

FEN VE DOĞA BİLİMLERİNDE MULTİDİSİPLİNER ÇALIŞMALAR

EDİTÖRLER

DR. ÖĞR. ÜYESİ ENDER KAYA
DR. ÖĞR. ÜYESİ AHMET HAŞİM KESKİN
ÖĞR. GÖR. DR. DURMUŞ ALİ ÇARKACI

EĞİTİM
yayınevi

FEN VE DOĞA BİLİMLERİNDE MULTİDİSİPLİNER ÇALIŞMALAR

Editörler: Dr. Öğr. Üyesi Ender Kaya, Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Haşim Keskin, Öğr. Gör. Dr. Durmuş Ali Çarkacı

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

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

Sayfa Tasarımı: Kübra Konca Nam

Kapak Tasarımı: Eğitim Yayınevi Tasarım Birimi

T.C. Kültür ve Turizm Bakanlığı

Yayıncı Sertifika No: 76780

E-ISBN: 978-625-385-577-2

1. Baskı, Aralık 2025

Kütüphane Kimlik Kartı

FEN VE DOĞA BİLİMLERİNDE MULTİDİSİPLİNER ÇALIŞMALAR

Editörler: Dr. Öğr. Üyesi Ender Kaya, Dr. Öğr. Üyesi Ahmet Haşim Keskin, Öğr. Gör. Dr. Durmuş Ali Çarkacı

III+111 s., 160x240 mm

Kaynakça var, dizin yok.

E-ISBN: 978-625-385-577-2

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

EĞİTİM
yayınevi

Yayınevi Türkiye Ofis: İstanbul: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Atakent mah.

Yasemen sok. No: 4/B, Ümraniye, İstanbul, Türkiye

Konya: Eğitim Yayınevi Tic. Ltd. Şti., Fevzi Çakmak Mah. 10721 Sok. B Blok,

No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye

+90 332 351 92 85, +90 533 151 50 42

bilgi@egitimyayinevi.com

Yayınevi Amerika Ofis: New York: Egitim Publishing Group, Inc.

P.O. Box 768/Armonk, New York, 10504-0768, United States of America

americaoffice@egitimyayinevi.com

Lojistik ve Sevkiyat Merkezi: Kitapmatik Lojistik ve Sevkiyat Merkezi, Fevzi Çakmak Mah.

10721 Sok. B Blok, No: 16/B, Safakent, Karatay, Konya, Türkiye

sevkiyat@egitimyayinevi.com

Kitabevi Şubesi: Eğitim Kitabevi, Şükran mah. Rampalı 121, Meram, Konya, Türkiye

+90 332 499 90 00

bilgi@egitimkitabevi.com

İnternet Satış: www.kitapmatik.com.tr

bilgi@kitapmatik.com.tr

EĞİTİM YAYINEVİ
GRUBU

EĞİTİM
yayınevi

SALON
yayınları

Kitapmatik®
yayıncıları

kitapmatik
İnternet Kitaplığı

EĞİTİM
kitabevi

İÇİNDEKİLER

FARKLI SULAMA SUYU KALİTELERİNİN MAYDANOZUN GELİŞİM VE VERİMİNE ETKİSİ	1
Ahmet Öztürk, M. Sevba Çolak, Muhittin Altın	
DRONE KULLANIMI VE BİTKİ KORUMA	12
Tuğba Çakır	
HASSAS TARIM TEKNOLOJİLERİ KULLANILARAK SULAMA PLANLAMASI: YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR VE UYGULAMALAR	18
Ahmet Haşim Keskin, İsmail Çinkaya	
FLORESANS NİTRİK OKSİT MEKANİZMALARI: DİAZOLAMA.....	24
Tahir Savran	
GIDA ÜRETİM ALANLARINDA ELEKTROLİZE SU KULLANIMI	32
Mehmet Onurhan Gücüş	
TARIM İŞLETMELERİNDE ORTAK MAKİNE KULLANIMININ YAYGINLAŞTIRILMASI	43
Ahmet Haşim Keskin, Yılmaz Sesli	
ROKA BİTKİSİNİN FARKLI SULAMA SUYU KALİTESİ KOŞULUNDA GELİŞİM VE VERİMİ	53
Ahmet Öztürk, M. Sevba Çolak, Mehmet Fırat Gün	
TARIMSAL ÜRETİMDE ÜRETİCİLERİN TEKNOLOJİK UYUMU	68
Yılmaz Sesli, Ender Kaya	
TIBBİ BİTKİLERİN STANDARDİZASYONU VE KALİTE KONTROLÜ	79
Hasan Maral, Tuğba Çakır	
TOPRAKTA ORGANİK MADDEYİ ARTIRAN UYGULAMALAR.....	89
Durmuş Ali Çarkacı	
RÜZGÂR EROZYONUNUN ÖNLENMESİNDE KULLANILAN BİTKİ TÜRLERİ	96
Durmuş Ali Çarkacı	

FARKLI SULAMA SUYU KALİTELERİNİN MAYDANOZUN GELİŞİM VE VERİMİNE ETKİSİ

Ahmet Öztürk*, M. Sevba Çolak**, Muhittin Altın***

GİRİŞ

İnsanoğlu yaratıldığı günden itibaren yapmak istediği veya yapmak zorunda olduğu işlerini kolaylaştırabilecek yollar aramıştır. Bu amaçla ilk çağlarda bazı el aletleri geliştirmişken günümüzde gezegenler arası seyahat yapabilecek taşıtların üretilmesi aşamasına kadar gelinmiştir. İnsanlığın bu teknolojik gelişiminde en önemli dönemlerden birisi de 18. yüzyılın ikinci yarısında başlayan sanayi devrimi olmuştur. Ancak sanayi devrimi ile birlikte aşırı bir fosil yakıt tüketimi gerçekleşmeye başlamış ve 20. yüzyılın başlarında fosil yakıt tüketiminin iklimi etkilediği ilk kez fark edilmiştir. İnsanlığın daha iyiye daha mükemmele ulaşma hırısı nedeniyle hayatın kolaylaştırılması adına dünya kaynakları hunharca tüketilmeye devam edilmektedir. 1950 lerden itibaren bilim adamları endüstriyel yatırımların dünyaya zarar verdiğini özellikle küresel bir ısınmanın var olduğunu, dünya atmosferinin giderek ısındığını vurgulamışlardır (Öztürk ve Çolak, 2024). 20. yüzyılın sonlarında küresel ısınmaya ilişkin bazı sözleşmeler imzalanmış olsa da, bu sözleşmelere imza atmayan ve küresel ısınmayı umursamayan süper devletler de bulunmaktadır.

Atmosferin ısınmasına paralel olarak ilk etki iklimlerin değişmesiyle ortaya çıkmış ve iklim değişiminden en çok etkilenen varlıklardan biri su kaynakları olmuştur. Dünyamızda yağışlardaki düzensizlikler ve buharlaşma miktarındaki artışlar, akarsu debilerinin azalmasına, göllerin küçülerek çekilmesine hatta bazı göllerin kurumasına, barajlardaki su seviyelerinin önemli miktarda düşmesine ve yeraltı sularının daha derinlere çekilmesine neden olmuştur.

*Prof. Dr., Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara, aozturk@ankara.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0201-1726

**Dr., Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara, smyilmaz@ankara.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4752-6491

***Öğrenci, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara, muhtnalt@gmail.com, ORCID: 0009-0007-3093-8701

Günümüzde kurak ve yarı kurak iklim kuşağındaki pek çok bölgede tarım için su bulmak en önemli tarımsal sorun haline gelmiştir. Çiftçilerin tarım yapabilmek için yeterli kantite ve kalitede su bulmaları tarım sürekliliği açısından çok önemlidir. Birçok bölgede çiftçiler tarım için uygun kalitede olmayan suları sulamada kullanarak üretim yapmak zorunda kalmaktadırlar. Uygun kalitede olmayan sulama sularının öncelikle bitkiye daha sonra toprağa ve bitkilerin tüketilmesinden dolayı insan ve hayvanlara olumsuz etkileri söz konusudur. Bu yüzden düşük kaliteli suların bitkiye, toprağa, insana ve hayvanlara olan etkilerinin incelenmesi gerekmektedir.

Bu çalışmada 5 farklı tuzluluk düzeyine sahip sulama sularının maydanoz yetiştiriciliği durumunda maydanozun gelişimine, verimine ve toprak tuzluluğuna olan etkileri belirlenmiştir. Çalışma sonunda maydanozun düşük kalitedeki sulama sularına tepkisi ortaya konmuştur.

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Çalışma Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nde yetiştirme ortamı olarak 2 litre hacme sahip saksılarda yürütülmüştür. Yürütülen çalışmada bitkilerin dış çevresel etkenlerden korunması için yetiştiricilik kapalı yetiştirme ortamında yapılmıştır. Bitkiler saksı içerisinde, saksılar ise masa üzerinde olacak şekilde yetiştiricilik yapılmıştır.

Araştırmada toprakların homojenliğini sağlamak amacıyla hazır torf toprağı kullanılmıştır. 5 farklı kaliteye sahip sulama suları özel bidonlarda hazırlanmış ve araştırma boyunca sulamalarda her bir konu için o konuya ait sulama suyu kullanılmıştır. Araştırma boyunca her bir saksı tartılı lizimetre gibi değerlendirilerek saksıların tartılmasıyla tüketilen sulama suyu miktarları belirlenmiştir. Araştırma 5 farklı su kalitesinin 3 tekerrürlü olarak denenmesini kapsadığı için $5 \times 3 = 15$ saksıda yürütülmüştür. Çalışmada her bir saksıya eşit ağırlıkta olacak şekilde toprak yerleştirilerek ekim yapılmıştır. Araştırma konuları deneme deseni ve saksıların oluşturulması şekil 1'de gösterilmiştir.

Sulama suyu kaliteleri				
T1=0.5 dS/m	T2=2 dS/m	T3=4 dS/m	T4=6 dS/m	T5=8 dS/m
T1-1	T2-1	T3-1	T4-1	T5-1
T1-2	T2-2	T3-2	T4-2	T5-2
T1-3	T2-3	T3-3	T4-3	T5-3



Şekil 1. Sulama suyu kalitesi konuları deneme deseni ve yetiştirme ortamı

Sulama suları 5 litre hacimli su bidonlarında, saf su içerisinde, konuya ilişkin elektriksel iletkenliğe ulaşacak şekilde NaCl tuzu ilave edilerek hazırlanmıştır (şekil 2). Tuzların miktarı elektriksel iletkenlik değerlerini verecek şekilde 5 litre hacim için hesaplanarak tartılmış ve 5 litre suya ilave edilen tuzlar tamamen eritildikten sonra elektriksel iletkenlikleri ölçülerek kontrolleri yapılmıştır.

Saksılar önce tarla kapasitesi düzeyine getirilerek ağırlıkları hassas bir şekilde ölçülmüş ve böylece ilk sulamaları da yapılmıştır. Sonraki sulamalar için, sulama aralıkları sabit tutularak her sulama günü geldiğinde tarla kapasitesinden eksilmiş olan kısım tarla kapasitesi ağırlığına tamamlanacak şekilde konuya uygun su ilavesiyle sulamalar yapılmıştır.



Şekil 2. Sulama Sularının hazırlanması

Bitki gelişimine göre belli bir süre sonunda deneme tamamlanarak öncelikle konulara göre toprak üstü aksam hasat edilmiş ve yaş ağırlıklar belirlenmiştir. Bitkiler etüve 65-70°C de 48 saat kurutularak net kuru ağırlıkları belirlenmiş ve Kacar ve İnal (2010)'da belirtilen esaslara göre % kuru madde hesaplanmıştır. Kurutulan örnekler daha sonra kül fırınında 550°C'de Kacar ve İnal (2010)'da belirtilen esaslara göre yakılarak % mineral madde içerikleri belirlenmiştir.

Uygulanan sulama suyu kalitesine bağlı olarak farklı düzeylerde toprak tuzlulukları oluşacağından, her bir konuya ait topraklar önce 2 mm açıklıklı elekten elenerek saturasyon çamurları oluşturulmuştur. Gerekli süre beklendikten sonra saturasyon çamurlarından ekstrakt çıkarılarak toprakların tuzluluk değerleri (ECe) ölçülmüştür.

BULGULAR

Saksılarda 5 farklı sulama suyu kalitesi uygulanarak yetiştirilen maydanoz bitkisinde verim, bazı bitki özellikleri ve toprak tuzluluğu incelemeye alınmıştır. Bu özelliklere ilişkin sonuçlar aşağıda değerlendirilmiştir.

Bitki verimi

Saksılarda yetiştirilen maydanozlar belirli bir gelişim evresine ulaştığında (şekil 3) toprak üstü aksamı hasat edilerek tartılmış ve yaş sebze verimi olarak kaydedilmiştir. Elde edilen verim değerleri konulara göre tablo 1’de verilmiştir.

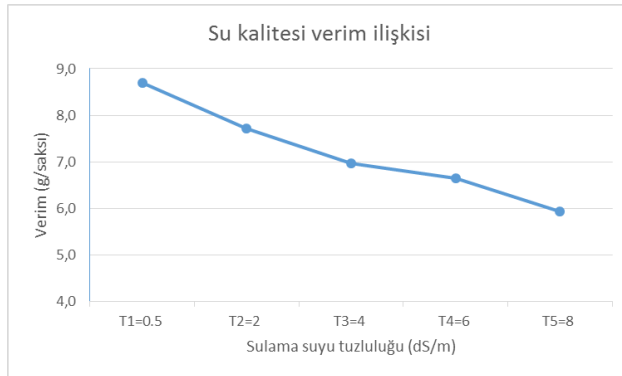


Şekil 3. Yetiştirilen maydanozların gelişim evresi

Tablo 1. Farklı sulama suyu kalitesine göre maydanoz verimi

Sulama suyu kalitelerine göre verim (g/saksı)					
	T1=0.5 dS/m	T2=2 dS/m	T3=4 dS/m	T4=6 dS/m	T5=8 dS/m
Verim	9.48	7.32	6.51	7.21	5.14
	8.24	8.11	7.13	6.62	6.44
	8.39	7.69	7.26	6.09	6.19
Ort.	8.70	7.71	6.97	6.64	5.92

Sulama suyu kalitesi verim ilişkisini gösteren grafik ise şekil 4’de verilmiştir.



Şekil 4. Maydanozda sulama suyu kalitesi verim ilişkisi

Şekilden görüldüğü gibi artan sulama suyu tuzluluğuna paralel olarak verimde önemli bir azalma söz konusu olmuştur. İyi kalitedeki T1 konusunda elde edilen verim tam verim olarak değerlendirildiğinde; T2 konusunda %89, T3 konusunda %80, T4 konusunda %76 ve T5 konusunda %68 oransal verim değerleri elde edilmiştir.

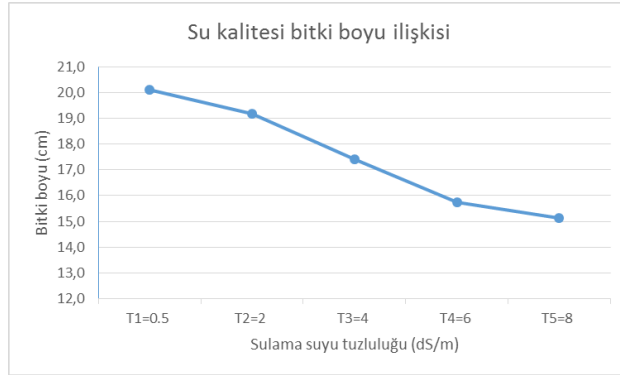
Bitki boyu

Hasat edilen maydanozlarda toprak üstü aksamın uzunluğu bitki boyu olarak değerlendirilmiştir. Bitkilerin konulara göre ortalama boy değerleri tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2. Farklı sulama suyu kalitesine göre maydanoz bitki boyu değerleri

Sulama suyu kalitelere göre bitki boyu (cm)					
	T1=0.5 dS/m	T2=2 dS/m	T3=4 dS/m	T4=6 dS/m	T5=8 dS/m
Bitki boyu	19.5	19.7	18.0	16.3	15.0
	20.7	18.8	16.7	15.7	15.5
	20.1	19.0	17.5	15.2	14.9
Ort.	20.10	19.17	17.40	15.73	15.13

Sulama suyu kalitesine bağlı olarak ortaya çıkan bitki boyu değerlerine ilişkin grafik şekil 5’de verilmiştir.



Şekil 5. Maydanozda sulama suyu kalitesi bitki boyu ilişkisi

Şekilden de görüldüğü gibi sulama suyu kalitesindeki bozulma bitkinin gelişimini önemli düzeyde kısıtlamıştır. İyi kalitede olan T1 konusundaki suya göre T2 konusunda %95, T3 konusunda %87, T4 konusunda %78 ve T5 konusunda %75 oransal bitki boyu değerleri elde edilmiştir. Hem verim hem bitki boyu açısından özellikle 2 dS/m tuzluluktan sonra önemli bir etkileşim söz konusu olmuştur. Bu nedenle 2

dS/m den daha tuzlu suların maydanoz sulamasında kullanılması verimde önemli kayıplara neden olacağı için önerilmemektedir.

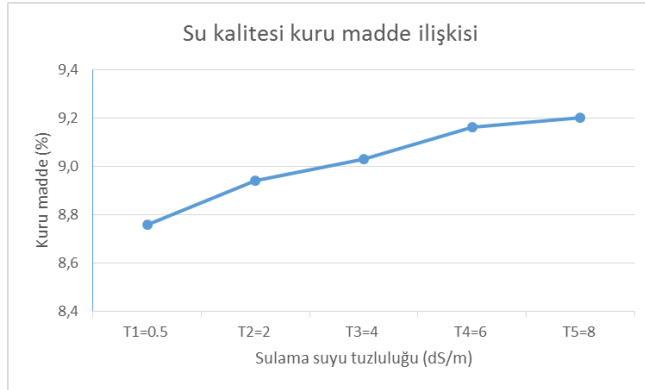
Kuru madde ve mineral madde içerikleri

Hasat edilen maydanozların toprak üstü kısımları yaş olarak tartılıp verim olarak kaydedildikten sonra, her bir konudan elde edilen yaş sebzeler etüvde 65-70 °C’de 48 saat kurumaya bırakılmıştır. Kuruduktan sonra tartılan örneklerin kuru ağırlıkları yaş ağırlığa oranlanarak % kuru madde içerikleri belirlenmiştir. Kuru madde içerikleri tablo 3’de verilmiştir.

Tablo 3. Farklı sulama suyu kalitesine göre kuru madde içerikleri

Sulama suyu kalitelerine göre kuru madde içeriği (%)					
	T1=0.5 dS/m	T2=2 dS/m	T3=4 dS/m	T4=6 dS/m	T5=8 dS/m
Kuru madde	9.78	9.48	9.60	9.37	9.58
	8.30	8.57	8.01	8.75	9.65
	8.21	8.77	9.47	9.35	8.38
Ort.	8.76	8.94	9.03	9.16	9.20

Sulama suyu kalitesine bağlı olarak ortaya çıkan bitki kuru madde içeriklerine ilişkin grafik şekil 6’da verilmiştir.



Şekil 6. Maydanozda sulama suyu kalitesi kuru madde içeriği ilişkisi

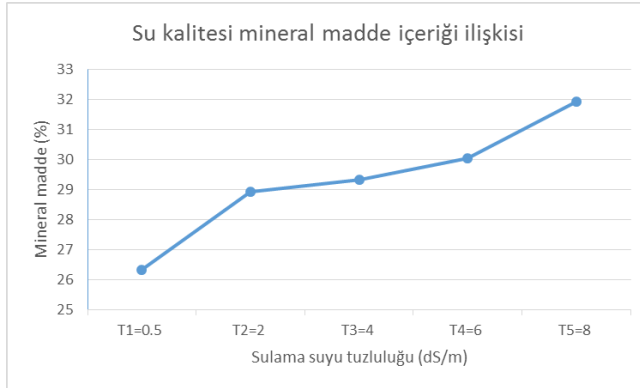
Şekilden de görüldüğü gibi sulama suyu tuzluluğunun artması bitkide kuru madde oranını artırmıştır. Daha tuzlu sular ile sulanan bitkilerde osmotik sorunlar nedeniyle fizyolojik kuraklık yaşanması kaçınılmaz olmaktadır. Toprakta yeterli su olsa bile yüksek tuzluluk sorunları nedeniyle bitki yeterince su alamamakta ve bu durum bitkinin susuz kalmasına ve daha fazla kuru madde oluşturmaya neden olmaktadır.

Kurutulmuş bitki materyalleri kuru ağırlık olarak tartıldıktan sonra kül fırınında yakılarak mineral madde içerikleri belirlenmiştir. Bunun için kurutulmuş ve tartılmış örnekler fırında 550 oC’de 6 saat kuru yakma işlemine tabi tutulmuş ve tüm organik madde yanarak kül haline geldikten sonra hassas terazide tartılmıştır. Kül ağırlığının, kuru ağırlığa oranı yüzde olarak mineral madde içeriğini vermektedir. Araştırmada elde edilen mineral madde içerikleri tablo 4’de verilmiştir.

Tablo 4. Farklı sulama suyu kalitesine göre mineral madde içerikleri

Sulama suyu kalitelere göre mineral madde içeriği (%)					
	T1=0.5 dS/m	T2=2 dS/m	T3=4 dS/m	T4=6 dS/m	T5=8 dS/m
Mineral madde	27.01	29.82	29.87	29.35	29.23
	26.51	30.03	26.38	30.67	35.92
	25.42	26.90	31.69	30.08	30.62
Ort.	26.31	28.92	29.31	30.03	31.92

Farklı kalitelere sularla sulanmış maydanoz bitkisi için konulara ilişkin yüzde toplam mineral madde (kül) içeriklerini gösteren grafik şekil 7’de verilmiştir.



Şekil 7. Maydanozda sulama suyu kalitesi toplam mineral madde içeriği ilişkisi

Toplam mineral madde bitki bünyesine alınmış olan mineral maddeyi ifade etmektedir. Bitkinin tüm organları organik olmakla birlikte bitki bünyesinde gelişim boyunca topraktan alınan mineraller birikmektedir. Bu minerallerin oranı şekil 7’den de görüldüğü gibi sulama suyu tuzluluğu ile artış göstermektedir. Yani bitki sulama suyu ile birlikte bünyesine mineralleri de almakta, suyun içerdiği mineral oranı arttıkça bitkinin bünyesine aldığı mineral oranı da artmaktadır.

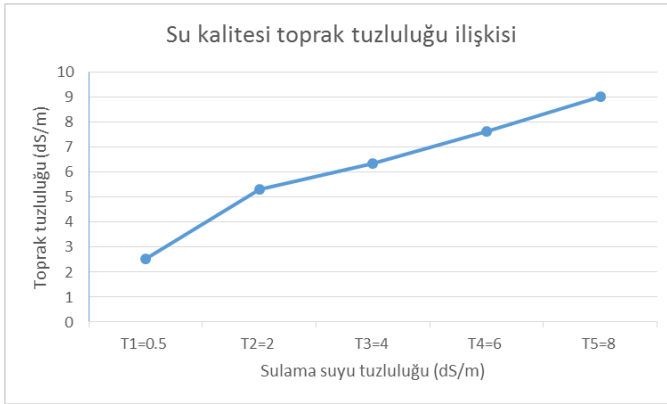
Toprak tuzluluğu

Sulamada kullanılan sular saf su olmadığı için belirli bir oranda tuz içermektedirler. Bu yüzden toprağa uygulanan sulama suyu ile aslında toprağa tuz ilavesi de yapılmaktadır. Başlangıç tuzluluk düzeyleri aynı olsa da farklı sulama suyu ile sulanan topraklarda hasat sonrası tuzluluk düzeyi tuz birikiminden dolayı farklılık göstermektedir. Uygulanan sulama suyunun tuz içeriği ne kadar yüksekse, toprakta da o oranda yüksek bir tuzluluk oluşacaktır. Bitkiler hasat edildikten sonra alınan toprak örneklerinde yapılan analiz sonucunda tablo 5’de görülen tuzluluk düzeyleri elde edilmiştir.

Tablo 5. Farklı kalitede uygulanan sulama sularına göre oluşan toprak tuzluluk düzeyleri
Sulama suyu kalitelerine göre toprak tuzlulukları (dS/m)

	T1=0.5 dS/m	T2=2 dS/m	T3=4 dS/m	T4=6 dS/m	T5=8 dS/m
Toprak tuzluluğu	2.69	4.70	6.07	8.11	8.33
	2.57	4.63	6.17	7.61	9.44
	2.30	6.65	6.77	7.24	9.35
Ort.	2.52	5.33	6.34	7.65	9.04

Sulama suyu kalitesine bağımlı olarak oluşan toprak tuzluluklarına ilişkin grafik şekil 8’de verilmiştir.



Şekil 8. Sulama suyu kalitesi toprak tuzluluğu ilişkisi

Şekilden de görüldüğü gibi uygulanan sulama suyu kalitesi toprak tuzluluğunu doğrudan etkilemektedir. Artan sulama suyu tuzluluğu toprak tuzluluğunu yükseltmektedir. Yüksek tuzluluk düzeyleri ile karşılaşmamak için mutlaka sulama suyuna ilave yıkama suyu verilmelidir. Bu durumda toprak tuzluluğunun aşırı yükselmesi önlenmiş olur.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Farklı sulama suyu kalitelerinin maydanoz bitkisinin gelişimi verimi ve bazı özelliklerine etkileri ile toprak tuzluluğuna etkisinin araştırıldığı bu çalışmada verim, bitki özellikleri ve toprak tuzluluğuna ilişkin aşağıdaki sonuçlar elde edilmiştir.

Sulama suyu tuzluluğunun artışına karşılık verim hızlı bir azalma göstermiştir. İyi kalitedeki 0.5 dS/m tuzluluğa sahip konuda elde edilen verim tam verim olarak değerlendirildiğinde; 2 dS/m tuzlulukta %89, 4 dS/m tuzlulukta %80, 6 dS/m tuzlulukta %76 ve 8 dS/m tuzlulukta %68 oransal verim değerleri elde edilmiştir. Görüldüğü gibi sulama suyu tuzluluğunun 8 dS/m gibi yüksek tuzluluğa ulaştığı durumda verim neredeyse yarıya düşmektedir. Aynı tuzluluk değerleri için bitki boyları ise T1 kontrol konusundaki suya göre 2 dS/m tuzlulukta %95, 4 dS/m tuzlulukta %87, 6 dS/m tuzlulukta %78 ve 8 dS/m tuzlulukta %75 oransal bitki boyu değerleri elde edilmiştir.

Sulama suyu tuzluluğunun artışı bitkide kuru madde içeriğini bir miktar artırmıştır. İyi kaliteli su kullanıldığında %8.76 olan kuru madde içeriği 8 dS/m lik en tuzlu konuda %9.20'ye kadar ulaşmıştır. Sulama suyu tuzluluğunun artışına göre bitkide mineral madde içerikleri ise çok belirgin bir artış göstermiştir. İyi kalitedeki 0.5 dS/m tuzluluğa sahip konuda elde edilen mineral madde içeriği %26.31 iken, 2 dS/m tuzlulukta %28.92, 4 dS/m tuzlulukta %29.31, 6 dS/m tuzlulukta %30.03 ve 8 dS/m tuzlulukta %31.92 olarak belirlenmiştir.

Toprak tuzluluğu zaten sulama suyu tuzluluğunun bir fonksiyonu olduğu için arada doğrudan bir ilişki ortaya çıkmıştır. İyi kalitedeki 0.5 dS/m tuzluluğa sahip konuda elde edilen toprak tuzluluğu 2.52 dS/m iken, 2 dS/m tuzlulukta 5.33 dS/m, 4 dS/m tuzlulukta 6.34 dS/m, 6 dS/m tuzlulukta 7.65 dS/m ve 8 dS/m tuzlulukta 9.04 dS/m olarak belirlenmiştir.

Sulama suyu kalitesindeki kötüleşme başta verim olmak üzere bitkinin özelliklerini etkilemiş verimi ve bitki boyunu azaltmış, kuru madde içeriğini, mineral madde içeriğini ve toprak tuzluluğunu artırmıştır. Maydanoz yetiştiriciliğinde sulama suyu tuzluluğunun 2 dS/m'yi geçmeyecek şekilde olmasına özen gösterilmelidir. Yüksek tuzluluklarda bitki ve toprakta sorunların görüleceği açıktır.

KAYNAKÇA

Kacar, B. ve İnal, A. (2010). Bitki analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.

Öztürk A, olak M.S. (2024). A Quantitative and Qualitative Assessment of Turkey’s Water Resources Potential. J Agr Sci-Tarım Bili. 2024;30(1):1-34.

DRONE KULLANIMI VE BİTKİ KORUMA

Tuğba Çakır**

GİRİŞ

Tarımsal üretim faaliyetleri insanlığın en eski uğraşlarından biridir. Yıllardır süregelen bu faaliyet her zaman yeniliğe açık ve gelişim sağlayan her sektöre de uyum sağlamaktadır. Teknoloji, insan hayatında yerini günbegün arttırdıkça günlük hayattan iş hayatına kadar her alanda kendine yer bulmaktadır. İnsansız hava aracı (İHA) olarak bilinen ve teknolojinin son zamanlardaki popüler ürünlerinden biri olan drone' larla sık sık karşılaşma imkanı ortaya çıkmaktadır. Çeşitli toplantılarda, askeri alanda, inşaat çalışmalarında görüntülerin daha rahat kaydedilmesine, kargo taşımacılığından, fotoğraf ve sinema çekimlerine, itfaiye ve polisinde kullanımına olanak sağlayan dronlar tarım alanında da adından söz ettirmiştir. Teknolojide yenilikçi yaklaşımlar kapsamında tarımsal üretimde ürünlerin tarladan hasada kadar üretimin her alanında uygulandığı görülmektedir.

Tarımda drone' ların başlıca kullanım alanları arazilerin görüntülerinin elde edilmesi, herhangi bir doğal afette arazi durumlarını incelenmesi, ilaçlama ve gübreleme, hastalık ve zararlıların bulunduğu bölgenin tespiti, hayvanların takibi, sulama durumunun izlenmesi, gelişmiş drone kullanılarak bitki ekimi ve tohum ekimi gibi alanlar olmaktadır. Drone teknolojileri, aşırı su, pestisit ve herbisit kullanımını azaltır, toprağın verimliliğini korur, ayrıca insan gücünün verimli kullanılmasına yardımcı olur ve verimliliği ve kaliteyi artırır (Dutta ve Goswami, 2020).

Dronelar hızlı, yenilikçi ve daha kolay uygulanabilirlik için ideal araçlardır. Amaç ise üretimi daha güvenli ve daha verimli hale getirmektir. Tarımda drone kullanımının avantajları değerlendirilecek olursa özel kıyafetlere gerek kalmadan uygulama yapabilme imkanı sunmaktadır. Böylelikle insanların ilaçlama yaparken zararlı kimyasallara maruz kalma olasılığı da azalmaktadır. İlaçlama, gübreleme, kontrol esnasında üretilen mahsüllerin zarar görmesi en aza indirilebilmektedir.

** Öğr. Gör. Dr. Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Dijital Tarım Teknolojileri Programı, Karaman, tyetgin@kmu.edu.tr, ORCID: orcid.org/0000-0002-5647-2985

Yakıt, su ve zamandan tasarruf sağlanmasına olanak vermektedir. Herhangi bir kara aracı kullanılarak yapılan uygulamalara oranla avantajlı hale gelmektedir. Üretim alanında yapılacak işin kısa sürede tamamlanmasını sağlamakla beraber engebeli tarım arazilerinde de fırsat sağlamaktadır. Kimyasal zararlanmanın azaltılarak toprak, su ve çevre kirliliğinde de en aza indirilmesi sağlanmış olur. Uzaktan kontrol edilebilir ve zarar gören parçalarının kolay tamir edilebilirliği ile avantajlı olarak görülmektedir (Anonim. 1). Dezavantajlarını değerlendirecek olursak; sulamada kullanılamaz, normalde kullanılan tarım makinelerinin yaptığı büyüklükteki işi yapamaz, olumsuz hava şartlarında kullanımı sınırlıdır, veri güvenliği, gizlilik ve mahremiyet ihlali sorunlarını beraberinde getirebilir, farklı ülkelerin drone'ların tarımda kullanımına ilişkin kendi kısıtlayıcı çerçeveleri bulunur, en büyük problemlerinden birisi pil süresinin kısa olmasıdır (Özgüven, vd., 2022). Kullanılacak olan pestisit formülasyonu önemli bir husustur. Katı formülasyonlu pestisitler [Toz (DP), Granül (GR) vb.] İHA püskürtme memeleri için uygun değildir. Bu durum İHA kullanımını kısıtlamaktadır. Ülkemizde henüz çok yaygın olmadığı için uygulama yapan firmaların fiyatlandırması en üst seviyeden olmaktadır (Alkan ve Ertuğrul, Özgünlaltay, G., 2022). Havadan ilaçlamayı kolay hale getirip, tarla içinde gezilerek yapılamayacak uygulamalara fırsat sağlıyor ancak havanın durumuna göre de ilaçlarda sürüklenme söz konusu olabiliyor. İlaçlama alanlarının mesafesini arttırarak daha az zaman harcamasında, pestisit uygulamalarında tasarrufa ve bunların daha az kullanımına sebebiyet verebilirler. Uygulama yapılan alanın nerede ve ne şartlarda olduğu, uygulama yapılacak arazideki bitki boyutu gibi durumlardan etkilenmezler.

Drone' lar geniş arazi koşullarında yabancı otların, hastalık ve zararlıların tespiti konusunda karşımıza çıkmaktadır.

Rosslim vd., 2021' de yaptıkları derlemede, insansız hava araçları (İHA'lar) ve makine öğrenimi algoritmalarının kullanılarak, ekili alanlardaki yabancı ot alanlarını doğru bir şekilde belirlenerek yabancı ot yönetiminin sürdürülebilirliğinin arttırılabileceği sonucuna varmışlardır. İnsansız hava araçlarının, yabancı ot alanlarının belirlenmesinde ve herbisite dirençli yabancı otlara karşı seçim baskısını ve çevredeki herbisit yayılımını azaltarak entegre yabancı ot yönetimine yardımcı olabileceğini bildirmişlerdir.

