınırların üzerinde bir miktara ulaşması ve bunun sonucu doğal ve yapay çevrenin zamanla bozulması şeklinde tanımlanmaktadır.

Kirlenme, bilinçli veya bilinçsiz olarak atıkların çevreye bulaşması veya atıkların olmaması yerde yüksek konsantrasyonda bulunması şeklinde de tanımlanabilir. Kirletici, ise bulunduğu ortamda her türlü canlı yaşamını

etkileyecek düzeyde toksik düzeye ulaşan çevre kirliliği yaratan madde yada etkidir.

Kirlenme sonucu oluşan zarar nedenleri şu şekilde özetlenebilir:

- Kimyasal madde ve radyoaktivite kaynaklı kirleticilerin hava, su ve besin maddelerinde insan sağlığına zarar verecek miktara ulaşması ve insan sağlığının bozulması,
- Doğal çevrenin zarar görmesi nedeniyle bitkiler, hayvanlar, tarım ürünleri, toprak ve suyu etkilenmesi,
- Çevre kalitesi ve estetik görüntüsünün zarar görmesi (toz, duman, gürültü, kimyasal buharlar, arazi bozulması vs nedenlerle)
- Kısa zamanda sebebi belirlenemeyen fakat uzun süreçli kirlenme etkisi ile ortaya çıkan zararlanmalar (kanserojenik maddeler, radyoaktivite, gürültü vs).

Tarım alanlarının kirlenmesine neden olan etmenler toprak kirliliği, su kirliliği ve hava kirliliği olmak üzere 3 kısımda incelenebilir.

Bitkisel üretimde, toprak verimliliği bitki beslemenin olmazsa olmazıdır. Toprak verimliliği dendiğinde sürdürülebilir bir üretim için bitkinini yetiştirildiği ortam olan toprakta eksik olan bitki besin maddelerinin (makro ve mikro) toprağa ilave edilmesi, fazla olan besin maddelerinin ise fazlalıktan kaynaklı verim azalmasını önleyici tedbirlerin alınması anlamını taşımaktadır. Yapılan bu uygulamalar ile hem bitkilerin dengeli beslenmesi sağlanmakta, hem elde edilecek ürünün miktar ve kalitesi artmakta, hem de ekonomik bir üretim sonucu iç tüketime ve ihracata

yönelik kazançlı bir üretim olanağı sağlanmaktadır. O halde öncelikle toprağı sonrada bitkiyi tanımamız gerekmektedir.

1. Toprak

Toprak kullanım alanı itibariyle farklı şekillerde tanımlanmıştır. Örneğın; Çiftçiler veya tarımsal üreticiler için toprak ürünlerinin yetiştirebileceğı yaşam ortamıdır. İnşaat mühendisleri için bina, yol, hava alanı v.b yapılarda kullanabilen önemli bir zemin olarak tanımlanmaktadır.

Bitkisel üretim açısından toprak, çeşitli faktörlerin etkisiyle (iklim, topografya, aşınma, ayrışma, parçalanma, zaman vs) kendini oluşturan farklı ana materyallerden fiziksel kimyasal ve biyolojik özellikleri ile farklılıklar gösteren, farklı katmanlara sahip, gevşek yapılı, içerisinde çok farklı ve geniş bir canlılar alemi barındıran bitkilere besin maddesi sağlayan, onları tutan doğal canlı bir yapıdır.

2. Bitki

Bir bitki materyali su, organik madde ve mineral madde olmak üzere 3 kısımdan oluşmaktadır. Bitkiden bitkiye göre değışmekle birlikte bitkinin %70-80'ini su, %25-30'unu organik madde, %3-5'ini ise mineral madde oluşturmaktadır. Bitkilerin beslenip büyüyebilmeleri verim ve kalitelerinin artması için mineral besin elementleri olarak bilinen elementlere ihtiyaç duymaktadırlar. Bu elementler bitkilerin asıl beslenme organları olan kökleri vasıtasıyla topraktan katyon yada anyon olarak iyonik formda alınmaktadırlar. Bir bitki analizinde bitkinin yapısında çok sayıda element belirlenebilirse de bitkiler beslenmeleri

için çok az sayıda elemente ihtiyaç duyarlar. Bu elementlere bitki besin elementleri ya da mutlak gerekli elementler adı verilmektedir. Yapılan bilimsel çalışmalar sonucu toplam 23 tane elementin bitkiler için gerekli olduğu, bunlardan 17 tanesinin tüm bitkiler için mutlaka gerekli olduğu, 7 tane elementin ise bazı bitkilerde fonksiyonel olarak görev yaptığı saptanmıştır. Verimli ve sürdürülebilir bir toprağın en önemli özelliklerinden birisi bitki besin maddesi içeriğidir.

Bir elementin bitki gelişmesi için mutlak gerekli (esas) olabilmesi için 3 temel özelliğe sahip olması gereklidir (Kacar ve Katkat, 2006). Bunlar;

- ✓ Eğer bir element bitkiler için mutlak gerekli element ise o elementin eksikliğinde bitki vejetasyon süresini tamamlayamamalı,
- ✓ Eğer bir element bitkiler için mutlak gerekli element ise o elementin eksikliği sadece eksik element verilerek giderilmeli, başka bir element bu görevi üstlenmemeli
- ✓ Eğer bir element bitkiler için mutlak gerekli element ise bu element bitki beslenmesi ve gelişimine direkt etkili olmalı, bir yapıya girmeli, bir enzimi aktive etmelidir.

Çizelge 1. Bitki besin elementlerinin alınma formları ve alınma ortamları

Besin Elementleri	Ortam	Form
Karbon	Hava	CO ₂
Oksijen	Hava ve Toprak	CO ₂ ve H ₂ O
Hidrojen	Toprak	H ₂ O
Azot	Toprak	NH ₄ ⁺ ve NO ₃ ⁻
Fosfor	Toprak	H ₂ PO ₄ ⁻ ve HPO ₄ ⁻
Potasyum	Toprak	K ⁺
Kalsiyum	Toprak	Ca ⁺⁺
Mağnezyum	Toprak	Mg ⁺⁺
Sodyum	Toprak	Na ⁺

Kükürt	Toprak	SO ₄ ²⁻
Demir	Toprak	Fe ²⁺ , Fe ³⁺
Çinko	Toprak	Zn ²⁺
Bakır	Toprak	Cu ²⁺
Mangan	Toprak	Mn ²⁺ , Mn ³⁺ , MnO ₄ ⁻
Bor	Toprak	B ₄ O ₇ ²⁻
Klor	Toprak	Cl ⁻
Molibden	Toprak	MoO ₄ ²⁻

Çizelge 2. Bitki besin maddelerinin bitkideki konsantrasyonları ve fonksiyonları

Sembol	Konsantrasyon	Bitkilerde başlıca fonksiyonu
Karbon (C)	% 45	Organik bileşiklerin yapı taşı
Hidrojen (H)	% 6	Yapı bileşeni
Oksijen (O)	% 43	Yapı bileşeni
Azot (N)	% 1-6	Protein, klorofil ve nükleik asitlerin yapı bileşeni
Fosfor (P)	% 0.05-1	Enerji transferi, nükleik asitler ve fosfolipitler
Potasyum (K)	% 0.3-6	Protein sentezi, karbonhidratların translokasyonu,
Kalsiyum (Ca)	% 0.1-3	Hücre duvarı yapı unsuru, hücre zarı inceliği ve geçir.
Magnezyum (Mg)	% 0.05-1	Klorofilin yapı bileşeni, enzim aktiv. hücre bölünmesi
Kükürt (S)	% 0.05-1.5	Protein yapı unsuru, solunum ve nodül oluşumu
Demir (Fe)	10-1000 ppm	Klorofil sentezi, oksidasyon redüksiyon olayları
Manganez (Mn)	5-100 ppm	Oksidasyon redüksiyon reaksiyonları, nitrat redüksiyon
Bakır (Cu)	2-50 ppm	Enzim aktivatörü, nitrat redüksiyonu
Çinko (Zn)	5-100 ppm	Enzim aktivatörü,
Bor (B)	2-75 ppm	Hücre oluşumu ve başkalaşım, karbonhidrat taşınması
Molibden (Mo)	0.01-10 ppm	Nitrat redüksiyonu, baklagillerce atmosferik N'un fiks.
Klor (Cl)	% 0.05-3	Fotosentezde fotokimyasal reaksiyonlar
Nikel (Ni)	<3.0 ppm	Üreazın metal bileşeni, tohum verimliliği

Bitkilerin beslenmeleri, büyüyüp gelişmeleri, yüksek miktarda ve kaliteli ürün verebilmeleri için toprağa veya bitkiye uygulanan içerisinde besin

elementlerinin birini veya birkaçını içeren doğal yada yapay maddeler gübre olarak tanımlanır.

Ticari olarak elde edilen içerisinde inorganik besin maddesi bulunan gübrelere mineral gübreler (ticari gübreler), doğal olarak elde edilen içerisinde organik besin maddeleri bulunan bitki ve hayvan atıkları ile doğal olarak oluşan maddelere ise organik gübreler adı verilir (Yağmur 2001).

3. Tarım Alanlarının Kirlenmesi

Verimli ve sürdürülebilir bir bitkisel üretimde başarıya ulaşmanın en önemli önlemlerden biri üç temel doğal kaynak olan hava, su ve toprağımızı kirlenmeden, herhangi bir zarar vermeden kaliteli ve yüksek verim almaktır. Birim alandan alınan ürün miktar ve kalitesinin yükseltilmesi ile toprağın verim gücünün düzeltilmesi ve korunması ise; ıslah çalışmaları ile yüksek verimli, iyi kaliteli ve dış etmenlere dayanıklı çeşitlerin elde edilmesi, sulama, toprak işleme, bitki koruma, gübreleme, ekonomi gibi konuların tümünün birden uygulanması ile mümkündür (Çolakoğlu,1984).

Tarım alanlarının kirlenmesinde elementlerin etkisi incelendiğinde mikro elementlerin bitki ve hayvanların fizyolojik ihtiyaçları yönünden, ağır metaller ise genelde sanayi alanlarındaki teknolojik kullanımlar açısından önemlidir. Ancak bunların bir kısmı ekosistem kirleticisi olarak ve beslenme zincirine katılarak insan sağlığını tehdit edebilirler. Ayrıca çok çeşitli endüstriyel baca gazları ve yoğun taşıt trafiği, metalurjik işlemlerden kaynaklanan baca gazları ile toz ve partikül

serpintileri, çöp yığınlarından, arıtma çamurlarından süzülerek taban suyuna veya akarsulara karışan atıklarda çevre kirliliğini arttıran diğer faktörlerdir. Endüstride ve tarımda kullanılan kimyasal maddelerin bir kısmı ağır metal içerir ve bunların yüksek dozlarda toprak ve bitki bünyesinde birikimi toksik etkiye neden olur. Bunun sonucu olarak da çeşitli çevre ve sağlık sorunları öne çıkmaktadır.

Çizelge 3. Kirlenici faktörlerin kökenleri (Haktanır ve Arcak, 1998)

Doğal	Dönüşen ve konsantre olan	Sentezlenen
Azot (nitrat, nitrit azot oksitler)	Kanalizasyon atıkları	Pestisitler
Ağır metaller	Kimyasal gübreler	Surfaktanlar
Asbest	Asit yağmurları	Radyonükleidler
Allerjenler	Petro kimya ürünleri	Sentetik Polimerler
Hidrokarbonlar ve Türevleri	Ağır metaller	Petro kimya ürünleri
	Surfaktanlar, hidrokarbonlar	

Çevre sorunları aslında insan ve onun aktivitesi sonucu ortaya çıkan problemlerdir. ABD’lerinde nüfusunun 170 milyon olduğu, henüz endüstrinin günümüzdeki düzeye ulaşmadığı yıllarda farklı endüstrilerin sebep olduğu kirlenmenin insan aktivitesi sonucu oluşan kirlilik eşdeğeri şu şekilde belirlenmiştir.

Çizelge 4. Çeşitli endüstri kuruluşlarının oluşturduğu kirliliğin insan metabolizması cinsinden cinsinden oranları (Haktanır ve Arcak, 1998)

Kirlilik unsuru	Kişi sayısı (insan aktivitesi eşdeğeri)
Kağıt sanayi	44 milyon
Fermantasyon sanayi	30 milyon
Et işleme tesisleri	13 milyon
Tekstil sanayi	10 milyon
Konserve sanayi	9 milyon
Şeker sanayi	17 milyon
Petrol rafinerisi	4 milyon
Sentetik sanayi (lastik, deri, sabun, yağ vs)	5 milyon

4. Ağır Metal

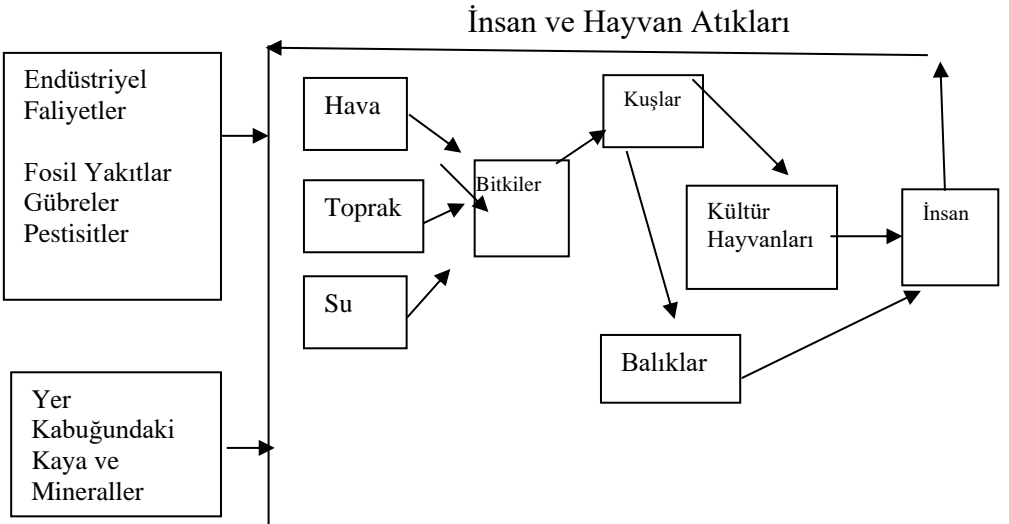
Özgül ağırlıkları 5 gr/cm^3 'ten atom numaraları 20'den büyük olan bazıları tarımda "eser element, iz element veya mikro besin maddeleri" olarak bilinen periyodik cetvelde geçiş elementleri olarak geniş bir grubu oluşturan elementler ağır metal olarak tanımlanmaktadır. Bu elementler arasında arsenik, kadmiyum, kobalt, krom, civa, nikel, kurşun, vanadyum, demir, bakır, çinko ve mangan sayılabilir. Gelişmiş teknoloji bu elementlerin kullanımına geçmiştekinden daha fazla ihtiyaç duymaktadır. Ağır metaller insan ve diğer tüm canlılar için belirli bir konsantrasyonun üstünde toksik maddelerdir. Her yıl çeşitli yollarla (madenler, fosil yakıtlar, endüstri) tonlarca ağır metal atmosfere ve sulara katılmaktadır.

Literatürümüze çevre kirliliği ile giren ağır metal teriminin bu şekilde kullanımı bütünüyle tatmin edici değildir. Çünkü metal ve metal olmayan elementler arasındaki farkın kesin olmadığı gibi, periyodik cetvelde 84 elementin metal olduğu kabul edilmiştir.

Çevre kirliliği yönünden yukarıdaki belirtilen tanımlamaya göre 70 elementin bu tanımlamaya uyduğu, bunlardan 16'sının sentetik olup doğada bulunmadığı bilinmektedir. Çevre ve ekolojik yönden ağır metal terimi kirlilik (kirlenme) ve toksisite anlamında kullanılmakta ve genellikle atom numarası yirmiden büyük (>20) olan metaller bu tanıma uymaktadır (Phipps, 1981). Çevre kirliliği açısından toplam 70 kadar element ağır metal olarak bilinmekle birlikte, ekolojik açıdan 20 kadar elementin en önemli elementler olduğu bilinmektedir.

Topraklara ağır metaller çeşitli yollarla karışır. Bunlar sırasıyla ana materyal, atmosferden gelen emisyonlar (sıvı, katı ve gaz halinde), gübreler, tarım ilaçları, organik atıklar ve diğer inorganik kirleticilerdir. Ancak bunların bir kısmı bitkiler tarafından alınır, bir kısmı yıkanır ve civa (Hg), selenyum (Se) ve arsenik (As) gibiler ise uçarak kaybolabilir (Haktanır ve Arcak, 1998)

Bitkisel üretimde verimi artırmak için kullanılan kimyasal gübreler ve pestisitler zaman içerisinde buldukları ortamda ayrışamayan metal ve ağır metal tuzları olarak birikim göstermektedirler. Çeşitli atık uygulamaları ile önce suya ardında toprağa bulaşan ağır metaller; önce bitkiler, hayvanlar tarafından sonrada bunları tüketen insanlar tarafından alınmakta ve bu yolla tüm canlıları yaşamını olumsuz yönde etkilemektedirler (Haktanır ve Arcak, 1998).



Şekil 1. Ağır metal kaynakları ve onların ekosistem içindeki hareketleri

Çizelge 5. Bazı temel endüstrilerdeki kirletici ağır metal dağılımı (Saatçi ve ark., 1988)

Sanayi	Demir	Bakır	Çinko	Mangan	Krom	Kadmiyum	Nikel	Kurşun	Kalay	Civa
Kağıt sanayi	-	+	+	-	+	-	+	+	-	+
Kimyasal gübre sa.	+	+	+	+	+	+	+	+	-	+
Petro-kimya sanayi	+	+	+	-	-	+	-	+	+	+
Petrol rafinerasyonu	+	+	+	-	+	+	+	+	+	-
Klor sanayi	+	-	+	-	+	+	-	+	+	+
Demir çelik sanayi	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+
Metal sanayi	-	+	+	-	+	+	-	+	-	+
Otomobil ve uçak	-	+	-	-	+	+	+	-	-	+

5. Toprak Kirliliği

Bilinçli yada bilinçsiz olarak toprağa ulaşan zararlı maddelerle toprak yapısının (fiziksel, kimyasal ve biyolojik) bozulmasına toprak kirliliği denir. Toprak kirliliği sonucu doğal ve yapay çevrenin bozulması sonucu tüm canlı yaşamının direkt etkilenmesi, temizlenmesi zor, bazense hiç mümkün olmayan tehlikeli bir ortam yaratması sebebiyle en çok üzerinde durulması gereken bir konudur.

Gübreler bitkiler için mutlak gerekli olan besin maddelerini içeren kimyasal bileşiklerdir. Gübrelerin toprağa uygulanmasının amacı çeşitli yollarla topraktan uzaklaşan besin maddelerini tekrar toprağa kazandırmaktır. Fakat Aşırı miktarlarda ve bilinçsizce kullanımı çeşitli çevresel sorunlara yol açmaktadır. Bu açıdan bakıldığında günümüz tarım kültüründe en çok kullanılan gübre tipi kimyasal ya da ticari olarak adlandırılan gübrelerdir.

Tarımda sağlıklı bir toprak yapısına sahip olma zorunluluğu hedefe ulaşmada birinci şarttır. Tarımsal faaliyetlerimizde arzulanan hedeflere ulaşabilmemiz için topraktaki bütün etkenleri iyi bilmek, bu etkenler arasındaki uyum ve denge bozulduğunda topraktan iyi ürün almanın

mümkün olamayacağını çok iyi bir şekilde kavramak, her geçen gün daha da önemli bir hal almaktadır. Çünkü hızla artan nüfusumuzun besin maddesi ihtiyacının karşılanması için tarımsal üretimimizin de aynı oranda artırılması zarurieti topraklarımızın hızla fakirleşmesine yol açmakta ve topraktaki dengeler bozulmaktadır. Bu dengeleri bozan faktörlerin başında birim alandan daha fazla verim alabilmek için bilinçsizce uygulanan kimyasal gübrelerin toprakta yarattığı olumsuzluklar gelmektedir

Ülkemizde ve tüm dünyada çevre kirliliği olarak adlandırılan ve antropojen faaliyetler sonucu oluşan su, toprak ve hava kirliliği sorunları, alıcı ortam olma nedeniyle önce su ve hava kirliliği daha sonrada toprak kirliliği olarak ortaya çıkar. Bunun sonucu da kirli topraklarda yetiştirilen, kirli sularla sulanan ve insanlarca tüketilen tarım ürünleri yani sebze ve meyve kirliliğidir.

Çizelge 6. Bazı araştırmacılar tarafından önerilen ağır metal kriter değerleri (ppm)

Kaynak	Fe	Cu	Mn	Zn	B
Schachtschabel (1989)	%0,5-5				
Alloway (1990)		2-250			
Kloke (1979)		100		300	
Kabata-Pendias ve Pendias (1992)			164-1330		
Mengel ve Kirkby (1987)			200-3000		
Goncharuk ve Sideronko, (1986)				110	
Sauchelli, (1969)					>5
	Cd	Co	Ni	Pb	Cr
Kloke (1979)	3	50	50	100	100
Feige ve Grunwaldt, (1977)	100				
Alloway, (1990)		0,5-65		2-300	5-1500
Kitagishi ve Yamane (1981)			100		
Goncharuk ve Sideronko (1986)			35	35	100
Hakerlerler ve ark., (1994)			50	100	100
Bergmann, (1993)				1-20	

Çizelge 7. Bazı gübreler ve dolomitin ağır metal içerikleri (mg/kg)

Gübreler	Demir	Bakır	Çinko	Kadmiyum	Kobalt	Krom	Nikel	Kurşun
MAP	11800	2,9	69	5,7	4	66	39	<3
DAP	11200	2,6	71	5,6	4	68	37	<3
TSP	10800	3,1	108	9,3	5	92	36	3
Üre	<3	<0,4	<1	<1	<1	<3	<1	<3
Amonyum Nitrat	180	<0,3	<3	<2	<1	<5	7	<3
Potasyum Sülfat	540	<0,5	<3	<2	1	<3	5	<3
Dolomit	120	<0,2	<2	<1	<1	<3	5	<3

Çizelge 8. Tarım topraklarının ağır metal içerikleri (Bowen, 1979)

Ağır metal	Değişim aralığı (mg/kg)	Bulunan miktar (mg/kg)
Fe	7000-55000	38000
Cu	2-250	20-30
Zn	10-300	50
Mn	20-10000	1000
Cd	0.01-2.4	0.2-1
Co	1-40	10
Cr	5-1500	70-100
Ni	2-1000	50
Pb	2-300	10-30 kırsal, 30-100 kent
Mo	0.2-5	1-2
Se	0.01-2	0.5
As	0.1-50	1-20
Sn	1-200	4
Hg	0.01-0.3	0.03-0.06

Çizelge 9. Arıtma çamurunun ağır metal içerikleri

Element	Arıtma çamurundaki konsantrasyon değişimi (ppm)	Arıtma çamurunun ortalama konsantrasyonu (ppm)	Yer kabuğunun ortalama konsantrasyonu (ppm)
Pb	300 – 7150	3900	15
Cu	250 – 9000	1000	30
Cr	150 – 6800	1000	70
Zn	165 – 5000	3700	60
Cd	4 – 275	70	0,2
Ni	50 - 1450	300	1

6. Bitki Kirliliği

Bitki kirliliğine sebep olan ağır metallerin bitkiler tarafından alımında birçok faktör etkili olmaktadır. Bu faktörler arasında; bitkinin çeşidi, bitki kısmı, bitki ve bitki organlarının yaşı, bitkinin gelişim dönemi, bitkinin ağır metale dayanıklılığı ve ağır metal transfer faktörü gibi faktörler sayılabilir (Hasselbach, 1992).

Bitki çeşidi, ağır metal alımını açısından oldukça önemli bir faktördür. Monokotyledoneae (tek çenekli) bitkiler, dikotyledoneae (çift çenekli) bitkilere göre daha düşük ağır metal biriktirme eğilimi gösterirler. Bu iki bitki çeşidi farkı özellikle kadmiyum (Cd) ve Nikel (Ni) alımı açısından dikkat çekicidir.

Bitkinin vejetatif ve generatif kısmı ağır metal alımı ve biriktirme açısından farklılık göstermektedir. Generatif bitki organlarında, vejetatif aksamalara göre daha az ağır metal biriktiği, alınan ağır metallerin büyük bir kısmının köklerde toplandığı bildirilmektedir (Hasselbach, 1992). Pritz ve ark. (1976) tarafından yapılan bir çalışmada sebzelerin tüketilebilir kısımlarındaki ağır metal birikiminin $Zn>Pb>Cu>Ni>Cr>Cd$ şeklinde sıralandığı, yapraklardaki metal miktarının kök/yumru (ürün) içeriğine göre yüksek olduğu, meyvedeki değerlerin ise diğer kısımlara oranla en düşük düzeyde bulunduğu saptanmıştır (Özbek ve ark., 1993)

Vejetasyon periyodu içerisinde bitki yaşının artışına paralel olarak birçok makro ve mikro besin maddesi ve bitki besin maddesi olmayan ağır metallerin miktarları azalır. Bitki yaşı yanında bitkideki ağır metal

miktarında, bitki gelişim dönemi de oldukça önemlidir. Bitki bünyesinde bitkinin hızlı gelişim döneminde seyrelme etkisi nedeniyle daha az ağır metal bulunmaktadır. Ayrıca bütün ağır metaller için bir tolerans sınırının olduğunu, bu sınır aşıldığında bitkide bazı metabolik bozulmaların oluştuğu, bunun sonucu olarak da verim ve kalitenin düştüğü, tolerans sınırının bitkiye ve elemente göre değiştiği bildirilmektedir (Hasselbach, 1992).

Bitkiler yüksek miktarlardaki bazı elementlere (Cu, Zn, Cr, Ni) hayvanlardan daha duyarlı reaksiyon gösterirler. Bu özelliklerinden dolayı bitkiler, bu metallerin (Cu, Zn, Cr, Ni) insan ve hayvanlarda oluşturacağı olası bir tehlike için iyi bir indikatör oluştururlar. İnsanlar ve hayvanlar için yüksek konsantrasyonlar bitkiler tarafından tolere edilebilmektedir. Ancak bazı ağır elementler (Cd, Hg, Tl) için bu durum tam tersi olabilmektedir.

Transfer faktörü ise, topraktan bitkiye ağır metal aktarımında bir ölçüdür. Bu faktör, bitkideki ağır metal miktarının topraktaki ağır metal miktarına oranıdır.

Çizelge 10. Ağır metallerin bitki ve hayvan beslenmesinde gerekliliği ve kirletici element olup olmadığı (G:Gerekli K:Kirletici) Haktanır ve Arcak, 1998).

Element	Özgül ağırlık g/cm ³	Bitki ve Hayvan için gereklilik	Kirletici olup olmadığı
Demir	7,9	G	K
Bakır	8,9	G	K
Çinko	7,1	G	K
Mangan	7,4	G	K
Molibden	10,2	G	K
Vanadyum	6,1	G	K
Nikel	8,9	G	K
Kadmiyum	8,7	-	K

Kobalt	8,9	-	K
Krom	7,2	-	K
Kurşun	11,3	-	K
Gümüş	10,5	-	K
Civa	13,6	-	K
Platin	21,5	-	K
Talyum	11,9	-	K
Kalay	7,3	-	K
Uranyum	19,1	-	K

Bitki gelişiminde azalmaya yol açan konsantrasyonlar noksanlık veya toksik düzeyi olarak ifade edilmektedir. Bazı ağır metallerin toprak, sebze ve meyvelerde bulunması gereken sınır değerleri Çizelge 11’de verilmiştir. (Brohi ve ark.1994).

Çizelge 11. Toprak, sebze ve meyveler için ağır metal sınır değerleri (ppm)

Element	Toprak	Sebze ve Meyveler
Kurşun	2.0–13.4	6-9
Kadmiyum	<0.1	<0.5
Bakır	5.0–5.6	2-20
Nikel	10–50	1-10
Mangan	100–400	10-20
Çinko	60–780	5-100
Kobalt	1–20	0.02-0.50
Krom	10–80	0.1-1.0

7. Su Kirliliği

Su hem organik hem de klasik tarımın vazgeçilmez girdilerinden birisidir. Sulamanın asıl amacı varolan koşullara göre bitkide verim ve kalitede herhangi bir azalışa yol açmadan uygun miktarlarda ve uygun zamanlarda suyun kök bölgesine ulaştırılmasıdır. Su kaynaklarının kirlenmesi son yıllarda hızlı endüstrileşme ve kentleşme ile artan nüfusa paralel olarak gündemde ilk sıralara oturmuş bulunmaktadır. FAO’nun

yapmış olduğu çalışmalar her 21 yılda suya olan gereksinmenin 2 katına çıktığını ortaya koymuştur. Bu nedenle elde var olan kısıtlı tatlı su kaynaklarının uygun kullanımı ve kirletici etkilerden korunması oldukça önem arz etmektedir. Su kaynaklarının kirlenmesinde endüstriyel radyoaktif ve kentsel kirlenme yanında önemli diğer bir kirleticide tarımsal kirlenmedir (Tuncay, 1994).

Su çok iyi bir çözgen olması sebebiyle atık alıcı ortamı oluşturmaktadır. Endüstri kuruluşlarının birçoğu, üretim aşamasında büyük miktarlarda su tüketir ve kirletilen üretim artığı niteliği değişmiş suları herhangi bir dereye, çaya, denize vs. boşaltır. Ülkemizde birçok dere, çay, göl, nehir bu tip kirlilik nedeniyle sulamada kullanılamaz hale gelmiştir. Örneğin Gediz Nehri birçok endüstri atıklarıyla, belediyelerin nehir yatağını çöplük olarak kullanmasıyla ve yerleşim alanlarının kanalizasyon sularının deşarj edilmesiyle kirlenmiştir. Çeşitli endüstri kuruluşlarının birim üretim için boşalttıkları atık su miktarlarından bazı örnekler aşağıda çizelge de verilmiştir.

Çizelge 12. Endüstri kuruluşlarının birim üretim için boşalttıkları su miktarları (Saatçi ve ark., 1988)

Endüstri tipi	Birim üretim için atık su miktarı (ton)
Mezbaha ve et ürünleri	30
Bira endüstrisi	10-15
Süt endüstrisi	2-10
Konserve endüstrisi	5-54
Şeker endüstrisi	24
Tekstil (pamuklu) endüstrisi	110-700
Tekstil (ipekli) endüstrisi	1000
Tekstil (yünlü) endüstrisi	500-600
Demir-Çelik endüstrisi	40-57
Sabun-deterjan endüstrisi	20
Otomativ endüstrisi	37

Su kaynaklarını kirlenmesinde endüstriyel, radyoaktif ve kentsel kirlenme yanında önemli bir diğer kirleticide tarımsal kirlenmedir. Tarım sektöründe yüksek verim almayı amaçlayan üreticiler yoğun şekilde kimyasal gübreler, pestisitler ve benzeri maddeleri kullanmakta hatta su bulamayınca kanalizasyon niteliğindeki suları da kullanılarak toprak ve yeraltı sularının önemli düzeyde kirlenmesine sebep olmaktadır.

Su Kirliliğini Yaratın Unsurlar

Su kirliliğini yaratın unsurları şu şekilde sıralayabiliriz:

- | | |
|---|----------------------|
| 1-Ağır Metal ve İz elementlerle Kirlenme | 10-Petrol Kirlenmesi |
| 2-Erozyondan Kaynaklanan Sediment Kirliliğini Kirlenme | 11-Endüstriyel |
| 3-Tarımsal Mücadele İlaçlarının Yarattığını Kirlilik Kirlenme | 12-Deterjanla |
| 4-Zararlı ve Zehirli Maddelerle Kirlenme Kirlenme | 13-Termal |
| 5-İnorganik Besin Elementleriyle Kirlenme Kirlenme | 14-Organik |
| 6-Atmosferik Kirlenme Kirlenme | 15-Radyoaktif |
| 7-Yetiştiricilikten Kaynaklanan Kirlenme Kirlenme | 16-Katı Maddelerle |
| 8-Turizmden Kaynaklanan Kirlenme | 17-Asit Yağmurları |
| 9-Mikroorganizmalar | |

Yukarıda verilen su kirletici unsurların toplam dört kaynaktan oluştuğu kabul edilmektedir. Bu kaynaklar, evsel, endüstriyel, tarımsal ve diğer kaynaklar olarak sınıflandırılır. Tüm bu kaynakların oluşturduğu çevre sorunları, farklı yer uygulamalarda çok farklı sonuçlar şeklinde ortaya çıkabilmektedir.

Endüstri kuruluşlarının üretim aşamasında kullandıkları kirli ve üretim artığı pis sular, kullandıkları yerlere göre çeşitli ağır metaller ve iz elementler ile toksik maddeler içerirler. Arıtma işlemi uygulanmadan en yakın akarsu, dere, çay veya drenaj kanalı vasıtasıyla denize boşaltılan bu sular içinde yaşadıkları canlıların olumsuz etkilenmesi yanında, tarım alanlarında kullanılması ile bu alanların kirletilerek elden çıkması gibi bir takım çevre sorunlarına da neden olurlar. Su ve toprak kirlenmesi; tarımsal faaliyetler ve bitkisel üretimi kalite ve kantite yönünden etkilemektedirler.

Su ve toprak kirliliğinin tarımsal üretimde verim ve kalite üzerine olan olumsuz etkileri bitkisel ve hayvansal ürünlerin tüketilmesi durumunda zararlı sonuçlar yaratması nedeniyle bu ürünlerin kullanımını bazen mümkün olmamaktadır. Bu bağlamda özellikle bitkisel üretimde kullanılan sulama sularının ağır metal içerikleri oldukça büyük önem arz etmektedir.

Çizelge 13. Tarım amaçlı kullanılan sulama sularının ağır metal sınır değerleri (ppm)

Ülkeler	Kadmiyum	Kobalt	Krom	Bakır	Nikel	Kurşun	Çinko
FAO	0,010	0,05	0,1	0,20	0,20	5,0	2,0
ABD	0,005	0,20	5,0	0,20	0,50	5,0	5,0
İngiltere	0,020	-	2,0	0,50	0,15	2,0	1,0
Hollanda	0,010	0,20	1,0	0,20	0,20	5,0	2,0
Avustralya	0,010	-	1,0	0,20	0,20	5,0	2,0
Japonya	0,005	-	-	0,02	-	0,1	0,5

Çizelge 14. Kıta içi su kaynakları su sınıflamasında sulama sularının ağır metal kriter değerleri (Anonim, 2004)

Ağır	I. sınıf	II. sınıf	III. sınıf	IV. sınıf
Metal				
Fe (ppm)	0,3	1,0	5,0	>5,0
Zn (ppm)	0,2	0,5	2	>2
Cu (ppm)	0,02	0,05	0,2	>0,2
Mn (ppm)	0,01	0,05	3	>3
Cr (ppm)	0,02	0,05	0,2	>0,2
Co (ppm)	0,01	0,02	0,2	>0,2
Ni (ppm)	0,02	0,05	0,2	>0,2
Pb (ppm)	0,01	0,02	0,05	>0,05
B (ppm)	1,0	1,0	1,0	> 1,0

8. Hava Kirliliği

Doğal olarak havada bulunmayan maddelerin hava bileşimine karışması veya normal koşullar altında çok az bulunan maddelerin yüksek konsantrasyonlara ulaşmasına hava kirliliği denilmektedir. Dünya sağlık teşkilatı (WHO)'na göre hava kirliliği ise “insan, bitki, hayvan ve madde üzerine zarar verebilen veya rahat yaşam konforunu bozan, maddeyi aşırı şekilde etkileyen bileşenlerin (kum, toz, uçucu kül, kurum is, duman, buğu, tütsü, sis, pus, buhar, gaz, koku vs) miktar, özellik, yapı ve zaman (süre) olarak atmosferindeki varlığı” olarak tanımlanmaktadır.

Hava kirliliğine sebep olan ve bunun sonucu olarak ta toprak ve bitkide olumsuz etkide bulunan kimi bileşikler, kükürt dioksit, fosforlu bileşikler, kireç tozları ve azotlu bileşiklerdir

Hava kirlenici unsurları kaynaklarına, kaynaktan çıkış niteliklerine ve kimyasal yapılarına göre sınıflandırmak mümkündür.

Kaynaklarına Göre:

1-Doğal Kaynaktan Oluşan Kirleticiler: Yanardağ faaliyetleri veya orman yangınları sonucu oluşan hidrokarbon ve diğer mineral partikül maddeler, doğadaki çürüme olayları sonucu çıkan metan (CH) ve kükürtlü bileşikler H₂S, ve gazlar doğal kaynaktan oluşan kirleticilerdir.

2-Yapay Kaynaktan Oluşan Kirleticiler:

Patlamalı motorlardan çıkan NO₂, CO, Pb bileşikleri, hidrokarbonlar (HC), ozon, fosil yakıt kullanımından oluşan (linyit, kok, fuel yağlar) kükürtdioksit dumanı ve partikül maddeler yapay kaynaktan oluşan kirleticilerdir.

Kaynaktan Çıkışına Göre:

1-Primer Kirleticiler: SO₂, H₂S, NO, CO, CO₂ HF, HCl, Pm (partikül madde) kaynaktan doğrudan çıkarak hava kirletici özelliklere sahip olan bileşenlerdir.

2-Sekonder Kirleticiler: SO₂, H₂SO₄, NO₂, aldehitler, ketonlar, asitler vb. atmosferde bazı reaksiyonlar sonucu primer kirleticilerden türeyen kirleticilerdir.

Kimyasal Yapılarına Göre

1-Organik kirleticiler: Organik gazlar (Fenol, etilen, benzen, tolüen, etanol, hidro karbonlar vb.) ve organik partikül maddeler (molekül ağırlığı fazla olan polinükleer hidrokarbonların fenolik ve karboksilik bileşikleri)

2-İnorganik Kirleticiler: İnorganik gazlar (O₃, Cl₂, CO, NO_x, H₂S), İnorganik partikül maddeler (ağır metaller, tuzlar, ve çeşitli mineraller)

Toplumların yaşam alışkanlıklarına endüstriyel ve tarımsal üretim tekniklerine bağlı olarak ortaya çıkan organik ve anorganik zararlı maddeler ekosferin madde miktarını (bilançosunu) önemli ölçüde etkilemektedir. Bu maddeler çeşitli kaynaklardan gaz, sıvı veya katı şekillerde ortaya çıkarak hava su ve toprağa ulaşır. Sonuçta bitkiler, hayvanlar ve insanlar bu durumdan etkilenirler. Organik veya anorganik özellik taşıyan bu maddelerin zararlı olup olmamaları etkili dozlarına bağlıdır. Söz konusu maddelerin konsantrasyonlarının belli sınır değerinin üzerine çıkması toksik etkiyi yaratır. Çevreye bir bütün olarak bakıldığında çeşitli besin maddelerinde, hayvan yemlerinde, havada ve iş yerlerindeki atık maddelerde zararlı bileşik ya da çoğu ağır metallerden oluşan elementlerin toksik etki yaratacak düzeylere çıktığı görülür.

Sanayi ve modern yaşamın sonucu olarak atmosfere karışan gaz ve toz halindeki zararlı maddelerin önemli bir kısmı yağışlarla tekrar toprağa döner. Genellikle toprağa sızan sulardan, içme suyu özelliği taşıyan temiz suların elde edildiği bilinmektedir. Ancak zararlı maddelerin akarsulara ulaşması sonucu göl, nehir ve deniz tabanları zararlı maddeler açısından önemli derecede zenginleşir. Çeşitli yerlerden getirilerek toprak yüzeyine depolanan çöp atıkları da kısmen birikebilir. Bu ortamda immobil forma geçebilir veya söz konusu zararlı maddeler cinslerine, miktarlarına ve de toprak özelliklerine bağlı olarak toprak çözeltisinde kalabilirler. Bunlar daha sonra bitki tarafından alınmak suretiyle besin zincirine ulaşırlar. Diğer yandan yıkanma yoluyla taban suyuna

ulaşabilir ve bu suretle içme suyunda kontaminasyona neden olabilirler. Zararlı maddeler içindeki çözünmüş ve çözelti fazına geçebilen bölüm ekolojik bakımdan önem taşımaktadır.

Önemli bir nokta da yüzey toprağına ulaşan zararlı maddelerin su ve rüzgar etkisiyle oluşan erozyonlar ve sürüklenmeler ile daha geniş alanlara, yayılabilmeleridir. Bu arada atmosfere karışan, buhar basıncı yüksek olan civa ve organik bileşikler yağış suları ile tekrar toprağı dönüş yaparlar.

Söz konusu ağır metaller, bir taraftan bitkiler diğer taraftan içme suları aracılığı ile insan organizmasına ulaşırlar. İnsan organizmasına ulaşan bu maddelerin metabolizma üzerinde olumsuz etkiler yaptıklarına ilişkin yoğun çalışmalar mevcuttur.

9. Toprak Bitki Su ve Hava Kirliliğı Yaratan Bazı Ağır Metallerin Özellikleri

Arsenik

- Deterjanlarda ve tekstil sektöründe kullanılmaktadır
- Toprakta 2-20 ppm konsantrasyonunda rastlanır.
- Toprakta fosfor dinamiğini etkiler, bu nedenle demir, alüminyum ve kalsiyum gibi elementler toprakta Arsenik fiksasyonunda etkili olur

Bitkilerde

- Yaşlı yapraklarda kırmızı kahverengi lekeler oluşturur
- Köklerde sararma ve kahverengileşmeye

- Buğdaygillerde kötü kardeşlenmeye sebep olur

Civa

- Termometre ve barometre gibi ölçüm aletleri yapımında
- Plastik Üretimi ve tohum ilaçlarında kullanılır
- Toprakta 0,02 – 0,5 ppm civarında bulunurlar
- Toprakta iyon formları tekrar değişemez çok kuvvetli bağlar yaparlar

Bitkilerde

- Aşırı bodurlaşma
- Çimlenme güçlüğü
- Yapraklarda klorozis ve uçlarda kahverengileşmeye sebep olur

Kadmiyum

Kadmiyum çok düşük konsantrasyonlarda bile canlılar için (hayvanlar ve insanlar) toksik olan bir elementtir. Japonya'nın Toyama kenti çevresinde görülen ve Itai-Itai hastalığı olarak bilinen hastalık, kronik bir Cd zehirlenmesi durumudur. Kadmiyum fazlalığı böbrek rahatsızlığına, yüksek tansiyona, nefes yoluyla alınması durumunda da akciğer hastalığına yol açmaktadır. Hayvan beslenmesinde Cd, etkisi giderek artan birikici bir zehirdir. Dünya sağlık örgütü (WHO)'nün bildirdiğine göre 60 kg ağırlığında bir insan için haftalık 0.4-0.5 mg Cd alımı tolere edilebilir sınır olarak kabul edilmektedir. Kadmiyum özellikle ciğer ve böbreklerde birikim gösterir ve birikim miktarı

insanlarda tüm vücutta bulunan miktarın yaklaşık %50'si kadardır (Özbek ve ark., 1993).

Bitkiler kadmiyumu topraktan alırlar. Normal koşullar altına bitkilerin havadan aldığı kadmiyum miktarı yok denecek kadar az iken endüstri bölgeleri ve araç trafiğinin yoğun olduğu yollara yakın alanlarda yetiştirilen bitkilerde bulunan toplam kadmiyumun yarıya yakın kısmı (%40'ından fazlası) havadan alınmaktadır. Bitkilerdeki Kadmiyum miktarı bitkinin cins ve türüne, bitkinin organlarına göre de farklılık göstermektedir. Kadmiyum bitkide en çok yapraklarda, bir miktar da köklerde bulunmaktadır. Sap meyve ve danelerin kadmiyum içeriği oldukça düşüktür. Bezelye, fasulye, lahana, patatesten genel olarak kadmiyum düşük; buna karşın kereviz, yeşil lahana, ıspanak ve kıvırcık salatada oldukça yüksek kadmiyum bulunmaktadır. Buğdaygillerden ise buğday ve yulaf danesi arpa ve çavdar danesine oranla fazla kadmiyum içermektedir (Özbek ve ark., 1993). Van Pettersson (1977) tarafından marul, pancar ve domates kadmiyuma duyarlı bitkiler olarak sınıflandırılmıştır (Bergmann, 1993). Haselbach (1992), kaldırdıkları kadmiyum miktarına göre bit türlerini sebze>tahıl>ot şeklinde sıralamaktadır.

Bitkilerde kritik kadmiyum konsantrasyonu değişik araştırmacılar tarafından 2.0 ppm (Kabata Pendias and Pendias, 1992) veya 5-10 ppm (Austenfeld, 1979; Delschen and Werner, 1989); toksik kadmiyum (Cd) miktarı ise 5.0-30.0 ppm olarak bildirilmiştir (Kabata Pendias and Pendias, 1992). Farklı bitkiler için sınır değerler olarak; fasulye için 0.7 ppm, bezelye için 2.0 ppm, marul için >40 ppm, mısır için 23 ppm, domates için >35 ppm değerleri kriter değerler olarak belirlenmiştir

(Klein ve ark., 1981). Raja ve ark., (1977) yaptıkları çalışmada yeşil biberde 0.2-0.4 ppm marulda 0.3-0.4 ppm Cd değerlerini tespit etmişler, bu değerlerin FAO/WHO örgütüne göre yüksek olduğunu bildirmişlerdir.

Kadmiyum kaynakları:

- Endüstriyel ürün atıkları
- Kirli hava,
- Fosfatlı gübreler
- Arıtma ve dip çamuru
- Motorlu taşıt araçları

Kadmiyum

- Geniş ölçüde kaplama materyali olarak kullanılır
- Toprakta 0,1-1 ppm arasında bulunmaktadır
- Kadmiyum ile Çinko arasındaki jeokimyasal ilişkiler sonucu topraklarda Zn/Cd oranı yaklaşık 100 ppm civarındadır.

Çizelge 15. Farklı nitelikteki maddelerin kadmiyum içerikleri

Materyal Adı	Cd Kapsamı (ppm)
Yer kabuğu	0,18
Kirlenmemiş topraklar	<1
Kirlenmiş topraklar	1-53
Süperfosfat	38-48
Ham fosfat	31-90
Kömür	1-2
Motor yağı	0,5
Taşıt lastiği	20-90

Bitkilerde Noksanlık Belirtileri

- Yaprak kenarlarında kahverengileşme

- Klorozis
- Kırmızımtırak damarlar
- Kıvrılan yapraklar
- Kahverengi ve gelişmemiş kökler

Kurşun

Diğer ağır metallere oranla (Cd ve Hg gibi) daha az toksisite gösteren kurşun, canlılar tarafından alındığında başta ciğer, böbrek olmak üzere özellikle kemik ve dişlerde birikmektedir. Pb kontaminasyonunda öncelikle kandaki kurşun içeriği ölçülür. Bu miktar yetişkinlerde 0.35-0.40 mg Pb/lit, çocuklarda 0.25-0.30 mg Pb/lit'yi geçmemelidir. Pb hemoglobin sentezinde görev alan enzimleri (aminolavuliosit-dehidraz, porfilinsentez enzimleri) engellemekte, bunun sonucu anemi meydana gelebilmektedir. İnsanlar tarafından öncelikle gıda maddeleri ve solunumla alınan kurşun miktarı WHO (Dünya Sağlık Örgütü) tarafından 70 kg ağırlığında bir kişi için haftalık konsantrasyon 3.5 mg/hafta Pb tolere edilebilir sınırlar içerisinde kabul edilmektedir (Özbek ve ark., 1993).

Kurşun öncelikle bitkinin kök yüzeyinde yada kök içinde birikmekte ve ancak yüksek konsantrasyonda Pb uygulamasında üst organlara doğru taşınmaktadır. Genel bir kural olarak çeşitli bitkilerin kurşun içeriği <gövde<yaprak<kök şeklinde artış göstermektedir (Özbek ve ark., 1993). Kurşun işleyen sanayi kuruluşlarının yakınlarında , karayolları ve yoğun yerleşim yerlerine yakın bölgelerdeki bitkilerin Pb içeriği normal değerden birkaç kat daha fazladır (Özbek ve ark., 1993). Yapılan bir çalışmada bir maden işletmesine yakın alandaki mera bitkilerinde

normal değer olan 6-9 ppm kurşun değerine karşılık 6700 ppm kurşun miktarı saptanmıştır (Vetter ve Mahlhof, 1974).

Bergmann (1993)'a göre toksik Pb miktarı >50 ppm; Kabata-Pendias and Pendias (1992)'a göre 30-300 ppm olarak bildirilmiştir. Alman sağlık teşkilatı yiyecek maddeleri için yasal olarak belirlenen kritik kurşun değerlerini taze ağırlıkta yeşil lahanada 2.0 ppm; yapraklı sebzelerde 0.8ppm; gövdesi yenen sebzelerde ve meyvelerde 0.5 ppm; buğday danesinde 0.3ppm; meyvesi yenen sebzeler ve patatesten 0.25 ppm olarak bildirmişlerdir (Özbek ve ark.,1993). Hasselbach (1992), tahıl, ot ve sebzelerin kurşun içeriklerinin yaklaşık birbirinin aynı olduğunu, Bergmann (1993) ise meyvelerin sebzelere göre daha düşük kurşun içerdiğini bildirmektedirler.

Otoyol yakınlarındaki bitkilerde genelde 20-30 ppm; en yüksek 50-100 ppm; İsviçre'de kirlilik gözlenen bölgedeki bitkilerde ise 100-1000 ppm kurşun bulunduğu bildirilmiştir (Bergmann, 1993).

Kurşun

- Doğadaki Kurşunun büyük bölümü otomotiv endüstrisinde kullanılır.
- Tarım topraklarının Kurşun içeriği 2 – 2000 ppm gibi çok geniş bir aralıkta değişmektedir.

Bitkilerde Noksanlık Belirtileri

- Koyu yeşil yaprak
- Yaşlı yapraklarda kıvrılma

- Bodurlaşma
- Kahverengi ve kısa kök oluşumu

Kobalt

Kobalt, hayvanlar ve insanlar gerekli olan B₁₂ vitamininin ve bunun türevlerinin yapısında bulunan ayrıca baklagillerde N₂ bağlanmasında kullanılan mutlak gerekli bir elementtir.(Kacar, 1998). Kobalt bitkilerde enzim aktivitesini (methionin sentetaz, ribonukleotid redüktaz ve metilmalonilkoenzim a mutaz) artırır. Genel olarak bitkilerin olgun yapraklarında 0.02-1.00 ppm kobalt olduğu, tolere edilebilir değerin 5 ppm; toksik değerin ise 15-50 ppm olabileceği bildirilmiştir (Kabata-Pendias and Pendias, 1992).

Kobalt uygulaması ile patates yumrusunun nişasta içeriğinin daha yüksek olduğu, daha fazla yumru ürünü elde edildiği, domateste meyvelerinin daha iri olduğu, hücre büyümesinin teşvik edildiği, peroksidaz aktivitesinin geriletılarak β-indol asetik asit parçalanmasının yavaşladığı, enolez ve prüvik asit kinaz gibi enzim aktivitelerinin arttığı saptanmıştır (Bergmann, 1992).

Çizelge 16. Bazı Sebze ve meyvelerin Co içerikleri (Schacklette, 1989; Schacklette ve ark., 1978).

Bitki Çeşidi	Bitki Kısmı	Co (ppm)
Sırik Fasulye	Dane	0.02-0.05
Domates	Meyve	0.062-0.2
Lahana	Yapraklar	1.0-1.6
Marul	Yapraklar	0.046-0.21
Elma	Meyve	0.0083-0.016
Portakal	Meyve	0.019-0.045

Krom

Krom hem alınabilirliğinin düşük olması hem de bitkilerin krom içeriğinin de düşük olması sebebiyle genelde bitkilerin krom içerikleri 0.1-1.0 ppm arasında değişmektedir (Özbek ve ark., 1993). Bitki krom aldığı zaman alınan kromun önemli bir kısmı kök veya kök yüzeyinde bulunurken çok az bir kısmı bitkinin üst organlarına taşınır. Bu nedenle bitkideki krom miktarı . kök>yaprak>dane>meyve sıralamasına bağlı olarak azalmaktadır (Özbek ve ark.,1993).

Alloway (1990) bitkilerdeki krom miktarının 0.03-14.00 ppm olduğunu, genelde bitkilerin olgun yapraklarında krom miktarlarının 0.1-0.5 ppm (Kabata-Pendias and Pendias, 1992), 0.02-1.00 ppm (Mengel and Kirkby, 1978) olduğu bildirilmektedir. Özellikle duyarlı bitkiler için büyümenin engellendiği kritik krom konsantrasyonları 2.0 ppm (Kabata-Pendias and Pendias, 1992) veya 1-2 ppm (Mengel and Kirkby, 1978) olarak belirtilmiştir.

Lahouti ve Peterson Cr^{+4} 'ün Cr^{+3} 'e göre sürgünde daha çok biriktiğini, değişik bitkiler için Cr^{+4} alımı sıralamasının karnabahar> kırmızı pancar> turp> havuç> domates> mısır> arpa> mung fasulyesi (kudüs bezelyesi) şeklinde olduğunu bildirmişlerdir (Bergmann,1993).

Nikel

Nikel çok sayıda bakteri için mutlak gerekli olan bir mikro element olduğu gibi yüksek bitkilerde önemli işlevleri bilinen üreaz ve pek çok hidrogenaz enzimlerinin metal yapı maddesidir. Kısa bir süre önce yapılan araştırmalar, nikelin baklagil bitkileri için olduğu kadar baklagil

olmayan bitkiler içinde mutlak gerekli olduğuna ilişkin ciddi bulgular içermektedir. Marschner (1995) nikeli bitkiler için mutlak gerekli mikro element olarak listeye dahil etmiş, ancak konu ile ilgili tartışmalar hala sürmektedir.

Gıdalar yoluyla kişi başına alınabilecek günlük nikel miktarı 0.3-0.5 mg dolayında olmasına karşın, nikel tozları solunumla alınırsa akciğer kanserine neden olabilmektedir. Kömür, petrol ve nikel içeren benzinin yanması sonucu meydana gelen nikelkarbonil de kısmen kanserojen etkili madde özelliği taşımaktadır (Özbek ve ark.,1993).

Bitkilerin nikel içeriği genelde <3 ppm'dir. Almanya'da yetiştirilen buğday ve çavdar bitkilerinde danede 0.3-1.8 ppm Ni Saptanmıştır. Kuvvetli toksisite simptomsu ve verim düşüklüğüne neden olan 300 ppm civarındaki yüksek nikel içeriğine nikelce zengin topraklarda rastlanılmaktadır (Özbek ve ark.,1993).

Genelde bitkilerin olgun yapraklarında 0.1-5.0 ppm Ni bulunduğu, tolere edilebilir değerin ise 50 ppm olabileceği (Kabata-Pendias and Pendias, 1992); duyarlı bitkilerde büyümeyi engelleyici kritik nikel konsantrasyonunun 20-30 ppm (Delschen and Werner, 1989); toksik nikel miktarlarının 10-100 ppm (Kabata-Pendias and Pendias, 1992) ve %10 ürün azalışında miktarın ise 8-20ppm (Alloway, 1990) olduğu bildirilmiştir.

Bitkiler tarafından alınan nikel miktarı ile gelişme ortamının nikel içeriği arasında doğrusal bir ilişki vardır. Nikel bitkiler tarafından kolaylıkla ve hızlı bir şekilde alınır ve bitkilerdeki Ni^{+2} iyonunun hareketliliği

yüksektir. Kimi bitkilerde nikel bitkinin toprak üstü organlarında toplanırken kimilerinde tohumda toplanmaktadır.

Çizelge 17. Acı bakla ve çavdar bitkisinin nikel içeriği

Bitki	Organ	Nikel ($\mu\text{g g}^{-1}$)
Çok yapraklı acı bakla	Toprak üstü organı	0,81
	Tohum	5,53
Çavdar	Toprak üstü organı	0,62
	Tohum	0,28

Sommer'e (1984) göre bitkilerin vejetatif organlarına oranla generatif organlarının nikel içerikleri daha fazladır. nikel içeriklerini dikkate alan araştırmacı bitkileri vejetatif organlarına göre şeker pancarı>mısır>fasulye>buğday şeklinde generatif organlarına göre de fasulye>yulaf (kışlık) ve yazlık buğday >arpa şeklinde sıralamıştır.

Öteki ağır metallere benzer şekilde toprakların toplam ve bitkiye yarayışlı nikel içerikleri arasında ilişki bulunmamaktadır. Değişebilir nikel miktarı ile Bitkilerin nikel içerikleri arasında yakın ilişki saptanmıştır (Vanselow, 1966). Topraklarda değişebilir nikel miktarı 3-5 $\mu\text{g g}^{-1}$ 'dan fazla olduğu zaman çeşitli bitkilerde büyümenin olumsuz etkilendiği gözlenmiştir.

Bitkilerde gereğinden fazla bulunan nikel köklerin öteki besin elementlerini almasını önleyerek besin elementleri noksanlıklarının da ortaya çıkmasına neden olduğu gibi klorofil sentezi ve yağ metabolizması üzerine olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir. Nikel yüksek bitkilerde üreaz enzim aktivitesi için (Klucas ve ark.1983), bağımsız

yaşayan rizobium bakterilerinde hidrogenaz enzim aktivitesi için mutlak gerekli önemli bir elementtir (Maier ve ark.1990).

Nikel noksanlığında bitkilerin vejetatif ve generatif organlarında gelişme azalırken bitkide yeşil renk giderek azalmakta, yaprak damarları arasında kloroz ve nekrozlar oluşmaktadır. Normal tarım topraklarında yetiştirilen bitkilerde nikel noksanlığı genelde görülmezken, genelde nikel toksisitesi sorun olup özellikle kanalizasyon atıklarının kullanıldığı alanlarda daha sık ve yaygın şekilde görülmektedir.

Çizelge 18. Kimi sebze ve meyvelerin nikel içerikleri (Schacklette ve ark. 1978; Schacklette 1980)

Bitki	Analiz Edilen Organ	Ni ($\mu\text{g g}^{-1}$)
Domates	Meyve	0,43-0,48
Havuç	Kök	0,26-0,98
Hıyar	Meyve	1,30-2,00
Lahana	Yaprak	0,62-0,99
Marul	Yaprak	1,00-1,80
Patates	Yumru	0,29-1,00
Soğan	Baş	0,59-0,84
Tatlı Mısır	Tane	0,22-0,34
Yeşil Fasulye	Tane	1,70-3,70
Elma	Meyve	0,06
Portakal	Meyve	0,39

Nikel içerikleri az olan bitkiler üre şeklinde uygulanan azotlu gübreden yararlanamadıkları gibi üre bu bitkilere toksik etki de yapmakta, bu olgu ürenin püskürtülerek uygulanması durumunda daha belirgin şekilde ortaya çıkmaktadır.

Çizelge 19. Besin çözeltilisine nikel uygulaması ile bitkiye püskürtülerek üre uygulamasının soya fasulyesi bitkisinde üre konsantrasyonu ile üreaz enzim aktivitesi üzerine etkisi (Krogmeier ve ark. 1991).

