

ZİRAAT, ORMAN
VE SU ÜRÜNLERİ
ALANINDA
ULUSLARARASI
AKADEMİK
ÇALIŞMALAR

Haziran 2024

EDİTÖRLER

PROF. DR. KORAY ÖZRENK

DOÇ. DR. ALİ BOLAT

Genel Yayın Yönetmeni / Editor in Chief • C. Cansın Selin Temana

Kapak & İç Tasarım / Cover & Interior Design • Serüven Yayınevi

Birinci Basım / First Edition • © Haziran 2024

ISBN • 978-625-6319-40-0

© copyright

Bu kitabın yayın hakkı Serüven Yayınevi'ne aittir.

Kaynak gösterilmeden alıntı yapılamaz, izin almadan hiçbir yolla çoğaltılamaz.

The right to publish this book belongs to Serüven Publishing. Citation can not be shown without the source, reproduced in any way without permission.

Serüven Yayınevi / Serüven Publishing

Türkiye Adres / Turkey Address: Kızılay Mah. Fevzi Çakmak 1. Sokak

Ümit Apt No: 22/A Çankaya/ANKARA

Telefon / Phone: 05437675765

web: www.seruvenyayinevi.com

e-mail: seruvenyayinevi@gmail.com

Baskı & Cilt / Printing & Volume

Sertifika / Certificate No: 47083

ZİRAAT ORMAN VE SU
ÜRÜNLERİ ALANINDA
ULUSLARARASI
AKADEMİK ÇALIŞMALAR

Haziran 2024

Editörler

Prof. Dr. Koray ÖZRENK

Doç. Dr. Ali BOLAT

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

TOHUM GÜÇ TESTLERİ-I: KLASİK YÖNTEMLER

Gamze KAYA..... 1

Bölüm 2

TOHUM GÜÇ TESTLERİ-II: MODERN TEKNİKLER

Gamze KAYA..... 19

Bölüm 3

ÜLKEMİZ BİTKİSEL YAĞ AÇIĞININ KAPATILMASINA YENİ BİR YAKLAŞIM: AYÇİÇEĞİ-KOLZA DÖNÜŞÜMÜ

Mehmet Demir KAYA, Elif YAMAN, Pınar HARMANCI..... 31

Bölüm 4

GIDA ARZININ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ AÇISINDAN DAYANIKLI TEDARİK ZİNCİRLERİ OLUŞTURMANIN ÖNEMİ VE ÖNERİLER

Büşra ASTEKİN, Nevin DEMİRBAŞ, M. Metin ARTUKOĞLU 47

Bölüm 5

UZATMA AĞLARININ SINIFLANDIRILMASI, OPERASYONEL KULLANIMI VE DÜZENLEMELERİ

Zafer TOSUNOĞLU, Hakkı DERELİ, M. Hakan KAYKAÇ 63

Bölüm 6

TARIM VE ÇEVRESEL AÇIDAN TOPRAK ORGANİK MADDESİ

Uğur ŞİMŞEK..... 77



Bölüm 1

TOHUM GÜÇ TESTLERİ-I: KLASİK YÖNTEMLER

Gamze KAYA¹

¹ Doç. Dr. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bilecik, Türkiye. pascalcik@hotmail.com. ORCID ID 0000-0002-9815-2672

1. Giriş

Dünyada artmakta olan nüfusun gıda ihtiyacı, azalan tarım alanları ve küresel iklim değişikliği gibi nedenler bitkisel üretim üzerinde baskı oluşturmaktadır. Son yıllarda yaşanan kuraklık, yüksek sıcaklık, aşırı ve düzensiz yağışlar nedeniyle toprakta oluşan stres faktörleri giderek artmaktadır. Bu durum ekilen tohumların performansını olumsuz yönde etkileyerek çimlenme ve çıkışta düzensizliklere neden olmaktadır. Olumsuz çevre koşullarından daha az etkilenecek yüksek canlılık ve güce sahip tohumların üretilmesi ve kullanılması, tohum yatağında ortaya çıkabilecek stresin atlatılması ve canlı ve sağlıklı bitkilerin elde edilmesi bakımından son derece önemlidir (Reed, 2022).