Hiremath vd., 2024 ‘te sırt çantalı, boom püskürtmeli ve drone tipi püskürtücülerin soya fasülyesinde yabancı ot mücadelesindeki karşılaştırmalı olarak etkilerini incelemişlerdir. Çıkış öncesi ve çıkış sonrası on uygulama içeren çalışmada yabancı ot sayısı, yabancı ot kuru ağırlığı, yabancı ot indeksi ve yabancı ot kontrol etkinliği değerlendirilmiştir. Yabancı otların çıkış öncesi ve çıkış sonrası herbisit uygulamasında en iyi etkiyi sırt çantalı püskürtücünün gösterdiği ortaya konulmuştur. Drone ile yapılan herbisit uygulamasının boom püskürtücü ve sırt çantalı püskürtücüye göre daha hızlı olduğu, daha az su ve işçilik kullanıldığı sonucuna varmışlardır.

Dang vd., 2018’ de Turplardaki *Fusarium solgunluğunu* drone ile konvansiyonel sinir ağlarını kullanarak bir çalışma yapmış, hastalığın tespiti, sınıflandırması ve şiddetine ilişkin verileri elde etmeye çalışmıştır. Drone’ a takılan kamera ile yüksek kaliteli görüntüler elde edilerek, renk ve doku özellikleri çıkarılmaya çalışılmıştır. Burada *Fusarium solgunluğunun* erken tespiti yapılarak halihazırdaki ve gelecek nesiller için gıda güvenliği için zamanında önlem alınabileceğini vurgulamışlardır.

Altaş vd., 2018’ de drone kullanılarak görüntü işleme tekniği ile şekerpancarında yaprak lekesi hastalığının (*Cercospora Beticola* Sacc.) düzeyinin belirlenmesi için yaptığı çalışmada şeker pancarında yaprak lekesi hastalığının başarılı bir şekilde tespit edilmesi, bu yöntemin farklı bitki türlerinde bitki büyümesinin izlenmesi, verim belirleme, hastalık ve zararlı böcek tespiti gibi uygulamalarda kullanılabileceği sonucuna varmıştır.

Matre vd., 2024 yaptıkları çalışmada uzaktan algılama sistemleri kullanılırken zararlıların kendilerinden ziyade neden olduğu böcek zararının neden olduğu hastalık belirtilerinin tespit edildiği unutulmamalı. Bu nedenle böcek zararlarının belirlenmesinde sahada gözleme hala ihtiyaç duyulmaktadır. Çiftçiler drone’ ları kullanarak kuşbakışı görünümeler elde edebilirler ve hastalık yönetimi için alınan kritik kararlarda fayda sağlayabilirler.

Tarımsal alanda drone kullanımında öncelikli olarak pestisit uygulamalarına odaklanılmıştır. Zararlıların kontrolünde de pestisitlerin püskürtme hacmi, damlacık boyutu, damlacık yayılımı ve nüfuz olabilmek potansiyelleri ile etkililikleri üzerine çalışmalar yapılmaktadır (Lou, Z. vd., 2018).

Drone' ların bitki koruma alanında kullanımı istenilen alan ve istenilen zamanda gerçekleştirilememektedir. Bitki koruma ürünlerinin kullanımı için Tarım ve Orman Bakanlığı'nın hazırladığı İnsansız Hava Aracı Sistemlerinin Zirai Mücadele Kapsamında Bitki Koruma Ürünü Uygulamalarında Kullanılmasına İlişkin Yönerge" dikkate alınmaktadır. Bu yönergedeki teknik şartnamelere bağlı kalınarak uygulamalar yapılması söz konusudur. Bu yönergeye göre insansız hava aracının kullanımı 9/6/2021 Tarihli ve 31506 Sayılı Resmi Gazete (1.Mükerrer)'de yayımlanarak yürürlüğe giren Zirai Mücadele Alet ve Makineleri Hakkında Yönetmelik hükümlerine göre yapılır.

Bu şartnamede kullanıma ilişkin izin, kayıt ve bilgi verme durumları hakkında ayrıca yetki, sorumluluk ve yaptırım uygulamaları hakkında gerekli bilgilere yer verilmektedir. Burada da bitki koruma ürünleri uygulaması yapılmadan önce il müdürlüğünden izin alınması gerekir. Ayrıca drone kullanılarak yapılacak zirai mücadelede bitki koruma ürünü uygulamaya ilişkin teknik şartlarda bunlar desteklenmektedir. Teknik şartlarda;

- 1) Zirai mücadele amacıyla bitki koruma ürünü uygulamalarında, insansız hava aracı sistemleri, Zirai Mücadele Teknik Talimatlarında önerisi olan zararlı organizmalara karşı, talimatta belirtilen metotlara uygun olarak kullanılır.
- 2) İnsansız hava aracı sistemlerinin, bitki koruma ürünü uygulama üniteleri veya sistemlerinin, depo kapasitelerinin sınırlı olması nedeniyle uygulanan bitki koruma ürünlerinin uygun formülasyona sahip olması gerekir.
- 3) İnsansız hava aracı sistemlerinin, bitki koruma ürünü uygulama üniteleri veya sistemlerinde, ilaçlama parametrelerine bağlı olarak düşük ve orta hacim sınıfındaki uygulamalarda kullanılan yelpaze veya konik huzmeli memeler kullanılabilir.
- 4) İnsansız hava aracı sistemleri ile zirai mücadele kapsamında bitki koruma ürünü uygulamaları, il müdürlükleri tarafından gerekli görüldüğü hallerde kontrol edilir.
- 5) insansız hava aracı sistemleri ile zirai mücadele amacıyla bitki koruma ürünü uygulamalarında, mera, meskûn mahal ve sulak alanlar ile uygulama yapılacak alanın sınırları arasında en az 3 km.'lik emniyet mesafesi bırakılır.
- 6) İnsansız hava aracı sistemleri ile zirai mücadele amacıyla bitki koruma ürünü uygulamaları, sivil havacılık mevzuatına göre

yetkinliği belgelenmiş üreticiler, profesyonel uygulayıcılar ve ruhsat sahibi firmalar gibi kullanıcılar tarafından yapılır.

- 7) İnsansız hava aracı sistemlerinin, bitki koruma ürünü uygulama üniteleri veya sistemlerinin, Genel Müdürlük veya il müdürlüğü tarafından uygun görülmeyen, bitkisel ürünlerde, zararlı organizmalara karşı ve uygun görülmeyen bitki koruma ürünlerinde kullanımına izin verilmez (Anonim. 2.) şeklinde şartlara yer verilmektedir.

SONUÇ

Teknolojik faaliyetlerin hızla gelişmesiyle her alana uyumu da aynı hızda gerçekleşmektedir. Bu bağlamda da özellikle ilaçlama aşamasında drone kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Teknolojiden faydalanmak çok cazip gözüktüğü de avantaj ve dezavantajları beraberinde getirmektedir. Bunların kullanımı için gerekli bilgi ve donanıma sahip olunmalı, yerinde ve gerekli şekilde kullanılmalıdır. Kullanımları gerçekleştirilirken teknik talimatların hepsine uyum sağlayarak faydayı maksimuma çıkarmak söz konusu olmalıdır. Drone kullanımı zaman, su ve ilaç kullanımından faydalanmayı amaçlayan güçlü bir teknolojik alettir. Böylelikle çevre dostu uygulamalarda söz konusu olmaktadır. Hastalık, zararlı ve yabancı ot mücadelesinde kolay ve erken uygulama imkanları sunmaktadır. Bu durum sürdürülebilir tarım yönteminde daha verimli uygulamalara yer açılmaktadır.

KAYNAKÇA

- Anonim 1. www.cropim.com (Erişim Tarihi: 01.10.2025)
- Anonim 2. <https://kms.kaysis.gov.tr/Home/Goster/184351> (Erişim tarihi: 15.09.2025)
- Alkan, B. ve Özgünaltay Ertuğrul, G. (2022). Tarımsal İnsansız Hava Araçları ile Pestisit Uygulamaları. *Ahi Ziraat Der/J Ahi Agri* 2(2): 232-238.
- Altas, Z., Ozguven M., M. ve Yanar, Y. (2018). Determination of Sugar Beet Leaf Spot Disease Level (*Cercospora Beticola Sacc.*) with Image Processing Technique by Using Drone. *Curr. Inves. Agri. Curr. Res* 5(3). DOI: 10.32474/CIACR.2018.05.000214.
- Dang, M., L., Hassan, S., I., Suhyeon, I., Sangaiah, A., K., Irfan Mehmood, I., Rho, S., Seo, S. ve Moon, H. (2018). UAV based wilt detection system via convolutional neural networks. *Sustainable Computing: Informatics and Systems*. DOI: 10.1016/j.suscom.2018.05.010.
- Dutta, G. ve Goswami, P. (2020). Application of drone in agriculture: A review. *Int. Jour. of Chemc. Studies* 8(5):181-187. DOI: 10.22271/chemi.2020.v8.i5d.10529.
- Hiremath, C., Khatri, N. ve Jagtap, M., P. (2024). Comparative studies of knapsack, boom, and drone sprayers for weed management in soybean (*Glycine max* L.). *Environmental Research* 240 117480.
- Matre, Y., B., Lad, G., A., Neharkar, P., S. ve Sonkamble, M., M. (2024). Drone technology precision agriculture of insect pest management : a short review. *J. ent. Res.*, 48 (3) : 00-00.
- Özgüven, M. M., Altaş , Z., Güven, D. ve Çam, A. (2022). Tarımda Drone Kullanımı ve Geleceği. *Ordu Univ. J. Sci. Tech.* 12(1): 64-83.
- Roslim, M.,H.,M., Juraimi, A., S., Che'Ya, N., N., Sulaiman, N., Manaf, M., N., H., A., Ramli, Z. ve Motmainna, M. (2021). Using Remote Sensing and an Unmanned Aerial System for Weed Management in Agricultural Crops: A Review. *Agronomy* 2021, 11, 1809. DOI: 10.3390/agronomy11091809
- Z. Lou, F. Xin, X. Han, Y. Lan, T. Duan, W. Fu Effect of unmanned aerial vehicle flight height on droplet distribution, drift and control of cotton aphids and spider mites. *Agronomy*, 8 (2018), p. 187.

HASSAS TARIM TEKNOLOJİLERİ KULLANILARAK SULAMA PLANLAMASI: YENİLİKÇİ YAKLAŞIMLAR VE UYGULAMALAR

Ahmet Haşim Keskin*, İsmail Çinkaya**

GİRİŞ

Güvenli gıdaya ulaşım yaşamın sürdürülebilirliğinin temelidir. Gıda üretiminin ana kolları olan bitkisel ve hayvansal üretimin vazgeçilmez girdisi de sulamadır. Su temini ve yönetimi sulamanın tarihteki politikaları belirleyen rolünü daha da artırmaktadır. Su da bütün doğal kaynaklar gibi sınırlıdır. Artan ve artması beklenen nüfus tarımsal üretimi baskılamaktadır. Giderek kentleşme, yoğun tarım, sanayi kaynaklı sebeplerle su kısıtları artmaktadır. Ulaşılması zorlaşan su bitkisel üretimi kısıtlayabilmektedir. Su kaynaklarına yönelik artan talep ve rekabet zaman ilerledikçe kızışmaktadır. İklim değişikliği ve küresel ısınmayla artan yağış değişkenliğiyle; tarım havzaları kuraklık ve çölleşme ile mücadele eder durumdadır. Azalan bitkisel üretime dayalı hayvansal üretimde etkilenecektir. Gıda güvenliği ve dolayısıyla beslenme yetersizliği toplum refahına yönelik ciddi risktir.

Tarımda su kullanımının daha sürdürülebilir teknolojik, izlenebilir ve adil işletme yapısına artıracak ve hızlı yapıcı eylemlere gereksinim bulunmaktadır. Halen tarımsal sulama tatlı suyun açık ara en büyük kullanıcısı durumundadır.

Suya erişim Dünya'nın farklı kesimlerinde yaşamsal önemi ile gündemdir. Suyun sosyal hayatta erişilebilir olması temel hak olarak birçok disiplin tarafından genel kabul görmektedir. Tarımsal su da güvenli gıda, açlık bağlamında toplumun ortak malı olarak değerlendirilmektedir. Tekrarlayan kuraklıktan etkilenen 128 milyon hektarlık (veya %11'lik) yağmurla beslenen tarım arazisinde çalışan ve çoğu küçük ölçekli çiftçi olan üreticiler, su hasadı ve su tasarrufu

* Dr. Öğr. Üyesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü Organik Tarım Programı Karaman, ORCID: 0000-0002-2612-7240, ahasimkeskin@kmu.edu.tr

** Toprak Su ve Çölleşme İle Mücadele Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Konya, ORCID ID: 0000-0002-6080-652X

tekniklerinden büyük ölçüde faydalanabilirler. Bir tahmine göre, bu uygulamalar yağmurla beslenen kilokalori üretimini %24'e kadar, sulama yaygınlaştırmasıyla birleştirildiğinde ise %40'ın üzerinde artırabilir (FAO, 2016). Kullanıcıları arasındaki anlaşmazlıklar ve özellikle küçük ölçekli çiftçilerin suya ulaşmalarında ekonomik sebepli teknolojik ve enerji kaynaklı kısıtlar yaşamaktadır. Kırsal kesimdeki yoksullar ve diğer savunmasız kesimler için suya erişimde eşitsizliği daha da kötüleştiren bu durum göç sorununu artırmaktadır (Batchelor ve ark., 2016). Ülkelerin sorunun niteliğine ve büyüklüğüne, tarımsal üretim sistemlerinin türü, kalkınma düzeyi ve siyasi yapıları gibi diğer faktörlere bağlı olarak uygun politika ve müdahaleleri belirlemesi hızlandırılmalıdır. Bu çalışma tarımla ilgili paydaş, aktör ve karar vericilere öneri sunmak üzere hazırlanmıştır. Tarımda su kısıtlamalarının üstesinden gelmek ve suya verimli, sürdürülebilir ve adil erişimi sağlamak için politika ve müdahalelere nasıl öncelik verebilecekleri konusunda rehberlik sunmak amaçlanmaktadır.

Tarım-gıda endüstrisi, artan küresel nüfus nedeniyle büyük bir zorlukla karşı karşıyadır. Arazi kıtlığı göz önüne alındığında, bu sorun ancak daha yüksek üretim verimliliğiyle çözülebilir. Hassas tarım potansiyel bir çözüm sunmaktadır. Özellikle gelişmekte olan ülkelerdeki çoğu çiftlik, hassas tarım teknolojilerini uygulamada zorluk çeken küçük ölçekli birimlerdir. Sistematik olarak seçilen makalelere dayanarak, önemli faydalar ve kısıtlamalar belirlenmiş ve çözümler sunulmuştur. Küçük işletmelerin düşük ekonomik performansı nedeniyle, (gösterilmiş) ekonomik faydalar esastır; ancak, HA'nın potansiyel çevresel faydalar da sağladığı eklenmelidir. Hassas tarım teknolojilerinin küçük ölçekli düzeydeki beş temel kısıtlaması, küçük arazi boyutu, yüksek benimseme maliyeti, teknolojiyle ilgili zorluklar, profesyonel destek eksikliği ve destekleyici politika eksikliğidir.

Literatürde sunulan çözümler çeşitlidir ve bunlar arasında ortak/kolektif eylemler, bölge belirleme/tarla sınırı tespiti, iş birliği kooperatifleri; düşük maliyetli teknoloji, ortak makine kullanımı; eğitim, (ortak) bilgi, standartların kullanımı, basit ve kullanıcı dostu teknoloji; tedarikçilerin, danışmanların ve tarımsal müteahhitlik hizmetlerinin profesyonel desteği bulunmaktadır. ve politika odaklı yatırımlar ve yeterli düzenlemeler. Daha düşük maliyetli, modüler

teknolojiler, PA kullanımının hızlanmasına yardımcı olabilir (Mizik, 2023).

Hassas tarım, üretimi oluşturan bütün unsurları bilimsel çerçevede önceliklerine göre oranlayarak tasarım politika tasarımı hedeflemektedir. Dünyanın en büyük su kullanıcısı olan ve küresel su tüketiminin yüzde 70'inden fazlasını oluşturan tarımda tatlı su ve yağmur suyunun daha verimli ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılması gerekmektedir (FAO, 2020).

Konunun bu bağlamında su denetimi ve muhasebenin yapılması kavramları ortaya çıkmaktadır. Su denetimi, su muhasebesinin bulgularını, çıktıları ve önerilerini yönetim, kurumlar, kamu ve özel harcamalar, mevzuat, hizmet sunumu ve belirtilen alanların daha geniş politik ekonomisini kapsayan daha geniş bir çerçeveye yerleştiren bir süreç olarak tanımlanmaktadır. Bu nedenle, su denetiminin odak noktası, su yönetimi, su temini veya su hizmetleri sunumunun daha geniş toplumsal bağlamını değerlendirmek ve anlamaktır. Su muhasebesine benzer şekilde, su denetimi de belirli bir amaca ulaşmak için tasarlanmış nispeten hızlı, tek seferlik bir faaliyetten, örneğin sulama; evsel su, sanitasyon ve hijyen (WASH); enerji üretimi, iç su balıkçılığı, çevresel akışlar, navigasyon vb. gibi geniş bir kullanım yelpazesi için adil ve verimli su hizmetleri sunumu sağlamayı amaçlayan uzun vadeli bir İzleme ve Değerlendirme programına kadar birçok farklı biçimde olabilir. Su denetimi sırasında toplanan bilgiler genellikle çeşitlidir ve çeşitli toplumsal sorunları ele alır. Çıktılar da biçim, format, hedef kitle ve kullanım açısından aynı derecede çeşitlidir. Su bitki besin maddelerinin bünyeye girişinde alternatifi olmayan önemiyle her türlü tarımsal yatırım ilk girdisidir. Bu yaşamsal temel üretim girdisini doğru yönetmek havza ve ülke, komşu ülke ve kıta bazında önemlidir. Hassas tarım uygulamaları kaynakları teknolojiyle en etkili kullanabilmek için avantajdır.

TARIMSAL SÜRDÜRÜLEBİLİR ÜRETİMİNDE SULAMADA TEKNOLOJİSİNİN PLANLANMASI

Ekonomik olanaklar ekolojik kaynakları optimum ve dengeli kullanmayı uzun vadede toplum refahını artırıcı olarak kurgulamalıdır. Bilinçli paydaşlar ve aktörler doğru rolleri tam ve süresinde hedefler. Gıda üretimi artan çeşitlilik ve niceliği ile tüketicilerin her bölge için

değişen özelliklerde temel ihtiyacıdır. Kültürel mirasın korunmasına olan ilginin yanı sıra, sağlıklı ve doğal beslenme eğilimleri de geleneksel gıdaların ticari potansiyelini artırmaktadır (Keskin ve Gökmen, 2025).

Sulama konusunda hazırlanacak eğitim ve yayım girişimlerinde modül oluşumunda yenilikçi bu konu başlıkları sıralanabilir.

- Su kaynaklarının sürdürülebilir yönetimi gereksinimi,
- Hassas tarım teknolojilerinin sulama planlamasındaki rolü,
- Doğal kaynaklara etkileri,
- Ekonomik rantabilite ve sulama ilişkisinin hassas tarım boyutu.

Bu ana başlıklarda önerimiz aşağıdaki alt başlıklarda deneme, uygulama ve araştırma kurgulanmalıdır.

HASSAS TARIMIN TANIMI VE TEMEL İLKELER

Hassas tarım teknolojileri, tarımsal üretimde verimliliği artırmak, kaynak kullanımını optimize etmek ve çevresel etkileri minimize etmek amacıyla geliştirilmiş yenilikçi çözümler üreten uygulamalardır. Hassas Tarım, zamansal, mekânsal ve bireysel bitki ve hayvan verilerini toplayan, işleyen ve analiz eden ve bunları diğer bilgilerle birleştirerek, kaynak kullanım verimliliğini, üretkenliği, kaliteyi, karlılığı ve tarımsal üretimin sürdürülebilirliğini artırmak için tahmini değişkenliğe göre yönetim kararlarını destekleyen bir yönetim stratejisidir (ISPA, 2024).

Sulama, tarımsal üretimin en kritik girdilerindendir. Hassas tarım teknolojilerin de sulama planlaması üretimin teknik ve ekonomik etkinliğini artırmada kilit role sahiptir. Bu çalışma, hassas tarım teknolojilerinin sulama planlamasına bütünleşmeyi incelemeyi ve bu teknolojilerin su kullanım verimliliği, ürün verimi ve sürdürülebilirlik üzerindeki etkilerini değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Aşağıda belirtilen konu başlıkları günümüz bilimsel ve özellikle dijital tarımdaki yenilikleri kümelemektedir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Hassas tarım teknolojileri, sulama planlamasında su kaynaklarının daha verimli kullanılmasını sağlayarak tarımsal üretimin sürdürülebilirliğine katkıda bulunmaktadır. Tarım politikalarında bu teknolojilerin yaygınlaştırılması için çiftçilerin eğitimi, uygun

politikaların geliştirilmesi ve teknolojik altyapının güçlendirilmesi konusunda bilinçlendirme yapılmalıdır.

Mevcut küresel sulama suyu kullanımının %40'ının çevresel gereklilikleri pahasına gerçekleştiği tahmin edilmektedir. Tarımda su kullanımının sürdürülebilirliğini artırmak, aynı zamanda ekosistem işlevlerini sürdürmek için genellikle göz ardı edilen çevre ile ilgili gerekliliklerinin garanti altına alınması anlamına gelecektir.

Bitkisel üretim desenin gerekliliklerinin garanti altına alınmadığı havzalarda özellikle yeraltı su çekimlerini azaltmak ve su kullanım verimliliğini artırmak önceliklidir. Suyun kullanıldığı bitkisel üretimin ulusal yeterlik ve rekabet edebilir yönleriyle muhasebesi ve denetimine çerçevelendirilmelidir. Örneği çok az olan su muhasebesi ve denetimi, özellikle tarımda su kıtlığıyla mücadeleye yönelik etkili bir stratejinin temelini oluşturmalıdır. Muhasebe ve denetim birlikte, daha gerçekçi, sürdürülebilir, etkili ve adil bir su yönetimi için temel oluşturabilir.

Karar vericilerin bütün seçenekleri belirleyebilmek varacakları strateji daha uygulanabilirdir. Her bölgenin kendi ekolojisi ve sosyoekonomik yapısına göre uygulanabilir önlemlerin türü seçilmelidir Bu çalışma da belirtilen başlıklar konusunda uzmanlaşma yolunda tabana yayılan bilinçlenme kötü durum senaryolarında devreye hızlıca alınabilir. Havzalardaki su potansiyeli ve kısıtlamalarının boyutuna göre çevresinde ki üretim alanlarını da öngören projelendirmeler yapılması sivil toplum kuruluşları ile geniş tabanlı masaya yatırılmalıdır.

KAYNAKÇA

- Batchelor C. Hoogeveen j., Faurès J.M. Peiser L., 2016. Accounting and Auditing - A sourcebook <https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/9a20e806-d8f3-4723-8914-d999e822435/content>
- FAO., 2016. Land and Water Division Food and Agriculture Organization of The United Nations Rome. (Erişim Tarihi:09.10.2025)
- FAO., 2020. The State of Food and Agriculture 2020. Overcoming water challenges in agriculture. Rome: Food and Agriculture Organisation of the United Nations <https://ispag.org/resources/definition> <https://www.fao.org/interactive/state-of-food-agriculture/2020/en/> (Erişim Tarihi:09.10.2025)
- ISPA., 2024.The International Society of Precision Agriculture. (Erişim Tarihi:09.10.2025)
- Keskin, A.H., & Gökmen S., 2025. Buğdaydan Üretilen Geleneksel Gıdaların Çeşitlendirilerek Kırsal Ekonomik Değerinin Artırılması. 2nd International Conference on Pioneer and Academic Research (ICPAR 2025), 1, 585-590.
- Malaslı, M. Z., Akkoyunlu, M. C., Pekel, E., Taşova, M., Dursun, S. K., & Akkoyunlu, M. T. 2025. Prediction of drying kinetics and energy consumption values of purple carrots dried in a temperature-controlled microwave dryer by decision tree, random forest and ada boost approaches. Chemometrics and Intelligent Laboratory Systems, 260, 105352.
- Mizik.T., 2023. How Can Precision Farming Work on a Small Scale? A systematic literature review. Precision Agriculture (2023) 24:384–406

FLORESANS NİTRİK OKSİT MEKANİZMALARI: DİAZOLAMA

Tahir Savran**

GİRİŞ

Biyolojik süreçlerde doğal olarak üretilen Reaktif Oksijen Türleri (ROS), kimyasal olarak reaktif yapılardır. ROS terimi hem radikallerden hem de radikal olmayan türlerden oluşabilir. Genellikle radikalleri $\cdot\text{OH}$, $\text{RO}_2\cdot$, $\text{NO}\cdot$ ve $\text{O}_2\cdot$ yapıları iken radikal olmayanları ise HOCl , $^1\text{O}_2$, ONOO^- , O_3 ve H_2O_2 yapılarından ibarettir. Reaktif oksijen türleri oksidatif strese yol açmakta ve oksidatif stresin tetiklediği kardiyovasküler hastalıklar, diyabet ve kanserler gibi çeşitli hastalıklarla ilişkili olduğu ileri sürülmektedir (Bhattacharya, 2015; Figueira ve diğerleri, 2013). ROS'tan, çok kısa yarı ömre sahip gaz halindeki bir molekül nitrik oksit ($\text{NO}\cdot$)'tir. $\text{NO}\cdot$ 'nın izlenmesi için basit ve seçici floresan sensörlerin geliştirilmesi, bu gazotransmitterin farklı fizyolojik ve patolojik yollarda oynadığı anahtar rollerden dolayı büyük önem taşımaktadır. $\text{NO}\cdot$, sinir fonksiyonlarının önemli bir modülatörü olduğundan, belirlenmesi çok önemli bir konudur. ROS tespitine yönelik teknikler arasında kromatografi, elektron paramanyetik (döndürme) rezonansı (EPR), nükleer manyetik rezonans (NMR), kütle spektrometrik (MS) analizi, sıvı sintilasyon sayımı ve floresans (FL) ve kemilüminesans (CL) yer alır. Bunlar yararlı olabilir ancak floresans (FL) yöntemi dışında taşınabilir değildirler, uygulanması uzmanlık gerektirir ve pahalıdır (Das, B., Dhara, 2018; C. Han ve diğerleri, 2020). Son yıllarda, floresan spektroskopisi, birçok türün tayini için uygun olması, yüksek seçicilik ve hassasiyete sahip olması, ucuz ve kolay kullanılabilir olması gibi özellikleri nedeniyle ilgi görmektedir (M. Liu, Ye, Wang ve Yuan, 2012). $\text{NO}\cdot$ için floresan çalışmalarında birçok farklı mekanizma önerilmektedir. Bu mekanizmalardan bazı önemli olanları arasında o-fenildiaminden benzotriazol, deaminasyon, N-nitrozasyon ve o-amino-3'-dimetilamino fenil aromatiklerinden diazo-halka oluşumu olarak sıralanabilir (Fu, Li, Wei ve Song, 2019; Mao, Jiang, Song, Hu ve Liu, 2017). Bu çalışmada,

**Doç. Dr., Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Kamil Özdağ Fen Fakültesi, Kimya Bölümü, Karaman, tahirsavran@kmu.edu.tr, ORCID: orcid.org/0000-0003-2473-8838

o-amino fenil aromatiklerden diazo-halka oluşumu şeklinde olan Diazolama mekanizması incelenmiştir.

Nitrik Oksit Mekanizmaları ve Diazolama

NO• için çeşitli tespit yöntemlerinde, floresan spektroskopisini içeren floresan sensör tekniği, yüksek seçiciliği, duyarlılığı ve deneysel uygulanabilirliği nedeniyle hücre içi nitrik oksit üretimini tespit etmek ve görüntülemek için oldukça güçlü bir araç olarak görülmektedir. Genel olarak, nitrik oksit tayini üzerine yapılan çalışmalarda, NO•'nun florimetrik tayinlerinin farklı mekanizmalar üzerinden ilerlediği görülmektedir (M. Liu ve diğerleri, 2012). NO• radikalinin aktivitesini, kökenlerini, patolojik ve fizyolojik görevlerini kavrayabilmek için, NO•'yu gerçek zamanlı olarak belirleme aşamasında kullanılabilecek bilimsel yollar ve teknikler geliştirmek oldukça önemli olmaktadır. Bu mekanizmalar temelde NO sinyali ajanının *o*-fenilendiamin (OPD) kısmı (Nagano araştırma grubu), metal-ligand kompleksleri (Lippard araştırma grubu) ve diğer maddelerle özel tepkimeleridir. Diğer maddelerle spesifik reaksiyonlar arasında *o*-amino-3'-dimetilaminofenil (ADF) aromatiklerinden diazo-siklik bileşiklerin oluşumu, nitrozasyon reaksiyonu, Se-NO bağı oluşumu, deaminasyon reaksiyonu, Hantzsch dihidropiridinlerin ve diğerlerinin aromatikleşmesi şeklinde bulunmaktadır (Fu ve diğerleri, 2019; Mao ve diğerleri, 2017).

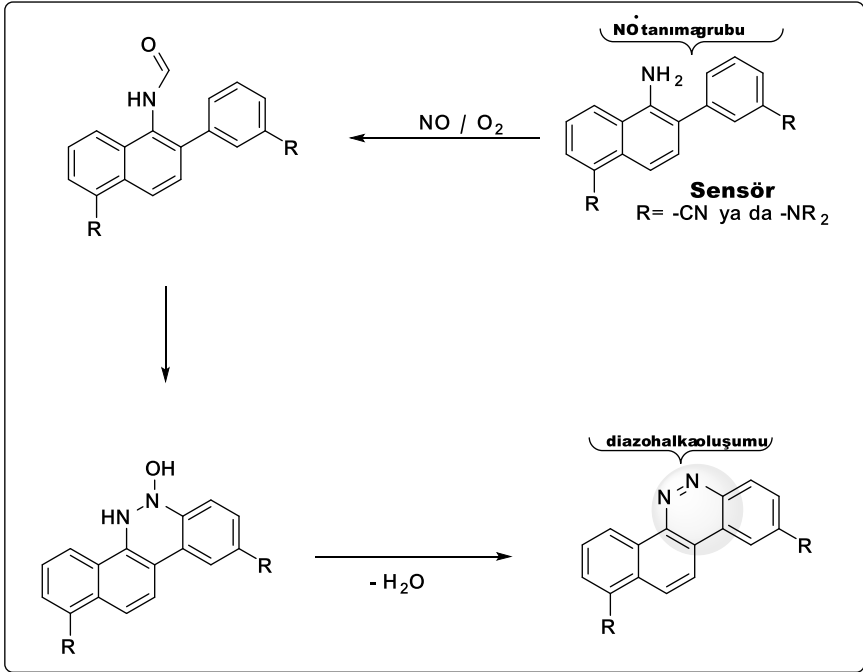
NO• için floresan problemler genellikle bir bağlanma (kapan-tuzak) bölgesi ve organik bir florofor gruptan oluşur (J. B. Chen, Zhang, Guo, Wang ve Zhang, 2013). Genel olarak, NO için floresan problemler, elektronca zengin bir *o*-diaminofenil grubunun çeşitli floroforlarla birleştirilmesiyle geliştirilir. Çünkü floroforların floresansını hem foto-indüklenmiş elektron transferi (PET) mekanizmasıyla etkili bir şekilde söndürebilir hem de aerobik koşullar altında NO (NO/O₂) ile reaksiyona girerek floroforların floresansını açabilir ve karşılık gelen benzotriazol türevlerini oluşturabilir. Bunlar arasında, OPD tabanlı floresan problemler, NO tespiti için açık ara çok yönlü olanlarıdır (L. Chen, Wu ve Yoon, 2018; Fu ve diğerleri, 2019; M. Liu ve diğerleri, 2012). Bu nedenle, bu mekanizmalardan Diazolama burada incelenmektedir.

NO• tayini için floresans sensörler kullanılarak organik reaksiyona dayalı çeşitli yöntemler; metal-ligand kompleksleri, *o*-fenilendiamin (OPD) reaksiyonu (*o*-diamino aromatiklerinden bir tri-azol halkasının oluşumu), aromatikler üzerinde sekonder *o*-amino-3' dimetilaminofenil

aromatiklerden diazo-siklik bileşiklerin oluşumu, dihidropiridinlerin Se-NO• Hantzsch bağı oluşumu, deaminasyon reaksiyonu ve aromatikleşmesi, tiyosemikarbazid'in 1,3,4-oksadiazol hetero-sikline dönüşümü, aminlerin N-nitrolaşması reaksiyonu, Açıl hidrazid ve diğerlerinden 1,2,3,4-Oksatriazol oluşumu olarak bildirilmiştir (X. X. Chen, Niu, Shao ve Yang, 2019; Fu ve diğerleri, 2019; Q. Han ve diğerleri, 2019; Islam ve diğerleri, 2017; Islam, Bhowmick, Chandra Garain, Katarkar ve Ali, 2018; Reinhardt, Zhou, Jorgensen, Partipilo ve Chan, 2018; Srivastava, Verma, Sivakumar ve Patra, 2019; Tarpey, Wink ve Grisham, 2004). Rodamin, naftalimid, kumarin, BODIPY ve diğer türevler gibi organik floroforlarla nitrik oksit yakalayıcı kısım bağlanarak bir dizi floresan nitrik oksit probu rapor edilmiştir (Kang ve diğerleri, 2021; Maiti ve diğerleri, 2020; F. Wang ve diğerleri, 2018; X. Y. Wang ve diğerleri, 2023; Zhang ve diğerleri, 2018). NO•'ye cevap mekanizmaları PET, FRET, ICT, ESİPT ve diğerleri olarak yayınlanmıştır (L. Chen ve diğerleri, 2018; Georgiev, Bakov, Anichina ve Bojinov, 2023; Y. Liu ve diğerleri, 2019; F. Wang ve diğerleri, 2018)

Bunun için, floresans spektroskopisi ile NO• tayini yapabilen problemlerin geliştirilmesi kritik derecede ihtiyaç duyulmaktadır. Bu çalışmada, fotoindüklenmiş elektron transferi (PET) bazlı ve *orto*-amino-fenil aromatik türevlerinden Diazolama oluşumuna dayalı tepkime mekanizması NO•'yu tanıması literatür çerçevesinde ele alınarak değerlendirilmiştir.