Uygulanan Ni ($\mu\text{g L}^{-1}$)	Püskürtülerek üre uygulaması (mg üre yaprak ⁻¹)	Bitkide üre konsantrasyonu ($\mu\text{g g}^{-1}$)	Üreaz aktivitesi ($\mu\text{mol NH}_3 \text{ saat}^{-1} \text{ g}^{-1}$)
	0	64	2,2
0	3	1038	2,7
	6	6099	2,4
	0	0	11,8
100	3	299	11,3
	6	1583	9,6

Nikel için Kritik toksik düzey duyarlı bitkilerde $> 10 \mu\text{g Ni g}^{-1}$, orta düzeyde duyarlı bitkilerde $50 \mu\text{g Ni g}^{-1}$ olarak saptanmıştır. Artan düzeyde üre gübresi uygulamasında buğday bitkisinde kritik toksik düzey yükselmiş ve $63-112 \mu\text{g Ni g}^{-1}$ kuru maddede belirlenmiştir. Tarım topraklarının Ni içerikleri genelde çok azdır. Serpantin gibi olağanüstü bazik püskürük kayalardan oluşan toprakların Ni içerikleri çok yüksek olup böyle topraklarda yetişen bitkilerde Ni toksitesi yaygındır. Bu nedenle toprakların Ni içerikleri oluştukları ana materyalin özellikleriyle yakından ilişkilidir. Yüzeysel topraklarının Ni içerikleri toprağın olduğu ana materyal yanında kirlenme düzeyiyle de yakından ilgilidir. Son yıllarda yüzeysel topraklarının kirlenmesi önemli bir sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Değişik ülke topraklarının Ni içeriklerinin $0,2-450 \text{ mg kg}^{-1}$ gibi çok geniş sınırlar arasında değiştiği ABD topraklarında ise Ni miktarının $5-150 \text{ mg kg}^{-1}$ olduğu belirlenmiştir (Kabata-Pendias ve Pendias 1992).

Bazik ve volkanik kayalardan oluşmuş topraklarla organik maddece varıl topraklar ile killi ve tınlı topraklarda Ni miktarının göreceli olarak daha yüksek olduğu saptanmıştır. Ayrıca kurak ve yarı kurak yöre topraklarında da Ni miktarı genelde yüksektir. Dünya topraklarında ortalama olarak Ni miktarı 22 mg kg^{-1} ABD topraklarında ise 19 mg kg^{-1} olarak belirlenmiştir. Nikel bakımından zengin kayaçlardan oluşan topraklarda (İsviçre, İskoçya, Yunanistan) 100-5000 mg/kg nikel bulunmuştur (FAO, 1986). Topraklarda bulunan kilin cins ve miktarı yanında organik madde miktarında bitkilerde Ni alımını etkilediği saptanmıştır (Dietrich 1976; Romney ve Wallace 1977).

Toprak pH'sı da Ni alımı üzerine önemli etkili faktörlerden biridir. Toprak pH'sı 4,5'dan 6,5'a yükseldiği zaman yulaf tanesinin Ni içeriği yaklaşık 8 kat azalmıştır. Fosforlu gübre uygulaması ile bitkilerde Ni alımının arttığına ve azaldığına ilişkin bilgiler vardır. Buna karşın azotlu gübreler Ni alımını artırmakta ve potasyumlu gübreler Ni toksitesini azaltıcı etki yapmaktadır. Toprakta bulunan demir ve alüminyum oksitler Ni iyonunu adsorbe etmek suretiyle bitkilerin Ni alımı üzerine olumsuz etki gösterirler.

Solunumla alınan nikel tozları (nikel oksit, nikel sülfür, nikel karbonat) akciğer kanserine yol açarken, gıda yoluyla alınan nikel miktarı kişi başına 0.3-0.5 mg dozunu geçmemelidir.

Yağmur suyunda ortalama $2.5 \text{ } \mu\text{g/l}$, taban suyunda $1-6 \text{ } \mu\text{g/l}$; atmosfer havasında kırsal kesimde ortalama 6 ng/m^3 , şehirde $17-25 \text{ ng/m}^3$ ve endüstriyel bölgelerde 150 ng/m^3 nikel bulunmaktadır.

10. Toprak Bitki Su ve Hava Kirliliği Yaratan Bazı Ağır Metallerin İnsan Sağlığı Üzerine Etkileri

Demir

Demir fazlalığında

- Siroz,
- Pankreasın az çalışması sonucu diabet
- Deri renginin açılması
- Kalp ritim bozuklukları ve yetmezliği

Bakır

Bakır fazlalığında

- Karaciğerde bakır birikimi siroza,
- Doku tahribine yol açar.
- Böbreklerde aminoasitüri
- Akut – Gastrid problemler
- Testis Atrofisi hastalığı
- Görme bozuklukları

Çinko

Çinko fazlalığında

- Bulantı, kusma ve yüksek ateş
- Akciğerlerde su toplanması ve kanlı balgam çıkarma
- Nefes yollarında tahriş ve zatürre

- Tüm organları tutan kanserler
- Çeşitli deri hastalıkları
- Nefes almada güçlük

Mangan

Mangan fazlalığında

- Ruhsal ve parkinsona benzeyen sinirsel bozukluklar

Kadmiyum

Kadmiyum fazlalığında

- Ölümcül osteomalasi,
- Aminoasidüri
- Hipertansiyon
- Akciğer kanseri ve anfizem
- Üreme sistemi kanseri
- Böbrek yetmezliği ve üremi sonucu ölüm
- Böbrek ve idrar yolları kanserleri
- Prostat kanseri
- Kemiklerde sık kırılma

Kurşun

Kurşun fazlalığında

- Kansızlık,
- Sinir hastalıkları,

- Ensefalopati, h
- Hipertansiyon
- Ciltte kapanmayan yaralar
- Beyin harabiyeti ve ölüm
- Körlük
- Böbrek harabiyeti
- Nedensiz bayılmalar
- Hafıza bozukluğu
- Akciğer ve Böbrek kanseri
- Mide ve barsak kanseri
- Hamile kadınlarda düşük ve kısırlık

Nikel

Nikel fazlalığında

- Deriye tahribatı
- Kalp-damar sisteminde zararlanma
- Kanserojen etkili maddelerin oluşumu.

Kobalt

Kobalt fazlalığında

- Guatr
- Hipertiroidi
- Kalp yetmezliği

Arsenik

Arsenik fazlalığında

- Böbrek yetmezliği ve üremi sonucu ölüm
- Gelişmemiş bebek doğumları
- Karaciğer tümörü
- Akciğer kanseri
- Kansızlık
- Siroz
- Cilt kanseri
- Kan kanseri
- Duyu bozukluğu
- Reflex kaybı ve depresyon.

Civa

Civa fazlalığında

- Hafıza kaybı ve hayal görme
- Kişilik bozukluğu
- Nefes almada zorluk
- Akciğerlerde su toplanması
- Üremi
- Vücudun çeşitli bölgelerinde nedensiz kanamalar.

SONUÇ

Çevre sorunları hiç şüphesiz toplumda her kesimi farklı derecelerde ilgilendirmektedir. Ancak kuşkusuz ki, bu sorunlar özellikle ve öncelikle çiftçisinden, yayımcısından, bilim adamına kadar bütün olarak en çok tarım kesimini ilgilendirmek durumundadır. Bunun nedeni açıktır. İnsanoğlunun havasız susuz topraksız ve bunlara bağlı ürünler olmaksızın yaşaması düşünülemez. Bu nedenle çevre sorunlarını bilmek, bu sorunlara çözüm yolları aramak ve çevrenin korunması için elimizden geleni yapmak hepimizin milli bir görevi olmalıdır.

Hızlı nüfus artışı, sanayileşme ve doğal varlıkların tehdit edildiği bir ortamda yaşamını sürdüren insanların en büyük isteği havası ve suyu kirlenmemiş, toprağı bozulmamış, gürültüden ve diğer kirliliklerden uzak, temiz, güzel, yeşil ve sağlıklı bir çevrede yaşamaktır. Bu isteği gerçekleştirmek çok doğaldır ki; çevreyi (toprağı) korumak, çevre sorunlarını giderme çabalarının hareket noktası olan sorunları bilmek ve tanımakla olasıdır. Bu bilme ve tanıma gereksinimi ise çevre sorunlarını oluşturan kaynakların ülke genelinde dağılımını ve etkilerine bilmeyi zorunlu kılmaktadır.

KAYNAKLAR

- Ankel-Fuchs, D. & R.K. Thauer, R.K., (1988). Nickel in biology: Nickel as an essential trace element. p. 93-110. In: Bioinorganic Chemistry of Nickel (J.R. Lancaster Jr., ed.). Verlag Chemie, Weinheim.
- Alloway, B., (1990). Heavy Metals in Soils. Blackie and Sou Ltd.. Glasgow and London.
- Anonim, (2004). Water Pollution Protection Regulation (Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği)
- Asher, C.J., (1991). Benefical elements, functional nutrients, and possible new essential elements.p.703-723. In: Micronutrients in Agriculture 2nd ed. (J.J.Mortvedt, F.R. Cox, L.M. Shuman and R.M. Welch, eds.). Soil Sci. Soc. Amer. Book Seres No. 4. Madison, W.I. USA.
- Austenfeld, F.A., (1979). Zur Phytotoxizitat von Nickel und Kobaltsalzen in Hydrokultur bei Phaseolus Vulgaris L.Z. Pflanzeneinahr Boden., 142, 786-791p.
- Bergmann, W., (1993). Ernährungsstörungen bei Kulturpflanzen. Dritte, Erweiterte Auflage, Gustav Fischer Verlag Jena. Stuttgart.
- Bollard, E.G., (1983). Involvement of unusual elements in plant growht and nutrition.p. 695-755. In:Encyclopedia of Plant Physiology, New Series (A. Lauchli and R.L. Bielecki, eds.), Vol. 15B, Springer-Verlag, New York.
- Bowen, H.J.M., (1979). Environmental chemistry of elements. Academic pres. Inc. (London) LTD. London.
- Brohi, A.R., Aydeniz, A., Karaman, M. R., & Erşahin, S., (1994). Bitki Besleme. *GOP Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Yayınları: 4. Kitaplar serisi:4.* Tokat
- Brown, P.H., Welch, R.M., & E.E. Carry, E.E., (1987). Nickel: a micronutrient essential for higher plants. *Plant Physiol.* 85:801-803.
- Çolakoğlu, H., (1984). Gübreler ve Gübreleme Ders Notları. E.Ü.Ziraat Fakültesi Teksir No.25.Bornova-İZMİR.
- Delschen, T. & Werner, W., (1989). Zur Aussagekraft der Schwermetall Grenzwerte in Klarschlammgedüngten Boden. 1. Mitteilung, Einfluß Verscheidener Bodenparameter auf die "tolerier baren"Königwasser-löslichen Gesamtgehalte. *Landwirtsch. Forshung* 42(1), 29-39p.
- Dietrich, N., (1976). Aufnahme von cadmium und Nickel durch Kulturpflanzen in Abhängigkeit von Tonund Torfgehalt des Substrates. Diss. Landw. Fak. Rhein. Friedr-Wilhelm-Univ. Bonn. Germany.
- Dixon, N.E., Gazola, C., Blakeley, R.L. & B.Zerner, B., (1975). Jack bean urease, a metalloenzyme. A simple biological role for nickel. *J. Am. Chem Soc.* 97:4131-4133.
- El-Bassam, N. & Tğetjen, C., (1977). Municipal Sludge as Organic Fertilizer with Special Reference to the Heavy Metals Constituents in Soil Organic Matter Studies. Vol. 2. IAEE. Vienna . 253 p.
- Elmacı, Ö. L., (1995). Güney Marmara Bölgesi Sanayi Domates Alanlarındaki Toprak, Sulama Suyu ve Domates (*Lycopersicum Esculentum*) Meyvelerinde Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi. *E.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi.* İzmir.

- Eskew, D.L., Welch, R.M. & Norwell, W.A., (1984). Nickel in higher plants. Further evidence for an essential role. *Plant Physiol.* 76:691-693.
- FAO, (1967). Fisheries Technical Paper. No:158. Roma.
- Fiege, N., & Grunwaldt, H.S., (1977). Einordnung von Abfallstoffen in Belastungsgrade im Erlass des Hessischen ministers für. Landsentwicklung. Umwelt. Landwirtschaft Forsch (4)-34179.
- Goncharuk, E.J., & Sgdorenka, G.J., (1986). Hygienic Regulation for Chemic Substance in Soils. Medicina. Moscow. 320 p.
- Hakerlerler, H., Anaç, D., Okur, B. & Saatçi, N., (1994). Gümüldür ve Balçova'daki Satsuma Mandarin Bahçelerinde Ağır Metal Kirliliğinin Araştırılması. *E.Ü. Araştırma Fonu Proje No: 92-ZRF-47*. Bornova-İzmir
- Halilova, H., (1996). Mikro elementlerin biyokimyası ve çevredeki yeri. *Tarım ve Köy Dergisi*, III. 52-53. Eylül-Ekim, Ankara.
- Haktanır, H. & Arcak, H., (1998). Çevre Kirliliği. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Yayın No:1503, Ders Kitabı:457*. Ankara.
- Hasselbach, G., (1972). Ergebnisse Zum Schwermetalltransfer Boden/Pflanze aufgrund von Gefäßversuchen und Chemischen Extraktionverfahren mit Boden aus Langjahren Klarsschlamm-Feldversuchen Inaugural-Dissertation zur Agrarwissenschaften der Justus-Liebig- Universität Gießen.
- Horak, O., (1985). Zur Bedeutung des Nickels für. Fabaceae. I. Verleichende Untersuchungen über den Gehalt vegetativer Teile und Samen and Nickel und anderen Elementen. *Phyton (Austria)* 25:135-146.
- Kabata-Pendias, A. & Pendias, H., (1992). Trace Elements in Soils and Plants. 2nd ed.p.1-365.CRS Pres London.
- Kacar, B., & Katkat, A.V., (1998). Bitki Besleme. *Uludağ Üniversitesi Güçlendirme Vakfı yayın No: 127. Vipaş Yayınları:3*.
- Kacar, B., & Katkat, A.V., (2006). Bitki Besleme. *Nobel Yayınları 2. Basım. Yayın No:849. Fen ve Biyoloji Dizisi:29. ISBN 975-591-834-5*.
- Kahvecioğlu, Ö., (2023). Metallerin Çevresel Etkileri. İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü. http://www.metalurji.org.tr/dergi/dergi136/d136_4753.pdf (Erişim tarihi: 07 Kasım 2023).
- Kampe, W., (1981). Schwermetallgehalte und Rückstände aus dem Chemischen Pflanzenschutz in Rohprodukten sowie im Gesamtverzehr von Lebensmitteln Pflanzlicher Herkunft, *Landwirtsch. Forch. Sonderheft*, 38, 131-150p.
- Kampe, W., (1981). Schwermetallgehalte und Rückstände aus dem Chemischen Pflanzenschutz in Rohprodukten sowie im Gesamtverzehr von Lebensmitteln Pflanzlicher Herkunft, *Landwirtsch. Forch. Sonderheft*, 38, 131-150p.
- Kayhan, F. E., (2006). Su Ürünlerinde Kadmiyumun Biyobirikimi ve Toksisitesi. *E.Ü. Su Ürünleri Dergisi 2006. E.U. Journal of Fisheries & Aquatic Sciences. 2006 Cilt / Volume 23. Sayı/Issue (1-2): 215-220*.
- Kitagishi, K. & Yamane, I., (1974). Heavy Metal Pollution in Soils of Japan. *Japon Scien. Soc. Press., Tokyo*, 302 p
- Kloke, A., (1982). Erläuterungen Zur Klärschlamm Verordnung and wirtsch. *Forsch.. Soderhs.* 39: 302-308.
- Klucas, R.V., Hanus, F.J., Russell S.A. & Evans, H.J. (1983). Nickel: a micronutrient element for hydrogen dependent growth of *Rhizobium japonicum* and for

- expression of ureas activity in soybean leaves. *Proc. Natl. Acad. Sci. (USA)* 80:2253-2257.
- Krogmeier, M.J., McCarty, G.W., Shogren, D.R. & Bremner J.M., (1991). Effect of nickel deficiency in soybeans on the phytotoxicity of foliar applied urea. *Plant and Soil* 135:283-286.
- Kukul, Y.S., Ünal Çalışkan, A. D., & Anaç, S., (2007). Arıtılmış Atık Suların Tarımda Kullanılması ve İnsan Sağlığı Yönünden Riskler. *Ege Üniversitesi. Ziraat Fakültesi Dergisi*. 44 (3): 101-116
- Maier, R.J., Phil, T.D., Stults, L. & Sray, W., (1990). Nickel accumulation and storage in *Bradyrhizobium japonicum*. *Appl. Environ. Microbial* 56:1905-1911.
- Marschner, H., (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. 2nd Ed.p.1-889. Academic Pres. New York.
- Mengel, K. & Kirkby, E.A., (1987). Principles of Plant Nutrition International Potas Institute P.O. Box. CH.3048, Worblaufen, Bern Switzerland.
- Mortvedt, J. J., (2000). Bioavailability of Micronutrients. Handbook of Soil Science. Sumner. M. E. (Ed.). CRC Pres LLC. Boca Raton. FL. D71-D86.
- Özbek, H., Kaya, Z., Gök, M. & Kaptan, H., (1993). Toprak Bilimi, Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:73, Ders Kitapları Yayın No:16.
- Persaud, D., Jaagumagi, R. & Hayton, A., (1992). Guidelines for the protection and management of aquatic sediment quality in Ontario. Log 92-2309-067. PIBS 1962. Queen's Printer for Ontario
- Pratt, P.F., (1966). Aluminium.p. 3-12. In:Diagnostic criteria for plants and soils. H.D. Champman, ed. Univ. Calif. USA, Div. Agric. Sci.
- Raja, T.K., Othman, O.C. & Bahemuka, T.E., (1997).Levels of Crude Proteins and Some Inorganics Elements in selected Green Vegetables of Dar es Salaam, *Journal of Food Sci. and Techn.Mysore*, 34 (5),419-422p.
- Romney, E.M. & Wallace, A., (1977). Boron on vegetation in relationship to a coalburning power plant. *Comm. Soil Sci. and Plant Analysis*, 8:803-807.
- Saatçı, F., Hakerlerler, H., Tuncay, H., & Okur, B., (1988). İzmir İli ve Civarındaki Bazı Önemli Endüstri Kuruluşlarının Tarım Arazileri ve Sulama Sularında Oluşturdukları Çevre Kirliliği Sorunu Üzerine Bir Araştırma. *E.Ü. Rektörlüğü Araştırma Fonu Proje No:127*.
- Sauchelli, V., (1969). Trace Elements in Agriculture. Van Nostrand. New York
- Shacklette, H.T., (1980). Elements in fruits and vegetable from areas of commercial production in the Conterminous United States. *U.S. Geol Surv. Prot. Pap.* 1178:149-150.
- Shacklette, H.T., Erdman, J.A. & Harms, T.F., (1978). Trace elements in plant foodstuffs. In:Toxicity of heavy metals in the Environments. Part I, F.W. Oehme, ed. Marcel Dekker, New York.
- Schachtschabel, P., & Blume, H.P., (1984). Hartge. K.H. und Schwertmann. U.. Lehrbuch der Bodenkunde. F. Enke Verlag. Stuttgart. 441 p.
- Sing, B., Dang, Y.P. & Mehta, S.C., (1990). Influence of nitrogen on the behaviour of nickel in wheat. *Plant and Soil*. 127:213-218.
- Sommer, B., (1984). Pflanzenverfügbarkeit von Schwermetallen in einer löss-Parabraunerde nach langjähriger Düngung mit Klarschlammen. Diss. Agrarw.Fak. Univ. Hohenheim, Germany.
- Tuncay, H., (1994). Su Kalitesi. *E.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları*. Bornova-İzmir.

- Webber, M.D., Kloke, A. & Jjeli, J.C., (1984). In processing and Use of Sewage Sludge. Eds. L.'Mermite, P. and ott. J.D. Redel, Dordrech 371-386.
- Yağmur, B., (2001). Organik Tarım Ve Organik Tarımda Uygulamalar. "Tarımsal Çevre ve Su Kirliliği" Hizmet İçi Eğitim Semineri Notları. T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, Bodrum Su Ürünleri Araştırma Enstitüsü 2001.
- Yavuz, M., (1999). Nif Çayı Kirlilik Parametrelerinin ve Doğal Radyoaktivitesinin İncelenmesi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü. Doktora Tezi. Bornova. İzmir.

BÖLÜM 3

TARIMSAL ÜRÜNLERİN KURUTULMASINDA YAPAY SİNİR AĞI (YSA) VE ADAPTİF SİNİRSEL BULANIK ÇIKARIM SİSTEMİ (ANFIS) KULLANIMI VE MANTAR KURUTMA ÖRNEĞİ

Dr. Öğr. Üyesi Halil Nusret BULUŞ¹

Dr. Öğr. Üyesi Aytaç MORALAR²

Doç. Dr. Soner ÇELEN³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10251528>

¹ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Tekirdağ. Türkiye, nbulus@nku.edu.tr, ORCID ID: 0000-0003-1844-6484

² Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Tekirdağ. Türkiye, amoral@nku.edu.tr, ORCID ID: 0000-0002-3964-4909

³ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Çorlu Mühendislik Fakültesi, Tekirdağ. Türkiye, scelen@nku.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-5254-4411

1.GİRİŞ

Taze meyve ve sebzeler hasat edildikten sonra bünyelerindeki yoğun nem miktarı ve hassas dokuları sebebiyle çürüme eğilimine girer. Bu ürünlerin fiziksel ve biyokimyasal özelliklerinde kalite kayıplarını önlemek için ısı uygulaması ile muhafaza, soğuk uygulama ile muhafaza, kurularak muhafaza gibi çeşitli muhafaza yöntemleri uygulanmaktadır. Bu yöntemlerden en ekonomik ve en yaygın olarak kullanılan kurularak muhafaza yöntemidir (Günaydın ve ark., 2022). Dünya nüfusunun artması, tarımsal ürünlere olan talebi sürekli artırmaktadır. Bu nedenle tarımsal ürünlerin bozulmasını engellemek ve uzun süre depolanabilirliğini sağlamak için kurutulup depolanması tercih edilen bir yöntemdir (Taşova ve ark., 2020).

Tarımsal ürünlerin kurutulmasında birçok kurutma yöntemi vardır. Bunlar; Güneşte Kurutma, Konvektif Kurutma, Dondurarak Kurutma, Sprey Kurutma, Vakumlu Kurutma, Ozmotik Kurutma, Kızılötesi Kurutma, Köpük Kurutma, Puf Kurutma, Elektrohüdrodinamik Kurutma, Mikrodalga Kurutma, Hibrit Kurutmadır (Günaydın ve ark., 2022). Kurutulmuş gıdalar, önemli birer karbonhidrat ve vitamin kaynağıdır. Kurutma işlemi sadece gıda sektöründe değil, aynı zamanda tıp, boya, mobilya, kağıt ve tekstil gibi birçok alanda da kullanılabilir (Bilaloğlu, 2019).

Tarım sektöründe katma değer yaratan önemli faktörlerden biri, ürünlerin üretimi, yetiştirilmesi ve tarımsal işlemler için kullanılan enerjidir. Küresel ekonominin diğer alanlarıyla karşılaştırmalar yapıldığında, tarımsal üretimde enerji tüketimi hızla artıyor, ticari

gübrelerdeki gelişmelerle birlikte daha makineleşiyor ve dolayısıyla geleneksel tarım sona eriyor. Enerji denetimi, tarımsal ürünlerin yaşam döngüsü değerlendirmelerinin değerlendirilmesinde önemli bir araç olarak kullanılabilir; bu, verimliliğin artmasına yol açan bitkisel üretimin tanınmasında başlangıç düzeyi haline gelir. Verimliliğin artırılması, gıda güvenliğinin artırılması ve kırsal ekonominin geliştirilmesine yardımcı olmak için enerji, tarımın yanı sıra farklı sektörlerde de kullanılan önemli bir girdidir (Ghorbani ve ark., 2011). Analiz etmek için enerji sistemlerinin bilgisayar modellerini oluşturma süreci enerji sistemi modellemesidir. Bu modeller genellikle senaryo analizini kullanarak mevcut teknik ve ekonomik koşullar hakkındaki çeşitli varsayımları inceler (Nabavi-Pelesaraei ve ark., 2021).

Çeşitli gıda ürünlerinin kurutma prosesinin tanımlanmasında matematiksel modeller kullanılmıştır. Son zamanlarda yumuşak hesaplama tekniği olarak da adlandırılan kara kutu modelleme yönteminin uygulanabilirliği, kısmen yüksek doğrulukları ve kullanım kolaylıklarından dolayı popüler hale gelmektedir. Bir sistemin dinamiği için kesin matematiksel modellerin veya bilgilerin oluşturulmasının zor olduğu durumlara en uygun olanlardır. Yumuşak hesaplama yöntemleri arasında; Uyarlanabilir Nöro-Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS), Yapay Sinir Ağları (YSA), Bulanık Çıkarım Sistemi (FIS) ve Genetik Algoritmalar (GA) yer almaktadır (Omari ve ark., 2018). Esnek hesaplama yöntemleri, geleneksel hesaplama yöntemlerinden farklıdır. Belirsizliğe, kısmi gerçeğe ve buluşsal yaklaşıma toleranslı olmaları anlamında tamamlayıcıdır (Zalnezhad ve ark., 2013). Yumuşak hesaplama, görünüşte karmaşık görevlerin kontrolünde veya

gerçekleştirilmesinde kullanılan makine zekasını ifade eden yapay zeka teknikleridir. Makine zekası günümüzde önemlidir çünkü insan beyni katlanarak artan bilgiyi verimli bir şekilde yönetememektedir, dolayısıyla makine desteğine ihtiyaç duyulmaktadır. Yapay zeka yöntemlerinin kurutmada uygulanması henüz gelişim aşamasında olup, yeni ihtiyaçlara ve yeni çözümlere cevap vermek amacıyla geliştirilmesinin devam etmesi öngörülmektedir; bu nedenle bu alandaki çalışmalar halen geçerliliğini korumaktadır (Ojediran ve ark., 2020).

ANFIS yöntemi, yapay sinir ağlarının yanı sıra son yıllarda tahmin modelleri için popüler bir yöntem haline gelmiştir (Doğan, 2016). ANFIS, yönlü bağlantılarla birbirine bağlanan birkaç düğümden oluşan bir ağ topolojisidir. Sabit veya değiştirilebilir parametrelere sahip bir düğüm işlevi, her düğümü karakterize eder (Vazifekhah 2012). Yapay sinir ağları ve uyarlanabilir nöro-bulanık çıkarım sistemi modelleri gibi makine öğrenimine dayalı yöntemler, kurutma teknolojileri gibi karmaşık sistem sonuçlarını tahmin etmek için bilgileri kullanır (Kaveh ve ark., 2021). ANFIS'in temel avantajı, bulanık kontrolörlere kendi kendine öğrenme yetenekleri sunarak onların mümkün olan en düşük kararlı durum hatasını elde etmelerine olanak sağlamasıdır (Elijah ve ark., 2020).Mevcut modelleme araçları arasında ANFIS, çeşitli gıda ürünlerinin özelliklerini ve gıda özellikleri ile işleme faktörleri arasındaki karmaşık doğrusal olmayan ilişkiyi simüle eder. ANFIS, sinir ağı öğrenme algoritması ve bulanık çıkarım sistemlerini kullanarak girdiler ve hedef çıktılar arasındaki ilişkiyi kuran çok katmanlı bir ileri beslemeli ağıdır (Tao ve ark., 2016).

Yapay Sinir Ağları (YSA), insan beyninin öğrenme sürecini taklit ederek veri analizi ve tahmin yapabilen bilgisayar yazılımlarıdır. YSA öngörümleme tekniği günümüzde birçok alanda yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. YSA' nın geniş değişkenlerle çalışabilme yeteneği, öngörü modellerinin oluşturulmasında faydalıdır (Ataseven, 2013; Öztürk ve Şahin, 2018). YSA metodolojisi, veriden öğrenme, genelleme yapabilme, sınırsız değişkenle çalışabilme gibi birçok önemli özelliğe sahiptir. Bu özellikler, YSA metodolojisine öngörü modellemesi alanında da, diğer alanlarda olduğu gibi, önemli avantajlar sağlar. YSA, girdi ve çıktı değişkenleri arasında herhangi bir ön bilgiye gereksinim duymadan hem doğrusal hem de doğrusal olmayan modellemeyi gerçekleştirebilir. Bilim ve mühendislik alanlarında özellikle regresyon ve sınıflandırma ile ilgili görevlerde kesin ve hızlı çözümler sunarlar. Kurutma teknolojileri alanında Yapay Sinir Ağları (YSA), kurutma kinetiğinin modellenmesi, kurutucu tasarımlarının optimize edilmesi, proses kontrolünün uygulanması ve enerji tüketiminin yönetilmesi dahil çok yönlü uygulamalar bulmaktadır (Yıldız ve ark., 2015).

2.TARIMDA ANFIS ve YSA UYGULAMALARI

Tarımsal ürünlerin farklı koşullar altında kuruma kinetiğinin tahmin edilmesi, proses ve ekipman tasarımı, enerji ve yakıt yönetimi, uygun depolama seçimi, malzeme aktarımı vb. açılardan oldukça önemlidir. ANFIS, kurutma sürecini yeterli ve hassas bir şekilde tahmin edebiliyor. ANFIS, karmaşık ve doğrusal olmayan problemleri çözmek için uygulanan yumuşak bir hesaplama yöntemidir. ANFIS tek bir çıktı üretip tahmin edebilmektedir (Kaveh ve ark., 2018). Birçok tarım ürünüde ANFIS yöntemi kullanılmaktadır. Bunlar;

Kaveh ve ark., (2018), konvektif sıcak hava kurutucuda patates, kavun ve sarımsağı kurutmuşlardır. Efektif difüzyonu, kuruma hızını, nem oranını ve spesifik enerji tüketimini ANFIS metoduyla modellemiş ve YSA ile kıyasladığında daha yetenekli olduğunu belirtmişlerdir.

Ojediran ve ark., (2020), sıcak hava konveksiyonlu kurutucuda tatlı patates dilimlerinin (*Dioscorea rotundata*) kurutulması sırasında nem oranını (MR) tahmin etmek için Uyarlanabilir Nöro-Bulanık Çıkarım Sistemi (ANFIS) uygulamışlardır. ANFIS'in tahmin yeteneğinin iyi olduğunu belirtmişlerdir.

Kaveh ve ark., (2020) tarafından yeşil bezelyenin kurutma kinetiklerini uyarlanabilir nöro-bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) kullanılarak modellenmiştir. ANFIS modelinin etkin bir tahmin olduğu görülmüştür.

Vijayanandh ve ark., (2016) makalelerinde, ananas kurutma prosesi için uygun bir kontrol algoritması tasarlanmış ve geliştirmişlerdir. Sıcaklık ve nem arasındaki bağlantı ANFIS (Uyarlanabilir ağ tabanlı bulanık çıkarım sistemi) tarafından tanımlanmıştır.

Ziaforoughi ve ark., (2016), kabağın kuruma kinetiğini tahmin etmek için uyarlanabilir nöro-bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) ve 10 iyi bilinen ampirik model arasında karşılaştırmalı bir çalışma gerçekleştirdiler. ANFIS modelleme sonuçları mükemmel bir sonuç gösterdiğini belirttiler.

Taghinezhad ve ark., (2021), hibrit konvektif-kızılötesi kurutucu ile kurutulan şalgam örneklerinin kuruma süresi, D_{eff} , SEC, enerji verimliliği, kuruma verimliliği, rengi ve büzülmesi çeşitli ön işlemler

(mikrodalga, ultrasonik ve haşlama) altında değerlendirilmiştir. RSM ve ANFIS modelleriyle parametre tahmininin karşılaştırılması sonucunda, RSM modelinin sürecin modellenmesinde ve optimize edilmesinde çok iyi bir performans sergilediğini gösterdi. ANFIS yöntemi ise bu yeteneğe sahip değildi. Ancak ANFIS bağımlı değişkenleri tahmin etmede daha iyi performans göstermiştir.

Farouq ve ark., (2010), konveyör bantlı tahıl kurutucusu için veri odaklı bir model geliştirmek amacıyla nöro-bulanık sistemin, özellikle de uyarlanabilir nöro-bulanık çıkarım sisteminin (ANFIS) bir uygulamasını sunmaktadır. Eğitim sürecinin ardından ortaya çıkan ANFIS modeli, gerçek kurutucu verileri için dikkat çekici bir modelleme performansı göstermiştir. Ayrıca doğrusal ARX modeli ve YSA modeli ile yapılan karşılaştırmalı çalışma, ANFIS modelinin konveyör bantlı tahıl kurutucusunu temsil etme konusunda bu iki modele göre üstünlüğünü göstermiştir.

Kısmen kurutulan bu kiraz domateslerin depolama sırasında fizikokimyasal ve mikrobiyolojik parametrelerini tahmin etmek için uyarlanabilir nöro-bulanık çıkarım sistemi (ANFIS) kullanıldı. Likopen ve toplam fenolik içerikleri, rengi ve mikrobiyal kontaminasyonu tahmin etmek için ANFIS kullanıldığında tatmin edici doğruluklar elde edildi (Tao ve ark., 2016).

Kurtulmuş ve ark. (2020), farklı kurutma yöntemleriyle kurutulan kayısının kuruma hızı ve ürünün nem oranı üzerindeki etkilerini YSA ile modellemiştir. Araştırma sonuçları, EHD yöntemiyle tarımsal ürün kurutmanın YSA tabanlı yöntemlerle başarılı bir şekilde modellenebileceğini göstermektedir.

Yıldız ve ark. (2020), kırmızı acı biberi mikrodalga ön işleme uygulayarak etüvde 65°C sıcaklıkta kurutmuş ve kuruma süresi boyunca alınabilir nem oranlarını ölçmüşlerdir. Radyal Tabanlı Yapay Sinir Ağı modelleri ile giriş verileri olan kuruma süresi ve çıkış verileri olan uzaklaştırılabilir nem oranı arasında modeller oluşturmuşlardır. Tüm veri ve ortalama veriler üzerinde farklı denemeler yapmışlar ve eğitim sonuçları, R değeri açısından tüm veri için 0.9566 ve ortalama veriler için 0.9998 olarak hesaplanmıştır.

Buluş ve ark., (2023) tarafından kabağın nem içeriği ve kuruma hızı değerleri hesaplanarak elde edilen veri seti üzerinde YSA ve ANFIS yaklaşımları kullanılarak tahmin modelleri geliştirilmiştir. ANFIS tabanlı tahmin modeli, kuruma hızı performansı açısından YSA modelinden daha iyi performans gösterirken, YSA modeli, nem içeriği değerleri açısından ANFIS modelinden daha iyi performans gösterdiğini belirtmişlerdir.

Fabanio ve ark., (2021), geleneksel olmayan un üretiminde kullanılan karpuz kabuğu posasının konvektif kurutma sürecini simüle etmek için bir yapay sinir ağı (YSA) modeli geliştirdi. Ayrıca deneysel olarak elde edilen kuruma eğrileri, her iki modelleme yaklaşımını karşılaştırmak için on bir farklı ampirik modelle karşılaştırdılar. YSA en iyi uyum sağlayan ampirik modelden daha iyi performans göstermiştir. Eğitilmiş YSA ile yapılan simülasyonlar oldukça umut verici genelleme yetenekleri gösterdiğini vurguladılar.

3.DENEYSEL YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan mantarlar yerel süpermarketten 3-4°C de muhafaza edilmiş olarak temin edilmiş ve kurutma öncesi herhangi bir ön işleme tabi tutulmamıştır. Deneyle konvektif sıcak hava kurutucuda 6 mm kalınlıkta 40 °C, 45 °C, 50 °C ve 60 °C sıcaklık değerlerinde yapılmıştır. Kurutma denemelerinde kullanılan ürünlerin nem içeriği yaş baza göre eşitlik 1 kullanılarak hesaplanmıştır. Ürünlerin kurutma işlemi boyunca değişen nem içeriği değerleri de eşitlik 2 kullanılarak hesaplanmıştır (Çelen ve ark., 2010).

$$m_y = \frac{m_s}{(m_s + m_k)}$$

(1)

$$mr = \frac{m - m_e}{m_0 - m_e} \quad (2)$$

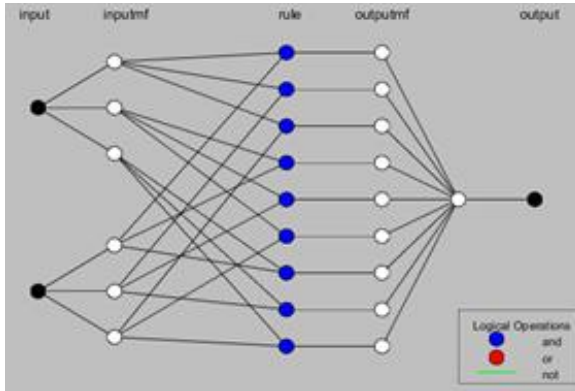
Burada, m_y : yaş baza göre nem içeriği, m_s : ürünün yaş kütlesi (g), m_k : ürünün kuru kütlesi (g). mr : boyutsuz nem oranı, m : ürünün belli bir zamandaki nem içeriği (g.su/g.katı madde), m_e : denge nem içeriği, m_0 : ilk nem içeriğini göstermektedir.

3.1 ANFIS Modelleme

ANFIS, diğer tek akıllı sistemlerin bir alt kümesi olan bir kombinasyon veya hibrit akıllı sistemdir. Bulanık çıkarım sisteminin açıklığı, ANFIS fonksiyonunda bir sinir ağının öğrenme yeteneği ile birleştirilmiştir. Şekil 1'de gösterildiği gibi ANFIS, teorisine göre iki gizli giriş ve çıkış katmanından, çok katmanlı bir sinir ağından ve Sugeno bulanık tipini

temel alan bir geri yayılım algoritmasından oluşur (Buluş ve ark., 2023; Pusat ve ark., 2016).

ANFIS modelinde 5 katman bulunmaktadır (Tao ve ark., 2016; Taşova ve ark., 2020). Bu modelde ilk katmanda girdi değerleri kuruma süresi ve kurutma sıcaklığıdır. Bu giriş değerleri bir üyelik fonksiyonu aracılığıyla üyelik derecelerini alarak katmandan çıkar. İkinci katmanda girişler çarpılır ve bir düğümden çıkar. Üçüncü katmanda MR değerleri toplam MR değerlerine oranlanarak normalleştirilir. Dördüncü katmandan sonra Sugeno modeli çalıştırılır. Beşinci katmanın sonunda modelden toplam çıktı değerleri elde edilir. MATLAB platformu kullanılarak oluşturulan modelde 2 girdiye bağlı olarak 9 kural oluşturulmuş, tahminler de bu 9 kurala göre yapılmıştır.

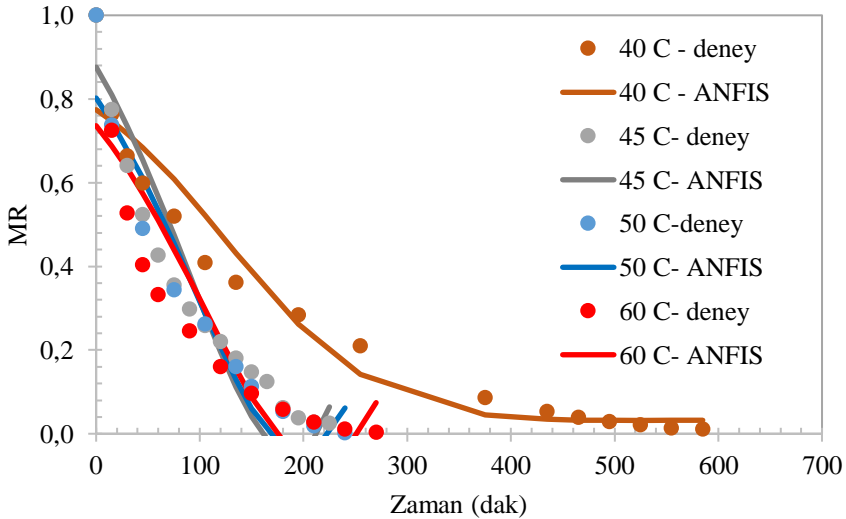


Şekil 1. ANFIS Model Yapısı

1 test kalınlığında ve 4 kuruma sıcaklığı seviyesinde test veri noktaları için ANFIS tahminlerine karşı deneysel nem oranını Şekil 2' de gösterilmektedir. Kurutma gücünün artmasıyla kuruma süresinin azalması mantar dilimlerindeki su buharı basıncının artmasından

kaynaklanabilir, bu da nem geçişini kolaylaştırır. Kuruma süresinin artmasıyla mantarın nem oranı hızla düşmüştür. Nem oranının devam eden azalması, difüzyonun iç kütle transferine hakim olduğunu göstermektedir. Şekil 2' de görülebileceği gibi kuruma ilk başta hızlıdır ancak sonraki aralıklarla nem seviyesi düştükçe yavaşlamıştır. Bunun da kanıtladığı gibi difüzyon, nem hareketini kontrol eden mekanizmadır (Darvishi 2012).

Sistemin tüm deney koşullarında elde edilen nem oranı değerlerinin tahmininde verimli olduğu görülmektedir. Model tahminleri ve deneysel ölçümlerin aynı eğilimlere sahip olduğu ve örtüştüğü gözlemlenmiştir. Rakamlara bakıldığında kuruma süresinin bir fonksiyonu olarak rapor edilen MR değerlerinin deneysel sonuçlarla ve ANFIS tahminleriyle uyum içinde olduğu görülmektedir.

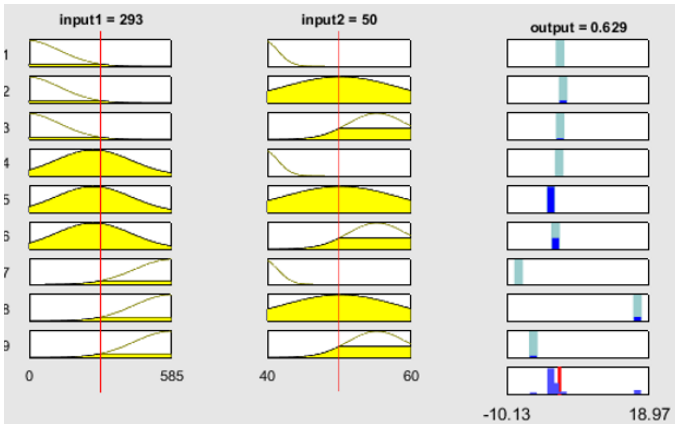


Şekil 2. ANFIS için farklı sıcaklıklarda kuruma süresi ile nem içeriği değişiminin eğrileri

ANFIS, mantar dilimlerinin zaman içindeki farklı kurutma sıcaklığı değerlerindeki nem içeriğini tahmin etmek için kullanılmıştır. ANFIS, Takagi-Sugeno bulanık çıkarım sistemine dayanan bir çıkarım sistemidir ve iki ana bileşeni vardır: üyelik fonksiyonları ve bulanık çıkarım kuralları. Üyelik fonksiyonları, giriş uzayındaki her noktanın, 0 ile 1 arasında bir değer alan birleştirilmiş bulanık kümedeki üyelik değerine (veya üyelik derecesine) eşleştirilmesidir. Bulanık çıkarım kuralları, karakteri ortaya çıkaran bazı eğer-o halde kurallarıdır. Çıkış değerlerinin giriş değerlerine göre ayarlanması.

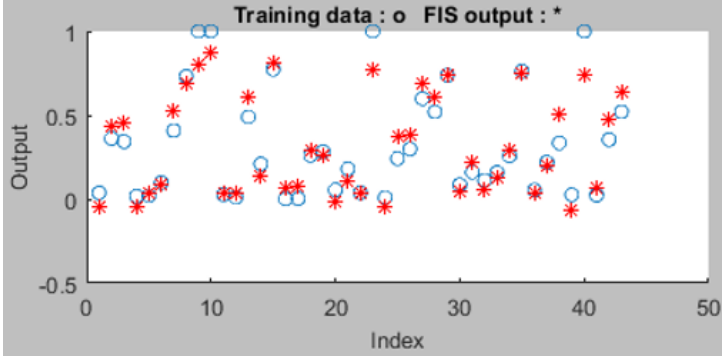
Bu çalışmada deneysel sonuçlardan elde edilen 54 veri (43 (%80) eğitim verisi ve 11 (%20) test verisi) ANFIS modeline uygulanmıştır. Model, ANFIS araç kutusu kullanılarak MATLAB yazılımında uygulanmıştır.

ANFIS kuralları geliştirilen modellerin eğitilmesiyle oluşturulmuştur - Şekil 3 bu kuralları göstermektedir. Geliştirilen bu modelde 2 girdi değerine bağlı olarak 9 kural ortaya çıkmış ve bu 9 kural daha sonra tahmin yapmak için kullanılmıştır.



Şekil 3. ANFIS Modeli için oluşturulan kurallar

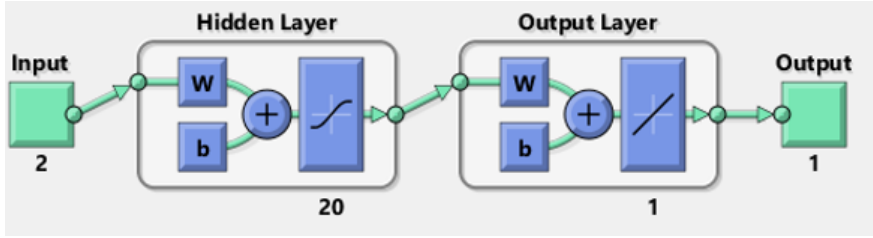
Verilen setlerle oluşturulan 2 giriş ve 1 çıkışlı modelin eğitim turu sayısı 100 olarak belirlenmiş ve bu eğitimin gerçekleştirilmesi sonucunda oluşan noktasal dağılım grafiği elde edilmiştir. Bu dağılım grafiği Şekil 4'te verilmiştir.



Şekil 4. Eğitim verisi noktasal dağılım grafiği

3.1 YSA Modelleme

Bu çalışmada Yapay Sinir Ağı (YSA) modellerinin oluşturulması ve değerlendirilmesi için MATLAB yazılımı kullanılmıştır. Tek bir gizli katmanın genellikle birçok karmaşık problemi çözmek için yeterli olduğu göz önüne alındığında, YSA modellerini oluşturmak için bir giriş katmanı, bir gizli katman ve bir çıkış katmanından oluşan çok katmanlı bir YSA mimarisi seçilmiştir (Buluş ve ark., 2023). Bu çalışma için geliştirilen YSA mimarisinde gizli katmanda yer alan nöronların sayısı 20 olacak şekilde YSA yapılandırılmıştır. Şekil 5, bu çalışmada kullanılan YSA mimarisini göstermektedir. YSA performansını etkileyen önemli bir faktör transfer fonksiyonlarıdır. Üretilen YSA'nın çıkış katmanında doğrusal transfer fonksiyonu uygulanırken, gizli katmanda tanjant sigmoid fonksiyonu kullanılmaktadır (Lertworasirikul ve Tipsuwan, 2008).



Şekil 5. Kullanılan YSA yapısı

YSA’larda nöron ağırlıkları eğitim iterasyonları boyunca belirli bir öğrenme kuralına göre güncellenmektedir. Şekil 5 ‘de gösterildiği gibi gizli katmandaki j . nöron input katmanından ağırlıklı toplam olan bir aktivasyon sinyali almaktadır. w ile gösterilen bu ağırlıklı toplam formülü denklem 3’te verilmiştir (Madic et. al. 2012).

$$h_j = \sum_i w_{ij}x_i + b_j \quad (3)$$

Denklem 3’te w_{ij} giriş katmanı nöronlarından gizli katmandaki nöronlara ağırlıkları, b_j gizli katman nöronlarının eğilim (eşik) değerini, i ve j de sırasıyla girdi katmanındaki nöron sayısı ile gizli katmandaki nöron sayısını göstermektedir. Tablo 1’de geliştirilen YSA modelinde girdilerden birinci katmana aktarılan ağırlık değerleri gösterilmektedir.

Tablo 1. Girdilerden birinci katmana aktarılan ağırlık değerleri

5.6115	2.7769
4.1202	-4.7142
-4.5711	4.2784
4.3182	4.5336
3.726	5.0316

-5.2725	3.3766
-4.2165	4.6283
2.4975	-5.7413
5.928	2.0146
5.1116	-3.6154
-5.3645	3.2283
4.4386	-4.4157
5.6268	-2.7456
-0.20165	-6.2577
3.7417	-5.02
-4.6463	4.1967
-2.3332	5.81
5.7309	-2.5213
3.4086	5.2518
4.3981	-4.4561

Bu toplam sonrasında f aktivasyon fonksiyonu ile çıktı nöronu (H_j) oluşturmak için kullanılır. Genelde gizli katmanda kullanılan aktivasyon fonksiyonu tanjant sigmoid fonksiyonudur ve denklem 4’de verilmiştir.

$$H_j = f(h_j) = \frac{2}{(1+e^{-2h_j})} - 1 \quad (4)$$

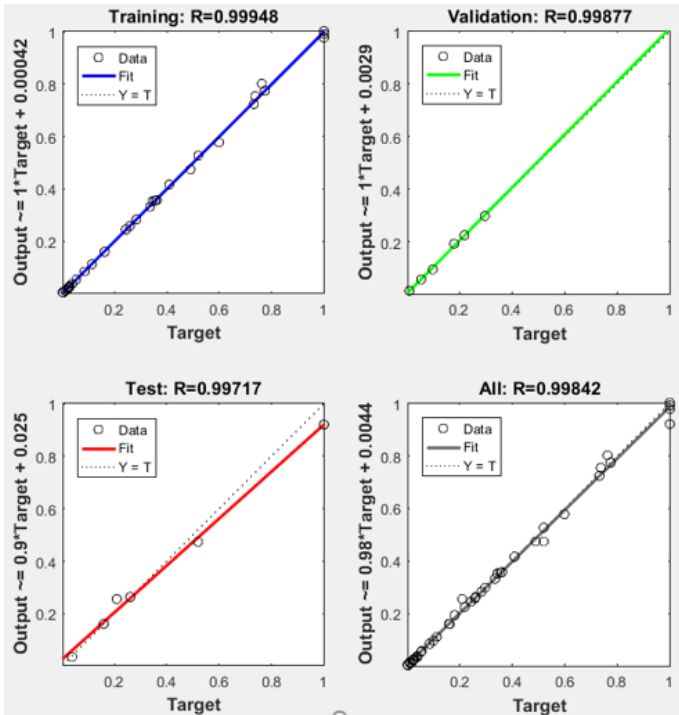
Sonuç olarak çıktı nöronları gizli nöronlardan denklem 5’ deki sinyalleri alır.

$$y_k = \sum_j w_{kj}H_j + b_k \quad (5)$$

w_{kj} gizli katman ve çıktı katmanı nöronları arasındaki ağırlığı, b_k da çıktı nöronlarının eğilimlerini göstermektedir.

Farklı öğrenme algoritmaları, verinin özelliğine bağlı olarak farklı performans gösterebilir. Bu çalışmada 'Levenberg-Marquardt' algoritması kullanılmıştır. YSA'nın kuruma süresi ve sıcaklık gibi girdilere dayalı olarak nem oranını tahmin etmesi beklenmektedir. Her denemede, toplam verinin %70'i eğitim, %15'i doğrulama ve kalan %15'i ise test için kullanılmıştır.

YSA eğitim işleminden sonra yukarıda belirtilen eğitim, validasyon ve test setlerinin regresyon grafikleri ile tüm verilerin regresyon grafikleri Şekil 6'de verilmiştir.

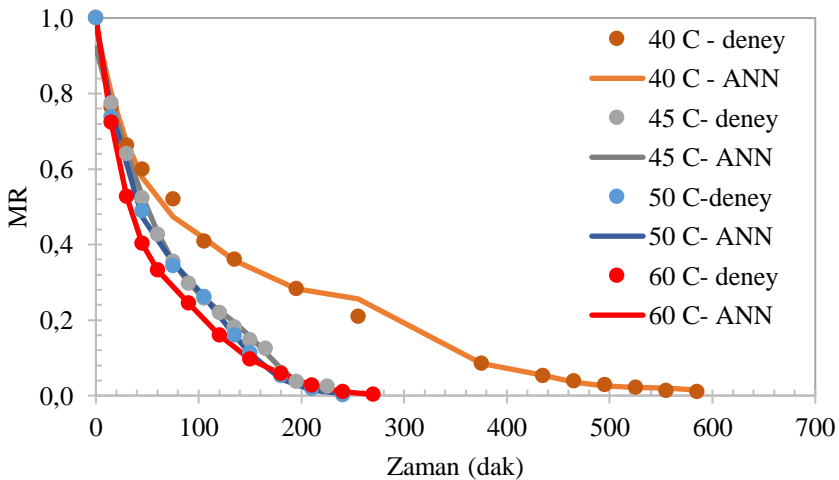


Şekil 6. Veri setlerinin regresyon grafikleri

Şekil 6’da verilen regresyon grafikleri 43 veriden oluşan eğitim veri setinin sırasıyla eğitim (%70), validasyon (%15), test (%15) ve tamamının regresyon grafiklerini göstermektedir. Buradaki grafikler incelendiğinde regresyon değerinin 1’e oldukça yakın olduğu, dolayısıyla kurulan modelin gerçek değerlere oldukça yaklaşacağı anlaşılmaktadır.

Eğitim setinin YSA modeli geliştirilmesinde kullanılmasını takiben, modelin hiç görmediği 11 deneysel girdi verisinin modele sunulması, bu verilere ait kuruma değerlerinin tahmin edilmesi hedeflenmiştir.

Sistemin tüm deney koşullarında elde edilen nem oranı değerlerinin tahmininde tam verimli olduğu görülmektedir. Model tahminleri ve deneysel ölçümlerin aynı eğilimlere sahip olduğu ve örtüştüğü gözlemlenmiştir. Rakamlara bakıldığında kuruma süresinin bir fonksiyonu olarak rapor edilen MR değerlerinin deneysel sonuçlarla ve YSA tahminleriyle uyum içinde olduğu görülmektedir.



Şekil 7. YSA için farklı sıcaklıklarda kuruma süresi ile nem içeriği değişiminin eğrileri

3.2 İstatistiksel analiz

Bu çalışmada makine öğrenimi modellerini değerlendirmek için MATLAB kullanılarak regresyon analizi yapılmıştır. Deneysel sonuç ile analitik modelin tahmin sonucu arasındaki fark, hata parametreleriyle gösterilir. Model hata parametreleri RMSE ve MAPE değerlerinin düşük olduğunu ve R^2 değerinin 1'e yakın olduğunu göstererek modelin doğru olduğunu göstermektedir. Literatür incelendiğinde R^2 değerlerinin model performansını değerlendirmek için yaygın olarak kullanıldığı görülmektedir. Tablo 2' de görüldüğü gibi en yüksek R^2 , en düşük RMSE ve %20'nin altında MAPE'ye sahip model, kuruma süresine karşı deneysel MR tahmininde en iyi performansa sahiptir (Çelen ve ark. 2015, 2016; Tınmaz Köse ve ark. 2019).

Tablo 2. R^2 , RMSE ve MAPE sonuçları

		RMSE	R^2	MAPE
YSA	MR	0.01421	0.9989	12.5054
ANFIS		0.0955	0.9516	21.35298

4. SONUÇ

Bu çalışmada YSA modeli tek gizli katman modeli olarak seçilmiş olup, gizli katmandaki nöron sayısı 20 olarak belirlenmiştir. ANFIS modeline benzer şekilde deney verilerinin %15'i eğitim veri seti içinde test verileri olarak seçilmiştir. ANFIS modeli, 54 veri girişi, %85 eğitim ve %15 test bölümlendirmesi ile 9 kural oluşturularak en başarılı ağı oluşturmuştur. YSA modeli istatistiksel ve grafiksel olarak ANFIS modeline göre tahmin yeteneğinin daha iyi olduğu görülmüştür. Bu tahmin modelleri gelecekte

kurutma işlemlerine yönelik test sayısını en aza indirmeyi amaçlamaktadır. Bu sayede sistemin farklı sıcaklıklarda nasıl davranacağını kolaylıkla tahmin ederek hem zamandan hem de enerjiden tasarruf etmek mümkün oluyor. Bu yöntem farklı ürünler ve sıcaklıklar için tahmin modelleri oluşturularak da uygulanabilir. Daha fazla veri ve farklı yapay zeka yöntemleri kullanılarak daha başarılı tahmin modelleri oluşturulabilir.

KAYNAKLAR

- Ataseven, B. (2013). Yapay sinir ağları ile öngörü modellemesi. *Oneri Dergisi*. 10(39):101–115. <https://dergipark.org.tr/pub/maruoneri/issue/17900/187806>.
- Bilaloğlu, F. (2019). *Farklı kurutma yöntemlerinin Pamukova Ayvasının kuruma davranışı üzerine etkisinin deneysel incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi) Sakarya Üniversitesi, Sakarya.
- Buluş, H.N., Moralar, A., Çelen, S. (2023). Modeling of the moisture content and drying rate of the zucchini (*Cucurbita Pepo L.*) in a solar hybrid dryer with ann and anfis methods, *The Philippine Agricultural Scientist (PAS)*, 106(3): 293-305.
- Fabani, M.P., Capossio, J.P., Roman, M.C., Zhu, W. (2021). Producing non-traditional flour from watermelon rind pomace: Artificial neural network (ANN) modeling of the drying process. *Journal of Environmental Management* 281: 111915.
- Çelen S., Kahveci K., Akyol U., Haksever A. Drying behavior of cultured mushrooms. *Journal Of Food Processing And Preservation* 34(1), 27-42, 2010.
- Çelen, S., Aktaş, T., Karabeyoğlu, S.S. Akyıldız, A. (2015). Drying of prina using microwave energy and determination of appropriate thin layer drying model. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 12(2): 21–31.
- Çelen, S., Buluş, H. N., Moralar, A., Haksever, A., Özsoy, E. (2016). Mikrodalga Bantlı Kurutucunun Gıda Kurutmada Kullanılabilirliği ve Modellenmesi, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi* 13(4), 82-94.
- Darvishi, H. (2012). Mathematical modeling, moisture diffusion and energy consumption in thin layer drying of Alfalfa. *Middle-East J Sci Res.* 12 (4): 511–516.
- Doğan, O. (2016). Uyarlamalı Sinirsel Bulanık Çıkarım Sisteminin (ANFIS) Talep Tahmini İçin Kullanımı ve Bir Uygulama. *Dokuz Eylül Üniversitesi İktisadi ve İdari Bilimler Fakültesi Dergisi* 31: 257–288.
- Elijah, O.C., Philomena, K.I., Joseph, T.N., Charles, O.N., Paschal, E.O. (2020). Evaluation of optimization techniques in predicting optimum moisture content reduction in drying potato slices. *Artif Intel Agr.* 4: 39–47.

- Günaydın, S., Sağlam, C., Çetin, N. (2022). Tarımsal ürünlerin kurutulmasında kullanılan kurutma yöntemleri. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 5(1): 30-45.
- Kaveh, M., Abbaspour-Gilandeh, Y., Chen, G. (2020). Drying kinetic, quality, energy and exergy performance of hot air rotary drum drying of green peas using adaptive neuro-fuzzy inference system. *Food Bioprod Process*. 124: 168–183.
- Kaveh, M., Sharabiani, V.R., Chayjan, R.A., Taghinezhad, E., Abbaspour-Gilandeh, Y. And Golpour, I. (2018). ANFIS and ANNs model for prediction of moisture diffusivity and specific energy consumption potato, garlic and cantaloupe drying under convective hot air dryer, *Information Processing In Agriculture*, 5: 372–387.
- Kaveh, M., Chayjan, R.A., Golpour, I., Poncet, S., Seirafi, F., Khezri, B. (2021). Evaluation of exergy performance and onion drying properties in a multi-stage semi-industrial continuous dryer: artificial neural networks (ANNs) and ANFIS models. *Food Bioprod Process*. 127: 58–76.
- Kurtulmuş, F., Polat, A., İzli, N. (2020). Yapay sinir ağları kullanarak kayısının farklı kurutma yöntemleriyle kurutulmasında kuruma hızı ve nem oranı parametrelerinin modellenmesi, *ÇOMÜ Zir. Fak. Derg.* 8 (2): 261–269.
- Lertworasirikul, S., Tipsuwan, Y. (2008). Moisture content and water activity prediction of semi-finished cassava crackers from drying process with artificial neural network. *J Food Eng.* 84(1): 65–74.
- Lutfy, O.F., Mohd Noor, S.B., Marhaban, M.H., Abbas K.A., Mansor, H. (2010). Neuro-fuzzy modeling of a conveyor-belt grain dryer, *Journal of Food Agriculture and Environment* 8(3): 128-134.
- Nabavi-Pelesaraei, A., Rafiee, S., Hosseini-Fashami, F., Chau, K. (2021). Artificial neural networks and adaptive neuro-fuzzy inference system in energy modeling of agricultural products, Chapter 11, Predictive Modelling for Energy Management and Power Systems Engineering, Candice Janco Publisher, India.
- Ojediran, J.O., Okonkwo, C.E., Adeyi, A.J., Adeyi, O., Olaniran, A.F., George, N.E., Olayanju, A.T. (2020). Drying characteristics of yam slices (*Dioscorea rotundata*) in a convective hot air dryer: application of ANFIS in the prediction of drying kinetics, *Heiyon*, 6: e03555.