Güçlü tohumlar çeşitli stres faktörleri altında hızlı çıkış ve erken fide gelişimi sağlamasının yanı sıra bitkilerin patojenler tarafından meydana getirilebilecek enfeksiyonlardan kaçınmasını da sağlamaktadır. Bu durum, tohum gücünün tespitini önemli hale getirmektedir (Powell, 2022). ISTA (International Seed Testing Association, 2022) tarafından bazı bitki türleri için etkili ve güvenilir tohum güç testleri belirlenmiştir.

21. yüzyılda tohum güç testlerinin gelişimi farklı yaklaşım ve tekniklerin kullanılmasıyla hız kazanmıştır. Tohum gücünü test edebilmek için çimlendirme, hız, fide çıkışı, hızlı yaşlandırma, kontrollü bozulma, elektriksek iletkenlik ve stres testleri gibi klasik yöntemler dışında solunum, klorofil, X-Ray görüntüleme, yakın kızılötesi görüntüleme gibi fizyolojik ve morfolojik değerlendirmelerin yapıldığı özel olarak geliştirilmiş yazılıma sahip bilgisayarlı ve otomasyonlu ileri teknolojinin farklı biçimleri de kullanılmaktadır (Venkatesan vd., 2020; Powell, 2022). Teknolojinin gelişmesiyle birlikte güç testlerinde moleküler yöntemler de potansiyel oluşturmaktadır. Ancak geliştirilecek yöntemlerin amaca uygun, tekrarlanabilir ve güvenilir olup olmadıkları yapılacak araştırmalarla ortaya konulması gerekmektedir. Tanımlanan her testin tekrarlanabilir ve sürdürülebilir olması gerekmektedir. ISTA kurallarına göre her testin kullanım amacına uygunluğunun da gösterilmesi zorunludur. Günümüzde tohum güç testi olarak kullanılan ve bitki türlerine özel olarak kabul edilmiş ve onaylanmış güç testleri aşağıda açıklanmıştır.

2. Tohum Güç Testlerinin Önemi

Tohum güç testleri, genel olarak standart çimlenme testinden daha hassas ve kesin veri sağlamayı amaçlamaktadır. Bu testlerin amacı, tohumların arazi ve olumsuz çevre koşulları altındaki ve ayrıca depolama sonrasındaki çimlenme ve fide gelişim kabiliyeti ve performansını ölçerek, türlerin canlılık ve güç potansiyellerini gerçeğe en yakın şekilde tahmin edilmesidir. Güç testleri fiziksel, performans, stres koşullarındaki performans, fizyolojik ve biyokimyasal özelliklere göre gruplandırılabilir.

Fiziksel Testler: Tohumun irilik, yoğunluk, renk, olgunluk, şekil, embriyo büyüklüğü gibi özelliklerinin incelenip değerlendirildiği testlerdir.

Performans Testleri: Çimlenme oranı ve kökçük çıkışı gibi ölçülebilir parametrelere ve fide gelişimi, kök ve sürgün uzunluğu gibi güç indeksine (Vigor Index) dayanan testlerdir.

Stres Testleri: Düşük sıcaklık, yüksek sıcaklık, kuraklık, tuz, yüksek oransal nem veya tohum nemi gibi stres faktörlerine ya da bunlardan birkaçının kombine etkisine maruz kalındığında ortaya çıkan performansın değerlendirildiği testlerdir.

Fizyolojik ve Biyokimyasal Testler: Hücre zarı geçirgenliği, DNA, RNA ve enzim aktivitesi, yağ ve yağ asitleri, şeker, protein ve antiosidant içeriği, solunum aktivitesi ve bunlardaki değişimlerin incelendiği testlerdir.

3. Tohumlarda Güç Testleri

3.1. Fiziksel Testler

Tohumun irilik, yoğunluk, renk, olgunluk, şekil, embriyo büyüklüğü gibi fiziksel özelliklerinin incelenip değerlendirildiği testlerdir. Tohum büyüklüğü ve yoğunluğu tohum gücünü tahmin ve belirleme yöntemleri amacıyla kullanılan fiziksel güç testleri arasında yer almaktadır. Bu yöntemde tohumların büyüklüklerine göre çimlenme ve çıkış sırasındaki performansları değerlendirilmektedir. Baalbaki ve Copeland (1997) genellikle yüksek ağırlığa sahip iri tohumların küçük ve hafif tohumlara göre daha güçlü olduğunu, buğdayda tohum büyüklüğünün sadece çimlenme ve çıkışı etkilemediği aynı zamanda tane verimi ve verim bileşenlerini de etkilediğini bildirmiştir. Diğer bir çalışmada, buğdayda tohum iriliği ile tohum gücü arasında pozitif bir korelasyon olduğu, iri tohumların daha güçlü fide üretme eğiliminde olduğu da belirlenmiştir (Ambika vd., 2014). Nerson (2002) küçük kavun tohumlarının iri tohumlara göre daha düşük çimlenme, çıkış yüzdesi ve fide gelişimini, tohumun fiziksel parametreleri ile gücü arasında doğrudan ilişki bulunduğunun bir göstergesi olarak ifade etmiştir.