Diazolama mekanizması, temelinde ikincil *o*-amino fenil aromatik bileşiklerin aerobik koşullar altında NO• ile (NO/O₂) tepkimeye girmesi sonucunda diazo-halka oluşumu ve sonrasında floresans olarak yanıt vermesiyle NO•'yu tanımasıdır (Şema 1).



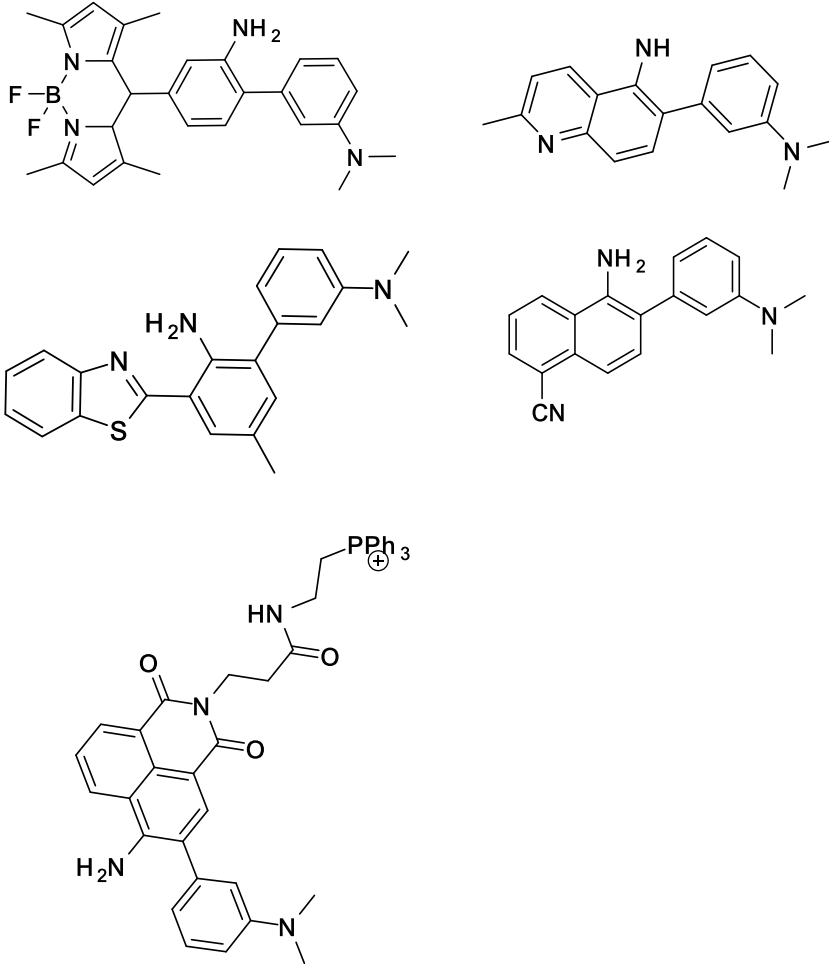
Şema 1: Diazo-siklik oluşum tepkime mekanizması

Buradaki mekanizma temelli strateji, havada nitrik oksit'in oksidasyonu ile başlayan bir dizi reaksiyonu içerir. Sensör bileşiklerinin, nitrik oksit ile tepkimesiyle bir diazo halka sistemi oluşturması öngörülmektedir. Dialkilamino veya siyano grupları, foto-uyarılma sırasında iç yük transferine izin vereceği durumda yerleştirilmiştir. Bu diazo halka oluşumu mekanizması, sensör molekülünün $\text{NO}/\text{N}_2\text{O}_3$ 'e karşı reaktivitesini göstermek için önerilmiştir. Halka kapanması, muhtemelen sterik engel nedeniyle, dialkilamino grubuna orto konumunda değil, ondan uzakta oluşmaktadır. Sensör ve nitrik oksit arasındaki reaksiyon, NO^+ veya N_2O_3 gibi bir NO^+ vericisi gerektirir. Tepkime, diazotizasyon/eşleşme dizisi yoluyla azo bileşiklerinin sentezine benzer, ancak önemli bir fark vardır. Diazotizasyon, nitrozaminlerden diazonyum tuzları oluşturmak için asidik ortamda meydana gelir. Buna karşılık, sensör ve $\text{NO}^\bullet$ arasındaki reaksiyon, başlangıçta oluşan nitrozamin türevinin karşılık gelen diazonyum tuzuna asit katalizli dehidrasyonunun olası olmadığı pH 10 gibi bazik veya nötr (yaklaşık pH 7) sulu koşullar altında bile hızlıca gerçekleşir. Bu tepkime mekanizması, elektron eksikliği olan nitrozamin üzerinde elektrofilik aromatik yer değiştiriminin

bir göstergesi olup, bir hidroksihidrazin türevi oluşturur. Bu tepkime olgusunda, nihayetinde H_2O 'yu ortadan kaldırarak sensör-NO oluşumuyla sonuçlanır (Yang ve diğerleri, 2010).

Orto-amino fenil aromatiklerinden diazo halkası oluşturma yaklaşımına dayalı floresan sensörlerin $NO^\bullet$ tespitinde kullanımı son yıllarda ciddi bir ilgi görmüştür (Tablo 1) (L. Chen ve diğerleri, 2018; Lv, X., Wang, Y., Zhang, S., Liu, Y., Zhanga, J. nd Guo, 2014; Yang ve diğerleri, 2010; Zhu ve diğerleri, 2017).

Tablo 1: Diazolama mekanizması dayalı bazı floresan sensörler



Fotoindüklenmiş elektron transferi (PET) süreci, kimyasal sensörlerin geliştirilmesinde kullanılan en popüler ve iyi bilinen yaklaşımlardan biri

olup Diazolama oluşumu da genel itibariyle bu süreç üzerinden gerçekleşmektedir.

PET sistemlerindeki en önemli bileşenler aromatik floroforlar, alifatik aminler ve metilen zincir ligandlarıdır. PET bazlı bir floresan prob genellikle üç bileşenden oluşur: elektron alıcısı olarak görev yapan bir florofor, elektron vericisi veya söndürücüsü olarak görev yapan bir reseptör (tanıma grubu) ve ikisini birbirine bağlayan bir bağ. Sistem, genellikle amino azotu olan elektron açısından zengin bir reseptör yapısına bağlı bir florofora dayanır.

Florofor, uyarılma ve emisyon için fotonik işleme merkezidir ve floresan sinyal çıkışı üretir. Reseptör, hedefle kompleks oluşturma ve onu ayırıştırma işlevi görür. Bir ara bağ, florofor ve reseptörü yakın mesafede tutarak ayrı konjuge sistemlerde bulunmalarını sağlar.

Uygun dalga boyunda ışık uygulandığında (floroforun uyarılması), molekül içi elektronlar, birbirlerine aktarılır, yani transfer edilir. Sonuç olarak, sistemdeki floresans söner. Bir analit/hedef tanıma kısmına bağlandığında, tanıma grubu üzerinden florofora PET iletimi gerçekleşemez. Bu, PET işleminin kesintiye uğradığı ve floresans yoğunluğunun açıkça görülebildiği (parlak bir floresans emisyonu üretildiği) anlamına gelir. Yani, hedefin varlığı doğrulanır. Diğer bir deyişle Diazolama oluşumu üzerinden ortamdaki analit bileşeni olan nitrik oksit tanınmış olmaktadır (Ding ve Ren, 2023; Georgiev ve diğerleri, 2023)

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada *o*-amino dialkil sübstitüe veya siyano içeren fenil aromatik bileşenleri bulunduran floresan organik sensör yapıları üzerinden tepkime temelli Nitrik Oksit tanıma mekanizması Diazolama incelenmiş ve tartışılmıştır. Bu mekanizma tepkime temellidir. Çünkü oksijenli koşullarda ortamlardaki NO• varlığında *o*-amino fenil aromatik grubu, diazo-halka oluşumu ile sonuçlanmaktadır. Böylece ilgili sensör bileşik floresans olarak renk değiştirmesi sonucu NO•'yu tanımaktadır. Bu çalışmada değerlendirilen Diazolama mekanizması göz önüne alınarak çeşitli floresans özellikleri olan florofor yapılarla yeni sensörler tasarlanıp sentezlenebilir. Böylece bilime çoklu disiplinler faydalar sağlanabilir.

KAYNAKÇA

- Bhattacharya, S. (2015). Reactive Oxygen Species and Cellular Defense System. *Free Radicals in Human Health and Disease* içinde (ss. 1–430). doi:10.1007/978-81-322-2035-0_2
- Chen, J. B., Zhang, H. X., Guo, X. F., Wang, H. ve Zhang, H. S. (2013). Novel B,O-chelated fluorescent probe for nitric oxide imaging in Raw 264.7 macrophages and onion tissues. *Analytica Chimica Acta*, 800, 77–86. doi:10.1016/j.aca.2013.09.019
- Chen, L., Wu, D. ve Yoon, J. (2018). An ESIPT based fluorescence probe for ratiometric monitoring of nitric oxide. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 259, 347–353. doi:10.1016/j.snb.2017.12.073
- Chen, X. X., Niu, L. Y., Shao, N. ve Yang, Q. Z. (2019). BODIPY-Based Fluorescent Probe for Dual-Channel Detection of Nitric Oxide and Glutathione: Visualization of Cross-Talk in Living Cells. *Analytical Chemistry*, 91(7), 4301–4306. doi:10.1021/acs.analchem.9b00169
- Das, B., Dhara, K. (2018). An overview on recent development of fuoregenic probes for nitric oxide imaging in cells. *Res. J. Life Sci. Bioinf. Pharm. Chem. Sci.*, 4(4). doi:10.26479/2018.0404.06
- Ding, C. ve Ren, T. (2023). Near infrared fluorescent probes for detecting and imaging active small molecules. *Coordination Chemistry Reviews*, 482. doi:10.1016/j.ccr.2023.215080
- Figueira, T. R., Barros, M. H., Camargo, A. A., Castilho, R. F., Ferreira, J. C. B., Kowaltowski, A. J., ... Vercesi, A. E. (2013). Mitochondria as a source of reactive oxygen and nitrogen species: From molecular mechanisms to human health. *Antioxidants and Redox Signaling*, 18(16), 2029–2074. doi:10.1089/ars.2012.4729
- Fu, Y. L., Li, H., Wei, X. Z. ve Song, Q. H. (2019). BODIPY-based hydrazine as a fluorescent probe for sensitive and selective detection of nitric oxide: A new strategy. *Journal of Materials Chemistry B*, 7(24), 3792–3795. doi:10.1039/c9tb00626e
- Georgiev, N. I., Bakov, V. V., Anichina, K. K. ve Bojinov, V. B. (2023). Fluorescent Probes as a Tool in Diagnostic and Drug Delivery Systems. *Pharmaceuticals*, 16(3). doi:10.3390/ph16030381
- Han, C., Wang, Z., Xu, Y., Chen, S., Han, Y., Li, L., ... Jin, X. (2020). Roles of Reactive Oxygen Species in Biological Behaviors of Prostate Cancer. *BioMed Research International*, 2020. doi:10.1155/2020/1269624
- Han, Q., Liu, J., Meng, Q., Wang, Y., Feng, H., Zhang, Z., ... Zhang, R. (2019). Turn-On Fluorescence Probe for Nitric Oxide Detection and Bioimaging in Live Cells and Zebrafish. *ACS Sensors*. doi:10.1021/acssensors.8b00776
- Islam, A. S. M., Bhowmick, R., Chandra Garain, B., Katarkar, A. ve Ali, M. (2018). Nitric Oxide Sensing through 1,2,3,4-Oxatriazole Formation from Acylhydrazide: A Kinetic Study. *Journal of Organic Chemistry*, 83(21), 13287–13295. doi:10.1021/acs.joc.8b02110
- Islam, A. S. M., Bhowmick, R., Pal, K., Katarkar, A., Chaudhuri, K. ve Ali, M. (2017). A Smart Molecule for Selective Sensing of Nitric Oxide: Conversion of NO to HSNO; Relevance of Biological HSNO Formation. *Inorganic Chemistry*, 56(8), 4324–4331. doi:10.1021/acs.inorgchem.6b02787
- Kang, C., Lee, M. H., Kim, S. J., Park, S. Y., Yoon, S. A. ve Kim, C. (2021). Naphthalimide-4-(4-nitrophenyl)thiosemicarbazide: A fluorescent probe for simultaneous monitoring of viscosity and nitric oxide in living cells. *Analytical Chemistry*, 93(10), 4391–4397. doi:10.1021/acs.analchem.0c04019
- Liu, M., Ye, Z., Wang, G. ve Yuan, J. (2012). Development of a novel europium(III) complex-based luminescence probe for time-resolved luminescence imaging of the nitric oxide production in neuron cells. *Talanta*, 99, 951–958. doi:10.1016/j.talanta.2012.07.064
- Liu, Y., Fan, H., Wen, Y., Jia, T., Su, Q. ve Li, F. (2019). ICT-based near infrared fluorescent switch-on probe for nitric oxide bioimaging in vivo. *Dyes and Pigments*, 166(March), 211–216. doi:10.1016/j.dyepig.2019.03.012
- Lv, X., Wang, Y., Zhang, S., Liu, Y., Zhanga, J. nd Guo, W. (2014). A specific fluorescent probe for NO based on a new NO-binding group. *Chemical Communications*, 50, 7499–7502. doi:10.1039/c4cc03540b

- Maiti, D., Islam, A. S. M., Sasmal, M., Dutta, A., Katarkar, A. ve Ali, M. (2020). A coumarin embedded highly sensitive nitric oxide fluorescent sensor: Kinetic assay and bio-imaging applications. *Organic and Biomolecular Chemistry*, 18(41), 8450–8458. doi:10.1039/d0ob00567c
- Mao, Z., Jiang, H., Song, X., Hu, W. ve Liu, Z. (2017). Development of a Silicon-Rhodamine Based Near-Infrared Emissive Two-Photon Fluorescent Probe for Nitric Oxide. *Analytical Chemistry*, 89(18), 9620–9624. doi:10.1021/acs.analchem.7b02697
- Reinhardt, C. J., Zhou, E. Y., Jorgensen, M. D., Partipilo, G. ve Chan, J. (2018). A Ratiometric Acoustogenic Probe for in Vivo Imaging of Endogenous Nitric Oxide. *Journal of the American Chemical Society*, 140(3), 1011–1018. doi:10.1021/jacs.7b10783
- Srivastava, P., Verma, M., Sivakumar, S. ve Patra, A. K. (2019). A smart FRET probe exhibiting a molecular keypad lock device based on rapid detection of nitric oxide mediated by Cu²⁺ ion. *Sensors and Actuators, B: Chemical*, 291(January), 478–484. doi:10.1016/j.snb.2019.04.093
- Tarpey, M. M., Wink, D. A. ve Grisham, M. B. (2004). Methods for detection of reactive metabolites of oxygen and nitrogen: In vitro and in vivo considerations. *American Journal of Physiology - Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 286(3 55-3). doi:10.1152/ajpregu.00361.2003
- Wang, F., Yu, S., Xu, Z., Li, L., Dang, Y., Xu, X., ... Ding, C. (2018). Acid-Promoted D-A-D Type Far-Red Fluorescent Probe with High Photostability for Lysosomal Nitric Oxide Imaging. *Analytical Chemistry*, 90(13), 7953–7962. doi:10.1021/acs.analchem.8b00612
- Wang, X. Y., Lin, Y. M., Sun, X. Y., Wu, Y. Q., Miao, H., Chu, J., ... Fu, Y. L. (2023). A lysosomal targeted fluorescent probe based on BODIPY for monitoring NO in living cells and zebrafish imaging. *Sensors and Actuators B: Chemical*, 383(February). doi:10.1016/j.snb.2023.133592
- Yang, Y., Seidlits, S. K., Adams, M. M., Lynch, V. M., Schmidt, C. E., Anslyn, E. V. ve Shear, J. B. (2010). A highly selective low-background fluorescent imaging agent for nitric oxide. *Journal of the American Chemical Society*, 132(38), 13114–13116. doi:10.1021/ja1040013
- Zhang, J., Pan, F., Jin, Y., Wang, N., He, J., Zhang, W. ve Zhao, W. (2018). A BODIPY-based dual-responsive turn-on fluorescent probe for NO and nitrite. *Dyes and Pigments*, 155(March), 276–283. doi:10.1016/j.dyepig.2018.03.035
- Zhu, X., Chen, J. Q., Ma, C., Liu, X., Cao, X. P. ve Zhang, H. (2017). A ratiometric mitochondria-Targeting two-photon fluorescent probe for imaging of nitric oxide: In vivo. *Analytist*, 142(24), 4623–4628. doi:10.1039/c7an01461a

GIDA ÜRETİM ALANLARINDA ELEKTROLİZE SU KULLANIMI

Mehmet Onurhan Gücüş *

GİRİŞ

Literatür tarama sonuçlarından elde edilen verilerde; Sonuçlar, incelenen her *C. albicans* türünün SAEW ile tamamen öldürüldüğünü (105 ~106 CFU/mL) maruziyetten sonraki 1 dakika içinde gösterdi. Ek olarak dört non-*albicans* suşu (106 ~107 CFU /mL) 1 dakika içinde SAEW ile tamamen öldürüldü (Wu vd., 2025). Yeni hafif asidik elektrolize suyun (SAEW) ortaya çıkışı, StAEW ve AEW ile ilişkili korozyon zorluklarını etkili bir şekilde azalttı. Japon şirketleri tarafından yirmi yıldan uzun bir süre önce geliştirilen SAEW, 2002 yılında Japonya Sağlık, Çalışma ve Refah Bakanlığı tarafından bir gıda katkı maddesi olarak onaylandı ve ardından 2014 yılında Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık Bakanlığı ile Çevre Bakanlığı tarafından bir kontrol maddesi olarak onaylandı. Tarım ve gıda endüstrisi için gıda sanitasyonu alanına hızlı entegrasyonu, önemli bir hipokloröz asit konsantrasyonundan kaynaklanan güçlü antimikrobiyal özellikleriyle desteklenmektedir. Çevre dostu bir dezenfektan olarak işaretlenen SAEW (pH 5–6,5; 10–30 mg/L ACC), klor kalıntılarının insan ve çevre sağlığı üzerindeki zararlı etkisini azaltan övgüye değer bir çözüm olarak ortaya çıkmaktadır. SAEW, depolama sırasında koruma kapasitesiyle öne çıkmakla kalmaz, aynı zamanda taze kesilmiş ürünlerin pH değeri, yüzey estetiği ve genel görünümü üzerinde de minimum etkiye sahiptir. StAEW'den önemli ölçüde farklı olan SAEW, işleme ekipmanlarını aşındırma, cilt tahrişlerine neden olma, bitkilerde fitotoksisiteye neden olma veya klor gazı salınımı yoluyla güvenlik endişeleri oluşturma eğilimini önemli ölçüde azaltır. Sonuç olarak, SAEW, özellikle tarımsal ortamlarda taze kesilmiş meyve, sebze, et, kümes hayvanları ve su ürünlerinin sterilizasyonu için yenilikçi ve faydalı bir yöntem olarak ortaya çıkmaktadır. Dahası, uygulanabilirliği gıda işleme endüstrisine ve ev mutfaklarına kadar uzanmakta ve gıda malzemelerinin ve işleme

* Doç., Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü, Karaman, onurgucus@kmu.edu.tr, ORCID: orcid.org/0000-0002-4593-542X

ekipmanlarının dezenfeksiyonunda güvenilir bir ajan olarak hizmet vermektedir (Zacharia, 2024).

Gıda güvenliğinin sağlanması, gıda endüstrisinin temel önceliklerinden biri olmaya devam etmekte ve bu doğrultuda etkili, güvenilir ve uygulanabilir dezenfeksiyon yöntemlerinin kullanılması zorunlu hale gelmektedir. Geleneksel dezenfeksiyon tekniklerine ek olarak son yıllarda, çevre güvenliği ve kullanıcı sağlığı açısından avantajlar sunan alternatif bir sanitasyon yöntemi olarak elektrolize suyun (EW) gıda sektöründe kullanımı dikkat çekmektedir (Al-Haq vd., 2005). Elektrolize suyun gıda işlemede ilk kez kullanılması, 1980 yılında Japon soda endüstrisine dayanmaktadır (Rahman vd., 2016).

Elektrolitik işlemler sonucunda seyreltilmiş sodyum klorür çözeltisinin ayrışmasıyla asidik elektrolize su (AEW) üretilmektedir. AEW, iki farklı formda bulunur: kuvvetli asidik elektrolize su (StAEW, pH 2–3) ve hafif asidik elektrolize su (SAEW, pH 5–6,5). SAEW, son yirmi yıl içerisinde Japon endüstrisi tarafından geliştirilmiş olup [3], 2002 yılında Japonya Sağlık, Çalışma ve Refah Bakanlığı tarafından gıda katkı maddesi olarak; 2014 yılında ise Tarım, Ormancılık ve Balıkçılık Bakanlığı ile Çevre Bakanlığı tarafından kontrol maddesi olarak onaylanmıştır (Kurahashi vd., 2021). StAEW, %2 NaCl çözeltisinin elektroliziyle üretilirken, SAEW diyaframsız elektrolitik hücrelerde genellikle %2–6 arası hidroklorik asit (HCl) çözeltisinin elektroliziyle elde edilmektedir (Song vd., 2021).

SAEW'nin Japonya'da gıda sanitasyonundaki kullanımının hızla artması, bu çözeltinin antimikrobiyal deterjanlara alternatif çevre dostu bir dezenfektan olarak değerlendirilmesini sağlamaktadır (Zhang vd., 2021).

Gıda kaynaklı hastalıklar, yetersiz temizlik ve sanitasyon uygulamalarının yaygın olduğu gıda endüstrisinde ciddi bir sorun teşkil etmektedir. Dezenfeksiyon uygulamaları, patojen ve bozulma mikroorganizmalarının ortadan kaldırılmasını amaçlamakta olup (Lan vd., 2021; Pedreira vd., 2021), ancak geleneksel dezenfektanlar (klor bileşikleri, organik asitler, kuaterner amonyum bileşikleri, hidrojen peroksit vb.) yüksek maliyet, korozyon, toksisite, kalıntı gibi dezavantajlara sahiptir (Deshmukh vd., 2019; Lan vd., 2021; Pedreira vd., 2021; Yuan vd., 2021). Bu nedenle, elektrolize su gibi daha güvenli ve sürdürülebilir çözümlere yönelik ilgi artmaktadır (Carrascosa vd., 2021).

Elektrolize su, ilk olarak Japonya'da geliştirilen ve yüksek antimikrobiyal etkinlik gösterdiği bilinen bir sanitasyon maddesidir (Zhao vd., 2021). AEW'nin temel bileşenleri tuz ve sudur. Elektroliz sırasında negatif iyonlar (Cl^- , OH^-) anoda yönelerek burada O_2 , hipoklorit iyonu (ClO^-), hipokloröz asit ($HOCl$) ve HCl oluşumuna neden olurken; pozitif iyonlar katotta H_2 ve $NaOH$ oluşumuna katkı sağlar (Al-Haq vd., 2005).

EW'nin antimikrobiyal etkisi üç temel faktöre dayanmaktadır: pH, mevcut klor konsantrasyonu (ACC) ve oksidasyon-redüksiyon potansiyeli (ORP). Bu parametrelerden özellikle ORP'nin yüksek olması, hücre zarında geri dönüşü olmayan hasar oluşturarak mikroorganizma inaktivasyonunda kritik rol oynamaktadır (Huang vd., 2008). Elektrolitik olarak üretilen $HOCl$ geniş spektrumlu bir antimikrobiyal madde olup, yüksek redoks potansiyeli sayesinde hücre proteinlerini okside eder, kükürt içeren aminoasitleri parçalar ve hücresel metabolizmayı bozarak mikroorganizmanın ölümüne yol açar (Hao vd., 2012).

Gıda işleme ortamında toksijenik fungal türlerin bulunması, havaya yayılan sporların yüzeylere ve ürünlere taşınması nedeniyle ciddi bir risk oluşturmaktadır. Uygun sıcaklık ve su aktivitesi koşullarında sporların çimlenmesi ve mikotoksin üretmesi söz konusu olabilir (Bialka vd., 2004; Garcia vd., 2019). Gıda üretim ortamlarında kullanılan kimyasal dezenfektanların sayısı kısıtlıdır ve mikotoksin üreten türlere yönelik etkinliklerine dair bilgiler sınırlıdır. Ayrıca kimyasal dezenfektanların çevre ve gıda üzerinde bıraktığı kalıntıların yarattığı sorunlar nedeniyle EW gibi daha sürdürülebilir alternatifler ön plana çıkmaktadır (Brasil, 2007; Puligundla vd., 2018).

EW, damıtılmış su ve $NaCl$ kullanılarak çevre dostu şekilde üretilmekte, kullanım sonrası tekrar su formuna dönerek kalıntı bırakmamaktadır (Cravero vd., 2018). Yerinde üretim imkânı depolama gereksinimini ortadan kaldırmakta, çeşitli patojenlere karşı geniş spektrumlu ve hızlı etkili bir dezenfeksiyon sağlamaktadır. Ayrıca EW'nin bakterilerde direnç gelişimine yol açmadığı ve duyuşal özellikleri etkilemediği bildirilmektedir (Rahman vd., 2010; Quan vd., 2010).

Anottan kısmi hidroksil iyonu karışımıyla elde edilen NEW, nötr pH (750–900 mV ORP) değerine sahip olup $HOCl$ ve HCl içeriğiyle etkili bir dezenfektandır. Daha düşük korozif etki göstermesi, yüksek ORP'si ve

uzun raf ömrü sayesinde AEW'ye göre avantajlı görülmektedir (Quan vd., 2010).

EW, gıda endüstrisinde suyun kullanıldığı birçok prosese kolayca entegre edilebilmekte ve bakteriler, mantarlar, virüsler ile sporlar üzerinde hızlı (10–20 saniye) bir inaktivasyon etkisi sergilemektedir (Athayde vd., 2018; Possas vd., 2021).

AEW; NaCl, MgCl₂, GaCl₂ veya HCl çözeltilerinin elektrolizi ile üretilmekte olup düşük pH, yüksek ORP ve geniş aralıkta değişen ACC düzeyleri gibi belirgin fizikokimyasal özelliklere sahiptir (Yan vd., 2021; Tang vd., 2021). AEW, musluk suyu ile seyreltildiğinde sıradan suya dönüşerek çevre açısından güvenli bir profil sunmaktadır (Zhang vd., 2021).

AEW'nin klor kaybının hızlı olması nedeniyle bazı uygulamalarda NEW daha stabil bir seçenek sunmaktadır. NEW, özellikle aflatoksin detoksifikasyonu gibi gıda güvenliği açısından kritik uygulamalarda daha güvenli kabul edilmektedir. NEW'in *A. flavus* üzerinde güçlü antifungal etki gösterdiği ve yer fıstığında AFB1 dekontaminasyonunda etkili olduğu bildirilmektedir (Zhang vd., 2012).

Toksijenik mantar türleri gıda ürünlerini kontamine etmekle kalmayıp mikotoksin üretimi ile ciddi sağlık riskleri oluşturabilmektedir (Buck vd., 2002). Çeşitli çalışmalar, *Aspergillus* sporlarının 54–56 ppm ACC'de 30 saniyede tamamen inaktive edildiğini göstermiştir (Suzuki vd., 2002). *A. parasiticus* için 39,4 ppm ACC'de 15 dakikalık AEW uygulamasıyla tam inhibisyon sağlanmış, AIEW'in ise etkisiz olduğu rapor edilmiştir. NEW ve AEW'nin *A. flavus* üzerindeki etkinliğini karşılaştıran çalışmada NEW'in 30 ppm ACC'de AEW'ye göre daha yüksek log azalımı sağladığı bildirilmiştir (2–2,44 log vs. 1,33–1,51 log) (Xiong vd., 2010; Xiong vd., 2014). Farklı sıcaklıklarda (22–70 °C) NEW uygulamalarında 33–174 ppm ACC'de 3,5–5,83 log azaltma elde edilmiştir (Yamaner vd., 2016). Son dönemde yapılan çalışmalar ise AEW ve AIEW'in çeşitli toksijenik *Aspergillus* türlerini 1–1,9 log CFU/g oranında azalttığını göstermektedir (Lemos vd., 2020).

Elektrolize okside su (Electrolyzed Oxidizing Water) teknolojisi

Elektrolize olmuş okside su seyreltilmiş tuz çözeltisinin elektrolit bir membran ile bileşenlerine ayrılarak artı ve eksi iyonlarının geçişi prensibine dayanmaktadır. Elektrolize edilmiş okside su düşük pH (2.3-

2.7), yüksek oksidasyon potansiyeli (>1000mV) ve bağımsız klor içeriğiyle pozitif yönlü olarak meydana gelmektedir. Elektrolize olmuş okside su prensibi aşağıda Şekil’de görülmektedir (Hsu, 2005).

Şekil : Elektrolize olmuş okside su prensibi

Pozitif kutup : $2H_2O \rightarrow 4H^+ + O_2\uparrow + 4e^-$

$2NaCl \rightarrow Cl_2\uparrow + 2e^- + 2Na^+$

$Cl_2 + H_2O \rightarrow HCl + HOCl$

Negatif kutup : $2H_2O + 2e^- \rightarrow 2OH^- + H_2\uparrow$

$2NaCl + 2OH^- \rightarrow 2NaOH + Cl^-$

Günümüzde kümes hayvanları, kırmızı et, su ürünleri, hayvan yemleri, çeşitli sebze ve meyveler (şeftali, elma, çilek, domates, ıspanak vs.), alfafa bitki tomurcukları, gıda üretim ekipmanları, tıbbi malzemeler gibi birçok ürün ve malzemede olduğu gibi sektörel anlamda da ekonomik hijyen gerektiren gıda, ziraat, veterinerlik, hayvancılık sektörlerinde, hastane ve sağlık tesislerinde, otel ve restoran işletmelerinde ucuz ve güvenilir bir antimikrobiyal yöntem olarak tercih edilmektedir (Hung, 2000).

Elektrolize su

Sürdürülebilir ve doğa dostu bir uygulama olan elektrolize su, ekonomik, kolay ve etkili dezenfeksiyon stratejileri arasında yer almaktadır. Yapılan bir çalışmada elektrolize su süt fabrikasında paslanmaz çelik borular, PVC hortumlar ve kauçuk contaların temizlenmesi için kullanılmıştır. Paslanmaz çelik yüzeyde 9.9 dakika elektrolize su (60 mg/L) uygulamasının, kauçuk conta ve PVC hortumlarda ise 14.4 dakika elektrolize su (60 mg/L) uygulamasının etkili olduğu bildirilmiştir (Liu vd., 2023). Ultrason ile kombinasyon halinde elektrolize su veya ozonlu su kullanılarak paslanmaz çelik üzerinde gıda kaynaklı patojenler tarafından oluşturulan biyofilmlerin ortadan kaldırılması için yapılan bir çalışmada, elektrolize suyun gıda ile temas eden yüzeyleri temizlemek için tek başına ozonlu su-dan daha etkili olabileceği bildirilmiştir (Shao vd., 2020).

EOW etki mekanizması

EOW'nin bakteri hücreleri üzerindeki genel etki mekanizması kapsamlı bir şekilde incelenmiş olmasına rağmen, araştırmacılar 1990 civarında mantarlara daha fazla odaklanmaya başladılar (Grech, 1992). EOW etki mekanizması birkaç adımı içerir: duvar ve membran yırtılması ve parçalanması, membran taşıma kapasitesinin bozulması ve fonksiyonel proteinlerin inaktivasyonu (enzim aktivitesinin inhibisyonu) (Rahman vd., 2016). Bazı araştırmacılar, HOCl, $^{\cdot}\text{OCl}$ ve Cl_2 gibi aktif klor türlerinin mikrobiyal inaktivasyondan sorumlu olanlar olduğunu ifade ettiler (Al-Haq vd., 2001). Yazarlar, bu klor türlerinin ya hücre zarının dışında oksitlendiğini ($^{\cdot}\text{OCl}$) ya da hücre duvarı ve zarından nüfuz ederek (HOCl) hücrenin içinde oksitlendiğini belirttiler. Klor türlerinin yanı sıra, bazı diğer oksidan türleri de EOW etki mekanizmasında rol oynayabilir, çünkü elektroliz sırasında bir redoks tepkimesi kaskadı halinde çok sayıda reaktif bileşik üretilir.

Diğer durumlarda, araştırmacılar ORP'nin muhtemelen hücredeki elektron akışını değiştirerek adenosin trifosfat (ATP) üretimini ve metabolik akışları değiştirdiğini belirttiler. Bu, EOW'nin ORP'sinin mikrobiyal inaktivasyonu etkileyebileceğini düşündürmektedir (Kim vd., 2000). Yazarlar, klor türlerinin tek başına mikrobiyal inaktivasyondan sorumlu tek unsur olmadığı, ancak ORP'nin pH ve ACC'ye rağmen EOW'nin bir bütün olarak oksidasyon kabiliyetini yansıttığı sonucuna varmışlardır. (Okull ve LaBorde, 2004), *P. expansum* spor inaktivasyonu için benzer sonuçları desteklemiştir. (Guentzel vd., 2010), (Liao vd., 2007)'ın enterohemorajik *Escherichia coli* O157:H7 üzerindeki tanımına dayanarak mantarlardaki etki mekanizmasını açıklamış ve çözeltinin yüksek ORP'sinin dış zardaki bozulmayı artırdığını; dolayısıyla HOCl'nin hücre zarını geçtiğini doğrulamıştır (Liao vd., 2007). Ayrıca (Whangchai vd., 2010), düşük pH'ın hücrenin dış zarını da hassaslaştırdığını ve dolayısıyla HOCl'nin mikroorganizmaya girmesine izin vererek mantarı engellediğini belirtmişlerdir.