- Omari, A., Behroozi-Khazaei, N., Sharifian, F. (2018). Drying kinetics and artificial neural network modeling of the mushroom drying process in a microwave-hot air dryer. *Journal of Food Process Engineering* 41: 1–10.
- Öztürk, K., Şahin, M.E. (2018). Yapay sinir ağları ve yapay zekâ'ya genel bir bakış. *Takvim-i Vekayi* 6(2): 25–36.
- Pusat, S., Akkoyunlu, M.T., Pekel, E., Akkoyunlu, M.C., Özkan, C., Kara, S.S. (2016). Estimation of coal moisture content in convective drying process using ANFIS. *Fuel Process Technol.* 147: 12–17.
- Taghinezhad, E., Kaveh, M., Szumny, A. (2021). Optimization and prediction of the drying and quality of turnip slices by convective-infrared dryer under various pretreatments by RSM and ANFIS methods, *Foods*, 10: 284.
- Tao, Y., Li, Y., Zhou, R., Chu, D.T., Su, L., Han, Y., Zhou, J. (2016). Neuro-fuzzy modeling to predict physicochemical and microbiological parameters of partially dried cherry tomato during storage: effects on water activity, temperature and storage time, *Food Sci Technol* 53(10): 3685–3694.
- Taşova, M., Erdoğan, M., Başakın, E.E. (2020). Ağ tabanlı bulanık mantık çıkarım sistemi (ANFIS) ve yuvalanan gri model (RGPM) yöntemleriyle kurutucu potansiyelinin belirlenmesi, *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 25(2): 49-55.
- Tınmaz Köse, E., Çelen, S., Çelik, S.Ö. (2019). Conventional and microwave drying of hydrocarbon cutting sludge. *Environ Prog Sustain Energy.* 38(4): 13104.
- Vazifehkhah, S. (2012). *ANFIS ve yapay sınır ağlarını kullanarak sediment taşımının incelenmesi* (Yüksek Lisans Tezi) İstanbul Teknik Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, İstanbul.
- Vijayanandh, D., Sivakumar, V.M., Thirumarimurugan, M. (2016). Design of control system for a pineapple drying process, *Asian Journal of Research in Social Sciences and Humanities* 6(10): 797-803.
- Yıldız, A.K., Polatci, H., Uçun, H. (2015). Drying of the banana (*musa cavendishii*) fruit and modeling the kinetics of drying with artificial neural networks under different drying conditions. *J Agr Mach Sci.* 11 (2): 173–178.

- Yıldız, A.K., Taşova, M., Polatci, H. (2020). Radyal tabanlı yapay sinir ağlarının kurutma kinetiğinin modellenmesinde kullanımı, *Türk Tarım - Gıda Bilim ve Teknoloji dergisi* 8(2): 511-514.
- Zalnezhad, E., Sarhan, A.A.D., Hamdi, M. (2013). A fuzzy logic-based model to predict surface hardness of thin-film TiN coating on aerospace AL7075-T6 alloy. *Int. J. Adv. Manuf. Technol.* 68: 415–423.
- Ziafroughi, A., Yousefi, A.R., Razavi, M.A. (2016). A comparative modeling study of quince infrared drying and evaluation of quality parameters, *International Journal of Food Engineering*, 12.

BÖLÜM 4

KÜRESEL ISINMA SONUCU AZALAN SU KAYNAKLARININ TARIMSAL ÜRETİMDE YÖNETİM STRATEJİLERİ

Prof. Dr. Ali Fuat TARI^{1*}

Arş. Gör. Sabri AKIN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10251533>

^{1*} Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. aftari@harran.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9157-1682

² Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. sabriakin@harran.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9196-3157

1. Küresel Isınma Sorunu

Küresel ısınma, dünyadaki ortalama yüzey sıcaklığının zaman içinde artması olayıdır (Khandekar ve ark., 2005). Dünyadaki sıcaklık artışlarının nedenleri ve tarihçesi oldukça karmaşık bir konu olup günümüze kadar çok sayıda bilimsel araştırma yapılmıştır (Trenberth ve ark., 2014). 18. Yüzyılın sonuna doğru, sanayi devrimi başlamış olup fosil yakıtlarından kömür kullanımının yaygınlaşmasıyla atmosfere sera gazı salınımının da artışlar başlamıştır (Armaroli ve ark., 2011). Bu artışlar 21. Yüzyıla kadar devam etmiş olup sera gazı salınımının devam etmesiyle dünya genelinde sıcaklık artışlarında ciddi yükselmeler başlamıştır (Hegerl ve ark., 2018). 21. Yüzyılın başlarında, sıcaklık artışlarında yükselmeler devam etmesi nedeniyle küresel ısınmanın etkileri daha da belirgin hale gelmiştir (Cook ve ark., 2014). Küresel ısınmanın etkisinin belirgin ve şiddetinin artması nedeniyle bilim insanları ve çevre uzmanları bu konuda endişe duymaya başlamıştır (Ungar, 1992). Sera gazları (Lashof ve ark., 1990), ormanların yok olması (Fearnside, 2008), sanayi ve ulaşım (Grimmond, 2007), tarımsal üretim (Javeed ve ark., 2021), doğal süreçler (Sukharevich ve ark., 2020) gibi etkenler küresel ısınmanın oluşmasında başlıca nedenler olarak yer almaktadır. Küresel ısınmanın gerçekleşmesine neden olan etmenler hakkında detaylı bilgi aşağıda sırasıyla verilmiştir.

1.1. Sera gazları

İnsan faaliyetleri, özellikle fosil yakıt kullanımı, orman kesimi ve endüstriyel süreçler, atmosferde sera gazlarının (karbondioksit, metan, azot oksitler) yoğunluğunu arttırmaktadır (Nayak ve ark., 2020). Sera gazları, güneşten gelen ısınmayı yakalayıp atmosferde tutarlar.

Böylelikle sera gazları, dünya yüzeyinin ısınmasına neden olmaktadır (Khan ve ark., 2022).

1.2. Orman kesimi

Ormanlar, havadaki karbonu emerek atmosferdeki karbondioksit düzeylerini düşürürler (Jarvis, 1989). Ormanların yok olmasıyla birlikte, karbon emilimi azalmaktadır (Jackson ve ark., 2008). Bu durumda atmosferdeki karbondioksit seviyelerinin artışına neden olmaktadır.

1.3. Sanayi ve ulaşım

Fosil yakıtların sanayi faaliyetleri ve motorlu taşıtlarda kullanımı sonucu oluşan sera gazları atmosfere salınmaktadır (Balat, 2006). Sanayi ve ulaşımın artışıyla bu yakıtların kullanımı da artmaktadır.

Tarımsal Üretim: Bitkisel ve hayvansal tarım uygulamaları, metan ve azot oksit gibi sera gazlarının üretimine katkıda bulunmaktadır (Monteny ve ark., 2001).

1.4. Doğal süreçler

Sera gazlarının atmosfere salınmasına volkanik patlamalar, yıldırım düşmesi nedeniyle ortaya çıkan orman yangınları gibi doğal olaylar da neden olmaktadır, fakat insan faaliyetlerinin etkisi daha büyük bir etken haline gelmiştir (Fang ve ark., 2011).

2. Küresel Isınma Senaryoları

Dünya üzerinde küresel ısınma senaryolarının ifade edilmesinde gelecekteki iklim değişikliği olasılıkları ve etkilerini modellemek için kullanılan farklı emisyon senaryoları yer almaktadır (Cubasch ve ark.,

2001). Bu senaryolar, sera gazı emisyonlarının gelecekte nasıl değişebileceği hakkında tahminler sunmaktadır. Farklı senaryolar iklim bilimciler ve araştırmacılar tarafından kullanılarak küresel ısınmanın olası etkileri ve sıcaklık artışları değerlendirilmektedir. Bu kapsamda en yaygın kullanılan dört temel küresel ısınma senaryosu (Tapiador ve ark., 2019):

2.1. Düşük emisyon senaryosu (RCP 2.6)

Bu senaryo, düşük sera gazı emisyonlarına işaret eder. İnsanların alınan önlemler sayesinde sera gazı emisyonlarını büyük ölçüde azalttığı bir gelecek öngörür. Bu senaryoda, sıcaklık artışları 2 °C veya daha düşük bir seviyede sınırlamayı hedeflemektedir.

2.2. Orta düzey emisyon senaryosu (RCP 4.5)

Bu senaryo, sera gazı emisyonlarının orta düzeyde kontrol edildiği bir geleceği modellemektedir. Sıcaklık artışlarını sınırlamak için önlemler alınmış, ancak yüksek seviyede emisyonlara göre daha fazla sera gazı salınımı söz konusu olabilmektedir.

2.3. Orta-üst düzey emisyon senaryosu (RCP 6.0)

RCP 6.0 senaryosu, 21. yüzyıl boyunca daha yüksek sera gazı emisyonlarını varsaymaktadır. Bu senaryo ile sıcaklık artışlarının 2°C ile 3°C arasında olabileceği öngörülmektedir.

2.4. Yüksek emisyon senaryosu (RCP 8.5)

RCP 8.5 senaryosu, yüksek düzeyde sera gazı emisyonlarının devam ettiği bir geleceği modellemektedir. Bu senaryoda, sıcaklık artışlarının 4°C veya daha fazla olabileceğini öngörmektedir. Yukarıda verilen

senaryolar, farklı karbon emisyonlarını, ekonomik ve enerji politikalarını, teknolojik gelişmeleri ve nüfus büyümesini içeren farklı gelecek projeksiyonlarını içermektedir. Bu senaryolar iklim değişikliği ile mücadele politikaları ve stratejileri oluşturmak için kullanılmasının yanında iklim modellemelerinde de sıklıkla kullanılmaktadır.

3. Küresel Isınmanın Türkiye'deki Olası Sonuçları

Türkiye'deki küresel ısınma senaryoları değerlendirilirken genellikle küresel senaryoların ülkenin iklimi üzerine etkileri araştırılmaktadır. Bu senaryolar, Türkiye'nin gelecekteki iklim değişikliğinin nasıl etkilendiğini ve de sıcaklık artışı modellerinde kullanılmaktadır. Türkiye'nin iklimi ülkenin farklı bölgelerinde, Akdeniz iklimi, Karadeniz iklimi, İç Anadolu iklimi ve Doğu Anadolu iklimi gibi sınıflara ayrılmıştır (Deniz ve ark., 2011). Türkiye'deki küresel ısınma senaryoları ve iklim değişikliği ile ilgili önemli parametreler aşağıda detaylı olarak verilmiştir.

3.1. Sıcaklık artışı

Türkiye'de sıcaklık artışlarının, özellikle yaz aylarında belirgin bir düzeyde hissedilmektedir (Erlat ve ark., 2013). Sıcaklıkların artması ile birlikte kuraklık riski de artarak su kaynaklarının yönetimi konusunda olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

3.2. Düzensiz yağışlar

İklim değişikliği Türkiye'deki yağış desenleri de değişmektedir (Sen ve ark., 2012). Bazı bölgelerde artan kuraklık riski yaşanırken, diğer bölgelerde ise yoğun yağışlar ve sel riskini de beraberinde getirebilir.

3.3. Deniz seviyelerindeki artış

Türkiye'deki sahil bölgeleri, deniz seviyesi yükselmesi riski altında olup bu riskin en temel nedenleri arasında, kıyı bölgelerindeki altyapı, ekosistemler ve insan yerleşimleri gibi etkenler yer almaktadır (Kuleli, 2010).

3.4. Tarımsal üretim ve su kaynakları

Türkiye'nin tarımsal üretimi ve su kaynakları hem artan nüfusun taleplerini karşılamada hem de iklim değişikliği mücadelesinde önemli etkilere sahiptir (Pilevneli ve ark., 2023). Kuraklık ile birlikte sulama gereksinimleri artarak tarımsal verimlilik etkilenebilmektedir.

3.5. Orman yangınları

Artan sıcaklık ve kuraklık etkisi ile orman yangınlarının da artışlar meydana gelme ihtimalleri yüksektir (Littell ve ark., 2016). Orman yangınları sonucunda ekosistemler ve doğal alanlar doğrudan etkilenmektedir. Türkiye'nin karşı karşıya olduğu bu iklim değişikliği risklerine yönelik devlet, çevre kuruluşları ve bilim insanları tarafından iklim uyumuna yönelik sürekli olarak yeni stratejiler geliştirmektedir. Bu stratejiler, enerji verimliliği, yenilenebilir enerji kaynakları kullanımı, su yönetimi ve orman koruma vb. gibi alanlardaki önlemleri içermektedir.

4. Küresel Isınmanın İklim, Yağışa ve Tarıma Etkisi

Küresel ısınmanın iklim, yağış ve tarımsal üretim üzerinde etkileri olup bu etkilere ait bilgiler aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

4.1. İklim üzerindeki etkiler

Dünya genelinde küresel ısınma iklim desenlerini etkilemektedir (Abbass ve ark., 2022). Sıcaklık artışları ile birlikte daha uzun sıcak mevsimler ve daha az soğuk hava dönemleri gibi değişikliklere yol açmaktadır. Sıcaklık artışı, kutup bölgelerinde daha fazla ısınmaya ve buharlaşmaya neden olmaktadır (Anisimov ve ark., 2007). Bu değişiklikler, deniz seviyelerinin yükselmesi ve aşırı hava olaylarının sıklığında artışı beraberinde getirerek olumsuz sonuçlar ortaya çıkmaktadır.

4.2. Yağış üzerindeki etkiler

Küresel ısınma, yağış desenlerini değiştirerek belirli bölgelerde artan kuraklık riskini artırırken bazı bölgelerde ise yoğun yağışları ve sel riskini oluşturabilmektedir (Trenberth, 2005). Bu değişen yağış desenleri, su kaynaklarının yönetimi, tarımsal üretim, orman yangınları ve altyapıya zarar verme potansiyeli taşımaktadır.

4.3. Tarım üzerindeki etkiler

Tarım, iklim değişikliğinden doğrudan etkilenen sektörlerden başında gelmektedir. İklim değişikliği ile birlikte gerçekleşen sıcaklık artışları, bitki desenlerini, bitki büyüme sürelerini ve ürün verimini etkilemektedir (Högy ve ark., 2013).

Kuraklık ile yağış rejimi ve yağış zamanındaki değişiklikler, sulama gereksinimlerini artırabilmektedir (Dai ve ark., 2018). Aynı zamanda, aşırı yağışlar ve sel riski, tarım alanlarını ve ürünleri olumsuz anlamda etkileyebilmektedir. İklim değişikliği, tarım ürünlerini etkileyerek gıda

güvenliği konusunda sıkıntılara yol açabilmektedir. Bu etkiler sonucunda, iklim değişikliği ile mücadele stratejileri ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının önemi daha da artmaktadır. Bu stratejilere bakıldığında su yönetimi, su tasarrufu, kuraklık direnci için bitki çeşitliliği, yenilenebilir enerji kullanımı, karbon ayak izini azaltma ve ormanları korumanın yer aldığı görülmektedir. Küresel düzeyde, Paris İklim Anlaşması gibi uluslararası anlaşmalar, sera gazı emisyonlarının azaltılması için önemli bir adım olarak kabul edilmektedir (Bertoldi ve ark., 2018). Küresel ısınmanın etkileri bölgesel olarak değişebildiğinden dolayı, her bölgenin kendi iklim değişikliği risklerini ve bölgesel uyum stratejilerini değerlendirmesi önemlidir.

5. Tarıma Dair Uygulanabilecek Stratejiler

Küresel ısınmanın etkilerini hafifletmek ve tarım sektörünü daha sürdürülebilir hale getirmek için tarımsal uygulamalara ilişkin bazı stratejiler aşağıda detaylı olarak verilmiştir.

5.1. Su yönetimi

Verimli sulama sistemlerinin kullanımı, su tasarrufu, su depolama tesisleri ve sulama altyapısının geliştirilmesi, kuraklık dönemlerine karşı direnç sağlamaktadır. Ayrıca yağış suyunun toplanması ve depolanması, yağış zamanı ve rejimi değişikliklerine uyum sağlar.

5.2. Bitki çeşitliliği

Kuraklığa dayanıklı bitki çeşitlerinin yetiştirilmesi, iklim değişikliğine uyum sağlayabilir. Yerel bitki türlerinin ve geleneksel çeşitlerin korunması, çeşitlilik sağlamaktadır.

5.3. Deniz suyunun kullanımı

Deniz suyunun kullanımı Deniz suyunun tuzdan arındırılması veya arıtılması (kimyasal kirleticilerin ve mikroorganizmaların giderilmesi) yoluyla tatlı su kaynağına dönüştürülmesi işlemine denir (Elimelech ve ark., 2011). Deniz suyunun kullanımı genellikle tatlı su kaynakları sınırlı veya kısıtlı olduğunda veya özellikle kurak bölgelerde içme suyu sağlamak, sulama yapmak veya endüstriyel kullanım için alternatif bir su kaynağına ihtiyaç olduğunda önemli hale gelmektedir.

5.4. Organik tarım

Kimyasal gübreler ve pestisitlerin kullanımının azaltılması, toprak sağlığının daha iyi seviyeye ulaşmasına imkan sağlayacaktır. Organik tarım uygulamaları, toprak erozyonun oluşmasını engeller ve biyoçeşitliliği desteklemektedir.

5.5. Toprak yönetimi

Toprak kalitesini artırmak için organik madde uygulaması ile toprakların su tutma kapasitesi ve infiltrasyon hızı arttırılmasına olanak sağlamaktadır. Erozyon kontrolü için ise örtü bitkileri tercih edilmelidir.

5.6. Enerji verimliliği

Sulama sistemleri ve tarımsal mekanizasyonun enerji verimli olması, sera gazı emisyonlarını azaltmada yardımcı olmaktadır. Yenilenebilir enerji kaynakları, tarımsal üretim yapıldığı işlemleri desteklemek için kullanılması da enerji verimliliğini arttırmada olanak sağlamaktadır.

5.7. Orman koruma ve ağaçlandırma

Ormanların korunması ve ağaçlandırma ile karbon depolama kapasitesi artırılabilir. Rüzgarın ve su erozyonunun azaltılmasına yardımcı olmaktadır.

5.8. İklim verileri ve teknoloji kullanımı

İklim verilerinin izlenmesi ve analizi, tarımsal planlamalarda yardımcı olmaktadır. İklim tahminleri, çiftçilere gelecekteki hava koşullarına uyum sağlama konusunda bilgi sunabilmektedir.

5.9. Eğitim ve kapasite geliştirme

Çiftçilere iklim değişikliği ve sürdürülebilir tarım uygulamaları hakkında eğitim vermek onların değişen koşullara uyum kabiliyetlerini arttırmaktadır.

5.10. Poliçe ve destekler

Hükümet politikaları ve teşvikler, sürdürülebilir tarım uygulamalarını özellikle de küçük çiftçiler için teşvik etmektedir.

5.11. Sosyal ve ekonomik faktörlerin dikkate alınması

Tarımın sürdürülebilirliğini değerlendirirken, sosyal ve ekonomik faktörler de göz önünde bulundurulmalıdır. Bu kapsamda çiftçilerin gelir güvencesi ve yaşam standartlarının iyileştirilmesi de önemlidir. Bu stratejiler, tarım sektörünün iklim değişikliği ile başa çıkmasına yardımcı olabilir ve aynı zamanda gıda güvenliği de sağlayabilir. Her bölgenin kendine özgün iklim koşulları ve tarımsal ihtiyaçları olduğu için, yerel koşullara uygun sürdürülebilir stratejilerin geliştirilmesi önemlidir.

6. Bitki Deseni Seçimi

Küresel ısınma ile başa çıkmak için bitki seçimi ve bitki çeşitliliği konusunda dikkatli bir yaklaşımda bulunmak önemlidir (Hannah ve ark., 2002). Bu konuda bazı önemli stratejiler aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

6.1. İklim uygunluğu

Öncelikle, tarımsal üretim yapmayı planladığınız bölgenin iklim koşulları dikkatlice incelenmelidir. Bitki yetiştirilecek alanın yerin ortalama sıcaklıkları, yağış rejimi, don olayları ve toprak türü gibi çeşitli faktörler bitki seçiminde oldukça önemlidir (Prentice ve ark., 1992).

6.2. Yerel ve geleneksel çeşitlerin kullanımı

Yerel bitki çeşitleri ve geleneksel tohumlar yerel iklim koşullarına daha iyi adapte olduğundan dolayı, bölgeye uyum sağlamış olabilir.

6.3. Dayanıklı çeşitlerin seçimi

İklim değişikliği ile birlikte artan sıcaklık, kuraklık ve hastalık riskini dikkate alarak dayanıklı bitki çeşitlerini tercih etmek tarımsal üretim açısından büyük öneme sahiptir.

6.4. Meyve ve sebze döngüsü çeşitliliği

Birbiriyle uyumlu veya farklı meyve ve sebzeleri yetiştirilmesi, ürün çeşitliliği bakımından büyük önem arz etmektedir. Ürün çeşitliliğinin uygulanması ile tek bir bitki türünden kaynaklanan riskler azaltılabilir.

6.5. Rotasyonel tarım

Aynı tarım alanını sürekli aynı bitkinin yetiştirilmesi toprak verimliliğini azaltmanın yanında hastalık riskini de arttırmaktadır. Çeşitli riskler göz önüne alındığında bitkilerin dönüşümlü olarak yetiştirilmesi büyük öneme sahiptir.

6.6. Düşük su tüketimi

Su kıtlığı riskinin yüksek olduğu bölgelerde, düşük su tüketen bitkilerin yetiştirilmesi (örneğin kuru tarım uygulamaları) su kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlayabilir.

6.7. Örtü bitkileri kullanımı

Örtü bitkileri, toprak erozyonunu azaltır, toprak verimliliğini artırır ve su kaynaklarını korur. Bu nedenle tarım uygulamaları sırasında çeşitli bitkiler arasına örtü bitkileri eklemek fayda sağlayabilir.

6.8. Daha kısa dönemli çeşitler

Daha kısa büyüme dönemlerine sahip bitki çeşitleri, iklim değişikliğine uyum sağlamak için kullanışlı olabilir.

6.9. İklimsel verilerin izlemesi

İklim değişikliği ile başa çıkmak için mevcut iklim verilerini ve iklim tahminlerini takip ederek, bitki çeşitleri seçimi konusunda bilinçli kararlar alınmasını sağlayabilir.

6.10. Gıda güvenliği ve biyoçeşitlilik

Biyοçeşitlilięi desteklemek ve gıda güvenliğini korumak için farklı bitki çeşitleri yetiştirmek, gelecekteki iklim değişikliği etkilerine karşı daha dirençli bir tarım sistemini teşvik eder. Bitki seçimi ve çeşitliliği, yerel koşulları ve iklim değişikliği etkilerini dikkate alarak yapılmalıdır. Ayrıca, çiftçilerin bu süreçte eğitilmesi ve bilinçlendirilmesi önemlidir.

7. Bitki Yetiştirme Mevsimini Planlama

Küresel ısınma ve iklim değişikliği göz önüne alındığında, bitki yetiştirmek için uygun zamanlama büyük önem taşır (Piao ve ark., 2019). Bitki yetiştirme mevsimini iyi planlamak, bitkilerin daha iyi büyümesini sağlamanın yanında ürün verimini de arttırabilmektedir. Kışlık veya geç ekimler hakkında detaylı bilgi aşağıda verilmiştir.

7.1. Kışlık ekimler

Kışlık ekimler, soğuk hava koşullarının başladığı sonbahar mevsiminde yapılmaktadır. Bu ekimler, bitkilerin soğuk hava koşullarına dayanıklı hale gelmesine ve daha erken vejetatif gelişimine başlamasına imkan sağlamaktadır.

Özellikle buğday, arpa, mercimek, nohut, kanola, brokoli, bakla, yulaf, soğan, sarımsak, lahana, pırasa vb. türler kışlık ekimler için uygundur.

Kışlık ekimler, bitkilerin kök sistemlerinin kışın toprakta kalmasına ve ilkbaharın başlarında büyüme sürelerini başlatmalarına yardımcı olmaktadır.

Kışlık ekimlerin avantajı, bitkilerin kuraklık dönemlerine ve yüksek sıcaklıklara daha dayanıklı hale gelmesi ve su kaynaklarının daha iyi kullanılmasıdır.

Kışlık ekimlerin en büyük dezavantajı, soğuk hava koşullarının sertliğine bağlı olarak bazı bitkiler için vejetatif gelişmeleri açısından risk oluşturabilmesidir. Bu nedenle, kışlık ekim yapılacak alanlarda bölgesel iklim koşullarını dikkate alınması büyük önem arz etmektedir.

7.2. Erken baharlık ekimler

Erken ilkbaharlık dönemde yapılan ekimler, sonbahar ve kış aylarının soğuk koşullarının sona erdiği ve toprak ısısının artmaya başladığı dönemde yapılmaktadır.

Bu dönemde bazı bitkiler için uygun ekimler, özellikle nohut, fasulye, mısır, domates, biber, hıyar, kabak, havuç, pancar gibi sıcaklık gereksinimleri yüksek bitkiler için uygundur.

Erken ilkbaharda yapılan ekimler, bitkilerin hızla büyümesini ve yaz mevsimine hazırlanmasını sağlamaktadır.

Bu ekimlerin en önemli avantajı, bitkilerin soğuk hasarından korunmasını ve don riskinin azaltmasıdır.

Erken ilkbaharlık ekimlerin en büyük dezavantajı ise kurak dönemlerin etkilerini azaltmak için sulama gereksinimlerine ihtiyaç duyulmasıdır.

Her bitkinin farklı ihtiyaçları ve iklim koşulları göz önüne alındığında, bitki yetiştirme zamanlaması önemlidir. Ayrıca, belirli bitkilerin bölgelerin iklim koşullarına uygun olup olmadığını ve hangi ekim

döneminin daha iyi sonuçlar vereceğine dair bilimsel araştırma sonuçlarına göre belirlenmesinde önemli katkılar sağlamaktadır.

8. Modern sulama uygulamaları

Modern sulama uygulamaları, tarım alanında su tasarrufu sağlayan ve verimliliği artıran yöntemleri ifade eder (Evans ve ark., 2008). Modern sulama uygulamaları hem su kaynaklarının sürdürülebilirliğini korumak hem de iklim değişikliği etkileriyle başa çıkmak amacıyla geliştirilmiştir. Modern sulama uygulamaları hakkında detaylı bilgi aşağıda verilmiştir.

8.1. Basınçlı sulama sistemleri

Yağmurlama, damla, hareketli, döngüsel hareketli, doğrusal hareketli ve lepa sulama gibi sulama sistemleri tekniğine uygun olarak planlandığında ve işletildiğinde sulama esnasında oluşan su kayıplarını minimize ederler. Aynı zamanda bu sistemler, bitkilere hassas, homojen ve düzenli bir sulama sağlayarak su kullanım etkinliğini arttırmaktadır.

8.2. Akıllı sulama sistemleri

Akıllı sulama sistemleri, sensörler ve veri analitiği kullanarak sulama ihtiyacını hesaplamaktadır. Toprak nemini, hava sıcaklığını ve bitki ihtiyacını izler ve sulama sürelerini buna göre ayarlar. Bu sistemler, su tasarrufu sağlayarak aşırı veya gereksiz sulama maliyetlerini azaltmaktadır.

8.3. Toprak nem sensörleri

Toprak nem sensörleri, toprak nemini ölçerek tarımsal üretimde bitkilere uygulanacak sulama suyu miktarının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Toprak nem içeriklerinin doğru tahmin edilmesi ile bitkilere uygulanacak

net sulama suyu belirlenerek fazla veya eksik sulama uygulamalarının yapılmasının önüne geçilmektedir.

8.4. Yağış sensörleri

Yağış sensörleri, yağış durumunu izler ve yağışlı dönemlerde sulama sistemini otomatik olarak kapanmasını sağlar. Yağış sensörleri sayesinde sulama suyunun gereksiz yere kullanılmasını önlenmektedir.

8.5. Sulama yönetim yazılımları

Bilgisayar tabanlı sulama yönetim yazılımları, sulama sürelerini optimize eder ve su kullanımını izler. Bu yazılımlar, tarım alanlarının uzaktan izlenmesini sağlamaktadır.

8.6. İklim verileri etkin kullanımı

Hava tahminleri ve iklim verileri, sulama planlamasında kullanılır. Bu, gelecekteki hava koşullarına göre sulama sürelerini ayarlamayı mümkün kılar. Rüzgar ve Oransal nemin izlenmesi sulama suyunun rüzgar veya buhar tarafından taşınarak kaybedilmesini önlemek için kullanılmaktadır. Bu da suyun doğrudan bitkilere ulaşmasını imkan vermektedir.

8.7. Tuzluluğu yönetme

Toprak tuzluluğunun kontrol altına alınması, bitkilerin su alımını etkileyebilir. Modern sulama uygulamaları, tuzluluğu izlemeyi ve gerekirse tuzları yıkamayı içerir.

Bu modern sulama uygulamaları, su tasarrufu sağlar, enerji maliyetlerini düşürür ve çevresel sürdürülebilirliği arttırabilmektedir. Tarımın daha

verimli ve sürdürülebilir hale getirilmesi için bu tür teknolojilerin benimsenmesi hem çiftçilere hem de çevreye fayda sağlamaktadır.

8.8. Tarım havzaları

Tarım havzaları, tarımın yoğun olarak yapıldığı bölgeleri ifade etmektedir. Tarım havzaları genellikle su kaynaklarına, toprak verimliliğine ve iklim koşullarına bağlı olarak belirlenmektedir (Aparicio ve ark., 2013). Tarımsal faaliyetlerde kullanılmak üzere kendi sınırları içerisinde benzer ekolojik şartları taşıyan ve birbirinin devamı niteliğinde bulunan tarım alanlarıdır.

Türkiye, coğrafi olarak çeşitli bölgelere sahip bir ülke olduğundan, çok sayıda farklı özelliği olan tarım havzalarına sahiptir.

9. Marjinal suların kullanımı

Marjinal sular, genellikle tuz, mineral veya diğer kirleticiler içermektedir (Shalhevet, 1994). Bu nedenle doğrudan insan tüketimi veya tarımsal üretimde sulama suyu olarak kullanılmasında uygun olmayan suları ifade etmektedir. Marjinal suların kullanımı, suyun daha etkili ve sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini amaçlayan çeşitli yöntemler içermektedir. Marjinal suların kullanımı hakkında bazı bilgiler aşağıda verilmiştir.

9.1. Arıtılmış su kullanımı

Marjinal sular, uygun arıtma teknolojileri kullanılarak arıtma işleminden sonra içme suyu veya sulama suyu olarak kullanılabilir. Arıtılmış suların, tekrar kullanılmasına ve su kaynaklarının daha etkili bir şekilde kullanılmasına yardımcı olmaktadır.

9.2. Endüstriyel kullanım

Marjinal sular, endüstriyel süreçlerde soğutma suyu veya üretim suyu olarak kullanılmaktadır. İçme suyu kalitesine ihtiyaç duymayan endüstriyel tesisler için bir seçenek olabilir.

9.3. Rekreasyon ve çevresel kullanım

Bazı marjinal sular, su kaynaklarını veya ekosistemleri beslemek veya canlandırmak için kullanılabilir. Bu tür kullanımlar, suların kirliliğini azaltmaktadır.

Marjinal suların kullanımı, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi için önemli bir etken olup bu süreçlerde kalite kontrolü ve uygun arıtma yöntemlerine ihtiyaç duyulmaktadır. Ayrıca, marjinal suların kullanımının çevresel etkileri de göz önünde bulundurulmalıdır. Çünkü kirlenici maddelerin doğaya geri verilmesi zararlı etkiye neden olma ihtimali yüksektir. Bu nedenle, marjinal suların kullanımında mutlaka yerel yasal düzenlemelere ve su kalitesi gereksinimlerine uygun olarak planlanmalıdır.

9.4. Çeşit Islahı

Kuraklığa dayanıklı çeşit ıslahları, tarımsal araştırmalarda önemli bir yer tutmaktadır (Fischer ve ark., 2016). Bu çeşitler, su sıkıntısı yaşanan veya düşük yağış alan bölgelerde bitki yetiştiriciliğini sürdürülebilir hale getirmek için geliştirilmiştir. Kuraklığa dayanıklı çeşitlerin özellikleri aşağıda verilmiştir.

9.5. Su kullanımı verimliliği

Kuraklığa dayanıklı bitki çeşitleri, suyu daha verimli kullanma yeteneğine sahiptir. Bu, bitkilerin suyunu tasarruflu kullanarak daha az su gereksinimi duymasını sağlar.

9.6. Derin kök sistemleri

Kuraklık dayanıklı bitkiler, daha derin kök sistemlerine sahip olabilirler. Bu, bitkilerin yeraltı su kaynaklarına daha kolay erişim sağlar ve suyu derinliklerden çekebilirler.

9.7. Kuraklık stresine dayanıklılık

Günümüzde kuraklık stresine karşı dayanıklılık gösteren birçok çeşit geliştirilmiştir. Bu çeşitlerin en önemli özellikleri sürekli kuraklık veya kısa süreli kurak dönemlerde bile büyümeye devam etmeleridir. Daha az suyla büyüme yeteneği, bitkilerin kuraklık koşullarında hayatta kalmalarını sağlar.

9.8. Tuz toleransı

Kurak bölgelerde toprak tuzluluğu yaygın bir sorundur. Bu kapsamda kuraklığa dayanıklı olarak geliştirilen çeşitler genellikle tuzlu topraklarda yetiştirme özelliklerine de sahiptirler.

Hastalık ve zararlılara dayanıklılık: Bu çeşitler kurak dönemlerde hastalık ve zararlılara karşı daha dirençlidir. Bu durum, bitkilerin kuraklık koşullarında daha az zorluğa maruz kalmasını sağlar.

Kuraklığa dayanıklı çeşitlerin geliştirilmesi için geleneksel ıslah yöntemleri kullanılabilir veya genetik mühendislik teknikleriyle özel

olarak tasarlanmaktadır (Hu ve ark., 2014). Bu çeşitlerin geliştirilmesi, tarımın kurak bölgelerde sürdürülebilir hale gelmesine yardımcı olabilir. Bu, su kaynaklarının daha etkili bir şekilde kullanılmasını, gıda üretiminin artmasını ve çiftçilere ekonomik fayda sağlamayı amaçlar. Ayrıca, kuraklık dayanıklı çeşitler, iklim değişikliği etkileri ve su sıkıntısı sorunları ile başa çıkmak için önemli bir araç olabilir.

10. Havzalar Arası Su Taşınımı

Su kaynaklarından maksimum düzeyde faydalanmak ve su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesi için havzalar arası su taşınımı (HAST) stratejisi önemli bir yöntemdir (Chen ve ark., 2019). HAST, suyun bir havzadan diğerine aktarılmasına ve bu sayede daha fazla su kullanımına olanak tanımaktadır.

10.1. Havza yönetimi

Havza, bir su kaynağının tüm akarsu sistemi boyunca sularını topladığı coğrafi bir bölgeyi ifade etmektedir. Havza yönetimi, su kaynaklarının sürdürülebilir bir şekilde yönetilmesini amaçlamaktadır. Su kaynaklarının sürdürülebilirliğini sağlamak için suyun miktarı ve kalitesi, çevresel etkiler, kullanım öncelikleri ve tüm havza içindeki paydaşların ihtiyaçları göz önünde bulundurulmalıdır.

10.2. Havzalar arası su taşınımı (HAST)

Bazı durumlarda, bir havzadaki su kaynakları yetersiz olabilirken, başka bir havzadaki su kaynakları fazla olabilmektedir. Bu tür durumlarda, HAST stratejileri kullanılması büyük öneme sahiptir. Bu stratejiler, suyun bir havzadan diğerine taşınarak ve sulama, içme suyu temini,

endüstriyel kullanım ve enerji üretimi gibi farklı amaçlarda kullanımına imkan sağlamaktadır.

10.3. Kanallar ve boru hatları

HAST için genellikle suyun havzalardan taşınması gerektiği alanlara kanallar, boru hatları veya su taşıma tesisleri inşa edilmektedir. Bu altyapılar, suyun taşınmasını ve hedeflenen bölgelere dağıtılmasını sağlamaktadır.

10.4. Sürdürülebilirlik ve çevresel etkiler

HAST stratejileri uygulanırken sürdürülebilirlik ve çevresel etkiler dikkate alınmalıdır. Su kaynaklarının aktarılması, doğal ekosistemlere, su kalitesine ve yerel topluluklara potansiyel etkilere neden olabilmektedir. Bu sebeple, bu projeler dikkatli bir şekilde planlanmalı ve çevresel değerlendirmeler mutlaka dikkate alınmalıdır.

10.5. Politika ve yönetim

HAST, çeşitli düzeylerdeki hükümetler, su idareleri ve paydaşlar arasında iş birliğine ihtiyaç duyulmaktadır. Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi ve su taşınımı projelerinin etkili bir şekilde uygulanabilmesi için uygun politika ve yönetim mekanizmaları geliştirilmelidir.

HAST, su kaynaklarına erişim ve su sıkıntısı sorunlarına çözüm sunma imkanına sahiptir. Ancak HAST planlamasında sürdürülebilirlik ve çevresel etkilerin dikkate alınması büyük öneme sahiptir. Bu tür projelerin başarılı olabilmesi için su yönetimi ve iş birliği konularına özel önem verilmelidir. Özellikle Akdeniz, Karadeniz ve Doğu Anadolu

bölgelerinde boşa akan suların yeniden kullanılmasına yönelik çalışmaların yapılması büyük önem arz etmektedir.

11. Yağış etkinliğini artırma stratejileri

Tarımsal üretimde yağışlardan maksimum faydalanmak için etkili bir yetiştiricilik planlaması önemlidir (Smith, 2000). Yağışlardan daha fazla yararlanmak için bazı önemli stratejiler aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

11.1. Yağış verimliliği

Yağış verimliliği, tarım alanlarında yağışlardan maksimum faydalanmayı hedefleyen bir yetiştiricilik stratejisine denir. Bu strateji, su kaynaklarını etkili bir şekilde kullanarak bitki büyümesini ve verimliliği artırmaya yöneliktir. Yağışları daha verimli kullanmak için yağış rejimini doğru belirlenmesi gereklidir.

11.2. Damla sulama ve yağmur hasadı

Damla sulama sistemleri, suyun doğrudan bitkilere ve köklere ulaştırarak, suyun daha verimli kullanılmasını imkan sağlamaktadır. Ayrıca yağmur hasadı sistemleri kurarak yağış sularını toplanarak depolanmasına imkan sağlamaktadır.

11.3. Bitki seçimi

Bitki seçimi, iklim ve yağış koşullarına uygun olan bitkilerin yetiştirilmesini içermektedir. Daha az su gereksinimi duyan veya kuraklık toleransı olan bitki türlerini seçmek, yağışlardan daha fazla yararlanmanıza yardımcı olmaktadır.

11.4. Toprak iyileştirme uygulamaları

Toprak iyileştirme uygulamaları, toprak verimliliğini arttırarak su tutma kapasitesini geliştirebilir. Organik madde eklemek, toprak yapısını iyileştirmek ve erozyonu önlemek için önemlidir.

11.5. İyi su yönetimi

Su yönetimi stratejileri, sulama suyunun dengeli bir şekilde kullanılmasını sağlar. Tarla düzeyinde sulama sistemlerinin yanı sıra, sulama zamanlaması ve suyun doğru miktarı konularında dikkatli bir planlama gereklidir.

11.6. Hava istasyonları ve tahminler

Hava istasyonları ve hava tahminleri, çiftçilere hava durumu değişikliklerini takip etmeleri ve sulama ve diğer yetiştiricilik uygulamalarını planlamaları konusunda yardımcı olabilir.

11.7. Su tutma yapıları

Su tutma yapıları, yağış sularını depolayarak kurak dönemlerde kullanılabilir su kaynaklarını artırmasına olanak sağlamaktadır. Bu tür yapılar, barajlar, göletler ve sarnıçları içermektedir.

Yağışlardan maksimum faydalanmak, sürdürülebilir ve verimli bir tarım uygulaması için hayati önem taşır. Bu stratejileri kullanarak su kaynaklarını daha etkili bir şekilde kullanabilir, su tasarrufu yapabilir ve verimliliği artırabilirsiniz.

Kaynaklar

- Abbass, K., Qasim, M. Z., Song, H., Murshed, M., Mahmood, H., & Younis, I. (2022). A review of the global climate change impacts, adaptation, and sustainable mitigation measures. *Environmental Science and Pollution Research*, 29(28), 42539–42559. doi: 10.1007/s11356-022-19718-6
- Anisimov, O. A., Vaughan, D. G., Callaghan, T. V., Furgal, C., Marchant, H., Prowse, T. D., Vilhjálmsson, H. ., & Walsh, J. E. (2007). Chapter 15: Polar regions (Arctic and Antarctic). *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, 653–685. Retrieved from <http://snifferdogonline.com/reports/Global Warming/climchange01/impacts/Working Group II - Impacts - Ch 16.pdf>
- Aparicio, V. C., De Gerónimo, E., Marino, D., Primost, J., Carriquiriborde, P., & Costa, J. L. (2013). Environmental fate of glyphosate and aminomethylphosphonic acid in surface waters and soil of agricultural basins. *Chemosphere*, 93(9), 1866–1873. doi: 10.1016/j.chemosphere.2013.06.041
- Armaroli, N., & Balzani, V. (2011). The legacy of fossil fuels. *Chemistry - An Asian Journal*, 6(3), 768–784. doi: 10.1002/asia.201000797
- Balat, M. (2006). Energy and greenhouse gas emissions: A global perspective. *Energy Sources, Part B: Economics, Planning and Policy*, 1(2), 157–170. doi: 10.1080/009083190881571
- Bertoldi, P., Kona, A., Rivas, S., & Dallemand, J. F. (2018). Towards a global comprehensive and transparent framework for cities and local governments enabling an effective contribution to the Paris climate agreement. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 30, 67–74. doi: 10.1016/j.cosust.2018.03.009
- Chen, Z., Su, S. I. I., & Wang, H. (2019). Inter-Basin Water Transfer Supply Chain Equilibrium and Coordination: A Social Welfare Maximization Perspective. *Water Resources Management*, 33(7), 2577–2598. doi: 10.1007/s11269-019-02269-w
- Cook, B. I., Smerdon, J. E., Seager, R., & Coats, S. (2014). Global warming and 21st century drying. *Climate Dynamics*, 43(9–10), 2607–2627. doi: 10.1007/s00382-014-2075-y
- Cubasch, U., Meehl, G. A., Boer, G. J., Stouffer, R. J., Dix, M., Noda, A., Senior, C. A., Raper, S., Yap, K. S., Abe-Ouchi, Brinkop, S., Claussen, M., Collins, M., Evans, J., Flato, G., Fyfe, J. C., Ganopolski, A., Gregory, J. M., Hu, Z., ... Zwiers, F. (2001). Chapter 9 - Projections of Future Climate Change. *Climate Change 2001*, 525–582.
- Dai, A., Zhao, T., & Chen, J. (2018). Climate Change and Drought: a Precipitation and Evaporation Perspective. *Current Climate Change Reports*, 4(3), 301–312. doi: 10.1007/s40641-018-0101-6
- Deniz, A., Toros, H., & Incecik, S. (2011). Spatial variations of climate indices in Turkey. *International Journal of Climatology*, 31(3), 394–403. doi: 10.1002/joc.2081
- Elimelech, M., & Phillip, W. A. (2011). The future of seawater desalination: Energy, technology, and the environment. *Science*, 333(6043), 712–717. doi:

- 10.1126/SCIENCE.1200488/SUPPL_FILE/ELIMELECH.SOM.PDF
- Erlat, E., & Türkeş, M. (2013). Observed changes and trends in numbers of summer and tropical days, and the 2010 hot summer in Turkey. *International Journal of Climatology*, 33(8), 1898–1908. doi: 10.1002/joc.3556
- Evans, R. G., & Sadler, E. J. (2008). Methods and technologies to improve efficiency of water use. *Water Resources Research*, 44(7), 1–15. doi: 10.1029/2007WR006200
- Fang, J. Y., Zhu, J. L., Wang, S. P., Yue, C., & Shen, H. H. (2011). Global warming, human-induced carbon emissions, and their uncertainties. *Science China Earth Sciences*, 54(10), 1458–1468. doi: 10.1007/s11430-011-4292-0
- Fearnside, P. M. (2008). Deforestation in Brazilian Amazonia and global warming. *Annals of Arid Zone*, 47(3–4), 355–374.
- Fischer, H. W., Reddy, N. L. N., & Rao, M. L. S. (2016). Can more drought resistant crops promote more climate secure agriculture? Prospects and challenges of millet cultivation in Ananthapur, Andhra Pradesh. *World Development Perspectives*, 2, 5–10. doi: 10.1016/j.wdp.2016.06.005
- Grimmond, S. (2007). Urbanization and Global Environmental Change: Local Effects of Urban Warming. *The Geographical Journal*, 173(1), 83–88.
- Hannah, L., Midgley, G. F., Lovejoy, T., Bond, W. J., Bush, M., Lovett, J. C., Scott, D., & Woodward, F. I. (2002). Conservation of biodiversity in a changing climate. *Conservation Biology*, 16(1), 264–268. doi: 10.1046/j.1523-1739.2002.00465.x
- Hegerl, G. C., Brönnimann, S., Schurer, A., & Cowan, T. (2018). The early 20th century warming: Anomalies, causes, and consequences. *Wiley Interdisciplinary Reviews: Climate Change*, 9(4), 1–20. doi: 10.1002/wcc.522
- Högy, P., Poll, C., Marhan, S., Kandeler, E., & Fangmeier, A. (2013). Impacts of temperature increase and change in precipitation pattern on crop yield and yield quality of barley. *Food Chemistry*, 136(3–4), 1470–1477. doi: 10.1016/j.foodchem.2012.09.056
- Hu, H., & Xiong, L. (2014). Genetic engineering and breeding of drought-resistant crops. *Annual Review of Plant Biology*, 65, 715–741. doi: 10.1146/annurev-arplant-050213-040000
- Jackson, R. B., Randerson, J. T., Canadell, J. G., Anderson, R. G., Avissar, R., Baldocchi, D. D., Bonan, G. B., Caldeira, K., Diffenbaugh, N. S., Field, C. B., Hungate, B. A., Jobbágy, E. G., Kueppers, L. M., Nosetto, M. D., & Pataki, D. E. (2008). Protecting climate with forests. *Environmental Research Letters*, 3(4). doi: 10.1088/1748-9326/3/4/044006
- Jarvis, P. G. (1989). Atmospheric carbon dioxide and forests. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. B, Biological Sciences*, 324(1223), 369–392. doi: 10.1098/RSTB.1989.0053
- Javed, H. M. R., Iqbal, N., Ali, M., & N., M. (2021). Agriculture Contribution toward Global Warming. In *Climate Change and Plants* (pp. 1–18). Retrieved from https://books.google.com.tr/books?hl=en&lr=&id=cI0oEAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=agricultural+production,+is+among+the+main+factors+contributing+to+the+occurrence+of+global+warming.&ots=IZ1lmhBjy8&sig=GsrRkKAZaRrhOrL9TZTRT26OYzVU&redir_esc=y#v=onepage&q=agricu
- Khan, K. A., Rahim, A., & Rahman, M. H. (2022). *A study on greenhouse gas. 1*, 1359–1375.
- Khandekar, M. L., Murty, T. S., & Chittibabu, P. (2005). The global warming debate: A

- review of the state of science. *Pure and Applied Geophysics*, 162(8–9), 1557–1586. doi: 10.1007/s00024-005-2683-x
- Kuleli, T. (2010). City-based risk assessment of sea level rise using topographic and census data for the Turkish Coastal zone. *Estuaries and Coasts*, 33(3), 640–651. doi: 10.1007/s12237-009-9248-7
- Lashof, D. A., & Ahuja, D. R. (1990). Relative contributions of greenhouse gas emissions to global warming. *Nature* 1990 344:6266, 344(6266), 529–531. doi: 10.1038/344529a0
- Littell, J. S., Peterson, D. L., Riley, K. L., Liu, Y., & Luce, C. H. (2016). A review of the relationships between drought and forest fire in the United States. *Global Change Biology*, 22(7), 2353–2369. doi: 10.1111/gcb.13275
- Monteny, G. J., Groenestein, C. M., & Hilhorst, M. A. (2001). Interactions and coupling between emissions of methane and nitrous oxide from animal husbandry. *Nutrient Cycling in Agroecosystems*, 60(1–3), 123–132. doi: 10.1023/A:1012602911339
- Nayak, H., Yadav, S. P., & Yadav, D. K. (2020). Contribution of Natural and Anthropogenic Activities in Greenhouse Gases Emission. *Energy*, 4(October), 2.
- Piao, S., Liu, Q., Chen, A., Janssens, I. A., Fu, Y., Dai, J., Liu, L., Lian, X., Shen, M., & Zhu, X. (2019). Plant phenology and global climate change: Current progresses and challenges. *Global Change Biology*, 25(6), 1922–1940. doi: 10.1111/gcb.14619
- Pilevneli, T., Capar, G., & Sánchez-Cerdà, C. (2023). Investigation of climate change impacts on agricultural production in Turkey using volumetric water footprint approach. *Sustainable Production and Consumption*, 35, 605–623. doi: 10.1016/j.spc.2022.12.013
- Prentice, I. C., Cramer, W., Harrison, S. P., Leemans, R., Monserud, R. A., Solomon, A. M., Harrisont, S. P., & Leemanst, R. (1992). Special Paper: A Global Biome Model Based on Plant Physiology and Dominance, Soil Properties and Climate A global biome model based on plant physiology and dominance, soil properties and climate (fax + 1 208 883 0605) and ? Source: *Journal of Biogeography*, 19(2), 117–134.
- Sen, B., Topcu, S., Türkeş, M., Sen, B., & Warner, J. F. (2012). Projecting climate change, drought conditions and crop productivity in Turkey. *Climate Research*, 52(1), 175–191. doi: 10.3354/cr01074
- Shalhevet, J. (1994). Using water of marginal quality for crop production: major issues. *Agricultural Water Management*, 25(3), 233–269. doi: 10.1016/0378-3774(94)90063-9
- Smith, M. (2000). The application of climatic data for planning and management of sustainable rainfed and irrigated crop production. *Agricultural and Forest Meteorology*, 103(1–2), 99–108. doi: 10.1016/S0168-1923(00)00121-0
- Sukharevich, V. I., & Polyak, Y. M. (2020). Global Occurrence of Cyanobacteria: Causes and Effects (Review). *Inland Water Biology*, 13(4), 566–575. doi: 10.1134/S1995082920060140
- Tapiador, F. J., Moreno, R., & Navarro, A. (2019). Consensus in climate classifications for present climate and global warming scenarios. *Atmospheric Research*, 216(July 2018), 26–36. doi: 10.1016/j.atmosres.2018.09.017
- Trenberth, K. E. (2005). The Impact of Climate Change and Variability on Heavy

Precipitation, Floods, and Droughts. *Encyclopedia of Hydrological Sciences*. doi: 10.1002/0470848944.hsa211

Trenberth, K. E., Dai, A., Van Der Schrier, G., Jones, P. D., Barichivich, J., Briffa, K. R., & Sheffield, J. (2014). Global warming and changes in drought. *Nature Climate Change*, 4(1), 17–22. doi: 10.1038/nclimate2067

Ungar, S. (1992). THE RISE AND (RELATIVE) DECLINE OF GLOBAL WARMING AS A SOCIAL PROBLEM. *Sociological Quarterly*, 33(4), 483–501. doi: 10.1111/J.1533-8525.1992.TB00139.X

BÖLÜM 5

KÜRESEL İKLİME BAĞLI BAZI TOPRAK NİTELİĞİNDEKİ DEĞİŞMELER

Doç. Dr. Yasin DEMİR^{1*}
Doç. Dr. Azize DOĞAN DEMİR²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10251541>

^{1*} Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bingöl, TÜRKİYE. ydemir@bingol.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0002-0117-8471>

² Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü, Bingöl, TÜRKİYE. ademir@bingol.edu.tr, <https://orcid.org/0000-0003-2008-3408>

*Sorumlu Yazar: ydemir@bingol.edu.tr

GİRİŞ

Kayaların ve organik maddelerin fiziksel, kimyasal ve biyolojik bozunma süreçleri sonucu oluşan toprak, yer kabuğunun üst yüzeyini kaplayan, içinde ve üzerinde birçok organizmanın yaşamasına yardımcı olan, ekolojik sistemlerin sürdürülebilirliği için hayati bir doğal kaynaktır. Topraklar ekosistemde üstlendiği rol gereği ekolojik çevrimin en önemli bileşimidir. Canlıların yaşaması için gerekli olan birçok hayati unsur toprakların bünyesinde yer almaktadır. Bu nedenle topraklar ekosistem hizmetlerinde tartışılmaz bir öneme sahiptir. Arkeolojik araştırmalar toprağın insanlar tarafından tarımsal üretim amacıyla kullanılmasının Milattan en az 8000 yıl önce başladığına işaret etmektedir. Günümüze kadar yaşayan bütün toplumlar kendi çağlarında gıda gereksinimlerini toprağı işleyerek karşılamaya çalışmışlardır. Aynı zamanda toprağı daha iyi tanımaya başlayan insanlar tarımsal üretim çerçevesinde bazı girişimlerde bulunmuşlardır. İnsanların topraklara yaptıkları ilk müdahalelerden biri sulama olmuştur (Ergene, 2012). Bunun devamında gelişmiş aletlerle toprak işlemenin ilerletilmesi, topraklara besleyici minerallerin karıştırılması gibi tarımsal faaliyetler birbirini takip etmiştir. Artan nüfusla beraber artan gıda ihtiyacı toprak ve su kaynaklarının daha fazla kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir. Araştırmacılara göre 1998 yılında 6 milyar olan dünya nüfusunun, her yıl %1,8 oranında artarak, 2025 yılında 8 milyara, 2050 yılında ise 9,4 milyara ulaşması beklenmektedir (Hulse 1995). Bu ön görü toprağı olan ihtiyacın daha da artacağını ve birim alandan verimin arttırılması için toprakların çok daha fazla kimyasal maddelere (gübre, tarımsa ilaç gibi.) maruz kalabileceğini akıllara getirmektedir. Bir başka ifade ile artan gıda ihtiyacının karşılanması için

topraklara olan baskı gün geçtikçe artacaktır. Bu durum toprakların sürdürülebilir kullanımın ne denli önemli olduğunu göstermektedir.

Toprakların tarımsal üretim sürecinde bozulmasında veya verimsizleşmesinde sadece yanlış tarımsal uygulamalar sorumlu değildir. Bununla beraber toprak oluşumunun en önemli faktörü olan iklim, toprak özelliklerinin değişimini önemli ölçüde hızlandırmaktadır. Küresel ölçekte sıcaklık ve yağış başta olmak üzere iklim parametrelerinde meydana gelen ciddi değişimler toprakların verimlilik ve üretkenlik özelliklerini etkilemektedir. İklim sadece toprak değil tarımsal verimliliğin de önemli bir faktörüdür.

Artan sıcaklıkların tarımsal verime etkisi, söz konusu tarımsal ürünün vejetatif gelişmesi için gerekli olan optimum sıcaklık isteklerine bağlıdır (USGRCRP, 2014). Dünyanın bazı bölgelerinde meydana gelen sıcaklık artışı, genel olarak tarımı yapılan bitkilere olumlu yönde etki yapabilir. Ancak sıcaklığının fazla artması ürün verimi ve gelişiminde olumsuzluklar yaratabilir.

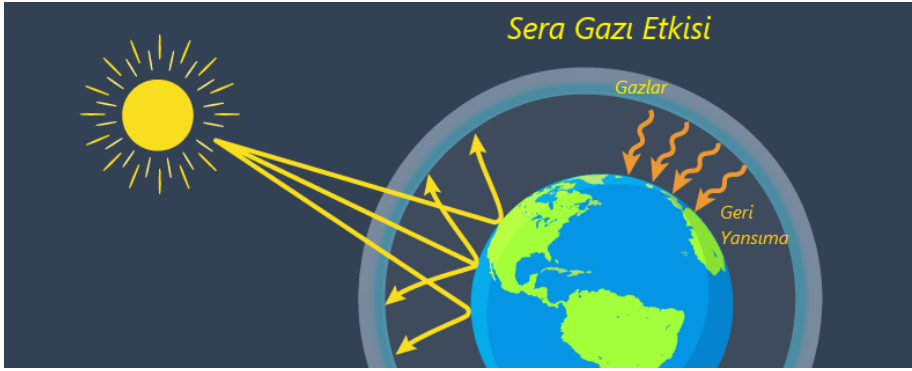
İklim değişikliğinin küresel, bölgesel ve yerel düzeyde gıda güvenliğini etkilemesi tahmin edilen bir durumdur. Söz konusu etkiler örneğin, gıda erişiminin aksaması yada azalması ve üretilen primer yada sekonder tarımsal ürünlerin kalitesinin bozulmasıdır. (USDA, 2015). Tarımsal üretim ve bu sektörün dünyadaki bütün canlılar üzerindeki rolünün üzerine iklim parametrelerinde meydana gelen değişimlerin etkisi birçok kuruluş tarafından endişe ile dile gerilmektedir. Bu nedenle çeyrek asırdır bu konuya olan ilgi artmış ve çok sayıda araştırma yapılmasına neden olmuştur. Toprakların iklime bağlı olarak nem içeriklerinde meydana gelen değişimler, iklim değişikliğinin değerlendirilmesi için önemli

göstergelerdir. Bu yazıda iklim değişikliğinde meydana gelen değişimlerin toprakların sıcaklığı, nem dengesi ve strüktürel yapısı üzerindeki etkisi değerlendirilmiştir. Ancak öncesinde iklim değişikliği ve bu konuda yapılan değerlendirmeler ele alınmıştır.

İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ NEDİR?