3.2. Performans Testleri

Hızlı çimlenme, tohum gücü kavramının önemli bir bileşenidir ve genellikle hızlı fide gelişimi ve tarla çıkışı açısından büyük önem taşımaktadır. Çimlenme ve fide gelişimine dayanan bu testlerin uygulanması kolay ve özel ekipmanlara ihtiyaç duyulmadan yürütülmektedir. Bu testler, kontrollü çimlendirme parametreleri içerisinde yer alan ilk sayım testi, çimlenme indeksi testi, ortalama çimlenme zamanı testi, fide büyüme hızı (kuru ağırlık) testi, fide güç indeksi testi ve kökçük (radikula) çıkış testidir.

3.2.1. Çimlendirme Testi

ISTA tarafından türlere göre değişen süre ve sıcaklıklarda, önerilen kurallara uygun yöntemlerle standart çimlendirme testleri yürütülmektedir.

3.2.2. İlk Sayım Testi

ISTA kurallarına göre yürütülen bu testte, türlere göre belirlenmiş olan ilk sayım (First count) gününde normal çimlenen tohum sayılarak toplam tohum sayısına oranlanmaktadır. ISTA kurallarında belirlenen süre ve sıcaklıkta yürütülen test sonucunda, ilk sayım gününde elde edilen değerler esas alınarak tohum partileri arasındaki güç farkı tespit edilebilmektedir. Bu test, aynı süre ve sıcaklıkta çimlenme testine tabi tutulan tohum partileri arasında ilk sayım gününde normal çimlenen fide oranı yüksek olanın gücünün de yüksek olduğunu göstermektedir.

3.2.3. Çimlenme İndeksi

Standart çimlendirme test yöntemine göre, çimlenen tohumlar günlük olarak sayılıp aşağıdaki formülde yerine konularak çimlenme indeksi (Germination Index-GI) hesaplanmaktadır (Copeland ve McDonald, 2001).

$$GI = \sum n / D$$

$$GI = \text{Çimlenme indeksi}$$

$$n = D \text{ gününde çimlenen tohum sayısı}$$

$$D = \text{Testin başlangıcından itibaren sayılan günler}$$

$$GI = \text{Çimlenen tohum sayısı/ilk sayım günü} + \dots + \text{çimlenen tohum sayısı/son sayım günü}$$

Aşağıda örnek olarak verilen iki tohum partisi arasındaki çimlenme indeksi hesaplaması gösterilmiştir.

A tohum partisi	Sayım günleri (D)						
7 günlük sayım	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Çimlenen tohum sayısı (n)	0	0	0	20	10	12	7

B tohum partisi	Sayım günleri (D)						
7 günlük sayım	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Çimlenen tohum sayısı (n)	0	0	27	12	5	6	0

A tohum partisi

$$GI = (0/1) + (0/2) + (0/3) + (20/4) + (10/5) + (12/6) + (7/7) = 10$$

B tohum partisi

$$GI = (0/1) + (0/2) + (27/3) + (12/4) + (5/5) + (6/6) + (0/7) = 14$$

Yukarıdaki örnek incelendiğinde, B tohum partisinin çimlenme indeksi 14 olarak hesaplanırken, A tohum partisinin çimlenme indeksinin 10 olduğu hesaplanmıştır. Dolayısıyla B tohum partisinin gücü A tohum partisine göre daha yüksek olduğu sonucuna ulaşılabilir.