(Zeng vd., 2011), *C. albicans*'tabir dizi biyokimyasal indeks tespit ederek fungusit mekanizmasını biyolojik moleküler düzeyde açıklığa kavuşturdu. Düşük pH, yüksek ORP, aktif oksijen ve önde gelen tür ACC arasında sinerji dikkate alındığında, EOW daha yüksek dezenfeksiyon etkisine sahipti. EOW'nin fungusit etkisi, hücrenin koruyucu bariyerlerinin yıkılması, hücresel kapanımların sızması ve

dehidrogenaz aktivitelerinin tamamen azalmasıyla sağlandı. Mantarlar üzerinde yaptıkları araştırmalarla (Hou vd., 2012), (Fallanaj vd., 2013) ile birlikte HOCl'nin mikroorganizmanın hücrelerine proteinleri ve nükleik asitleri oksitleyerek zarar verdiğini ve ölümcül hasara neden olduğunu desteklediler. Yazarlar, diğer tuzlarla (NaHCO_3 , NaCO_3 ve Na_2SO_3) karşılaştırıldığında, NaCl-EOW'nin mikroorganizmaları yok eden iyi biyosit olduğunu bulmuş ve aktivitesini elektroliz sırasında üretilen serbest klorla bağlamıştır.

SAEW ve NEW'deki ACC baskın olarak HOCl'dir ve bu tür hidroksil radikalleri ($\bullet \text{OH}$) üretebilir (Zhao vd., 2021). Bu bağlamda, (Suzuki vd., 2002; Xiong vd., 2010) A. flavus üzerindeki AcEW ve NEW etki mekanizmasını araştırmıştır. Yazarlar, $\bullet \text{OH}$ 'nin konidia duvarı ve zarının seçici emilimine zarar verebilen önemli bir faktör olduğunu belirtmektedir. Bu olay, konidia ve miselyumların K^+ ve Mg^{2+} iyonlarının sızıntısının hızlanmasıyla bağlantılıdır. NEW ve AcEW'den etkilenen morfolojik yapı bu nedenle işlevsel düzeyde; yani hücre geçirgenliği, hücre duvarı sentezi ve hücre solunum metabolizmasında hasar görür. Hücrenin dış geçirgenliği etkilendiğinde, hücrenin iç kısmında bir kaskad reaksiyon meydana gelir ve konidia ve miselyumların tüm normal ve hayati işlevleri kapatmasına neden olur. Bu nedenle, HOCl'nin fungusit etkinliği HOCl 'den daha büyük olduğundan, A. flavus'a karşı antifungal etkiyi yürüten ana faktör HOCl'dir. Genel olarak, bu çeşitli oksitleyici maddelerin önerilen etki mekanizmasıdır (Finnegan vd., 2010). EOW'nin geniş bir pH, ACC ve ORP spektrumunda etkili olduğu ve etkinliğini bu üç fizikokimyasal özelliğe ve bazı diğer hala bilinmeyen özelliklere bağladığı bildirilmiştir (Zhao vd., 2021). EOW'nin antimikrobiyal aktivitesi ve klor içeriği ve ORP seviyeleri pozitif olarak ilişkilidir (Liu ve Yu, 2016). Ancak, yapısal hasarın konidia sporulasyonunu veya mikotoksin üretimini etkileyip etkilemediğini ortaya koymak için daha fazla araştırmaya ihtiyaç vardır (Xiong vd., 2010).

SONUÇ VE ÖNERİLER

EW, geleneksel dezenfektanlara kıyasla birçok avantaja sahiptir:

- Hızlı etki süresi: Saniyeler içinde mikrobiyal inaktivasyon sağlar.
- Korozyon riskinin düşük olması: Özellikle SAEW ekipman ömrünü uzatır.

- Kalıntı bırakmaması: Ek yıkama gerektirmez ve gıdaya bulaş riski yoktur.
- Çevre dostu olması: Kullanım sonrası suya ve tuza dönüşür.
- Toksik kimyasal içermemesi: Personel sağlığı açısından güvenlidir.

Tüm bu özellikleri nedeniyle EW, gıda endüstrisinde özellikle taze ürünler, et ve balık işleme hatları, paketleme yüzeyleri ve depolama alanlarında etkin bir sanitasyon aracı olarak önerilmektedir.

Literatür bulguları, elektrolize suyun fungal kontaminasyonun önlenmesinde yüksek etkinlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. AEW, SAEW ve NEW; toksijenik *Aspergillus*, *Penicillium*, *Candida* türlerine karşı kısa sürede güçlü antifungal etki göstermekte ve gıda güvenliği açısından değerli bir sanitasyon alternatifi sunmaktadır. EW'nin çevre dostu yapısı, düşük maliyeti ve operasyonel kolaylığı göz önüne alındığında, endüstriyel gıda üretim alanlarında uygulanabilir ve sürdürülebilir bir dezenfeksiyon yöntemi olduğu sonucuna varılmaktadır.

KAYNAKÇA

- Al-Haq, M. I., Seo, Y., Oshita, S., & Kawagoe, Y. (2001). Fungicidal effectiveness of electrolyzed oxidizing water on postharvest brown rot of peach. *HortScience*, 36(7), 1310–1314.
- Al-Haq, M. I., Sugiyama, J., & Isobe, S. (2005). Applications of electrolyzed water in agriculture and food industries. *Food Science and Technology Research*, 11(2), 135–150.
- Bialka, K. L., Demirci, A., Knabel, S. J., Patterson, P. H., & Puri, V. M. (2004). Efficacy of electrolyzed oxidizing water for the microbial safety and quality of eggs. *Poultry Science*, 83(12), 2071–2078. <https://doi.org/10.1093/ps/83.12.2071>
- Brasil. (2007). Resolução de Diretoria Colegiada – RDC Nº 14, de 28 de fevereiro de 2007. Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA).
- Buck, J. W., van Iersel, M. W., Oetting, R. D., & Hung, Y. C. (2002). In vitro fungicidal activity of acidic electrolyzed oxidizing water. *Plant Disease*, 86(3), 279–281.
- Carrascosa, C., Raheem, D., Ramos, F., Saraiva, A., & Raposo, A. (2021). Microbial biofilms in the food industry—A comprehensive review. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(4), 2014.
- Cravero, F., Englezos, V., Rantsiou, K., Torchio, F., Giacosa, S., Segade, S. R., ... Cocolin, L. (2018). Control of *Brettanomyces bruxellensis* on wine grapes by post-harvest treatments with electrolyzed water, ozonated water and gaseous ozone. *Innovative Food Science and Emerging Technologies*, 47, 309–316.
- Athayde, D. R., Flores, D. R. M., Silva, J. S., Silva, M. S., Genro, A. L. G., Wagner, R., Campagnol, P. C. B., Menezes, C. R., & Cichoski, A. J. (2018). Characteristics and use of electrolyzed water in food industries. *International Research Journal*, 25, 11–16.
- Deshmukh, S. P., Patil, S. M., Mullani, S. B., & Delekar, S. D. (2019). Silver nanoparticles as an effective disinfectant: A review. *Materials Science and Engineering: C*, 97, 954–965.
- Fallanaj, F., Sanzani, S. M., Zavanella, C., & Ippolito, A. (2013). Salt addition improves the control of citrus postharvest diseases using electrolysis with conductive diamond electrodes. *Journal of Plant Pathology*, 95(2), 373–383.
- Finnegan, M., Linley, E., Denyer, S. P., McDonnell, G., Simons, C., & Maillard, J.-Y. (2010). Mode of action of hydrogen peroxide and other oxidizing agents: Differences between liquid and gas forms. *Journal of Antimicrobial Chemotherapy*, 65(10), 2108–2115.
- Garcia, M. V., Bregão, A. S., Parussolo, G., Bernardi, A. O., Stefanello, A., & Copetti, M. V. (2019). Incidence of spoilage fungi in the air of bakeries with different hygienic status. *International Journal of Food Microbiology*, 290, 254–261.
- Grech, N. M. (1992). Injection of electrolytically generated chlorine into citrus microirrigation systems for the control of certain waterborne root pathogens. *Plant Disease*, 76(5), 457–461.
- Guentzel, J. L., Lam, K. L., Callan, M. A., Emmons, S. A., & Dunham, V. L. (2010). Postharvest management of gray mold and brown rot on surfaces of peaches and grapes using electrolyzed oxidizing water. *International Journal of Food Microbiology*, 143(1–2), 54–60.
- Song, H., Lee, J. Y., Lee, H.-W., & Ha, J.-H. (2021). Inactivation of bacteria causing soft rot disease in fresh-cut cabbage using slightly acidic electrolyzed water. *Food Control*, 128.
- Hao, J., Qui, S., Li, H., Cheng, T., Liu, H., & Li, L. (2012). Roles of hydroxyl radicals in electrolyzed oxidizing water for the inactivation of *Escherichia coli*. *International Journal of Food Microbiology*, 155(3), 99–104.
- Hou, Y.-T., Ren, J., Liu, H.-J., & Li, F.-D. (2012). Efficiency of electrolyzed water on inhibition of *Phytophthora parasitica* var. *nicotianae* growth in vitro. *Crop Protection*, 42, 128–133.
- Hsu, S. Y. (2005). Effects of flow rate, temperature and salt concentration on chemical and physical properties of electrolyzed oxidizing water. *Journal of Food Engineering*, 66, 171–176.
- Huang, Y. R., Hung, Y. C., Hsu, S. Y., Huang, Y. W., & Hwang, D. F. (2008). Application of electrolyzed water in the food industry. *Food Control*, 19(4), 329–345.
- Hung, Y. C. (2000). New method kills bacteria on fruits and vegetables. Proceedings of the 220th National Meeting of the American Chemical Society, Washington, D.C.

- Kim, C., Hung, Y., & Brackett, R. E. (2000). Roles of oxidation–reduction potential in electrolyzed oxidizing and chemically modified water for the inactivation of food-related pathogens. *Journal of Food Protection*, 63(1), 19–24.
- Lemos, J. G., Stefanello, A., Bernardi, A. O., Garcia, M. V., Magrini, L. N., Cichoski, A. J., Wagner, R., & Copetti, M. V. (2020). Antifungal efficacy of sanitizers and electrolyzed waters against toxigenic *Aspergillus*. *Food Research International*, 137, 109451.
- Liao, L. B., Chen, W. M., & Xiao, X. M. (2007). The generation and inactivation mechanism of oxidation–reduction potential of electrolyzed oxidizing water. *Journal of Food Engineering*, 78(4), 1326–1332.
- Liu, Y., Yan, Y., Yang, K., et al. (2023). Inhibitory mechanism of *Salmonella Derby* biofilm formation by sub-inhibitory concentrations of clove and oregano essential oils: A global transcriptomic study. *Food Control*, 150, 109734.
- Liu, R., & Yu, Z.-L. (2016). Application of electrolyzed water on reducing microbial populations on commercial mung bean sprouts. *Journal of Food Science and Technology*, 118.
- Kurahashi, M., Ito, T., & Naka, A. (2021). Spatial disinfection potential of slightly acidic electrolyzed water. *PLoS One*, 16(7).
- Okull, D. O., & LaBorde, L. F. (2004). Activity of electrolyzed oxidizing water against *Penicillium expansum* in suspension and on wounded apples. *Journal of Food Science*, 69(1), 23–27.
- Yan, P., Chelliah, R., Jo, K. H., & Oh, D. H. (2021). Research trends on the application of electrolyzed water in food preservation and sanitation. *Processes*, 9(12), 2240.
- Pedreira, A., Taşkın, Y., & Garcia, M. R. (2021). A critical review of disinfection processes to control SARS-CoV-2 transmission in the food industry. *Foods*, 10(2), 283.
- Puligundla, P., Kim, J. W., & Mok, C. (2018). Broccoli sprout washing with electrolyzed water: Effects on microbiological and physicochemical characteristics. *LWT - Food Science and Technology*, 92, 600–606.
- Possas, A., Pérez-Rodríguez, F., Tarlak, F., & García-Gimeno, R. M. (2021). Quantifying and modelling the inactivation of *Listeria monocytogenes* by electrolyzed water on food contact surfaces. *Journal of Food Engineering*, 290.
- Quan, Y., Choi, K. D., Chung, D., & Shin, I. S. (2010). Evaluation of bactericidal activity of weakly acidic electrolyzed water against *Vibrio vulnificus* and *Vibrio parahaemolyticus*. *International Journal of Food Microbiology*, 136, 255–260.
- Rahman, S., Khan, I., & Oh, D.-H. (2016). Electrolyzed water as a novel sanitizer in the food industry: Current trends and future perspectives. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*, 15(3), 471–490.
- Rahman, S. M., Ding, T., & Oh, D. H. (2010). Effectiveness of low concentration electrolyzed water to inactivate food-borne pathogens under different environmental conditions. *International Journal of Food Microbiology*, 139, 147–153.
- Shao, L., Dong, Y., Chen, X., Xu, X., & Wang, H. (2020). Modeling the elimination of mature biofilms formed by *Staphylococcus aureus* and *Salmonella* spp. using combined ultrasound and disinfectants. *Ultrasonics Sonochemistry*, 69, 105269.
- Suzuki, T., Noro, T., Kawamura, Y., Fukunaga, K., Watanabe, M., Ohta, M., ... Hotta, K. (2002). Decontamination of aflatoxin-forming fungus and elimination of aflatoxin mutagenicity with electrolyzed NaCl anode solution. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50(3), 633–641.
- Tang, J., Chen, H., Lin, H., Hung, Y.-C., Xie, H., & Chen, Y. (2021). Acidic electrolyzed water treatment delayed fruit disease development of harvested longans through inducing disease resistance and maintaining ROS metabolism systems. *Postharvest Biology and Technology*, 171, 111349.
- Lan, W., Lang, A., Zhou, D., & Xie, J. (2021). Combined effects of ultrasound and slightly acidic electrolyzed water on quality of sea bass (*Lateolabrax japonicus*) fillets during refrigerated storage. *Ultrasonics Sonochemistry*, 81.
- Zhang, W., Cao, J., & Jiang, W. (2021). Application of electrolyzed water in postharvest fruits and vegetables storage: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 599–607.

- Whangchai, K., Saengnil, K., Singkamanee, C., & Uthaibutra, J. (2010). Effect of electrolyzed oxidizing water and continuous ozone exposure on the control of *Penicillium digitatum* on tangerine during storage. *Crop Protection*, 29(4), 386–389.
- Wu, C. H., Kaneyasu, Y., Yano, K., Shigeishi, H., Kitasaki, H., Maehara, T., ... Ohta, K. (2025). Anti-fungal effects of slightly acidic electrolyzed water on *Candida* species. *Journal of Oral Bioscience*, 67, 100573.
- Xiong, K., Li, X., Guo, S., Li, L., & Liu, H. (2014). The antifungal mechanism of electrolyzed oxidizing water against *Aspergillus flavus*. *Food Science and Biotechnology*, 23(2), 661–669.
- Xiong, K., Liu, H.-J., Liu, R., & Li, L.-T. (2010). Differences in fungicidal efficiency against *Aspergillus flavus* for neutralized and acidic electrolyzed oxidizing waters. *International Journal of Food Microbiology*, 137(1), 67–75.
- Yamaner, C., Ayvaz, M., Konak, R., Tan, N., Kosoglu, I., & Dimoglo, A. (2016). Efficacy of neutralized electrolyzed water and mild heat against foodborne pathogens isolated from *Ficus carica*. *Italian Journal of Food Science*, 28, 208–220.
- Yuan, L., Sadiq, F. A., Wang, N., Yang, Z., & He, G. (2021). Recent advances in understanding the control of disinfectant-resistant biofilms by hurdle technology in the food industry. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 61(22), 3876–3891.
- Zacharia, A. I. (2024). Application of slightly acidic electrolyzed water as a potential sanitizer in the food industry. *Journal of Food Quality*, 2024, Article 5559753.
- Zeng, X., Ye, G., Tang, W., Ouyang, T., Tian, L., Ni, Y., & Li, P. (2011). Fungicidal efficiency of electrolyzed oxidizing water on *Candida albicans* and its biochemical mechanism. *Journal of Bioscience and Bioengineering*, 112(1), 86–91.
- Zhang, Q., Xiong, K., Tatsumi, E., & Liu, H.-J. (2012). Elimination of aflatoxin B1 in peanuts by acidic electrolyzed oxidizing water. *Food Control*, 27, 16–20.
- Zhang, W., Cao, J., & Jiang, W. (2021). Application of electrolyzed water in postharvest fruits and vegetables storage: A review. *Trends in Food Science & Technology*, 114, 599–607.
- Zhao, L., Li, S., & Yang, H. (2021). Recent advances on research of electrolyzed water and its applications. *Current Opinion in Food Science*, 41, 180–188.

TARIM İŞLETMELERİNDE ORTAK MAKİNE KULLANIMININ YAYGINLAŞTIRILMASI

Ahmet Haşim Keskin*, Yılmaz Sesli**

GİRİŞ

Dünya’da artan lojistik olanaklar ve nüfus mekanizasyonun tarımda önemini artırmıştır. Türkiye’de ölçek ekonomisine uymayan küçük arazi varlığına sahip işletme yapısı yaygındır. Tarım sektörünün diğer sektörler göre düşük olan kâr marjı ve geliri sermaye azlığı durumunu oluşturmaktadır. Bu küçük ölçekli işletmeler kıt sermayeleri ile ihtiyaç duyduğu tarım alet ve makinalarını satın almada darboğazlar yaşamaktadır. Bu küçük işletmelerin belirli iş ve sürelerde ihtiyaç duydukları alet ve makinaların bunlara sahip işletmeler ve özel şirket, sivil toplum kuruluşlardan kiralama ve hizmet alışverişi yapmasıdır. İşletmelerin sahip oldukları makinaların atıl mekanizasyon kapasitelerinin değerlendirmek amaçlanan bu faaliyette ekonomik kar hedeflenmektedir. Tarım alet ve makinalarının diğer işletmelerin hizmetine sunmasını veya kullandırmasını içeren bir yöntemde işgücünden ve zamandan tasarruf mümkün olacaktır. Bu çalışmada, ortak makina kullanım yöntemlerinin Dünya ‘da Türkiye’deki uygulamaları hakkında bilgiler verilmiştir. Zaman ve mekân kısıtlarının doğru planlanması ve bakım, işletme giderlerinin ortak iş yapabilme bilinciyle yönetilebilirliğinin kurumsallaştırılmasıyla bitkisel ve hayvansal üretim alanında uygulanabilirliği artırılabilir.

Tarımsal Mekanizasyon; insanları ve biyolojik malzemeleri göz önünde tutarak bitkisel ve hayvansal üretimde kullanılan alet, makina sistem ve teknolojilerin; mekanik, elektronik ve ergonomik ilkelere göre en uygun tasarımlarını ve üretimlerini gerçekleştiren; bu unsurların en uygun kullanımını sağlayan ve enerji gereksinimlerini saptayan;

* Dr. Öğr. Üyesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü Organik Tarım Programı, ORCID: 0000-0002-2612-7240, ahasimkeskin@kmu.edu.tr

** Dr. Öğr. Üyesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü Dijital Tarım Teknolojileri Programı Karaman, ORCID:0000-0002-3150-2180, ysesli@kmu.edu.tr

yenilenebilir enerji kaynaklarının tarımda kullanım olanaklarını geliştiren çok disiplinli bir bilim dalıdır (Acar,2011).

Ortalama işletme büyüklüğünün küçük olması nedeniyle, mevcut tarımsal mekanizasyon kapasitesi tam ve verimli bir şekilde kullanılamamaktadır. Atıl mekanizasyon kapasitesinin üretime katılması gerek bireysel ve gerekse ülke ekonomisi açısından önem kazanmaktadır. Konuya bu açıdan bakıldığında ortak makina kullanımı, kapasite kullanım oranını artırabilecek bir düzenleme olması nedeniyle üzerinde önemle durulması gereken bir konudur (Yıldız ve Erkmen, 2003).

Tarımsal alanların nicelik olarak büyütülmesi olanakları oldukça azalmıştır. Nitelik olarak ürünlerin geliştirilmesi çabaları ve araştırmaları hızlanmaktadır. Güvenli gıda her türlü tarımsal üretimin sürdürülmesi en az insan gücü gerektirir özellikte kurgulanmalıdır. Nihai ürünlerin temel değerlendirme işlemlerinin gerçekleştirilmesi ve üretimin her aşamasında ileri, dijital üretim teknolojilerinin kullanımı hedeflenmektedir. Her türlü enerji kaynağı ve mekanik güç kullanarak çalıştırılan değişik tip tarımsal araç ve gereç ile tarım alet ve makinalarının tasarımı, yapımı, geliştirilmesi, pazarlanması üreticilerinin fonksiyonudur.

Tarım, Hindistan ekonomisinde önemli bir rol oynamakta ve nüfusun büyük bir bölümüne istihdam ve geçim kaynağı sağlamaktadır. Ancak küçük ölçekli çiftçiler, başta modern tarım makinelerine erişimlerini kısıtlayan finansal kısıtlamalar olmak üzere çeşitli zorluklarla karşı karşıyadır. Traktörlerin, tohum ekme makinelerinin ve toprak sürme ekipmanlarının yüksek maliyeti, bu çiftçilerin mekanize tarım tekniklerini benimsemesini zorlaştırmaktadır (Dande vd., 2023).

Alet ve makinaların rantabl kullanımı becerisi edinilen yayımı, eğitimi ve kullanıcıların ilgi ve bilgisini artırılarak farkındalık oluşturarak seçiminin sağlanması benimsetilmelidir. İşletilmesi, rutin bakımı kullanımı tamir-servis bakımı ve korunmasına yönelik faaliyetleri kapsayan tarım mekanizasyon alet ve makinalarının maksimum kapasite ile çalıştırılması ortak makine kullanım organizasyonları ile mümkündür.

Tarımsal mekanizasyonun işgücü verimliliği, yoksulluğun azaltılması, gıda güvenliği, sağlık ve refah gibi olumlu etkileri sayesinde tarımsal gıda sistemlerini daha sürdürülebilir hale getirmeye yardımcı olabileceğini göstermektedir. Olası dezavantajlar arasında işsizlik etkileri, biyolojik çeşitlilik kaybı, arazi bozulması ve büyük ve küçük çiftlikler

arasında artan eşitsizlikler yer almaktadır. Sürdürülebilir tarımsal gıda sistemi dönüşümü için tarımsal mekanizasyonun potansiyelinden yararlanırken aynı zamanda riskleri en aza indirmek için çok çeşitli teknolojik ve kurumsal çözümler belirlenmiştir (FAO., 2022).

Ortak tarım makinası kullanımını bitkisel ve hayvansal üretimde kaynak verimliliği ve sürdürülebilirlik için ortak makine kullanımı makine paylaşımı veya ortak, müşterek kullanım yöntemidir.

TARIMDA KAYNAK VERİMLİLİĞİ VE SÜRDÜRÜLEBİLİRLİK İÇİN ORTAK MAKİNE KULLANIMI

Dünya tarımında diğer sektörlerle belli dönemde karlılıkta rekabet edebilme yetersizliği temel zorluktur. Artan nüfus ve bu nüfusa devletlerin taahhüt ettiği refah üretimi artırmayı gıdada öngörmektedir. İklim değişikliği riski kuraklık başta olmak üzere gıda güvenliği tehdit etmektedir. Tarımsal mekanizasyon sanayi temelli mekanik ve dijital fırsatlar sunmaktadır.

Teknolojik ürün tarımda ki makinelerin Araştırma geliştirme maliyetleri üretim, bakım işletme giderleri yüksektir. İlk edinim maliyetinin bu büyük finansal yüküne işletme de düşük kullanım oranı (atıl kapasite) eşlik ederse karlılık azalır.

Makine paylaşımının bunun ekonomik, çevresel ve sosyal çözümler sunma potansiyeli bulunmaktadır. Kooperatifler, müteahhitlik/kiralama, dijital platformlar gelecekte tarafları (ortakları, paydaşları, müşterileri) buluşturacaktır.

ORTAK TARIM MAKİNASI SİSTEMLERİNİN BAŞARI FAKTÖRLERİ VE ENGELLERİ VE ÇÖZÜM ÖNERİLERİ

Ekonomik olarak; Yüksek maliyetli makinelere daha düşük maliyetle erişim engeline ortak alımla ulaşılabilirlik sağlanması en öncelikli çözümdür. Sermaye yatırarak veya borçlanarak makine edinen çiftçilerin ekim nöbeti veya yüksek kapasiteli makineleri tam kapasite kullanamadıkları durumlarda bu atıl kapasite (makinenin kullanılmadığı zaman) sorunun azaltılmasında ortak makine kullanımı etkin olacaktır. Ürünlerin zamanında belirli ortak standartlarda ekilmesi ve en ekonomik yöntemle hasat edilmesi pazarlama avantajı sağlayacaktır.

Kooperatifler, tarımsal girdi (tohum, gübre, yakıt) alımında ve makine alımlarında toplu alımın getirdiği pazarlık gücünü kullanır. Bunun

getirdiği tasarruf, standardizasyon, modernizasyonla tarımsal üretimin rekabet edebilirliği, kalitesi ve verimliliği artır.

Makineye üretim sezonu içinde özellikle ekim ve hasat pik dönemlerinde ihtiyaç duyulan zamanda erişim sorunu adil ve şeffaf duyurulmalıdır. Makine bakımı ve onarım sorumluluğu piyasa fiyatlarında aksamadan hizmet alımı yapılmalıdır. Lojistik (taşıma) maliyetleri ölçülebilir kriterlerle ve uzak mesafeler için kısıtlayıcı olarak önceden ilan edilmelidir. Anlaşmazlık yönetimini erdemli ve bölge kültürüne uygun seri adli süreçlere en az uzayacak kültür ve ortaklık bilinciyle etik değerlere göre belirlemelidir. Rezervasyon Sistemi buradaki temel operasyon alanıdır. Makinelerin adil ve zamanında kullanımı için bir rezervasyon ve planlama sistemi (takvim) oluşturulmalıdır. Makinelerin bakımı, yakıtı ve işletme maliyetleri kooperatif bütçesinden karşılanıp ve kullanıcı ortaklardan belirlenen bir kullanım ücreti (saatlik/dönüm başına) alınmalıdır. İşletmelerin hangi zaman diliminde makine ile işleminin yapılacağı bildirilmeli, teyit edilmeli ve işlem öncesi bilgilendirilmelidir. İşlem bitiminde iş emri tamamlandığı dönüşü olumlu izlenim bırakacaktır. Kurum kültürü oluşturma ve kurumsal yapıyı geliştirmede temel ve genel stratejiler aşağıdaki hedeflere odaklanmalıdır. Organizasyon içinde davranış ve en olumlu motivasyonunu esas alan temel değerler oluşturulmalıdır. Rekabet edebilirliği artıracak tutarlı, yol gösterici ve birleşik kültür değeri oluşturma benimsetilmelidir. Kurum/ortaklık öngörü (vizyon) ve öz görev (misyon) gıda güvenliği temelli açıkça belirlenmelidir. Kurumsal ekibe etkili liderlik edecek kadro yetiştirilmelidir. İletişim kanallarında şeffaflık ve nezaket geri bildirimine dayalı, güven ve iş birliği kültürüyle gelişecektir. Süreçleri ve iş akışını ortak bir hedefe doğru standartlaştırmalıdır. Standardizasyon temel iş süreçlerini tanımlamayı kolaylaştırır, hata riskini azaltır ve verimliliği yükseltir. Yetki ve sorumlulukları iş tanımında inovasyon, hızlı operasyon akışlı kurgulanmalıdır. Performans ölçümleri ve müşteri sadakati kavramları ekibe benimsetilmelidir. Uzman ve iş bitirici liyakatli iş gücü iyi iletişim becerileriyle donatılmalıdır. İşlerin en az iki personel birlikte ve görev bölümü içinde iş güvenliğine uygun tamamlamaları asgari standart olmalıdır.

Bu, özellikle ekim ve hasat gibi kritik dönemlerde yaşanan çatışma (pik dönem erişim) sorununu yönetmek için hayati öneme sahiptir. İşlem

maliyetleri teorisi veya paylaşım ekonomisi prensipleri ile modellerin benimsetilmesi ve ortaklara açıklanması faydaları fırsata dönüştürülmelidir. Ortaklar sermaye maliyetinin azalması, yeni teknolojilere erişim, işletme verimliliğinin artması, çevresel etkiyi azaltma (daha az atıl makine) avantajlarını bireysel beklenti ve gelir paylaşımını ortak gelir artışı odağına evrimleştirmeleri önermekteyiz.

TARIM 4.0 DÖNEMİNDE DİJİTAL PLATFORMLAR ARACILIĞIYLA MAKİNE PAYLAŞIMI

Çiftçi kooperatifleri/birliklerince üyelerin ortak makine parkı oluşturması, makine müteahhitliği, özel işletmelerin makine ve operatör hizmeti sunması, makine halkaları, Avrupa'da yaygın olan, çiftçilerin birbirleriyle makine ve iş gücü paylaşımını kolaylaştıran organizasyonlara örnek olarak Dünya'da kullanılmaktadır. Günümüzde Avrupa Birliği ile Ortak Tarım Politikası (OTP) doğrultusunda ki Kırsal Kalkınma Destekleri makine ve ekipman alımlarını doğrudan destekleyerek tarımın modernizasyonunu hedeflemektedir.

Çiftlik Modernizasyonu Yatırımları: Üye ülkeler, OTP Stratejik Planları aracılığıyla, çiftçilerin üretim yapılarını modernleştirmeleri için bina, makine ve ekipman alımlarına yatırım desteği sunmaktadır. Bu desteklerle, özellikle küçük ve orta ölçekli çiftliklerin yüksek teknoloji makinelere erişimini kolaylaştırılması hedeflenmektedir. Makine Paylaşımını Teşvik: Kooperatifler veya çiftçi birlikleri tarafından yapılan ortak makine parkı alımları, yatırım desteklerinde genellikle öncelikli olarak değerlendirilir. Bu, makine paylaşımı ve kaynak verimliliği kültürünü teşvik eder. İklim ve Çevre Amaçlı Makine Alımı: Çevresel sürdürülebilirlik odaklı makine alımlarına (Hassas gübreleme, ilaçlama ekipmanları, toprak işlemeyi azaltan makineler) daha yüksek oranlarda destek verilmesi ve Avrupa Birliğinin “Yeşil Mutabakat” hedefleriyle uyumlu olması genel hedeflerdir.

Uygun kolektif yatırımlar Desteklenen kolektif yatırımlar şunları kapsayabilecektir: AB standartlarını sağlamak amacıyla tarımsal ürünlerin üretimi için tesislerin (binaların), makinelerin, ekipmanın ve diğer altyapının paylaşılması; Örnekler: tarım makinelerinin, süt soğutucularının, sınıflandırma ve paketleme ekipmanının ortak kullanımı (IPARD., 2021)

Tarımsal Amaçlı Örgütler İçin Makine Parkı Yatırımları

Modern tarımın vazgeçilmez unsuru olan makineleşme, özellikle küçük ve orta ölçekli işletmeler için sermaye gereksinimi, işletme maliyetleri ve makinenin yıl içinde optimum kullanım süresi gibi önemli kısıtlar barındırmaktadır. Bu kısıtların aşılmasında, işletmeler arası iş birliğine dayalı bir model olan ortak makine kullanımı, ekonomiklik, kaynak verimliliği ve teknolojik yeniliklere erişim imkanı sunarak sürdürülebilir tarımın temel araçlarından biri haline gelmektedir. Bu modelin yaygınlaştırılmasında, tarımsal amaçlı örgütler (kooperatif, birlik vb.) kilit bir rol üstlenmekte ve kamu destek mekanizmaları da bu süreci teşvik edici bir işlev görmektedir. Nitekim ilgili kamu destek programlarıyla ortak makine kullanımını merkeze alan belirli ilke ve kriterler getirmektedir. Program kapsamında, yeni tesis kurulumu, teknoloji yenileme ve modernizasyon niteliğindeki yatırımlar hibe desteğine uygun görülmektedir. Örgütlerin, üyelerinin ortak ihtiyaçlarına hizmet edecek makine parkları oluşturmaları hedeflenmektedir. Birincil ve ikincil üretime yönelik makine-ekipman alımları uygun harcama kalemleri arasında sayılmaktadır. Bu alımlar için gerekli depolama veya muhafaza binalarının inşası ile, hizmet verilecek bölgenin potansiyeliyle uyumlu sayıda ve ölçekte ekipman teminine yönelik projeler sunulabilmektedir. Ancak, proje kapsamındaki tüm inşaat ve makine alımlarının, başvuru örgütün faaliyet alanları ile doğrudan ilişkili olması zorunluluğu bulunmaktadır (TOB., 2025).

Destekleme mekanizmasının temel mantığı, satın alınan makine ve ekipmanların, örgüt bünyesinde sabit olarak kullanılması değil, örgüt tarafından üyelere kiralanarak müşterek kullanımının sağlanmasıdır. Bu sayede, ölçek ekonomilerinden faydalanılarak maliyetler düşürülmekte ve yüksek teknolojiye ekipmanlara erişim sağlamayı amaçlamaktadır. Programda destek kapsamına alınan belirli makine türleri de üretim ve hasat zincirindeki kritik ihtiyaçları karşılamaya yöneliktir. Bu kapsamda biçerdöver, balya, silaj, ekim makineleri, çayır biçme ve çay hasat makineleri, yem karma ve dağıtma makineleri ile su ürünlerinde kuluçka dolabı gibi ekipmanlar sayılabilir. Programın önemli bir sınırlayıcı kriteri ise makine alımında ölçeklendirme ilkesidir. Buna göre, tarımsal örgütün her yirmi bir üyesi için en fazla bir adet makine-ekipman alımı hibe desteği kapsamında değerlendirilmekte, bu da kaynakların adil ve ihtiyaca dayalı dağıtımını güvence altına almayı amaçlamaktadır.