İklim değişikliği, genel anlamda ekosistemi etkileyen iklim parametrelerinin doğal ve insan faaliyetleri neticesinde uzun yıllar boyunca bir değişime uğraması olayıdır. İklim değişikliği tanım olarak, canlıları doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen sıcaklık, yağış, radyasyon ve nem gibi iklim parametrelerinin bireysel yada birlikte etkilemesi ve olağan sınırlarının dışına çıkması sürecidir. Bununla birlikte sanayi devrimi ile fosil yakıtların daha çok kullanılmaya başlanması, orman gibi doğal kaynaklarının vasıflarının değiştirilmesi ve bunların canlı üzerindeki etkilerini tanımlamak içinde “iklim değişikliği” tanımı kullanılmaktadır. Meydana gelen bu olaylar Dünya atmosferindeki karbondioksit konsantrasyonunun nispeten hızlı bir şekilde artmasına neden olur (Pachauri et al., 2014). Atmosferdeki CO₂ konsantrasyonu, sanayi devrimi öncesi dönemde 280 ppm civarındayken, 2020 yılının başlarında ise bu değer 413 ppm'ye kadar artmıştır. Araştırmacılar, küresel ısınmayı istikrara kavuşturmak için 2100 yılına kadar 'güvenli' konsantrasyon olan 350 ppm'in altına inilmesi gerektiğini bildirmiştir (Hansen, 2013). Atmosfer genel olarak birçok gazın karışımından oluşur. Önemli bir sera gazı olan karbondioksit atmosferdeki varlığı diğer gazlara oranla az olmakla birlikte, % 0.0377 ile en fazla bulunan 4. gazdır. Doğal olarak bulunan diğer sera gazları su buharı, metan, ozon ve diazotmonoksittir. Sera gazları atmosferin küçük bileşenleri olmasına rağmen, bir bütün olarak Dünya yüzeyinden

yayılan uzun dalga radyasyonunun yukarı doğru akışının büyük bir kısmını emerler (Manabe, 2019). Şekil 1’de görüldüğü gibi sanayi devrimi ile başlayan insan kaynaklı sera gazı birikimi yeryüzünün uzun dalgalı ışınım yoluyla soğuma etkinliğini zayıflatarak, onu daha fazla ısıtma eğilimindeki bir pozitif ışınımsal zorlamanın oluşmasını sağlar (Türkeş, 2008).



Şekil 1. Sera gazı etkisi

Karbondioksit gibi bir sera gazlarının atmosferdeki konsantrasyonun artmasıyla, yalnızca Dünya yüzeyinde değil, troposferde de sıcaklık artar, stratosferde ise sıcaklık düşer. Bununla birlikte yağış ve buharlaşmanın küresel ortalama oranları birlikte artmakta ve atmosferdeki su döngüsü hızlanmaktadır (Manabe, 2019). Başka bir ifade ile sera gazının etkisiyle oluşan küresel ısınma sadece sıcaklıkta değil aynı zamanda buharlaşma ve yağış oranında da değişikliklere neden olmaktadır (Manabe and Wetheral, 1985; Held and Soden, 2006). Atmosferde meydana gelen bu değişiklikler nedeniyle Dünya genelinde daha yüksek sıcaklıkların oluşması, yağış rejiminde değişikliklerin yaşanması, fırtınaların dahada şiddetlenmesi, kuraklığın artması, okyanusların ısınması ve su seviyesinin yükselmesi, bazı karasal türlerin yok olması gibi olayların meydana gelmesi bilim

adamları tarafından ön görülmektedir (Anonymous, 2023). Açıkça görülmektedir ki birçok bölgede yağışların tipi, yağış şekli, yoğunluğu, intensitesi ve periyodu gibi özellikleri zamanla değişmektedir. Bu değişim büyük bir oranla dünya ölçeğindeki iklim faktörleri tarafından yönlendirilmektedir (Wehner, 2013). Yağış rejimleri bir dereceye kadar belirli döngüsel değişimlerle karakterize edildiğinden, benzer olayların dünya genelinde gözlemlendiği görülmektedir. Ancak döngüsel olmayan anormallikler iklim değişikliği nedeniyle son zamanlarda daha belirgin hale gelmektedir (Dore, 2005; Huntington, 2006; Cai et al., 2014). Topraklar dünyada meydana gelen C, N ve hidrolojik döngülerdeki rolü nedeniyle küresel ekolojik döngüler sistemine kompleks bir biçimde bağlıdır. Bundan dolayıdır ki iklim değişikliği toprak dinamiği ve karakteristikleri üzerinde etkisi olacaktır (Brevik, 2013). İklimin en önemli iki parametresi olan yağış ve sıcaklık, bitkisel üretim ve toprak yönetimi açısından oldukça önemlidir. Küresel ısınma nedeniyle sıcaklık ve yağış özelliklerinde meydana gelen değişimler doğrudan ya da dolaylı olarak toprak yönetimini etkilemektedir.

Toprak Sıcaklığında Meydana Gelen Değişimler

Toprak sıcaklığı, topraktaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik olaylara etki eden önemli bir faktördür. Belirli aralıklar dahilinde toprak sıcaklığında meydana gelen her 10°C'lik bir artış biyokimyasal reaksiyonların ve biyolojik faaliyetlerin oluşum hızı iki katına çıkar (Cupples, 2005; Onwuka and Mang, 2018). Bu açıdan değerlendirildiğinde topraktaki organik materyallerin ayrışması, biyolojik aktivitenin performansı, toprak su dengesi ve tohumların çimlenmesi ile beraber bitki gelişmesi toprak sıcaklığı tarafından etkilenmektedir (Doran and Smith, 1987). Toprak sıcaklığının ana kaynağı güneştir. Kaynaktan gelen ışınlar yeryüzüne

ulaştığında ısı enerjisine dönüşerek etkide bulunduğu materyallerin ısınmasına neden olur ve bu şekilde toprakların sıcaklığı değişir. Bu sıcaklığın miktarı ya da bilançosu kaynaktan gelen enerjinin tutulması ve yansımaya bağlı olarak değişir. Gelen ışının bir kısmı toprakta tutulurken bir kısmı da atmosfere geri yansır (Chiemeka, 2010). Topraktaki ısı transferi (Zhao et al., 2007) ve yüzeydeki gizli ısı değişimleri (Nwankwo et al., 2012), toprak sıcaklığındaki değişikliklerin başlıca nedenleridir. Özellikle atmosferdeki sıcaklıkların değişimi bazı faktörlerinde (bitki örtüsü, organik madde içeriği, topoğrafya gibi) etkisiyle toprak sıcaklıklarında değişimlere neden olur. Yapılan araştırmalar hava sıcaklığının artışıyla paralel olarak toprak sıcaklığının da artacağı şeklindedir (Maurer and Bowling, 2014; García-García et al., 2019; Soong et al., 2020). Bu amaçla araştırmacılar tarafından toprak sıcaklığının değişimi ile ilgili birçok bölgede trend analizleri yapılmıştır. Bununla birlikte birçok çalışmada toprak sıcaklığı ile iklim değişikliği arasındaki bağlantıyı (Wang et al., 2013; Xue, et al., 2012; Fanget al., 2019) incelemiştir. Hu ve Feng (2004), belirli bir toprak derinliğinde toprak entalpisini hesaplayarak bunun 2-3 ay sürebileceğini belirtmişlerdir. Zhang ve ark., (2005)'a göre kar kalınlığının toprak sıcaklığının değişimi üzerinde dolaylı olarak bir etkisi vardır. Bu açıdan bakıldığında iklim parametrelerinde meydana gelen bir değişiklik bir çok olayın hızını ve yönünü etkilemektedir.

Bağdatlı ve Ballı (2020) çalışmalarında Niğde Ulukışla ilçesinde 1970-2019 yılları arasında Farklı toprak derinliklerinde toprak sıcaklıklarında değişimler meydana geldiğini bildirmiştir. Wang ve ark., (2022) yaptıkları araştırmada 1960-2000 yılları arasında Kuzeybatı Çin'deki 30 iklim istasyonundan alınan toprak sıcaklığı verilerine dayanarak, farklı

derinlikteki sıcaklıkların artma eğiliminde olduğunu bildirmiştir. Küresel ısınmanın toprak sıcaklığını nasıl değiştirdiğini araştırmak amacıyla yapılan bir başka çalışmada Zhang ve ark., (2001), Rusya'da 1890'lar ile 1990'lar arasındaki toprak sıcaklığı verilerini incelemiştir. Araştırmacılar 40 cm derinlikteki toprak sıcaklığında hızlı ısınma eğilimleri olduğunu tespit etmişlerdir. Qian ve ark., (2011) Kanadada yaptıkları bir araştırmada karasal ekosistemin okyanuslardan daha fazla ısındığını rapor etmiş, bunun çalışma bölgesinde iklim değişikliğinin bir belirteci olduğunu savunmuştur. Reshotkin and Khudyakov (2019) Rusyada en yoğun ısınmanın 21. yüzyılın başında görüldüğünü, 2001–2015 döneminde ortalama yıllık hava sıcaklığının 1961–1990 dönemine kıyasla 1,2–1,4°C arttığını bildirmiştir. Çalışmada ayrıca ortalama yıllık toprak sıcaklığının, incelenen tüm topraklarda ve tüm derinliklerde 0,5–1,0°C arttığı, yılın hem sıcak hem de soğuk dönemlerinde toprak ısınmasını görüldüğünü bildirmiştir.

Görüldüğü gibi birçok çalışmada iklim değişikliği ile toprak sıcaklığında değişmelerin meydana geldiği ve toprak sıcaklığında artışların olduğu bulunmuştur. Bu durum topraktaki biyokimyasal aktiviteyi yakından ilgilendirdiği gibi küresel anlamda bitkisel üretim içinde önemli bir konudur. Patil et al., (2010)'e göre toprak sıcaklığındaki değişimler toprak nem rejimlerini, toprak suyu drenajını, toprak nitrojeninin (N) mevcudiyetini ve su ortamına N sızmasını ve atmosfere NO₂ emisyonunu etkileyebilir. Araştırmacılar ayrıca yaptıkları denemede toprak sıcaklığının buğday bitkisinde vejetatif gelişmeye olan etkisini araştırmıştır. Çalışmada ısıtılmamış kontrol ile karşılaştırıldığında toprak ısınması, kışlık buğday mahsulü gelişimini ilerletmiştir. Bununla beraber toprak sıcaklığı ile beraber vejetatif gelişme döneminde toprak üstü biyokütle ve N alımı

artmış, toplam ürün yetiştirme süresini 12 gün kısaltmıştır. (Dijkstra et al., 2012)'e göre toprak sıcaklığının artması, topraklardaki biyolojik aktiviteyi artırması yoluyla sulak alanlarda metan salınımını da yükseltebilir. Genel olarak toprak ısınmasının, mikrobiyal aktiviteyi uyararak ve ayrışma oranını hızlandırarak karbondioksit emisyonunu arttırdığı da bildirilmektedir (Bai et al., 2010). Bununla birlikte, ısınmanın neden olduğu toprak kuruması aynı zamanda topraktaki organik karbon mineralizasyonunu da azaltacak ve böylece toprak solunumunu baskılayacaktır (Zang et al., 2020). Toprak sıcaklığının artışı ve etkileri ile yapılan çalışmalar dikkatlice irdelendiğinde toprakların ekosistem hizmetlerinde üstlendiği rol olumsuz yönde etkilenebilmektedir. Bununla beraber tarımsal üretimin en önemli bileşeni olan toprakları da sıcaklık artışı, bitkilerin vejetatif gelişmesini ürün miktarını ve vejetasyon dönemini etkilemektedir. Bu tehditleri önlemenin ilk adımı şüphesiz küresel iklim değişikliğini tetikleyen veya hızlandıran bütün faaliyetleri kontrol altına almaktır (Langholz and Turner, 2003).

Toprakların sıcaklık değişimi ile ilgili değişimler bitki tohumlarının toprakta imlenmesi ve çimlenme hızı toprak ısısı ile de ilgilidir. Soğuk topraklarda çimlenme olayı yavaş cereyan eder. Toprak ısısı arttıkça tohumların çimlenmesi de süratlenir ve uygun ısı şartlarında azami dereceye varır. Tohumların erken çimlenmesi ürünün erken alınmasını sağlar. Bu yüzden ilkbaharda sıcak ve soğuk topraklarda farklı tarımın yapılması zorunluluğu ortaya çıkar. Bu durum özellikle sebze üretiminde kendini daha iyi gösterir (Sarıyev ve Acar, 2021). Diğer yandan toprak sıcaklığında meydana gelen olağan dışı yükselmeler toprak nem dengesini bozacağından tohumların çimlenmesini engelleyebilir. Özellikle 30 C üzerindeki toprak

sıcaklıklarının çimlenme oranını oldukça düşürdüğü bilinmektedir (Watt et al., 2011; Watt and Bloomberg, 2012)

Toprak Strüktüründe Meydana Gelen Değişimler

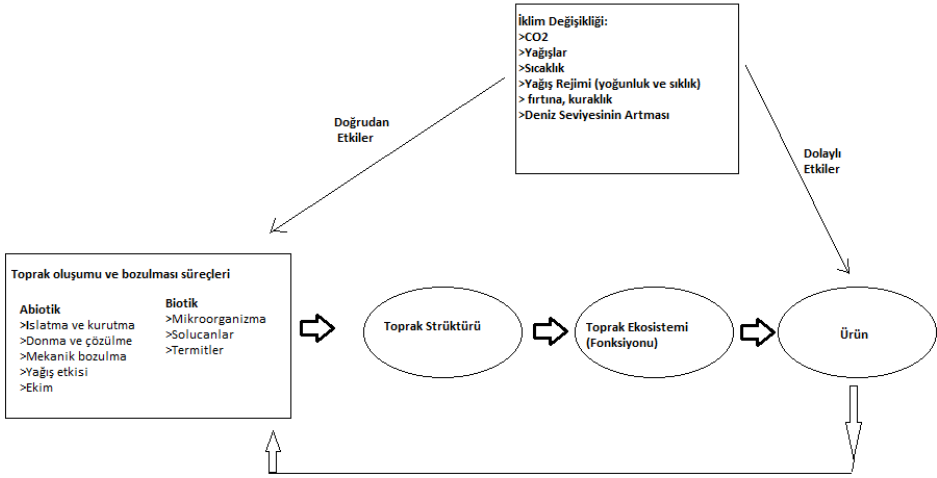
Toprak strüktürü ya da yapısı, toprak parçacıklarının (kum, silt, kil, organik madde) gözenekli bileşikler halinde gruplandırılmasını ifade eder (Six et al., 2000). Toprak profili boyunca iyi bir strüktüre sahip olan topraklar, agregalar arasında iyi kök gelişimi ve mikro canlılar gibi biyolojik aktivitenin kanıtı olan çok sayıda boşluk veya gözenek içerir. Az sayıda gözenek içeren veya sıkıştırılmış topraklar, bitkinin kök gelişimini ve toprağın su tutma kapasitesini etkileyebilir, besin alımını azaltabilir ve büyüyen bitkileri zararlılara ve hastalıklara daha yatkın hale getirebilir (Finch et al., 2014). Toprak strüktürü, kökler tarafından alınabilecek besin miktarının belirlenmesinde ve köklerin yanal ve profilden aşağıya doğru büyümesinde önemli bir rol oynar (Bodner et al., 2021).

İklim, sıcaklık ve nem rejimlerindeki değişim, ıslak-kuru ve donma-çözülme döngülerindeki değişiklikler yoluyla toprak parçacıklarının birleşme şeklini etkiler (Singer et al., 1992; Göçük and Demir, 2021). Topraklar için önemli bir iklim parametresi olan sıcaklık ile strüktürün bozulması arasındaki ilişki, çeşitli diğer faktörlerin etkisinden dolayı oldukça değişkendir. Yüksek sıcaklıklarda biyolojik aktivite ve ayrışma artarken, düşük sıcaklıklarda yavaşlayan aktivite ile beraber organik karbon birikimi oluşur. (Franzluebbbers et al., 2001). Toprakların kararlı bir strüktüre sahip olması o toprakların özellikle erozyon gibi toprak yapısını bozan süreçlerin önüne geçer. Çünkü toprak erozyonunun oluşumu ve oranı bir dizi neden ve faktör tarafından kontrol edilir.

Yağışın erozyona neden olma yeteneği (aşınma), yamaçların uzunluğu ve dikliği, toprağın erozyona karşı direnci (aşınabilirlik) ve arazi kullanımı söz konusu faktörlerdendir. İklim değişikliği doğrudan veya dolaylı olarak faktörlerin bazılarını etkileyebilir (Dikau, 1986). Topraklarda strüktür gelişimi yada var olan strüktürün bozulma hızı toprak organik maddesinin karakteristiği ve ayrışma durumuna bağlıdır. Söz konusu bu durumda toprak nemi ve toprak sıcaklık rejimi tarafından yönlendirilmektedir (Chaney and Swift, 1984; Tate, 1987). Van der Drift (1995) tarafından sıcaklık ile toprak agregat stabilitesi ilişkilerini belirlemek için yapılan bir araştırmada, sıcaklığın agrega stabilitesi üzerindeki doğrudan ve dolaylı etkilerinin sahada fark edilmesinin zor olduğunu rapor etmiştir. Araştırmada arazi farklı yöneylerindeki toprak sıcaklığından yararlanarak agregat stabilitesi ile toprak sıcaklığı arasında ilişki araştırılmıştır. Çalışmada orman örtüsü altındaki toprakların agrega stabilite değerleri yöneye göre büyük ölçüde değişmiştir. Sonuçlar güneydoğuya bakan yamaçlarda stabil olduğunu ve kuzeye bakan yamaçlarda minimum stabiliteye sahip olduğunu göstermiştir.

İklim değişikliği, toprak biyolojisi üzerindeki olası etkiler yoluyla toprak strüktürünü dolaylı olarak etkileyebilir. İklim değişiklikleriyle ilişkili farklı çevresel değişikliklerle birlikte toprak biyolojisinde doğrudan ve dolaylı değişiklikler meydana gelebilir. Özellikle toprakta strüktürel yapının oluşmasında rol oynayan bazı toprak canlıları değişen iklim koşulları nedeniyle aktivitelerini kaybedebilir. Örneğin solucanlar tarafından oluşturulan yuvaların (makro gözenekler) toprağın hidrolik özelliklerini kontrol etmedeki baskın rolü birçok araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Chan, 2004). Bu makro toprak canlılarının yokluğu, topraklarda karıştırma

faaliyetlerinin eksikliği nedeniyle güçlü profil farklılaşmasına neden olur (Lavelle et al., 1997). Singh et al (2011) iklim değişikliği nedeniyle meydana gelen kuraklık, yağış ve yangınların doğrudan ve dolaylı olarak toprak strüktürünü bozacağını bildirmiştir. Bu etkiler araştırmacılar tarafından Şekil 2 deki gibi şematize edilmiştir. Doğrudan etki olarak kuruyan topraklarda organik karbonun azalmasıyla birlikte strüktürel bozulmanın hızının arttığını rapor etmiştir. Görüldüğü gibi iklim değişikliği ile topraklarda meydana gelen bazı değişimler toprak strüktürünü doğrudan etkilemektedir. Özellikle yağış rejimlerinde ve toprak sıcaklığında meydana gelen değişimler toprak nemi, organik madde kapsamı ve toprak canlılarının yaşamlarını olumsuz yönde etkileyerek strüktürel bozulmanın önünü açmaktadır.



Şekil 2. İklim değişikliği senaryolarında toprak strüktür ile ürün verimi arasındaki temel ilişkiler (Singh et al (2011)).

Toprak Nem Dengesinde Meydana Gelen Değişimler

Toprak nemi, toprak mineralleri (katı maddeler), nem ve havadan oluşan toprağın üç fazlı sisteminin vazgeçilmez bir parçasıdır (Er, 2020; Das,

2021). Su bütün canlı varlıkların olduğu gibi, toprak canlıları ve tarımsal üretim için hayati bir öneme sahiptir. Toprakta meydana gelen neredeyse bütün biyokimyasal aktiviteler ve fiziksel olaylar toprak neminin kontrolünde meydana gelir. Toprağın mekanik özellikleri, çatlaması, kıvamı, şişmesi, yoğunluğu ve büzülmesi toprağın nem kapsamı ile ilgilidir (Terzaghi and Peck 1948). Ayrıca, bitki büyümesi (Baver et al., 1972), doğal ekosistemlerin sürdürülebilirliği ve biyolojik çeşitlilik (Robinson et al., 2008) söz konusu olduğunda önemli bir role sahiptir. Topraklardaki nemliliğinin kapsamı birçok faktör tarafından yönlendirilir. İklim ve toprak özellikleri ile tarımsal uygulamalar toprak-nem dengesi üzerinde önemli bir etkiye sahiptir (Porporato et al., 2004; Demir et al., 2017). Küresel ölçekte yağış tipi, yağış rejimi, yağış yoğunluğu ve sıcaklık değerlerinde meydana gelen değişimler toprak nem dengesinde de değişikliklerin olmasına neden olabilir. Bu konuda çok net veriler olamasa bile araştırmacılar tarafından birçok çalışma yürütülmektedir. Özellikle toprak neminin izlenmesi ile ilgili son yıllarda analiz edilen verilerde toprak nemi ile ilgili doğrusal eğilimlerin aşağı yönlü eğilimler ortaya çıkardığına dair bazı literatür çalışmaları bulunmaktadır (Robock et al., 2005, Keshavarz et al., 2011, Dorigo et al., 2012). Huszar et al., (1999) yaptığı çalışmalar sonucunda kuraklığın su stresi yaşanan günlerde terleme, toprak nem içeriği ve mahsulün mevcut suyunda farklılıklar yarattığını bildirmiştir. Araştırmacılar ayrıca varsayılan ısınmaya bağlı olarak bitki örtüsünün büyüme döneminde genel olarak kuraklığa doğru bir eğilim söz konusu olduğunu rapor etmiştir. Krysztofiak-Kaniewska et al., (2016) farklı derinlikteki uzun yıllık toprak nem içeriklerini istatistiksel olarak değerlendirmiştir. 7 farklı bölgede yapılan çalışmada, 6 bölgede nem değerlerinin düşüş eğiliminde olduğunu bildirmiştir. Robock et al., (2005) tarafından Ukrayna'da yapılan bir çalışmada 141 iklim istasyonunun 1958-2002 yılları arasındaki toprak nem verilerinin değişimi incelenmiştir. Toprak nem değerlerinin ilk 20 yolda artış eğiliminde olduğunu ancak son 20 yılda ise sabitlendiği görülmüştür. Dorigo et al., (2012) ise çalışmasında birçok ülkedeki toprakların nem içeriğinde azalma trendlerinin olduğunu bildirmiştir. Luo et al., (2021)

çalışmasında küresel çerçevede toprak neminin sürekli olarak azalma eğilimi gösterdiğini bildirmiştir. Bununla birlikte, farklı iklim bölgeleri arasında toprak su depolamasının zamansal eğiliminin farklı olduğunu; tropikal, ılıman ve soğuk bölgelerde azalma, kutup bölgelerinde artış eğiliminin olduğunu rapor etmiştir.

İklim değişiklikleri nedeniyle meydana gelen sıcaklık artışları ve yağış azalmaları doğrudan toprak nem içeriğini etkilemektedir. Toprak neminde meydana gelen azalmalar, bitkisel üretimde sulama gereksinimini artırabilir. Buna bağlı olarak verim azalması ve hatta çölleşmeye yol açarak gıda üretimi üzerinde potansiyel olarak dramatik etkiler yaratabilir. Yayınlanan raporlara göre 13 Avrupa ülkesi çölleşme tehdidi ile karşı karşıya kaldığını bildirmiştir (EEA, 2023). Aydın ve ark. (2008) bölgesel iklim modeli ile gerçekleştirdikleri çalışmalarında 2070 yılında Akdeniz bölgesinde %46 yağış azalmasına karşılık açık topraktan olan buharlaşmanın 50 mm kadar azalması sebebiyle toprak nem içeriğinin de azalacağı öngörülmektedir. Bitkisel üretimde tohumların özellikle çıkış döneminde çimlenmeyi etkileyen çevresel etmenlerin başında toprak nem içeriği gelmektedir. Düşük toprak nem içeriğinin çıkışı geciktirdiği bilinmektedir. Yani bu dönemdeki nem eksikliği olumsuz çevre koşullarının başında gelmektedir (Atar ve Kara, 2014). Benzer şekilde toprak içinde mineral maddelerin taşınması, çözünmesi ve bitkiler tarafından alınması yine toprak neminin kontrolündedir. Düşük nem içeriği bu olayların aksamasına neden olacaktır. Özellikle kuru tarım şartlarında topraktaki birçok reaksiyon toprak nemi tarafından yönlendirilmektedir. Kaya ve Aydın (2017) yapmış oldukları çalışmada SWAP modeli kullanmış ve toprak, iklim ve bitki verileri hazırlanarak, yazlık ürün yetiştirme dönemi boyunca Aydın yöresinde yer alan toprak tipi ve katmanlarına göre toprak nem değişimleri tahmin edilmiştir. Çalışmada senaryo analizlerinin sonuçlarına göre sıcaklık artışıyla topraktan olan buharlaşmanın ve bitkiden olan terlemenin önemli oranda artacağı ve bu artışı karşılamak için taban suyunun fazla olduğu bölgede bir kapılar yükselme ile bitki kök bölgesine

doğru su hareketinin olacağı tahmin edilmiştir. Sonuç olarak, iklim değişikliğine bağlı olarak sıcaklık ve yağış rejimlerinin değişmesi, toprak neminin içeriğinde de önemli değişiklikler oluşturacaktır. Dünya genelinde küresel iklim değişikliğinin bir sonucu olarak toprak neminde meydana gelen bu anormal değişimler bitkisel üretimde verim, kalite ve rekolte parametreleri üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olabilir. İklimde meydana gelen bir değişim, yağışların ve buharlaşmanın şiddeti, zamanlaması ve büyüklüğünde çok büyük etkilere neden olacaktır (Watson et al., 1996). Bununla beraber meydana gelen meteorolojik değişimle beraber, yeraltı suları, toprak nem ve sıcaklık rejimleri önemli değişikliklere maruz kalacaktır (Kang et al. 2009). Birçok çalışmada yapılan iklim modelleri küresel ısınmayla birlikte potansiyel buharlaşma-terlemede bir artışın olabileceğini rapor etmektedir (Anderson, 2005). Bu değişimlerin kurak bölgelerde dahada hissedilebilir olacağı öngörülmektedir. Mulneh (2020) yaptığı çalışmada Etiyopyada 2020-2050 ile 2066–2095 dönemlerinde evapotranspirasyonun sırasıyla %5 ve %14 artacağını bildirmiştir. Gebrechorkos et al (2019) Etiyopyada buharlaşmanın artma eğiliminde olduğunu yağışlarda yaklaşık %17 oranında azalacağını rapor etmiştir. Yukarıda bazı örnekleri verilen çalışma sonuçlarının sonucu kaçınılmaz olarak, toprak su dengesinde meydana gelecek olan dengesizlik dünya çapında su kaynaklarını ve tarımsal verimliliği ciddi bir şekilde tehdit edebilir. (Vanuytrecht et al., 2012).

SONUÇ

Küresel iklim değişikliği ve meteorolojik parametrelerde uzun vadede meydana gelen değişimler canlı cansız bütün varlıkları etkilemektedir. Özellikle sıcaklık ve su döngüsünde meydana gelen eğilim değişimleri ekosistemin her kademesinde etkisini göstermektedir. Ekosistem hizmetlerinin en önemli basamağı topraklar olduğuna göre küresel iklim değişikliği ile önemli derecede etkileşim oluşmaktadır. Bu bölümde dünyanın birçok bölgesinde yapılan lokal veya daha geniş ölçekli çalışmalarda küresel iklim değişikliğine bağlı olarak toprak sıcaklığında çeşitli değişimlerin olduğu rapor edilmiştir. Atmosferik hava değişimlerinin toprak sıcaklığının değişimi üzerindeki etkisi birçok araştırmacı tarafından bildirilmiştir. Araştırmalar toprak sıcaklığında birçok bölgede artan yönde bir trendin olduğunu ve bu eğilimin birçok toprak özelliğini doğrudan etkileyeceğini ortaya koymaktadır. Bununla bu bölümde toprak sıcaklığında meydana gelen değişimle beraber toprakların strüktürel özellikleri ve nem dengesi üzerindeki etkileri ele alınmıştır. Topraklarda meydana gelen ıslanma-kuruma ve donma-çözünme olayları toprak agregalarının oluşumunda önemli bir yere sahiptir. Toprak sıcaklığında ve nem dengesinde meydana gelen değişimlerin toprak yapısının stabilizasyonunda ciddi sorunların meydana gelebileceği araştırmacılar tarafından bildirilmektedir. Aslında topraklarda su kaybı yanı dehidrasyon strüktür oluşumunda bir gereklilik olarak bildirilmektedir. Ancak iklim değişikliğinin etkisi ile ön görülen sınırlar dışında meydana gelen aşırı su fazla su kaybı biyokimyasal olayları da olumsuz etkilemekte ver toprak üretkenliğini azaltmaktadır. Bunların dışında tohumların çimlenmesi, kök gelişimi, kök bölgesinde su ve ısı hareketleri ve topraktaki biyolojik aktivite toprak sıcaklığı tarafından yönlendirilmektedir. Toprak sıcaklığının uygun bir çerçevede yönetimi olumsuz etkileri minimum düzeye indirecektir. Toprak sıcaklığını büyük ölçüde kontrol altına almak şüphesiz imkânsızdır. Ancak belli sınırlar aralığında kontrol edebilmek ve toprakların değişimlere karşı tamponlama kapasitesini arttırmak yapılan işten maksimum fayda sağlamayı mümkün kılabilir.

KAYNAKLAR

- Anderson, M.G., (2005). The Impact of Climate Change and Variability on Heavy Precipitation, Floods, and Droughts Encyclopedia of Hydrological Sciences, vol. 200 John Wiley & Sons, Ltd.
- Anonymous, (2023). Causes and Effects of Climate Change, United Nations climate action. (Erişim linki <https://www.un.org/en/climatechange/science/causes-effects-climate-change> Erişim tarihi: 01.09.2023).
- Atar, B., Kara, B., (2014). Buğday ve Arpada farklı toprak nem düzeylerinde bazı ekim öncesi tohum uygulamalarının etkinliği. Journal of Agricultural Sciences, 21(1), 93-99.
- Aydın M, Yano T, Evrendilek F, Uygur V (2008). Implications of Climate Change for Evaporation from Bare Soils in a Mediterranean Environment. Environmental Monitoring and Assessment, Volume 140, Numbers 1-3, 123-130, DOI: 10.1007/s10661-007-9854-4
- Bağdatlı, M. C., & Ballı, Y. (2020). Soil Temperature changes (1970-2019) in ulukışla district in turkey by trend analysis methods. International Journal of Plant Breeding and Crop Science, Vol. 7(2), pp. 851-864
- Bai, W., Wan, S., Niu, S., Liu, W., Chen, Q., Wang, Q., ... & Li, L. (2010). Increased temperature and precipitation interact to affect root production, mortality, and turnover in a temperate steppe: implications for ecosystem C cycling. Global change biology, 16(4), 1306-1316.
- Baver, L. D., Gardner, W. H., & Gardner, W. R. (1972). Soil physics (No. 04; S592. 3, B38 1972.). New York: Wiley.
- Bodner, G., Mentler, A., & Keiblinger, K. (2021). Plant roots for sustainable soil structure management in cropping systems. The Root Systems in Sustainable Agricultural Intensification, 45-90.
- Brevik, E. C. (2013). The potential impact of climate change on soil properties and processes and corresponding influence on food security. Agriculture, 3(3), 398-417.
- Cai, H., Yang, X., Wang, K., & Xiao, L. (2014). Is forest restoration in the southwest China Karst promoted mainly by climate change or human-induced factors?. *Remote Sensing*, 6(10), 9895-9910.
- Chan KY (2004) Impact of tillage practices and burrows of a native Australian anecic earthworm on soil hydrology. *Appl Soil Ecol* 27:89-96
- Chaney, K. and R.S. Swift (1984). The influence of organic matter on aggregate stability in some British soils. *Journal of Soil Science*, 35, pp.223-230
- Chiemeka, I.U. (2010). Soil temperature profile at Uturu, Nigeria. *Pacific Journal of Science and Tech.*, 11(1): 478-482.
- Cupples, A. M. (2005). Principles and applications of soil microbiology. *Journal of Environmental Quality*, 34(2), 731.
- Das, B. M. (2021). Principles of geotechnical engineering. Cengage learning.
- Demir, A. D., Demir, Y., Şahin, Ü., & Meral, R. (2017). Bingöl ilinde sıcaklık ve yağışların trend analizi ve tarıma etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(3), 284-291.
- Dijkstra, F. A., Prior, S. A., Runion, G. B., Torbert, H. A., Tian, H., Lu, C., & Venterea, R. T. (2012). Effects of elevated carbon dioxide and increased temperature on

- methane and nitrous oxide fluxes: evidence from field experiments. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 10(10), 520-527.
- Dikau, R. (1986). Experimentelle Untersuchungen zu Oberfl~ichenabfluss and Bodenabtrag von Messparzellen und landwirtschaftlichen Nutzfl~ichen. Heidelberg Geographischen Arbeiten Heft 81. Heidelberg, Germany
- Doran, J. W., & Smith, M. S. (1987). Organic matter management and utilization of soil and fertilizer nutrients. *Soil fertility and organic matter as critical components of production systems*, 19, 53-72.
- Dorigo W., de Jeu R., Chung D., Parinussa R., Liu Y., Wagner W., Fernández-Prieto D (2012). Evaluating global trends (1988-2010) in harmonized multi-satellite surface soil moisture. *Geophysical Research Letters*, Vol. 39, L18405,
- EEA, (2023). European Environment Agency,
- Er, H., Demir, Y., & Meral, R. (2020). Farklı özellikteki toprak iyileştiricilerinin kumlu toprakların su tutma kapasitesi üzerine etkisi. *Uluslararası Biyosistem Mühendisliği Dergisi*, 1(2), 55-65.
- Ergene, A. (2012). Toprak Biliminin Esasları. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Yayınları, 267 Ders Kitapları Serisi (1993), p. 42
- Fang X, Luo S, Lyu S. (2019). Observed soil temperature trends associated with climate change in the Tibetan Plateau, 1960–2014. *Theor Appl Climatol*. 135:169–81.
- Finch, H. J. S., Samuel, A. M., & Lane, G. P. F. (2014). Soils and soil management. Lockhart & Wiseman's crop husbandry including grassland, 37-62.
- Franzluebbers, A. J., Haney, R. L., Honeycutt, C. W., Arshad, M. A., Schomberg, H. H., & Hons, F. M. (2001). Climatic influences on active fractions of soil organic matter. *Soil Biology and Biochemistry*, 33(7-8), 1103-1111.
- García-Suárez, A. M., & Butler, C. J. (2006). Soil temperatures at Armagh Observatory, Northern Ireland, from 1904 to 2002. *International Journal of Climatology*, 26(8), 1075–1089.
- Gebrechorkos, S.H., Bernhofer, C., Hülsmann, S., (2019). Impacts of projected change in climate on water balance in basins of East Africa. *Sci. Total Environ*. 682, 160–170
- Göçük, M., & Demir, Y. (2021). Effect of biochar and polyacrylamide on aggregate stability and water holding capacity of soils in the freeze and thaw cycle. *Düzce University Faculty of Forestry Journal of Forestry*, 17(2), 286-301.
- Hansen, J., Kharecha, P., Sato, M., Masson-Delmotte, V., Ackerman, F., Beerling, D. J., ... & Rockstrom, J. (2013). Assessing “dangerous climate change”: Required reduction of carbon emissions to protect young people, future generations and nature. *PloS one*, 8(12), e81648.
- Held, I. M. and Soden, B. J. 2006. Robust response of the hydrologic cycle to global warming. *J. Clim.* **19**, 5686–5699. doi: 10.1175/JCLI3990.1
- Hu Q, Feng S. (2004). A role of the soil enthalpy in land memory. *J Clim*. 17:3633–43.
- Hulse, J. H. 1995. *Science Agriculture and Food Security*. NRC Research Press, Ottawa, Canada.
- Huntington, T. G. (2006). Evidence for intensification of the global water cycle: Review and synthesis. *Journal of Hydrology*, 319(1-4), 83-95.
- Huszar, T., Míka, J., Lóczy, D., Molnar, K., & Kertesz, A. (1999). Climate change and soil moisture: A case study. *Physics and Chemistry of the Earth, Part A: Solid Earth and Geodesy*, 24(10), 905-912.

- Kang, Y., Khan, S., & Ma, X. (2009). Climate change impacts on crop yield, crop water productivity and food security—A review. *Progress in natural Science*, 19(12), 1665-1674.
- Keshavarz M.R., Vazifedoust M., Alizadeh A., Asadi A. (2011). Trend analysis of soil wetness index derived from optical satellite data. *Iranian Journal of Irrigation and drainage* No. 2, Vol. 5, s. 209-219
- Krysztofiak-Kaniewska, A., Miler, A. T., Urbaniak, M., Ziemblińska, K., & Wróbel, M. (2016). Trend analysis of changes in soil moisture from the different depths in the Martew Forestry. *Infrastruktura i Ekologia Terenów Wiejskich*.
- Langholz, J., & Turner, K. (2003). *You can prevent global warming (and save money!): 51 easy ways*. Andrews McMeel Publishing.
- Lavelle P, Bignell D, Lepage M, Wolters V, Roger P, Ineson P, Heal OW, Dhillion S (1997) Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. *Eur J Soil Sci* 33:159–193
- Luo, X., Li, S., Yang, W., Liu, L., & Tang, X. (2021, April). A decreasing trend in global soil water storage from 1981 to 2017. In EGU General Assembly Conference Abstracts (pp. EGU21-5756).
- Manabe, S. (2019). Role of greenhouse gas in climate change. *Tellus A: Dynamic Meteorology and Oceanography*, 71(1), 1620078.
- Manabe, S. and Wetherald, R. T. 1985. *CO2 and Hydrology. Advances in Geophysics. 28. Issues in Atmospheric and Oceanic Modeling. Part A, Climate Dynamics* (ed. S. Manabe). New York, NY: Academic Press, 131–157.
- Maurer, G. E., & Bowling, D. R. (2014). Seasonal snowpack characteristics influence soil temperature and water content at multiple scales in interior western U.S. mountain ecosystems. *Water Resour. Res.*, 50, 5216–5234.
- Mullins CE, MacLeod DA, Northcote KH, Tisdall JM, Young IM (1990) Hardsetting soils: behaviour, occurrence and management. In: Lal R, Stewart BA (eds) *Soil degradation advances in soil science*, vol 11. Springer, Berlin, pp 37–99
- Muluneh, A. (2020). Impact of climate change on soil water balance, maize production, and potential adaptation measures in the Rift Valley drylands of Ethiopia. *Journal of Arid Environments*, 179, 104195.
- Nwankwo, C. and Ogugurue, D. (2012). An investigation of temperature variation at soil depths in peuts of Southern Nigeria. *American journal of environmental engineering*, 2(5): 142-147.
- Onwuka, B., & Mang, B. (2018). Effects of soil temperature on some soil properties and plant growth. *Adv. Plants Agric. Res.*, 8(1), 34-37.
- Pachauri, R. K., Allen, M. R., Barros, V. R., Broome, J., Cramer, W., Christ, R., ... & Dubash, N. K. (2014). Climate change 2014: synthesis report. Contribution of Working Groups I, II and III to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (p. 151). IPCC.
- Patil, R. H., Laegdsmand, M., Olesen, J. E., & Porter, J. R. (2010). Effect of soil warming and rainfall patterns on soil N cycling in Northern Europe. *Agriculture, ecosystems & environment*, 139(1-2), 195-205.
- Pepper, I. L., & Brusseau, M. L. (2019). Physical-chemical characteristics of soils and the subsurface. *Environmental and pollution science*, 9-22.
- Porporato, A., Daly, E., & Rodriguez-Iturbe, I. (2004). Soil water balance and ecosystem response to climate change. *The American Naturalist*, 164(5), 625-632.

- Qian, B., Gregorich, E. G., Gameda, S., Hopkins, D. W., & Wang, X. L. (2011). Observed soil temperature trends associated with climate change in Canada. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 116(D2).
- Reshotkin, O. V., & Khudyakov, O. I. (2019). Soil temperature response to modern climate change at four sites of different latitude in the European part of Russia. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 368, No. 1, p. 012040). IOP Publishing.
- Robinson, D. A., Campbell, C. S., Hopmans, J. W., Hornbuckle, B. K., Jones, S. B., Knight, R., ... & Wendroth, O. (2008). Soil moisture measurement for ecological and hydrological watershed-scale observatories: A review. *Vadose zone journal*, 7(1), 358-389.
- Robock A., Mu M., Vinnikov K., Trofimova I. V., Adamenko T. I. (2005). Forty-five years of observed soil moisture in the Ukraine: No summer desiccation (yet). *Geophysical Research Letters*, VOL. 32, L03401.
- Sarıyev, A., Acar, M., (2021). Toprak Sıcaklığı, Toprak Bilimi, Bölüm 8. Baş Yazar Ahmet Ruhi MERMUT, Nobel Yayın Evi, 1. Basım. 488 s.
- Singer, M. J., Southard, R. J., Warrington, D. N., & Janitzky, P. (1992). Stability of synthetic sand-clay aggregates after wetting and drying cycles. *Soil Science Society of America Journal*, 56(6), 1843-1848.
- Six, J., Elliott, E. T., & Paustian, K. (2000). Soil structure and soil organic matter II. A normalized stability index and the effect of mineralogy. *Soil Science Society of America Journal*, 64(3), 1042-1049.
- Soong, J. L., Phillips, C. L., Ledna, C., Koven, C. D., & Torn, M. S. (2020). CMIP5 models predict rapid and deep soil warming over the 21st century. *Journal of Geophysical Research: Biogeosciences*, 125(2), e2019JG005266.
- Tate III, R.L. (1987): *Soil organic Matter. Biological and ecological effects*. J. Wiley & sons
- Terzaghi, K., & Peck, R. B. (1948). *Soil mechanics. Engineering Practice*. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Türkeş, M. (2008). Küresel iklim değişikliği nedir? Temel kavramlar, nedenleri, gözlenen ve öngörülen değişiklikler. *İklim Değişikliği ve Çevre*, 1(1), 26-37.
- USDA (2015). Brown, M.E., J.M. Antle, P. Backlund, E.R. Carr, W.E. Easterling, M.K. Walsh, C. Ammann, W. Attavanich, C.B. Barrett, M.F. Bellemare, V. Dancheck, C. Funk, K. Grace, J.S.I. Ingram, H. Jiang, H. Maletta, T. Mata, A. Murray, M. Ngugi, D. Ojima, B. O'Neill, and C. Tebaldi. 2015. *Climate Change, Global Food Security, and the U.S. Food System*. 146 pages.
- USGCRP (2014). Hatfield, J., G. Takle, R. Grotjahn, P. Holden, R. C. Izaurralde, T. Mader, E. Marshall, and D. Liverman, 2014: Ch. 6: Agri-culture. *Climate Change Impacts in the United States: The Third National Climate Assessment*, J. M. Melillo, Terese (T.C.) Richmond, and G. W. Yohe, Eds., U.S. Global Change Research Program, 150-174.
- Van der Drift, J. W. M. (1995). The effect of temperature change on soil structure stability. In *Studies in environmental science* (Vol. 65, pp. 923-930). Elsevier.
- Vanuytrecht, E., Raes, D., Willems, P., Geerts, S., (2012). Quantifying field-scale effects of elevated carbon dioxide concentration on crops. *Clim. Res.* 54, 35–47.
- Wang Y, Chen W, Zhang J, Nath D. (2013). Relationship between soil temperature in may over Northwest China and the East Asian summer monsoon precipitation. *Acta Meteor Sin.*, 27:716–24.

- Wang, Y., Jiang, Z., Zhou, D., & Gong, Z. (2022). Evaluation and analysis of observed soil temperature data over Northwest China. *Open Geosciences*, 14(1), 1562-1576.
- Watson, R. T., Zinyowera, M. C., & Moss, R. H. (1996). Impacts, adaptations and mitigation of climate change: scientific technical analyses.
- Watt MS, Bloomberg M, Finch-Savage WE. (2011). Development of a hydrothermal time model that accurately characterizes how thermos inhibition regulates seed germination. *Plant, Cell & Environment* 34: 870–876.
- Watt, M. S., & Bloomberg, M. (2012). Key features of the seed germination response to high temperatures. *New Phytologist*, 196(2), 332-336.
- Wehner, M. F. (2013). Very extreme seasonal precipitation in the NARCCAP ensemble: model performance and projections. *Climate Dynamics*, 40, 59-80.
- Xue YK, Vasic R, Janjic Z, Liu YM, Chu PC. (2012). The impact of spring subsurface soil temperature anomaly in the western U.S. on North American summer precipitation: A case study using regional climate model downscaling. *J Geophys Res*. 117:D11103.
- Yıldırım, K. & AYDIN, G. B. (2017). İklim Değişikliğinin Aydın Yöresinde Toprak Nemi Üzerindeki Etkileri ve SWAP Modeli ile Simülasyonu. *Toprak Su Dergisi*, 31-45.
- Zang, H., Blagodatskaya, E., Wen, Y., Shi, L., Cheng, F., Chen, H., ... & Kuzyakov, Y. (2020). Temperature sensitivity of soil organic matter mineralization decreases with long-term N fertilization: Evidence from four Q10 estimation approaches. *Land Degradation & Development*, 31(6), 683-693.
- Zhang, T., Barry, R. G., Gilichinsky, D., Bykhovets, S. S., Sorokovikov, V. A., & Ye, J. (2001). An amplified signal of climatic change in soil temperatures during the last century at Irkutsk, Russia. *Climatic Change*, 49, 41-76.
- Zhang, Y., Chen, W., Smith, S. L., Riseborough, D. W., & Cihlar, J. (2005). Soil temperature in Canada during the twentieth century: Complex responses to atmospheric climate change. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 110(D3).
- Zhao, Y. M., Xiao-mong, M.A. and Wang, L. (2007). Variations of soil temperature and soil moisture in Northern Tibetaplateau. *J. Glaciol. and Georcyol*. 29(4): 578-583.

BÖLÜM 6

BAZI KARACADAĞ ÇELTİK ÇEŞİTLERİNİN PİRİNCE İŞLENMESİ ESNASINDA MEYDANA GELEN FİZİKSEL VE KİMYASAL DEĞİŞİMLERİN BELİRLENMESİ**

Zir. Yük. Müh. M. Emin KAPLAN^{1*}

Doç. Dr. A. Konuralp ELİÇİN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10251552>

¹ Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır. ORCID: 0000-0002-8044-5266

² Dicle Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makinaları ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Diyarbakır, TÜRKİYE, konuralp.elicin@dicle.edu.tr, ORCID: 0000-0003-3240-454

**Bu çalışma, Dicle Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinatörlüğü tarafından ZIRAAT.21.004 numaralı destekle, Yüksek Lisans Tez çalışması olarak gerçekleştirilmiştir.

1. GİRİŞ

Buğdaygiller familyası (Poaceae)'nın bir üyesi olan çeltik (*Oryza sativa* L.) bitkisi (Allard 1960; Taşlıgil ve Şahin 2011), belirli proseslerden yararlanılarak pirince işlenmektedir (Kün and Genç 1973; Clarkson 1981; Taşlıgil ve Şahin 2011).

Çeltik, Dünya nüfusunun yarısından çoğunun temel gıda besini olarak yararlandığı önemli bir yere sahip olan bir besin kaynağımızdır. Buğdaygiller familyasının bir üyesi çeltik, mısır ve buğdaydan sonra en fazla ekim yapılan üründür. Tarihsel olarak en eski tahılların arasında bulunmaktadır. Çeltiğin ana vatanının Çin olduğu tahmin edilmekle beraber, dünya ya yayılması, Hindistan ve Sri Lanka gibi ülkelerin yardımıyla meydana gelmiştir. Ülkemize 500 yıl önce girdiği belirtilmiştir (Kün 1985; Ünan ve Gençtan 2021).

İnsan beslenmesi için gerekli olan protein ve amino asitler bakımından diğer tahıllara oranla çeltik, zengin bir temel gıda maddesi olarak kabul edilmektedir. Dünya nüfusunu hızlı bir artış göstereceği göz önüne alındığında buna paralel olarak, Pirinç tüketiminin de artış görülecektir. Yaşam kalitesinin artmasıyla birlikte, gelişmiş ülkelerde çeltik üretim miktarı artış göstermiştir. Protein kaynağı olarak hayvansal proteine göre daha hesaplı bir alternatif kaynak olarak görülmektedir. Buğdaydan sonra beslenme açısından önem kazanan bir üründür.

Çizelge 1'de, USDA ve FAO'nun 2021 verilerine göre, dünya çeltik üretiminin %70'den fazlasını sırasıyla Çin, Hindistan, Endonezya, Bangladeş ve Vietnam'ın gerçekleştirdiği görülmektedir.

Çizelge 1. Çeltik üretiminde önemli ülkeler (USDA, FAO 2021)

Ülkeler	Üretim Miktarı (%)
ÇİN	28,2
HİNDİSTAN	24,0
ENDONEZYA	7,3
BANGLADEŞ	7,1
VİETNAM	5,8

Çeltik, geleneksel yöntem ve gelişmiş teknolojilerin kullanılması sonucu pirince işlenmektedir. Ülkemizde çeltik üretimi mevsim koşulları ve ekim zamanı sırasında suyun olup olmamasına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Ülkemizin bütün coğrafi bölgelerinde çeltik tarımı yapılabilmekle beraber, en fazla miktarda çeltik tarım alanlarının olduğu bölgeler, Trakya-Marmara ve Karadeniz Bölgesi'dir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Ülkemizde çeltik ekim alanları (TÜİK2021)

İller	Ekim Alanı (%)
Edirne	40,5
Samsun	14,6
Balıkesir	12,5
Çanakkale	8,7
Çorum	6,0
Tekirdağ	3,7
Sinop	3,4
Bursa	2,0
Çankırı	2,0
Kırklareli	1,7

Ülkemizde yetiştirilen çeltiğin büyük bir kısmını, Batı Marmara ve Karadeniz Bölgesinde bulunan çeltik alanları oluşturmaktadır. Türkiye'de bölge düzeyinde yüksek bir yoğunlaşma göstermekte olup, Marmara Bölgesi üretimin %72'sini karşılamaktadır. Karadeniz Bölgesi, ikinci sırayı alarak %24'lük bir oranla üretimi gerçekleştirmektedir.

%4'lük kalan diğer kısmını ise geriye kalan bölgelerimiz oluşturmaktadır (TÜİK 2019).

Ülkemizin çoğu bölgelerinde çeltik tarımı yapılmakla birlikte, Güney Doğu Anadolu Bölgesinde sadece GAP projesi kapsamında Karacadağ Bölgesi (Şanlıurfa, Diyarbakır ve Mardin üçgeni) denilen alanda çeltik üretimi yapılmaktadır. Karacadağ Bölgesi denilen kısım olan Şanlıurfa ve Diyarbakır civarında her yıl yaklaşık 31 bin ton çeltik üretimi gerçekleştirilmektedir (TÜİK 2015). Karacadağ Bölgesi'nde yüksek bir adaptasyon yeteneğine sahip olan yerel Karacadağ çeltiğinin üretimi gerçekleştirilmektedir.

Yerel Karacadağ çeltik çeşidi, aroma, renk ve kalite özellikleri itibarı ile hem yöre halkının damak tadına hitap etmekte hem de tüketici isteğini karşılayan bir çeltik çeşididir. Ancak söz konusu çeltik çeşidinde, yöresel su kaynaklarının kısıtlı olması ve üreticinin modern biyoteknolojiye yabancı olması gibi etmenler sebebiyle verim artışını engelleyen unsurların başında gelmektedir. Bu nedenle söz konusu çeltik sınırlı bir yetiştirme alanı bulmaktadır. Karacadağ çeltik çeşitlerinde verimi engelleyen unsurların tespit edilmesi son derece önemlidir. Ayrıca verimin artırılması için üreticilere gerekli teknik, donanım ve bilgi konularında desteklenme ve bilinçlendirme çalışmalarına ağırlık verilmesi gerekmektedir. Karacadağ Bölgesi'nin arazi yapısının taşlık ve engebeli arazi olması nedeniyle tarımsal mekanizasyon kullanımını da sınırlı kalmaktadır. Üretimde geleneksel yöntem ve makineler kullanıldığından dolayı verim düşüklüğü yaşanmaktadır.

Çeltiğin Yetiştirilmesi: Çeltik tarımının yapılacağı alanların genel olarak sulama açısından zengin su kaynaklarına sahip olması ve bu kaynakların

kullanılması sürecinde gerekli tedbirlerin ve çalışmaların yapılması gerekmektedir. Genel itibarı ile su kaynaklarının olduğu alanlarda ya da yağmur suyu ile çeltik tarımı yapılmaktadır.

Genel itibarı ile çeltik üretim aşamalarını şöyle sıralanabilir;

- Toprak hazırlığı (Islak toprak hazırlığı ya da kuru toprak hazırlığı)
- Tohumluk seçimi (Tohumluğun ekime hazırlanması, tohumluğun ön çimlendirmeye alınması)
- Ekim işlemi ve zamanı
- Sulama
- Gübreleme

Çeltiğin Hasatı: Çeltik salkımlarının %80 'inin sararmaya başladığı dönem çeltiğin hasat edilmesi gerektiği zaman olarak kabul edilmektedir. Çeltikte hasat, dane nem oranının %22-26 seviyelerine kadar düştüğü zaman gerçekleştirilmektedir. Biçerdöverin girebileceği düz alanlarda hasat-harman işlemi Biçerdöver ile yapılmaktadır. Karacadağ Bölgesi gibi taşlık ve engebeli alanlarda hasat işlemi işçiler tarafından orakla yapılmaktadır. Söz konusu durumdan dolayı işçi temininde zorluk çekildiğinden dolayı hasat işlemi gecikebilmektedir. Bu durum çeltikte ürün kaybına neden olmaktadır. Tarımsal mekanizasyonun kullanılması hasat kayıplarını azaltarak kaliteli ürün üretme açısından önem arz etmektedir. Karacadağ Bölgesi'nde, yöre halkı için çeltik tarımı önemli bir geçim kaynağı durumundadır. Söz konusu hasat kayıplarının azaltılması ve verimli ürünün meydana gelmesi yöre halkının cebine gelir olarak dönerek halkın refah seviyesi de artmış olacaktır. Genel olarak Dane kayıpları iklim kaynaklı, insan

kaynaklı (çiftçi-biçerdöver operatörü), makine kaynaklı ya da diğer faktörler olarak sıralanmaktadır. Hasat kayıpları genel itibarı ile hasat öncesi kayıplar, hasat sırasındaki kayıplar ve hasattan sonraki kayıplar olarak sıralanabilmektedir.

Çeltiğin Kurutulması ve Depolanması: Harmanlama işleminin ardından çeltik tarımının önemli bir mekanizasyon sorunu oluşturan kurutma işlemi gerçekleştirilmektedir. Harmandan sonra çeltikteki %25 nem oranının %14'e kadar düşürülmesi gerekmektedir. Nem oranının düşürülme sebebi, kızılsızmanın önlenmesi, dane çimlenme gücü ve pirinç kalitesinin yitirilmesinin önlenmesi olarak belirtilmektedir. Karacadağ Bölgesi'nde kurutma işlemi harman yerine serilen brandalar üzerinde gerçekleştirilmektedir. Kurutma işlemi ile %11 nem oranına kadar düşürülen çeltik, çuvallanarak beton ya da ahşap ambar veya silolarda muhafaza edilmektedir.

Çeltiğin Pirince İşlenmesi ve Kayıplar: Hasat işleminden sonra çeltiğin nemi yaklaşık %14 civarına düşürüldükten sonra fabrikaların ahşap veya betondan yapılan ambar veya silolarında muhafaza edilmektedir. Çeltik pirince işlenmek istenildiğinde nem miktarının %14-16 değerlerinde olması çok önemlidir. Aksi takdirde istenilen kalitede ve randımanda bir pirinç işleme olasılığı azalmaktadır. Çeltiğin pirince işlenmesinde en önemli kalite faktörü kırksız dane oranıdır. Güneydoğu Anadolu bölgesi ekoloji olarak güneşli yağışsız bir konumda olduğundan dolayı fabrikaya getirilen çeltik çok fazla bir süre geçirilmeden işleme tabi tutulması gerekmektedir.

2. MATERYAL VE METOT

2.1. Materyal

Çeltik hasadı salkımların %80'nin sarardığı, alt kısımdaki danelerin sert mum evresine ulaştığı ve danelerin yaklaşık olarak %18 nem oranına düştüğü bir zaman sürecinde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılacak olan çeltikler Güneydoğu Anadolu Bölgesinin genelinde yapıldığı gibi Ağustos ayının ortasında gerçekleştirilmiştir.

Karacadağ çeltiği, soğuğa ve kuraklığa dayanıklı bir çeşittir. Pirinç, randımanı %50-60 dolayında olan Karacadağ çeltiği, bölge halkı tarafından çok beğenilen, kendine özgü tadı ve aroması olan bir yerel çeşittir. Karacadağ Bölgesi'nde "Beyaz Kılçık" ve "Kara Kılçık" en fazla tarımı yapılan çeşitlerdir. Bu araştırmada beyaz kılçık çeltik çeşidi kullanılmıştır.

Bu çalışmada kullanılan çeltik hasadı elle (orak) ile yapılmış, örneklerin nem oranı %12-14 arasında bir nem oranına ulaşılan kadar laboratuvar koşullarında kurutma işlemi uygulanmıştır.

2.2. Metot

Bu çalışmada, Karacadağ Bölgesi'nde yetiştirilen Beyaz Kılçık çeşidi farklı devirlerde (650-750-850-950 ve 1050 d/d) harman edilmiş ve laboratuvar koşullarında kurutulmuştur. Kurutmaya tabi tutulan çeltik çeşitleri istenilen nem oranına kadar indirildikten sonra belirli miktarlarda (20-40-60 ve 80 g) ve belli sürelerde (10-15-20-25 s) pirince işlenmiştir. Bu işlemlerin sonunda kırksız dane, kırık dane, kepek, randıman ve kavuz miktarları belirlenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda

yukarıdaki parametrelere göre pirincin besin değerleri (ham kül, ham yağ, ham protein, ham selüloz, karbonhidrat ve kuru madde miktarı) belirlenmiş olup, istatistiksel değerlendirmeye tabi tutulmuştur.

2.2.1. Kuru Madde Analizi: Çeltik örneklerinden 5 g alınarak hassas terazide tartıldıktan sonra kurutma fırınına bırakılmıştır. Kurutma fırınında 105°C’de 24 saat kurutulduktan sonra yeniden tartılarak kuru madde oranları belirlenmiştir.

2.2.2. Ham Protein Tayini: Bu araştırmada kullanılan örneklerin ham protein (HP) analizleri tam otomatik Azot/Protein analizatör (Leco FP-528, ABD) cihazında yapılmıştır.

2.2.3. Ham Yağ Analizi: Ham yağ (HY), belli miktardaki pirincin eter ile belirli bir süre ekstraksiyon ile muamele edilerek yarı otomatik ham yağ tayini cihazıyla yapılmıştır.

2.2.4. Ham Selüloz Analizi: Ham selüloz (HS), pirincin önce belli konsantrasyonlarda asit ile muamele edilip daha sonra alkali ile kaynatılıp ve en son asetonla yıkanarak kurutulması ve yakılması sonucunda belirlenmiştir. Pirincin hücre duvarı bileşenlerini oluşturan % NDF ve ADF içerikleri Van Soest ve ark. (1991) tarafından açıklanan yöntemle göre ANKOM lif analiz cihazı (*Fiber analyzer*) ile saptanmıştır (Ankom 2004) (Şekil 3.6.). SKM oranı ve KMT, Schroeder (1994) tarafından açıklanan formüle göre hesaplanmıştır.

$$SKMO=88.9-(0.779x\%ADF); KMT=120/\%NDF$$

2.2.5. Ham Kül Analizi: Bu çalışmada ele alınan kurutulmuş örnekler öğütülerek 1 mm’lik elekten geçirildikten sonra 1 gr (A₁) alınarak hassas

terazide darası alınıp (D) ısıya dayanıklı krozelere bırakılmıştır. Bu krozeler ham kül fırınına yerleştirilerek 550 °C'lik fırında 8 saat yakma işlemine tabi tutulmuştur. Fırın belli sıcaklığa kadar soğuduktan sonra desikatöre alınan krozeler oda sıcaklığına kadar soğutulduktan sonra hassas terazide tartımı yapılmıştır (A₂). Aşağıda belirtilen formüle göre hesaplamalar yapıлып, pirinçlerin ham kül oranı belirlenmiştir (AOAC 1990).

$$\% \text{HK} = ((A_1 - D) - (A_2 - D)) / A * 100$$

$$\% \text{OM} = 100 - \% \text{HK}$$

3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Çeltiğin biçerdöverle farklı devirlerde harmanlanması, harmanlamadaki devir sayısı, çeltiğin pirince işleme süresi ve besleme miktarına bağlı olarak, sağlam tane, kırık tane, kepek miktarı, randıman ve kavuz miktarının değişimi Çizelge 3'de verilmiştir.