3.2.4. Ortalama Çimlenme Süresi

Çimlenme hızına bağlı olarak tohum gücünün belirlendiği diğer bir testtir. Ortalama çimlenme süresini (Mean Germination Time-MGT) hesaplamak amacıyla ISTA'nın belirlemiş olduğu kurallara göre yürütülen standart çimlendirme testi süresince çimlenen tohumlar günlük olarak sayılmaktadır. Tohum partilerinin gücünün belirlenmesinde ve kıyaslanmasında çimlenme süreleri arasında belirlenen bu farklılıklar kullanılmaktadır. Farklı tohum partilerinin toplam çimlenen tohum sayısı eşit olsa da aynı sürede daha hızlı çimlenen tohum partisi, daha yüksek tohum gücüne sahip olduğu söylenebilir. Ortalama çimlenme süresi aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır (Ellis ve Roberts, 1981).

$$MGT = \Sigma Dn / \Sigma n$$

n = D günde çimlenen tohum sayısı

D = Standart çimlendirme testinin ilk gününden başlayarak sayılan günler

Aşağıda verilen örnekte, standart çimlenme testi yapılan bir tohum partisinde 7 gün boyunca çimlenen tohumlar sayılmış ve 7. günün sonunda ortalama çimlenme süresi hesaplanmıştır.

	Sayım günleri (D)						
	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.
Çimlenen tohum sayısı (n)	0	2	7	14	18	20	21

$$MGT = [\Sigma(1 \times 0) + (2 \times 2) + (3 \times 5) + (4 \times 7) + (5 \times 4) + (6 \times 2) + (7 \times 1)] / 21 = 4.095 \text{ gün}$$

3.2.5. Fide Yaş ve Kuru Ağırlık Testi

ISTA kurallarına göre kâğıt arasında yürütülen standart çimlendirme testi sonununda oluşan ve normal gelişim gösteren fidelerin yaş ağırlıkları tartılarak belirlenmektedir. Test süresince fidelerin köklerinin kâğıt arasında kırılmamasına ve kıvrılmamasına dikkat edilmelidir. Yaş ağırlıkları tartılan fideler 80°C'de 24 saat süreyle kurutulduktan sonra tekrar tartılarak fide başına ortalama kuru ağırlıkları belirlenmektedir. Ayrıca oluşan fidelerin fide uzunlukları da ölçülerek tohum partisinin gücü de belirlenebilmektedir. Fide boyu daha uzun olan tohum partisinin fide boyu kısa olan tohum partisine göre daha güçlü olduğu söylenebilir. Bu test neticesinde yüksek güce sahip tohum partilerinin fide kuru ağırlıklarının da yüksek olduğu, düşük güce sahip olanların ise daha düşük tohum gücüne ve daha yavaş gelişime sahip olduğu söylenebilmektedir.

3.2.6. Fide Güç İndeksi Testi

Bu test, aynı tohum partisindeki çimlenme yüzdesi ve fide boyu değerlerinin birlikte kullanılarak değerlendirilmektedir. Dört tekerrürlü olacak şekilde 50 tohum kâğıt arasında çimlendirme testine alındıktan sonra son sayım gününde gelişen normal fidelerin fide boyu (kök ve sürgün uzunluğunun toplam boyu) mm cinsinden ölçülüp çimlenme yüzdesi ile çarpılarak aşağıdaki formül kullanılarak fide güç indeksi (Seedling Vigor Index-SVI) hesaplanmaktadır. Sonuç olarak, en yüksek fide güç indeksine sahip tohum partisinin tohum gücünün de yüksek olduğu ifade edilmektedir (Abdul-Baki ve Anderson, 1973).

$$FGİ = FU \times \text{ÇY}$$

FGİ : Fide güç indeksi

FU : Fide uzunluğu (mm)

ÇY : Çimlenme yüzdesi (%)

Tohum Partisi	Çimlenme Yüzdesi (%)	Fide Uzunluğu (mm)	Fide Güç İndeksi
A	95	78	7410
B	92	72	6624
C	94	81	7614

Yukarıdaki tabloda verilen örnekte fide güç indeksi değerinin C tohum partisinde en yüksek değere sahip olduğu, bunu A ve B tohum partilerinin izlediği görülmektedir. Dolayısıyla en yüksek güce sahip tohum partisinin C tohum partisinden olduğu anlaşılmaktadır.