Ayrıca günümüzde yaygın kullanılan akıllı telefon uygulamaları dijital paylaşım platformları veya web siteleri aracılığıyla arz ve talebi eşleştiren yeni modeller (paylaşım ekonomisi) mevcut tarımsal kooperatifler aracılığıyla planlamasını en uygulanabilir sistem olarak değerlendirmektediriz. Bu kooperatifleri kısaca şöyle tanımlayabiliriz.

- Tarımsal Kalkınma Kooperatifleri: Çoğunlukla çok amaçlı olarak kurulan ve yerel ve bölgesel kırsal kalkınmaya odaklanan kooperatiflerdir. Ortaklarının üretimde verimliliği ve kaliteyi artırıcı tedbirler almasına, ürün ve mamullerinin kalitesini yükseltmesine ve pazarlanmasına yardımcı olurlar. Hayvancılık, meyvecilik, arıcılık gibi birçok alanda faaliyet gösterebilirler. Mekanizasyonda ortak makine kullanımında yerel çözüm aracılıklarıyla sunabileceklerdir.
- Tarım Satış Kooperatifleri (TSK); Belirli tarım ürünlerinin (örneğin pamuk, fındık, zeytin ve zeytinyağı, incir, üzüm, ayçiçeği, tütün, tahıl) pazarlama, işleme ve depolanmasını amaçlarlar. Bu kooperatifler genellikle kendi birlikleri çatısı altında örgütlenirler. Başlıcaları Fiskobirlik; fındık, Marmara Birlik; zeytin ve zeytinyağı (sofralık zeytin), Tarih Birlikleri; incir, üzüm, pamuk ve zeytinyağı (Ege Bölgesi) gibi ürünler için ayrı ayrı dört farklı Birliği vardır. Çukobirlik; pamuk ve yağlı tohumlar, Trakya Birlik; ayçiçeği ve diğer yağlı tohumlar, Antbirlik; pamuk (Antalya Bölgesi), Gülbirlik; gül ve gül ürünleri gibi kapsamlı örgütlenmişlerdir. Bu kooperatifler, özel yasalarla düzenlenir ve devlet destekleme alımlarında önemli rol oynarlar.
- Sulama Kooperatifleri: Ortakların tarımsal arazilerinin sulama suyu ihtiyacını karşılamak ve sulama sistemlerinin işletmesini, bakımını ve yönetimini sağlamak amacıyla kurulur. Modernizasyon ve dijital teknolojilere erişim fırsatlarına girişimcilik yatırımları konusunda etkin rol alabileceklerdir.
- Su Ürünleri Kooperatifleri: Ortaklarının balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği ile ilgili üretim, işleme, pazarlama ve tedarik ihtiyaçlarını karşılamak üzere faaliyet gösterirler.
- Pancar Ekicileri Kooperatifleri: Şeker pancarı üretimi yapan çiftçilerin, üretim girdilerini temin etmek ve ürettikleri

pancarın satışı ile ilgili organizasyonları yapmak amacıyla kurulmuşlardır. Ortak makine kullanımının tarihine Orta Anadolu bölgesinde baktığımızda Geleneksel ürün şeker pancarında hassas ekim yapan Pnomatik- havalı mibzerin Pancar ekicileri kooperatifi işletmeciliğinde tam kapasite ve en doğru ekim sürecinde kullanıldığı gözlenmiştir. Küçük ve Orta Ölçekli ürün deseninde şeker pancarı bulunan işletmelerde tarım makinesi paylaşımının ekonomik ve operasyonel etkileri net kara dönüşmüştür. Mevcut bu gibi uygulama modellerinin bu mibzerlerin işletmelerde yaygınlaşmasına öncülük ettiği söylenebilir.

- Tarım Kredi Kooperatifleri (TKK): Türkiye'deki en eski ve en yaygın kooperatif yapılarından biridir. Çiftçilerin finansman, tarımsal girdi (gübre, tohum, yem vb.) temini ve kredi ihtiyaçlarını karşılamak üzere kurulmuştur. Makine satış ve kiralama havzalarına göre planlanmalıdır. Bu kooperatifler, üyelerinin tarımsal faaliyetlerini daha verimli ve sürdürülebilir hale getirmede kritik bir rol oynamaktadır.

Makine Alımında; kooperatifler, üyelerden toplanan sermaye (üyelik payları, aidatlar) ve/veya kredi/hibe destekleriyle; traktör, biçerdöver, ekim makinesi, ilaçlama makinesi gibi yüksek maliyetli ve modern tarım makinelerini satın alırlar. Mülkiyetleri de: bireysel bir çiftçi yerine, kooperatifin tüzel kişiliğine aittir. Bu, ortakların makine mülkiyetinin getirdiği büyük sermaye ve risk yükünden kurtulmasını sağlar.

Tarımda Mekanizasyonda sürdürülebilirlik yönünden; paylaşım ekonomisiyle, işlem maliyetlerini düşürmek için her işletme tarafından küçük arazilere satın alınan atıl kapasite oluşturan makinelerin kooperatifçilik çatısı altında yaygın kullanımı benimsetilmelidir.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Tren, uçak gibi toplu taşıma araçları amacı daha düşük maliyet ve riskle sağlamaktadır. Şehirlerdeki toplu taşıma (otobüs, tramvay, metro vb.) araçları paylaşım ekonomisiyle refah artırmaktadır. Ülkemizde internet üzerinden sosyal medyada yaygın Akıllı telefon uygulamaları veya web olarak kullanılan (Instagram, Facebook, WhatsApp benzeri programlar, siteler aracılığıyla dijital Paylaşım mecralarda arz ve talebi eşleştiren yeni modeller kurgulanmalıdır.

Makine kooperatifleri, küçük çiftliklerin artan maliyetler ve küresel rekabet karşısında ayakta kalabilmesi ve modern tarım yöntemlerini benimseyebilmesi için en etkili kurumsal çözüm modellerinden biridir. Küçük çiftçilerin tek başlarına alamayacakları modern ve büyük ölçekli teknolojilere (örneğin: Hassas tarım ekipmanları, güncel son versiyon modellerin kullanım fırsatı avantajı) ulaşımı olanağı sunulacaktır.

Tarımsal amaçlı örgütler ve özellikle marka ortaya çıkarabilecek kooperatifler ve özel sektör kurum ve kuruluşları için makine paylaşımını özendirilmelidir. Bölge veya ürün için uzmanlaşmış ekip ve alet makine bulunduran parkların kurulmasını hızlandırılması sübvansiyonlar, yayım ve eğitimler çalışmaları, altyapı desteği teşvikinin artırılmalıdır.

KAYNAKÇA

- Acar. A., İ., Öztürk R., Güner M., 2011. Tarım Alet Ve Makinaları, T.C. Anadolu Üniversitesi Yayını No: 2354 Açık öğretim Fakültesi Yayını No: 1351
- Dande N., Khule K., Vadaskar S., Rathod T., 2025. Multipurpose Equipment Used for Agricultural Processes | IJIRT International Journal of Innovative Research in Technology| Volume 11 Issue 10 | ISSN: 2349-6002 Pune, India chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ijirt.org/publishedpaper/IJIRT173869_PAPER.pdf s. 2297 (Erişim Tarihi:17.11.2025)
- FAO., 2022. Agricultural Mechanization and Sustainable Agrifood System Transformation in the Global South Background paper for The State of Food and Agriculture 2022 November 2022 FAO Agricultural Development Economics Working Paper 22–11 chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://openknowledge.fao.org/server/api/core/bitstreams/170e46b4-50c7-45af-a819-4f3cc4c8557c/content(Erişim Tarihi:17.11.2025)
- IPARD., 2021. Türkiye Cumhuriyeti Katılım Öncesi Yardım Aracı Kırsal Kalkınma Programı (2021-2027). chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ipard.tarimorman.gov.tr/Content/IPARDIII_TR.pdf s.139 (Erişim Tarihi:17.11.2025)
- TOB., 2025. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü Kırsal Kalkınma Destekleri Kapsamında Tarıma Dayalı Yatırımların Desteklenmesi 2025 Başvuru Dönemi Tebliğ No: 2024/43 Uygulama Esasları. https://www.yatirimadestek.gov.tr/assets/upload/dosyalar/uygulama_rehberi-kkydp_ekonomik_yatirimlar.pdf (Erişim Tarihi:20.11.2025)
- Yıldız C., Erkmen Y., 2003. Tarımda Ortak Makina Kullanımı ve Türkiye’deki Uygulamaları Atatürk Üniversitesi Ziraat Fak. Dergisi, 34 (4), 395-401, chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcglclefindmkaj/https://dergipark.org.tr/tr/download/article-file/34290 (Erişim Tarihi:17.11.2025) s. 400-401

ROKA BİTKİSİNİN FARKLI SULAMA SUYU KALİTESİ KOŞULUNDA GELİŞİM VE VERİMİ

Ahmet Öztürk*, M. Sevba Çolak**, Mehmet Fırat Gün***

GİRİŞ

Ülkelerin sahip olduğu en kıymetli doğal varlıkların başında toprak ve su kaynakları gelmektedir. Bir toplumun sosyal ve ekonomik gelişiminde bu kaynakların sürdürülebilir biçimde değerlendirilip etkin şekilde kullanılması oldukça önemlidir.

Su, tüm canlı yaşamı açısından hayati nitelikte bir kaynaktır; yeterli su kaynağı bulunmadığında bitkisel üretimde ciddi sınırlamalar ortaya çıkabilmektedir. Günümüzde su kaynaklarının miktarı kadar suyun kalitesi de önem arz etmektedir. Çünkü kalite dikkate alınmadığında dünyada oldukça fazla miktarda su bulunmaktadır. Su kaynağını kısıtlı hale getiren temel etmen yeterli kalitedir.

Sulama için yeterli kalitede olmayan kaynaklar ile sulama yapılması durumunda, belirli bir süre sonunda toprakların da sorunlu hale gelmesi kaçınılmazdır. Düşük kaliteli yani yüksek miktarda tuz içeren sularla sulama yapılması sonucunda, toprağa yüksek miktar da tuz verilmekte ve bu yüzden topraklarda tuz birikimi oluşmaktadır. Bu nedenle sürdürülebilir tarım açısından su kalitesine bağlı olarak tuzluluk yönetimi ilkelerinin uygulanması bir gerekliliktir.

Artan nüfusla birlikte gerekli gıda talebini karşılayabilme ve buna bağlı ortaya çıkan su ihtiyacını karşılayabilmek için, önceden tarımsal sulamada kullanılmayan düşük kaliteli suların da kullanımı gündeme gelmiştir. Bunun yanında, büyük ölçekli sulama projelerinden drenaj suyu olarak çıkan suyun yeniden değerlendirilmesi konusu da zamanla daha sık tartışılır hale gelmektedir. Bu koşullar dikkate alındığında,

*Prof.Dr., Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara, aozturk@ankara.edu.tr, ORCID: 0000-0003-0201-1726

**Dr., Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara, smyilmaz@ankara.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4752-6491

***Öğrenci, Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ankara, mehmetfiratgun@gmail.com, ORCID: 0009-0007-4749-4748

dünya genelinde düşük kaliteli suların kullanımının yaratabileceği problemler ve bu problemlerin çözümüne ilişkin yürütülen bilimsel araştırmalar hız kesmeden devam etmektedir (Yurtseven ve Öztürk, 2001).

Tarımda temel hedef, verimi yani üretim miktarını yükseltmektir. Bu hedefe ulaşmada en etkili girdilerden biri de sulamadır. Diğer üretim faktörleri sabit kaldığında, yalnızca sulama uygulamaları ile tarımsal verim ciddi oranlarda artırılabilir. Fakat sulama amacıyla kullanılan suyun içinde çözünmüş halde bulunan katı maddelerin yani erimiş tuzların mevcudiyeti ve bunların etkileri de dikkate alınmalıdır. Sulama suyunda bulunan bu tuzların miktarı ve türü, suyun kalitesini doğrudan etkileyen unsurlar arasında yer alır. Günümüzde, yer üstü ve yer altı su kaynakları yönünden bakıldığında, yeterli seviyede kaliteli suya ulaşmak her zaman mümkün olmamaktadır. Bu da daha düşük nitelikteki suların kullanımını çoğu zaman zorunlu kılmıştır. Düşük kalitede sulama suları kullanılarak yürütülen bilimsel çalışmaların büyük bir kısmı, bitkisel üretim talebinin arzı geçtiği, kuraklık riski taşıyan veya yarı kurak koşullara sahip bölgelerde gerçekleştirilmiştir (Rhoades et al. 1992).

Kuraklık riski taşıyan ve yarı kurak özellikteki bölgelerde yeterli kalitede su kaynaklarının bulunmaması nedeniyle, daha düşük nitelikli suların kullanımı yaygınlaşmaktadır. Ancak kalitesi düşük ya da tuz içeriği yüksek olan bu suların sulamada tercih edilmesi, zamanla toprakta tuz birikimine neden olmakta ve buna bağlı olarak tuzluluk problemi ortaya çıkmaktadır. Bu durum ise ürünlerin hem verimini hem de kalitesini olumsuz yönde etkileyerek düşüklere yol açmaktadır (Yurtseven ve Baran, 2000).

Bu çalışmada; 5 farklı sulama suyu kalitesinde roka bitkisinin gelişimi takip edilmiş olup, sulama suyu miktarı, bitki boyu, toplam biyokütle ve mineral madde analizleri yapılmıştır. Ayrıca deneme sonunda saksılardan alınan toprak örneklerinde EC ölçümleri yapılarak, uygulanan sulama suyu kaliteleri arasında farklar ortaya çıkarılmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Çalışma, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nde yürütülmüştür. Çalışmada Genta Genel Tarım Ürünleri Pazarlama Anonim Şirketine ait Roka (*Eruca vesicaria*)

tohumları kullanılmıştır. Brassicaceae (Turpgiller) familyasında sınıflandırılan roka (*Eruca sativa* Mill.), serin iklimlere dayanıklılığı ve kısa gelişme süresiyle bilinen, yaprakları tüketilen bir sebze türüdür.

Çalışma tesadüf blokları deneme deseninde toplam 15 adet saksıda yürütülmüştür (şekil 1).



Şekil 1. Deneme deseni

Denemede organik madde ve azot bakımından zengin, uygun pH içeriğine sahip, saksı ve dış mekan bitkisi yetiştirilmesine uygun torf toprağı kullanılmıştır. Topraklar tartılarak eşit miktarda olacak şekilde saksılara doldurulmuştur.

Denemede 5 farklı kalitede sulama suları kullanılmıştır. Sulama suları pet şişelerde 5 litre olarak hazırlanmıştır. Bunlardan iyi kalitedeki su, şehir şebeke suyunun saf su ile seyreltilmesi sonucu elde edilen sudur (T1). Diğer suların (T2, T3, T4, T5) hazırlanması sırasında farklı miktarlarda, suda eriyebilirliği yüksek olan NaCl, CaCl₂, MgSO₄ kimyasal tuzları kullanılmıştır. Bu sulama sularının elektriksel iletkenlik değerleri T1 : 0.25 dS/m, T2 : 2 dS/m, T3 : 4 dS/m, T4 : 6 dS/m, T5 : 8 dS/m olarak belirlenmiştir.

Bu çalışmada roka (*Eruca sativa*) bitkisinin yetiştiriciliğı, hazır toprak kullanılarak saksı ortamında gerçekleştirilmiştir. Uygulama, kontrollü

koşullarda ve küçük ölçekli üretim modeli temel alınarak yürütülmüştür. Bu yöntem, hem bitki gelişiminin yakından takip edilmesine olanak sağlamış hem de dış çevresel etkilerin en aza indirgenmesini mümkün kılmıştır.

Yetiştiricilikte kullanılan toprak, torf, perlit ve organik madde açısından zengin, ticari olarak temin edilmiş hazır bitki yetiştirme karışımıdır. Bu karışım; su tutma kapasitesi yüksek, iyi drene olabilen ve kök gelişimini destekleyen bir yapıya sahiptir. Saksılar ise 20-25 cm derinliğe ve yeterli drenaj deliklerine sahip plastik kaplar olarak seçilmiştir.

Ekim işlemi, doğrudan tohumla yapılmış olup, tohumlar saksı başına eşit şekilde dağıtılarak 1-1.5 cm derinliğe yerleştirilmiş, ardından ince bir toprak tabakasıyla örtülmüştür. Ekim sonrası can suyu verilmiş ve saksılar, ışık alan ve rüzgârdan korunaklı bir alana yerleştirilmiştir. Sulama işlemleri, bitki gelişim dönemine göre planlanmış, toprak yüzeyi kurudukça elle kontrolü yapılmış, ardından tartımları yapılarak tarla kapasitesine kadar sulama yapılmıştır. Kök çürüklüğü ve mantar hastalığı gibi risklere karşı aşırı sulamadan kaçınılmıştır. Hasat, ekimden 84 gün sonra, yapraklar yeterli büyüklüğe ulaştığında elle yapılmıştır.

Sulamalar, saksıların tartılı lizimetre gibi dikkate alındığı ağırlık esasına dayalı olarak tarla kapasitesindeki ağırlıktan ($TK = 1.70 \text{ kg}$) eksilen su miktarının ilavesi şeklinde yürütülmüştür. Araştırmanın başında ekim zamanı tüm saksılar tarla kapasitesi düzeyinde sulanarak ağırlıkları tartılmış ve bitkilerin yetiştirildiği dönemde her sulama için saksı ağırlığı tarla kapasitesine getirilecek şekilde eksik su miktarı kadar su verilerek sulanmıştır. Sulamalara 14 Nisan 2025 günü başlanmış olup 24 Haziran 2025 günü son verilmiştir.

Bitki su tüketimleri deneme boyunca kaydedilmiş olup; verim, bitki özellikleri ve toprak özelliklerine ilişkin ölçümler ise hasat sonrası değerlendirilmiştir. Bu amaçla alınan su, toprak ve bitki örnekleri laboratuvarında analiz edilmiştir.

Laboratuvarında yürütülen bu analizlere ilişkin uygulanan yöntemler aşağıda açıklanmıştır.

Bitki boyu: Bitkinin kök boğazından başlayıp tepe noktasına kadar olan düşey mesafe bitki boyu olarak ele alınmıştır. Bu işlem bitkinin

toprak üstü aksamı hasat edildikten sonra cetvel yardımıyla ölçülmüştür (şekil 2).



Şekil 2. Bitki boyu ölçümleri

Bitki yaş ağırlığı (toplam biyokütle): Bitkinin toprak üstü aksamı her bir saksı için hasattan sonra yaş olarak tartılmış ve bu değer bitki yaş ağırlığı olarak kaydedilmiştir. Bitkinin verim değeri olarak da yine bu değer (biyokütle) dikkate alınmıştır (şekil 3).



Şekil 3. Bitki yaş ağırlık ölçümleri

Bitkide kuru madde miktarı: Bitki örneklerinin fırın kuru ağırlığını belirlemek amacıyla, toplanan materyaller laboratuvara getirilmiştir. Örnekler, sabit ağırlığa ulaşana kadar 65-70°C sıcaklıktaki fırında 48 saat boyunca kurutulmuştur. Kurutma işlemi sonrasında materyaller hassas terazi ile tartılarak fırın kuru ağırlıkları belirlenmiştir (şekil 4). Kacar ve İnal (2010)'da belirtilen esaslara göre kül fırınında yakılarak % mineral madde içerikleri belirlenmiştir.



Şekil 4. Bitki örneklerinin etüvde kurutulması ve kuru ağırlığın belirlenmesi

Toprak analizleri için toprak numuneleri saksının yüzeyinden tabanına kadar tüm profil karıştırılarak alınmış ve örneklerde satürasyon ekstraktı çıkarılarak EC ölçümleri yapılmıştır (şekil 5).



Şekil 5. Satürasyon macunlarının hazırlanması

BULGULAR ve TARTIŞMA

Tesadüf blokları deneme deseninde saksılarda 5 farklı sulama suyu kalitesi uygulanarak yetiştirilen roka bitkisinde toplam biyokütle (verim), bitki su tüketimi ve toprak tuzluluğu incelenmiştir. Bu özelliklere ilişkin sonuçlar aşağıda değerlendirilmiştir.

Toplam biyokütle (verim)

Bu çalışmada 0.5 ile 8 dS/m arasında seçilen farklı sulama suyu tuzluluk seviyelerinin roka bitkisinin verimi ve gelişimi üzerine yapmış olduğu etki incelenmiştir. Beş farklı tuzluluk düzeyi (T1: 0.5 dS/m, T2: 2 dS/m, T3: 4 dS/m, T4: 6 dS/m, T5: 8 dS/m) altında yürütülen denemede, her bir tuzluluk seviyesi için üç tekerrürlü verim değerleri belirlenmiş ve ortalamaları hesaplanmıştır.

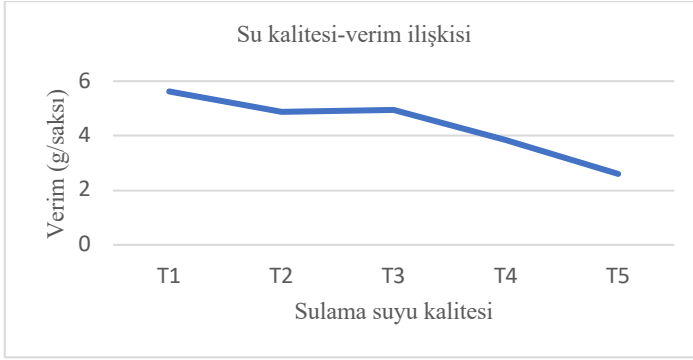
Elde edilen sonuçlara göre, tuzluluk düzeyi arttıkça verimde belirgin bir azalma gözlemlenmiştir. En yüksek ortalama verim, 5.62 g ile 0.5 dS/m (T1) tuzluluk seviyesinde elde edilmiştir. Bunu sırasıyla T3 (4 dS/m; 4.95 g), T2 (2 dS/m; 4.88 g), T4 (6 dS/m; 3.83 g) ve T5 (8 dS/m; 2.60 g) konuları takip etmiştir.

Bu sonuçlar, artan tuzluluk seviyelerinin bitki gelişimini ve verimini olumsuz etkilediğini göstermektedir. Özellikle 6 dS/m ve üzerindeki tuzluluk değerlerinde verimde önemli düşüşler meydana gelmiştir. Bu durum, yüksek tuzluluk seviyelerinin bitkide ozmotik stres ve iyon toksisitesi gibi olumsuz fizyolojik etkiler yarattığını düşündürmektedir.

Çalışmada verim olarak dikkate alınan toplam biyokütle değerleri tablo 1’de verilmiştir. Gerek 1 nolu tablodaki değerler, gerekse 6 nolu şekil incelendiğinde, uygulanan sulama suyu tuz içeriğinin roka bitkisinde verime etkili olduğu görülmüştür.

Tablo 1. Sulama suyu kalitesine göre verim değerleri (g/saksı)

Verim	T1=0.5 dS/m	T2=2 dS/m	T3=4 dS/m	T4=6 dS/m	T5=8 dS/m
I	5.866	5.460	5.616	3.293	2.441
II	4.924	4.778	4.198	3.821	2.022
III	6.080	4.415	5.042	4.387	3.340
Ort	5.623	4.884	4.952	3.833	2.601



Şekil 6. Su kalitesi-verim ilişkisi

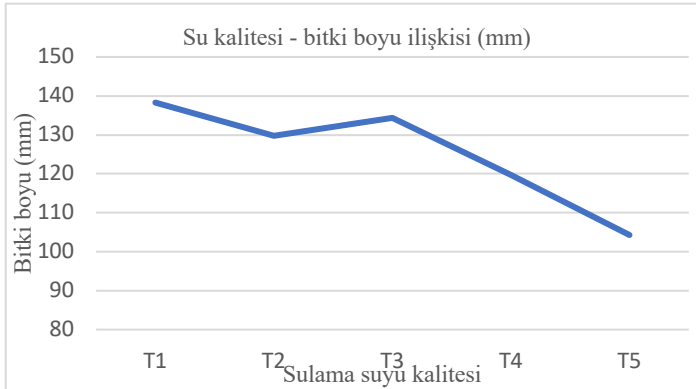
Şekilde görüldüğü gibi tuzluluk artışının verimi negatif yönde etkilediğini ortaya koymakta ve tarımsal üretimde tuzluluk düzeylerinin dikkatle izlenmesi gerektiğini göstermektedir.

Bitki boyu

Araştırma sonunda hasat edilerek ölçülen bitki boyu değerlerine ilişkin veriler tablo 2’de, sulama suyu tuzluluğundaki değişimin bitki boylarına etkisini gösteren grafik ise şekil 7’de verilmiştir.

Tablo 2. Araştırmada elde edilen bitki boyları (mm)

Bitki boyu	T1=0.5 dS/m	T2=2 dS/m	T3=4 dS/m	T4=6 dS/m	T5=8 dS/m
I	145.6	131.7	136.9	117.0	105.7
II	128.0	125.7	134.9	119.7	100.1
III	141.3	131.7	131.4	122.7	107.0
Ort	138.3	129.7	134.4	119.8	104.3



Şekil 7. Su kalitesi-bitki boyu ilişkisi

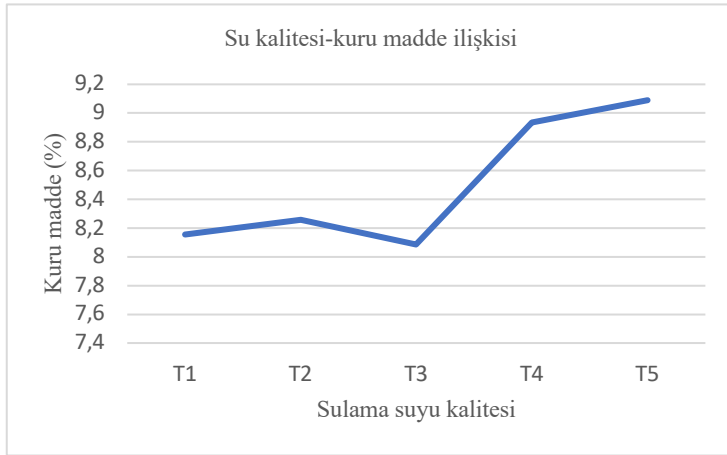
Tablo 2 ve şekil 7’de verilen grafik incelendiğinde, sulama suyu tuzluluğunun artışına paralel olarak bitki boyu değerlerinin azaldığı görülmektedir. Bu yüzden sulama suyu tuzluluğunun bitkinin boyunu kısalttığı açıkça gözlenmektedir. Bitki boyu, bitki gelişmesiyle ilgili bir parametre olduğu için, sulama suyu tuzluluğunun bitki gelişmesini kısıtladığı açıkça söylenebilmektedir.

Bitki kuru madde-mineral madde değerleri

Bitki örnekleri hasat edildikten sonra yaş ağırlıkları ölçülmüş ve etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar (48 saat) 65-70 °C sıcaklıkta kurutulmuştur. Kuru ağırlık değerleri yaş ağırlığa oranlanarak, bitkide kuru madde değerleri yüzde olarak belirlenmiştir (tablo 3). Sulama suyu tuzluluğu ile bitki kuru madde ilişkisi şekil 8’de verilmiştir.

Tablo 3. Araştırmada elde edilen bitki kuru madde değerleri (%)

Kuru madde	T1=0.5 dS/m	T2=2 dS/m	T3=4 dS/m	T4=6 dS/m	T5=8 dS/m
I	8.2	8.3	7.5	8.3	8.8
II	8.5	8.5	8.7	9.3	9.3
III	7.7	8.0	8.0	9.2	9.2
Ort	8.2	8.3	8.1	8.9	9.1



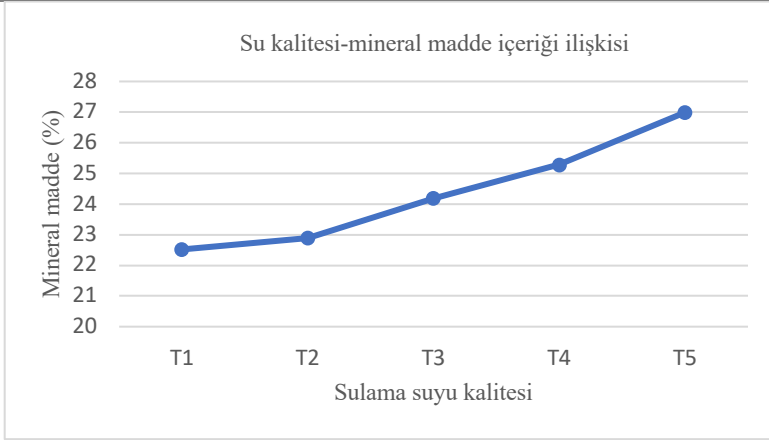
Şekil 8. Su kalitesi-bitki kuru madde ilişkisi

Uygulanan sulama suyu tuz içeriğini artışına bağlı olarak bitki daha fazla kuru madde oluşturmuştur. Sulama suyu tuz içeriğinin yükselmesi bitkide su alımını zorlaştırmış ve bu durum bitkinin daha fazla kuru madde bağlamasına sebep olmuştur.

Kurutulmuş bitki materyalleri kuru ağırlık olarak tartıldıktan sonra kül fırınında yakılarak mineral madde içerikleri belirlenmiştir. 550°C’de 6 saat kuru yakma işlemine tabi tutulmuş ve tüm organik madde yanarak kül haline geldikten sonra hassas terazide tartılmıştır. Araştırmada elde edilen sonuçlar tablo 4’de verilmiştir. Sulama suyu tuzluluğunun artışına paralel olarak mineral madde oranı da artış göstermiştir (şekil 9). Bitkiler daha yüksek tuz içeriğine sahip sular ile sulandığında bitki bünyesinde daha fazla mineral madde birirmektedir.

Tablo 4. Araştırmada elde edilen bitki mineral madde değerleri (%)

Mineral madde	T1=0.5 dS/m	T2=2 dS/m	T3=4 dS/m	T4=6 dS/m	T5=8 dS/m
I	22.9	25.1	22.9	20.1	28.7
II	23.8	24.7	22.4	16.8	24.5
III	22.5	22.9	24.2	25.3	27.0
Ort	22.5	22.9	24.2	25.3	27.0



Şekil 9. Su kalitesi-bitki mineral madde içeriği ilişkisi

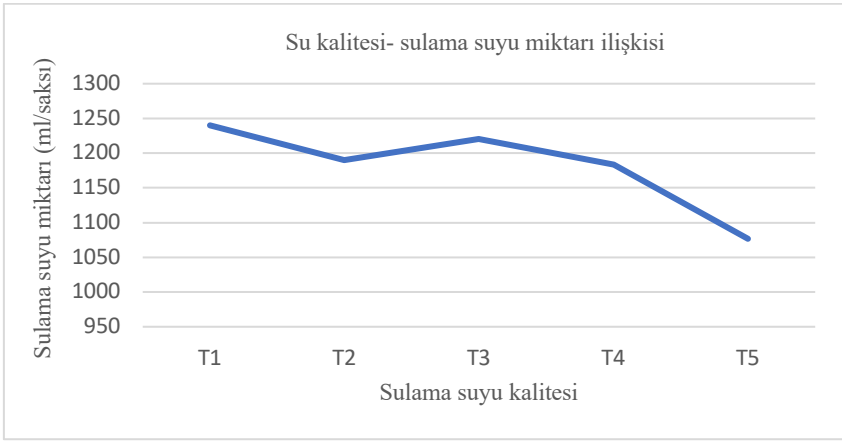
Sulama suyu miktarı

Araştırmanın başlatıldığı ve ekimin yapıldığı günden bitkinin hasat edildiği güne kadar deneme saksılarına uygulanan sulama suyu miktarı kaydedilerek toplanmıştır. Bu değerler ml/saksı şeklinde bitki su tüketimi olarak kaydedilmiştir. Bu şekilde belirlenen su tüketimi değerleri tablo 5’de, sulama suyu tuzluluğu ile bitki su tüketimi ilişkisini gösteren grafik ise şekil 10’da verilmiştir.

Tablo 5. Sulama suyu miktarları (ml/saksı)

S.suyu miktarı	T1=0.5 dS/m	T2=2 dS/m	T3=4 dS/m	T4=6 dS/m	T5=8 dS/m
I	1230	1170	1200	1110	1090
II	1250	1160	1210	1190	1050
III	1240	1240	1250	1250	1090
Ort	1240	1190	1220	1183	1077

Sulama suyu tuzluluğu bitki su tüketimi ilişkisini gösteren grafik incelendiğinde, uygulanan sulama suyu tuz içeriğinin bitkinin su alımını kısıtladığı ve mevsimsel su tüketiminin düşmesine neden olduğu açıkça görülmektedir. Sulama suyu tuzluluğu arttıkça toplam bitki su tüketimi değerleri azalmaktadır. Bu durum, bitkinin strese girdiğinin ve stres yüzünden bitkide verim ve gelişme kısıtlılığı oluştuğunun göstergesidir.