Çizelgeden görüleceği üzere çeltik hasadı sırasında kullanılan devir sayısının ölçülen tüm parametreler üzerindeki etkisinin önemli olduğu görülmüştür (p<0.01).

Çeltiğin pirince işleme süresinin sağlam tane, kırık tane, kepek oranı, randıman ve kavuz miktarı üzerine etkisi Çizelge 3'de görüldüğü gibi işleme süresi arttıkça, kırık tane ve kepek oranı istatistiksel olarak artış gösterirken, sağlam tane oranı ve randıman değerinin düştüğü görülmüştür.

Çizelge 3. Silindir devir sayısı, işleme süresi ve besleme miktarlarına bağlı olarak kırksız tane oranı, kırık tane oranı, kepek miktarı, pirinç randıman oranları, kavuz miktarının değişimi

	Sağlam tane miktarı (%)	Kırık tane miktarı (%)	Kepek miktarı (%)	Randıman (%)	Kavuz miktarı (%)
Devir sayısı, (d/d)					
650	67.10 a	3.633d	0.680d	71.40b	29.039a
750	66.87a	3.886c	1.011c	70.95a	27.769b
850	66.82a	4.063bc	1.454b	70.94a	27.596b
950	66.08b	4.155b	1.520b	70.47a	27.540b
1050	65.75b	4.485a	1.865a	70.28a	27.665b
LSD	0.5166	0.2261	0.1134	0.611	0.2228
İşleme süresi (s)					
10	70.74a	3.260a	0.810d	74.37a	24.82d
15	67.35b	4.091b	1.103c	71.64b	27.25c
20	65.15c	4.193c	1.489b	69.49c	29.02b
25	62.86d	4.633d	1.822a	67.58d	30.60a
LSD	0.5166	0.2022	0.1015	0.5471	0.2228
İşlenen pirinç miktar (g)					
20	67.00b	3.929b	0.864d	71.08a	28.056b
40	67.07b	3.850b	1.200c	71.08a	27.720b
60	66.66a	4.165a	1.439b	71.06a	27.500b
80	65.379a	4.233a	1.721a	69.87b	28.409a
LSD	0.5166	0.2022	0.10149	0.547	0.2228

Besleme miktarlarına bağlı olarak kırksız tane, kırık tane, kepek miktarı, randıman ve kavuz miktarı incelendiğinde besleme miktarının bu ölçülen değerler üzerindeki etkisinin önemli olduğu Çizelge 3’de görülmektedir. Besleme miktarı arttıkça kırksız dane miktarı ve randıman oranı düşüş gösterirken, beslenme miktarının artışına bağlı olarak kırık tane oranı ve kepek miktarı istatistiksel olarak artış gösterdiği tespit edilmiştir. Kavuz oranında ise kayda değer önemli bir değişim meydana gelmemiştir.

3.1 Selüloz Miktarı:

Çizelge 4’de batör devir hızları ile selüloz miktarı arasında bir etkinin olduğu görülmüştür. Batör devir sayılarının pirince işleme sürecinde selüloz miktarına önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir. Parlatma süresinin artmasıyla birlikte pirinçte selüloz miktarının azaldığı, besleme miktarının artmasıyla da selüloz miktarında artışların olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. Silindir devir sayısı, işleme süresi ve besleme miktarlarına bağlı olarak ham selüloz miktarındaki değişim

Batör Devri (d/d)	Selüloz (%)	Besleme Miktarı (g)	Selüloz (%)	Parlatma Süresi (s)	Selüloz (%)
650	0,49	20	0,49	10	0,66a
750	0,51	40	0,53	15	0,52b
850	0,57	60	0,54	20	0,52b
950	0,56	80	0,57	25	0,47b
1050	0,53				
LSD					0,03**

3.2. Kuru Madde Miktarı

Çizelge 5’de, batör devir sayılarının, pirince işlemede kuru madde miktarına istatistiksel açıdan herhangi bir etkisinin olmadığı tespit belirlenmiştir. Aynı şekilde pirince işleme sürecinde besleme miktarının ve parlatma süresinin kuru madde miktarı üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı belirlenmiştir.

Çizelge 5. Silindir devir sayısı, işleme süresi ve besleme miktarlarına bağlı olarak kuru madde miktarının değişimi

Batör Devri (d/d)	Kuru Madde Miktarı (%)	Besleme Miktarı (g)	Kuru Madde Miktarı (%)	Parlatma Süresi (s)	Kuru Madde Miktarı (%)
650	91,50	20	91,63	10	91,49
750	91,52	40	91,53	15	91,60
850	91,18	60	91,18	20	91,49
950	91,70	80	91,61	25	91,38
1050	91,53				

3.3. Ham Kül Miktarı

Çizelge 6’de görüldüğü üzere, harmanlama işleminde farklı batör devirlerinin, pirince işleme sırasındaki aşamalarda ham kül miktarı üzerine etkisinin önemli olduğu ve batör hızının artması ile ham kül değerlerinin azaldığı belirlenmiştir. Aynı durumda pirince işleme aşamasında, besleme miktarının artması ile ham kül miktarlarında belirgin artışların olduğu görülmüştür.

Çizelge 6. Silindir devir sayısı, işleme süresi ve besleme miktarlarına bağlı olarak kül miktarının değişimi

Batör Devri (d/d)	Ham Kül Miktarı (%)	Besleme Miktarı (g)	Ham Kül Miktarı (%)	Parlatma Süresi (s)	Ham Kül Miktarı (%)
650	0,69a	20	0,58b	10	0,83a
750	0,65a	40	0,61b	15	0,65b
850	0,63ab	60	0,63ab	20	0,52c
950	0,58b	80	0,68a	25	0,50c
1050	0,57b				
	0,0298**		0,0298**		

3.4. Ham Protein Miktarı

Çizelge 7’de harmanlama esnasındaki farklı batör devirlerinin, pirince işlemedeki ham protein miktarına olan etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir. Batör hızı arttıkça ham protein değerlerinin arttığı tespit edilmiştir. Aynı şekilde, pirince işleme aşamalarında, besleme miktarının ham protein üzerinde etkisinin önemli olduğu tespit edilmiş olup, besleme miktarının artmasıyla ham protein oranının arttığı görülmüştür. Bunun yanında parlatma süresinin, ham protein oranı üzerinde etkisi önemli bulunmuş olup, parlatma süresinin artmasıyla protein oranının azaldığı tespit edilmiştir.

Çizelge 7. Silindir devir sayısı, işleme süresi ve besleme miktarlarına bağlı olarak ham protein miktarının değişimi

Batör Devri (d/d)	Ham Protein Miktarı (%)	Besleme Miktarı (g)	Ham Protein Miktarı (%)	Parlatma Süresi (s)	Ham Protein Miktarı (%)
650	5,95b	20	6,03b	10	6,76a
750	6,56a	40	6,19ab	15	6,17b
850	6,22ab	60	6,36a	20	6,10b
950	6,02b	80	6,42a	25	5,97b
1050	6,50a				
	0,17*		0,159*		0,159*

3.5. Ham Yağ Miktarı

Çizelge 8’de silindir devir sayısı, işleme süresi ve besleme miktarlarına bağlı olarak ham yağ miktarının değişimi görülmektedir. Çizelgeden de görüleceği üzere farklı batör devir sayılarına karşılık yağ miktarlarında bir değişikliğin meydana gelmediği görülmüştür.

Çizelge 8. Silindir devir sayısı, işleme süresi ve besleme miktarlarına bağlı olarak ham yağ miktarının değişimi

Batör Devri (d/d)	Ham Yağ Miktarı (%)	Besleme Miktarı (g)	Ham Yağ Miktarı (%)	Parlatma Süresi (s)	Ham Yağ Miktarı (%)
650	1,86 b	20	1,92	10	1,90
750	1,92 a	40	1,92	15	1,92
850	1,92 ab	60	1,92	20	1,92
950	1,94 a	80	1,93	25	1,94
1050	1,96 a				
	0,029*				

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, Karacadağ çeltik çeşitlerinden olan Beyaz kılçık çeşidinin farklı devir sayısında harmanlandıktan sonra laboratuvar ortamında kurutulması ve sonrasında belirli miktar ve belirli sürede pirince işlenerek, kırksız dane, kırık dane, randıman, kepek, kavuz miktarları belirlenmeye çalışılmış ve çalışmanın son aşamasında pirincin besin değerleri (Ham kül, ham yağ, ham protein, ham selüloz, karbonhidrat ve kuru madde miktarı)'ne etkisi araştırılmıştır. Çalışmada kullanılan Beyaz kılçık çeltik çeşidinin hasat işlemi elle (orakla) yapıldıktan sonra elde edilen örnekler laboratuvar koşullarında nem oranı %14-12 oranına ininceye kadar kurutmaya tabi tutulmuştur. Kurutma işlemi uygulanan çeltik, farklı devirlerde (650-750-850-950 ve 1050 d/d) harman edilmiştir. Kurutulan çeltiklerin nem değerleri belirlendikten sonra belirli miktarlarda (20-40-60 ve 80 g) ve belli sürelerde (10-15-20-25 sn.) pirince işleme uygulamasına geçilmiştir. Yapılan bu işlemlerin sonunda kırksız dane, kırık dane, kepek, randıman ve kavuz miktarları belirlenmeye çalışılmıştır.

Çalışmanın son aşamasında yukarıdaki tüm verilere göre pirincin besin değerleri (Ham kül, ham yağ, ham protein, ham selüloz, karbonhidrat ve kuru madde miktarı) belirlenmiş olup istatistiksel değerlendirmeler yapılmıştır. Çeltiğin hasadında kullanılan devir sayısının ölçülen tüm parametreler üzerindeki etkisinin önemli olduğu belirlenmiştir ($p < 0.01$). Devir sayısının sağlam dane (kırıksız) üzerinde etkisine incelendiğinde en yüksek sağlam dane, 650 d/da da %67.10 olarak elde edilmiş olup, en düşük oran % 65.75 olarak en yüksek devir olan 1050 d/d' da elde edilmiştir. Aynı durumun kırık dane üzerinde de etkisinin olduğu görülmüştür. Devir sayısının artışına bağlı olarak kırık danenin artış gösterdiği belirlenmiştir. Kepek miktarı da kırık dane de olduğu gibi devir sayısının artması ile artış göstermiştir. En düşük kepek oranı 650 d/d' da %0.680 olarak elde edilirken, en yüksek oran %1.865 olarak 1050 d/d batör devrinde elde edilmiştir. Devir sayısının artmasıyla birlikte randıman oranı bir azalma eğilimi göstermiştir. Randıman oranı %71.40 ile %70.28 arasında değişkenlik göstermiştir. Aynı durum kavuz miktarında da görülmüştür. En düşük devir olan 650d/d' da kavuz oranı %29.039 iken, bu oran en yüksek devir sayısında %27.665 olarak bulunmuştur. Pirince işleme aşamalarında, işleme süresi arttıkça, kırık tane ve kepek oranı istatistiksel olarak artmış, sağlam tane oranı ve randıman değerleri azalış göstermiştir. Besleme miktarlarına bağlı olarak kırık tane, kırık tane, kepek miktarı, randıman ve kavuz miktarı incelendiğinde besleme miktarının bu değerler üzerindeki etkisi önemli bulunmuştur. Besleme miktarının artması randıman oranı ve kırık tane oranının düştüğü gözlenmiştir. Buna bağlı olarak kepek miktarı ve kırık dane oranının arttığı belirlenmiştir. Kavuz oranında önemli bir değişiklik tespit edilmemiştir.

Yapılan bu araştırmanın son aşamasında Karacadağ Bölgesi'nde yetiştirilen Beyaz kılçık çeltik çeşidinin işlenmesi sonucu elde edilen Karacadağ pirincinin besin değerleri değerlendirilmiştir. Batör devir sayısının selüloz miktarının üzerinde önemli bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Bunun yanı sıra parlatma süresinin selüloz miktarını azalttığı, besleme miktarının ise selüloz miktarında artışa sebep olduğu görülmüştür. Kuru madde miktarı üzerinde batör devri, beslenme miktarı ve parlatma sürelerinin önemli bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir. Batör devir sayısının ham kül üzerindeki etkisinin önemli olduğu, Devir sayısı artıka ham kül oranının düştüğü görülmüştür. Beslenme miktarının artmasıyla birlikte ham kül oranında azalma belirlenmiştir. Bunun yanı sıra parlatma süresinin artmasıyla birlikte Ham kül üzerinde bir düşüş yaşanmasına yol açmıştır. Bunun sebebi ise uzun parlatma sürelerinde danenin üzerindeki miktarın fazla alınması olarak gösterilebilir.

Ham Protein miktarı üzerindeki etkisinin Batör devri ve besleme miktarını ve parlatma süresinin önemli bir etkiye neden olduğu belirlenmiştir. Batör devir hızı ve besleme miktarının artması Ham protein miktarında artış meydana getirmiş olup, parlatma süresinin artması ise Ham Protein oranının düşmesine yol açtığı belirlendi. Devir sayısı, besleme miktarı ve parlatma süresinin ise Ham Yağ oranı üzerindeki etkisinin önemli olmadığı tespit edilmiştir.

6. KAYNAKLAR

- Abbas, A., Murtaza, S., Aslam, F., Khawar, A., Rafique, S., Naheed, S. (2011). Effect of Processing on Nutritional Value of Rice (*Oryza sativa*). *World Journal of Medical Sciences*, 6 (2): 68-73.
- Alp, A., Kahraman, S., Atakul, S., Kılınç, S. (2018). Research On Cultivation Potentialities Of ‘Local Karacadag’ and ‘Osmancık-97’ Rice Varieties In Organic Agricultural Conditions. *Applied Ecology and Environmental Research*, 16(3): 2861-2872
- Anonim, (2008). Sanayi ve Teknoloji Bakanlığı, Türk Patent ve Marka Kurumu, Karacadag Pirinci Coğrafi İşaret Sicil Belgesi. <https://www.ci.gov.tr/Files/GeographicalSigns/337.pdf>. (Erişim Tarihi, 08.03.2021).
- Anonim, (2020). Çeltik yetiştiriciliği. <https://organiksa.com.tr/celtik-yetistiriciligi/>. (Erişim tarihi, 05.03.2021).
- Anonim, (2021a). Biçer Dönerle Hasatta Dane Kayıpları. <https://istanbul.tarimorman.gov.tr/Belgeler/KutuMenu/Brosurler/TarlaBitkileri/celtik.pdf>. (ErişimTarihi,03.03.2021).
- Anonim, (2021b). Çeltik. [https://istanbul.tarimorman.gov.tr/Belgeler/KutuMenu/Brosurler/Mekanisasyon /danekayip.pdf](https://istanbul.tarimorman.gov.tr/Belgeler/KutuMenu/Brosurler/Mekanisasyon/danekayip.pdf). (Erişim Tarihi,03.03.2021).
- Anonim, (2021c). <https://wikifarmer.com/tr/pirinc-celtik-yetistirme-nasil-yapilir-adanzye-celtik-yetistirme-kilavuzu> (Erişim Tarihi:04.03.2021).
- Anonim, (2021d). Çeltik Hastalık ve Zararları ile Mücadele. Gıda Kontrol Genel Müdürlüğü. https://www.tarimorman.gov.tr/GKGM/Belgeler/Uretici_Bilgi_Ko sesi/ Dokumanlar/celtik.pdf, (Erişim Tarihi:04.03.2021).
- Anonim, (2021e). Tarım Ürünleri Piyasa Raporu(çeltik), Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü (SGB). <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepe/Belgeler/PDF/> (Erişim Tarihi: 04.03.2021).
- Arvas, Y.E., Karakütük, S., Kuyumcu, G., Akçay, K., (2016). Uluslararası Diyarbakır Sempozyumu,Tarımsal Üretimde Genetiği Değiştirilmiş Bitkiler ve Küresel Isınma, Diyarbakır, 1-11.
- Ayaşan, T., Ülger, İ., Özsoy, B., (2009). Bazı Çeltik Çeşitlerinin Besleme Değerinin Tespiti. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 6(3): 405–409.
- Aydın, A., (1995). Urfa Yöresi Toprak Örneklerine Suyu Doygun Koşullarda Uygulanan Değişik Azotlu Gübrelerin Verime ve Çeltik Bitkisinin Element İçeriğine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 26 (2): 203-214.
- Aydın, A., Yeşilmen, S., Vural, A., (2010). Determination Of Some Agronomical Characteristics And Ochratoxin-A Level Of Karacadag Rice (*Oryza Sativa L.*) İn Diyarbakir Ecological Conditions, Turkey. *African Journal of Agricultural Research*, 5(15): 1965-1972.
- Ban, T., 1971. Rice Cracking in High Rate Drying. *Journal of Assisted Reproduction and Genetics (JARG)*, 6(2): 113-116.
- Bekki, E., Kunze, O. R., (1988). Flash Drying and Milling Techniques for High Moisture Brown Rice. *Transactions of the ASAE*. 31 (6): 1828-1834.

- Çatak, O., (2008). Determination of Effects of Overdrying Problemın respect of Quality andEconomic in Paddy Drying Systems in Trache Region. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarım Makineleri Anabilim Dalı. MSc. Thesis, Tekirdağ.
- Denardin, L.D.G.O., Carmona, F.D.C., Velosa, M.G., Martins, A.P., Freitas, T.F.S.D., Carlos, F.S., Marcolin, E., Camargo, F.A.D.O., Anghinoni, (2019). No-tillage increases irrigated rice yield through soil quality improvement along time. *Soil and Tillage Research*, Volume 186 : 64-69.
- Erdoğan, H., (2015). Çeltiğin Sıcak Hava Akımı İle Kurutulmasında İşletim Parametrelerinin Belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Bursa, 49.
- Esa, N. M., Ling, T. B., Peng, L. S., (2013). By-products of Rice Processing: An Overview of Health Benefits and Applications. *J Rice Res*, 1(1)
- Esgici, R., (2012) .Gap Bölgesi Karacadağ Yöresinde Çeltik Tarımının Hasat-Harman Mekanizasyonu. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, S:1-130
- Esgici, R., Pekitkan, F.G., Sessiz, A., (2018). Cutting Resistance and Energy of Rice Stem, XIX. World Congress of CIGR (Commission Internationale du Génie Rural), Kyrenia, Northern Cyprus, 265-272.
- Esgici, R., (2019). Determination Of The Friction Force And Energy For Karacadağ Local Rice Cultivars For Different Surfaces. *International Journal of Agriculture Environment and Food Sciences*, 3(4) :245-249.
- Esgici, R., Özcan, M.T., (2019). Karacadağ yöresinde biçerdöverle çeltik hasadında dane kayıplarının belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi/Anadolu J Agr Sci*, 34 (2019):304-311.
- Esgici, R., Pekitkan, F. G., Sessiz, A., (2019). Correlation Between Rice Stem Cutting Resistance And Cracking Force Of Rice Kernel. *Fresenius Environmental Bulletin*, Researchgate.Net, 28(4A): 3014-3021.
- Esgici, R., Pekitkan, F. G., Sessiz, A., (2020). Evaluation of Cylinder Rotational Speed for Rice Grain Losses and Broken Grain Ratio, *Journal of Agricultural Machinery Science*, 16(2): 28-33.
- Evcı, G., Ülger, P., (2006). Çeltiğin Makineyle Kurutulmasında, Hasat Nemi İle Kurutma Nemi Arasındaki İlişkinin, Maksimum Kırıksız Pirinç Randımanı Yönünden Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3 (3): 253-258.
- Evcı, G., Ülger, P., (2006). Çeltiğin Hızlı Kurutulması Sonucunda Maksimum Randıman Alabilmek Amacıyla Hasat Nemi-Maksimum Randıman Arasında İlişkinin Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 3(3): 275-284.
- FAO., (2020). Food and Agricultural Organization .<http://www.fao.org/>
- FAO., (2021). Food and Agricultural Organization .<http://www.fao.org/>
- Hashemi, J., Haque, A. M., Shimizu, N., Kimura, T., (2008). Influence of Drying and Post-drying Conditions on the Head Rice Yield of Aromatic Rice. *Agricultural Engineering International: the CIGR Ejournal*, Manuscript FP 07 034
- İçier, F., Sabancı, S., (2013). Kurutma ve İşletmede Hijyen. 11. Ulusal Tesizat Mühendisliği Kongresi, İzmir, 29-36.
- İdikut, L., (2009). Bazı Çeltik Genotiplerinin Kahramanmaraş Koşullarında Verim ve Verim Unsurlarının Araştırılması. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Doğa Bilimleri Dergisi, 12(1): 62-65.

- Juliano, O. B., Hicks, P. A., (1996). Rice functional properties and rice food products. *Food Reviews International*, 12(1): 71-103.
- Kahraman, Ş., Atakul, Ş., Kılınç, S., (2019). Diyarbakır Yöresinde Çeltik Tarımının Yapısal Durumu. *Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi (Journal of Bahri Daggdas Crop Research)*, 8 (1): 81-90.
- Kahraman, Ş., Aydın, A., (2019). A Comparative Study Of Yield And Quality Of Local Karacadağ And Osmancik-97 İn Conventional And Organic Agricultural Conditions. *Bangladesh Journal of Botany*, 48(4): 1133-1142.
- Kaya, Y., Kuyumcu, G., Jarakütük, S., Arvas, Y.E., (2017). Kır Çeltik Bitkisi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 27(1): 151-156.
- Köten, M., Ünsal, A. S., Kahraman, Ş., (2020). Physicochemical, nutritional, and cooking properties of local Karacadağ rice (*Oryza sativa* L.) -- Turkey. *International Food Research Journal*, 27(3): 435-444.
- Kunze, O. R., (1977). Moisture Adsorption Influences On Rice. *Journal of Food Process Engineering*, 1(2): 167-181.
- Kün, E., (1985). Serin İklim Tahılları. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi yayınları; 953. ders kitabı:275. Ankara.
- Lan, Y., Fang, Q., Kocher, M.F., Hanna, M.A., (2002). Detection Of Fissures In Rice Grains Using Imaging Enhancement, *International Journal Of Food Properties*, 5(1): 205-215.
- Li, W, Ma, Y. S., Lin, Q.L., Fu, D., (2019). Deep Processing of Rice and Comprehensive Utilization of Its By-products. *Journal of Food and Nutrition Research*, 7(5): 370-376.
- Mahale, B., Korde, S., (2014). International Conference for Convergence for Technology. Rice quality analysis using image processing techniques, Pune, India, 1-5.
- Miah, M.K., Haque, A., Douglass, M.P., Clarke, B., (2002a). Parboiling Of Rice. Part I: Effect Of Hot Soaking Time On Quality Of Milled Rice. *International Journal of Food Science & Technology*, 37(5) :527-537.
- Miah, M.K., Haque, A., Douglass, M.P., Clarke, B., (2002b). Parboiling Of Rice. Part I: Effect Of Hot Soaking Time On Quality Of Milled Rice. *International Journal of Food Science & Technology*, 37(5) :539-545.
- Orcan, M. Y., (2017). Yerel Karacadağ Çeltiğinin (*Oryza Sativa* L.) İn Vitro Koşullarda Farklı Tuz Çeşidi ve Konsantrasyonlarına Verdiği Yanıtlar. Yüksek Lisans Tezi, Batman Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Batman, 68.
- Özaslan, C., Süer, İ. E., (2013). Determination Of Weeds And Effective Herbicides In Rice Fields In Karacadağ. 16th Ewrs Symposium Ondokuz Mayıs University Samsun, Turkey 24-27 June, 2013.
- Özçakmak ve ark., (2017). Piriç Üretiminde HACCP Sisteminin Uygulaması. *Celal Bayar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi.*, Cilt 13, Sayı 1, 2017, 259-273 s
- Parnsahkorn, S., Noomhorn, A., (2012). Effects of Storage Temperature on Physical and Chemical Properties of Brown Rice, Parboiled Brown Rice and Parboiled Paddy. *Thai Journal of Agricultural Science*, 45(4) :221-231.
- Parnsahkorn, S., Langkapin, J., (2013). Changes in Physicochemical Characteristics Of Germinated Brown Rice And Brown Rice During Storage At Various Temperatures. *Agric Eng Int: CIGR Journal*, 15(2): 293.

- Peanparkdee, M., Iwamoto, S., (2019). Cultivation and Rice Processing: Extraction and Application in The Food and Pharmaceutical Industries. Trends in Food Science & Technology, Volume 86: 109-117.
- Pekitkan, F.G., Sessiz, A., Esgici, R., (2020). Effects of blades types on shear force and energy requirement of paddy stem. International Journal of Agriculture, Environment and Food Sciences, 4 (3): 376-383.
- Phongthai, S., Homthawornchoo, W., Rawdkuen, S., (2017). Preparation, properties and application of rice bran protein: A review. International Food Research Journal 24(1): 25-34.
- Roy, P., Orikasa, T., Okadome, H., Nakamura, N., Shiina, T., (2011). Processing Conditions, Rice Properties, Health and Environment. International Journal Of Environmental Research And Public Health, 8(6): 1957-1976.
- Sessiz, A. Pekitkan, G.F., Esgici, R., (2019). Karacadağ Yöresi Yerel Çeltik Çeşitlerinin Fiziksel ve Sürtünme Özelliklerinin Karşılaştırılması. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 7 (2): 357-364.
- Saleh, A. S. M., Wang, P., Wang, N., Yang, L., Xiao, Z., (2019). Brown Rice Versus White Rice: Nutritional Quality, Potential Health Benefits, Development of Food Products, and Preservation Technologies. Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety 18(4): 1070-1096.
- Shih, F. F., Daigle, K. W., (2000). Preparation and characterization of rice protein isolates. Journal of The America Oil Chemists' Society, 77(8): 885-889.
- Sumiahadi, A., Mülayim, M., Acar, R., (2020). Tahılların Depolanmasında Genel Prensipler ve Çeltiğin Depolanması. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 9 (1): 102-112.
- Şahin, M. (2021). Çeltik Tarımı. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/ktae/Belgeler/brosurler/%C3%87%20tar%C4%B1m%C4%B1.pdf>.
- Şapaloğlu, A., (2015). Pirinç Üretim-Tüketim Zincirinde Pazarlama Kanallarının Yapısı ve Pirinç Pazarlama Marjları: Edirne İli Örneği. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 157.
- Taşlıgil, N., Şahin, G., (2011). Türkiye'de Çeltik (Oryza sativa L.) Yetiştiriciliği ve Coğrafi Dağılımı. Adıyaman Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi, Yıl: 4, 6(6) :182-203.
- Taylı, T., 2008. Çeltiğin Farklı Yöntemlerle Kurutulmasında Bazı Kurutma Parametrelerinin Saptanması, Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 39.
- Taylı, T., Toruk, F., Ülger, P., (2009). Çeltiğin Kurutulması ve Kurutma Parametrelerinin Saptanması. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 6(1): 37-43.
- Tezcanlı, F., (2007). Çeltik İşleme Fabrikasındaki İşlem Akışı ve Enerji Sarfıyatı. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ, 52.
- Toprak Mahsulleri Ofisi (TMO), (2019). Hububat Raporu, Ankara
- TUİK, (2015). Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr
- TUİK, (2019). Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr
- TUİK, (2020). Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr
- TUİK, (2021). Türkiye İstatistik Kurumu. www.tuik.gov.tr
- Tuncel, N. Y., Tuncel, N. B., (2016). Kızılötesi Teknolojisi ve Gıda İşlemedeki Kullanımı. Akademik Gıda, 14(2): 196-203.

- USDA, (2020). U.S. Department Of Agriculture. <https://www.usda.gov/>
- USDA, (2021). U.S. Department Of Agriculture. <https://www.usda.gov/>
- Ünan, R., Gençtan, T., (2020). Morfolojik ve Moleküler Yöntemlerle Çeltikte (*Oryza sativa* L.) Generatif Dönem Soğuk Stresinin Etkilerinin Belirlenmesi. Anadolu Tarım Bilim. Derg. / Anadolu J Agr Sci 36 (2021) 1-9.
- Xia, Q., Green, B. D., Zhu, Z., Lİ, Y., Gharibzahedi, S. M. T., Roohinejad, S., Barba, F. J., (2019). Innovative Processing Techniques For Altering The Physicochemical Properties Of Wholegrain Brown Rice (*Oryza Sativa* L.) – Opportunities For Enhancing Food Quality And Health Attributes. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 59(20): 3349-3370.
- Yılmaz, N., Tuncel, N. B., (2011). Pirinç Kepeği: Kompozisyonu, Acılaşma Sorunu, Gıdalarda Kullanımı ve Fizyolojik Etkileri. Academic Food Journal / Akademik Gıda, 46-52 7 P.
- Yılmaz, N., (2014). Pirinç Kepeğinin Kısa Dalga Infrared (Kızılötesi) Enerji ile Stabilizasyonu Ve Stabilize Kepeğin Gıda Ürünlerinde Değerlendirilmesi. Doktora Tezi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Çanakkale, 142.


BÖLÜM 7


İKLİM DEĞİŞİKLİĞİ VE TRAKYA BÖLGESİNDE YAĞ BİTKİLERİ TARIMI

Prof. Dr. Burhan ARSLAN¹

Dr. Emrullah CULPAN^{2*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10251629>

¹ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: barslan@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0002-9728-4059

² Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Tekirdağ, Türkiye. E-mail: eculpan@nku.edu.tr  OrcID: 0000-0002-0702-7121

*Sorumlu Yazar: eculpan@nku.edu.tr

1. Giriş

Küresel ısınmanın neden olduğu iklim değişikliği her geçen gün artmakta ve bununla birlikte kuraklığın neden olduğu küresel boyuttaki endişe herkes tarafından bilinmektedir. Bu durum çevresel, ekonomik ve sosyal açıdan pek çok alanda olumsuz etkilere sebep olmaktadır. İklim değişikliği bazı bölgelerde kuraklık olarak kendini gösterirken bazı bölgelerde ise aşırı ve aniden bastıran yağışlarla ortaya çıkmaktadır (Öztürk, 2002; Temur, 2017; Gürsoy, 2023).

Geçtiğimiz son 100 yıl içerisinde küresel iklim, insani faaliyetlerden kaynaklanan sera gazı salınımları nedeniyle yaklaşık $0,5^{\circ}\text{C}$ ısınmıştır (Akalin, 2014). Bu ısınma süreci, günümüzün yoğun ekonomik faaliyetleri ve atmosfere salınan sera gazlarındaki artışlar nedeniyle devam etmektedir. İngiliz bilim insanları tarafından yapılan araştırmalara göre, bugünden itibaren atmosfere herhangi bir sera gazı emisyonu salınmasa dahi küresel sıcaklığın, gelecek on yıllar içerisinde $0,5^{\circ}\text{C}$ ila 1°C arasında artmaya devam edeceğini belirtilmiştir (Stern, 2007). Nicholas Stern tarafından hazırlanan ve Stern raporu olarak bilinen raporda yer alan iklim modelleri; sera gazı emisyonlarının ciddi oranda azaltılması için önlem alınmadığı takdirde dünyanın gelecek yüzyılda $1,4^{\circ}\text{C}$ ila $5,8^{\circ}\text{C}$ daha ısınacağı öngörülmektedir.

Küresel iklim değişikliğiyle birlikte dünyanın diğer bölgelerinde olduğu gibi ülkemizde de yağışlardaki değişimler, kurak ve yağışlı dönemlerin sıklık ve şiddetlerindeki önemli değişiklikler meydana gelmektedir. Ülkemizde yaklaşık son 25 yıllık dönemde hem sıcaklık rejimi belirgin olarak daha ılıman ve sıcak koşullara doğru değişmiş, hem de sıcak hava

dalgalarının sıklığında ve şiddetinde önemli değişimler gerçekleşmiştir (Tekeli, 2020).

İklim değişikliğinin bir sonucu olarak sıcaklık ve karbondioksit artışları bazı bölgelerde kısa vadede tarımsal ürün miktarı üzerinde olumlu bir etkiye sahip gibi görünse de uzun vadede bu bileşenler ürün kalitesinde ve üretim miktarlarında önemli düşümlere yol açacaktır. Küresel iklim değişikliği ve artan sıcaklıklar birçok kültür bitkisinin kuraklığa toleransını doğrudan veya dolaylı olarak etkilemekte ve etkilemeye devam edecektir (Mendelsohn ve ark., 1994; Akalın, 2014). Etkilenen bu bitki grupları içerisinde yağlı tohumlarda yer almaktadır.

2. Türkiye ve Trakya Bölgesinde Yağ Bitkileri Üretimi

Ülkemizde yetiştiriciliği yapılan yağlı tohumlu bitkiler; ayçiçeği, pamuk (çiğit), yerfıstığı, soya, kolza, aspir, haşhaş, susam, kenevir (tohum) ve yağlık keten olarak sıralanabilir (Culpan, 2023).

Tablo 1. Türkiye Yağlı Tohum Üretimi 2018-2022 (ton)

Ürünler*	2018	2019	2020	2021	2022
Ayçiçeği (Y)	1.800.000	1.800.000	1.900.000	2.215.000	2.350.000
Ayçiçeği (Ç)	149.229	150.000	167.004	200.000	200.000
Çiğit	1.542.000	1.320.000	1.064.189	1.350.000	1.650.000
Yerfıstığı	173.835	169.328	215.927	234.167	186.340
Soya	140.000	150.000	155.225	182.000	155.000
Kolza	125.000	180.000	121.542	140.000	150.000
Aspir	35.000	21.883	21.325	16.200	30.000
Haşhaş	26.991	27.288	20.542	21.037	12.240
Susam	17.437	16.893	18.648	17.657	17.366
Kenevir	3	20	273	20	159
Keten	0	0	0	0,5	8
Toplam	4.009.495	3.985.412	3.684.675	4.376.082	4.751.113

*Y: Yağlık, Ç: Çerezlik

Ayrıca, yağlı tohumlar içerisinde yer almayan zeytinyağı üretimi de yıllara göre değişmekle birlikte ülkemizde toplam 200-250 bin ton civarındadır. Ülkemizde yetiştirilen yağlı tohumların %53,7'si, ayçiçeğinden, %34,7'si çığitten, %3,9'u yerfıstığından, %3,3'ü soyadan, %3,2'si kolzadan ve %0,6'sı ise aspirden üretilmektedir (TÜİK, 2022).

Tablo 1'de görüldüğü üzere ülkemizin son 5 yılda yağlı tohum üretimi %18,5 artarak 4,75 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Yağlık ayçiçeği üretimi ise son 5 yılda (2018-2022) %30,5 artmış ve 2022 yılında 2,35 milyon tona yükselmiştir. Bu üretimin ise yaklaşık %38'i (0,89 milyon ton) yalnızca Trakya Bölgesinden karşılanmıştır (Tablo 2). Trakya Bölgesinde yetiştirilen diğer yağ bitkilerinin il bazında ekiliş, üretim ve verim değerleri Tablo 2'de verilmiştir.

Tablo 2. Trakya Bölgesinde Üretilen Yağlı Tohumlar (2022)

Ürün		Edirne	Kırklareli	Tekirdağ	Toplam
Ayçiçeği	Ekilen Alan (da)	1.260.318	969.540	1.709.256	3.939.114
	Üretim (ton)	325.812	227.791	335.561	889.164
	Verim (kg/da)	259	235	196	-
Kanola	Ekilen Alan (da)	91.604	48.949	89.448	230.001
	Üretim (ton)	30.387	17.922	28.685	76.994
	Verim (kg/da)	332	366	321	-
Yerfıstığı	Ekilen Alan (da)	1.052	-	7	1.059
	Üretim (ton)	269	-	2	271
	Verim (kg/da)	256	-	286	-

Yerfıstığı, susam ve haşhaş kaliteli bitkisel yağ içermesine rağmen yağlarının birim fiyatının pahalı olması nedeniyle bitkisel yağ sanayimize bugün için bir katkı sağlamamaktadır (Arslan, 2016).

2.1. Ayçiçeği (*Helianthus annuus* L.)

Ülkemizde tarımı en fazla yapılan yağlı tohum ayçiçeğidir. Adaptasyon yeteneğinin yüksek olması, kuru ve sulu koşullarda yetiştirilebilmesi ayçiçeği tarımının üstün özellikleridir. Ayrıca yağ oranının yüksek olması (%40-55) birim alandan elde edilen yağ veriminin de yüksek olmasını sağlamaktadır. Ayçiçeği yağının yemeklik kalitesinin de yüksek olması, tüketiminin fazla olmasına neden olmaktadır.

Ayçiçeği güçlü ve derin kök sistemi sayesinde kuraklığa toleranslı bir yağ bitkisidir. Diğer kültür bitkilerinde olduğu gibi ayçiçeğinde de tohum ve yağ verimini etkileyen en önemli faktörlerden biri toprakta köklerin ulaşabileceği derinlikte yeterli su olup olmamasıdır. Fakat Trakya Bölgesinde 2023 yılı haziran, temmuz ve ağustos aylarında aylık maksimum sıcaklık rekorları kırılmıştır (Çizelge 3). 2023 yılı yaz sezonunda özellikle bitkinin dölleme ve çiçeklenme döneminde yaşanan kuraklık ve aşırı sıcaklıklar ile yetiştirme döneminde düşen yağış miktarındaki azalmalar, bölgede ayçiçeği üretiminde düşmeye ve verimin de %50-60 oranında azalmasına neden olmuştur.

Çizelge 3. 2023 Yılı Trakya Bölgesi İklim Verileri

Aylar	Edirne		Kırklareli		Tekirdağ	
	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)
Haziran	35.9	32.4	33.0	43.8	28.2	16.3
Temmuz	42.3	14.6	39.7	19.4	34.6	15.2
Ağustos	39.7	20.8	37.8	0.4	35.4	1.3

Yapılan çiftçi görüşmeleri ve saha araştırmalarında bu yıl (2023) özellikle erken ekim (mart ayı içinde) yapan bölge çiftçileri kuraklık zararından nispeten daha az etkilenmiştir. Örneğin, Tekirdağ'ın

Hayrabolu ilçesinde mart ayı başlarında yapılan ekimlerde yağışların bölgeye az düşmesi nedeniyle mildiyö zararı görülmemiş ve ortalama tohum verimi 150-160 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Aksine mayıs ayı ortalarında yapılan ekimlerde ise aynı çeşit özellikle dölllenme ve çiçeklenme döneminde yaşanan kuraklık ve aşırı sıcaklıklar nedeniyle ciddi zarar görmüş ve ortalama tohum verimi 60-80 kg/da olarak gerçekleşmiştir. 2023 yılında dekar başına icar hariç 70 kg, icar dahil 100 kg olan maliyetler göz önüne alındığında geç ekim yapan çiftçiler zarar ederek maliyetlerini dahi karşılayamamışlardır. Bu durum ilerleyen yıllarda küresel iklim değişikliğinin ve çevresel baskıların yoğun olarak hissedileceği dönemlerde ayçiçeğinin erken ilkbaharda ekilmesini zorunlu hale getirecektir. Öte yandan geç ekim kadar erken ekimin de sakıncaları bulunmaktadır. Ayçiçeğinde erken ekim, köse hastalığı (mildiyö) riski nedeniyle tercih edilmemektedir. Ancak bu yıl (2023) görüldüğü üzere kuraklığın verdiği zarar köse hastalığının verdiği zarardan katbekat fazladır. Özellikle son yıllarda geliştirilen yeni ayçiçeği çeşitleri verim kayıplarına yol açan köse hastalığından daha az etkilenmektedir. Bu nedenle kuru koşullarda yapılacak bir ayçiçeği üretiminde iklime bağlı olarak erken ekimlerin tercih edilmesi bir önlem olabilecektir. Çünkü erken ekimler, ayçiçeğinin kış ve ilkbahar yağışlarından daha iyi yararlanmasını sağlayabilmektedir.

2.2. Kanola (*Brassica napus* L.)

Ülkemizde kanola tarımı ilk olarak II. Dünya Savaşından sonra Balkanlardan göç eden Türkmenler tarafından Trakya Bölgesinde başlatılmış ve daha sonra diğer bölgelere yayılmıştır. Ülkemizin bitkisel

yağ açığını gidermek için Trakya Bölgesi'nde üretimi başlatılan kanola, günümüzde en fazla yine Trakya Bölgesinde yetiştirilmekte olup ülkemiz yağ üretimine katkısı oldukça önemlidir (Arslan ve Culpan, 2022).

Kanola tarımında en önemli faktör ekim zamanındaki toprak sıcaklığı ve toprak nemidir. Ekim zamanının tayin edilmesi toprak sıcaklığı ile yakından ilgilidir. Çimlenmenin garanti altına alınabilmesi için toprak sıcaklığı en az 10-12°C olmalıdır. Kanolanın ekim zamanı Trakya-Marmara, Ege, Güneydoğu Anadolu, Marmara, Orta Anadolu ve Karadeniz Bölgelerinde 15 Eylül-15 Ekim tarihinde yapılmalıdır. Eylül ve Ekim ayları içerisinde düşecek yağışlar ekilen tohumların sağlıklı bir şekilde çıkış yapmasını sağlayacaktır. Bu şekilde iyi çıkış yapan kanola bitkileri kışa 4-6 yaprak arasında girecek ve kuvvetli bir kazık kök sistemi geliştirerek soğuktan zarar görmeyecektir. Ancak kanola ekimleri gecikir ve Kasım ayına sarkarsa çıkışlar gecikir ve fideler çok zayıf olacağından soğukların başlaması ile sıcaklık -2°C ve altına düştüğünde genç fideler zarar görecektir. Bu nedenle kanola ekimleri yağış rejimine programlanmalı ve ekimde çok geç kalınmamalıdır.

Örneğin, 2017 yılında Trakya Bölgesinde kanola ekimlerinden sonra yağışların yeterli olmaması nedeniyle çıkışlar sağlanamamış ve kanola tarlaları bozulup yerine buğday/arpa ekilmiştir. Bu durum ülkemiz toplam kanola üretimini bir önceki ve bir sonraki yıla göre yarı yarıya düşürmüştür (Çizelge 4).

Çizelge 4. Türkiye’de Kanola Üretimi (2013-2022)

Yıllar	Ekim Alanı (ha)	Verim (kg/da)	Üretim Miktarı (ton)
2013	31.127	328	102.000
2014	32.133	342	110.000
2015	35.081	344	120.000
2016	35.453	353	125.000
2017*	16.520	364	60.000
2018	37.845	330	125.000
2019	52.514	343	180.000
2020	34.989	347	121.542
2021	37.601	372	140.000
2022	41.145	365	150.000

3. Trakya Bölgesinde Yetiştirilebilecek Diğer Yağ Bitkileri

3.1. Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.)

Yerfıstığı (*Arachis hypogaea* L.) tropikal ve subtropikal bölgelerin çok önemli bir yağ bitkisidir. Yerfıstığı baklagiller familyasından olup fırıncılık, şekerleme ve genel tüketici pazarında bir dizi uygulama ile geliştirilmiş birçok katma değere sahip bir üründür (Akhtar ve ark., 2014). Yerfıstığı tohumları birçok ülkede diyeteye sağladığı önemli katkılar ile beslenmede önemli rol oynamaktadır. İnsan beslenmesi için iyi bir protein, lipid ve yağ asidi kaynağıdır. Yağ bakımından zengin ve kaliteli bir yağa sahip olan yerfıstığı tohumları yaklaşık %50 oranında yağ içerirler (Grosso ve ark., 1997; Sanders, 2002).

Ülkemiz yağ üretimine katkısı bulunmamasına rağmen son yıllarda Trakya bölgesinde özellikle Meriç ilçesi köylerinde yerfıstığı yetiştiriciliği artmış olup, üretilen mahsul çoğunlukla çerezlik olarak tüketildiği gibi, bunun yanında bazı şekerleme ürünlerinin içeriğinde (yer fıstığı ezmesi) yer almakta ve ayrıca soğuk pres tekniği ile yağları

da çıkarılarak tüketime sunulmaktadır. Bu yörede özellikle Virginia grubu yerfıstığı çeşitlerinin yetiştirildiği görülmektedir (Geçgel ve ark., 2022). Diğer yandan çerezlik çeşitlerin yanında yağ oranı daha yüksek olan yağlık Spanish tipi çeşitlerin üretiminin planlanıp teşvik edilmesiyle ülkemiz bitkisel yağ üretimine önemli bir katkı yapması öngörülmektedir.

3.2. Aspir (*Carthamus tinctorius* L.)

Aspir (*Carthamus tinctorius* L.), kuraklığa ve sıcaklığa gösterdiği tolerans nedeniyle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yetişebilen önemli bir yağ bitkisidir (Mosupiemang ve ark., 2022). Asteraceae familyasından olan aspir bitkisi günümüzden 3000 yıl önce kültüre alınmaya başlanmış en eski kültür bitkilerinden birisidir. Aspir, 80-120 cm boylanabilen, tohumlarında %25-45 yağ içeren, linoleik (omega 6) ve oleik (omega 9) olmak üzere iki ayrı tipi olan, yağı yemeklik olarak kaliteli ve biyodizel üretimine uygun, küspesi ve karışımı halinde ekimi hayvan yemi olarak değerlendirilen, kışlık ve yazlık formları bulunan alternatif bir yağ bitkisidir (Arslan ve ark., 2012; Culpan, 2015).

Dünyada, 2021 yılı verilerine göre aspir ekiliş alanı 850.431 ha, üretim 631.051 ton ve verim ise 74 kg/da olarak gerçekleşmiştir. En fazla üretime sahip ülkeler Kazakistan, Rusya, ABD, Meksika ve Çin'dir. Türkiye de bu ülkeler arasındadır (Anonymous, 2021). Ülkemizde 2022 yılı verilerine göre 26.237 ha alandan 15.000 ton aspir üretilmiş olup ortalama verim 114 kg/da olarak gerçekleşmiştir (Anonim, 2022).

Aspir, daha çok erken ilkbaharda (şubat sonu-mart başı) ekilmesi uygun olan bir yağ bitkisidir. Fakat kışı sert geçmeyen bölgelerde sonbaharda da ekilebilir. Ekim zamanı bölgeden bölgeye değişmekle birlikte yazlık ekimler nisan ayının ortasından önce (15 Mart-15 Nisan) mutlaka yapılmış olmalıdır. Az yağışlı kurak bölgelerde ise ekim ilkbaharda mümkün olduğu kadar erken (mart ayı) yapılmalıdır (Arslan ve Culpan, 2021a).

Aspir kurak bölgelerde uzun süreli kuraklığa dayanabilecek yetenekte güçlü ve derin bir kök sistemine sahiptir (Emongor, 2010). Bitki köklerinin bu özelliği, aspirin kuraklık toleransında önemli bir rol oynamakta ve bitkinin kritik gelişme dönemlerinde su kullanım etkinliğini artırmaktadır. Yakın gelecekte küresel ısınma ve kuraklığın verdiği zararın artmasıyla tarımsal faaliyetler de olumsuz bir şekilde etkilenecektir. Bu etkilerin görülmesi ile kurak tarım alanları için en önemli bitkisel yağ kaynaklarından birisinin de aspir bitkisi olabileceği düşünülmektedir. Öte yandan aspir bitkisinin ülkemizde tarımı yaygınlaştırılabilir ve özellikle nadas alanlarında yetiştiriciliği yapılırsa ülkemiz yağ açığını kapatma potansiyeline sahip yağ bitkilerinden birisi olabilecektir.

3.3. Keten (*Linum usitatissimum* L.)

Keten (*Linum usitatissimum* L. 2n=30) Linaceae familyasından hem lifinden hem yağından yararlanılan kıymetli bir kültür bitkisidir. Dünyada yayılış gösteren 300 kadar keten türünden ekonomik öneme sahip ve kültürü yapılan tek tür *Linum usitatissimum*'dur. Bu türün yağ keteni (linseed) ve lif keteni (flax) olmak üzere iki tipi mevcuttur (Koçak

ve Bayraktar, 2011; Baydar ve Erbaş, 2014). Uzun boylu, yüksekten dallanan ve kuvvetli liflere sahip olan formları lif üretimi amacı ile kısa boylu kısmen alçaktan dallanan formları ise yağ üretimi amacı ile yetiştirilmektedir (Yıldırım ve Arslan, 2013). Bu iki grup arasında hem tohum hem lif üretimine uygun alternatif keten tipleri de bulunmaktadır. Dünyada en fazla yağ keteninin tarımı ve üretimi yapılmaktadır. 2021 yılı verilerine göre dünyada yaklaşık 4.15 milyon ha alandan 3.3 milyon ton yağ keteni üretimi yapılmıştır (Anonymous, 2021).

Ketenin orijin merkezlerinden birisi de Anadolu'dur. Anadolu'da keten tarımı geleneksel olarak binlerce yıldır yapılmaktadır (Baydar ve Erbaş, 2014). Ancak keten Cumhuriyet Dönemi'nde istikrarsız bir gelişim süreci yaşamış ve son yıllarda neredeyse tarımsal manada bütünüyle ortadan kalkmıştır. Öte yandan 2018'den itibaren keten ilgili yeniden kayda değer girişimler gerçekleşmiştir. Ekiminin teşvik edilmesi, geleneksel dokumaların (Ayancık Keten Bezi ve Kandıra Bezi gibi) yeniden üretilmesi gibi hususlarda bu alanda bölgesel gelişmeler yaşanmıştır (Şahin ve Yıldız, 2022).

Ülkemizde keten tarımı son birkaç yılda yeniden başlamış ve TÜİK veri tabanına üretim değerleri kayda girmeye başlamıştır. Özellikle son iki yılda (2021 ve 2022) ekim alanı 10 dekardan 95 dekara çıkmıştır (TÜİK, 2022).

Keten hem yazlık hem de kışlık olarak yetiştirilen bir kültür bitkisidir (Şahin, 2020). Her iki dönemde de ekilebilen alternatif çeşitleri de mevcuttur. Ancak bu alternatif çeşitler mutlak kışlıklar kadar kış soğuklarına dayanıklı değildir. Kışlık yağ ketenlerinin ise sonbaharda ekilmeleri şarttır. Aksi takdirde sapa kalkıp tohum bağlayamayabilirler

(Arslan ve Culpan, 2021b). Yağlık ketenler kuraklığa karşı daha dayanıklı olduğundan karasal iklim, özellikle de geçit kuşaklarında çok iyi bir gelişim göstermektedirler (Şahin, 2020).

Sonbaharda ekim tarihinin belirlenmesinde dikkat edilecek en önemli husus, toprak yüzeyine çıkan fidelerin kışa girmeden önce tam bir pençeleşme sağlayabilmeleridir. Orta Anadolu'da kışlık ekim için en uygun ekim zamanı 20 Ağustos-15 Ekim arasındır. Tekirdağ ekolojik koşullarında ise yüksek tohum verimi ve yağ oranı için yağlık keten ekiminin 15-20 Kasım tarihlerinde yapılmasının uygun olduğu önerilmiştir (Tanman, 2019).

3.4. Ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz)

Ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz) Brassicaceae familyası içinde yer alan ve yaygın olarak bilinen 6 ketencik türünden (*C. sativa*, *C. laxa*, *C. rumelica*, *C. microcarpa*, *C. hispida* ve *C. anomala*) birisidir (Davis, 1965). Ketencik, *Camelina* cinsi içinde ekonomik öneme sahip olan tek bitki türüdür (Kurt ve Seyis, 2008).

Birçok araştırmacı ketenciğin kuraklığa ve sıcak koşullara diğer yağ bitkilerine göre daha toleranslı olduğunu belirtmiştir (Angelini ve ark., 1997; Zubr, 1997; Blackshaw ve ark., 2011). Özellikle ketencik kuraklık stresine karşı kanoladan daha toleranslı ve potansiyel olarak kurak alanlara diğer yağ bitkilerinden daha fazla uyum sağlayabilmektedir (Gao ve ark., 2018). Fakat yapılan güncel çalışmalar, ileri derece kuraklığın ketencikte yaprak alanını, fotosentez oranını, bitki boyunu, bitki başına dal ve kapsül sayısını, 1000 tane ağırlığını ve tohum verimini önemli ölçüde azalttığını göstermiştir (Waraich ve ark., 2017).

Ülkemizde küresel ısınmadan en fazla etkilenecek çölleşme tehdidi ile karşı karşıya olan bölgelerin başında Güneydoğu, Orta Anadolu ve Geçit Bölgeleri gibi kurak ve yarı kurak bölgeler ile yeterli suya sahip olmayan yarı nemli Ege ve Akdeniz bölgeleri gelmektedir (Koçer ve Baydar, 2022). Ülkemizin tahıl ve yağ deposu olarak bilinen Trakya Bölgesi de bu tehditle karşı karşıyadır. Ayrıca bölgede aşırı gübreleme nedeniyle tarım topraklarındaki organik maddenin %1'in altına düşmesi hızlı çölleşmeye neden olmaktadır. Dolayısıyla gelecekte küresel ısınma ve kuraklığın verdiği tahribatın giderek tarımsal faaliyetler üzerinde olumsuz etkilerinin artması ile bu tür tarım bölgeleri için en önemli bitkisel yağ kaynaklarından birisinin de ketencik bitkisi olabileceği düşünülmektedir.

4. Sonuç ve Öneriler

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de giderek artan ve hissedilen küresel ısınma tehdidine karşı tarımın geleceği ve sürdürülebilir üretim için, tarım alanlarında yağışların yetersizliği, sıcaklık ve kuraklık risklerine karşı birtakım stratejiler geliştirilmeye çalışılmaktadır. Bu stratejilerin birisi de kurağa toleranslı, suyu ekonomik kullanan yeni bitki türlerinin ve çeşitlerin belirlenmesi ve geliştirilmesidir.

Ülkemiz yıllardır yağlı tohumlar ve bitkisel yağlar ticaretinde net ithalatçı ülkeler arasındadır. Türkiye'nin yağ bitkileri tarımı ve bitkisel yağ üretimi için başta Trakya Bölgesi olmak üzere diğer bölgeler için de yarfıstığı, aspir, keten ve ketencik büyük ve önemli bir potansiyeldir. Türkiye'de yağlı tohum üretiminde kışlık olarak ekimi yapılan kanola ve yazlık ekimi yapılan aspir ve keten dışındaki majör yağ bitkileri (ayçiçeği ve soya gibi) yıllık yağış miktarının yüksek veya sulama

imkanı olan tarım alanlarında yetiştirilmektedir. Trakya bölgesinde ayçiçeği tarımı sulama yapılmadan mevsim yağışlarıyla yapılmaktadır. Oysa sulama uygulamaları ve özellikle damlama sulama yöntemi ile ayçiçeği verimini artırmak mümkündür. Ayçiçeğinde kurak koşullarda sulama ile %100 varan verim artışı sağlanabilmektedir. Ayçiçeği tarımının sulanmadan yapılması istenilen oranda tane ve yağ verimi elde edilememesine neden olduğu için imkan olan yerlerde en azından kritik dönemlerde (R3 ve R4 evreleri) 1-2 defa sulama yapılmalıdır.

Keten ve ketencik gibi yağlı tohumlar kışlık olarak yetiştirilip mevsim yağışlarıyla büyüme ve gelişmesini tamamlayarak yaz mevsimi başlarında hasat edilmektedir. Küresel ısınma ve kuraklığın neden olduğu zararın giderek artması ile yazlık üretimin sınırlandığı tarım bölgeleri için en önemli bitkisel yağ kaynakları, kışlık olarak yetiştirilebilecek kanola, keten ve ketencik bitkileridir.

Trakya Bölgesinde erken ilkbahar ve kışlık olarak yetiştirilebilecek yağ bitkilerinin tarımı ve üretimine ilişkin tutarlı tarımsal planlamaların yapılıp, bu planlamaların devreye girmesi ile hem küresel ısınma tehdidine karşı bölgede yağ bitkileri tarımının geleceği belirlenecek hem de mevcut bitkisel yağ açığımız azalabilecektir.

Kaynaklar

- Angelini, L.G., Moscheni, E., Colonna, G., Belloni, P., Bonari, E. (1997). Variation in agronomic characteristics and seed oil composition of new oilseed crops in central Italy. *Industrial Crops and Products*, 6, 313-323.
- Anonim, (2022). TÜİK, *Türkiye İstatistik Kurumu*. 01 Kasım 2023, Erişim adresi: <http://www.tuik.gov.tr/>
- Anonymous, (2021). *FAOSTAT, Food and Agriculture Organization of The United Nations Statistics Division*. 01 November 2023, Erişim adresi: <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Akhtar, S., Khalid, N., Ahmed, I., Shahzad, A., Suleria, H.A. (2014). Physicochemical characteristics, functional properties, and nutritional benefits of peanut oil: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 54(12), 1562-1575.
- Akalın, M. (2014). İklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkileri: bu etkileri gidermeye yönelik uyum ve azaltım stratejileri. *Hitit Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 351-377.
- Arslan, B., Ateş, E., Coşkuntuna, L. (2012). Forage yield and some quality properties of safflower (*Carthamus tinctorius* L.)-fodder pea (*Pisum arvense* L.) mixtures as affected by sowing rates in Tekirdag, Turkey. *Romanian Agricultural Research*, 29, 255-260.
- Arslan, B. 2016. Yağ bitkileri üretimi. 2023-2071 Vizyonuyla TOÇ BİR-SEN Tarım Kongresi, 8-10 Nisan, Ankara, Türkiye.
- Arslan, B., Culpan, E. (2021a). Aspir yetiştiriciliği ve ıslah amaçları. Sürdürülebilirlik İçin Gıda, Çevre, Tarımsal Ormancılık ve Tarımda Yeni Araştırmalar. 438 sayfa. İksad Yayınevi: Ankara, 125-153.
- Arslan, B., Culpan, E. (2021b). Bitkisel yağ ve lif üretimi için keten (*Linum usitatissimum* L.) yetiştiriciliği. Sürdürülebilirlik İçin Gıda, Çevre, Tarımsal Ormancılık ve Tarımda Yeni Araştırmalar. 494 sayfa. İksad Yayınevi: Ankara, 175-198.
- Arslan, B., Culpan E. (2022). Kolza (Kanola) Yetiştiriciliği ve Islah Amaçları. Innovative Agricultural Practises in Soil, Plant and, Environment. 512 sayfa. İksad Yayınevi: Ankara, 437-458.
- Baydar, H., Erbaş, S. (2014). *Yağ bitkileri bilimi ve teknolojisi*. Süleyman Demirel Üniversitesi Yayın No: 97, SDÜ Basımevi: İsparta.
- Blackshaw, R.E., Johnson, E.N., Gan, Y., May, W.E., McAndrew, D.W., Barthet, V. et al. (2011). Alternative oilseed crops for biodiesel feedstock on the Canadian prairies. *Canadian Journal of Plant Science*, 91, 889-896.
- Culpan, E. (2015). *Gibberellik asit ve salisilik asit uygulamalarının aspir (Carthamus tinctorius L.)'in tohum verimi ve kalite özelliklerine etkisi* (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Culpan, E. (2023). The major oilseed crops of Turkey: A review. V. International Agricultural, Biological and Life Science Conference, 18-20 September, Edirne, Turkey.
- Davis, P.H. (1965). *Flora of Turkey and the East Aegean Islands*. Edinburg University Press: Edinburg, UK.
- Emongor, V. (2010). Safflower (*Carthamus tinctorious* L.) the underutilized and neglected crop: A review. *Asian Journal of Plant Sciences*, 9(6), 299-306.