3.2.7. Radikula Çıkış Testi

Çimlenme hızının yavaş olması tohum gücünün azalmasının ana nedeni olan tohum yaşlanmasının erken fizyolojik belirtilerinden birisidir. Standart çimlendirme testlerinde su alımından belirli bir süre sonra normal gelişim gösteren fidelerin oranı belirlenmektedir. Bu süreç türlere göre değişmek kaydıyla uzun bir zaman almaktadır. Radikula çıkış testi ise nispeten daha kısa sürmekte ve güç tahmini için türlere göre 2 mm'lik kökçük çıkışını veya tohum kabuğunun yırtılmış olmasını baz almaktadır. Kâğıt arasında yürütülen bu test sonucunda en az 2 mm'lik kökçük çıkışı görüldüğü an, tohumlar sayılarak yüzdeye çevrilir ve hesaplanır. Bu testin süresi testin yapıldığı sıcaklığa bağlı olarak değişmektedir. Mısır tohumlarında güç tahminini arazi performansı ile ilişkilendiren ve ISTA (2018) tarafından onaylanmış bir güç testidir. Ayrıca, kanola ve turp için de kabul edilen bir güç testidir (ISTA, 2018). Bu test kanolada çimlendirme ortamı olarak pileli kâğıt, çimlenme sıcaklığı olarak 20°C ve 100 tohum x 2 tekerrür, turpta kâğıt üzerinde, 20°C ve 50 tohum x 4 tekerrür, mısırdaki ise kâğıt havluda, 20°C veya 13°C sıcaklıkta ve

25 tohum x 8 tekerrür olacak şekilde yürütülmektedir. Sonuçlar ise testte kullanılan sıcaklık ve süreye göre belirtilmektedir. Örneğin kökçük çıkışı 20°C sıcaklık ve 66 saatte %90 şeklinde belirtilmektedir (ISTA, 2018). Radikula çıkış oranındaki farklılıklar ise tohumun su alımının başlangıcından kökçüğün ortaya çıkışına kadar olan gecikmenin uzunluğuna bağlıdır. Bu durum kökçük ortaya çıkmadan önce tohumda hasarın onarılması için gerekli olan süreye bağlıdır. Yani kökçük çıkışı ne kadar hızlı ise tohumun gücünün de o kadar yüksek olduğu anlamına gelmektedir.

4. Stres Testleri

Bu testler, tohuma stres koşulları uygulandığında ve bu koşullarda tohumun performansına dayalı olarak tohum partisinin kalitesini güç açısından değerlendiren testlerdir. Stres koşulu olarak tohumların arazi de karşılaşabileceği bir veya daha fazla stresin etkileri incelenebilmektedir.

4.1. Serin Test

Bu test (Cool test), düşük sıcaklığın (18°C) pamuk tohumlarının çimlenme ve fide gelişimi üzerine etkisini belirlemek amacıyla geliştirilmiştir (Hampton ve TeKrony, 1995). Pamuk tohumları nemli kâğıt arasında, rulo haline getirilip, ağzı kilitli plastik poşetlere yerleştirilerek 18°C'de çimlendirmeye bırakılmaktadır. Test sonucunda normal gelişim gösteren fideler değerlendirilmektedir. Bu testte pamuk için optimum sıcaklığı olan 25°C'nin altında çimlenmeye maruz bırakıldığından, yüksek çimlenme oranı ve düşük çimlenme hızına sahip tohumların gücünün yüksek olduğu ifade edilmektedir. Serin test farklı tohum partilerinin çimlenme hızının belirlenmesinde de kullanılmaktadır. Pamukta tohum gücünü belirlemek amacıyla 18°C'de yapılan serin testin arazi performansını tahmin etmede çimlenme testinden daha iyi sonuçlar verdiği ve aynı zamanda erken hasat edilmiş tohumların güç ve kalite değerlendirmesinde de kullanılabileceği belirtilmiştir (Savoy, 2005). 18°C'de yapılan serin çimlendirme testinin mısırdaki tohum partileri arasındaki güç farklılıklarını belirlemek amacıyla arazi performansını yansıtan alternatif bir test olarak kullanılabileceği de bildirilmiştir (Ilbi vd., 2009).