**Şekil 10.** Su kalitesi-sulama suyu miktarı ilişkisi

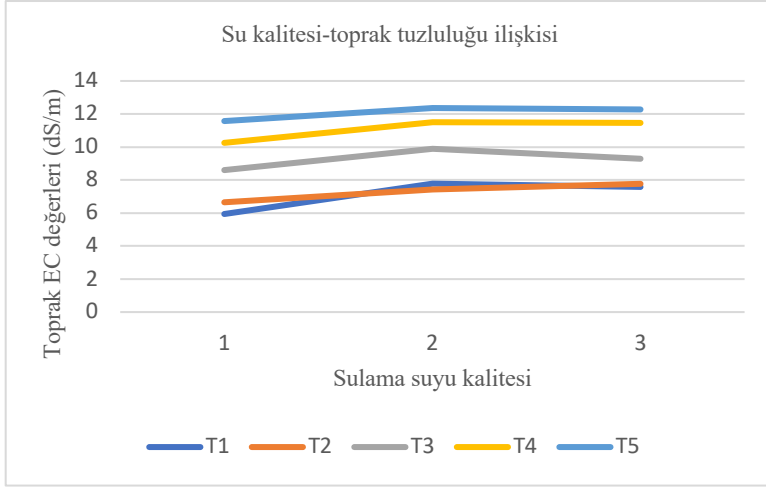
Toprak tuzluluğu (EC)

Sulama suyu tuzluluğunun toprakta yaptığı etkiler incelenmiş olup, satürasyon eriyiği EC değerleri tablo 6'da verilmiştir. Hasat zamanına kadar toprakta yapılan sulamalara bağlı olarak tuz birikimi gerçekleşmiştir. Birikmiş olan tuz miktarları hasat sonrasında alınan toprak örneklerinde belirlenmiş olup, en yüksek tuzluluk değeri T5 konusunda, en düşük değer ise T1 konusunda elde edilmiştir (şekil 11). Sulama suyu tuz içeriğinin artmasıyla toprakta oluşan tuzluluk değerleri

de artış göstermiştir. Hasat sonrası toprak profil tuzluluk değerleri doğrudan sulama suyu tuzluluk değerlerinin bir fonksiyonu olarak paralellik göstermiştir.

Tablo 6. Hasat sonrası kök bölgesi toprak tuzluluğuna ilişkin değerler

Toprak EC değerleri (dS/m)	T1=0.5 dS/m	T2=2 dS/m	T3=4 dS/m	T4=6 dS/m	T5=8 dS/m
I	5.9	6.7	8.6	10.6	11.6
II	7.8	7.4	9.9	11.5	12.4
III	7.6	7.8	9.3	11.4	12.3
Ort	7.1	7.3	9.3	11.1	12.1



Şekil 11. Su kalitesi-toprak tuzluluğu ilişkisi

SONUÇ ve ÖNERİLER

Bu çalışmada, tohumdan yetiştirilen roka bitkisine 5 farklı tuzluluk düzeyine sahip sulama suları uygulanmış olup, bitki ve toprak özelliklerine olan etkisi araştırılmıştır. Araştırmaya ait sonuçlar aşağıda özetlenmiştir.

Sulama suyu tuz içeriğinin Roka bitkisinin verimine olumsuz etki yaptığı belirlenmiştir. Sulama suyu tuzluluğu 4 dS/m değerinden daha fazla olduğunda verim ciddi ölçüde azalarak yetiştiricilik yapmak anlamsız duruma gelmektedir. Aslında bu tuzluluk düzeyi oldukça yüksek bir değerdir ve bu değere dayanarak rokanın tuzluluğa orta

dayanıklı bir bitki olduğu söylenebilir. 4 dS/m'den daha tuzlu şartlarda ise verim bir anda yarıya inmekte ve yetiştiriciliğin anlamı kalmamaktadır. Sulama suyu açısından en yüksek verim T1 konusunda, en düşük verim ise T5 konusunda elde edilmiştir. Buradan elde edilen sonuçla sulama suyu tuzluluğundaki artışın roka bitkisi veriminde düşüşe yol açtığı görülmektedir. Sulama suyu tuzluluğu açısından konulara göre elde edilen ortalama verim değerleri büyükten küçüğe $T1>T3>T2>T4>T5$ konularında sırasıyla $5.623>4.952>4.884>3.833>2.601$ g/saksı olarak bulunmuştur.

Sulama suyu kalitesinin roka bitkisinin gelişimine olan etkisinin de incelendiği çalışmada sulama suyu tuzluluğunun bitki boyunu kısalttığı ortaya çıkmıştır. Dikkate alınan konular içerisinde en yüksek bitki boyu değeri en iyi kaliteyi temsil eden T1 konusunda, en düşük boy değeri ise tuzluluğu en yüksek olan T5 konusunda elde edilmiştir. Sonuç olarak sulama suyu tuzluluğunun artması bitki boyunda önemli düzeyde azalmalara neden olmuştur denebilmektedir. Dikkate alınan konular için ortalama bitki boyu değerleri büyükten küçüğe $T1>T3>T2>T4>T5$ konularında sırasıyla $138.3>134.4>129.7>119.8>104.3$ mm olarak belirlenmiştir.

Sulama suyu tuz içeriğindeki değişimin roka bitkisinin kuru madde ve mineral madde içeriğini nasıl etkilediği de çalışmada incelenmiştir. Sulama suyu kalitesinin bozulması yani suyun tuz içeriğinin artması, bitkide hem kuru madde hem de mineral madde içeriğini artırmıştır. En yüksek kuru madde miktarı değeri en yüksek tuz içeriği olan T5 ve T4 konularında elde edilmiştir. Diğer konularda ise kuru madde miktarı daha düşük ve benzer olarak bulunmuştur. Bitkideki mineral madde içeriği ise doğrudan bitki bünyesine alınan tuzun bir fonksiyonu olduğu için tamamen sulama suyu tuzluluğundaki artışa paralel olarak değişim göstermiştir. Bitkinin % mineral madde içeriği değerleri konulara göre sırasıyla $T5>T4>T3>T2>T1$ konularında $27.0>25.3>24.2>22.9>22.5$ olarak belirlenmiştir.

Bitkinin yetiştirme sezonu boyunca tüketmiş olduğu sulama suyu miktarı uygulanan sulama suyu kalitesiyle doğrudan ilişkili olarak bulunmuş, artan sulama suyu tuzluluğu bitkinin su tüketimini düşürmüştür. Yüksek tuzlulukta bitki kök bölgesinde fizyolojik kuraklık olduğu için bitkinin su alımı kısıtlanmıştır. Bu yüzden en yüksek su tüketimi T1 konusunda en düşük su tüketimi ise T5 konusunda elde

edilmiştir. Sulama suyu tuzluluğuna bağlı olarak değişim gösteren bitki su ihtiyacına karşılık uygulanan mevsimlik su tüketimi değerleri büyükten küçüğe sırasıyla $T1>T3>T2>T4>T5$ konularında, $1240>1220>1190>1183>1077$ ml/saksı olarak belirlenmiştir.

Hasat sonrası kök bölgesi tuzluluğu değerleri incelendiğinde sulama suyu tuzluluğu arttıkça toprakta biriken tuz miktarı da artış göstermiştir. Satürasyon ekstraktı EC değerleri büyükten küçüğe doğru sıralandığında $T5>T4>T3>T2>T1$ şeklinde bulunmuştur.

Sulama suyunda tuzluluk düzeyinin yüksek olması, roka bitkisinin gelişimi üzerinde olumsuz etkiler oluşturmakta; verim azalmasına, bitki boyunda kısalmaya ve çıkış oranında düşüşlere yol açmaktadır. Ayrıca bu durum, zamanla toprakta tuz birikimi nedeniyle bozulmalara sebep olabilmektedir. Bu nedenle, üretim yapılacak alanlarda mümkünse kaliteli sulama suları tercih edilmelidir. Özellikle sulama suyu elektriksel iletkenliğinin 4 dS/m 'den daha yüksek olduğu koşullarda önemli verim kayıplarının olacağı düşünülmelidir.

KAYNAKÇA

- Kacar, B. ve İnal, A. (2010). Bitki analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Rhoades, J. D., Kandiah, A., & Mashali, A. M. (1992). The use of saline waters for crop production (FAO Irrigation and Drainage Paper 48). Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Yurtseven, E. & Öztürk, H. S. (2001). Sulama suyu tuzluluğunun tınlı toprakta profil tuzluluğuna etkisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 7(3), 1–8.
- Yurtseven, E., & Baran, S. (2000). Tuzluluğun bitki verimi üzerindeki etkileri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.

TARIMSAL ÜRETİMDE ÜRETİCİLERİN TEKNOLOJİK UYUMU

Yılmaz Sesli*, Ender Kaya**

GİRİŞ

Tarımsal üretim, insanlığın temel gereksinimlerini karşılayan ve ekonomik kalkınmanın stratejik bileşenlerinden biri olarak değerlendirilen bir sektördür. Günümüzde artan nüfus, iklim değişikliği, doğal kaynakların kısıtlılığı ve gıda güvenliği gibi küresel sorunlar, tarımsal üretim sistemlerinde yenilikçi çözümlerin benimsenmesini zorunlu kılmaktadır. Bu bağlamda, tarımsal üretimde teknolojik yeniliklerin kullanımı, üretim verimliliğinin artırılması, kaynak kullanımının optimize edilmesi ve sürdürülebilir üretim modellerinin oluşturulması açısından kritik bir öneme sahiptir (Rijswijk et al., 2021).

Teknolojik gelişmeler, özellikle son on yılda tarım sektöründe köklü bir dönüşüm sürecini başlatmıştır. Dijital tarım uygulamaları, sensör tabanlı izleme sistemleri, yapay zekâ destekli karar verme araçları, uydu ve drone tabanlı gözlem teknolojileri gibi yenilikler, üretim süreçlerinde önemli avantajlar sağlamaktadır. Ancak bu teknolojik olanakların potansiyelinden tam anlamıyla yararlanılabilmesi, üreticilerin bu teknolojilere olan uyum düzeyine bağlıdır (Eastwood et al., 2019).

Üreticilerin teknolojik uyum süreci; sadece teknik bilgi düzeyine değil, aynı zamanda sosyo-ekonomik koşullara, eğitim durumuna, yaş, gelir düzeyi, risk algısı ve örgütlenme biçimlerine de bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Bunun yanında devlet politikaları, tarımsal destekleme mekanizmaları, kırsal kalkınma programları ve bilgi-danışmanlık hizmetlerinin etkinliği de teknolojik uyumun hızını belirleyen önemli unsurlar arasındadır (Aubert et al., 2012).

Bu bölümde, tarımsal üretimde üreticilerin teknolojik uyum süreci çok boyutlu bir yaklaşımla ele alınmaktadır. Öncelikle tarımda teknolojik

* Dr. Öğr. Üyesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü Dijital Tarım Teknolojileri Programı Karaman, ORCID:0000-0002-3150-2180, ysesli@kmu.edu.tr

** Dr. Öğr. Üyesi, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu Motorlu Araçlar, Gemi ve Uçak Bölümü Tarım Makineleri ve Teknolojileri Programı Karaman, ORCID: 0000-0003-4689-1040, enderkaya@kmu.edu.tr

dönüşümün temel dinamikleri incelenecek, ardından üreticilerin teknoloji benimseme davranışlarını etkileyen sosyo-ekonomik ve kurumsal faktörler tartışılacaktır. Sonraki bölümlerde dijital teknolojilerin uygulama alanları, üreticilerin karşılaştıkları fırsatlar ve zorluklar değerlendirilecek; son olarak da teknolojik uyumu artırmaya yönelik politika önerilerine yer verilecektir. Böylece, tarımda dijitalleşme sürecinin üretici odaklı bir perspektifle anlaşılması ve sürdürülebilir tarımın desteklenmesi amaçlanmaktadır.

TARIMSAL ÜRETİMDE TEKNOLOJİK DÖNÜŞÜMÜN DİNAMİKLERİ

Tarımsal üretimde yaşanan teknolojik dönüşüm, yalnızca yeni araçların veya sistemlerin kullanıma girmesinden ibaret değildir; aynı zamanda üretim süreçlerinin, bilgi yönetiminin ve karar verme mekanizmalarının yeniden yapılandırılmasını içeren çok boyutlu bir değişim sürecidir. Bu dönüşümün temelinde dijitalleşme, veri temelli üretim planlaması ve sürdürülebilir kaynak yönetimi anlayışı yer almaktadır (Rose et al., 2021).

Geleneksel üretim yöntemlerinden dijital tarım sistemlerine geçişte en belirleyici faktörlerden biri **bilgi ve iletişim teknolojilerinin (BİT)** tarım sektörüne entegrasyonudur. Nesnelerin İnterneti (IoT), sensör teknolojileri, küresel konumlandırma sistemleri (GPS), uzaktan algılama, büyük veri analitiği ve yapay zekâ tabanlı modelleme araçları, tarımsal üretimin her aşamasında karar destek süreçlerini güçlendirmektedir (Wolfert et al., 2017). Bu teknolojiler, üreticilere toprak nemi, bitki besin durumu, zararlı-popülasyon yoğunluğu veya iklim değişkenleri hakkında anlık veri sağlayarak girdi kullanımında optimizasyon ve maliyet tasarrufu imkânı sunmaktadır.

Teknolojik dönüşümün bir diğer itici gücü ise **sürdürülebilirlik** hedefleridir. İklim değişikliği ve çevresel bozulma riskleri, tarımda kaynak verimliliğini ön plana çıkarmıştır. Hassas tarım uygulamaları, minimum su kullanımı, gübre ve pestisit optimizasyonu gibi yöntemlerle çevresel etkilerin azaltılmasına katkı sağlamaktadır (Gebbers & Adamchuk, 2010). Dolayısıyla teknolojik yenilikler, yalnızca ekonomik verimliliği değil, aynı zamanda çevresel sürdürülebilirliği de destekleyen bir dönüşüm paradigması sunmaktadır.

Tarımsal inovasyonun yayılımı ise doğrudan **bilgi ağlarının etkinliğine** bağlıdır. Üreticilerin teknolojiye erişimi, tarımsal danışmanlık hizmetlerinin gücü, kırsal altyapı olanakları ve topluluk içi bilgi paylaşımı düzeyi, dönüşümün hızını belirleyen önemli faktörlerdendir (Klerx & Rose, 2020). Özellikle kooperatifler, üretici birlikleri ve özel sektörün teknoloji tedarik zincirindeki rolleri, bilgi akışını kolaylaştırarak benimseme sürecini hızlandırmaktadır.

Sonuç olarak, tarımsal üretimdeki teknolojik dönüşüm çok boyutlu bir yapıya sahiptir. Dijitalleşme, sürdürülebilirlik, bilgi paylaşımı ve inovasyon ağları bu dönüşümün temel dinamiklerini oluşturmaktadır. Ancak bu sürecin başarıya ulaşabilmesi, üreticilerin bireysel ve toplumsal düzeyde bu yeniliklere **uyum kapasitesi** geliştirebilmesine bağlıdır. Bu nedenle bir sonraki bölümde, üreticilerin teknoloji benimseme davranışlarını şekillendiren faktörler ayrıntılı olarak ele alınacaktır.

ÜRETİCİLERİN TEKNOLOJİ BENİMSEME DAVRANIŞLARINI ETKİLEYEN FAKTÖRLER

Tarımsal teknolojilerin yayılımı ve üreticiler tarafından benimsenmesi, teknolojinin teknik yeterliliği kadar, üreticilerin bireysel özellikleri, sosyal çevresi, ekonomik durumu ve kurumsal destek mekanizmalarının etkinliğiyle de yakından ilişkilidir. Teknoloji benimseme süreci, yeniliğin fark edilmesi, değerlendirilmesi, denenmesi ve sürekli kullanımı gibi aşamaları kapsar (Rogers, 2003). Bu süreçte üreticinin yeniliklere yönelik algısı, risk değerlendirmesi, güven düzeyi ve geçmiş deneyimleri belirleyici olmaktadır.

Sosyo-Ekonomik ve Demografik Faktörler

Üreticilerin yaşı, eğitim düzeyi, gelir seviyesi, aile yapısı, tarımsal deneyimi ve çiftlik ölçeği gibi demografik ve sosyo-ekonomik değişkenler, teknolojik yeniliklerin benimsenme hızını doğrudan etkilemektedir. Genç üreticilerin teknolojiye daha açık olmaları, dijital araçlara aşinalık düzeylerinin yüksekliği ve risk almaya daha istekli olmaları, yeni teknolojilerin yayılımında avantaj sağlamaktadır (Prokopy et al., 2019). Buna karşın ileri yaş gruplarında yer alan üreticiler genellikle alışılmış üretim yöntemlerini sürdürme eğilimindedir.

Eğitim düzeyi, teknolojik uyumun en kritik belirleyicilerinden biridir. Tarımda sensör sistemleri, mobil uygulamalar, veri analizi veya dijital

platformların kullanımı belirli bir bilgi altyapısı gerektirir. Eğitimli üreticilerin bilgiye erişimi daha hızlı, yeniliklere yaklaşımı ise daha pozitiftir (Adnan et al., 2021). Bununla birlikte, düşük gelir seviyesine sahip küçük ölçekli işletmelerde teknoloji yatırımları genellikle yüksek maliyet nedeniyle sınırlı kalmakta, bu durum da dijitalleşme sürecinde eşitsizlikleri artırmaktadır.

Bilgiye Erişim ve Eğitim Düzeyi

Teknolojinin benimsenmesi, üreticilerin doğru, güvenilir ve güncel bilgiye ulaşabilmeleriyle doğrudan bağlantılıdır. Tarımsal bilgi sistemlerinin etkinliği, üreticilerin karar verme süreçlerinde yenilikçi uygulamalara yönelmesini kolaylaştırmaktadır. Tarım danışmanlık hizmetleri, yayım programları, çevrim içi eğitim platformları ve üretici birlikleri, bilgiye erişimi artıran önemli araçlardır (Klerkx et al., 2019).

Özellikle dijital bilgi ağları (örneğin mobil tarım uygulamaları, sensör tabanlı veri paylaşım sistemleri veya sosyal medya grupları) üreticiler arasında bilgi akışını hızlandırmakta ve deneyim paylaşımını kolaylaştırmaktadır. Bu bağlamda, bilgiye erişim kapasitesi yüksek üreticilerin teknolojik yenilikleri daha kolay benimsediği gözlenmektedir. Eğitim düzeyinin artması, aynı zamanda teknolojiye duyulan güveni ve kullanım motivasyonunu da güçlendirmektedir (Fountas et al., 2020).

Kurumsal Destekler ve Politikalar

Tarımsal teknolojilerin yayılımında devlet politikaları, kırsal kalkınma projeleri, kooperatifler ve özel sektör destek mekanizmaları önemli bir rol oynamaktadır. Devletin teknoloji yatırımlarını teşvik etmesi, finansman kolaylıkları sağlaması ve yayım hizmetlerini güçlendirmesi, üreticilerin teknolojiye uyumunu artırmaktadır. Ayrıca, tarımsal Ar-Ge faaliyetlerinin desteklenmesi, yerli teknoloji üretiminin güçlendirilmesi ve dijital altyapının geliştirilmesi de teknolojik dönüşüm sürecinin sürdürülebilirliği açısından kritik öneme sahiptir (OECD, 2020).

Kooperatifler ve üretici örgütleri, ortak makine kullanımı, toplu alım ve satış, bilgi paylaşımı ve eğitim faaliyetleriyle teknolojik uyumun tabana yayılmasını kolaylaştırmaktadır. Özel sektörün sağladığı teknik danışmanlık ve dijital platform hizmetleri de bu süreci tamamlayıcı niteliktedir. Ancak kurumsal desteklerin yetersizliği veya düzensizliği,

özellikle küçük ölçekli üreticilerde teknolojiye geçişin önünde ciddi bir engel oluşturmaktadır.

Üreticilerin teknolojik uyumunu etkileyen faktörler çok katmanlıdır. Sosyo-ekonomik koşullar, bilgiye erişim düzeyi ve kurumsal politikalar arasındaki etkileşim, teknolojinin tarımsal üretim sistemlerinde ne kadar hızlı ve etkin bir biçimde yayılacağını belirlemektedir.

DİJİTAL TEKNOLOJİLER VE TARIMSAL UYGULAMALAR

Dijital teknolojiler, tarımsal üretim sistemlerinde verimlilik, sürdürülebilirlik ve karar verme süreçlerinde köklü bir dönüşüm sağlamaktadır. Tarım 4.0 olarak adlandırılan bu yeni dönem, veri temelli üretim modellerini, otomasyonu ve akıllı sistemleri merkezine almaktadır. Bu teknolojiler sayesinde üreticiler, kaynak kullanımını optimize ederken çevresel etkileri azaltabilmekte ve piyasa koşullarına daha hızlı uyum sağlayabilmektedir (Bronson & Knezevic, 2016).

Akıllı Tarım Teknolojileri

Akıllı tarım (smart farming), sensörler, küresel konumlandırma sistemleri (GPS), insansız hava araçları (drone), otomatik sulama sistemleri ve robotik hasat makineleri gibi teknolojilerin bütünleşik biçimde kullanıldığı üretim modelidir. Bu sistemler, tarladan elde edilen verilerin gerçek zamanlı olarak analiz edilmesine olanak tanır ve üreticiye toprak nemi, bitki gelişim hızı, zararlı yoğunluğu veya iklim parametreleri hakkında anlık bilgi sağlar (Zhang et al., 2017).

Örneğin, hassas tarım teknolojileri ile gübre ve pestisit kullanımı, bitkinin ihtiyaç duyduğu alanlarla sınırlandırılabilir. Bu da hem üretim maliyetlerini düşürmekte hem de çevresel yükü azaltmaktadır. Aynı zamanda, sulama sistemlerinde nem sensörlerinin kullanımı, su kaynaklarının etkin yönetimine katkı sağlar. Bu teknolojilerin en büyük avantajı, **veriyeye dayalı karar verme** kapasitesini artırmasıdır.

Veri Analitiği, Sensör Sistemleri ve Yapay Zekâ Kullanımı

Veri analitiği, modern tarımsal üretimin temel bileşenlerinden biri haline gelmiştir. Büyük veri (big data) analizi, geçmiş üretim verilerinin işlenmesi yoluyla hastalık tahmini, verim optimizasyonu veya fiyat dalgalanması gibi öngörülerde bulunmayı mümkün kılmaktadır. Tarımsal veri yönetim sistemleri, sensörlerden, uydu görüntülerinden ve

meteorolojik verilerden gelen bilgileri bütünleştirerek üreticiye stratejik öneriler sunmaktadır (Kamilaris et al., 2018).

Yapay zekâ (YZ) destekli uygulamalar, özellikle hastalık ve zararlı tespiti, ürün sınıflandırması ve otomatik hasat gibi alanlarda etkin biçimde kullanılmaktadır. Görüntü işleme tabanlı sistemler, bitki yapraklarındaki renk değişimlerinden stres faktörlerini erken aşamada tespit edebilmekte, bu da müdahale süresini kısaltarak ürün kayıplarını azaltmaktadır. Ayrıca, makine öğrenmesi algoritmaları, toprak özellikleri ve iklim verilerini değerlendirerek üretim planlamasında üreticilere öneriler sunabilmektedir (Liakos et al., 2018).

Tarımsal Bilişim Altyapısı ve Dijital Dönüşüm

Tarımsal dijital dönüşümün sürdürülebilirliği, güçlü bir bilişim altyapısına bağlıdır. Kırsal bölgelerde internet erişimi, dijital platformların yaygınlığı ve veri güvenliği politikaları, bu dönüşümün temel ön koşulları arasında yer almaktadır (El Bilali & Allahyari, 2019). Mobil uygulamalar aracılığıyla üreticiler pazarlama, fiyat takibi, hava durumu tahmini ve tarımsal destek programlarına erişim gibi işlemleri kolaylıkla gerçekleştirebilmektedir.

Bulut bilişim (cloud computing) sistemleri, farklı kaynaklardan gelen verilerin merkezi bir platformda depolanmasına ve analiz edilmesine imkân tanımaktadır. Bu sayede üreticiler, tarımsal verilerini uzun vadeli olarak izleyebilmekte ve geçmiş dönemlerle karşılaştırmalı analizler yapabilmektedir. Bununla birlikte, veri gizliliği ve mülkiyet hakları konusundaki düzenlemeler, dijital dönüşümün etik ve hukuki boyutunu gündeme getirmektedir.

Dijital teknolojiler yalnızca tarımsal üretimin teknik boyutlarını değil, aynı zamanda yönetim, bilgi paylaşımı ve sürdürülebilirlik süreçlerini de dönüştürmektedir. Ancak bu dönüşümün yaygın ve kalıcı hale gelebilmesi, üreticilerin dijital okuryazarlık düzeyi, altyapı yatırımları ve politika desteklerinin uyumlu biçimde ilerlemesine bağlıdır.

TEKNOLOJİK UYUMU ARTIRMAYA YÖNELİK POLİTİKALAR VE STRATEJİLER

Tarımsal üretimde teknolojik yeniliklerin yaygınlaştırılması, yalnızca bireysel üretici tercihlerine bırakılabilecek bir süreç değildir. Bu

dönüşümün sürdürülebilir ve kapsayıcı bir biçimde gerçekleşmesi, güçlü politika çerçeveleri, kurumsal koordinasyon ve eğitim-destek mekanizmaları gerektirir. Üreticilerin teknolojik uyum kapasitesini artırmaya yönelik stratejiler, hem mikro düzeyde (bireysel üretici davranışları) hem de makro düzeyde (sektörel ve ulusal politikalar) bütüncül bir yaklaşım gerektirir (FAO, 2022).

Kamu Politikaları ve Teşvik Mekanizmaları

Devlet politikaları, teknolojik yeniliklerin tarım sektörüne entegrasyonunda temel belirleyicilerden biridir. Tarımsal teknoloji yatırımlarının finansal yükünü hafifletmek amacıyla sağlanan hibe, düşük faizli kredi ve vergi indirim gibi teşvikler, üreticilerin yeni teknolojilere yönelimini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, **kırsal altyapı yatırımları** (örneğin internet erişimi, enerji altyapısı, dijital platformlara erişim) teknolojik dönüşümün hızını doğrudan etkilemektedir (World Bank, 2021).

Ulusal düzeyde tarımsal dijitalleşme stratejileri, tarım veri yönetim sistemlerinin kurulması, yapay zekâ tabanlı karar destek yazılımlarının geliştirilmesi ve yerli teknoloji üretiminin desteklenmesi gibi adımlarla güçlendirilebilir. Bu politikaların başarısı, yalnızca ekonomik teşviklere değil, aynı zamanda **bilgi paylaşımını destekleyen kurumsal iş birliklerine** bağlıdır.

Eğitim, Yayım ve Kapasite Geliştirme Programları

Üreticilerin teknolojik uyum sürecinde bilgi ve beceri düzeyi belirleyici bir faktördür. Bu nedenle **tarımsal yayım hizmetleri**, dijital eğitim platformları ve saha demonstrasyon programları, teknoloji transferinde kilit rol oynamaktadır. Eğitim faaliyetlerinin yerel düzeyde, üreticilerin ihtiyaç ve kültürel özelliklerine uygun biçimde tasarlanması, benimseme oranlarını artırmaktadır (Mills et al., 2019).

Üniversiteler, araştırma kurumları ve özel sektör arasında kurulacak bilgi köprüleri, uygulamalı eğitim modelleri ve saha temelli öğrenme yaklaşımlarıyla desteklenmelidir. Özellikle genç üreticilere ve kadın çiftçilere yönelik dijital okuryazarlık programları, kırsal alanda teknolojik eşitsizliklerin azaltılmasına katkı sağlayacaktır.

İşbirliği Ağları ve Kamu-Özel Ortaklıkları

Teknolojik dönüşüm süreci, çok paydaşlı bir yapı gerektirir. Kamu kurumları, özel sektör, üniversiteler, sivil toplum kuruluşları ve üretici birlikleri arasında etkin iş birlikleri kurulmadıkça, teknoloji transferi ve uygulama süreçleri sınırlı kalmaktadır (Eastwood et al., 2019). Bu nedenle **kamu özel ortaklıkları** modeli, tarımda dijital altyapı yatırımlarının finansmanında ve yeniliklerin sahada uygulanmasında etkili bir araç olarak öne çıkmaktadır.

Ayrıca, **yaşam boyu öğrenme yaklaşımı** çerçevesinde üreticilerin sürekli olarak güncel bilgiye erişimini sağlayan dijital bilgi platformları, tarımsal danışmanlık sistemlerini güçlendirmektedir. Bu platformlar, veri paylaşımını kolaylaştırarak hem üreticiler hem de politika yapımcılar için bilgi tabanlı karar verme imkânı yaratmaktadır.

Sosyal Kapsayıcılık ve Eşitlikçi Politikalar

Teknolojik uyumun toplumun tüm kesimlerine eşit biçimde yayılması, sürdürülebilir tarım politikalarının ön koşuludur. Kadın üreticilerin, küçük ölçekli çiftçilerin ve yaşlı nüfusun teknolojiye erişiminde karşılaştıkları engellerin giderilmesi, kapsayıcı bir dijital dönüşüm için gereklidir (UNDP, 2020). Mikro kredi programları, yerel düzeyde teknoloji merkezleri ve bölgesel inovasyon kuluçka ağları, dezavantajlı grupların üretim süreçlerine aktif katılımını artırabilir.

Sonuç olarak, tarımsal üretimde teknolojik uyumun güçlendirilmesi; finansal teşviklerin, eğitim ve yayım faaliyetlerinin, dijital altyapı yatırımlarının ve sosyal kapsayıcılık politikalarının bütüncül biçimde uygulanmasına bağlıdır. Bu politikaların uzun vadeli başarısı, üreticilerin sadece teknoloji kullanıcıları değil, aynı zamanda yeniliğin **aktif üreticileri ve geliştiricileri** haline gelmesiyle mümkün olacaktır.

SONUÇ VE ÖNERİLER

Tarımsal üretimde teknolojik uyum, günümüzün hızla değişen ekonomik, çevresel ve toplumsal koşulları karşısında tarım sektörünün rekabet gücünü ve sürdürülebilirliğini belirleyen temel unsurlardan biri haline gelmiştir. Dijitalleşme, sensör teknolojileri, yapay zekâ, veri analitiği ve akıllı tarım uygulamaları gibi yenilikler, üretim süreçlerinin verimliliğini artırmakta ve doğal kaynakların daha etkin kullanımını

mümkün kılmaktadır. Ancak bu teknolojik ilerlemelerin sahada etkili biçimde uygulanabilmesi, yalnızca teknik kapasiteye değil; üreticilerin sosyo-ekonomik koşullarına, bilgi düzeyine ve politika ortamının uygunluğuna da bağlıdır.

Bu çalışma kapsamında yapılan değerlendirmeler göstermektedir ki; üreticilerin teknolojiye uyum sürecini etkileyen faktörler çok katmanlıdır. Yaş, eğitim düzeyi, gelir seviyesi ve çiftlik ölçeği gibi bireysel değişkenler, benimseme eğilimlerinde belirleyici olmaktadır. Bunun yanında bilgiye erişim kapasitesi, dijital okuryazarlık düzeyi ve tarımsal danışmanlık hizmetlerinin etkinliği, teknolojik adaptasyonun başarısını doğrudan etkilemektedir. Kurumsal düzeyde ise devlet politikaları, finansal teşvikler, yayım programları ve kırsal altyapı yatırımları, teknolojik dönüşümün hızını belirleyen temel yapısal faktörlerdir.

Politika ve Uygulama Önerileri

1. **Eğitim ve Kapasite Geliştirme:** Üreticilere yönelik sürekli eğitim ve dijital okuryazarlık programları yaygınlaştırılmalı; üniversiteler, araştırma kurumları ve yerel yönetimler arasında bilgi paylaşımına dayalı ortak projeler geliştirilmeli.
2. **Finansal Teşviklerin Güçlendirilmesi:** Küçük ölçekli üreticilerin teknoloji yatırımlarına erişimini kolaylaştıracak mikro kredi ve hibe programları artırılmalı. Bu destekler, özellikle hassas tarım ve sürdürülebilir üretim teknolojilerine yönlendirilmelidir.
3. **Dijital Altyapının Geliştirilmesi:** Kırsal bölgelerde internet erişimi ve bilişim altyapısı güçlendirilmeli; veri güvenliği ve bilgi yönetimi konularında ulusal standartlar oluşturulmalıdır.
4. **Kamu-Özel İşbirliği Modelleri:** Tarımsal Ar-Ge faaliyetlerinde özel sektör, üniversite ve kamu kurumlarının ortaklıkları teşvik edilerek teknoloji transferi hızlandırılmalıdır.
5. **Sosyal Kapsayıcılık:** Kadın çiftçilerin ve genç üreticilerin teknolojiye erişimi özel olarak desteklenmeli; bölgesel farklılıkları azaltacak yerel inovasyon merkezleri kurulmalıdır.
6. **Veri Odaklı Karar Verme:** Tarımsal veri yönetim sistemleri kurularak üreticilerin gerçek zamanlı bilgilere erişimi sağlanmalı;

politika yapıcılar için ulusal düzeyde veri temelli strateji geliştirme mekanizmaları oluşturulmalıdır.

Sonuç olarak, tarımsal üretimde üreticilerin teknolojik uyumu yalnızca teknik bir dönüşüm değil, aynı zamanda ekonomik, sosyal ve kurumsal bir yeniden yapılanma sürecidir. Bu sürecin başarıya ulaşabilmesi, üreticilerin aktif katılımını, bilgi paylaşımını ve yeniliğe açık bir kültürün geliştirilmesini gerektirir. Türkiye’de ve dünyada sürdürülebilir tarım hedeflerine ulaşmanın yolu, teknolojiye erişimde eşitlikçi, katılımcı ve bilgi temelli politikaların uygulanmasından geçmektedir.