- Gao, L., Caldwell, C.D., Jiang, Y. (2018). Photosynthesis and growth of camelina and canola in response to water deficit and applied nitrogen. *Crop Science*, 58, 393-401.
- Geçgel, Ü., Apaydın, D., Culpan, E. (2022). Trakya bölgesinde yetiştirilen yağ bitkilerinin kaliteleri ve besleyici özellikleri. Her Yönüyle Havsa. 1003 sayfa. Paradigma Akademi: Çanakkale, 519-528.
- Gürsoy, M. (2023). Kuraklık stresinin bitkiler üzerindeki etkileri. 6. International Food, Agriculture and Veterinary Sciences Congress, 22-23 September, Gence, Azerbaijan.
- Grosso, N.R., Zygadlo, J.A., Lamarque, A.L., Maestri, D.M., Guzmán, C.A. (1997). Proximate, fatty acid and sterol compositions of aboriginal peanut (*Arachis hypogaea* L.) seeds from Bolivia. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 73, 349-356.
- Kurt, O., Seyis, F. (2008). Alternatif yağ bitkisi: Ketencik [*Camelina sativa* (L.) Crantz]. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 23(2), 116-120.
- Koçak, N., Bayraktar, N. (2011). Türkiye’de keten tarımı. *Ziraat Mühendisliği*, 357, 13-17.
- Koçer, G., Baydar, H. (2022). Isparta ekolojik koşullarında bazı ketencik (*Camelina sativa* (L.) crantz) genotiplerinin tarımsal ve yağ kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Türk Bilim ve Mühendislik Dergisi*, 4(1), 7-14.
- Mendelsohn, R., Nordhaus, W.D., Shaw, D. (1994). The impact of global warming on agriculture: A ricardian analysis. *The American Economic Review*, 84(4), 753-771.
- Mosupiemang, M., Emongor, V.E., Malambane, G. (2022). A review of drought tolerance in safflower. *International Journal of Plant & Soil Science*, 34(10), 140-149.
- Öztürk, K. (2002). Küresel iklim değişikliği ve Türkiye’ye olası etkileri. *G.Ü. Gazi Eğitim Fakültesi Dergisi*, 22(1), 47-65.
- Sanders, T.H. (2002). *Groundnut (peanut) oil*, Vegetable Oils in Food Technology: Composition, Properties and Uses, Blackwell Publishing Ltd.: Oxford, UK, 231-243.
- Stern, N. (2007). *The Economics of Climate Change. The Stern Review*, Cambridge.
- Şahin, G. (2020). Çok boyutlu bir tarım ürünü: Keten (*Linum usitatissimum* L.). *Uluslararası Sosyal Bilimler Akademik Araştırmalar Dergisi*, 4(1), 119-147.
- Şahin, G., Yıldız, B. (2022). Türkiye’de keten üretimi ve karakteristik keten dokumaların durumu. *Erciyes Akademik*, 36(1), 169-185.
- Tanman, D. (2009). *Tekirdağ koşullarında kışlık ekim zamanlarının bazı keten (Linum usitatissimum L.) çeşitlerinin verim ve verim özelliklerine etkisinin araştırılması* (Yüksek Lisans Tezi), Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tekirdağ.
- Tekeli, İ. (2020). İklim değişikliğinin tarıma etkileri. *Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, E-Bülten*, 7, 1-27.
- Temur, B. (2017). *Küresel ısınmanın Türkiye’de tarım sektörü üzerine etkisi: Bir ARDL modeli uygulaması* (Yüksek Lisans Tezi). Anadolu Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, Eskisehir.
- Yıldırım, M., Arslan, N. (2013). Seçilmiş keten (*Linum usitatissimum* L.) hatlarının bazı bitkisel özelliklerinin karşılaştırılması. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 22(2), 59-68.

- Waraich, E.A., Ahmed, Z., Ahmad, R., Shahbaz, S.M., Ehsanullah. (2017). Modulation in growth, development, and yield of *Camelina sativa* by nitrogen application under water stress conditions. *Journal of Plant Nutrition*, 40, 726-735.
- Zubr, J. (1997). Oil-seed crop: *Camelina sativa*. *Industrial Crops and Products*, 6, 113-119.

BÖLÜM 8

ERDEMLİ İLÇESİNDE SERALARDA ALTERNATİF BİR ÜRÜN: PİTAYA MEYVESİ (*HYLOCEREUS* SPP.)

Garip YARŞI^{1*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10251645>

^{1*} Mersin Üniversitesi Silifke Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, Mersin-Silifke, Türkiye, email:ggysmail.com, Orcid:0000-0002-1952-0300

GİRİŞ

Sera yetiştiriciliği, birim alandan yüksek verim ve yüksek kazancı hedefleyen önemli bir tarım koludur. Son yıllarda seralarda meyve yetiştiriciliğinin hızlı bir şekilde artması yeni ürünlerin denenmesine yol açmıştır. Çilek ve muz başta olmak üzere birçok meyve türü seralarda yetiştirilerek yüksek kazançlar hedeflenmektedir. Bu bağlamda Erdemli ilçesinde seralarda pitaya yetiştiriciliği çiftçiler tarafından gözde bir ürün olarak değerlendirilmektedir. Üretim alanının çok az olmasından da kaynaklanan yüksek fiyatlandırmadan dolayı, yüksek kar getirisi olan bir ürün niteliğindedir. İç ve dış pazar şansının yükselmesi ile birlikte bu ürünün yetiştiriciliğinde bir artışın olacağı tahmin edilmektedir. Erdemli İlçesinin iklim şartların bu ürünün yetiştiriciliğine uygun olması ürünün yetiştirilmesinde büyük avantajlar sağlamaktadır. Bu meyvenin gelecekte üretim alanları artabilir ve sera üreticisine alternatif bir ürün olabilir. Ancak kontrollü bir şekilde üretimin yapılması ve iyi bir pazarlama ağının oluşturulması gerekmektedir.

Bitkisel Özellikleri ve Yetiştiriciliği

Ejder meyvesi veya pitaya (*Hylocereus* spp.) Cactaceae familyasına ait egzotik bir meyve olarak pazarda her geçen gün değeri artan bir meyvedir. Özellikle besin değerinin yüksek olması, çekici rengi ve sağlıklı bir gıda olarak bilinmesi nedeniyle bu meyveye talep giderek artmaktadır (Luo ve ark., 2014; Rebecca ve ark., 2010; Altendorf, 2019). Anavatanının Meksika, Orta ve Güney Amerika olduğu bildirilen bu meyvenin yumuşak dokusu ve iç renginin çekiciliği ve siyah tohumlarının meyve içindeki görünüşü cazibesini arttırmaktadır (Britton ve Rose, 1963; Morton, 1987; Mizrahi ve ark. 1997).

Ejder meyvesi farklı ekolojik koşullara uyum sağlayan bir meyvedir. Çok kurak bölgelerden çok yağış alan (3500 mm yıllık) bölgelerde bile yetişebilmektedir. Ayrıca 12-40 °C derece sıcaklıklara karşı da geniş bir tolerans aralığı göstermektedir (Zainudin ve Hafiz 2010). Ejder meyvesi çelikle kolaylıkla çoğaltılabilir ve bir yıl sonra meyve alınabilir. Dikimde bitkiler desteğe ihtiyaç duymaktadır. Üreticiler genellikle bu desteği kendi planları doğrultusunda yapmakta ve çoğunlukla kafes şeklinde bir destek uygulamasını tercih etmektedirler. Dikimler genelde açık yetiştiricilikte sıra üzeri 1.5-3.0 metre sıra arası ise 1.5-5.0 metre olacak şekilde uygulanmaktadır. Bu mesafeler açıkta ve seralarda yetiştiriciliğe göre değişmektedir. Seralarda sıra arası 2.0-3.0 m sıra üzeri ise 40-75 cm olacak şekilde yetiştiricilik yapılabilmektedir. Özellikle dallanmanın artırılmasında azot ve fosfor gübrelenmesinin önemli olduğu bildirilmiştir. Ayrıca çiçeklenme ve vegetatif gelişimde verilen gübrelerin zamanın da önemli olduğu ve dikkatli bir gübreleme ile dallanmanın ve dolayısı ile çiçek oluşumunun artırılabilceği bildirilmiştir (Ben-Asher ve ark., 2006; Thomson, 2002; Erçik, 2022; Hariyanto ve ark. 2023).



Şekil 1. Bitkinin genel görünüşü (G.Y; Erdemli-Kasım 2023)



Şekil 2. Bitkinin çoğaltılması ve meyvelerinin görünüşü (G.Y; Erdemli-Kasım 2023)

Yetiştirme döneminde zarar gören kollar, hastalıklı ve yere değen kollar alınabilir. Böylece bitkinin şekilsel görünüşü düzenli hale gelir. Ayrıca havalandırma ve yeni dalların oluşumu teşvik edilmiş olur. Yılda 1-3 defa hasattan sonra genel bir budama yapılarak bitkinin gelişimi düzenli bir şekilde sağlanmış olur. Pitaya kuraklığa karşı toleranslıdır fakat düzenli bir sulama ile verimin arttığı bilinmektedir. Ancak ağır topraklarda kök bölgesinin çok nemli olması köklerin çürümesine ve mantari hastalıklara yol açabilir (Anonim, 2023a; Übeyit ve Aksoy 2017).

Çiçek yapısı

Pitaya çiçekleri hermafrodittir ve geceleri çiçek açmaktadır. Genellikle çeşitler kendine verimlidir ancak bazı çeşitlerde kendine uyumsuzluk vardır. Çiçekler sarı renktedir ve genellikle 30 cm kadar olabilir (Erçik, 2022; Gunasena ve ark. 2006).



Şekil 3. Ejder meyvesinin çiçeklerinin görünüşü (G.Y; Erdemli-Kasım 2023)

Gübreleme

Pitaya yetiştiriciliğinde iyi bir verim almak için iyi bir gübrelemenin yapılması gerekmektedir. Öncelikle dikimle beraber hayvan gübresi vermek bitki gelişimi için iyi sonuçlar verecektir. Çalışmalara bakıldığında ülkeler bazında bile gübreleme programının değiştiği bildirilmektedir. Bunlardan biri 4 bitkinin bulunduğu her bölme için 450 g azot(N), 350 g (P_2O_5) ve 300 g (K_2O) olarak bildirilmektedir. Bu gübrelerin yetiştirme dönemlerine bölünerek verilmesi ve dönemlerin ise çiçeklenme öncesi toplam verilecek azotun %10'unun, fosforun (P_2O_5) %10 ve Potasyumun %30'unun; meyve tutumu döneminde bu oranların %20-%40 ve %25 (N, P_2O_5 ve K_2O); hasat döneminde %30, %20 ve %30 (N, P_2O_5 ve K_2O); en son gübrelemenin ise hasattan iki ay sonra %40, %30 ve %15 (N, P_2O_5 ve K_2O) olacak şekilde 4 dönemde verilmesinin iyi olacağı önerilmektedir. Ayrıca kalitenin artırılması için kalsiyum ve mikro elementlerin de verilmesi gerektiği bildirilmektedir (Almeida ve ark. 2014; Anonim, 2023b; Hariyanto ve ark. 2023). Diğer bir gübreleme önerisine baktığımızda 3 veya 4 ayda bir NPK (19-19-19) gübresinden 100 g/bitki hayvan gübresi ile birlikte verildiğinde (Karunakaran ve

ark.2014), yine bir diğerk araştırmacı sezon süresince bitki başına N 540 g N, 310 g P₂O₅ ve 250 g K₂O verildiğinde (Chakma ve ark. 2014) verimde, meyve iriliğinde ve meyve sayısında bir artışın olduğunu rapor etmişlerdir.

Hasat ve Meyve

Hasat çeşitlere ve yetiştirme şartlarına bağılı olarak tam çiçeklenmeden yaklaşık 30-40 gün sonra meyveler tamamen kırmızı veya sarı bir renk alarak hasat olgunluğuna gelir ve dikkatli bir şekilde hasat edilmelidir. Meyve kabuğunun genellikle dikensiz olması hasadı kolaylaştırmaktadır. Örtüaltında yapılan yetiştiricilikte dekara 2500-3000 kg ürün alınabilmektedir. Bir meyvenin ağırlığı çeşide bağılı olarak değişmekle birlikte genellikle 70-780 g arasındadır. Hatta meyve ağırlığının 900 g olabileceğini de bildirilmiştir. Meyve etlidir ve et rengi kırmızı veya beyaz olabilir. Çekirdekleri küçük, siyah renkte ve meyve etine gömülü bir şekildedir (Goenaga ve ark. 2020; Gonzaga ve ark. 2017; Anonim, 2023; Erçik, 2022).



Şekil 4. Hasat dönemindeki meyvelerin görünüşü (G.Y; Erdemli-Kasım 2023)

Hasat edildikten sonra meyveler çok dikkatli bir şekilde ambalajlanmalı ve pazara sunulmalıdır. Meyve çok hassas olduğu için hasat sırasında ve

sonrasında zedelenmemesine dikkat edilmelidir. Eğer dış kabuk zarar görürse raf ömrü kısalarak pazar değeri düşecektir. Özellikle dış pazara sunulan meyvelerde standart meyve ağırlığının korunması önemli olmaktadır.

Sonuç ve Öneriler

Pitaya genel olarak üretimi ve tüketimi fazla bilinmeyen bir meyvedir. Ancak son dönemde bilinirliği artmaya ve pazar payı oluşmaya başlamıştır. Ancak üreticilerin kafasında çeşit karışıklığı olması ve bu nedenle farklı çeşitlerin yetiştirilmesi standart bir çeşidin yetiştiriciliğini olumsuz etkilemektedir. Mersin’de özellikle Erdemli ilçesinde, henüz üreticiler bazında deneme aşamasında olduğunu düşündüğümüz pitaya yetiştiriciliğinde farklı sistemlerin hala deneniyor olması, tam olarak yetiştiricilikte belli bir standardın yakalanmadığını göstermektedir. Değişken bir fiyatlanmanın olması yeni üreticileri endişelendirmekte ve üretim ağına katılmalarını güçleştirmektedir.

Üreticilerin bildiklerine göre, Erdemli’de Pitaya yetiştiriciliğine yaklaşık 7 yıl önce başlanmış ve her geçen gün üreticilerin ilgisini çekmiştir. Henüz bilinirliği olmayan bir ürünü yetiştirmek ve pazara sunmak oldukça güç ve teknik olarak zordur. Üretici serasında oldukça farklı çeşitlerin olduğu görülmüştür. Tat ve görünüşleri farklı olan çeşit zenginliği bazen üreticiyi çıkmaza sokabilmektedir. Bu nedenle üretici bazında pazar isteğine bağlı olarak belirli çeşitlere yönelmesi üretimde başarıyı arttırabilir. Ancak yurtdışı ve yurtiçi pazarı konusunda sıkıntıların yaşanmakta ve bu durum stabil bir fiyatlanmayı önlemektedir. Bu bağlamda hem üretici hem de tüketici değişken fiyatlar karşısında olumsuz etkilenmektedir.

Öneriler

Pitaya özellikle ekolojik isteklerini bulduğu açık alanlarda ve seralarda üretimi yapılabilir. Ancak bir üretim planlamasının yapılması hem üretici hem de pazarlaması açısından önemli olacaktır. Planlı bir üretim ile üreticinin ekonomik olarak kazancının sağlanması hedeflenmelidir. Ayrıca tüketicinin isteği doğrultusunda çeşit seçimine gidilerek pazarda gerekli ederin olması sağlanabilir. İhracat olanakları geliştirilerek, ihracat edilecek ülkelerin çeşit istekleri dikkate alınarak üreticiler yönlendirilmelidir. Böylece hem iç pazarda hem de dış pazarda üretilen ürün değerlendirilecek ve üreticiye, doğal olarak da ülke ekonomisine katkı sağlanacaktır. Yeni bir ürün olduğu için yetiştiriciliğinde uzman kişilerin desteğine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu konuda üniversiteler, özel sektör ve devletin ilgili birimlerince üreticilere gerekli destekler sunulmalıdır. Eğitim çalışmaları yapılarak gerekli bilgilendirmeler yapılmalıdır. Pitaya yetiştiriciliği ile ilgili projelere destekler arttırılmalı, üreticiler hem yetiştiricilik hem de krediler konusunda desteklenmelidir.

Özellikle tat olarak farklı olan ejder meyvesinde tercih edilebilir çeşitlerin üretimine özen gösterilmeli ve ıslah çalışmaları yapılarak çeşit geliştirilme yönüne gidilmelidir. Bu kapsamda yapılacak olan çalışmalar desteklenmelidir. Ayrıca özellikle gübreleme, hastalık ve zararlılarla mücadele konusunda üreticiler zamanında bilgilendirilmelidir. Böylece kaliteli ve ekonomik olarak kazançlı bir üretim yapılabilir. Getirisi yüksek olan bir ürün yetiştirildiğinde ise üretim alanı artacaktır.

Yazar Katkısı: Fotoğrafların çekimi, derleme yazının hazırlanması yazar Garip YARŞI (G.Y.) tarafından yapılmıştır.

Teşekkür: Bu çalışmanın yapılmasında yardımcı olan Erdemli Çiftçisine ve pitaya serasının gezilmesinde ve değerli bilgi paylaşımından dolayı pitaya üreticisi Sayın Oğuzhan KILIÇ'a teşekkür ediyorum.

Kaynaklar

1. Almeida, E. I. B., Correa, M. C. M., Crisostomo, L. A., de Araujo, N. A., Silva, J. C. V. 2014. Effect of combinations of nitrogen and potassium on the growth of dragon fruit (*Hylocereus undatus*). *Revista Brasileira Fruticultura*, 36(4), 1018-1027. <https://doi.org/10.1590/0100-2945-296/13>
2. Alterdorf, S. 2019. Major tropical fruits market review. <https://www.fao.org/3/ca5692en/CA5692EN.pdf> (Erişim Tarihi, 07.11.2023)
3. Anonim, 2023a. Pitaya (Dragon Fruit) Production and Processing in St Vincent and the Grenadines. <https://agriculture.gov.vc/agriculture> (Erişim Tarihi: 14.11.2023)
4. Anonim, 2023b. Dragon fruit Fertilization. <https://wikifarmer.com/dragon-fruit-fertilization> (Erişim Tarihi: 11.11.2023).
5. Ben-Asher, J., Nobel, P.S., Yossov, E., Mizrahi, Y. 2006. Net uptake rates for *Hylocereus undatus* and *Selenicereus megalanthus* under field conditions: Drought influence and a novel method for analyzing temperature dependence. *Phy-tosynthetica*44:181–186.
6. Britton, N.L., Rose, J.N. 1963. The Cactaceae: Description and illustration of plants of the cactus family. Dover, New York. USA. 1963;1(2):183-195.
7. Chakma, S. P., Rashid, H. A. S. M., Roy, S., Islam, M. 2014. Effect of NPK doses on the yield of dragon fruit (*Hylocereus costaricensis* [FAC Weber] Britton & Rose) in Chittagong Hill Tracts. *American-Eurasian Journal of Agricultural & Environmental Sciences*,14(6), 521- 526. <https://doi.org/10.5829/idosi.aejaes.2014.14.06.12346>
8. Erçik, K. 2022. Pitaya Yetiştiriciliği. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/alata> (Erişim Tarihi: 14.11.2023)
9. Goenaga, R., Marrero, A., Perez, D. 2020. Yield and fruit quality traits of dragon fruit cultivars grown in Puerto Rico. *Hort. Technology*, 30(6), 803-808. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH04699-20>
10. Gonzaga, N. R., Gonzaga, A. B., Tayalaran, R. D., Pajinag, R. T., Quirino, R. A. 2017. Productivity and fruit quality of red-fleshed dragon fruit, *Hylocereus polyrhizus* (Britton and Rose) under Jasaan Series. *Journal of Multidisciplinary Studies*, 6(2), 27-46. <http://dx.doi.org/10.7828/jmids.v6i2.104327P>
11. Gunasena, H.P.M., Pushpakumara, D.K.N.G., Kariyawasam, M. 2006. Dragon Fruit. *Hylocereus undatus* (Haw.) Britton and Rose. <https://apps.worldagroforestry.org/downloads/Publications/PDFS/B14784.pdf> (Erişim Tarihi: 12.11.2023).
12. Hariyanto, B., Mayura, E., Muas, I., Junidang J., Octriana, L. 2023. Effects of Nitrogen and Phosphorus Fertilizer on Growth and Yield of Dragon Fruit (*Hylocereus polyrhizus*). *Journal of Applied Agricultural Science and Technology* 7(2): 172-185.
13. Karunakaran, G., Tripathi, P. C., Sankar, V., Sakthivel, T., Senthilkumar, R. (2014). Dragon Fruit : A new introduction crop to India: A potential market with promising future. In proceeding: National Seminar on Strategies for conservation, Improvement and utilization of underutilized fruits. Karnataka, India. 1-3rd December, 2014. pp. 138-139.
14. Luo, H., Cai, Y., Peng, Z., Liu, T., Yang, S. 2014. Chemical composition and in vitro evaluation of the cytotoxic and antioxidant activities of supercritical carbon

- dioxide extracts of pitaya (dragon fruit) peel. *Chemistry Central Journal*, 8(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/1752-153X-8-1>
15. Mizrahi, Y., Nerd, A., Nobel, P.S. 1997. Cacti as a crop. *Hort. Rev.*18:291-320.
 16. Morton J. 1987. Cactaceae, strawberry, pear and related species.In: *Fruits of Warm Climates*, Ed., , Ed., Morton, J. F. Miami, Fl., pp: 347-348
 17. Rebecca, O.P., Boyce, A.N., Chandran, S. 2010. Pigment identification and antioxidant properties of red dragon fruit (*Hylocereus polyrhizues*) *AfricanJournal of Biotechnology*,9(10),1450-1454.
 18. Thomson, P. 2002. Pitahaya (*Hylocereus* species): A promising new fruit crop for southern California. *Bonsall Publ.*, Bon- sall, CA.
 19. Übeyit S., Aksoy, D. 2017. Pitaya Yetiştiriciliği ve Türkiye’de Üretim Potansiyeli. <https://www.researchgate.net/publication/320300137> (Erişim Tarihi; 10.11.2023).
 20. Zainudin, M., Hafiz, B.A. 2010. Dragon fruit. <https://dfnet.fftc.org.tw/Page/ArticleDetail.aspx?ArticleID5bGAMxWZqqlw%3D> (Erişim Tarihi: 10.11.2023).

BÖLÜM 9

YUNANİSTAN'IN GÜMÜLCİNE ŞEHRİNE BAĞLI KOZLUKEBİR BELEDİYESİ KÖYLERİNİN TARIM TOPRAKLARININ VERİMLİLİK DURUMLARININ ARAŞTIRILMASI

Prof. Dr. Aydın ADİLOĞLU^{1*}

MSc. Enes CHOUSEİN²

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10251699>

¹ Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü 59030- Süleymanpaşa-Tekirdağ/Türkiye, ORCID: 0000-0002-7926-509X, e-mail: a_adiloglu@hotmail.com

² Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü 59030- Süleymanpaşa-Tekirdağ/ Türkiye, ORCID: 0009-0009-8731-8866, e-mail: enesxousein@gmail.com

*Corresponding Author: a_adiloglu@hotmail.com

1. GİRİŞ

Oksijen tüketerek ve beslenerek hayatlarını sürdüren tüm canlıların toprağa muhtaç olduğu gibi biz insanoğlu da hayatımızı devam ettirebilmek ve nesillerimizin devamı için toprağa ve tarıma her zaman muhtaç olmuşuzdur. Yaşadığımız 21. Yüzyılın dünyasına bakacak olursak aslında insanoğlu, bugün toprağa her zamankinden daha da muhtaçtır. Bunun nedeni diğer canlıların nüfusları gitgide azalırken, soyları günden güne tükenirken yeryüzünde, insanoğlunun nüfusunun daha önce hiç olmadığı kadar çok arttığını ve artış seviyesinin hala katlanarak devam etmekte olduğunu görmekteyiz. Dünya nüfusunun 8 milyara dayandığı bu yıllarda milyonlarca insan açlık nedeniyle hayata veda etmekte ve milyonlarca insan da açlık ile mücadele ederek hayatlarına devam etmektedir.

Son yıllarda dünya genelinde ortaya çıkan pandemi nedeniyle tüm ülke ekonomilerinin ve tüm dünya piyasasının altüst oluşu da birçok ülke vatandaşlarının yaşam standartlarını kısıtlamış ve ekonomik açıdan birçok insanın zorluklar çekmesine neden olmuştur. Bu zorluklar neticesi olarak Avrupa Birliği ülkeleri de dahil olmak üzere birçok gelişmiş ülkelerde gelir düzeyi düşük vatandaşların alım gücü azaldığı gibi, açlık seviyesinde de önemli düzeyde artışlar meydana gelmiştir.

Dünya üzerinde yaşayan 8 milyar insana ulaşan dünya nüfusunu hem ekonomik ve hem de besin ihtiyacı yönünden etkileyen en son kriz Rusya ile Ukrayna arasında gerçekleşmekte olan savaştır. Dünya üzerinde buğday ve ayçiçeği gibi tarımsal ürünlerin önemli üreticilerinden olan bu iki ülkeden Rusya'ya uygulanan ambargo ve

Ukrayna'nın da ürün ithal edemiyor olması sonucunda birçok ülke yiyecek ekmek derdine düşmüş ve dolaylı yoldan piyasadaki tarım ürünlerinin fiyatlarında son derece yüksek artışlar meydana gelmiştir.

Çalışmanın başından bu yana bahsedilen: 1) Nüfus artışı, 2) Pandeminin etkileri ve 3) Rusya- Ukrayna savaşı, doğrudan veya dolaylı yoldan artan dünya nüfusunun beslenebilmesi açısından toprağın, tarımın ve tarım ürünlerinin önemini bir kez daha gündeme getirmiştir. Son zamanlarda ekonomik açıdan halkların çektiği zorlukların ve açlık derecesine varan bu kötü gidişatın en önemli sebebi, tarımsal üretime gereken değer verilmemesidir. Dünya üzerinde oksijen tüketen ve beslenme ihtiyacı duyan her canlı toprağa ve tarıma muhtaçtır.

Günümüz dünyasında birçok ülkenin sanayi ve endüstri üzerine yoğunlaşmaları tarım sektörünün ikinci planda kalmasına neden olmuştur. Hak ettiği değeri bulamayan üretici, son zamanlarda şehirleşmenin artması ve insanların köylerden şehirlere göç etmesi sonucu toprağından uzaklaşarak farklı alanlara yönelmiştir. Geride kalan ve elden çıkarılan verimli arazilerin birçoğu bugün amaç dışı kullanımlar nedeniyle tarımsal üretimden uzaklaşmış bulunmaktadır.

Verimli araziler üzerinde fabrikaların, şehirlerin, otobanların, havaalanlarının kurulması, nüfusu 8 milyara ulaşmış bir dünya toplumu için oldukça ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Günümüz şartlarına göre üreticiler ve tarım sektörünün öncü kişileri ellerindeki arazileri doğru kullanarak, sürdürülebilir toprak verimliliği ve birim alandan maksimum verim alma yolunda doğru ve yerinde tarımsal uygulamalar ve müdahaleler ile üretici halkın hizmetinde olmak durumundadır.

Birim alandan yüksek verim alabilmek ve sürdürülebilirliği sağlayabilmek için toprağı iyi tanımak ve gerekli uygulamaları yapabilmek gerekir (Beyyavaş ve ark., 2022). Nasıl ki bir doktor hastasını muayene etmeden gerekli müdahaleyi yapamıyorsa ve doğru reçeteyi yazamıyorsa, üreticiler de toprağını tanımadan ve toprağının ihtiyaçlarını bilmeden müdahale etmesi ne yazık ki yanlış sonuçlar alınmasına neden olmaktadır. Toprağı ekilen bir bitkinin gelişip büyüebilmesi ve ürün verebilmesi için toprak özelliklerinin bitkinin isteklerini karşılayabilmesi ve gelişimi için gerekli olan besin elementlerinin topraktaki varlığına ihtiyaç duyar.

İsmayilli (2023) tarafından yapılan bir araştırmada, Azerbaycan 'ın Bilesuvar ili tarım topraklarının verimlilik durumları 267 farklı noktadan alınan toprak örneğı ile incelenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, toprak örneklerinin organik madde içeriklerinin % 50,93'ü yetersiz olduğu belirlenmiştir. Araştırma alanı topraklarının % 63,30'u kireçli, % 71,16'sı çok tuzlu ve % 95,13'ü hafif alkali olduğu görülmüştür. Toprak örneklerinin bitkilere yararlı fosfor (P), değişebilir potasyum (K), değişebilir kalsiyum (Ca) ve değişebilir magnezyum (Mg) içerikleri yüksek olarak ölçülmüştür. Toprakların tamamının bitkilere yararlı bakır (Cu) ve çinko (Zn) içerikleri bütün toprak örneklerinde yeterli düzeyde, yararlı demir (Fe) ve bitkilere yararlı mangan (Mn) içerikleri ise yüksek düzeyde olduğu saptanmıştır.

Bu çalışmada Yunanistan'ın Gümölcine (Komotini) şehrine bağlı olan ve çoğunluk olarak Türk azınlığının yaşadığı Kozlukebir Belediyesi köylerinin tarım topraklarının verimlilik durumları araştırılmıştır. Bu çalışma sonunda, elde edilen verilere göre bölge topraklarının fiziksel ve

kimyasal özellikleriyle beraber, toprakların bünyesinde bulundurduğu ve bitki gelişimi için mutlak gerekli olan besin elementlerinin topraktaki mevcudiyeti belirlenmiştir. Çalışmanın amacı, bölgede yapılmakta olan yanlış gübreleme ve ilaçlamaların önüne geçebilmek ve doğru gübreleme programının oluşturulması ile birlikte maksimum verim elde edebilmektir.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu çalışmada kullanılan toprak örnekleri Yunanistan'ın Gümülcine şehrine bağlı olan Kozlukebir Belediyesi'nin yüksek oranda çiftçilik ile uğraşan ve yıllardan beri geçimlerinin büyük bölümünü topraktan kazanan köylerinden alınmıştır. Çiftçiliğin az olduğu dağlık kesimlerden ve nüfusu az olan köylerden veya çoğunluğu hayvancılıkla uğraşan tarımın yok denecek kadar az olduğu, genel olarak bölge tarımını temsil etmekten uzak olan köylerden ve arazilerden toprak örnekleri çalışmaya dahil edilmemiştir.

Toprak örnekleri, analizi yapılacak olan arazinin genelini temsil edebilmesi adına, arazi içinde farklılık gösteren topraklardan, eğim farkı olan bölgelerinden zig zaglar şeklinde özel kürek yardımı ile 0-30 cm derinlikten ve 100 farklı araziden alınmıştır (Jackson, 1967). Araştırmada kullanılan 100 toprak örneği Satıköy, Turgutoba, Çelebiköy, Domruköy, Sirkeli, Basırlıköy, Delinasufköy, Üntüren, Bıyıklıköy, Küçükören, Değirmendere, Uşakdere, Kurcalı, Işıklar, Payamlar, Hacıköy, Durhasanlar, Hemetli ve belediyenin de bulunduğu Kozlukebir köylerinden alınmıştır. Örnekleme yerlerine ilişkin bazı

bilgiler Çizelge 1’de ve toprak örneklerinin alındığı yerler Şekil 1 ve Şekil 2’de gösterilmiştir.

Toprak örneklerinde ise pH, tuz, kireç, organik madde, yarayışlı fosfor, değışebilir K, Mg ve yarayışlı Fe, Cu, Zn ve Mn (Sağlam, 2012) ve tekstür analizleri (Tuncay, 1994) yapılmıştır. Araştırma sonuçları belirlenen kritik yeterlilik değerleri ile karşılaştırılarak Yunanistan’ın Gümülcine şehri Kozlukebir belediyesine bağlı köylerin tarım topraklarının verimlilik durumları ortaya konulmuştur.

Çizelge 1. Araştırmanın yapıldığı arazilere ilişkin bazı bilgiler

Toprak No.	Köyün adı Yunanca/Türkçe	Bölge	Gümülcine şehrine uzaklık (km)	Derinlik (cm)
1	Lambro–Satıköy	Kozlukebir	15	0-30
2	Lambro–Satıköy	Kozlukebir	15	0-30
3	Lambro–Satıköy	Kozlukebir	15	0-30
4	Lambro–Satıköy	Kozlukebir	15	0-30
5	Lambro–Satıköy	Kozlukebir	15	0-30
6	Lambro–Satıköy	Kozlukebir	15	0-30
7	Lambro–Satıköy	Kozlukebir	15	0-30
8	Omiriko-Turgutoba	Kozlukebir	16	0-30
9	Omiriko-Turgutoba	Kozlukebir	16	0-30
10	Omiriko-Turgutoba	Kozlukebir	16	0-30
11	Omiriko-Turgutoba	Kozlukebir	16	0-30
12	Omiriko-Turgutoba	Kozlukebir	16	0-30
13	Arhondika-Çelebiköy	Kozlukebir	14	0-30
14	Arhondika-Çelebiköy	Kozlukebir	14	0-30
15	Arhondika-Çelebiköy	Kozlukebir	14	0-30

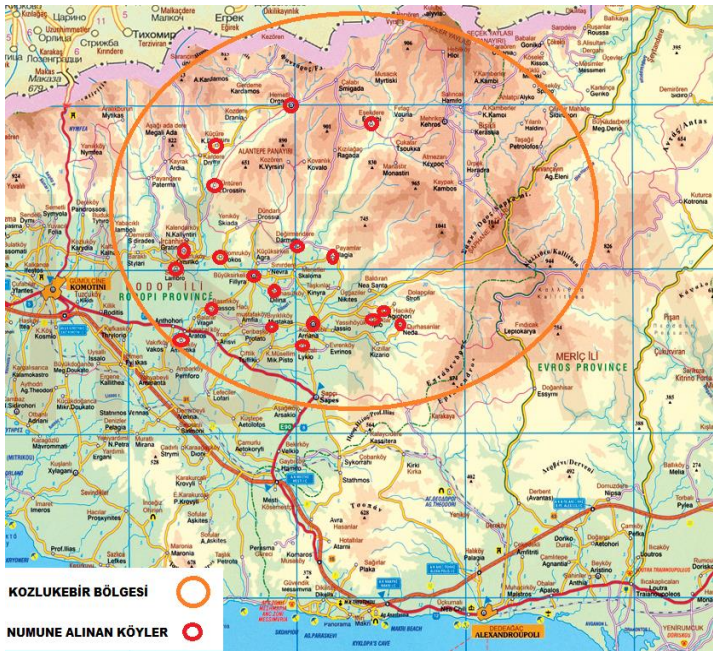
16	Arhondika-Çelebiköy	Kozlukebir	14	0-30
17	Arhondika-Çelebiköy	Kozlukebir	14	0-30
18	Dokos-Domduköy	Kozlukebir	19	0-30
19	Dokos-Domruköy	Kozlukebir	19	0-30
20	Dokos-Domruköy	Kozlukebir	19	0-30
21	Dokos-Domruköy	Kozlukebir	19	0-30
22	Dokos-Domruköy	Kozlukebir	19	0-30
23	Dokos-Domruköy	Kozlukebir	19	0-30
24	Dokos-Domruköy	Kozlukebir	19	0-30
25	Dokos-Domruköy	Kozlukebir	19	0-30
26	Dokos-Domruköy	Kozlukebir	19	0-30
27	Dokos-Domruköy	Kozlukebir	19	0-30
28	Filira-Sirkeli	Kozlukebir	22	0-30
29	Filira-Sirkeli	Kozlukebir	22	0-30
30	Filira-Sirkeli	Kozlukebir	22	0-30
31	Passos-Basırlıköy	Kozlukebir	17	0-30
32	Passos-Basırlıköy	Kozlukebir	17	0-30
33	Passos-Basırlıköy	Kozlukebir	17	0-30
34	Passos-Basırlıköy	Kozlukebir	17	0-30
35	Passos-Basırlıköy	Kozlukebir	17	0-30
36	Passos-Basırlıköy	Kozlukebir	17	0-30
37	Passos-Basırlıköy	Kozlukebir	17	0-30
38	Passos-Basırlıköy	Kozlukebir	17	0-30
39	Passos-Basırlıköy	Kozlukebir	17	0-30
40	Passos-Basırlıköy	Kozlukebir	17	0-30
41	Deilina-Delinasufköy	Kozlukebir	25	0-30
42	Deilina-Delinasufköy	Kozlukebir	25	0-30
43	Deilina-Delinasufköy	Kozlukebir	25	0-30
44	Deilina-Delinasufköy	Kozlukebir	25	0-30
45	Deilina-Delinasufköy	Kozlukebir	25	0-30
46	Deilina-Delinasufköy	Kozlukebir	25	0-30

47	Deilina-Delinasufköy	Kozlukebir	25	0-30
48	Deilina-Delinasufköy	Kozlukebir	25	0-30
49	Deilina-Delinasufköy	Kozlukebir	25	0-30
50	Deilina-Delinasufköy	Kozlukebir	25	0-30
51	A.Drosini-Üntüren	Kozlukebir	23	0-30
52	A.Drosini- Üntüren	Kozlukebir	23	0-30
53	A.Drosini- Üntüren	Kozlukebir	23	0-30
54	A.Drosini- Üntüren	Kozlukebir	23	0-30
55	A.Drosini- Üntüren	Kozlukebir	23	0-30
56	Mystakas-Bıyıklıköy	Kozlukebir	27	0-30
57	Mystakas-Bıyıklıköy	Kozlukebir	27	0-30
58	Mystakas-Bıyıklıköy	Kozlukebir	27	0-30
59	Mystakas-Bıyıklıköy	Kozlukebir	27	0-30
60	Mystakas-Bıyıklıköy	Kozlukebir	27	0-30
61	Mystakas-Bıyıklıköy	Kozlukebir	27	0-30
62	K.Drosini-Küçüren	Kozlukebir	31	0-30
63	K.Drosini-Küçüren	Kozlukebir	31	0-30
64	K.Drosini-Küçüren	Kozlukebir	31	0-30
65	Darmeni-Dirmendere	Kozlukebir	30	0-30
66	Darmeni-Dirmendere	Kozlukebir	30	0-30
67	Darmeni-Dirmendere	Kozlukebir	30	0-30
68	Darmeni-Dirmendere	Kozlukebir	30	0-30
69	Darmeni-Dirmendere	Kozlukebir	30	0-30
70	Esohi-Uşakdere	Kozlukebir	51	0-30
71	Lykeio-Kurcalı	Kozlukebir	28	0-30
72	Lykeio-Kurcalı	Kozlukebir	28	0-30
73	Hpio-Işıklar	Kozlukebir	36	0-30
74	Hpio-Işıklar	Kozlukebir	36	0-30
75	Hpio-Işıklar	Kozlukebir	36	0-30
76	Hpio-Işıklar	Kozlukebir	36	0-30
77	Hpio-Işıklar	Kozlukebir	36	0-30

78	Plagia-Payamlar	Kozlukebir	36	0-30
79	Plagia-Payamlar	Kozlukebir	36	0-30
80	Plagia-Payamlar	Kozlukebir	36	0-30
81	Plagia-Payamlar	Kozlukebir	36	0-30
82	Plagia-Payamlar	Kozlukebir	36	0-30
83	Plagia-Payamlar	Kozlukebir	36	0-30
84	Agiohori-Hacıköy	Kozlukebir	37	0-30
85	Agiohori-Hacıköy	Kozlukebir	37	0-30
86	Neda-Durhasanlar	Kozlukebir	39	0-30
87	Neda-Durhasanlar	Kozlukebir	39	0-30
88	Neda-Durhasanlar	Kozlukebir	39	0-30
89	Organi-Hemetli	Kozlukebir	42	0-30
90	Arriana-Kozlukebir	Kozlukebir	30	0-30
91	Arriana-Kozlukebir	Kozlukebir	30	0-30
92	Arriana-Kozlukebir	Kozlukebir	30	0-30
93	Arriana-Kozlukebir	Kozlukebir	30	0-30
94	Arriana-Kozlukebir	Kozlukebir	30	0-30
95	Arriana-Kozlukebir	Kozlukebir	30	0-30
96	Arriana-Kozlukebir	Kozlukebir	30	0-30
97	Arriana-Kozlukebir	Kozlukebir	30	0-30
98	Arriana-Kozlukebir	Kozlukebir	30	0-30
99	Arriana-Kozlukebir	Kozlukebir	30	0-30
100	Arriana-Kozlukebir	Kozlukebir	30	0-30



Şekil 1. Batı Trakya Bölgesi ve Gümülcine şehrinin Yunanistan'daki konumu (Wikimedia, 2022).



Şekil 2. Gümülcine Kozlukebir Bölgesi ve toprak örneklerinin alındığı köyler (Wikimedia, 2022).

3. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

3.1. Toprak Örneklerinin Bazı Fiziksel ve Kimyasal Özellikleri

Araştırma alanına ait toprak örneklerinin bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları ile bu sonuçlara ait en düşük ve en yüksek değerler Çizelge 2’de verilmiştir. Araştırma sonuçları aşağıda ayrı ayrı olarak değerlendirilmiştir.

Çizelge 2. Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak No	pH (1: 2.5)	Kireç, %	Organik madde, %	Tuz, %	Kil, %	Kum, %	Silt, %	Tekstür sınıfı
Min.	5,4	eseri	0,6	0,11	6,0	14,7	13,3	Kil (C)
Max.	8,3	15,8	3,2	1,67	58,0	72,7	45,3	Kumlu Kil (SC)

3.1.1. Toprakların pH Değerleri

Toprak örneklerinin pH değerleri 5,4 ile 8,3 arasında değişmektedir (Çizelge 2). Bu değerlerin % 1,00’i “orta asit”, % 20,00’si “hafif asit”, % 37,00’si “nötr”, % 42,00’si “hafif alkali” olduğu görülmüştür (Alpaslan ve ark., 1988). Bu sonuçlara göre toprak örneklerinin yüksek oranda hafif alkali ve nötr seviyede olduğu belirlenmiştir. Bitkilerin isteklerine uygun olan ve istenilen seviye nötr olduğuna göre hafif alkali olan toprakların pH değerlerinin nötr seviyelerine düşürülmesi için kükürtlü gübrelerin seçimine gübreleme programlarının oluşturulmasında dikkat edilmelidir.

3.1.2. Toprakların Kireç Miktarları

Toprak örneklerinin kireç içerikleri % 0,0 ile % 15,8 arasında değişmektedir (Çizelge 2). Bu değerlere göre toprakların % 74,00'ünün “az kireçli”, % 15,00'inin “kireçli”, %9,00'unun “orta kireçli” ve % 2,00'sinin de “fazla kireçli” oldukları saptanmıştır. Araştırma alanı topraklarının çoğunluğu kireç içerikleri bakımından “az kireçli” grubuna girmekte olup, kireç yönünden bir sorun oluşturmadığı görülmektedir (Alpaslan ve ark., 1988).

3.1.3. Toprakların Organik Madde İçerikleri

Toprak örneklerinin organik madde miktarları % 0,6 ile % 3,2 arasında değişmektedir (Çizelge 2). Bu içeriklere göre toprakların % 11,00'inin organik madde miktarı “çok az”, % 67,00'sinin “az”, % 20,00'sinin “orta” ve % 2,00'si “iyi” düzeydedir. Bu oranlara göre Kozlukebir Belediyesine bağlı olan köylerin organik madde miktarlarının yetersiz düzeyde olduğu anlaşılmaktadır (Alpaslan ve ark., 1988). Benzer şekilde Koç ve ark. (2021) yaptıkları çalışmada organik madde içeriği %0.76-1.09 aralığında belirlemişlerdir. Bitkisel atık ve benzeri materyallerle organik maddece desteklenmeyen topraklar standartların altında bir düzeye sahip olduklarında, toprak mikrobiyal faaliyetleride bu anlamda düşük düzeyde olmaktadır (Sakin ve ark., 2021).

3.1.4. Toprakların Tuz Miktarları

Toprak örneklerinin tuz miktarları % 0,11 ile % 1,67 arasında değişmektedir (Çizelge 2). Bu değerlere göre toprakların % 2,00’i “tuzsuz”, % 17,00 “hafif tuzlu”, % 51,00’i “tuzlu”, % 30,00’unun da “çok tuzlu” olduğu belirlenmiştir (Richards, 1954).

3.1.5. Toprakların Tekstürleri

Toprak örneklerinin % 19,00’u “kumlu-killi-tın”, % 27,00’si “killi-tın”, % 30,00’u “kumlu-tın”, % 9,00’u “tın” ve sadece % 12,00’si “kil” ve % 3,00 “kumlu kil” tekstüre sahiptir. Toprak örneklerinde kumlu-killi-tın, killi-tın ve kumlu-tın sınıflarının çoğunlukta olduğu görülmektedir. Araştırma alanı toprakları tarımsal üretim açısından son derece uygun tekstüre sahip topraklardır (Tuncay, 1994).

3.2. Kozlukebir Bölgesi Topraklarının Bazı Makro Besin Elementi İçerikleri

Toprak örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarına göre nitrat azotu, bitkilere yararlı fosfor (P), değişebilir potasyum (K), ve değişebilir magnezyum (Mg) içerikleri Çizelge 3’de verilmiştir.

Çizelge 3. Toprakların bazı makro besin elementi içerikleri, mg/kg⁻¹

Toprak No	Magnezyum (Mg)	Nitrat Azotu (N-NO ₃)	Fosfor (P)	Potasyum (K)
Min.	88	0,5	2,8	52
Max.	1165	32,9	55,9	763

3.2.1. Toprakların Değişebilir Magnezyum İçerikleri

Toprakların değişebilir magnezyum miktarları 88 mg/kg ile 1165 mg/kg arasında değişmektedir (Çizelge 3). Toprakların değişebilir magnezyum içerikleri değerlendirildiğinde; % 12,00'sinin "az"; % 64,00'ünün "yeterli" ve % 24,00'ünün ise "fazla" düzeyde olduğu görülmektedir. Araştırma alanı topraklarının değişebilir magnezyum kapsamalarının genellikle yeterli ve fazla düzeylerde olduğu belirlenmiştir. Bu bulgular, araştırma alanlarında ciddi bir magnezyum eksikliğinin olmadığını ortaya koymaktadır (Alpaslan ve ark., 1988).

3.2.2. Toprakların Nitrat Azotu İçerikleri

Toprak örneklerinin analiz sonuçlarına göre topraktaki N-NO₃ miktarları 0,5 mg/kg ile 32,9 mg/kg arasında değişmektedir (Çizelge 3). Çizelge 3'e göre yapılan değerlendirme sonucu toprakların % 59,00'u "az", % 30,00'u "yeterli" ve % 11,00'i "fazla" düzeydedir. Bu sonuçlara göre bölge topraklarının yarısından fazlasının azot içeriklerinin "az" olduğu ve bir bölümünün ise azot içeriklerinin "yeterli" seviyelerde olduğu görülmüştür (Bagshaw, ve ark., 2010).

3.2.3. Toprakların Bitkilere Yararışlı Fosfor İçerikleri

Toprak örneklerinin bitkilere yararışlı fosfor miktarları 2,8 mg/kg ile 55,9 mg/kg arasında değişmektedir (Çizelge 3). Çizelge 3'e göre yapılan değerlendirmeye göre toprakların % 16,00'si "az", % 61,00'i "yeterli", % 23,00'ü "fazla" düzeyde yararışlı fosfor içermektedir. Elde edilen sonuçlara göre Kozlukebir bölgesindeki toprakların önemli bir

bölümünde bitkilere yararışlı fosforun yeterli ve yüksek düzeylerde olduğu belirlenmiştir (FAO, 1990).

3.2.4. Toprakların Değişebilir Potasyum İçerikleri

Toprakların değişebilir potasyum miktarları 52 mg/kg ile 763 mg/kg arasında değişmektedir (Çizelge 3). Buna göre toprakların değişebilir potasyum miktarlarının % 19,00'u "az", % 69,00'u "yeterli", % 12,00'si de "fazla" düzeydedir. Kozlukebir bölgesi topraklarının değişebilir potasyum kapsamalarının çoğunlukla bitkiler için yeterli düzeyde olduğu belirlenmiştir (Alpaslan ve ark., 1988). Bölgenin büyük bir bölümünde potasyumlu gübrelemeye ihtiyaç olmadığı saptanmıştır.

3.3. Kozlukebir Bölgesi Topraklarının Bazı Mikro Besin Elementi İçerikleri

Toprak örneklerinin kimyasal analiz sonuçlarına göre bitkilere yararışlı demir (Fe), bakır (Cu), çinko (Zn), mangan (Mn) miktarları Çizelge 4'de belirtilmiştir.

Çizelge 4. Araştırma alanı topraklarının bazı mikro besin elementi içerikleri, mg/kg¹

Toprak No	Demir (Fe)	Bakır (Cu)	Çinko (Zn)	Mangan (Mn)
Min.	4,8	0,5	0,18	3,3
Max.	153,0	5,7	57,40	110,0

3.3.1. Toprakların Bitkilere Yararışlı Demir İçerikleri

Toprakların bitkilere yararışlı demir içerikleri 4,8 mg/kg ile 153,0 mg/kg arasında değişmektedir (Çizelge 4). Buna göre toprakların % 100,00'ü "yüksek" düzeydedir. Yapılan değerlendirme sonucunda, araştırma alanı

topraklarında bitkilere yararışlı demir miktarlarının yüksek olduğu ve herhangi bir demir eksikliğinin olmadığı belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell, 1978). Bu durumda, araştırmanın yapıldığı tarım arazilerinde şimdilik demirli gübreleme yapılmasına gerek olmadığı görülmektedir.

3.3.2. Toprakların Bitkilere Yararışlı Bakır İçerikleri

Toprakların bitkilere yararışlı bakır içerikleri 0,5 mg/kg ile 5,7 mg/kg arasında değişmektedir (izelge 4). Buna göre toprakların % 100'nde "yeterli" düzeyde bakır belirlenmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda, bölge topraklarının tamamında bitkilere yararışlı bakır miktarlarının yeterli olduğu belirlenmiştir (Lindsay ve Norvell, 1978). Buna göre araştırma alanlarında bakır ile beslenmesinde herhangi bir sorun olmadığı anlaşılmaktadır.

3.3.3. Toprakların Bitkilere Yararışlı inko İçerikleri

Toprakların bitkilere yararışlı çinko içerikleri 0,18 mg/kg ile 57,40 mg/kg arasında değişmektedir (izelge 4). Buna göre toprakların % 3,00'nde "ok az", % 53,00'nde "az", % 34,00'nde "yeterli", % 5,00'nde "fazla" ve % 5,00 "ok fazla" inko bulunduğu saptanmıştır (FAO, 1990). Araştırma alanlarında çinko eksikliği görülen yerlerde inkolu gübreleme mutlaka yapılmalıdır.

3.3.4. Toprakların Bitkilere Yararışlı Mangan İçerikleri

Toprakların bitkilere yararışlı mangan içerikleri 3,3 mg/kg ile 110,0 mg/kg arasında değişmektedir (izelge 4). Buna göre toprakların % 4,00'nde "ok az", % 44,00'nde "az", % 36,00'sında "yeterli", %

16,00' sında da “fazla” düzeyde mangan bulunmuştur. Yapılan değerlendirmede Kozlukebir bölgesi topraklarının % 48'inde bitkilere yararışlı mangan miktarlarının yetersiz olduğu belirlenmiştir. Buna göre mangan noksanlığına karşı dikkatli olunması ve tarıma alanlarında manganlı gübrelemenin yapılması gerektiği ortaya çıkmaktadır (FAO, 1990).

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Gümölcine şehrinin Kozlukebir Belediyesine bağlı olan ve tarım faaliyetlerinin yoğun olarak yapıldığı Satıköy, Turgutoba, Çelebiköy, Domruköy, Sirkeli, Basırlıköy, Delinasufköy, Üntüren, Bıyıklıköy, Küçükören, Değirmendere, Uşakdere, Kurcalı, Işıklar, Payamlar, Hacıköy, Durhasanlar, Hemetli ve belediyenin de bulunduğu Kozlukebir köylerinden alınan 100 toprak örneğinin analiz edilerek yürütüldüğü bu çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda açıklanmıştır;

Bölge topraklarının önemli bir bölümünde hafif alkali ve nötr reaksiyon tespit edilmiştir. Bitki gelişimi için en uygun olan ve birçok bitkinin yetiştiği pH seviyesi 6,5-7,5 arası olduğu bilinmektedir. Yüksek pH'ya sahip hafif alkalin sınıfı toprakların nötr reaksiyon seviyesine indirilebilmesi için kükürt (S) içerikli gübreler kullanılmalıdır. Yüksek oranda pH seviyesinin belirlendiği köyler Turgutoba, Çelebiköy, Domruköy, Sirkeli ve Basırlıköy'dür.

Kireç bakımından toprakların % 74'ü az kireçli sınıfına girmektedir. Tarımsal üretim açısından kirecin önemli bir sorun olmadığı görülmektedir. Kireç varlığının en fazla görüldüğü ve dikkat edilmesi

gereken köyler de Turgutoba ve Domruköy'dür. Kireç oranı yüksek, alkali topraklar jips, kükürtlü gübreler ve organik maddesi yüksek humik asitler kullanılarak toprakların pH değerleri istenilen düzeylere indirilebilir.

Organik madde miktarının genel olarak tüm bölge topraklarında yetersiz olduğu tespit edilmiştir. Bu sonuçlara göre organik madde miktarını arttırmak için topraklara bekletilmiş ve mineralize olmuş çiftlik gübresi karıştırarak organik madde miktarı arttırılabilir. Bölgede çok fazla toprağı olmayan çiftçinin ekim nöbeti uygulamadığını ve her sene çapa bitkileri ekerek topraktaki organik madde ile beraber yüksek oranda azot kayıplarına da sebebiyet verdiği bilinmektedir. Bunun önüne geçerek münavebe sistemini çiftçiye özendirmeli, yeşil gübrelemeler ile toprağı zenginleştirmeli ve ekilen baklagillerle toprakların sürdürülebilir verimliliğı korunmalıdır.

Bölge topraklarının yarısından fazlasında tuzun yüksek olduğu tespit edilmiştir. Tarlalardaki yetersiz drenaj koşulları ile fazla sulama sularının uzaklaştırılmaması ve aşırı sulamalara karşı dikkat edilmelidir. Tuzluluk sorunu olan arazilerde sulama yapılırken mutlaka drenaj önlemleri alınmalıdır.

Araştırma alanı toprak örneklerinin kumlu-tın, killi-tın ve kumlu-killi-tın tekstür sınıflarının çoğunlukta olduğu görülmüştür. Bu durum toprakların tarımsal üretim açısından genellikle uygun tekstür sınıflarına sahip olduğunu göstermektedir.

Toprakların azot içerikleri bakımından büyük oranda yetersiz olduğu belirlenmiştir. Toprakta en fazla sömürülen besin elementlerinin başında gelen ve bitkiler için mutlak gerekli olan azot elementinin, uygulanacak olan doğru gübreleme programları ve doğru bitki seçimi ile topraktaki azot miktarında artışın sağlanabileceği gibi, topraktaki kayıpların da önüne geçilebilmektedir. Bu durum tarımsal üretim programında dikkate alınmalıdır.

Araştırma alanı topraklarında bitkilere yararlı fosfor miktarlarının yeterli ve yüksek düzeylerde olduğu belirlenmiştir. Toprakta yüksek miktardaki yararlı fosfor antagonistik etki oluşturarak Fe, Zn, Mn, Ca ve B elementlerinin bitkiler tarafından alınmasını engellemektedir. Bölgede yapılacak olan gübrelemede aşırı fosforlu gübrelerin kullanılmamasına bu bakımdan özellikle dikkat edilmelidir.

Bölge topraklarındaki değişebilir potasyum ve değişebilir magnezyum miktarlarının genellikle yeterli düzeylerde olduğu belirlenmiştir. Buna göre bölge topraklarında bitkilerin mevcut durumda potasyumlu ve magnezyumlu gübrelere fazla bir ihtiyaçlarının olmadığı anlaşılmaktadır.

Yapılan bu çalışma sonucu bölge topraklarının tamamının yüksek miktarlarda bitkilere yararlı demir ve yeterli miktarlarda bitkilere yararlı bakır içeriğine sahip oldukları tespit edilmiştir. Bu durum bölgede yetiştirilen ürünlerin söz konusu bu bitki besin elementleri ile beslenmesinde herhangi bir sorunun olmadığını ortaya koymaktadır.

Yapılan araştırma sonucunda, toprakların bitkilere yarayışlı çinko ve yarayışlı mangan içerikleri bakımından önemli derecede yetersiz olduğu belirlenmiştir. Bölgede yetiştirilen birçok ürünün yapraklarında da zaman zaman çinko ve mangan eksikliğinin olduğu gözlenmiştir. Gübreleme programlarının oluşturulması sırasında söz konusu bu besin elementlerinin eksiliği mutlaka dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Alparslan, M., Güneş, A., İnal, A., (1988). Deneme Tekniği. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayın No:1501, Ankara.
- Bagshaw, J., Moody, P., Pattison T., (2010) Soil health for vegetable production in Australia, Part 4: Measuring soil health. The State of Queensland, Department of Employment, Economic Development and Innovation.
- Beyyavaş, V., Cun, S., Çelik, A., Ramazanoğlu, E., (2022). The Importance of Macro and Micro Nutrients in Cotton (*Gossypium Hirsutum* L.) Plant in Terms of Sustainable Agriculture. İKSAD Publishing House, ISBN: 978-625-8246-18-6, ANKARA.
- FAO, (1990). Micronutrient, Assesment and the Country Level: An International Study. FAO Soils Bulletin, 63, Rome, Italy.
- İsmayilli, P., (2023). *Azerbaycan Cumhuriyeti Bilesuvar İli Tarım Topraklarının Verimlilik Durumlarının Araştırılması*. Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Tekirdağ.
- Jackson, M. L., (1967). Soil Chemical Analysis Handbook. Micro-Macro Publishing, Inc, USA.
- Koç, B., Bellitürk, K., Çelik, A., Baran, M.F., (2021). Effects of Vermicompost and Liquid Biogas Fertilizer Application on Plant Nutrition of Grapevine (*Vitis vinifera* L.). Erwerbs-Obstbau (2021). <https://doi.org/10.1007/s10341-021-00586-2>.
- Lindsay, W. L. Norvell, W. A., (1978). Development of a DTPA soil test for zinc, iron, manganase and copper. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42:421- 428.
- Richards, L.A., (1954). Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S.D.A Handbook, No:60.
- Sağlam, M. T., (2012). Toprak ve Suyun Kimyasal Analiz Yöntemleri. Namık Kemal Üniversitesi Yayınları No: 2, Ders Kitabı No: 2, Tekirdağ.
- Sakin, E., Bellitürk, K., Çelik, A. (2021). Yarı Kurak Bölge Koşullarında Zeytin Bitkisinin Yetiştirildiği Toprakta Karbondioksit Emisyonunun Ölçülmesi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 18 (3), 482-493. DOI: 10.33462/jotaf.842302
- Tuncay, H., (1994). Toprak Fiziği Uygulama Kılavuzu. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Teksir No: 29, İzmir.
- Wikimedia, (2022). https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Yunanistan_T%C3%BCrkleri_Ve_Oranlar%20C4%B1.png (Erişim Tarihi: 18.12.2022).