4.2. Soğuk Test

Soğuk test (Cold test) tohum gücünü belirlemede kullanılan en eski yöntemlerden biridir (Marcos-Filho, 2015). Bu test tohum gücünü belirlemek amacıyla ilk olarak mısır tohumlarında, daha sonra arpa, havuç, pamuk, patlıcan, fasulye, soğan, pirinç, sorgum ve soya tohumlarında da kullanılmaya başlanmıştır (Caseiro ve Marcos-Filho, 2000). Soğuk test, tohumun düşük sıcaklıklara dayanma yeteneğini tahmin etmektedir. Ayrıca standart çimlendirme testinden daha hassas ve fide çıkışını gerçeğe daha yakın tahmin edilmesini sağlamaktadır. Özellikle erken ilkbahar döneminde toprak nemli ve soğuk olduğunda fide gelişimi olumsuz etkilenmektedir. Fide çıkışını tah-

min etmek için ortam olarak toprak içeren bir test olduğundan dolayı mısır tohum endüstrisi tarafından sıkça kullanılan bir test haline gelmiştir. Soğuk test için tohumlar tepsi içine serilmiş toprağa veya toprak konulmuş kurutma kağıtları arasına yerleştirilerek belirli bir süre (7 gün) düşük sıcaklığa (10°C) bırakılmaktadır. Soğuk test uygulamasının ardından tohumlar ISTA kurallarına göre belirlenen sıcaklık koşulunda çimlendirme testlerine alınmaktadır. Bu test sonrasında, yüksek çimlenme değeri gösteren tohum partilerinin daha güçlü olduğu belirtilmiştir (Basu ve Groot, 2023). Mısır tohumlarına 10°C’de 7 gün süresince yapılan soğuk test ile birlikte çimlenme, hızlı yaşlandırma ve çıkış testleri yürütülmüş ve soğuk testin arazi performansını belirlemede kullanılabilceği belirtilmiştir (Caseiro ve Marcos-Filho, 2000). Mısırdaki yüksek ve düşük güce sahip farklı tohum partilerinde soğuk test uygulamasının ardından yapılan değerlendirmeler sonucunda, yüksek güce sahip tohumların daha hızlı ve homojen çıkış gösterdiği bildirilmiştir (Egli ve Rucker, 2012).

4.3. Hiltner Testi

Hiltner (Brick-gravel / Tuğla-çakıl) testi, en eski güç testlerinden biridir ve 1917 yılında Hiltner tarafından Almanya’da geliştirilmiştir. Test, ilk olarak patojenlerle özellikle de *Fusarium* ile enfekte olmuş tohumları belirlemek amacıyla kullanılmaya başlanmıştır. Ayrıca bu test, don zararı, hasat sonrası fizyolojik zararlanma ve fungusit uygulamalarının zararlarını da ortaya çıkarmaktadır (Milošević vd., 2010). Hiltner testi hem 20°C’nin altında patojen gelişimini gözlemlediği için sağlık testi hem de fide gelişimini negatif olarak etkileyen diğer etmenleri ortaya çıkardığından dolayı güç testi olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem genellikle tahılların güç seviyelerini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır. Bu testte kullanılan küçük taş veya tuğla parçaları fiziksel stres yaratarak çimlenmeyi etkilemektedir. Zayıf gelişen fideler tuğla veya çakılın oluşturduğu mekanik stresin üstesinden gelemezler. Zayıf güce sahip tohumlar çakılların oluşturduğu basınca karşı daha dayanıksızdırlar ve test sonucunda çakıl katmanının arasından sıyrılıp çıkabilen fide sayısı ne kadar yüksek ise tohum partisinin gücü de o kadar yüksek olduğu bildirilmektedir. Böyle uygun olmayan koşullar altında normal fide gelişimini ancak yüksek güce sahip tohumlar gerçekleştirebilmektedir.

4.4. Hızlı Yaşlandırma Testi

Günümüzde yaygın olarak kullanılan güç testlerinden bir diğeri de hızlı yaşlandırma (Accelerated Ageing) testidir. Bu test, Delouche ve Baskin (1973) tarafından pek çok türün depolama potansiyelini değerlendirmek amacıyla geliştirilmiş daha sonra McDonald ve Phaneendranath (1978) tarafından güç testi olarak tavsiye edilmiştir (Basu ve Groot, 2023).