KAYNAKÇA

- Adnan, N., Nordin, S. M., Rahman, I., & Noor, A. (2021). Adoption of green agriculture technology among Malaysian paddy farmers: An integrated model of theory of planned behavior and innovation diffusion theory. *Environmental Technology & Innovation*, 23, 101594.
- Aubert, B. A., Schroeder, A., & Grimaudo, J. (2012). IT as enabler of sustainable farming: An empirical analysis of farmers' adoption decision of precision agriculture technology. *Information Systems Frontiers*, 14(5), 415–428.
- Bronson, K., & Knezevic, I. (2016). Big Data in food and agriculture. *Big Data & Society*, 3(1), 1–5.
- Eastwood, C., Klerkx, L., Ayre, M., & Dela Rue, B. (2019). Managing socio-ethical challenges in the development of smart farming: From a fragmented to a comprehensive approach for responsible innovation in digital agriculture. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 32(5–6), 741–768.
- El Bilali, H., & Allahyari, M. S. (2019). Transition towards sustainability in agriculture and food systems: Role of information and communication technologies. *Information Processing in Agriculture*, 6(4), 454–464.
- FAO. (2022). The State of Food and Agriculture 2022: Leveraging automation in agriculture for transforming agrifood systems. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Fountas, S., Espejo-Garcia, B., Kasimati, A., Mylonas, N., & Darra, N. (2020). The future of digital agriculture: Technologies and opportunities. *Computers and Electronics in Agriculture*, 170, 105256.
- Gebbers, R., & Adamchuk, V. I. (2010). Precision agriculture and food security. *Science*, 327(5967), 828–831.
- Kamilaris, A., Kartakoullis, A., & Prenafeta-Boldú, F. X. (2018). A review on the practice of big data analysis in agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 143, 23–37.
- Klerkx, L., & Rose, D. (2020). Dealing with the game-changing technologies of Agriculture 4.0: How do we manage diversity and responsibility in food system transition pathways? *Global Food Security*, 24, 100347.
- Mills, J., Gaskell, P., Ingram, J., Dwyer, J., & Reed, M. (2019). Engaging farmers in environmental management through a better understanding of behavior. *Agriculture and Human Values*, 36(3), 621–635.
- OECD. (2020). Digital opportunities for better agricultural policies. Organisation for Economic Co-operation and Development.
- Prokopy, L. S., Floress, K., Arbuckle, J. G., Church, S. P., Eanes, F. R., Gao, Y., Gramig, B. M., Ranjan, P., & Singh, A. S. (2019). Adoption of agricultural conservation practices in the United States: Evidence from 35 years of quantitative literature. *Journal of Soil and Water Conservation*, 74(5), 520–534.
- Rijswijk, K., Klerkx, L., Turner, J. A., & Bernard, J. (2021). Digitalisation of agricultural knowledge and innovation systems: Agricultural innovation systems revisited. *Agricultural Systems*, 190, 103107.
- Rogers, E. M. (2003). *Diffusion of innovations* (5th ed.). Free Press.
- Rose, D. C., Sutherland, W. J., Parker, C., Lobley, M., Winter, M., Morris, C., Twining, S., Ffoulkes, C., Amano, T., & Dicks, L. V. (2021). Decision support tools for agriculture: Towards effective design and delivery. *Agricultural Systems*, 190, 103120.
- UNDP. (2020). Human Development Report 2020: The next frontier – Human development and the Anthropocene. United Nations Development Programme.
- Wolfert, S., Ge, L., Verdouw, C., & Bogaardt, M. J. (2017). Big data in smart farming—A review. *Agricultural Systems*, 153, 69–80.
- World Bank. (2021). Digital agriculture profile: Accelerating digital transformation in agriculture. World Bank Group.
- Zhang, C., Walters, D., & Kovacs, J. M. (2017). Applications of low altitude remote sensing in agriculture upon farmers' requests: A case study in northeastern Ontario, Canada. *Journal of Unmanned Vehicle Systems*, 5(3), 65–80.*

TIBBİ BİTKİLERİN STANDARDİZASYONU VE KALİTE KONTROLÜ

Hasan Maral**, Tuğba Çakır***

GİRİŞ

Tıbbi bitkiler, tarih boyunca çeşitli kültürlerde hastalıkların önlenmesi ve tedavisinde temel kaynaklar arasında yer almıştır. Modern tıbbın gelişmesiyle birlikte sentetik ilaçların ön plana çıkmasına rağmen, bitkisel ilaçlara olan ilgi azalmamış; aksine, özellikle son yıllarda doğal ürünlere yönelik eğilim artmıştır. Dünya Sağlık Örgütü'ne (WHO) göre dünya nüfusunun yaklaşık %80'i, birincil sağlık hizmetlerinde geleneksel ve bitkisel tıbbi ürünleri kullanmaktadır (WHO, 2003). Bu durum, tıbbi bitkilerin ve bitkisel preparatların kalitesinin, güvenilirliğinin ve etkinliğinin sağlanmasını daha da önemli hale getirmiştir.

Günümüzde artan yaşam beklentisi, kronik hastalıkların yaygınlaşması ve ilaçlara karşı gelişen direnç, bireyleri tamamlayıcı ve alternatif tedavi yöntemlerine yönlendirmiştir. Bununla birlikte tıbbi bitkilere yönelik küresel pazar hızla büyümekte; 2022 yılı itibarıyla dünya bitkisel ilaç pazarının büyüklüğü 151 milyar doları aşmıştır ve bu değerin 2030 yılına kadar 300 milyar dolara ulaşması beklenmektedir (Chhabra et al., 2025). Bu hızlı büyüme, kalite standartlarının ve güvenilirliğin sağlanmasını zorunlu kılmaktadır.

Tıbbi bitkiler, içerdiği kompleks kimyasal bileşenler nedeniyle doğalı gereği değişkenlik gösterebilen ürünlerdir. Bu varyasyonlar; yetiştirildikleri çevresel koşullar, genetik yapı, hasat zamanı, kurutma yöntemleri ve ekstraksiyon tekniklerine bağlı olarak büyük farklılıklar gösterebilir. Örneğin aynı türden bir bitkinin farklı ekolojik bölgelerde yetişmesi durumunda, içeriğindeki etken madde profili önemli ölçüde değişebilir (Kunle vd., 2012). Bu nedenle, tıbbi bitkilerin terapötik etkilerinin sürdürülebilirliği ve tekrarlanabilirliği için standardizasyon büyük önem arz etmektedir. Standardizasyon, bitkisel hammaddenin

** Doç. Dr., Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Dijital Tarım Teknolojileri Programı, Karaman, hasmaral@kmu.edu.tr, ORCID: orcid.org/ 0000-0001-9074-1109

*** Öğr. Gör. Dr. Tuğba Çakır, Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksekokulu, Dijital Tarım Teknolojileri Programı, Karaman, tyetgin@kmu.edu.tr, ORCID: orcid.org/ 0000-0002-5647-2985

kalitesini belirlemek, sabit bir etken madde profili oluşturmak ve bu kaliteyi sürdürülebilir hale getirmek amacıyla yapılan bilimsel işlemler bütünüdür (Alamgir, 2017).

Tıbbi bitkilerin kalitesi yalnızca etkinlik açısından değil, aynı zamanda güvenlik açısından da değerlendirilmelidir. Uygun şekilde kontrol edilmemiş bitkisel ürünlerde pestisit kalıntıları, ağır metaller, mikrobiyal kontaminasyon ya da yanlış tür kullanımı gibi riskler bulunabilmektedir. Özellikle sahte veya yanlış tanımlanmış ürünlerin piyasaya sürülmesi, kullanıcı sağlığı üzerinde ciddi tehlikelere yol açabilir (Newmaster vd., 2013; Ichim, 2019). Bu bağlamda kalite kontrol, tıbbi bitkilerin içerdiği biyoaktif bileşiklerin miktarlarının belirlenmesi, farmakolojik etkinliğinin güvence altına alınması ve kullanıcı sağlığı açısından güvenliğinin sağlanması için hayati bir süreçtir.

Ayrıca, uluslararası regülasyonlar ve farmakopeler, bitkisel ürünlerin kalitesine dair çeşitli standartlar getirmiştir. Avrupa Farmakopesi, Amerikan Herbal Farmakopesi ve Dünya Sağlık Örgütü'nün kılavuzları, tıbbi bitkilerde standardizasyon ve kalite kontrol uygulamalarının bilimsel ve yasal temellerini oluşturur (WHO, 2011; EMA, 2021).

Bu kitap bölümünde, tıbbi bitkilerin standardizasyonu ve kalite kontrolü üzerine kapsamlı bir değerlendirme sunulacaktır. Öncelikle standardizasyonun tanımı ve temel ilkeleri ele alınacak; ardından kalite kontrol yöntemleri, modern analiz teknikleri, kaliteyi etkileyen faktörler ve regülasyon çerçevesi tartışılacaktır. Ayrıca gelecekte bu alanda gelişmesi beklenen teknolojik ve bilimsel yönelimler de değerlendirilecektir. Böylece hem akademik hem de endüstriyel düzeyde tıbbi bitki kullanımının güvenilir ve etkili bir şekilde sürdürülebilmesine yönelik temel bir kaynak sunulması amaçlanmaktadır.

Tıbbi Bitkilerin Önemi ve Kullanımı

Tıbbi bitkiler hem geleneksel hem de modern tıpta önemli bir rol oynamaktadır. Dünya genelinde yaklaşık 50.000 bitki türünün tıbbi amaçlarla kullanıldığı tahmin edilmektedir (Hamilton, 2004). Bu bitkiler, halk arasında soğuk algınlığı, sindirim bozuklukları, deri hastalıkları, ağrı kontrolü ve bağışıklık sisteminin güçlendirilmesi gibi çeşitli rahatsızlıkların tedavisinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Ayrıca, modern ilaçların geliştirilmesinde de tıbbi bitkilerden elde edilen doğal bileşikler sıklıkla kullanılmaktadır. Örneğin, Aspirin'in etkin maddesi

olan asetilsalisilik asit, söğüt ağacının kabuğunda bulunan salisin bileşiğinden türetilmiştir (Mahomoodally, 2013).

Günümüzde Dünya Sağlık Örgütü (WHO), geleneksel tıbbın resmi sağlık sistemlerine entegrasyonunu desteklemekte ve bitkisel ilaçların etkinliğinin, güvenliğinin ve kalitesinin bilimsel temellere dayandırılmasını önermektedir (WHO, 2013). Ayrıca Çin, Hindistan, Brezilya ve Türkiye gibi ülkelerde geleneksel bitkisel tıp sistemleri yasal çerçeveye desteklenmekte ve ulusal sağlık sistemlerinde kullanılmaktadır (Ekor, 2014).

Tıbbi bitkilerin kullanımı sadece tedaviyle sınırlı değildir. Gıda katkı maddesi, kozmetik hammaddesi, hayvan sağlığı ürünleri ve tarımda doğal pestisitler olarak da değerlendirilmektedir. Örneğin lavanta, kekik, adaçayı gibi uçucu yağ içeren bitkiler hem antimikrobiyal hem de aromaterapik özellikleri nedeniyle yaygın kullanım alanına sahiptir (Bakkali vd., 2008).

Türkiye, zengin florası sayesinde tıbbi bitkiler açısından büyük bir potansiyele sahiptir. Yaklaşık 12.000 bitki türünün bulunduğu Türkiye’de, bu türlerin 1000’den fazlası endemiktir ve çoğu tıbbi amaçlarla kullanılmaktadır (Maral, 2023). Bu zenginlik, hem yerel halkın geleneksel bilgi birikimine katkı sağlamakta hem de bilimsel çalışmalarla desteklenerek sürdürülebilir kalkınmaya olanak tanımaktadır.

Ancak tıbbi bitkilerin bu çok yönlü kullanım potansiyelinden etkin şekilde faydalanabilmek için standardizasyon, kalite kontrol ve sürdürülebilir hasat uygulamalarına önem verilmelidir. Aksi takdirde hem sağlık riski doğurabilecek ürünler piyasaya sürülebilir hem de doğal popülasyonlar tehdit altına girebilir (Canter vd., 2005).

Standardizasyonun Tanımı ve Gerekliliği

Standardizasyon, tıbbi bitkilerde etkinlik ve güvenlik açısından kabul edilebilir düzeyde kalite sağlamak amacıyla gerçekleştirilen sistematik bir süreçtir. Bu süreç, bitkisel ürünlerde yer alan biyoaktif bileşiklerin miktarlarının sabitlenmesini, kimyasal profillerin belirlenmesini ve bu özelliklerin üretim sürecinde korunmasını hedefler. Diğer bir ifadeyle, standardizasyon; farmakolojik etkileri ispatlanmış bileşiklerin konsantrasyonunun belirli sınırlar içinde kalacak şekilde ürün formülasyonlarının düzenlenmesidir (EMA, 2006).

Tıbbi bitkilerin doğal olarak değişken yapıda olması, standardizasyonun gerekliliğini ortaya koymaktadır. Aynı tür bitkiden elde edilen ürünler, çevresel faktörler (iklim, toprak yapısı, rakım), hasat zamanı, işleme ve saklama koşullarına bağlı olarak farklı kimyasal içeriklere sahip olabilir. Bu durum, aynı bitkisel ürünün farklı partilerde farklı terapötik etkiler göstermesine neden olabilir (WHO, 2003).

Standardizasyon, yalnızca etkinliğin korunması açısından değil, aynı zamanda hasta güvenliği açısından da büyük önem taşır. Örneğin, yanlış türün kullanımı veya doz aşımı, toksik etkiler doğurabilir. Ayrıca, farmakope standartları kapsamında belirlenen sınır değerlerin altında ya da üstünde kalan içerikler, ürünün tescillenmiş etkilerinden sapmalara yol açabilir (Li vd., 2008).

Standardizasyon çalışmaları, aynı zamanda araştırmaların tekrarlanabilirliğini sağlamak açısından da elzemdir. Akademik çalışmalarda kullanılan bitkisel materyalin içeriği ve kalitesi ne kadar iyi tanımlanmışsa, sonuçların genellenebilirliği o ölçüde güvenilir olur. Bu nedenle hem endüstriyel üretimde hem de akademik araştırmalarda standardizasyon uygulamaları bilimsel geçerliliği artırır (Heinrich vd., 2020).

Kalite Kontrol Süreçleri

Kalite kontrol süreçleri, tıbbi bitkilerin kimyasal, fiziksel, mikrobiyolojik ve farmakolojik özelliklerinin değerlendirilmesini içeren sistematik prosedürler bütünüdür. Bu süreçlerin temel amacı, bitkisel ürünlerin etkili, güvenilir ve safsızlıktan arındırılmış olmasını sağlamaktır.

Kalite kontrol süreci genellikle şu adımları içerir:

Makroskobik ve Mikroskobik İnceleme: Bitkinin doğru tür olduğunun, kontaminasyon içermediğinin ve doğru organlarının kullanıldığının belirlenmesinde ilk adımdır (Wallis, 2005).

Yabancı Madde Analizi: Bitki materyalinde taş, toprak, farklı tür bitki parçaları gibi istenmeyen maddelerin oranı değerlendirilir. Farmakope standartları genellikle %2'den fazla yabancı madde kabul etmez (WHO, 2011).

Nem Tayini: Aşırı nem, mikrobiyal gelişimi kolaylaştırır. Bu nedenle nem miktarının kontrol altında tutulması gereklidir. Genellikle maksimum %10-12 nem oranı istenir (EMA, 2007).

Kül Tayini: Toplam kül ve asitte çözünmeyen kül miktarı belirlenerek, bitkinin saflığı değerlendirilir.

Kimyasal Profil Analizi: GC-MS, HPLC, TLC gibi yöntemlerle etkin bileşenlerin nicel ve nitel analizi yapılır. Bu analizler sayesinde, bitkisel ürünlerin etkinliğini sağlayan bileşiklerin varlığı ve oranları saptanır (Maral vd., 2024).

Ağır Metal ve Pestisit Analizi: Kadmiyum, kurşun, arsenik gibi toksik elementlerin sınır değerlerin altında olup olmadığı test edilir. Benzer şekilde tarımda kullanılan pestisitlerin kalıntı düzeyleri kontrol edilir (EMA, 2007).

Mikrobiyolojik Testler: Bakteri, mantar ve küf kontaminasyonu açısından ürünler analiz edilir. *E. coli*, *Salmonella* ve *Aspergillus* gibi patojenlerin varlığı kabul edilemez düzeydedir.

Bu süreçlerin tamamı, bitkisel ürünlerin raf ömrü, biyoyararlanımı ve kullanıcı güvenliği üzerinde doğrudan etkilidir. Kalite kontrol prosedürlerinin her bir aşaması, belirli farmakope ve uluslararası regülasyonlara göre standardize edilmelidir.

Analitik Teknikler ve Uygulamalar

Tıbbi bitkilerin standardizasyonu ve kalite kontrolü süreçlerinde kullanılan analitik teknikler, bitkisel materyalin kimyasal bileşiminin belirlenmesinde ve aktif bileşenlerin doğrulanmasında hayati öneme sahiptir. Bu teknikler, hem kantitatif hem de kalitatif analizlere olanak tanıyarak ürünün farmasötik etkinliğinin ve güvenliğinin sağlanmasında kritik rol oynar (EMA, 2011).

Kromatografik Yöntemler

Kromatografi, bitkisel ürünlerin kalite kontrolünde en yaygın kullanılan analitik yaklaşımlardan biridir.

Gaz Kromatografisi (GC): Özellikle uçucu bileşenlerin analizinde kullanılır. GC, uçucu yağların kalitatif ve kantitatif değerlendirilmesinde, özellikle *Lavandula*, *Salvia* ve *Thymus* gibi *Lamiaceae* familyası

üyelerinin analizinde yaygın olarak tercih edilmektedir (Baser ve Buchbauer, 2015).

Yüksek Performanslı Sıvı Kromatografi (HPLC): Uçucu olmayan ya da termal olarak kararsız bileşiklerin tespiti için tercih edilir. Flavonoidler, alkaloidler ve fenolik bileşikler gibi önemli fitokimyasalların standardizasyonunda kullanılır (Li vd., 2019).

İnce Tabaka Kromatografisi (TLC) ve Yüksek Performanslı İnce Tabaka Kromatografisi (HPTLC): Özellikle kalitatif analiz ve örneklerin parmak izi profillerinin oluşturulmasında kullanılır. Bitkisel ilaçların sahteciliğinin tespitinde de etkin bir araçtır (Sethi, 1996).

Spektroskopik Teknikler

UV-Vis Spektroskopisi: Toplam fenolik bileşikler ve flavonoid içeriklerinin ölçümünde sıklıkla kullanılmaktadır. Basit, hızlı ve ekonomik olması nedeniyle ilk tarama yöntemlerinden biridir (Singleton vd., 1999).

FT-IR (Fourier Dönüşümlü Infrared) Spektroskopisi: Bitkisel materyaldeki fonksiyonel grupların belirlenmesinde kullanılır. Spektral parmak izi oluşturulması ve saflığın değerlendirilmesi açısından değerlidir (Li vd., 2013).

NMR (Nükleer Manyetik Rezonans) Spektroskopisi: Bitki özütlerinde yapısal tanımlama için en güvenilir yöntemlerden biridir. Ancak maliyetli ve karmaşık bir analiz tekniği olması nedeniyle genellikle ileri düzey laboratuvarlarda uygulanır (Kumar, 2016).

Kütle Spektrometrisi (MS)

Kütle spektrometrisi, özellikle GC-MS ve LC-MS/MS gibi ileri düzey yöntemlerle birleştirilerek kullanılmaktadır. Bu teknikler sayesinde bitkisel materyaldeki kompleks bileşikler yüksek hassasiyetle tanımlanabilir (Halket vd., 2005). Özellikle metabolit profillemeye ve saflık analizlerinde önemli bir yer tutar.

DNA Barkodlama ve Moleküler Teknikler

Son yıllarda geleneksel morfolojik teşhisin ötesine geçilerek, moleküler biyoloji temelli yaklaşımlar da kullanılmaya başlanmıştır. DNA barkodlama teknikleri, özellikle tür teşhisinde yanlış tanımlamaların önüne geçmek amacıyla kullanılmaktadır. ITS, matK,

rbcL gibi gen bölgeleri kullanılarak tıbbi bitkilerin kimliklendirilmesi sağlanır (Newmaster vd., 2013).

Metabolomik Yaklaşımlar

Bitkisel ürünlerin kapsamlı analizinde, özellikle biyoaktif bileşiklerin profillenmesinde metabolomik teknikler devreye girmektedir. GC-MS, LC-MS, NMR gibi teknikler ile birlikte veri madenciliği ve istatistiksel analiz (ör. PCA, HCA) yöntemleri kullanılarak kalite farklılıkları ve coğrafi varyasyonlar değerlendirilebilmektedir (Wishart, 2016).

Diğer Teknikler

Elementel analiz (ICP-MS/ICP-OES): Ağır metal kalıntılarının ve eser elementlerin belirlenmesinde kullanılır (Liu vd., 2013).

Mikrobiyolojik analizler: Bitkisel ürünlerde mikrobiyal kontaminasyonun belirlenmesi için kullanılır. Özellikle gıda takviyelerinde ve topikal uygulamalarda güvenlik açısından zorunludur (USP, 2020).

Sonuç olarak, analitik tekniklerin doğru şekilde seçimi ve uygulanması, tıbbi bitkilerin kalitesinin, güvenliğinin ve etkinliğinin sağlanması açısından temel gerekliliklerdendir. Modern teknolojilerle desteklenen bu teknikler, standardizasyon çalışmalarının bilimsel doğruluğunu ve tekrarlanabilirliğini artırarak geleneksel bilgiyi günümüz sağlık sistemlerine entegre etmede önemli bir araç sunmaktadır.

Mevzuatlar ve Standartlar

Tıbbi bitkilerle ilgili kalite kontrol uygulamaları, ulusal ve uluslararası düzenlemelere tabidir. Bu düzenlemeler, bitkisel ürünlerin güvenli, etkili ve kaliteli bir şekilde üretilmesini ve pazarlanmasını amaçlar.

Dünya Sağlık Örgütü (WHO): WHO'nun "Guidelines for the Assessment of Herbal Medicines" adlı dokümanı, tıbbi bitkilerin kalitesine yönelik temel ilkeleri belirler (WHO, 2005).

Avrupa İlaç Ajansı (EMA): EMA'nın Bitkisel Tıbbi Ürünler Komitesi (HMPC), Avrupa Farmakopesi ile uyumlu olarak monograflar yayınlar ve pazar onayı için yönergeler sunar (EMA, 2011).

ABD Farmakopesi (USP): USP, bitkisel ürünlere yönelik kalite kontrol parametrelerini ayrıntılı olarak tanımlar.

Türkiye: Türkiye’de bitkisel ürünlerle ilgili düzenlemeler, Sağlık Bakanlığı Türkiye İlaç ve Tıbbi Cihaz Kurumu (TİTCK) tarafından yapılmakta ve Türk Farmakopesi esas alınmaktadır.

Bu düzenleyici belgeler; botanik kimlik doğrulama, etken madde analizleri, raf ömrü belirleme, etiketleme ve üretim koşulları gibi unsurları kapsamaktadır. Ayrıca, İyi Tarım Uygulamaları (GAP), İyi Üretim Uygulamaları (GMP) ve İyi Laboratuvar Uygulamaları (GLP) gibi kalite yönetim sistemleri de bitkisel ilaç üretiminde temel kabul edilmektedir (Pandey, 2025).

SONUÇ VE GELECEĞE BAKIŞ

Tıbbi bitkiler hem geleneksel bilgiye hem de modern bilimsel araştırmalara dayanan güçlü bir tedavi potansiyeline sahiptir. Ancak bu potansiyelin etkin, güvenli ve sürdürülebilir şekilde kullanılabilmesi; bitkisel ürünlerin standardizasyonu ve kalite kontrolüne verilen önemle doğrudan ilişkilidir. Bu bağlamda, botanik doğrulama, etken madde analizi, toksikolojik değerlendirme ve mevzuata uygunluk gibi süreçlerin bütüncül bir yaklaşımla ele alınması büyük önem taşımaktadır.

Günümüzde analitik teknolojilerdeki ilerlemeler, tıbbi bitkilerin kimyasal profillerinin daha hassas ve hızlı şekilde belirlenmesine olanak sağlamaktadır. Aynı şekilde biyoinformatik, metabolomik ve yapay zeka tabanlı modellemelerle bitkisel ürünlerin kalite değerlendirmeleri daha entegre hale gelmektedir (Maral vd., 2024).

Gelecekte, bitkisel ürünlerde izlenebilirlik (traceability), sürdürülebilir üretim zinciri ve biyoteknolojik üretim tekniklerinin entegrasyonu ön plana çıkacaktır. Ayrıca, geleneksel bilgi sistemlerinin modern bilimle entegre edilmesi ve etnik bilgi kaynaklarının etik çerçevede kullanılması önem kazanacaktır (Liu vd., 2013).

Sonuç olarak, tıbbi bitkilerin dünya genelinde artan kullanımı, sadece sağlık sektörü için değil, aynı zamanda ekonomi, çevre ve kültürel miras açısından da önemli fırsatlar ve sorumluluklar doğurmaktadır. Bilimsel yaklaşımlarla desteklenen standardizasyon ve kalite kontrol uygulamaları, bu alanda güvenilirliğin ve sürdürülebilirliğin temelini oluşturacaktır.

Kaynaklar

- Alamgir, A.N.M. (2017). Herbal Drugs: Their Collection, Preservation, and Preparation; Evaluation, Quality Control, and Standardization of Herbal Drugs. In: Therapeutic Use of Medicinal Plants and Their Extracts: Volume 1. *Progress in Drug Research*, vol 73. Springer, Cham. DOI:10.1007/978-3-319-63862-1_10.
- Bakkali, F.; Averbeck, S.; Averbeck, D.ve Idaomar, M. (2008). Biological effects of essential oils—A review. *Food Chem. Toxicol.*, 46, 446–475.
- Baser, K. H. C., & Buchbauer, G. (2015). Handbook of essential oils: science, technology, and applications (2nd Ed). Boca Raton: CRC Press
- Canter, P. H., Thomas, H., ve Ernst, E. (2005). Bringing medicinal plants into cultivation: opportunities and challenges for biotechnology. *Trends in Biotechnology*, 23(4), 180-185.
- Chhabra, N., Shirskar, J., ve Srinivasan, G.(2025). Current and Future Market of the Dietary Supplements and Nutraceuticals in the *Global Economy*. In *Dietary Supplements and Nutraceuticals* (pp. 1-48). Springer, Singapore.
- EMA (European Medicines Agency). (2006). Guideline on quality of herbal medicinal products/traditional herbal medicinal products. London:
- EMA (European Medicines Agency). (2007). Guideline on specifications: test procedures and acceptance criteria for herbal substances, herbal preparations and herbal medicinal products/traditional herbal medicinal products. London.
- EMA (European Medicines Agency). (2011). Guideline on specifications: test procedures and acceptance criteria for herbal substances, herbal preparations and herbal medicinal products/traditional herbal medicinal products. p. 25.
- EMA (European Medicines Agency). (2021). Herbal medicinal products. <https://www.ema.europa.eu/en/human-regulatory/herbal-products>
- Ekor, M. (2014). The growing use of herbal medicines: issues relating to adverse reactions and challenges in monitoring safety. *Frontiers in pharmacology*, 4, 177. DOI:10.3389/fphar.2013.00177.
- Halket, J.M., Waterman D, Przyborowska AM, Patel RK, Fraser PD, ve Bramley PM. (2005). Chemical derivatization and mass spectral libraries in metabolic profiling by GC/MS and LC/MS/MS. *J Exp Bot.*; 56(410): 219-243.
- Hamilton, A. C. (2004). Medicinal plants, conservation and livelihoods. *Biodiversity & Conservation*, 13(8), 1477-1517.
- Heinrich, M., Scotti, F., Booker, A., ve Frei, H. (2020). Quality and safety of herbal medical products: Regulation and the need for quality assurance along the value chains. *British Journal of Clinical Pharmacology*, 86(7), 1266–1270.
- Ichim, M. C. (2019). The DNA-based authentication of commercial herbal products reveals their globally widespread adulteration. *Frontiers in Pharmacology*, 10, 1227.
- Kumar, D. (2016). Nuclear Magnetic Resonance (NMR) Spectroscopy For Metabolic Profiling of Medicinal Plants and Their Products. *Critical Reviews in Analytical Chemistry*, 46(5), 400–412. DOI:10.1080/10408347.2015.1106932
- Kunle, O.F.; Egharevba, H.O.ve Ahmadu, P.O. Standardization of herbal medicines-A review. *Int. J. Biodivers. Conserv.* 2012, 4, 101–112.
- Li, S., Han, Q., Qiao, C., Song, J., Cheng, C. L., ve Xu, H. (2008). Chemical markers for the quality control of herbal medicines: an overview. *Chinese Medicine*, 3(1), 1-16. DOI:10.1186/1749-8546-3-7.
- Li Y, Xie Y, He Y, Hou W, Liao M, ve Liu C. (2019). Quality markers of traditional Chinese medicine: concept, progress, and perspective. *Engineering*. 5, 888–894.
- Liu, Y., Wu, J., Wei, W. ve Xu, R. (2013). Simultaneous determination of heavy metal pollution in commercial traditional Chinese medicines in China. *Journal of Natural Medicines*, 67, 887–893. DOI:10.1007/s11418-012-0656-9.
- Mahomoodally, M. F. (2013). Traditional medicines in Africa: an appraisal of ten potent African medicinal plants. *Evidence-Based Complementary and Alternative Medicine*, 1-14. 10.1155/2013/617459

- Maral, H. (2023). Chemical and antioxidant diversity of essential oils of some *Salvia* species from Turkey, *Biochemical Systematics and Ecology*, Volume 106, 104575, DOI:10.1016/j.bse.2022.104575.
- Maral, H. Çecen, O. Turk Baydir, A. ve Turkmen, M. (2024). Determination of essential oil constituents and antioxidant activities of hybrid species *salvia* × *karamanensis* celep & B. T. Drew and its parents (*salvia aucheri* benth. subsp. *canescens* (boiss. & heldr.) celep, kahraman & dogan × *salvia heldreichiana* boiss. Ex benth.) *Biochemical Systematics and Eco.*, 113, 104795.
- Newmaster, S. G., Grguric, M., Shanmughanandhan, D., Ramalingam, S. ve Ragupathy, S. (2013). DNA barcoding detects contamination and substitution in North American herbal products. *BMC Medicine*, 11, 222. DOI:10.1186/1741-7015-11-222.
- Pandey, A.K. (2025). Good Agricultural and Collection Practices of Important Medicinal Plants. In: Mandal, A.K., Nicodemus, A. (eds) *Textbook of Forest Science*. Springer, Singapore. DOI:10.1007/978-981-97-8289-5_25.
- Sethi, P.D. (1996). High Performance Thin Layer Chromatography: Quantitative Analysis of Pharmaceutical Formulations. CBS Publishers & distributors.
- Singleton, V.L., Orthofer, R. ve Lamuela-Raventos, R. M. (1999). Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin–Ciocalteu reagent. *Methods in Enzymology*, 299, 152–178.
- U.S. Pharmacopeia. (2020). The United States Pharmacopeia, USP 43-National Formulary, NF 38. Rockville, MD: U.S. Pharmacopeial Convention, Inc., p. 736.
- Wallis TE. Text book of pharmacognosy 5th edition CBS publishers and distributors, New Delhi, India.2005.
- WHO (World Health Organization). (2003). World Health Organization (WHO) Guidelines On Good Agricultural and Collection Practices (GACP) For Medicinal Plants WHO, Geneva, Switzerland.
- WHO (World Health Organization). (2005). World Health Organization National Policy On Traditional Medicine and Regulation of Herbal medicines: Report of a WHO Global Survey World Health Organization.
- WHO (World Health Organization). (2011). Quality control methods for herbal materials. Geneva. World Health Organization.
- WHO (World Health Organization). 2013. World Health Organization WHO Traditional Medicine strategy: 2014-2023 World Health Organization.
- Wishart, D. S. (2016). Emerging applications of metabolomics in drug discovery and precision medicine. *Nature Reviews Drug Discovery*, 15(7), 473–484.

TOPRAKTA ORGANİK MADDEYİ ARTIRAN UYGULAMALAR

Durmuş Ali Çarkacı**

GİRİŞ

Sürdürülebilir tarım anlayışında öncelikli hedef, uzun vadede toprağın verimlilik kapasitesini koruyarak geliştirmektir. Tarım sistemlerinin devamlılığı, toprak kaynaklarının doğru yönetilmesi ve üretkenliklerinin korunmasına bağlıdır. Bu nedenle sürdürülebilir tarımın temel amacı, toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik sağlığını muhafaza etmek, bozulma süreçlerini en aza indirmek ve toprak fonksiyonlarının gelecek kuşaklara aktarılmasını güvence altına almaktır. Başka bir ifadeyle, sürdürülebilir tarım toprak ekosisteminin korunmasını esas almakta ve toprağın üretkenliğinin zaman içinde azalmayacak şekilde yönetilmesini hedeflemektedir (Özsoy, 2012; Anonim, 2025). Bu nedenle bitki yetiştiriciliğinin en önemli koşulu, toprağın sağlıklı ve verimli bir yapıya sahip olmasıdır. Genel olarak toprak sağlığı ve toprak kalitesi kavramları birbirine çok yakın anlamlar taşımakta olup literatürde çoğu zaman eş anlamlı kabul edilmekte ve birbirlerinin yerine kullanılabilmektedir. Doran ve Parkin (1994) toprak kalitesini bir toprağın, ekosistem ve arazi kullanım sınırları içinde, üretkenliği sürdürme, çevre kalitesini koruma, bitki ve hayvan sağlığını teşvik etme kapasitesi olarak tanımlamaktadırlar. Toprak sağlığı veya kalitesi toprak organik maddesiyle yakından ilişkilidir. Organik maddenin toprakların fiziksel, biyolojik ve kimyasal özellikleri üzerine yapıcı etkileri bulunmaktadır (Magdoff ve Weil, 2004; Magdoff ve van Es, 2009; Özsoy, 2012; Schindelbeck vd., 2017).

Toprak organik maddesi, tarım topraklarının verimliliğini belirleyen temel bileşenlerden biridir. Bitki besin elementlerinin depolanması, su tutma kapasitesi, toprak yapısının korunması ve mikrobiyal aktivitenin sürdürülmesi doğrudan organik madde miktarıyla ilişkilidir. Ancak yoğun toprak işleme, bilinçsiz gübre kullanımı, monokültür tarım ve erozyon gibi etkenler birçok bölgede organik madde seviyesinin düşmesine yol

** Öğr. Gör. Dr., Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Motorlu Araçlar Gemi ve Uçak Bölümü, Orcid ID: 0000-0002-3447-3637, e-posta:alicarkaci@kmu.edu.tr

açmaktadır. Bu nedenle toprakta organik maddeyi artırıcı uygulamaların planlı şekilde hayata geçirilmesi, sürdürülebilir tarım sistemlerinin temelini oluşturmaktadır. Toprağın yapısal stabilitesini koruyan ve ekosisteme olumsuz etkileri bulunmayan girdilerin kullanımı, sürdürülebilir üretim faaliyetlerinin devamlılığı açısından büyük önem taşımaktadır. Üreticiler, verimi artırmak ve erozyonla mücadele etmek amacıyla çeşitli seçeneklere sahiptirler. Bu seçenekler arasında en yaygın yaklaşım, söz konusu topraklarda gelecekte ortaya çıkabilecek potansiyel erozyon risklerini azaltmak ve bitki gelişimini desteklemek amacıyla ilave organik düzenleyicileri kullanmaktır.