BÖLÜM 10

PAMUK HASADINDA KULLANILAN HASADA YARDIMCI KİMYASALLARIN ÇEVREYE OLUMSUZ ETKİLERİ

Doktora Öğrencisi Suat CUN^{1*}

Doktora Öğrencisi Emrah RAMAZANOĞLU²

Doç. Dr. Vedat BEYYAVAŞ³

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10251703>

*¹ Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye.
suatcun@harran.edu.tr, ORCID:0000-0001-6607-8263

² Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü,
Şanlıurfa, Türkiye. eramazanoglu@hotmail.com, ORCID: 0000-0002-7921-5703

³ Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye.
vbeyyavas@harran.edu.tr, ORCID: 0000-0001-6516-9403

Giriş

Tarım sektörünün doğal çevre üzerinde birçok yönden etkisi olabilir. Ancak bu durum doğa şartlarına bağlı olup yoğunluğu da değişebilmektedir. Bu, topoğrafya, toprak, iklim ve jeoloji gibi doğal koşulların, tarım alanlarının toprak erozyonu, hava ve su kirliliği gibi farklı çevre kirliliği türlerine karşı hassasiyetini önemli ölçüde belirleyebileceği anlamına gelmektedir (Nowak ve Schneider, 2017; Çelik ve ark., 2023). Dikkat çeken bir diğer nokta ise tarımsal üretimi engelleyen çevre sorunlarının en azından bir kısmının tarım sektöründen kaynaklanıyor olmasıdır. Tarım sektöründe koruyucu politikaların desteklenmesi tarımın gelişmesini ve ürün artışını beraberinde getirirse de dünya çapında tarımda koruyucu uygulamaların bilinçsiz kullanılmasıyla birçok çevre sorunu da ortaya çıkmaktadır (Gönültaş ve Kızılaslan, 2021). Üretim sürecinde kullanılan girdiler insan ihtiyaçlarını karşılayacak mal ve hizmetlere dönüşürken aynı zamanda çevreye zarar verebilecek atık ve emisyonlar da yaratmaktadır. Tarımsal ürünlerin üretiminde kullanılan girdiler, üretilen ürünün birim alandan verimini arttırıp hastalık ve zararlılara karşı daha dayanıklı hale getirirken, yakın çevredeki canlılar ve ekosistem üzerinde de olumsuz etkiler yaratabilmektedir (Parlakay ve ark., 2015). Kimyasal girdilerin yoğun kullanımını beraberinde getiren konvansiyonel tarım uygulamaları, doğal kaynakların yok olmasına neden olduğu gibi gıda güvenliğini de riske atmaktadır (Kılıç ve ark., 2020).

Çevreyi kirleten ve yerel kaynakların sağlığını olumsuz yönde etkileyen gübreler, herbisitler ve pestisitler gibi yüksek miktarda girdilerin kullanımı tarımın sanayileşmesi ile birlikte daha da artmıştır (Kirkhorn

ve Schenker, 2001). Bunlara benzer uygulamalar önemli düzeyde toprak özelliklerini, toprak verimliliğini ve erozyonu da etkileyerek toprak kirliliğine de sebep olabilmektedir (Cunningham ve ark., 2013; Foucher ve ark., 2014). Toprak kirliliği ve tarımsal toprağın yanlış kullanımı konusunda daha önce yapılan birçok çalışma mevcuttur (Karaca ve ark., 2012; Kılıç ve Korkmaz, 2012). Özellikle bitkisel üretimde kullanılan pestisitlerin insana ve doğaya zararlı olduğunu gösteren çalışmalar bulunmaktadır. Pestisitler hem uygulandıkları ekosistemlerde hem de uzaktaki ekosistemlerde olumsuz etkilere neden olmaktadır (Kahn, 1991).

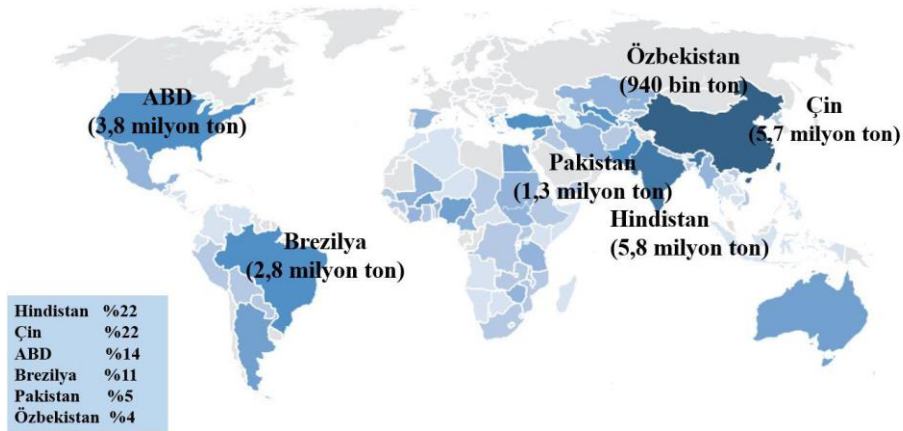
Günümüz tarımsal üretiminde öncü bitkilerinden birisi olan ve birçok alanda değerlendirilen pamuk bitkisi de büyük önem taşımaktadır. Yaygın kullanılması ve birçok alanda değerlendirilmesi bakımından pamuk bitkisinde de büyük ölçüde kimyasallar kullanılmaktadır. Bu kimyasallardan birisi de hasada yardımcı olan defoliantların diğer kimyasallarda olduğu gibi hem insan sağlığı hem de çevre üzerinde önemli düzeyde olumsuz etkilere sebep olabilmektedir.

Pamuk Tarımı

Pamuk, dünyanın birçok yerinde yaygın olmakla birlikte zorunlu kullanım alanlarıyla insanlık açısından büyük ekonomik öneme taşıyan, üretici ülkeler açısından da katma değer ve istihdam olan bir üründür (Majumdar ve ark., 2019; Rehman ve ark., 2019).

Uluslararası Pamuk İstişare Komitesi (ICAC) tarafından yapılan açıklamada; tüm dünyada 33.7 milyon ha pamuk bitkisi ekilmiş ve ortalama 26 milyon ton pamuk lifi üretilmiştir. Dünya pamuk üretiminde

ilk 5 ülke; Hindistan, Çin, ABD, Brezilya ve Pakistan'dır. Pamuk tüketiminde ise sırasıyla Çin, Hindistan, Pakistan, Türkiye ve Bangladeş yer alır. ICAC'den açıklanan verilere göre, ülkemiz, pamuk ekim alanında dünyada on birinci, lif pamuk veriminde ilk beşte, pamuk bitkisi üretiminde miktar bazında ilk altıda, pamuk tüketimi olarak ilk dördte, pamuğu ithal etme bakımından ilk beşte bulunan ülke olarak dikkat çekmektedir (ICAC, 2022).



Şekil 1. Dünyada en çok pamuk üretimi gerçekleştiren ülkeler, Kaynak: ICAC, 2022

Pek çok tarla ürünü gibi pamuk tarımında da asıl amaç birim alandan mümkün olduğu kadar en yüksek verimi sağlamaktır. Bu durum pamukta ıslah çalışmaları, kaliteli lif, yüksek verim, yüksek çırçır randımanının yanı sıra biyotik (böcek zararları, virüsler, mantarlar) ve abiyotik (kuraklık, tuzluluk, sıcaklık, kirlilik vb.) stres koşulları ve tarımda pestisitlere karşı dayanıklı ve hızlı büyüebilme özelliğine sahip pamuk çeşitlerinin üretilmesine odaklanmaktadır (Chohan ve ark., 2020; Rauf ve ark., 2019). Dünya genelinde tarımda artan enerji kullanımı, sera gazları, kuraklık, tuzluluk, su miktarında ve kalitesinde azalma, yoğun

pestisit kullanımı ve kontrolsüz transgenik tohum kullanımı gibi pek çok problem mevcuttur (Dai ve Dong, 2014; Küçük, 2015).



Şekil 2. Pamuk hasadına ait bazı görseller

ABD, Çin ve Türkiye başta olmak üzere, organik pamuk olarak bilinen gübre ve böcek ilacı kullanılmadan, çevreye zarar vermeyen yöntem ve malzemeler uygulanarak doğal bir şekilde pamuğun (transgenik olmayan) üretimi gerçekleştirilmektedir (Gunaydin ve ark., 2019; Organic Cotton Market Report, 2020). Ayrıca bu ülkeler bazında, başta Türkiye'de genetik açıdan değişime uğramış organizma (GDO) tohumlarının organik tarımda kullanımı resmi düzenlemeler nedeniyle yasaklanmıştır (Eyupoglu, 2019; Tarım Orman, 2020). Organik pamuğun tercih edilmesinin nedenleri ve avantajları şu şekilde sıralanabilir;

1. Kimyasal kullanımı ve üretim süreci,
2. Geleneksel olarak üretilen pamuğa kıyasla daha kaliteli pamuğun elde edilmesi,
3. Sağlıklı ve çevreye zarar vermeyen uygulamalarla (herbisit veya böcek ilacı kullanılmadan toprak ve su kirliliğini önlemeye yönelik tarım uygulamaları) üretilmiş olması,
4. Biyolojik çeşitliliğe zarar vermeyen yöntemlerle desteklenmesi,

5. Çiftçilere ve ailelerine daha iyi sağlık koşulları sağlayacak uygulamalarla üretilmesi,
6. Üretimi gerçekleştirilen pamuk elyafının insan derisi ve dokularıyla uyum göstermesi,
7. Ayrıca ticari yönden önem arz eden bir pamuk olması,

Organik pamuk üretimi neticesinde elde edilen tekstil ürünleri, insanlara ve çevreye dost olan hassas işlemler sonucu üretilen ve ayrıca ekonomi ve toplumsal kalkınmayı pozitif açıdan destek sağlayan bir ürün olma özelliği taşımaktadır (Aytac ve ark., 2020). Elde edilen organik pamuk birçok alanda kullanılmakla birlikte başta giyim, ayakkabı, ev tekstili, çocuk eşyaları ve kişisel bakım ürünleri gibi temizlik, bakım ve giyinme alanlarında oldukça geniş yer kapsamaktadır (Aksoy ve ark., 2020).

Pamuk tarımında kullanılan Hasada yardımcı (Defoliant) Kimyasallar

Pamuk hasadında makine kullanımının artmasıyla birlikte hasadı destekleyen kimyasalların kullanımında da artış olmaktadır. Bu kimyasallar yaprak dökücü, koza açıcı, bitki kurutucu ve büyüme önleyici olarak farklı formlarda mevcuttur. Ayrıca içerdikleri etken maddeler, uygulama dozları ve uygulama süresi açısından farklılık göstermekte olup, iklim koşulları (sıcaklık ve yağış) büyük önem taşımaktadır. Günümüzde bu kimyasalların kullanımı bu faktörler dikkate alınmadan yapıldığından istenilen sonuçlar alınamamakta, hasatta verim ve kalite kayıpları yaşanmakta, hasat edilen ürünün işlenmesi sırasında birçok sorunla karşılaşmaktadır (Kabak ve Kaynak, 2021).

Yaprak dökürme (defoliasyon), genellikle yaprakların fizyolojik olarak olgunlaşmaya başladıktan sonra dökülmesi olayıdır. Bu olay yaprak sapının gövde ile birleştiği yerden ayrılma tabakasının oluşması ile meydana gelmektedir (Görmüş, 2014). Kimyasal yaprak dökücüler, yaprakların stomalar yoluyla emdikleri ilacın etkisi ile yaprak sapının dal veya ana gövdeyle bulunduğu yerde bir ayırma tabakası oluşumunu teşvik ederek yaprak dökülmesine neden olur (Denizdurduran, 2008). Bazı araştırmacılar tek bir kimyasal kullanırken, bazıları hasatta daha iyi sonuç almak için karışım kullanmışlardır. Kombinasyonlarda bir veya daha fazla defoliant ve koza açıcı uygulanırsa defoliantın aktivitesi ve tepkisi olumlu yönde artış olur (Ming-Wei ve ark., 2013).



Şekil 3. Hasada yardımcı olan kimyasallara ait bazı görseller

Pamukta Hasada Yardımcı Kimyasalların Kullanım Amacı

Genellikle, pamuk hasadının kirlenmemiş ve temiz olması istenmektedir. Pamuk, makine ile hasat edilecekse pamuk yapraklarının dökülmesi ve açmayan kozaların açılması için hasada yardımcı kimyasalların kullanılması istenmektedir. Yaprakların dökülmesi ve kozaların açılma süreleri, bir ya da üç gün kadar bir süre daha kısa olabilmekte ve ayrıca

birinci el kütlü %1-20 arası değişim gösteren bir oranda erkencilik görülmektedir (Ming-Wei ve ark., 2013).

Ayrıca defoliant uygulaması, yağışlı döneme girmeden önce hasadın yapılması için bu uygulama yapılmaktadır. Uygulamanın amacı, kozaların daha erken açılmasını sağlamak ve yaprak dökülme olayının gerçekleşmesini sağlayarak makineli hasadı kolaylaştırmaktır (Kabak ve Kaynak, 2021).

Birçok araştırmacı defoliant üzerinde yaptıkları çalışmalarında hasada yardımcı olması açısından bu kimyasalları tercih etmişlerdir (Çopur ve ark., 2010; Ming-Wei ve ark., 2013; Singh ve ark., 2015; Tashaev, 2016). Defoliant koza açıcı ve geniş bir şekilde hasada yardımcı olarak kullanılır. Koza açmayı artırarak hasat verimine olumlu katkı yaptığından dolayı birçok araştırmacı tarafından uygulanmıştır (Ming-Wei ve ark., 2013; Singh ve ark., 2015). Bu nedenle kaliteli ve maksimum verimi elde edebilmek için pamuğu zamanında hasat etmek son derece önem arz etmektedir.

Pamuk bitkisinde yaprakların döktürmesi olayı; hasat işlemini hızlandırmak, çiftçilere özellikle sonbahar yağmurları gelmeden önce ve olumsuz hava şartlarına maruz kalmadan ürünün verim ve kalitesini korumak, liflerde benekleşme olmadan toplamak, kozaların havasız kalmasını engellemek ve kozaların açılmasını sağlamak, hasat makinesinin kullanımını kolaylaştırmak, çırçırılama işlerini kolaylaştırmak, rutubete karşı önlem almak, hastalık ve zararlılara karşı tedbir almak ve ayrıca liflerin uzun bir süre tarlada bekletilmesi sonucu oluşan lif sararmasından kaynaklı kalite derecesinin düşmesine engel

olmak gibi amaçlardan ötürü kullanılmaktadır (Crawford, 1996; Gerst ve ark., 1986; Mayfield, 1996).

Pamukta defoliant uygulamasının aşağıda belirtilen belirli amaçlar doğrultusunda olmalıdır. Bunlar;

- a) Generatif gelişimin hızlanmasına olanak sağlamak,
- b) Makina yapılan hasatlarda hasat işlemini zorlaştıran yapraklardan kurtulmak,
- c) Bitkinin yeşil aksamalarının life temas edip lifin boyanmasına engel olmak,
- d) Çırcırlama işlemini kolaylaştırmak, (Demirtaş, 2006).

Hasada Yardımcı Kimyasalların İnsan sağlığı ve Çevre Üzerine Etkisi

Hasada yardımcı yaprak dökücüler uygulandıktan yaklaşık 10-14 gün sonra bitkilerin yapraklarında dökülme meydana gelmektedir (Sağlam ve Akyol, 2002). Fakat bu kimyasallar uygulandıktan sonra çevre üzerinde olumsuz etkiler bırakmakla birlikte pamuk lifleri üzerinde de kalıntılar bırakarak ürüne de zarar vermektedir (Kaya ve Özkan, 2002). Ayrıca yapılan uygulamaların gösterdiği etki çevre şartlarına göre değişiklik gösterip, başarılı bir uygulama için birçok parametrenin doğru bir şekilde belirlenmesi gerekir (Siebert ve Stewart, 2006). Organik pamuk üretiminde bu kimyasalların kullanımı söz konusu değildir (Funk ve ark., 2004; Showler ve ark., 2006). Yaprak dökücü kimyasallara alternatif bir yol daha bulunmaktadır. Bunlar sıcak hava (Funk ve ark., 2004; Showler ve ark., 2006), amonyak buharı (Gabro, 1982) ile yaprakları bu yöntemlerle bitkiden uzaklaştırmak mümkün olabilmektedir. Bu

yöntemler aynı zamanda zararlılar ile mücadele yönteminde de başarılı bir şekilde yapılmaktadır (Barra, 2006). Ancak çiftçiler kolay ve rahat yollara başvurmak için kimyasal kullanımını daha çok tercih etmektedir. Pamukta hasada yardımcı kimyasalların kullanımının çevreye etkileri üzerine yönelik yapılan bazı çalışmalar mevcuttur. Stewart ve ark. (2000), pamukta tercih edilen koza açmaya ve yaprak dökmeye yardımcı defoliantların etkinliği ve çevre üzerindeki etkisi konulu bildirimlerinde, çevre koşullarının defoliantların performansları üzerine etkiler bıraktığını belirtmişlerdir.

Ülkemizde tarımsal üretimde kullanılan kimyasallar büyük çevre sorunlarına yol açmaktadır. Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı dokuzuncu kalkınma planı (2007-2013) tekstil, deri ve giyim sanayi, özel ihtisas komisyonu tekstil, hazır giyim ve konfeksiyon alt komisyonu raporunda, gün geçtikçe yoğunlaşan tarımsal girdi kullanımının meydana getirdiği sağlık ve çevre sorunlarının çözümünde ekolojik tarımın etkin bir alternatif olduğu belirtilmiştir. Türk Tekstil Sanayisinin en önemli hammaddesi olan pamuğun yetiştirilmesi sırasında, çevreye büyük zarar verildiği vurgulanmıştır (Anonim 2006). Bu sorunların önüne geçmesinin temel öncülerinden birisi organik tarıma yönelmektir. Kaya ve Özkan (2002), organik pamuk bakımından ülkemizin mevcut durumu hakkında yürütülen çalışmaları araştırdıkları bildirimlerinde, çiftçilerin sırf yüksek verim ve daha iyi bir pamuk görüntüsü elde etmek için yapılan ölçsüz ve yoğun kimyasal kullanımının pamuk lif kalitesi üzerinde olumsuz sonuçlar meydana getirmesinin yanı sıra çevre üzerinde de önemli düzeyde olumsuz etkiler bıraktığı ve ayrıca insanlarda bu kimyasallar sebebiyle özellikle hassas ciltlerde birtakım

sorunlar oluşturduğunu belirtmişlerdir. Ancak, organik tarımın üretimden tüketime kadar kimyasal ilaçlar tercih edilmeden hem canlı sağlığı hem de çevresel açıdan koruma potansiyeli olan ürünler elde edilir. Ayrıca ülkemizde organik tarımın daha fazla yayılım göstermesini tavsiye eden Kaya ve Özkan, organik tarımda verimde görülen düşüşü fiyat farkı uygulamasıyla kapatılabileceğini ifade etmişlerdir. 2010 yılında pamuk üretim raporuna göre, organik pamuk; kimyasallar, zirai ilaçlar, bitkinin büyümesinin sağlayan hormonlar ya da defoliantların kullanımının terk edilmesi sonucu üretilen pamuk olarak bilinir. Ayrıca yine rapora göre insan sağlığı ve çevrenin korunmasının yanında Avrupa Birliği ülkelerinin organik tekstil ürünlerine gösterdikleri ilginin dikkate alınarak, ülkemizde de organik pamuk üretiminin daha fazla önem kazanması açısından gerekli adımların atılması vurgusu yapılmıştır (Anonim, 2010).

SONUÇ

Tarım insanoğlu için geçmişten günümüze hayati önem taşımakta olduğu, günümüzde tarımı yapılan önemli bitkilerden birisi olan pamuk bitkisinin hayatın birçok alanında değerlendirilmesi günümüz tarımında büyük sorunları da beraberinde getirmektedir. Özellikle ekonomik açıdan katma değer bir özellik taşıyan pamuk bitkisinde, çiftçilerin temel amacı olan yüksek verimin elde etmeleri için orantısız bir şekilde kimyasal kullanımları gerek insanlar gerekse de ekolojik çevre üzerinde ciddi problemlere sebep olabilmektedir. Bu durum her geçen gün daha da büyük riskleri beraberinde getirmekle birlikte bunun önüne geçilmek gerekir. Bu kimyasallardan biri olan ve pamuk bitkisinde hasada yardımcı olan defoliantların kullanılmasıdır. Özellikle makineli

hasatlarda hasat işlemini kolaylaştırmak ve kozaların açmasına yardımcı olmak için çiftçiler tarafından yoğun miktarda bu defoliantlar kullanılmaktadır. Tabi bu kimyasalların uygulama zamanı ve miktarına dikkat edilmesi gerekirken günümüzde bilinçsiz bir şekilde uygulaması yapılmakta ve bunun sonucunda çevresel sorunlara sebep olabilmektedir.

KAYNAKLAR

- Aksoy, U., Duman, I., Besirli, G. ve Kenanoğlu Bektas, Z. (2020). Türkiye’de organik bitkisel üretim. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1, 191-211.
- Anonim, 2006. Dokuzuncu Kalkınma Planı (2007-2013) Tekstil, Deri ve Giyim Sanayii Özel İhtisas Komisyonu Tekstil, Hazır Giyim ve Konfeksiyon Alt Komisyonu Raporu. Devlet Planlama Teşkilatı Müsteşarlığı.
- Anonim, 2010. 2010 Yılı Pamuk Raporu. T.C. Sanayi ve Ticaret Bakanlığı, Teşkilatlandırma Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Aytac, S., Basbag, S., Arslanoglu, F., Ekinci, R. ve Ayan A. K. (2020). Lif bitkileri üretiminde mevcut durum ve gelecek. Türkiye Ziraat Mühendisliği IX. Teknik Kongresi Bildiriler Kitabı-1, 463-492.
- Barra, F.L. 2006. Method for Thermal Pest Control. U.S. Patent Office, Patent No:7134239
- Chohan, S., Perveen, R., Abid, M., Tahir, M. N. ve Sajid, M. (2020). Cotton diseases and their management. In S. Ahmad & M. Hasanuzzaman (Eds.), Cotton production and uses (pp. 239-270). Singapore: Springer.
- Crawford, S. H. 1996. Cotton harvest aids mid-south perspectives, beltwide Cotton conferences. Memphis. p.88
- Cunningham, S.A., S.J. Attwood, K.S.Bawa, T.G. Benton, L.M. Broadhurst, R.K. Didham, S. McIntyre, I. Perfecto, M.J. Samways, T. Tscharntke, J. Vandermeer, M.A. Villard, A.G. Young & D.B. Lindenmayer, 2013. To close the yield-gap while saving biodiversity will require multiple locally relevant strategies. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 173: 20-27.
- Çelik, A., Kılıç, M., Ramazanoğlu, E., Bellitürk, K., Sakin, E. (2023). Comparison of Biological Indicators of Soil Quality of Horticultural Crops Based on No-tillage and Non-synthetic Systems. *Erwerbs-Obstbau*, 1-9.
- Çopur, O., Demirel, U., Polat, R., & Gür, M. A., (2010). Effect of different defoliant and application times on the yield and quality components of cotton in semiarid conditions. *African Journal of Biotechnology*, 9 (14): 2095.
- Dai, J. ve Dong, H. (2014). Intensive cotton farming technologies in China: Achievements, challenges and countermeasures. *Field Crops Research*, 155, 99-110.
- Demirtaş, M. 2006. Traktöre Monte Edilebilir Tip Pamuk Hasat Makinasının Bazı Pamuk Çeşitleri Üzerindeki Performansının Belirlenerek Ekonomik Analizinin Yapılması. Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın.
- Denizdurduran, N. 2008. Kahramanmaraş Koşullarında Yaprak Döktürücü Uygulama Zamanlarının Pamukta (G. hirsutum L.) Verim ve Kalite Özelliklerine Etkisi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Kahramanmaraş.
- Eyupoglu, S. (2019). Organic cotton and environmental impacts. In M. Gardetti & S. Muthu (Eds.), *Organic cotton* (pp. 157-176). Springer, Singapore.
- Foucher, A., S. Salvador-Blanes, O. Evrard, A. Simonneau, E. Chapron, T. Courp, O. Cerdan, I. Lefèvre, H. Adriaensen, F. Lecompte & M. Desmet, 2014. Increase

- in soil erosion after agricultural intensification: evidence from a lowland basin in France. *Anthropocene* 7: 30-41.
- Funk, P.A., Armijo, C.B., McAlister III, D.D., Brashears, A.D., McGuire, M.R., Lewis, B.E., Hutmacher, R.B., Roberts, B.A. 2004. 2003 Thermal defoliation trials. **Proceedings of the Beltwide Cotton Conferences**, January 5-9, San Antonio, TX, USA, S:755-759.
- Garbo, P.W. 1982. Cryogenic Defoliation. U.S. Patent Office, Patent No:4322910.
- Gerst, M. D., J. G. Smith, and J. R. Supak. 1986. Timely crop termination. Summary Proc. Western Cotton Prod. Conf. P. 57-62.
- Gönültaş, H. & Kızılaslan, H. (2021). Tarımsal Üreticilerce Algılanan Çevre Sorunları ve Nedenleri (TR83 Bölgesi Araştırması). *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 10(1), 70-82.
- Görmüş, Ö. (2014). *Fiber Plants (Cotton)*. – Çukurova University, Department of Field Crops. First Edition. Adana, Turkey.
- Gunaydin, G. K., Yavas, A., Avinc, O., Soydan, A. S., Palamutcu, S., Simsek, M. K., ... ve Kivilcim, M. N. (2019). Organic cotton and cotton fiber production in Turkey, recent developments. In M. Gardetti & S. Muthu (Eds.), *Organic cotton* (pp. 101-125). Springer, Singapore.
- ICAC, 2022. International Cotton Advisory Committee. Cotton Update May 19, 2022
- Kabak, R., Kaynak, M. A. (2021). Üretici Koşullarında Pamukta (*Gossypium hirsutum* L.) Yaprak Döktürücü Uygulamasının Bazı Morfolojik Özellikler Üzerine Etkisi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(1), 133-140.
- Kahn, J.R. 1991. Atrazine pollution and chesapeake fisheries, farming and countryside an economic analysis of external costs and benefits. Wallingford, CAB International.
- Karaca, A. & O. C. Turgay, 2012. Toprak kirliliği. *Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi*, 1 (1): 13-19.
- Kaya, T., Özkan, İ. 2002. Organik pamuk tarımı konusunda ülkemizde yapılmakta olan çalışmalar. *Türkiye V. Pamuk, Tekstil ve Konfeksiyon Sempozyumu Bildirileri*, Polat Matbaası, Ankara.
- Kılıç, O., Boz, İ., Eryılmaz, G. A. 2020. Comparison of conventional and good agricultural practices farms: A socio-economic and technical perspective. *Journal of Cleaner Production*, 258, 120666. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120666>.
- Kılıç, R. & K. Korkmaz, 2012. Kimyasal gübrelerin tarım topraklarında artık etkileri. *Biyoloji Bilimleri Araştırma Dergisi*, 5 (2): 87-90.
- Kirkhorn, S. & M.B. Schenker, 2001. Human Health Effects of Agriculture: Physical Diseases and Illnesses. National Agriculture Safety Database (NASD), 18 pp.
- Küçük, N. (2015). Pamuğun dünyası, küresel aktörler ve politikalar. *ASSAM Uluslararası Hakemli Dergi*, 2(4), 60-85.
- Majumdar, G., Singh, S. B. ve Shukla, S. K. (2019). Seed production, harvesting, and ginning of cotton. In K. Jabran (Ed.), *Cotton production* (pp. 145-174). Wiley Online Library
- Mayfield, W. D. 1996. Defoliation effects on harvesting and ginning. *Beltwide Cotton conferences*. 93-94.
- Ming-Wei, D. U., Xiao-Ming, R., Xiao-Li, T., Liu-Sheng, D., Ming-Cai, Z., Wei-Ming, T., & Zhao-Hu, L. (2013). Evaluation of harvest aid chemicals for the cotton-

- winter wheat double cropping system. *Journal of Integrative Agriculture*. 12 (2): 273-282.
- Nowak, A., Schneider, C. (2017). Environmental characteristics, agricultural land use, and vulnerability to degradation in Malopolska Province (Poland). *Science of the Total Environment* 590-591: 620-632.
- Organic Cotton Market Report (2020). Covering production trends and initiative updates from the 2018/19 harvest year, Retrieved from: https://textileexchange.org/wp-content/uploads/2020/08/Textile-Exchange_Organic-Cotton-Market-Report_2020-20200810.pdf
- Parlakay, O., Çelik, A. & Kızıltuğ, T. (2015). Hatay ilinde tarımsal üretimden kaynaklanan çevre sorunları ve çözüm önerileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*,20(2), 17-26.
- Rauf, S., Shehzad, M., Al-Khayri, J. M., Imran, H. M. ve Noorka, I. R. (2019). Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) breeding strategies. In J. Al-Khayri, S. Jain & Johnson, D. (Eds), *Advances in plant breeding strategies: Industrial and food crops* (pp. 29-59). Cham: Springer.
- Rehman, A., Jingdong, L., Chandio, A. A., Hussain, I., Wagan, S. A. ve Memon, Q. U. A. (2019). Economic perspectives of cotton crop in Pakistan: A time series analysis (1970–2015) (Part 1). *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 18(1), 49-54.
- Sağlam, R., Akyol, B. 2002. Ceylanpınar tarım işletmesi'nde makinalı pamuk hasadında ürün kayıplarının belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Türkiye V. Pamuk, Tekstil ve Konfeksiyon Sempozyumu Bildirileri*, Polat Matbaası, Ankara.
- Showler, A., Funk, P., Armijo, C. 2006. Effect of thermal defoliation on cotton leaf desiccation, senescence, post-harvest regrowth, and lint quality. *The Journal of Cotton Science*, 10: 39–45.
- Siebert, J.D., Stewart, A.M. 2006. Correlation of defoliation timing methods to optimize cotton yield, quality, and revenue. *The Journal of Cotton Science*, 10: 146–154
- Singh, K., Rathore, P. (2015). Effect of different defoliant and their rate and time of application on American cotton cultivars under semi-arid conditions of North-Western India. *Research on crops* 16(2): 258-263 (2015). Prinred on India.
- Stewart, A.M., Edmisten K.L., Wells, R. 2000. Boll openers in cotton: effectiveness and environmental influences. *Field Crops Research*,67:83-90.
- Tarım Orman (2020). T. C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Konular, Bitkisel Üretim, Organik Tarım, Genel Bilgiler, Erişim adresi: <https://www.tarimorman.gov.tr/Konular/Bitkisel-Uretim/Organik-Tarim/Genel-Bilgiler>
- Tashaev, (2016). Effect of defoliant and fertilizers on yield and quality of upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.). *J. Cotton Res. Develop.* 29:57–60.

BÖLÜM 11

İKLİM VERİLERİNE DAYALI BİTKİ SU TÜKETİMİ HESAPLAMA MODELLERİ

Arş. Gör. Sabri AKIN¹

Prof. Dr. Ali Fuat TARI^{2*}

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10251708>

¹ Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. sabriakin@harran.edu.tr, ORCID: 0000-0002-9196-3157

^{2*} Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Şanlıurfa, Türkiye. aftari@harran.edu.tr, ORCID: 0000-0001-9157-1682

1. Bitki Su Tüketiminin Önemi

İklim değişikliği gün geçtikçe etkisini daha fazla hissettirmektedir. İklim değişikliğine bağlı olarak küresel ölçekteki su krizleri ve tarımdaki sürdürülebilirlik gibi sorunlar günümüzde en zor konuların başında gelmektedir (Misra, 2014). Bu zorluklarla başa çıkmak için yapılması gerekenlerin başında tarımsal üretimde kullanılan suyun optimum şekilde kullanılarak su verimliliğini artırma konusu gelmektedir (Evans ve ark., 2008). Buna bağlı olarak tarımsal üretimde bitki su tüketiminin bilinmesi kritik bir öneme sahip olup tarımda sürdürülebilirlik için büyük bir önem taşımaktadır. Dünya genelinde iklim değişikliği, sıcaklık artışına, yağış rejimlerinde ve zamanlarında değişikliklere ayrıca yoğun hava olaylarına yol açarak bitki yetiştirme koşullarını ve su kaynaklarının kullanılabilirliğini etkilemektedir (Trenberth, 2005). Artan sıcaklık ve çöl iklimi etkisi, bitki su tüketim miktarlarında artışa neden olurken (Snyder ve ark., 2010), azalan veya düzensiz yağışlar ise su kaynakları üzerinde azalmaya neden olmaktadır (Mishra, 2023). Bu nedenle, etkisini gün geçtikçe daha fazla hissettiren iklim değişikliğinin tarım üzerindeki etkilerini anlamak ve gelecekte yetersiz su kaynaklı sorunlara hazırlıklı olmak için bitki su tüketimlerinin hesaplamalarının doğru ve tekniğine uygun bir şekilde hesaplanması ciddi önem arz etmektedir. Dünya nüfusunun hızla arttığı bu dönemde, sürdürülebilir tarım, artan nüfusun gıda ihtiyaçlarını karşılamak ve gelecek nesiller için yeterli ve güvenilir gıda kaynaklarını koruma açısından kritik bir öneme sahiptir (Nicolétis ve ark., 2019). Bu bağlamda, su kaynaklarının etkili bir şekilde planlanması ve yönetilmesi gerekmektedir. Tarımsal üretimde, sulamanın ne zaman yapılacağı ve ne kadar sulama suyu

kullanılması gerektiği, bitki su tüketimi değerlerinden hareketle belirlenmektedir (Gu ve ark., 2020). Bu kitap bölümünde, bitki su tüketim hesaplama yöntemleri için kullanılan temel yöntemler ve matematiksel modeller hakkında bilgi verilmiştir. Evapotranspirasyon, suyun toprak yüzeyinden buharlaşması (evaporasyon) ve bitki kökleri tarafından emilip atmosfere verilmesi (transpirasyon) yoluyla gerçekleşmesine denir. Evapotranspirasyon, su döngüsünün önemli bir bileşeni olup bitki büyümesi, sulama, iklim bilimleri ve su yönetimi alanlarında büyük bir rol oynamaktadır. Evapotranspirasyonun temel noktaları ile ilgili önemli bilgiler aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

1.1. Evaporasyon

Suyun göl, nehir, deniz, gölet, sulama kanalları, toprak, bitki yüzeyinden veya herhangi bir su kaynağından buharlaşması olayına evaporasyon denir . Evaporasyon miktarı, güneş ışığı, rüzgar, hava sıcaklığı, oransal nem vb. iklimsel faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Yang ve ark., 2012). Evaporasyon genellikle toprak yüzeyinin 10-15 cm derinliğinde gerçekleşmektedir (Rye ve ark., 2017). Üst katmandaki toprak kurudukça evaporasyon miktarı azalmaktadır (Li ve ark., 2020).

1.2. Transpirasyon

Bitki içerisindeki suyun, yapraklardan atmosfere su buharı olarak verilmesine denir (Pieruschka ve ark., 2010). Terleme olarak da isimlendirilir. Bitkiler, suyu topraktan kökleri ile alıp özelleşmiş yaprak hücreleri olan stomalar aracılığı ile yapraktan buharlaşması gerçekleşir. Bu süreçte, bitkiler topraktan hem suyu hem de besin elementlerini alırlar.

1.3. Evapotranspirasyon (Bitki Su Tüketimi: ET)

Evapotranspirasyon hem evaporasyonla hem de transpirasyonla atmosfere verilen toplam su buharına denir (Krishna, 2019). Evapotranspirasyon bitki su tüketimi olarak da ifade edilmektedir. Evapotranspirasyon, bitki büyümesi, sulama suyu miktarının hesaplanması ve su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi gibi birçok uygulamada kullanılmaktadır. Tarım arazisi olarak düşünüldüğünde ekim veya dikimden hemen sonra arazide gerçekleşen ET'nin tamamına yakını evaporasyon ile meydana gelmektedir. Süreç içerisinde bitkilerin büyümesi ve vejetatif aksamalarının artışı ile evapotranspirasyon, ağırlıklı olarak transpirasyon yoluyla gerçekleşir. Evapotranspirasyon hesaplamasında, sulama suyu miktarı, yağış, derine sızma, yüzey akış ve toprak nem içeriği kullanılmaktadır (Beyene ve ark., 2018). Evapotranspirasyon hesaplamasında kullanılan eşitlik aşağıda verilmiştir.

$$ET = I + P - (R_f + D_p) \pm \Delta S$$

ET : Bitki su tüketimi (mm)

I : Sulama suyu miktarı (mm)

P : Yağış (mm)

R_f : Yüzey akış (mm)

D_p : Derine sızma (mm)

ΔS : Toprak nem farkı (mm)

Bitki su tüketim hesaplamalarında kullanılan toprak nem içerikleri çeşitli yöntemler ile belirlenmektedir (Schmugge ve ark., 1980). Bu yöntemlerin başında gravimetrik yöntem, TDR, alçı blokları,

nötronmetre ve nem sensörleri gelmektedir (Mukhlisin ve ark., 2021). Gravimetrik yöntem, bilimsel araştırmaların başlangıcın günümüze kadar araştırmacılar tarafından yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Gravimetrik yöntem ile nem analizi, toprak nem içeriğinin saptanmasından basit bir prensibe dayanmaktadır. Bu yöntemde, ilk olarak toprak örnekleri alınarak ilk ağırlıkları belirlenmektedir. Daha sonra fırın kuru ortamda (105°C) sabit ağırlığa gelinceye kadar kurumaya bırakılıp sonrasında fırın kuru ağırlıkları belirlenir. İlk ağırlık ve fırın kuru ağırlık kullanılarak topraklardaki mevcut nem içerikleri hesaplanmaktadır. TDR ve nötronmetre ile nem içeriklerinin belirlenmesi pahalı ve zahmetli olması nedeniyle gravimetrik yöntemle göre daha az tercih edilmektedir. Ancak, günümüzde teknolojinin yaygınlaşması ile birlikte nem sensörleri ile toprak nem içeriklerinin tayinin yapılması da yaygın bir şekilde kullanılmasına imkan sağlamaktadır. Bu sensörlerle belirlenen toprak nemi kullanılarak uzaktan algılama ile istenildiği zamanda ve istenildiği toprak derinliğinde nem içerikleri basit bir şekilde takip edilebilmektedir. Özellikle sulama programlarının ve sulama miktarlarının belirlenmesinde, toprak nem içerikleri oldukça büyük öneme sahiptir. Evapotranspirasyon hesaplamasını tahmin etmek için son 70 yıl boyunca çeşitli araştırmalar yapılmış olup günümüzde de bu araştırmaların yapılmasına devam edilmektedir. Yapılan araştırmalar, genellikle yerel iklim koşullarına ve bitki örtüsüne özgü olup sınırlı bir şekilde genelleme yapılmaktadır. Bitki su tüketim hesaplamalarında yeni yöntemlerin araştırılması zaman alıcı ve maliyetli olması nedeniyle araştırmacılar tarafından zor bir süreç olmaktadır. Ancak, sulama programları ve sulama projeleri için doğru evapotranspirasyon verilerine ihtiyaç

duyulmaktadır. Bunun yanında bitki su tüketim hesaplamalarında yeni bir yöntem veya var olan yöntemlerin iyileştirilmesi ve güncellenmesi için bazı önemli nedenler bulunmaktadır. Doğruluk ve hassasiyet, iklim değişikliği, daha az veri kullanımı, dijitalleşme, sürdürülebilirlik, optimum su kullanımı, bitki çeşitliği, tarımsal politikalar, bölgesel uygunluk gibi nedenlerden dolayı bitki su tüketim hesaplamalarında yenilikçi ve araştırmacı yaklaşımlara sürekli olarak ihtiyaç duyulmaktadır.

2. Bitki Su İhtiyacı ve Faktörleri

Evapotranspirasyon, iklim değişikliği ve buna bağlı olarak gelişen su kıtlığı nedeniyle önemli çevresel sorunları ele almada göz önünde bulundurulması gereken önemli bir kriterdir (Schewe ve ark., 2014). Ülkelerin su yönetim planlanmasında, tarımsal üretimde ve araştırmalarda tekniğine uygun bir şekilde hesaplanmış evapotranspirasyon verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Evapotranspirasyon miktarı aşağıda verilen faktörlere bağlı olarak değişkenlik göstermektedir.

2.1. İklim koşulları

İklimsel parametreler evapotranspirasyonu doğrudan etkilemektedir. Sıcaklık, bağıl nem, güneşlenme, rüzgar hızı gibi iklimsel parametreler bitki su tüketimini doğrudan etkilemektedir (Gates, 1965). Yüksek sıcaklık, düşük bağıl nem, güneşlenme ve rüzgar hızı, bitkilerin daha fazla su kaybetmelerine neden olmaktadır (Ferrante ve ark., 2018).

Sıcaklık, bitki su tüketim miktarını etkileyen önemli bir çevresel olay olup yüksek sıcaklıklarda su buharı basıncı artarak bitki yapraklarından daha fazla suyun buharlaşmasına neden olmaktadır.

Rüzgar hızının artması ile bitki su tüketiminde de artışlar oluşmaktadır. Bu da sulama gereksinimlerinin artmasına neden olmaktadır.

Bağıl nem, bitki su tüketiminde önemli bir etkiye sahip olan meteorolojik bir parametredir (Rawson ve ark., 1977). Düşük bağıl nem durumlarında havadaki su buharı basıncının düşmesine neden olurlar. Havadaki su buharının düşmesi ile bitkilerin daha fazla su buharını atmosfere verme eğilimleri artmaktadır. Böylece bitkilerdeki su kayıpları artarak bitki su tüketim miktarlarında önemli artışlar yaşanmaktadır.

Güneşlenme, bitki su tüketimleri üzerinde önemli bir etkisi sahip olsa da bu olay karmaşık bir durumdur. Bitkilerin fotosentez yapabilmesi ve büyümesi için gerekli olan enerjiyi güneş ışığı sağlasa da yoğun güneş ışığı bitkilerin yapraklarından daha fazla su buharı kaybetmelerine neden olabilmektedir (Smith, 2000). Bitkiler güneş ışığına maruz kaldığında stomaları açarlar ve bu, su buharı transpirasyonunu artırır. Su buharı kaybı, bitkinin su alımı ve su dengesini etkiler. Dolayısıyla, güneş ışığının bitki su tüketimi üzerindeki etkisi, fotosentez ile su buharı kaybı arasındaki dengeyi sağlayan bir faktördür. Diğer çevresel koşullar, özellikle sıcaklık, rüzgar hızı, bağıl nem ve toprak nem düzeyi gibi faktörler de bu dengeyi etkilemektedir.

2.2. Toprak koşulları

Toprakların yapısı bitki su ihtiyaçları üzerinde önemli etkisi vardır. Toprakların su tutma kapasiteleri, bitki köklerinin suya olan erişimlerini

belirlemektedir. Hafif bünyeli topraklarda su tutma kapasitesi düşük olduğu için sık sulamaya ihtiyaç duyulmaktadır. Bu nedenle, bu toprakların yetiştirme sezonu boyunca üst katmanın ıslak kalma süresi ağır bünyeli topraklara göre daha fazla olmaktadır. Bunun sonucunda hafif bünyeli topraklarda meydana gelen evaporasyon miktarı ağır bünyeli topraklara göre daha fazladır. Toprak verimliliği ve toprakta bulunan besin maddeleri de bitki su ihtiyacını etkileyen diğer faktörlerdir.

2.3. Bitki türü

Bitki su tüketim miktarları bitkiden bitkiye değişkenlik göstermektedir. Örneğin, bazı bitkiler kurak koşullara dayanıklılık göstererek daha az suya gereksinimleri duyarlar. Bu nedenle, tarımsal üretimde yetiştiriciliği yapılacak bitkinin sulama programlanmasında bu durum dikkate alınmalıdır. Yaprak özelliği ve kök yapısı gibi bitkisel özellikler bitki su tüketimini etkileyen faktörlerin başında gelmektedir. Bitki türleri, yaprakların büyüklüğü, şekli ve yüzey özellikleri gibi farklı yaprak özelliklerine sahip olabilirler. Bazı bitkiler geniş yapraklara sahip olurken bazı bitkiler ise dar yapraklıdırlar. Bitkilerin yaprak özellikle su buharının kaybetme hızını etkilemektedir. Geniş yaprağa sahip bitkilerde su buharı kaybı, dar yapraklı bitkilere göre daha fazla gerçekleşmektedir. Ayrıca, bitkilerin su alımını kontrol eden stomalar, su tüketimi üzerinde önemli bir etkisi bulunmaktadır. Stomaların açılma veya kapanma hızı, bitkinin su tüketimini düzenleyerek bitki su tüketim miktarı üzerinde etkiye neden olmaktadır. Dolayısıyla, bitki su tüketim hesaplamalarında bitki fizyolojisinin de dikkate alınması büyük önem arz etmektedir. Bitki kökleri, bitkiden bitkiye değişkenlik göstermektedir. Bitki kökleri,

topraktan suyun alımını gerçekleştirmektedir. Bazı bitkilerde bitki kökleri daha derinlere inerken bazı bitkilerde ise kök sistemi daha yüzeye yakındır. Bitki köklerinin daha derinlere inmesi ile bitkinin topraktan daha fazla su alımını etkileyebilmektedir. Su verimliliği, tarımsal üretimde oldukça önemli bir parametredir. Özellikle suyun kıt ve kısıtlı olduğu durumlarda su verimliliği birçok parametrenin önüne geçmektedir. Çünkü bazı bitkiler daha az su ile daha fazla gelişim gösterebilirler. Böylece aynı sulama suyunun uygulandığı farklı bitkilerde verim farklılıkları ortaya çıkmaktadır.

3. İklim Verilerinin Toplanması ve İşlenmesi

İklim verileri, bitki su tüketim miktarlarının hesaplanmasında temel rol oynamaktadır. Çünkü bu veriler, bitkilerin su ihtiyacının belirlemenin anahtarıdır. İklim verilerinin toplanmasında ve işlenmesinde kullanılan araç gereçler aşağıda verilmiştir.

3.1. Meteorolojik istasyonlar

İklim verileri, genellikle meteorolojik istasyonlardan toplanmaktadır. Bu istasyonlar, sıcaklık, nem, rüzgar hızı, yağış miktarı ve güneşlenme süresi gibi verileri sürekli olarak kaydetmektedir. Bu veriler, yerel hava durumu ve iklim koşulları hakkında önemli bilgiler sağlamaktadır.

3.2. Hava balonları

Hava balonları, atmosferin üst katmanlarına yükselerek sıcaklık, nem ve basınç gibi verileri toplamaktadır (Schuyler ve ark., 2019). Bu veriler, atmosferin dikey yapısını incelemek ve hava koşullarını anlamak için kullanılmaktadır.

3.3. Meteorolojik sensörler ve otomatik istasyonlar

Tarım alanlarında, bitki su tüketimi hesaplamaları için özel olarak tasarlanmış meteorolojik sensörler ve otomatik istasyonlar kullanılmaktadır. Bu sensörler, bitki seviyesinde sıcaklık, nem ve rüzgar hızı gibi verileri doğrudan ölçerek ve kaydetmektedir.

3.4. Uydu gözlemleri

Uydu teknolojileri, geniş alanları kapsayabilen ve uzaktan algılama yöntemleri kullanarak iklim verilerini toplamaktadır (J. Yang ve ark., 2013). Uydu gözlemleri, yüzey sıcaklığı, deniz seviyesi sıcaklığı, deniz yüzeyi rüzgar hızı ve yağış miktarı gibi önemli verileri sağlamaktadır.

4. Bitki Su Tüketimi Hesaplamaları

Bitki su tüketim hesaplamalarında bitki, toprak, iklim vb. gibi birçok faktörün etkisi altında hesaplanmaktadır (Zhang ve ark., 2001). Bitki su tüketimlerinde gerçek ve referans bitki su tüketim faktörleri bulunmaktadır (Xiang ve ark., 2020). Temel de her iki potansiyel evaporasyon ve transpirasyon ile kaybolan su buharının hesabına dayanmaktadır. Ancak, bitki su tüketiminin modeller yardımı ile hesaplanması için bu iki kavramı çok iyi anlaması gerekmektedir.

4.1. Referans bitki su tüketimi

Su eksikliğinin yaşanmadığı koşullarda, toprak ve bitki yüzeylerinden buharlaşma ve bitkilerin terlemesi sonucu atmosfere geçen en fazla su buharı miktarını ifade etmektedir. Bu değer, sadece iklim etkenlerinin etkisi altında hesaplanır ve bitkilerin veya toprak koşullarının herhangi bir sınırlamasını içermez; yalnızca iklimin etkisiyle belirlenen teorik bir

değerdir. Potansiyel bitki su tüketimi ile birçok araştırmacı farklı şekillerde tanımlar yapmıştır. Ancak en net tanımlama Penman (1948) yılında yapılmıştır. Bu tanıma göre, referans bitki su tüketimi, su kısıtının olmadığı koşullarda toprağı tamamen gölgeleyen, etkin büyüyen ve 8-15 cm boyundaki çayır otları ile kaplı yüzeyde gerçekleşen evapotranspirasyon miktarıdır.

4.2. Gerçek bitki su tüketimi

Gerçek bitki su tüketim değerleri, bitkiye ve bitkinin büyüme dönemine bağlı olarak bazen referans su tüketim değerinden fazla bazen de daha azdır. Bitki su tüketimleri günlük, haftalık veya on günlük gibi kısa periyotlarda hesaplanırken, aylık veya mevsimlik gibi uzun periyotlarda da hesaplanmaktadır. Kısa periyotlarda hesaplanan bitki su tüketim miktarları sulama miktarı ve zamanının programlanmasında kullanılmaktadır. Uzun periyotta hesaplanan bitki su tüketim miktarları yeni açılacak sulama alanlarının projelendirilmesinde yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Bitki su tüketim hesaplamaları tarla koşullarında farklı bitkilere göre hesaplamalar yapılarak veya lizimetre koşullarında hesaplanabilmektedir. Günümüze kadar, farklı bitkilere ait bitki su tüketimleri, birçok araştırmacı tarafından farklı bölgelere ve iklimlere sahip tarımsal alanlarda çalışılmıştır. İklimsel değişiklik ve su stresine dayanaklı çeşitlerin yaygınlaşması ile birlikte bu çalışmaların sürekliliği de artmaktadır.

Bitki su tüketimi çalışmalarının en hassas yürütüldüğü ortam lizimetrelerdir. Lizimetreler, tarla içerisinde çevresi sınırlandırılmış büyük bir toprak kolonu olarak tanımlanabilir ve bu kolon üzerinde yetiştirilen bitkilerin evapotranspirasyonunu ölçmek için kullanılan

araçlardır (Kanber ve ark., 1999) . Lizimetreler, tartılı ve tartısız (drenaj tipi) lizimetre olarak iki gruba ayrılmaktadır. Drenaj tipi lizimetreler, suyun tahliye edilebildiği ve lizimetrenin içindeki toprağın sürekli olarak optimum nem seviyesinde tutulduğu veya belirli periyotlarla su ile doyurulduğu sistemlerdir. Tartılı lizimetreler, genellikle mekanik veya elektronik bir sistemle lizimetre ağırlığındaki değişiklikleri izleyerek giren ve çıkan su miktarını belirlediği sistemlerdir. Bu lizimetreler, genellikle çok kısa süreli (saatlik veya günlük) ET ölçümlerini yüksek hassasiyetle elde etme imkanı sağlamaktadır. Tartılı lizimetre drenaj tipi tartısız lizimetre oranla daha fazla maliyet gerektirmektedir. Ancak tartılı lizimetrelerde kısa dönemlerde sonuç alınırken, drenaj tipi lizimetre’de ise suyun topraktan sızması zaman alması nedeniyle uzun dönemlerde sonuçlar alınabilmektedir. Ancak lizimetrenin de kendine özgü dezavantajları bulunmaktadır. Temsil edilen alan ile sınırlılığı, yerel koşullara duyarlılık, bakım gereksinimi, maliyet, zaman kısıtlılığı ve toprak bozulması gibi dezavatajları bulunmaktadır.

5. Bitki Su Tüketim Hesaplamalarında Kullanılan Matematiksel Modeller

Günümüzde yaygın olarak tartılı lizimetre kullanarak referans bitki (çim veya yonca) gerçekleşen su tüketimi ile ampirik yöntemlerden elde edilen sonuçlar kıyaslanmaktadır. İklim verilerinin kullanımı matematiksel modellere göre değişkenlik gösterebilmektedir. Bu araştırmada, Turc, Priestley-Taylor, Businger-Van-Bavel, Jensen-Haise, 1982 Kimberly Penman, Penman-Monteith, Hargreaves, ve Blaney-Criddle modelleri incelenmiştir.

5.1. Turc modeli

Turc Modeli, bitki su tüketimini tahmin etmek için kullanılan bir hidrolojik model olup meteorolojik verilere ve bitki örtüsü türüne dayalı olarak bitki su tüketimini hesaplamaktadır (Turc, 1961). Turc Modeli ile bitki su tüketimi hesaplama adımları sırasıyla aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

5.1.1. İklimsel veri

Bitki su tüketimi hesaplaması için meteorolojik veriler elde edilmelidir. Bu veriler içerisinde güneşlenme süresi, sıcaklık, nem, rüzgar hızı ve yağış miktarı gibi bilgiler yer almaktadır.

5.1.2. Bitki örtüsü ve toprak

Turc modeli, bitki örtüsü türü ve toprak özellikleri gibi faktörleri dikkate alarak hesaplanmaktadır. Bu bilgilerin modelde kullanılabilmesi için bu faktörlerin öncelikle belirlenmesi ihtiyaç duyulmaktadır.

5.1.3. Güneşlenme indeksi

Meteorolojik veriler ile hesaplanan güneşlenme indeksi (solar radiation), güneş ışığının yüzeye ne kadar enerji ilettiğini ifade etmektedir.

5.1.4. Bitki katsayısı

Turc Modeli, bitki su tüketimini hesaplarken bitki örtüsü türüne bağlı olarak farklı bitki katsayılarını kullanmaktadır. Bu katsayılar, bitki su tüketiminin bitki örtüsüne göre hesaplanmasını sağlamaktadır.

5.1.5. Bitki su tüketimi

Turc Modeli, yukarıdaki verileri ve bitki katsayısını kullanarak bitki su tüketimini hesaplamaktadır. Bu hesaplama sonucunda, potansiyel bitki su tüketimi tahmin edilmektedir. Turc Modeli, bitki su tüketimi tahmininde kullanılan birçok modelden biri olup modelin doğruluğu ve hassasiyeti kullanılan verilere ve coğrafi bölgeye bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle, modelin uygulanacağı belirli bir coğrafi bölge için kalibre edilmesi veya doğruluk analizleri yapılması büyük önem arz etmektedir.

5.2. Priestley-Taylor Modeli

Priestley-Taylor modeli bitki su tüketim hesaplamalarında yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu yöntemde, meteorolojik verilere dayanarak potansiyel bitki su tüketimini hesaplanmaktadır (Priestley ve ark., 1972). Priestley ve Taylor tarafından geliştirilen model evapotranspirasyon (ET) tahminlerinde kullanılmaktadır. Priestley-Taylor modeli ile bitki su tüketimi hesaplamalarının nasıl yapıldığına dair detaylı bilgi aşağıda verilmiştir.

5.2.1. Güneşlenme indeksi

Model ile bitki su tüketimi hesaplamasında ilk olarak güneşlenme indeksi (solar radiation) hesaplanmalıdır.

5.2.2. Radyasyon denge

Güneşlenme indeksi belirlendikten sonra radyasyon dengesi hesaplanmalıdır. Bitki su tüketim hesaplanmasında temel bileşen olan

radyasyon dengesi, yüzeyin aldığı güneş enerjisi ile yüzeyden yayılan ısı enerjisi arasındaki farkı ifade etmektedir.

5.2.3. Açık alanlardaki bitki su tüketimi

Priestley-Taylor modeli, açık alanlardaki bitki su tüketimini tahmin etmek için kullanılmaktadır. Açık alanlardaki bitki su tüketimi, bitki örtüsü olmayan bölgelerde uygulanmaktadır.

5.2.4. İndekslerin kullanılması

Priestley-Taylor modeli, Priestley ve Taylor'un önerdiği indekslerin kullanılmasını içermektedir. Bunlar "albedo" (yüzeyin yansıttığı güneş ışığının miktarı), "net radyasyon" (yüzeyin aldığı toplam radyasyon miktarı) ve "yüzey sıcaklığı" gibi indekslerdir.

5.2.5. Bitki su tüketimi

Yukarıdaki indeksler ve meteorolojik veriler kullanılarak potansiyel bitki su tüketimi tahmin edilmektedir. Priestley-Taylor modeli, bitki su tüketimi tahmininde kullanılan birçok modelden biri olmasına rağmen doğruluk ve hassasiyeti, kullanılan bölgeye ve verilere bağlı olarak değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle, modelin uygulanacağı belirli bir coğrafi bölge için kalibre edilmesi veya diğer bitki su tüketimi modelleri ile karşılaştırılması oldukça önemlidir.

5.3. Businger-Van Bavel Modeli

Businger-Van-Bavel yöntemi, bitki su tüketiminin hesaplanması için kullanılan bir yöntem olup bu yöntemde, atmosferdeki buhar basıncı ve rüzgar hızı gibi meteorolojik faktörler kullanılmaktadır (Businger, 1956; Van Bavel, 1966). Businger-Van-Bavel yöntemi ile bitki su

tüketimi hesaplamasında kullanılan adımlar aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

5.3.1. İklimsel veri

Bitki su tüketimi hesaplanması için iklimsel parametrelere (hava sıcaklığı, rüzgar hızı, nem oranı, güneşlenme süresi vb.) ihtiyaç duyulmaktadır.

5.3.2. Bitki örtüsü ve toprak

Bitki türü, bitki büyüme aşaması ve toprak özellikleri gibi bitki örtüsü ve toprakla ilgili bilgiler yer almaktadır. Bu bilgilerde, bitki su tüketimi için kullanılan bitki katsayısı (crop coefficient) ve toprak özellikleri yer almaktadır.

5.3.3. Businger-Van-Bavel denkleminin uygulanması

Businger-Van-Bavel denklemi, atmosferdeki buhar basıncı ve rüzgar hızını içermektedir. Businger-Van-Bavel denklemi, bitkinin su buharı potansiyeli ile atmosferdeki buhar basıncı arasındaki farkı, rüzgar hızını ve diğer faktörleri dikkate alarak bitki su tüketimini tahmin etmektedir.

5.3.4. Sonuçların incelenmesi

Elde edilen sonuçları ile bitki su tüketiminin mevsimlik veya yıllık değişimlerini hesaplanmaktadır. Businger-Van-Bavel yöntemi, bitki su tüketimini atmosferdeki koşullarla ilişkilendirerek hesaplamaktadır. Bu hesaplama ile tarımsal sulaması ve su kaynaklarının etkili bir şekilde yönetilmesinde önemli bir yöntemdir.

5.4. Jensen-Haise Modeli

Jensen-Haise modeli, bitki su tüketimini tahmin etmek için kullanılan bir hidrolojik model olup güneşlenme indeksi, sıcaklık, nem ve bitki örtüsü gibi faktörlere dayalı bitki su tüketimini hesaplamak için kullanılmaktadır (Jensen ve ark., 1963). Aşağıda, Jensen-Haise modeli ile bitki su tüketimi hesaplama adımlarını açıklayan detaylı bilgi verilmiştir.

5.4.1. Güneşlenme indeksi

Güneşlenme indeksi (solar radiation) olarak da adlandırılan güneş enerjisi miktarını hesaplamaktır. Bu indeks, yüzeyin aldığı güneş enerjisinin miktarını ifade etmektedir.

5.4.2. Radyasyon denge

Jensen-Haise modeli, radyasyon dengesini hesaplamak için kullanılır. Radyasyon dengesi, yüzeyin aldığı güneş enerjisi ile yüzeyden yayılan ısı enerjisi arasındaki farkı ifade etmektedir.

5.4.3. Bitki örtüsü ve toprak

Jensen-Haise modeli, bitki örtüsü ve toprak türü gibi bitki su tüketimini etkileyen faktörlere göre hesaplama yapmaktadır. Bu bilgilerin modelde kullanılabilmesi için bu faktörlerin belirlenmesi gerekmektedir.