1. TOPRAK ORGANİK MADDESİNİN ÖNEMİ

Toprak organik maddesi; humus, mineral toprak içerisinde bulunan bitkisel ve hayvansal ölü dokular, hayvan dışkıları, bitki ve hayvanların çeşitli salgı maddeleri ile bunların ayrışma ve değişim ürünlerinden oluşmaktadır. Bununla birlikte, toprak üstü ve toprak içindeki canlı organizmalar ile canlı bitkilerin kökleri doğrudan toprak organik maddesi kapsamında değerlendirilmez (Schnachtschabel vd., 1989; Sağlam vd., 1993; Magdoff ve Weil, 2004; Özsoy, 2012).

Toprakta organik madde üç gruba ayrılabilir.

- 1) Toprağa yeni karışmış ve aslını koruyan bitki ve hayvanların döküntüleri,
- 2) Bitki ve hayvan dokusu olup olmadığı belli olmayan, stabil çözünmüş organik maddeler (humus),
- 3) İkisi arasında geçiş katmanı halinde yer alan, çeşitli ara ürün karışımları yer almaktadır

Toprak organik maddesinin toprakta üstlendiği başlıca fonksiyonlar ise şunlardır:

- Toprağın agregat stabilitesini iyileştirerek erozyonu zararının bertarafı,
- Su tutma kapasitesini iyileştirmesi,
- Bitki besin elementlerini tutması ve yavaş salınım sağlayarak bitki gelişimini desteklemesi,
- Mikroorganizma faaliyetlerini artırarak toprak biyolojik döngüsünü güçlendirmesi.

Bu fonksiyonlar organik maddenin yalnızca verimlilik açısından değil, ekosistem sağlığı açısından da önemli olduğunu göstermektedir.

2. TOPRAKTA ORGANİK MADDEYİ ARTIRAN UYGULAMALAR

2.1. Organik Gübre Uygulamaları

Toprakta organik maddenin başlıca kaynağı bitki ve hayvan artıklarıdır. Tarım topraklarında bitkisel artıklar genellikle hasat sonrası tarlada kalan anız parçalarından oluşur. İklim koşulları, kültürel tarım uygulamaları, erozyon ve geçmişteki hatalı tarımsal yöntemler göz önüne alındığında, ülkemiz topraklarının organik madde açısından fakir olduğu görülmektedir. Bu nedenle tarım topraklarının organik madde bakımından zenginleştirilmesi, çeşitli organik atıkların toprağa dışarıdan ilavesi ile mümkün olmaktadır.

2.1.1. Ahır Gübresi

Toprağın organik madde içeriğinin zenginleştirilmesi amacıyla dışarıdan ilave edilebilen en önemli kaynaklardan bir tanesi, ahır gübresidir. Ahır gübresinin içeriği ise, sağlandığı kaynak olan hayvanın cinsi, yaşı, beslenme koşulları, kullanılan altlık malzemesinin türüne göre değişmektedir. Genelde, ahır gübresi bileşiminde % 75 su, % 17 organik madde, % 6 oranında inorganik maddeler bulunmaktadır. Ahır gübresi makro besinler yanında mikro bitki besin maddeleri bakımından da zengindir. Değerler değişebilmekle beraber, yaklaşık olarak bir ton ahır gübresinde 5-6 kg N, 2-5 kg P, 4-6 kg K, 3 kg Ca, 1-2 kg Mg, 10 kg silisyum (Si) ve 1 kg S bulunmaktadır. Bu duruma göre ahır gübresinde N ve K fazla, P ise daha azdır (Brady ve Weil, 1999).

Toprağa ahır gübresi verilmesi, doğrudan toprak verimliliğini artırmak anlamına gelmektedir.

Yapılan araştırmalar ahır gübresinin tarlada dağıtılmadan bekletilmesi toprak altına uygulanmasına göre önemli ölçüde besin değeri kaybı yaşadığını göstermektedir. Ahır gübresinin etkisi 2-3 yıl devam etmektedir. Bu etki derecesi birinci yılda % 50, ikinci yılda % 30, üçüncü yılda % 20 olarak kabul edilmektedir. Ahır gübresinin etkisi genellikle uygulamanın ilk yılında en yüksek düzeyde görülürken, sonraki yıllarda kademeli olarak azalmaktadır. Bölgenin iklim, toprak yapısı ve gübrenin uygulanma yöntemine göre bu süre değişebilmektedir. Toprağa

uygulanacak gübre miktarının belirlenmesinde; toprağın mevcut organik madde içeriği, toprağın tekstürü, yetiştirilecek bitki ve iklim şartları dikkate alınır. Genel olarak; ahır gübresi dekara en az 1 ton ilave edilir, organik maddece çok zayıf alanlarda ise bu miktar dekara 2-3 tona kadar çıkartılabilir. Tarlaya taşınan gübre, vakit geçirilmeden homojen bir şekilde toprak yüzeyine serilir ve zamanında karıştırılır. Gübrenin toprakla karıştırılma derinliği iklim, toprak ve kullanılan gübrenin miktar ve niteliğine göre ayarlanır. Gübre, yeterli havanın bulunduğu ve aynı zamanda korunabileceği bir derinliğe uygulanmalıdır. Ağır bünyeli ve nemli topraklarda kumlu olanlara kıyasla daha yüzeye uygulanmalıdır. Bir kural olarak gübre hangi derinliğe verilirse verilsin üzeri toprakla örtülmelidir. Ancak toprakta bitki varsa (meralar, çayır alanlar, vb.) toprak yüzeyine serpilir (Schnachtschabel vd., 1989; Sağlam vd., 1993; Özsoy, 2012; Havlin vd., 2023).

2.1.2. Bitki Artıklarının Toprakta Bırakılması

Hasat sonrası oluşan sap, saman, kök ve yaprak gibi bitki artıklarını tarladan uzaklaştırmak organik madde kaybına yol açar. Bu artıkların parçalanarak toprağa karıştırılması, organik madde birikimi için önemli bir uygulamadır. Bitki artıkları aynı zamanda toprak yüzeyini kaplayarak rüzgâr ve su erozyonunu azaltır.

2.1.3. Yeşil Gübreleme

Taze yeşil halde veya gelişimini tamamlamış başta baklagil ve buğdaygil bitkileri olmak üzere, bitkilerin vejetatif aksamalarının toprakla karıştırılmasına yeşil gübreleme, bu işlemde kullanılan bitkilere ise yeşil gübre bitkileri denmektedir. Yeşil gübrelemenin en önemli faydası toprak organik maddesini arttırmasıdır. Toprağa önemli ölçüde başta azot olmak üzere bitki besin maddeleri de sağlanmış olur. Yeşil gübreleme topraktaki mikroorganizmaların sayısını ve faaliyetini arttırır. Yeşil gübre bitkilerinde aranana özellikler şunlardır (Florentin vd., 2011; Özsoy, 2012):

- 1) Ekimi ve yetiştirilmesi düşük maliyetli olmalı,
- 2) Hızlı büyümeli ve iyi toprak örtüsü oluşturmali,
- 3) Bol miktarda yeşil vejetatif organ oluşturmali,
- 4) Toprakta fazla besin maddesi sömürmemeli,
- 5) Gelişiminde fazla suya ihtiyaç duymamalıdır.

6) Üretilen kuru madde yavaş ayrışmalı.

Yeşil gübre olarak yetiştirilebilecek bazı bitkiler arasında yonca türleri, soya, yem börülcesi, üçgül türleri, fiğ, kolza, hardal otu ve buğdaygiller sayılabilir. Yeşil gübre uygulamasının belki de en önemli dezavantajı tarlaya ekim yapılması gerektiğinden ilave ekim-dikim ve tohum masrafının bulunmasıdır. Ancak sonuç getirisi hesaplandığında toprak organik maddesinin artırılması ve özellikle uygulama sonrası ekimi yapılacak kültür bitkisinin azotlu gübre girdisini azaltması bakımından faydalıdır. Özellikle yeşil gübre bitkisi olarak baklagiller tercih edildiğinde, bu bitkilerin köklerinde konukçu olarak yaşayan ve atmosfer azotunu fikse eden bakteriler, toprak azotunun artmasını sağlar. Ayrıca tarla boş bırakılmadığından toprak erozyonu da önlenmiş olur. Yeşil gübre bitkileri tarlada yetiştirilecek esas bitkinin ekiminden 3-5 hafta önce sürülerek toprağa karıştırılmalıdır. Yeşil gübreleme en yaygın biçimde meyve bahçelerinde uygulanmaktadır (Schnachtschabel vd., 1989; Sağlam vd., 1993; Florentin vd., 2011; Özsoy, 2012).

Yeşil gübreleme; belirli bitki türlerinin (özellikle baklagiller) yetiştirilip henüz genç ve taze halde toprağa karıştırılması işlemidir. Bu yöntem sayesinde:

- Toprak organik madde içeriği artar,
- Azot fikse eden türler toprağa doğal yollarla azot sağlar,
- Toprak yapısı ve biyolojik aktivite iyileşir.

Fiğ, üçgül, yonca ve baklagil türleri yeşil gübrelemede yaygın olarak kullanılır.

2.1.4. Çiftlik Kompostu

Tarımsal işletme içerisinde veya işletme dışından elde edilen bitkisel ve hayvansal kaynaklı tüm organik materyaller kompost yapımında kullanılabilir. Çiftlik kompostu; ahır gübresi başta olmak üzere tüm bitkisel artıklar (budama artıkları, sap saman yaprak döküntüleri, çim biçimi artıkları, talaşlı samanlı hayvan yataklık artıkları, mutfak artıklarının organik olanları v.b.) hayvansal artıklar (boynuz, tırnak ve yapağı v.b.) maddelerin kontrollü bir şekilde parçalanmasıyla elde edilen, toprağın agregat yapısını iyileştiren ve besin maddesi sağlayan organik bir toprak düzenleyicisidir. Toprak üzerinde ahşap ızgara ya da beton zeminde elekli bir sistemle suyun uzaklaştırılarak kompostlaştırılması sağlanır. Üzerine sönmüş kireç y ada azot içeren gübre dökülerek

olgunlaştırılması hızlandırılır. Olgunlaşma süresi 4 ile 24 ay kadar sürebilir. Yığında nem kontrolü sağlanmalıdır. Çok kuruda kalması önlenmelidir. Olgunlaşan malzeme elekten geçirilerek paketlenmesi sağlanır.

2.2. Örtü Bitkilerinin Kullanımı

Örtü bitkileri, toprak yüzeyini kaplayarak hem erozyonu hem de organik madde kaybını azaltır. Ayrıca kök ve gövde artıklarıyla toprağa önemli miktarda organik materyal kazandırır. Çavdar, buğday, hardal, fiğ, korunga ve bezelye örtü bitkisi olarak kullanılan başlıca türlerdir.

2.3. Ekim Nöbeti (Münavebe)

Tek ürün ekimi (monokültür) organik madde miktarını zamanla azaltır. Bunun aksine, ekim nöbeti uygulamaları kök yapıları ve organik artık miktarları farklı olan bitkilerin sırayla yetiştirilmesini sağlar. Baklagiller gibi azot bağlayan bitkilerin sisteme dahil edilmesi organik madde artışı için özellikle etkilidir.

2.4. Toprak İşlemesiz veya Azaltılmış İşleme

Yoğun toprak işleme, organik maddenin hızlı bir şekilde okside olmasına neden olur. Toprak işlemesiz tarım, yüzey kalıntılarının korunmasını sağlar ve organik madde kaybını azaltır. Bu yöntemle toprak yapısı bozulmadığı için karbon depolanması artar ve mikrobiyal aktivite korunur.

3.5. Erozyonu Azaltıcı Uygulamalar

Organik madde açısından en zengin toprak katmanı olan üst toprak, erozyonla en hızlı kaybedilen kısımdır. Bu nedenle teraslama, şeritvari ekim, ağaçlandırma, rüzgâr perdeleri ve malçlama gibi uygulamalar üst toprağı koruyarak organik madde kaybını önler.

3. SONUÇ VE ÖNERİLER

Toprakta organik maddeyi artırmak, yalnızca verim artışı değil, uzun vadeli ekolojik sürdürülebilirlik için de vazgeçilmezdir. Organik gübreleme, yeşil gübreleme, örtü bitkileri, ekim nöbeti ve azaltılmış toprak işleme gibi uygulamaların birlikte kullanılması, organik madde birikimini hızlandırmakta ve toprağın fiziksel-biyolojik yapısını güçlendirmektedir. Bu uygulamaların yaygınlaştırılması, sürdürülebilir tarım politikalarının temelini oluşturmaktadır.

4. KAYNAKÇA

- Anonim. 2025. Sustainable Agriculture Research and Education Program: A program of UC Agriculture and Natural Resources. <https://sarep.ucdavis.edu/sustainable-ag> (Erişim tarihi: Ocak, 2025).
- Brady, N.C. and Weil, R.R. 1999. *The Nature and Properties of Soil*. 12th ed. Upper Saddle River, New Jersey: Prentice Hall. Print.
- Brady, N.C., Weil, R.R. (2017). *The Nature and Properties of Soils*. Pearson
- Doran, J.W. and Parkin, T.B. 1994. Defining and Assessing Soil Quality. *Defining soil quality for a sustainable environment*, 35, 1-21.
- FAO (2021). *Soil Organic Carbon: the hidden potential*.
- Havlin, J., Tisdale, S., Nelson, W., Beaton, J. (2013). *Soil Fertility and Fertilizers*. Prentice Hall.
- Lal, R. (2004). "Soil Carbon Sequestration Impacts on Global Climate Change and Food Security." *Science*.
- Magdoff, F. and Weil, R. R. 2004. *Soil Organic Matter in Sustainable Agriculture*. CRC Press, Taylor and Francis Group, Boca Raton, FL.
- Magdoff, F.R. and H.M. van Es. 2009. *Building Soils for Better Crops: Sustainable Soil Management*. Handbook Series Book 10. Sustainable Agric. Research and Education, Waldorf, MD. 285p.
- Özsoy, G. 2012. Toprak Bilgisi ders notları. Bursa Uludağ Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Bursa. Basılmamış.
- Sağlam, M.T., Bahtiyar, M., Cangir, C. ve Tok, H.H. 1993. Toprak Bilimi. Trakya Üniversitesi, Tekirdağ Ziraat Fakültesi, Toprak Bölümü. Anadolu Matbaa Tic.Koll.Şti, Tekirdağ, 446s.
- Schindelbeck, R., Ristow, A. J., Kurtz, K. S., Fennell, L. F., and van Es, H. M. 2017. *Comprehensive Assessment of Soil Health Laboratory Soil Health Manual Series*. Cornell University, Ithaca, NY. 123p
- Schnachtschabel, P., Blume, H.P., Brümmer, G., Hartge, K.H. and Schwertmann, U. 1989. *Lehrbuch der Bodenkunde* (editors: Scheffer, F., Schachtschabel, P.). Stuttgart: Enke, 1989. ISBN:3-432-84772-

RÜZGÂR EROZYONUNUN ÖNLENMESİNDE KULLANILAN BİTKİ TÜRLERİ

Durmuş Ali Çarkacı**

GİRİŞ

Rüzgâr erozyonu, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde verimli toprakların kaybına yol açarak uzun vadede çölleşme süreçlerini tetikler. Çölleşme, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde yaşayan milyonlarca insanın sosyal ve ekonomik yaşamını doğrudan etkileyen, ekosistem değişikliğinin en ciddi tehditlerinden biri olarak kabul edilmektedir. Rüzgâr erozyonunun ve buna bağlı olarak çölleşmenin temel nedeni ise bitki örtüsünün doğal afetler, aşırı otlatma, yanlış tarım uygulamaları ve iklim değişikliği gibi çeşitli etkenler sonucunda azalmasıdır. Bitki örtüsünün zayıflaması, toprak yüzeyinin rüzgâra karşı savunmasız hâle gelmesine ve hızla bozulmasına neden olmaktadır. Bitki örtüsü, erozyon kontrolünde kritik bir role sahiptir; gelişmiş kök yapısı sayesinde toprak parçacıklarını bir arada tutar, üzerindeki gövde ve yaprak kütlesiyle yer seviyesindeki rüzgâr hızını azaltarak toprak hareketini sınırlar. Hem canlı hem de ölü bitki örtüsünün bu işlevleri yerine getirebilmesi için toprağa sağlam bir şekilde bağlanmış olması gereklidir. Ayrıca bitkisel materyallerin zamanla çürümesi, organik maddenin artmasına ve toprağın fiziksel-kimyasal özelliklerinin iyileşmesine katkıda bulunarak erozyona karşı direnci daha da güçlendirir. Erozyonla mücadelede en etkili ve sürdürülebilir yöntemlerden biri, uygun bitki türlerinin seçilerek alanın yeniden bitkilendirilmesidir. Bu süreçle Bitkiler, toprak yüzeyini kaplayarak rüzgâr hızını düşürür, kök sistemleriyle toprağı tutar ve organik madde birikimi sağlayarak ekosistemin kendini yenilemesine katkıda bulunur. Bitkilerin rüzgâr erozyonu kontrolündeki rolü üzerine yapılan ilk araştırmalar, ağırlıklı olarak tarım arazilerini ve insan kaynaklı altyapıları korumaya yönelik pratik çözümler geliştirmeye odaklanmış olsa da, son yıllarda çalışmalar daha bütünsel ve kavramsal bir yaklaşımı benimsemeye başlamıştır (Okin ve Gilette, 2001). Güncel araştırmalar,

** Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi, Teknik Bilimler Meslek Yüksek Okulu, Motorlu Araçlar Gemi ve Uçak Bölümü Orcid ID: 0000-0002-3447-3637, e-posta:alicarkaci@kmu.edu.tr

rüzgâr erozyonu, bitki örtüsü, iklim ve bozunum süreçleri arasındaki ekolojik etkileşimleri farklı mekânsal ve zamansal ölçeklerde inceleyerek daha kapsamlı bir değerlendirme sunmaktadır. Bu bağlamda koruyucu bitki örtüsünün kaybı, çoğu zaman toprak yapısı, besin maddesi düzeyi, organik madde miktarı ve mikrobiyal aktivite gibi fizikokimyasal ve biyolojik toprak özelliklerinde meydana gelen değişimlerle birlikte ya da bu değişimlerden önce ele alınmaktadır. Rüzgâr erozyonunun etkin bir şekilde kontrol edilebilmesi için yalnızca bitki örtüsünün varlığı değil, aynı zamanda bu biyolojik ve fizikokimyasal toprak özelliklerinin de dikkate alınmasının kritik öneme sahip olduğu kabul edilmektedir (Van Pelt ve Zobeck, 2004).

1. BİTKİ TÜRÜ SEÇİMİNDE DİKKATE ALINAN KRİTERLER

Kuraklığa dayanıklılık: Yağışın düşük olduğu alanlarda uzun süre susuzluğa dayanabilmeli.

Hızlı gelişim: Toprağı kısa sürede örterek erozyonu azaltmalı.

Geniş kök sistemi: Toprağı hem yüzeysel hem derin katmanlarda tutabilmeli.

Tuzluluğa ve sıcaklığa tolerans: Çoğu erozyon sahası tuzlu ve yüksek sıcaklıklara açıktır.

Yerel ekolojiye uygunluk: İstilacı olmamalı, çevreyle uyumlu olmalı.

2. RÜZGÂR EROZYONU KONTROLÜNDE KULLANILAN BİTKİ GRUPLARI

2.1. Çok Yıllık Otsu Bitkiler (Çalımsı Formlar)

Bu grup, hızla gelişip toprağı kapladıkları için erozyon kontrolünde oldukça etkilidir.

Örnek Türler:

Agropyron cristatum (Kavuzlu buğday otu/otlak ayrığı)

Özellikleri:

Kurak alanlara uyumlu, güçlü kök yapısı sayesinde toprağı iyi tutar. *Agropyron cristatum* (otlak ayrığı) uzun ömürlü çok yıllık bir çayır mera yem bitkisidir. Toprak üstünde yumak teşkil ederek büyür. Kıraç şartlar altında kuru ot elde etmek ve

otlatmak amacıyla yetiştirilebilir. Otlak ayrığı 50-100 cm arası boya ulaşabilir. Buğdaygiller yem bitkileri çeşidindendir. Otlak ayrığı, soğuğa, kuraklığa ve çiğnenmeye karşı oldukça dayanıklı bir yem bitkisidir. Otlak ayrığı mükemmel bir erozyon önleyicidir. Her tür toprak yapısında başarıyla verim verir. *Agropyron cristatum* besin değerleri bakımından diğer birçok çayır mera yem bitkilerinden daha üstündür. Otu lezzetli ve besleme değeri yüksektir. Otlak ayrığı karışım(mix) halinde veya tek başına ekilebilen bir yem bitkisi tohumu olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 1: *Agropyron cristatum* (Otlak Ayrığı)

***Festuca arundinacea* (Kamışsı yumak)**

Festuca arundinacea türü uzun ömrü, güçlü kök yapısı, kaba yaprak dokusu ve yüksek gelişme performansı ile diğer çim türlerine göre üstün olan özelliklere sahiptir. Soğuk bölgelerde de iyi netice veren bir çim bitkisidir. Spor sahası oluşturmada yaygın kullanılan bir çim tohumudur. *Festuca arundinacea* basılmaya, çiğnenmeye dayanıklıdır. Gölge alanlarda da rahatlıkla büyüme gösterir. Yüzey kaplama gücü yüksektir. Yine bu tür diğer serin iklim çim türlerine göre sıcak yaz aylarının olumsuz şartlarından daha az etkilenmekte ve performansını korumaktadır. Sıcaklığın fazla olduğu zamanlarda derin kök yapısı sayesinde toprağın daha alt katmanlarındaki nemi değerlendirmekte böylece yeşil canlı dokusunu koruyabilmektedir. *Festuca arundinacea* çeşitlerinin diğer çeşitlere göre tuzluluğa daha toleranslı olduğu belirtilmiştir (Kıldış, 2021)



Şekil 2: Festuca arundinacea (Kamışsı yumak)

Artemisia herba-alba (Yavşan otu) Çok yıllık çalimsı yapılıdır. Karasal Anadolu iklimine uyum sağlayabilen step türlerindendir. Yarı kurak bozkırların doğal türüdür denilebilir; rüzgâr hızını ciddi ölçüde azaltır.



Şekil 3: Artemisia herba-alba (Yavşan otu)

2.2. Çalılar ve Bodur Ağaççıklar

Çalılar, hem rüzgâr kırıcı bir bariyer oluşturur hem de kökleriyle toprağı sıkıca tutar.

Örnek Türler:

Tamarix spp. (İlgin)

Tuzlu ve kurak alanlarda çok dayanıklıdır; özellikle kumul sabitlemede etkilidir.



Şekil 4: Tamarix spp. (İlgin)

Ephedra distachya (Ebu cehil çalısı)

Kurak alanlar için oldukça uygundur. Toprak tutucu özelliğı sayesinde erozyonla mücadelede etkili bir türdür.



Şekil 5: *Ephedra distachya* (Ebu cehil çalısı)

***Haloxylon aphyllum* / *Haloxylon persicum* (Saksavul)**

Orta Asya çöllerinde kumul stabilizasyonunda klasik bir türdür. Bu tip bitkilerde ana kökler genellikle yeraltı suyu katmanına ulaşabilir, en uzun kökler on metrenin üzerindedir. *Haloxylon* bitkilerinde , ana kök 13 metreye kadar ulaşabilir, *Alhagi sparifolia*'nın ana kökü *Calligonum mongolicum* gibi 5 metre derinliğe kadar ulaşabilir; yanal kökleri ise 25 metreye kadar ulaşabilir.



Şekil 6: Haloxylon aphyllum / Haloxylon persicum (Saksavul)

Calligonum mongolicum

Kumlu topraklarda kolayca yetişir. Yaz aylarında bol miktarda kırmızı çiçek açması, onu popüler bir süs bitkisi yapar. Ayrıca Moğolistan ve Orta Asya'da yakacak odun olarak ve erozyonu önlemek için de kullanılır.



Şekil 7: Calligonum mongolicum

Alhagi sparifolia

Yan kökler 25-30 metreye kadar derine ulaşabilir. Ana kök 5 metreyi bulabilir. Kurak şartlarda rahatlıkla yetiştirilebilir. Erozyonla mücadelede etkili bir türdür.



Şekil 8: Alhagi sparifolia

Atriplex canescens (Dört kanat otu) Gri geniş yapraklı ağaçsı bir çalı türüdür. Çok dayanıklı, hızlı büyüyen, tuzlu ve kurak toprakları seven bir çalı türü. Her zaman rengini koruyabilir. İyi drene edilmiş her türlü toprakta yetiştirilebilir. Su ihtiyacı yok denebilir. Yıllık 180mm-200mm yağış ortamında sulama ihtiyacı hissetmez. Her yılı isteğe bağlı olarak budama yapılabilir. Kökleri 6m kadar derine gidebilir. Erozyon kontrolü için ideal bir bitkidir. Tuzlu ve kurak toprağa karşı dirençlidirler.



Şekil 9: *Atriplex canescens* (Dört kanat otu)

***Ammopiptanthus mongolicus* (Yaprak dökmeyen çalı)**

Orta Asya'ya özgü tek yaprak dökmeyen geniş yapraklı çalıdır. Tohumlarının çoğu çimlenmediği için bu bölgede nesli tükenme tehlikesi altında kabul edilir. Soğuk çöl bölgelerinde yetişen bitki, ilkbahar sonu ve yaz aylarında çiçek açar, yaz ve sonbahar başında ise meyve verir. -25°C şiddetli soğuklara ve 60°C arazi sıcaklığı ve 70°C yüzey sıcaklığına dayanabilirler.



Şekil 10: *Ammopiptanthus mongolicus* (Yaprak dökmeyen çalı)

Atraphaxis bracteata

Güneş ışığını fazlaca seven bitkilerdendir. Çöl şartlarında uyum sağlayabilirler.



şekil 11: Atraphaxis bracteata

Calligonum caput-medusae

Çöl şartlarında rahatlıkla yetiştirilebilen bir türdür. Erozyonla mücadelede 150mm-200mm su şartlarında rahatlıkla yetiştirilebilir.



şekil 12: Calligonum caput-medusae

Nitraria sp

Tam bir çöl bitkisi, dalları hareketli kumlarla gömülür. Dallar suyla buluşursa, bitkilerin beklenmedik kökleri büyüyebilir ve dallar üzerinde *Nitraria sp* gibi yeni bitkiler yetiştirebilir.



Şekil 13: *Nitraria sp*

2.3. Ağaç Türleri

Ağaçlar daha uzun vadeli çözüm sağlar; rüzgâr perdesi görevi görür ve mikroklima oluşturur.

Örnek Türler:

***Pinus nigra* (Karaçam)**

Kuraklığa ve rüzgâra dayanıklı; Türkiye’de erozyon kontrolü projelerinde çok kullanılır.



şekil 14: *Pinus nigra* (Karaçam)***Pinus sylvestris* (Sarıçam)**

Soğuk ve kurak iklimlere uyum sağlar, hızlı gelişir.

**şekil 15:** *Pinus sylvestris* (Sarıçam)***Elaeagnus angustifolia* (İğde)**

Kurak alanların en başarılı ağaç türlerindendir; azot bağlayıcıdır ve toprağı iyileştirir.

**şekil 16:** *Elaeagnus angustifolia* (İğde)***Populus nigra* (Kavak)**

Nehir kenarlarında rüzgâr hızını düşürmede ve kumul hareketini durdurmada etkilidir.



Şekil 17: *Populus nigra* (Kavak)

2.4. Kumul Sabitlemede Kullanılan Türler

Rüzgâr erozyonunun en şiddetli olduğu kumul alanlarında özel türler kullanılır.

Örnek Türler:

***Ammophila arenaria* (Kum zambağı / Kumul ayrığı)**

Kum hareketini durdurmada dünya çapında en etkili türlerden biri.



Şekil 18: *Ammophila arenaria* (Kum zambağı / Kumul ayrığı)

***Elymus arenarius* (Kum buğdayı)**

Kök sistemi metrelerce derine iner; kum tepelerini sabitler.



Şekil 19: Elymus arenarius (Kum buğdayı)

Leymus racemosus

Kuvvetli rizomları sayesinde kumul alanlarda kalıcı stabilizasyon sağlar.



Şekil 20: Leymus racemosus

3. BİTKİLENDİRME YÖNTEMLERİ

- Şerit halinde rüzgâr kırıcı ağaçlandırmalar
- Kumyığınlarının üzerine çalı dikimi
- Otsu türlerle yüzey kaplama (mulching + ekim)

- Yerel tohum karışımlarının alana serpilmesi
- Fidan + çalı + ot kombinasyonları

4. SONUÇ VE ÖNERİLER

Rüzgâr erozyonunun önlenmesinde doğru bitki türlerinin seçilmesi, toprağın fiziksel yapısını güçlendirdiği gibi ekosistemin kendini yenilemesini de hızlandırır. Kuraklık, tuzluluk, rüzgâr şiddeti ve toprak yapısı gibi faktörlerle uyumlu türler kullanıldığında, bitkilendirme çalışmaları hem ekonomik hem de ekolojik açıdan yüksek başarı sağlar. Doğru tür seçimi, uzun vadede çölleşmenin önüne geçerek sürdürülebilir bir çevre oluşturmaın temel adımlarından biridir.

5.KAYNAKÇA

- Arton, A. (2002). *Tarım Alanları İçin Rüzgâr Perdeleri ve Korumucu Şeritler*. FAO Yayınları.
- FAO. (2015). *Rüzgâr Erozyonu ve Toprak Kaybı*. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü.
- Gökce, V., Hosafloğlu, İ., Akdeniz, H. (2023). İğdir Koşullarında Yetiştirilen Kamışsı Yumak (*Festuca arundinacea* L. Debussy) Türünde Azot (N) Dozlarının Çim Kalitesi Üzerine Etkileri. *Erciyes Tarım ve Hayvan Bilimleri Dergisi*, 6(1):59-66.
- Gökbulak, F., & Serengil, Y. (2014). *Havza Amenajmanı*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları, İstanbul.
- Kıldış, M.H., 2021. Farklı Tuz Konsantrasyonlarının Bazı Serin İklim Çim Alan Buğdaygillerinin Çimlenme ve Sürgün Gelişimine Etkileri Yüksek lisans tezi, Sakarya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
- http://194.27.225.161/yasin/tubives/index.php?sayfa=1&tax_id=5137- Türkiye Bitkileri Veri Serisi
- <https://www.yigittohumculuk.com.tr/urun/27/otlak-ayrigi-agropyron-cristatum>
- <https://www.torunoglutohum.com/festuca-arundinecea>
- <https://www.nefisyemektarifleri.com/blog/yavsan-otu>
- <https://www.flickr.com/photos/s-demir/405594055>
- https://www.ardeaprints.com/dec2014/5/picture-no-10894672-10486870.html?srsId=AfmBOooRwb7yieM0TGRMlnYJnVR_W1gggn6jmmrC5322e4V8gPaSj_dUh
- <https://elsabeauty.decorpro.com/tr/sosna-chyornaya-pinus-nigra-opisanie-sorta-i-vidy-posadka-i-uhod/>
- <https://www.botanikmarket.org/urun/sari-cam-pinus-sylvestris-20-adet-tohum?srsId=AfmBOoqAUv8vqU8CrkuhpyJv8aJPxKlBdc7bZyjbX71BPW-KIEktlJVp>
- <https://ziraatyapma.blogspot.com/2014/03/igde-elaeagnus-tilia-tomentosa-agac.html>
- <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Frafklar/kara-kavak>
- <https://dekafok.org.tr/kum-zambaklari/>
- <https://www.shutterstock.com/tr/search/leymus-arenarius>
- https://bgflora.net/families/poaceae/leymus/leymus_racemosus/leymus_racemosus_en.html
- <https://www.inaturalist.org/observations/48631754>
- <https://www.gardenia.net/plant/atriplex-canescens>
- <https://www.istockphoto.com/tr/foto%C4%9Fraf/alhagi-sparsifolia-in-desert-gm175388056-20338074>
- Morgan, R. P. C. (2005). *Toprak Erozyonu ve Koruma* (3. Baskı). Blackwell Yayınları.
- Okin, G.S., D.A. Gilette, 2001. Distribution of vegetation in wind-dominated landscapes: Implications for wind erosion modeling and landscape processes. *JGR Atmospheres*, 106(D9), 9673-9683.
- Pimentel, D. (2006). Toprak erozyonu: Çevresel bir tehdit. *Environment, Development and Sustainability*, 8, 119-137.
- Skidmore, E. L. (1986). Rüzgâr erozyonunun kontrolü. In Singer, M. & Lusby, W. (Ed.), *Erozyon ve Sediment Kontrolü*. Springer.
- Tisdale, W. (1998). *Korumucu Rüzgâr Perdeleri*. USDA Forest Service Yayınları.
- Ürgenç, S. (1998). *Ağaçlandırma Tekniği*. İstanbul Üniversitesi Orman Fakültesi Yayınları.
- Yüksek, T. (2009). Rüzgâr erozyonu kontrol teknikleri ve Türkiye uygulamaları. *Orman Fakültesi Dergisi*, 10(2), 67-76.
- Van Pelt, R.S., T.M. Zobeck, 2004. Effects of polyacrylamide, cover crops, and crop residue management on wind erosion, ISCO, 13th International Soil Conservation Organisation Conference, Brisbane.