5.4.4. Hava sıcaklığı ve nem

Model hesaplamasında iklimsel parametrelere (hava sıcaklığı, nem vb.) ihtiyaç duyulmaktadır.

5.4.5. Bitki su tüketimi

Jensen-Haise modeli, yukarıdaki verileri kullanarak potansiyel bitki su tüketimini hesaplamaktadır. Jensen-Haise modeli, bitki su tüketimini tahmin etmek için kullanılan yaygın bir model olup diğer modellerde olduğu gibi bölgelere göre sonuçlar değişkenlik gösterebilmektedir. Bu nedenle, modelin belirli bir coğrafi bölge için kalibre edilmesi ve doğruluk analizlerinin yapılması gerekmektedir.

5.5. 1982 Kimberly Penman Modeli

Bitki su tüketiminin hesaplanmasında 1982 Kimberly Penman modeli de yaygın olarak kullanılmaktadır (Wright, 1982). 1982 Kimberly Penman modeli hesaplamalarında aşağıda verilen bilgiler kullanılmaktadır.

5.5.1. İklimsel veri

Model hesaplamasında hava sıcaklığı, nem oranı, rüzgar hızı, güneşlenme süresi ve atmosferin su buharı basıncı gibi iklimsel parametrelere ihtiyaç duyulmaktadır.

5.5.2. Bitki örtüsü ve toprak

Bitki türü, bitki büyüme aşaması ve toprak özellikleri gibi bitki örtüsü ve toprakla ilgili bilgilerin bilinmesi gereklidir. Bu bilgiler, bitki su tüketimini hesaplanmasında kullanılan bitki katsayısı (crop coefficient) ve toprak özelliklerini içermektedir.

5.5.3. 1982 Kimberly Penman denkleminin uygulanması

1982 Kimberly Penman denklemi, meteorolojik verileri ve bitki örtüsü bilgilerini toplamaktadır. Bu denklem, atmosferin buhar basıncı ve

bitkinin su buharı potansiyeli arasındaki farkı, rüzgar hızını ve diğer faktörleri dikkate alarak bitki su tüketimini tahmin etmektedir.

5.5.4. Sulama ihtiyacının belirlenmesi

Hesaplanan bitki su tüketimi, mevcut yağış miktarı ve toprak nem durumu göz önüne alınarak sulama ihtiyacının belirlenmesinde kullanılmaktadır. Bu model ile su kaynakları etkili bir şekilde yönetilmektedir. 1982 Kimberly Penman modeli, bitki su tüketimini tahmininde ve sulama stratejilerini optimize edilmesinde kullanılan bir araç olup özellikle tarımsal üretim, peyzaj gibi uygulamalarda su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi için ciddi öneme sahiptir. Model, bitki su tüketiminin hesaplanması gereken çeşitli koşullarda kullanılmasının yanında bitki büyümesi, iklim koşulları ve toprak özellikleri gibi faktörlere dayanarak su tüketimini tahmin etmektedir.

5.6. Penman-Monteith Modeli

Bitki su tüketimi hesaplamalarını içeren çok sayıda uygulama ve araştırmada Penman-Monteith modeli yaygın olarak kullanılan bir hidrolojik modeldir (Howell ve ark., 2004). Bu modelde, atmosfer koşulları, bitki örtüsü, toprak özellikleri ve diğer faktörlere dayalı olarak potansiyel bitki su tüketimi miktarları tahmin edilmektedir. Penman-Monteith modeli ile bitki su tüketimi hesaplama adımları aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

5.6.1. İklimsel veri

Penman-Monteith modeli ile bitki su tüketim hesaplamasında güneşlenme süresi, sıcaklık, nem, rüzgar hızı, atmosfer basıncı, yağış miktarı ve buharlaşma verilere ihtiyaç duyulmaktadır.

5.6.2. Bitki örtüsü ve toprak

Modelin çalışmasında, bitki örtüsü ve toprak özellikleri gibi faktörler kullanılmaktadır. Ayrıca bu faktörler, bitki su tüketimini etkileyen önemli parametrelerdir.

5.6.3. Referans evapotranspirasyon (ET_0)

Penman-Monteith modeli, referans evapotranspirasyon (ET_0) olarak adlandırılan bir değeri hesaplayıp ET_0 , bitki su tüketimini etkileyen atmosfer koşullarına dayalı bir değerdir. Bu hesaplamada Penman-Monteith formülü kullanılmaktadır.

5.6.4. Bitki katsayısı

Bitki örtüsü türüne göre farklı bitki katsayıları kullanılmaktadır. Bu katsayılar, bitki su tüketiminin bitki örtüsüne bağlı olarak belirlenmesini sağlamaktadır.

5.6.5. Bitki su tüketimi

Penman-Monteith modeli, ET_0 ve bitki katsayısı kullanılarak bitki su tüketimini hesaplamaktadır. Bu hesaplama sonucunda, potansiyel bitki su tüketimi tahmin edilmektedir. Penman-Monteith modeli, bitki su tüketimi tahmininde güvenilir ve yaygın olarak kullanılan bir modeldir. Modelin doğruluğu ve hassasiyeti, kullanılan verilere ve coğrafi bölgeye

bağlı olarak değişkenlik gösterebilir. Bu nedenle, modelin belirli bir coğrafi bölge için kalibre edilmesi ve doğruluk analizlerinin yapılması önemlidir.

5.7. Hargreaves Modeli

Hargreaves yöntemi, basit ve veri toplama gereksinimleri düşük bir yöntemdir ve bitki su tüketimini tahmin etmek için kullanılmaktadır (Hargreaves ve ark., 2003). Bu yöntem, günlük sıcaklık verileri ve güneşlenme süresi bilgilerini kullanarak bitki su tüketimini hesaplamaktadır. Hargreaves yöntemi ile bitki su tüketimi hesaplamalarına dair detaylı bilgi aşağıda verilmiştir.

5.7.1. Günlük sıcaklık verileri

Bitki su tüketimi hesaplaması için gerekli olan günlük sıcaklık verilerine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu veriler en azından bir yıl boyunca kaydedilmelidir.

5.7.2. Güneşlenme süresi

Güneşlenme süresi, güneş ışığının ne kadar süreyle bitki örtüsüne ulaştığını ifade etmekte ve modelin bitki su tüketim hesaplamasında güneşlenme sürelerine ihtiyaç duyulmaktadır.

5.7.3. Aylık ortalama sıcaklık

Günlük sıcaklık verileri kullanılarak her ay için aylık ortalama sıcaklık değerleri hesaplanmaktadır.

5.7.4. Aylık ortalama radyasyon

Hargreaves yöntemi, aylık ortalama sıcaklık değerleri ve güneşlenme süresi bilgilerini kullanarak aylık ortalama radyasyon değerlerini hesaplamaktadır.

5.7.5. Referans evapotranspirasyon (ET_0)

Hargreaves Yöntemi, hesaplanan aylık ortalama radyasyon değerleri ve sıcaklık verilerini kullanarak referans evapotranspirasyon (ET_0) değerlerini hesaplar. ET_0 , bitki su tüketimini temsil etmektedir. Hargreaves Yöntemi, basit ve hızlı bir şekilde bitki su tüketimi tahmin etmek için kullanılmaktadır. Ancak, bu yöntem, belirli bir bölgenin iklim koşullarına ve veri kullanılabilirliğine bağlı olarak doğruluğu etkilenebilir. Dolayısıyla, bu yöntemin belirli bir bölge veya uygulama için uygunluğunu değerlendirmek ve gerektiğinde verilere dayalı olarak kalibre etmek önemlidir.

5.8. Blaney-Criddle Modeli

Blaney-Criddle yöntemi, basit ve veri toplama gereksinimleri düşük bir yöntem olup bitki su tüketimini tahmin etmek için kullanılmaktadır (Allen ve ark., 1986). Bu yöntem ile ortalama günlük sıcaklık ve aylık yağış verileri kullanılarak bitki su tüketimini hesaplanmaktadır. Blaney-Criddle yöntemi ile bitki su tüketimi hesaplama adımları aşağıda ayrıntılı olarak verilmiştir.

5.8.1. Günlük sıcaklık ve aylık yağış verileri

Bitki su tüketimi hesaplanmasında gerekli olan günlük sıcaklık ve aylık yağış verilerinin elde edilmelidir. Bu veriler, bir yıl boyunca kayıt altına alınmalıdır.

5.8.2. Aylık ortalama sıcaklık

Günlük sıcaklık verileri kullanılarak her ay için aylık ortalama sıcaklık değerleri hesaplanmaktadır.

5.8.3. Yağış miktarları

Modelin hesaplamasında aylık yağış miktarlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

5.8.4. Aylık sıcaklık ve yağış değerlerinin kullanılması

Hesaplanan aylık ortalama sıcaklık ve yağış değerleri kullanılarak bitki su tüketimi için bir dizi katsayı ile elde edilmektedir.

5.8.5. Bitki su tüketimi

Blaney-Criddle Yöntemi, elde edilen katsayıları kullanarak bitki su tüketimini hesaplamaktadır. Hesaplama sonucunda, potansiyel bitki su tüketimi tahmin edilmektedir. Blaney-Criddle Yöntemi, basit ve hızlı bir şekilde bitki su tüketimini tahmin etmede yaygın olarak kullanılmaktadır. Ancak, bu yöntem, belirli bir bölgenin iklim koşullarına ve veri kullanılabilirliğine göre değişkenlik gösterebilmektedir. Dolayısıyla, bu yöntemin belirli bir bölge veya uygulama için uygunluğunu test edilerek verilere dayalı olarak kalibre edilmesi gereklidir.

6. Modellerin Değerlendirilmesi

Bitki su tüketimi çalışmalarında Ortalama Karakök Sapması (RMSE: Root Mean Square Error) ve Ortalama Mutlak hata (MAE: Mean Absolute Error) değerleri hesaplanmaktadır (Mohammadi ve ark., 2020). Bu istatistiksel metrikler, ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki farkları değerlendirmek ve tahmin modelinin doğruluğunu ölçmek için kullanılmaktadır. RMSE ve MAE değerlerinin neden hesaplandığına dair bazı nedenler aşağıda verilmiştir (Wang ve ark., 2018).

Doğruluk Değerlendirmesi: RMSE ve MAE, bir tahmin modelinin ne kadar doğru olduğunu değerlendirmek için kullanılmaktadır. Ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki farklar bu metriklerle hesaplanır, bu da modelin doğruluğunu göstermektedir.

Hata Miktarının Ölçülmesi: RMSE ve MAE, ölçülen ve tahmin edilen değerler arasındaki hata miktarını ölçmektedir. Daha düşük RMSE ve MAE değerleri, modelin daha az hata yaptığını göstermektedir.

Model Karşılaştırması: Farklı modellerin veya yöntemlerin performansını karşılaştırmak için RMSE ve MAE sonuçları kullanılmaktadır. Hangi modelin veya yöntemin daha iyi tahminler yaptığını belirlemek için bu metriklerin sonuçlarına göre yorumlar yapılmaktadır.

Uygulama Alanına Özgü Doğruluk: RMSE ve MAE, bitki su tüketimi çalışmalarında belirli bir uygulama alanına özgü doğruluk sağlamaktadır. Bu, bitki, sulama, tarım planlaması veya su kaynakları yönetimi gibi uygulamalar açısından oldukça öneme sahiptir.

Hata Tanımlama ve İyileştirme: RMSE ve MAE, tahmin modelinin nerede hata yaptığını belirlemek için kullanılmaktadır.

RMSE ve MAE gibi hata metrikleri, bitki su tüketimi tahmin modellerinin performansının değerlendirilmesi ve geliştirilmesi oldukça önemlidir. Daha düşük RMSE ve MAE değerleri, daha doğru tahminler anlamına gelmektedir. Bu da uygulama alanlarında daha iyi sonuçlar elde edilmesine yardımcı olabilmektedir.

$$RMSE = [N^{-1} \sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2]^{0.5} \quad (2)$$

$$MAE = N^{-1} \sum_{i=1}^N |P_i - O_i| \quad (3)$$

$$d = 1 - \left[\frac{\sum_{i=1}^N (P_i - O_i)^2}{\sum_{i=1}^N ((P_i - O_{ave}) + (O_i - O_{ave}))^2} \right] \quad 0 \leq d \leq 1 \quad (4)$$

Eşitlikler;

N: gözlem sayısı (adet), O: lizimetrede ölçülen veya gözlemlenen yonca bitkisinin karşılaştırmalı evapotranspirasyon (ET_g) değeri ($mm \text{ gün}^{-1}$), P: tahmin edilen ET_o veya ET_r değeri ($mm \text{ gün}^{-1}$), O_{ave} : lizimetrede ölçülen veya gözlemlenen yonca bitkisinin karşılaştırmalı evapotranspirasyon (ET_g) değerlerinin ortalaması ($mm \text{ gün}^{-1}$).

Kaynaklar

- Allen, R. G., & Pruitt, W. O. (1986). Rational use of the FAO Blaney-Criddle formula. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 112(2), 139–155.
- Beyene, A., Cornelis, W., Verhoest, N. E. C., Tilahun, S., Alamirew, T., Adgo, E., De Pue, J., & Nyssen, J. (2018). Estimating the actual evapotranspiration and deep percolation in irrigated soils of a tropical floodplain, northwest Ethiopia. *Agricultural Water Management*, 202(January), 42–56. doi: 10.1016/j.agwat.2018.01.022
- Businger, J. A. (1956). Some remarks on Penman's equations for the evapotranspiration. *Netherlands Journal of Agricultural Science*, 4(1), 77–80. doi: 10.18174/njas.v4i1.17778
- Evans, R. G., & Sadler, E. J. (2008). Methods and technologies to improve efficiency of water use. *Water Resources Research*, 44(7), 1–15. doi: 10.1029/2007WR006200
- Ferrante, A., & Mariani, L. (2018). Agronomic management for enhancing plant tolerance to abiotic stresses: High and low values of temperature, light intensity, and relative humidity. *Horticulturae*, 4(3). doi: 10.3390/horticulturae4030021
- Gates, D. M. (1965). Energy, Plants, and Ecology. *Ecology*, 46(1–2), 1–13. doi: 10.2307/1935252
- Gu, Z., Qi, Z., Burghate, R., Yuan, S., Jiao, X., & Xu, J. (2020). Irrigation Scheduling Approaches and Applications: A Review. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 146(6). doi: 10.1061/(asce)ir.1943-4774.0001464
- Hargreaves, G. H., & Allen, R. G. (2003). History and Evaluation of Hargreaves Evapotranspiration Equation. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 129(1), 53–63. doi: 10.1061/(asce)0733-9437(2003)129:1(53)
- Howell, T. A., & Evett, S. (2004). The Penman-Monteith Method. *Continuing Legal Education in Colorado, Inc. Denver, CO*.
- Jensen, M. E., & Haise, H. R. (1963). Estimating Evapotranspiration from Solar Radiation. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 89, 15–41.
- Jensen, M. E., Wright, J. L., & Pratt, B. J. (1971). Estimating Soil Moisture Depletion from Climate, Crop and Soil Data. *Transactions of the ASAE*, 14(5), 0954–0959. doi: 10.13031/2013.38430
- Krishna, P. (2019). Evapotranspiration and agriculture-A review. *Agricultural Reviews*, 40(1), 1–11. doi: 10.18805/ag.R-1848
- Li, Z., Vanderborght, J., & Smits, K. M. (2020). The effect of the top soil layer on moisture and evaporation dynamics. *Vadose Zone Journal*, 19(1), 1–15. doi: 10.1002/vzj2.20049
- Mishra, R. K. (2023). Fresh Water availability and It's Global challenge. *Journal of Marine Science and Research*, 2(1), 01–03. doi: 10.58489/2836-5933/004
- Misra, A. K. (2014). Climate change and challenges of water and food security. *International Journal of Sustainable Built Environment*, 3(1), 153–165. doi: 10.1016/j.ijbsbe.2014.04.006
- Mohammadi, B., & Mehdizadeh, S. (2020). Modeling daily reference evapotranspiration via a novel approach based on support vector regression coupled with whale optimization algorithm. *Agricultural Water Management*, 237(January), 106145. doi: 10.1016/j.agwat.2020.106145

- Mukhlisin, M., Astuti, H. W., Wardihani, E. D., & Matlan, S. J. (2021). Techniques for ground-based soil moisture measurement: a detailed overview. *Arabian Journal of Geosciences*, *14*(19). doi: 10.1007/s12517-021-08263-0
- Nicolétis, É., Caron, P., El Solh, M., Cole, M., Fresco, L. O., Godoy-Faúndez, A., Kadleciková, M., Kennedy, E., Khan, M., Li, X., & Mapfumo, P. (2019). Agroecological and other innovative approaches for sustainable agriculture and food systems that enhance food security and nutrition. In A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security (Issue July, p. 162).
- Pieruschka, R., Huber, G., & Berry, J. A. (2010). Control of transpiration by radiation. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *107*(30), 13372–13377. doi: 10.1073/pnas.0913177107
- Priestley, C. H. B., & Taylor, R. J. (1972). On the Assessment of Surface Heat Flux and Evaporation Using Large-Scale Parameters. *Mon. Weath. Rev.*, *100*(February), 81–92. doi: [https://doi.org/10.1175/1520-0493\(1972\)100<0081:OTAOSH>2.3.CO;2](https://doi.org/10.1175/1520-0493(1972)100<0081:OTAOSH>2.3.CO;2)
- Rawson, H. M., Begg, J. E., & Woodward, R. G. (1977). The effect of atmospheric humidity on photosynthesis, transpiration and water use efficiency of leaves of several plant species. *Planta*, *134*(1), 5–10. doi: 10.1007/BF00390086
- Rye, C. F., & Smettem, K. R. J. (2017). The effect of water repellent soil surface layers on preferential flow and bare soil evaporation. *Geoderma*, *289*, 142–149. doi: 10.1016/j.geoderma.2016.11.032
- Schewe, J., Heinke, J., Gerten, D., Haddeland, I., Arnell, N. W., Clark, D. B., Dankers, R., Eisner, S., Fekete, B. M., Colón-González, F. J., Gosling, S. N., Kim, H., Liu, X., Masaki, Y., Portmann, F. T., Satoh, Y., Stacke, T., Tang, Q., Wada, Y., ... Kabat, P. (2014). Multimodel assessment of water scarcity under climate change. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, *111*(9), 3245–3250. doi: 10.1073/PNAS.1222460110/SUPPL_FILE/SAPP.PDF
- Schmugge, T. J., Jackson, T. J., & McKim, H. L. (1980). Survey of methods for soil moisture determination. *Water Resources Research*, *16*(6), 961–979. doi: 10.1029/WR016i006P00961
- Schuyler, T. J., Gohari, S. M. I., Pundsack, G., Berchoff, D., & Guzman, M. I. (2019). Using a balloon-launched unmanned glider to validate real-time WRF modeling. *Sensors (Switzerland)*, *19*(8), 1–14. doi: 10.3390/s19081914
- Smith, M. (2000). The application of climatic data for planning and management of sustainable rainfed and irrigated crop production. *Agricultural and Forest Meteorology*, *103*(1–2), 99–108. doi: 10.1016/S0168-1923(00)00121-0
- Snyder, R. L., Moratiel, R., Song, Z., Swelam, A., Jomaa, I., & Shapland, T. (2010). Evapotranspiration response to climate change. *XXVIII International Horticultural Congress on Science and Horticulture for People*, 1–9. doi: 10.17660/ActaHortic.2011.922.11
- Trenberth, K. E. (2005). The Impact of Climate Change and Variability on Heavy Precipitation, Floods, and Droughts. *Encyclopedia of Hydrological Sciences*. doi: 10.1002/0470848944.hsa211
- Turc, L. (1961). Evaluation des besoins en eau d'irrigation, évapotranspiration potentielle, formule climatique simplifiée et mise à jour. *Ann. Agron.*, *12*, 13–49.
- Van Bavel, C. H. M. (1966). Potential evaporation: The combination concept and its experimental verification. *Water Resources Research*, *2*(3), 455–467. doi:

10.1029/WR002I003P00455

- Wang, W., & Lu, Y. (2018). Analysis of the Mean Absolute Error (MAE) and the Root Mean Square Error (RMSE) in Assessing Rounding Model. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 324(1). doi: 10.1088/1757-899X/324/1/012049
- Wright, J. L. (1982). New Evapotranspiration Crop Coefficients. *Journal of the Irrigation and Drainage Division*, 108(1), 57–74. doi: 10.1061/JRCEA4.0001372
- Xiang, K., Li, Y., Horton, R., & Feng, H. (2020). Similarity and difference of potential evapotranspiration and reference crop evapotranspiration – a review. *Agricultural Water Management*, 232(January). doi: 10.1016/j.agwat.2020.106043
- Yang, H., & Yang, D. (2012). Climatic factors influencing changing pan evaporation across China from 1961 to 2001. *Journal of Hydrology*, 414–415, 184–193. doi: 10.1016/j.jhydrol.2011.10.043
- Yang, J., Gong, P., Fu, R., Zhang, M., Chen, J., Liang, S., Xu, B., Shi, J., & Dickinson, R. (2013). The role of satellite remote sensing in climate change studies. *Nature Climate Change*, 3(10), 875–883. doi: 10.1038/nclimate1908
- Zhang, L., Dawes, W. R., & Walker, G. R. (2001). Response of mean annual evapotranspiration to vegetation changes at catchment scale. *Water Resources Research*, 37(3), 701–708. doi: 10.1029/2000WR900325

BÖLÜM 13

ARAZİ BOZULMASINA GENEL BİR BAKIŞ

Dr. Öğr. Üyesi Miraç KILIÇ¹

DOI: <https://dx.doi.org/10.5281/zenodo.10251715>

¹ Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Malatya, Türkiye, mirac.kilic@ozal.edu.tr, ORCID ID 0000-0001-8026-5540

GİRİŞ

Arazi bozulumu, sürdürülebilir olmayan tarım uygulamaları, aşırı otlatma, ormansızlaşma ve toprak tuzluluğu sorunu gibi çeşitli faktörlerin neden olabileceği, arazinin doğal kalitesinin ve üretkenliğinin bozulması anlamına gelmektedir (Li vd., 2015; Wang vd., 2013). Sadece yerel ve bölgesel ölçekleri etkilemekle kalmayıp kıtasal ve küresel etkileri olan küresel bir krizdir (Adyanova vd., 2023) (Şekil 1). Arazi bozulumunun etkileri çok yönlüdür; çevreyi, gıda güvenliğini ve kırsal geçim kaynaklarını etkilemektedir (Hassan Sadeghravesh vd., 2016; Kirui, 2016). Bu süreç genellikle hem doğal hem de insan kaynaklı faktörlerin bir sonucudur; yanlış arazi kullanımı ve artan nüfus, arazi kalitesinin bozulmasına katkıda bulunan faktörler olarak tanımlanmaktadır (Preston, 2008).



(a)

(b)

Şekil 1. (a) Tanzania'da oyuntu erozyonu. Verimli topraklar dünya genelinde yılda 24 milyar ton oranında kaybediliyor (Marks, 2018); (b) Adıyaman, Çelikhan ilçesi Çat Barajı'nda yüzen adalar: hem torf çekiminin hem de tarımsal kullanımı yüzünden tehdit altında.

Arazi bozulumu, çevre, gıda güvenliği ve sosyo-ekonomik sistemlerin çeşitli yönleri üzerindeki yaygın ve geniş kapsamlı etkileri nedeniyle kritik bir küresel tehdittir. Doğal çevresel değişiklikler ve insan

faaliyetlerinden kaynaklanan arazi verimliliğindeki düşüşü kapsayan dinamik bir süreçtir. Arazi bozulmasının şiddeti, yoğun arazi kullanımı ve iklim değişikliği ile daha da artmakta, bu da onu hem bölgesel hem de küresel ölçekte ciddi bir çevre sorunu haline getirmektedir.

Arazi bozulmasının çevresel etkileri kapsamlı ve çok yönlü olup ekosistemlerin, biyoçeşitliliğin ve doğal kaynakların çeşitli yönlerini kapsamaktadır. Arazi bozunumu toprak erozyonu, toprak verimliliğinin kaybı ve çölleşme gibi çevresel bozulmalara katkıda bulunarak tarımsal verimliliğin ve gıda güvenliğinin azalmasına neden olmaktadır (Arnous ve Mansour, 2023; Fitriani vd., 2022). Ayrıca, toprak kalitesinde, fiziksel ve kimyasal toprak özellikleri üzerine olumsuz etkisi sonucunda yalnızca yerel veya bölgesel ölçekte değil, aynı zamanda kıtasal ve hatta küresel ölçekte de bir tehdit oluşturmaktadır (Adyanova vd., 2023; Gisladdottir ve Stocking, 2005). Ayrıca, çiftçilerin makul olmayan arazi kullanım davranışları çevresel bozulmayla ilişkilendirilerek insan faaliyetleri ile arazi bozulması arasındaki yakın ilişkiye işaret edilmiştir (Liao vd., 2020).

Arazi bozulmasının sonuçları tarımsal etkilerin ötesine geçerek ekolojik güvenliği ve biyoçeşitliliği etkilemektedir. Arazi ve ekosistemlerin bozulması biyoçeşitliliği tehdit ederek çeşitli türler için habitat kaybına yol açmakta ve mevcut küresel biyoçeşitlilik krizine katkıda bulunmaktadır. Dahası, arazi bozulması doğal yaşam alanlarının kaybını ve bozulmasını şiddetlendirmekte ve bu da mevcut küresel biyoçeşitlilik krizinin önemli bir itici gücü olmaktadır (Mokany vd., 2020). Küresel ısınma ve artan sera gazı emisyonları nedeniyle kurak ve yarı kurak bölgelerin genişlemesi, daha fazla arazi bozulması riskini hızlandırmakta

ve arazi bozulmasının iklim değişikliği ve çevresel istikrar ile birbirine bağlı olduğunu vurgulamaktadır (Ren vd., 2023).

Arazi bozulmasının su kaynakları ve kalitesi üzerinde de etkileri vardır; su kirliliği, tuzluluk artışı ve su kıtlığı gibi etkiler, arazi bozulmasının çevresel sonuçlarını daha da kötüleştirmektedir (Arnous ve Mansour, 2023; Fitriani vd., 2022). Buna ek olarak, arazi kaynaklarının bozulması stratosferik ozonun bozulması ve tükenmesi ile ilişkilendirilmiş ve arazi bozulmasının geniş kapsamlı çevresel etkilerini daha da vurgulanmıştır (Rossati, 2017).

Arazi bozulmasının ekonomik etkileri de dikkate alınmalıdır. Sulu tarım sistemlerinde, tuzun neden olduğu arazi bozulmasının küresel yıllık maliyetinin, kaybedilen mahsul üretimi nedeniyle 27,3 milyar ABD doları kadar yüksek olduğu tahmin edilmektedir. Ayrıca arazi bozulması, bitki örtüsü tahribatı neticesinde CO₂ salınımı yoluyla sera gazı kaynaklı küresel iklim değişikliğini şiddetlendirmekte ve küresel bir tehdit olarak katkıda bulunmaktadır (Guo vd., 2023). Bozulmuş arazilerin restorasyonu, BM 2030 Sürdürülebilir Kalkınma Gündemi kapsamındaki küresel Arazi Bozulmasının Tarafsızlığı hedefinin temel bir bileşenidir ve bu konunun ele alınmasının aciliyetinin uluslararası düzeyde kabul gördüğünü vurgulanmaktadır (Batunacun vd., 2018).

Sonuç olarak, arazi bozulmasının çevresel etkileri kapsamlı ve birbiriyle bağlantılı olup toprak kalitesini, tarımsal verimliliği, biyolojik çeşitliliği, su kaynaklarını ve iklimi etkilemektedir. Arazi bozulmasının ele alınması, bu çevresel sonuçların hafifletilmesi ve ekosistemler ile doğal kaynakların sürdürülebilirliğinin sağlanması için hayati önem taşımaktadır.

ARAZİ BOZULUMUNA NEDEN OLAN FAKTÖRLER

Arazi bozulmasına neden olan faktörler çok yönlüdür ve çok çeşitli doğal ve antropojenik etkileri kapsamaktadır (Şekil 2). Bu faktörler arasında iklim değişikliği, arazi kullanımındaki değişiklikler, sürdürülemez tarım uygulamaları, aşırı otlatma, ormansızlaşma, toprak erozyonu ve toprak tuzlanması yer almaktadır (Wanyonyi ve Mwangi, 2016). İklim ve arazi kullanımı değişiklikleri, doğal ekosistemlerin ve sosyo-ekonomik sistemlerin birbirine bağlılığını vurgulayarak, arazi bozulmasının karmaşık sürecinde baskın itici faktörler olarak tanımlanmıştır (Li vd., 2015). Ayrıca, uygun olmayan yetiştiricilik yöntemleri ve geleneksel düzensiz hayvan otlatma gibi sürdürülemez arazi yönetimi uygulamaları da arazi bozulmasına önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır (Wanyonyi ve Mwangi, 2016). Aşırı otlatma ve ormansızlaşma, biyolojik üretkenliğin azalmasına yol açan ve çevresel, sosyal ve ekonomik sürdürülebilirliği etkileyen, arazi bozulmasına neden olan önemli antropojenik faktörler olarak tanımlanmıştır (Heshmati vd., 2013). Ayrıca, toprak erozyonu, toprak tuzluluğu ve su kirliliği arazi bozulmasının doğrudan sonuçlarıdır ve çevresel etkilerini daha da kötüleştirmektedir (Arnous ve Mansour, 2023).



Şekil 2. Arazi bozulmasına neden olan bazı faktörler.

Hükümetler arası İklim Değişikliği Paneli'nin "İklim Değişikliği ve Arazi" konulu Özel Raporu'na göre, Dünya'nın buzsuz arazi alanının yaklaşık dörtte biri insan kaynaklı bozulmaya maruz kalmaktadır. Ekili alanlardan kaynaklanan toprak erozyonunun şu anda toprak oluşum hızından 10-20 kat daha fazla olduğu tahmin edilmektedir (IPCC, 2020).

Her yıl yaklaşık 75 milyar ton toprak, doğal erozyon hızının yaklaşık 13-40 katı kadar bir hızla, erozyon nedeniyle kaybedilmektedir (Zuazo ve Pleguezuelo, 2009). İnorganik ve organik fraksiyonlardan oluşan sadece 2-3 cm'lik bir toprağın oluşması 1000 yıl kadar sürebilir. Kil, silt ve kum partikülleri inorganik fraksiyonu oluşturmaktadır. Bitki ve hayvanlardan elde edilen organik madde ise organik fraksiyonu oluşturmaktadır (Güzel ve Gülüt, 2010). Arazi bozulmasına bir dizi faktör atfedilmektedir. Bunlar arasında yağışlardan etkilenen toprak erozyonu, tuz girişi, arazi örtüsü, ormansızlaşma gibi insan faaliyetleri, nüfus artışının birlikte

marjinal arazilerin ekilmesi, arazi mülkiyet problemleri ve yanlış arazi kullanım politikaları yer almaktadır (Kosmas vd., 2003; Moreda, 2018; Olanrewaju ve Ezekiel, 2005).

a. Toprak Erozyonu

Toprak erozyonu, toprak kalitesinde ve verimliliğinde düşüşe yol açan önemli bir arazi bozulması faktörüdür. Hızlandırılmış erozyon, toprak organik karbonunun tükenmesi, biyoçeşitlilik kaybı ve bitki besin elementi dengesizliği gibi erozyon süreçleri toprak bozulmasına katkıda bulunmaktadır (Lal, 2015). Arazi kullanım değişikliği de dahil olmak üzere insan faaliyetlerinin, toprak oluşum süreçlerini ve özelliklerini etkileyerek ciddi arazi bozulmasına neden olduğu tespit edilmiştir (Araújo vd., 2013). Ayrıca, toprak erozyonu ekonomik kayıplara, ekosistem hizmetlerinin azalmasına ve arazi kalitesinin bozulmasına yol açmaktadır (Nugroho vd., 2022). Başta oyuntu erozyonu olmak üzere diğer erozyon aşamalarının toprak üzerindeki etkisi, arazi bozulmasını daha da şiddetlendirmektedir (Kılıç vd., 2022) (Şekil 3).



Şekil 3. Adiyaman, Besni'de kurak-yarı kurak koşullarda meydana gelmiş oyuntular. Toprak erozyonu nedeniyle verimli üst toprağın ve besin maddelerinin ortadan kalkması, tarımsal verimin azalmasına ve arazi bozulmasına neden olmaktadır (Kumawat vd., 2021). Ayrıca, ormanların tarım arazilerine dönüşümü, plansız otlatma ve su havzalarındaki doğal kaynakların akıllıca kullanılmaması, toprak erozyonu tehlikelerini hızlandırarak orman ve tarım arazilerinin verimliliğini düşürmüştür (Widiatiningsih vd., 2018). Çiftçilerin algıları da toprak erozyonu ve verimlilik kaybının tarımsal arazi verimliliğinin azalması üzerindeki etkisini vurgulamaktadır (Kumar, 2023). Çıplak toprak gibi arazi kullanım türlerinin toprak erozyonuna eğilimli olduğu ve arazi bozulmasına katkıda bulunduğu tespit edilmiştir (Teskaye, 2017).

Bitki besin maddelerinin doğru yönetimi ve besin elementi kayıplarını azaltmak için çeşitli korumalı toprak işleme yaklaşımları önerilmiş,

toprak erozyonunu ve arazi bozulmasını azaltmak için sürdürülebilir tarım uygulamaları önerilmiştir (Chu vd., 2020; Kılıç vd., 2023).

Toprak koruma teknikleri ve tarımsal ormancılık ve organik gübre uygulaması da dahil olmak üzere sürdürülebilir bütünleşmiş arazi yönetimi uygulamaları, toprak erozyonu ve arazi bozulmasını ele alarak besin tükenmesini ve mali kaybı azaltmak için tavsiye edilmiştir (Indrawati vd., 2022).

Arazi bozulumu ile mücadele çabaları, bunun nedenlerinin ve etkilerinin kapsamlı bir şekilde anlaşılmasını gerektirmektedir. Sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamaları, bu sorunun ele alınmasında ve kırsal geçim kaynaklarının iyileştirilmesinde büyük önem taşımaktadır. Ancak, arazi bozulununun geri çevrilme çabaları çeşitli nedenlerle engellenmektedir. Ayrıca, tarımsal peyzajlar ve doğal ekosistemler tarafından sağlanan ekonomik faydaların önemsenmemesi, arazi bozulununun yaygın ve süregelen doğasına katkıda bulunmaktadır.

b. Toprak Tuzluluğu

Toprak tuzluluğu, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde arazi bozulmasına önemli bir katkıda bulunmaktadır. Toprağın tuzlanması, tarımsal üretkenlik ve arazi kaynaklarının sürdürülebilir kullanımı için bir tehdit oluşturmaktadır. Toprak tuzluluğu, toprak verimliliği ve mahsul üretkenliği üzerinde olumsuz etkilere yol açarak çölleşmenin önemli bir nedeni olarak tanımlanmıştır (Yu vd., 2018). Ayrıca, toprak tuzluluğu topraktaki fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçleri etkileyerek su eksikliğine, iyon toksisitesine ve beslenme dengesizliklerine yol açmakta ve bunların hepsi de toprağın bozulmasına katkıda

bulunmaktadır (Feizizadeh vd., 2022). Tahminlere göre 2050 yılına kadar ekilebilir arazilerin yaklaşık olarak %50'si tuzluluktan etkilenecek ve küresel gıda güvenliği için bir tehdit oluşturacaktır (Butcher vd., 2016).

Toprak tuzluluğunun arazi bozulumu üzerindeki etkisi, yanlış sulama uygulamaları gibi ikincil toprak tuzlanmasına ve tuzlu arazilerin genişlemesine yol açabilen antropojenik faktörlerle daha da şiddetlenmektedir (Çelik vd., 2017; Li vd., 2008). Toprak tuzluluğunun arazi bozulumu üzerindeki sonuçları arasında toprak verimliliğinde, tarım ürünlerinden elde edilen gelirlerden ve arazi değerinde düşüşün yanı sıra su bitkileri, nehir kıyısı bitki örtüsü ve sulak alan kayıpları da yer almaktadır (Jovanovic vd., 2008).

c. Antropojenik Etkiler

Arazi bozulmasına neden olan ana faktörlerden biri insan faaliyetleridir. Çoğu insan faaliyeti arazi bozulmasını azaltsa da bazı insan faaliyetleri istemeden de olsa bu süreci teşvik etmektedir. İnsan faaliyetleri, küresel olarak erozyonun meydana gelme hızını 10-50 kat aralığında artırmıştır. Yoğun tarım, yol yapımı, binalar, ormansızlaşma, madencilik faaliyetleri ve orman yangınları, arazi bozulumu üzerindeki etkileri bakımından en önemli insan faaliyetleri arasındadır (Chen vd., 2002; Farshad vd., 2018; Reynolds vd., 2007).

Tarımsal faaliyetler arazi bozulmasını hızlandıran başlıca etkenlerden bir tanesi olabilir çünkü yanlış tarımsal uygulamalar toprağı bozabilmektedir. Çiftçiler doğal bitki örtüsünü ortadan kaldırmakta ve ardından yeni bir ürün ekmek için araziye sürmektedir (Hussain vd.,

2021). Çoğu ürün sadece ilkbahar ve yaz aylarında yetiştiğinden, arazi birçok ülkede aynı zamanda yağmur mevsimi olan kış boyunca nadasa bırakılır. Bu nedenle, rüzgâr ve yağmur üst toprağı uzaklaştırma eğilimindedir (Xie vd., 2020).

Arazi kullanım yoğunluğu, büyük ölçüde artan nüfusu besleme ihtiyacından dolayı son yıllarda artmıştır. Aynı zamanda, hızlı kentleşme neticesinde, verimli tarım arazilerinin büyük bir kısmı kentsel alanlara dönüşmüştür. Bitkisel üretim için mevcut olan tarım arazilerinin miktarı azalmış iken mevcut olanlar yoğun kullanıma maruz kalmıştır. Ayrıca, yanlış gübrele kullanımı, vahşi sulama, bilinçsiz toprak işleme ve artan hayvan yoğunluğu gibi yönetim uygulamaları da olumsuz çevresel etkileri sayesinde arazi bozulmasına katkı sağlamıştır (David Tilman vd., 2002).

Toprak işleme, bitki örtüsünün yok edilmesi ve çift sürme sırasında toprağın gevşetilmesi nedeniyle arazi bozulmasına neden olan bir faktördür. Toprak işleme uygulamaları, üst toprağı daha az etkileyecek şekilde olmalıdır. Toprak işleme, toprağın yamaç aşağı ilerleyen hareketine neden olarak topografyadaki üst yamaç konumlarında ciddi toprak kaybına ve alt yamaç konumlarında birikime neden olmaktadır. Bu erozyon şekli arazi bozulması için önemli bir mekanizmadır (Carretta vd., 2021; El Titi, 2002; Seitz vd., 2019).

Çoğu arazi örtüsü dönüşümü uygulamaları, doğal bitki örtüsünün yerini ekonomik değeri yüksek tarımsal ürünlerin almasına yol açmaktadır (Yakupoglu vd., 2017). Doğal bitki örtüsünün bozulması, gıda güvenliği ve bitkisel ürün yetiştirmek için gerekli olsa da erozyon ve diğer ilgili

faktörler nedeniyle arazi kaynaklarının zarar görmesine ve arazi bozulmasına neden olabilmektedir.

d. Arazi Kullanım Türüne Özgü Uygulamalar

Tarım arazilerinin yanlış yönetimi, birçok ülkede arazi bozulmasına neden olan önemli bir faktördür. Marjinal olan dik yamaçlar ekilmekte ve ekimden sonra açıkta bırakılan arazi toprak ve rüzgâr erozyonuna ve dolayısıyla arazinin bozulmasına savunmasız olmaktadır (Chalise vd., 2019). Doğal meraların, hayvan taşıma kapasitesinin üzerindeki hayvan yoğunluğuyla aşırı otlatılması, bitki örtüsünün miktar ve kalitesinde azalmaya yol açmaktadır (Tesfa ve Mekuriaw, 2014). Bu, kurak arazilerde arazi bozulmasının önde gelen nedenlerinden bir tanesidir. Hem bitki örtüsünün ortadan kalkması hem de erozyon, toprağın organik madde seviyesinin düşmesine ve dolayısıyla erozyona karşı direncin azalmasına neden olmaktadır (Zou vd., 2021). Kurak geçen bir mevsimin sonunda ve kuraklık dönemlerinde yoğun otlatma, bitki örtüsü sonraki yağmurlar sırasında iyileşebileceğinden mutlak bozulmaya yol açmayabilir (Fuhlendorf ve Smeins, 1999).

Sulama, bitkisel üretimin önemli bir yönüdür. Çiftçiler ekim amacıyla tarlayı sürdürdüğünde, toprağı çıplak bırakır ve bir süre yağmur gibi bazı doğal unsurlara maruz bırakmaktadır. Bu gibi durumlarda yüzeysel akış üst toprağı taşıyarak arazinin bozulmasına neden olmaktadır (Koluvek vd., 1993). Öte yandan, yüksek tuz içeriğine sahip sulama suyunun yanı sıra kötü drenaj gibi faktörler tuzluluğun artmasına ve arazinin bozulmasına neden olabilmektedir (Eslamian ve Eslamian, 2023; Montazar, 2019).

Uygun olmayan arazi kullanımı, arazinin kullanım türü istekleriyle örtüşmeyen arazi niteliği ve kabiliyetine tahsis edilmesidir (Froja, 2013). Tarımsal üretim bağlamında ihtiyaçların karşılanması ve gıda güvenliği garanti altına alınması sonucu oluşan baskılar, politika yapıcıları ve karar vericileri uygun olmayan arazilerin tarımsal üretim tahsisine yönlendirmektedir. Örneğin, su kalitesi yüksek yukarı havza alanlarında dik eğimli alanların ekilmesi arazi bozulmasını teşvik edebilmektedir (Santhi vd., 2006; Shi vd., 2017). Dolayısıyla, uygun olmayan arazi yönetimi uygulamaları da arazi bozulmasını teşvik etmektedir.

Sonuç olarak, tarım arazilerinin yanlış yönetimi, arazi kabiliyetine uygun olmayan arazi kullanım tahsisleri ve aşırı otlatma gibi uygulamaların yanı sıra sulama ve yanlış yetiştiricilik uygulamaları birbirleri ile etkileşimli olarak arazi bozulmasını tetiklemektedir. Bu durum, toprak erozyonu, bitki örtüsü azalması ve tuzluluk gibi sorunları beraberinde getirerek toprak kalitesi ve ekosistem hizmetlerini ciddi şekilde tehdit etmektedir. Arazi bozulmasını önlemek için sürdürülebilir tarım yöntemlerine ve uygun arazi kullanımı politikalarına odaklanmak önemlidir.

SONUÇ

Arazi bozulumu, küresel ölçekte çevre, gıda güvenliği ve sosyo-ekonomik sistemleri etkileyen kritik bir küresel tehdittir. Bu çalışma, arazi bozulmasının doğal ve antropojenik faktörler tarafından nasıl tetiklendiğini ve bu sürecin çevresel, ekonomik ve sosyal gerekçelerini incelemiştir. Elde edilen bulgular, arazi bozulmasının büyük ölçüde antropojenik etkilerden kaynaklandığını ve bu nedenlerin ekosistemler,

biyoçeşitlilik, su kaynakları, iklim değişikliği ve ekonomi üzerinde geniş kapsamlı olumsuz etkilere yol açtığını göstermektedir.

Sonuç olarak, arazi bozulumuyla başa çıkabilmek için küresel düzeyde bütünleşmiş çözümlere ve uluslararası iş birliğine olan ihtiyaç önemli bir hale gelmektedir. Bu, arazi bozulunun çeşitli boyutlarını anlamak, sürdürülebilir arazi yönetimi uygulamalarını teşvik etmek ve çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerini azaltmak için ortak bir çaba gerektirmektedir. Arazi bozulumuyla mücadelede ileriye dönük adımlar, küresel gıda talebini karşılamak, gıda güvenliğini sağlamak ve biyoçeşitlilik kaybını önlemek için stratejik planlama ve iş birliği içinde olmalıdır.

KAYNAKLAR

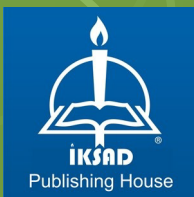
- Adyanova, A., Buluktaev, A., Mukabenova, R., Mandzhieva, S., Rajput, V., Sayanov, V., Djimbeev, N., Sushkova, S., 2023. Characterization of arid soil quality: Physical and chemical parameters. *Eurasian J. Soil Sci.* 12, 151–158. <https://doi.org/10.18393/ejss.1214692>
- Araújo, A.S.F., Cesarz, S., Leite, L.F.C., Borges, C.D., Tsai, S.M., Eisenhauer, N., 2013. Soil microbial properties and temporal stability in degraded and restored lands of Northeast Brazil. *Soil Biol. Biochem.* 66, 175–181. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2013.07.013>
- Arnous, M.O., Mansour, B.M.H., 2023. Utilizing multi-temporal thermal data to assess environmental land degradation impacts: example from Suez Canal region, Egypt. *Environ. Sci. Pollut. Res.* 30, 2145–2163. <https://doi.org/10.1007/s11356-022-22237-z>
- Batunacun, Nendel, C., Hu, Y., Lakes, T., 2018. Land-use change and land degradation on the Mongolian Plateau from 1975 to 2015—A case study from Xilingol, China. *L. Degrad. Dev.* 29, 1595–1606. <https://doi.org/10.1002/ldr.2948>
- Butcher, K., Wick, A.F., Desutter, T., Chatterjee, A., Harmon, J., 2016. Soil salinity: A threat to global food security. *Agron. J.* 108, 2189–2200. <https://doi.org/10.2134/agronj2016.06.0368>
- Carretta, L., Tarolli, P., Cardinali, A., Nasta, P., Romano, N., Masin, R., 2021. Evaluation of runoff and soil erosion under conventional tillage and no-till management: A case study in northeast Italy. *Catena* 197. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2020.104972>
- Çelik, A., İnan, M., Büyük, G., Kırpık, M., Akça, E., 2017. Changes in soil properties following shifting from rainfed to irrigated agriculture: The Adıyaman case No Title. *J. soil Sci. plant Nutr.* 5, 80–86.
- Chalise, D., Kumar, L., Kristiansen, P., 2019. Land degradation by soil erosion in Nepal: A review. *Soil Syst.* 3, 1–18. <https://doi.org/10.3390/soilsystems3010012>
- Chen, Jie, Chen, Jing-zhang, Tan, M., Gong, Z., 2002. Soil degradation: A global problem endangering sustainable development. *J. Geogr. Sci.* 12, 243–252.
- Chu, L., Sun, T., Wang, T., Li, Z., Cai, C., 2020. Temporal and spatial heterogeneity of soil erosion and a quantitative analysis of its determinants in the three gorges reservoir area, china. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 17, 1–21. <https://doi.org/10.3390/ijerph17228486>
- David Tilman, Kenneth G. Cassman, Pamela A. Matson, Rosamond Naylor, Stephen Polasky, 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. *Nature* 418, 671–677.
- El Titi, A., 2002. Soil tillage in agroecosystems, *Soil Tillage in Agroecosystems.* <https://doi.org/10.2136/vzj2003.0016br>
- Eslamian, S., Eslamian, F., 2023. Handbook of Irrigation Hydrology and Management: Irrigation Methods, *Handbook of Irrigation Hydrology and Management: Irrigation Methods.* <https://doi.org/10.1201/9780429290152>
- Farshad, A., Pazira, E., Noroozi, A.A., 2018. Human-Induced Land Degradation 213–227. https://doi.org/10.1007/978-3-319-69048-3_12
- Feizizadeh, B., Omarzadeh, D., Mohammadzadeh Alajujeh, K., Blaschke, T., Makki,

- M., 2022. Impacts of the Urmia Lake Drought on Soil Salinity and Degradation Risk: An Integrated Geoinformatics Analysis and Monitoring Approach. *Remote Sens.* 14. <https://doi.org/10.3390/rs14143407>
- Fitriani, F., Arifin, B., Prasmatiwi, F.E., Ismono, R.H., Lestari, D.A.H., Sutarni, S., Kuswadi, D., 2022. Farmers' Perspectives on the Threat of Unsustainable Risk of Coffee Farming in Lampung, Indonesia. *J. Penelit. Pertan. Terap.* 22, 96–103. <https://doi.org/10.25181/jppt.v22i1.2174>
- Froja, N.M., 2013. Fuzzy-GIS Development of Land Evaluation System for Agricultural Production in North West Libya. Heriot-Watt University.
- Fuhlendorf, S.D., Smeins, F.E., 1999. Scaling effects of grazing in a semi-arid grassland. *J. Veg. Sci.* 731–738.
- Gisladottir, G., Stocking, M., 2005. Land degradation control and its global environmental benefits. *L. Degrad. Dev.* 16, 99–112. <https://doi.org/10.1002/ldr.687>
- Guo, Z., Xie, Y., Guo, H., Zhang, Xueyuan, Zhang, Xihuang, Xi, G., Ma, C., Duan, H., 2023. Is land degradation worsening in Northern China? Quantitative evidence and enlightenment from satellites. *L. Degrad. Dev.* 34, 1662–1680. <https://doi.org/10.1002/ldr.4560>
- Güzel, N., Gülüt, K.Y., 2010. Toprağın Oluşumu ve Özellikleri. Adana.
- Hassan Sadeghravesh, M., Khosravi, H., Ghasemian, S., 2016. Assessment of combating-desertification strategies using the linear assignment method. *Solid Earth* 7, 673–683. <https://doi.org/10.5194/se-7-673-2016>
- Heshmati, M., Abdu, A., Majid, N.M., Shamshuddin, J., 2013. Land degradation and preventive measures from the perspective of the stakeholders. *Am. J. Appl. Sci.* 10, 1061–1076. <https://doi.org/10.3844/ajassp.2013.1061.1076>
- Hussain, Sadam, Hussain, Saddam, Guo, R., Sarwar, M., Ren, X., Krstic, D., Aslam, Z., Zulifqar, U., Rauf, A., Hano, C., El-esawi, M.A., 2021. Carbon sequestration to avoid soil degradation: A review on the role of conservation tillage. *Plants* 10. <https://doi.org/10.3390/plants10102001>
- Indrawati, D.R., Supangat, A.B., Purwanto, Wahyuningrum, N., Subandrio, B., 2022. Community participation in soil and water conservation as a disaster mitigation effort. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 1109. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1109/1/012030>
- IPCC, 2020. IPCC Special Report on climate change, desertification, land degradation, sustainable land management, food security, and greenhouse gas fluxes in terrestrial ecosystems.
- Jovanovic, N.Z., Bagan, R.D.H., Frantz, G., De Clercq, W., Fey, M., 2008. Hydrosalinity fluxes in a small scale catchment of the Berg river (South Africa). *WIT Trans. Ecol. Environ.* 111, 603–612. <https://doi.org/10.2495/WP080591>
- Kirui, O.K., 2016. Drivers of Sustainable Land Management in Eastern Africa. 2016 World Bank Conf. “1. Poverty” World Bank - Washington, Dc, March 14-18, 2016 1–18.
- Kılıç, M., Gündoğan, R., Günal, H., 2023. An Illustration of A Sustainable Agricultural Land Suitability Assessment System with A Land Degradation Sensitivity. *Environ. Dev. Sustain.* 1–30.
- Kılıç, M., Gündoğan, R., Günal, H., Budak, M., 2022. An Integrated Framework to Identify and Map Gullies in a Mediterranean region of Turkey. *Geocarto Int.* 1–18. <https://doi.org/10.1080/10106049.2022.2071478>

- Koluvek, P.K., Tanji, K.K., Trout, T.J., 1993. Overview of Soil Erosion from Irrigation. *J. Irrig. Drain. Eng.* 119, 929–946. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)0733-9437\(1993\)119:6\(929\)](https://doi.org/10.1061/(asce)0733-9437(1993)119:6(929))
- Kosmas, C., Tsara, M., Moustakas, N., Karavitis, C., 2003. Identification of indicators for desertification. *Ann. Arid Zone* 42, 393–416.
- Kumar, N., 2023. Soil Degradation and its Causes. *Int. J. Multidiscip. Res.* 5. <https://doi.org/10.36948/ijfmr.2023.v05i01.1443>
- Kumawat, A., Yadav, D., Samadharmam, K., Rashmi, I., 2021. Soil and Water Conservation Measures for Agricultural Sustainability. *Soil Moisture Importance*. <https://doi.org/10.5772/intechopen.92895>
- Lal, R., 2015. Restoring Soil Quality to Mitigate Soil Degradation. *Sustainability* 7, 5875–5895. <https://doi.org/10.3390/su7055875>
- Li, Y., Pang, H., Zhang, H., Chen, F., 2008. Effect of irrigation management on soil salinization in Manas River Valley, Xinjiang, China. *Front. Agric. China* 2, 216–223. <https://doi.org/10.1007/s11703-008-0028-0>
- Li, Z., Deng, X., Yin, F., Yang, C., 2015. Analysis of Climate and Land Use Changes Impacts on Land Degradation in the North China Plain. *Adv. Meteorol.* 2015. <https://doi.org/10.1155/2015/976370>
- Liao, N., Gu, X., Wang, Y., Xu, H., Fan, Z., 2020. Analyzing macro-level ecological change and micro-level farmer behavior in Manas River Basin, China. *Land* 9. <https://doi.org/10.3390/LAND9080250>
- Marks, C., 2018. Soil erosion in Tanzania. *The Guardian*.
- Mokany, K., Ferrier, S., Harwood, T.D., Ware, C., Di Marco, M., Grantham, H.S., Venter, O., Hoskins, A.J., Watson, J.E.M., 2020. Reconciling global priorities for conserving biodiversity habitat. *Proc. Natl. Acad. Sci. U. S. A.* 117, 9906–9911. <https://doi.org/10.1073/pnas.1918373117>
- Montazar, A., 2019. *Agricultural Irrigation, Agricultural Irrigation*. MDPI. <https://doi.org/10.3390/books978-3-03921-923-0>
- Moreda, T., 2018. Contesting conventional wisdom on the links between land tenure security and land degradation: Evidence from Ethiopia. *Land use policy* 77, 75–83. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.04.058>
- Nugroho, H.Y.S.H., Basuki, T.M., Pramono, I.B., Savitri, E., Purwanto, Indrawati, D.R., Wahyuningrum, N., Adi, R.N., Indrajaya, Y., Supangat, A.B., Putra, P.B., Auliyani, D., Priyanto, E., Yuwati, T.W., Pratiwi, Narendra, B.H., Sukmana, A., Handayani, W., Setiawan, O., Nandini, R., 2022. Forty Years of Soil and Water Conservation Policy, Implementation, Research and Development in Indonesia: A Review. *Sustain.* 14. <https://doi.org/10.3390/su14052972>
- Olanrewaju, S.B., Ezekiel, A.A., 2005. Degradation characteristics and management of marginal lands in Nigeria, Africa. *J. Soils Sediments* 5, 125–126. <https://doi.org/10.1065/jss2005.02.003>
- Preston, D.A., 2008. Understanding and assessing land degradation - Comments on research in Chuquisaca, Bolivia. *L. Degrad. Dev.* 19, 119–121. <https://doi.org/10.1002/ldr.819>
- Ren, Y., Chen, Y., Chen, D., Zhang, H., 2023. Spatial and temporal effects on the value of ecosystem services in arid and semi-arid mountain areas—A case study from Helan Mountain in Ningxia, China. *Front. Ecol. Evol.* 10. <https://doi.org/10.3389/fevo.2022.1072015>
- Reynolds, J.F., Maestre, F.T., Kemp, P.R., Stafford-Smith, D.M., Lambin, E., 2007.

- Natural and Human Dimensions of Land Degradation in Drylands: Causes and Consequences. *Terr. Ecosyst. a Chang. World* 247–257. https://doi.org/10.1007/978-3-540-32730-1_20
- Rossati, A., 2017. Global warming and its health impact. *Int. J. Occup. Environ. Med.* 8, 7–20.
- Santhi, C., Srinivasan, R., Arnold, J.G., Williams, J.R., 2006. A modeling approach to evaluate the impacts of water quality management plans implemented in a watershed in Texas. *Environ. Model. Softw.* 21, 1141–1157. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2005.05.013>
- Seitz, S., Goebes, P., Puerta, V.L., Pereira, E.I.P., Wittwer, R., Six, J., van der Heijden, M.G.A., Scholten, T., 2019. Conservation tillage and organic farming reduce soil erosion. *Agron. Sustain. Dev.* 39. <https://doi.org/10.1007/s13593-018-0545-z>
- Shi, P., Zhang, Y., Li, Z., Li, P., Xu, G., 2017. Influence of land use and land cover patterns on seasonal water quality at multi-spatial scales. *Catena* 151, 182–190. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2016.12.017>
- Tesfa, A., Mekuriaw, S., 2014. The Effect of Land Degradation on Farm Size Dynamics and Crop-Livestock Farming System in Ethiopia: A Review. *Open J. Soil Sci.* 04, 1–5. <https://doi.org/10.4236/ojss.2014.41001>
- Tesfaye, S.S., 2017. Analysis of farmers perception on the impact of land degradation hazard on agricultural land productivity in Jeldu district in West Shewa Zone, Oromia, Ethiopia. *J. Agric. Ext. Rural Dev.* 9, 111–123. <https://doi.org/10.5897/jaerd2017.0854>
- Wang, J., Li, Z., Qin, X., Yang, X., Qin, Q., Zhang, N., 2013. Research on dynamic evolution of soil salinization in Tianjin costal area using remote sensing. *Int. Geosci. Remote Sens. Symp.* 3325–3328. <https://doi.org/10.1109/IGARSS.2013.6723539>
- Wanyonyi, R.W., Mwangi, J.K., 2016. Impact of human activities on land degradation IN Lugari sub-county, Kakamega county, Kenya. *E3 J. Environ. Res. Manag.* 7, 038–044. [https://doi.org/10.18685/ejerm\(7\)2_ejerm-16-018](https://doi.org/10.18685/ejerm(7)2_ejerm-16-018)
- Widiatiningsih, A., Mujiyo, M., Suntoro, S., 2018. Study of Soil Degradation Status at Jatipurno District, Keduang Sub-Watersheds, Wonogiri Regency, Central Java. *SAINS TANAH - J. Soil Sci. Agroclimatol.* 15, 1. <https://doi.org/10.15608/stjssa.v15i1.21616>
- Xie, H., Zhang, Y., Wu, Z., Lv, T., 2020. A bibliometric analysis on land degradation: Current status, development, and future directions. *Land* 9. <https://doi.org/10.3390/LAND9010028>
- Yakupoglu, T., Gundogan, R., Dindaroglu, T., Kara, Z., 2017. Effects of land conversion from native shrub to pistachio orchard on soil erodibility in an arid region. *Environ. Monit. Assess.* 189, 588. <https://doi.org/10.1007/s10661-017-6313-8>
- Yu, H., Liu, M., Du, B., Wang, Z., Hu, L., Zhang, B., 2018. Mapping soil salinity/sodicity by using Landsat OLI imagery and PLSR algorithm over Semiarid West Jilin province, China. *Sensors (Switzerland)* 18. <https://doi.org/10.3390/s18041048>
- Zou, X., Zhang, Z., Zhou, Z., Qiu, Q., Luo, J., 2021. Landscape-scale spatial variability of soil organic carbon content in a temperate grassland: Insights into the role of wind erosion. *Catena* 207. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105635>

Zuazo, V.H.D., Pleguezuelo, C.R.R., 2009. Soil-erosion and runoff prevention by plant covers: A review, Sustainable Agriculture. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_48



ISBN: 978-625-367-436-6