Tohum üreticileri her yıl üretim, işleme, depolama ve satış ile ilgili pek çok problemle karşı karşıya kalmaktadır. Bunların içinde en önemli konulardan birisi de tohumları doğru ve güvenli bir şekilde depolayarak yeni sezon

için satışa hazırlamaktır. Depolama sırasında tohumun ömrü bitkinin türüne ve depolama koşullarına bağlı olarak değişmektedir. Depolama koşulları uygun olsa dahi tohumun fizyolojik ve biyolojik özelliklerine bağlı olarak çimlenme kayıpları başlamaktadır ve bu süreç türe ve çeşide bağlı olarak birkaç yıl sürmektedir. Pek çok sebze tohumu 10 yıldan fazla depolamalarda dahi çimlenmesini %50 oranında koruyabilmektedir.

Hızlı yaşlandırma testi sadece soya tohumları için onaylanmış bir güç testi olmasına rağmen, çok sayıda tür (domates, biber, soğan, marul, fasulye, mısır, buğday, kolza, sorgum, yonca, tütün, vd.) için uzun zamandır tavsiye niteliğindedir (ISTA, 1995).

Hızlı yaşlandırma testinin uygulanmasında, tohumlar yaşlanmasının iki ana faktörünü oluşturan yüksek sıcaklık (40-45°C) ve yüksek ortam neminden (90-100% RH) oluşan çifte strese kısa süreli (48-144 saat) maruz bırakılmaktadır. Yaşlandırma süresi ve sıcaklığı türlere göre değişmektedir. Stres koşullarında tutulan tohumların nem içerikleri türe göre değişmekle birlikte %28-45 arasında artış göstermektedir. Bu stres faktörleri altında tohumlar hızla yaşlanma sürecine girmektedir. Hızlı yaşlandırma uygulaması sonrasında tohumlar ISTA kurallarına göre standart çimlenme testine alınmaktadır. Çimlendirme neticesinde yüksek çimlenme yüzdesi değerleri gösteren tohum partilerinin gücü, düşük çimlenme değerlerine sahip olanlara göre daha yüksek olduğu belirlenmektedir (Sivritepe, 2012). Milošević vd. (2010) hızlı yaşlandırma testinde yüksek sıcaklıkta (45°C) proteinlerin daha hızlı bozulduğunu ve bu sıcaklığın doğal yaşlanma sürecine uygun olmamasından dolayı sıcaklığın düşük tutulmasının ancak sürenin uzatılmasının daha uygun olduğunu belirtmiştir. Yüksek güce sahip tohumlar bu olumsuz koşullara, düşük güce sahip tohumlara göre daha fazla dayanmakta ve daha yavaş bozulmaktadırlar (Milošević vd., 2010).

Farklı türlerde hızlı yaşlandırma testinin uygulanması için yaşlandırma süresi ve sıcaklığı üzerine pek çok çalışma yapılmıştır. Örneğin bazı türlerde hızlı yaşlandırma testi %100 oransal nem koşullarında olmak üzere, hıyarda 45°C'de 72 saat (Demir vd., 2004) ve 96 saat (Demir ve Mavi, 2008), kavunda 45°C sıcaklıkta 120 saat (Demir vd., 2004) ve 41°C'de 72 saat (Torres ve Marcos-Filho, 2005), patlıcanda 45°C'de 48 ve 72 saat ve 40°C'de 120 saat (Demir vd., 2004), mısırdaki 45°C'de 72 saat (Lovato vd., 2005), bezelyede 41°C'de 72 saat (Hampton vd., 2004) olarak belirlenmiştir. Aynı tür içerisindeki farklılıkların çeşitten ya da kullanılan tohum partisinden kaynaklı olabileceği belirtilmiştir (Powell, 2022).

4.5. Kontrollü Bozulma Testi

Bu test tohumların arazi performanslarını tahmin edebilmek amacıyla Matthews (1980) tarafından geliştirilmiştir. Kontrollü bozulma (Controlled deterioration) testi hızlı yaşlandırma testine oldukça benzemektedir ve her iki

testte de tohumlar yüksek sıcaklık ve ortam nemine maruz bırakılmaktadır. Ancak, hızlı yaşlandırma testinde tohumlar testin başlangıcından itibaren kademeli olarak nem artışına maruz bırakılırken, kontrollü bozulma testinde tohumlar ilk olarak yüksek bir nem değerine dengelenmekte ve daha sonra yüksek sıcaklık stresine maruz bırakılmaktadır. Yöntemin uygulanmasında, tohumların belirli bir süre ve sıcaklıkta nemli filtre kâğıdı üzerinde tutularak nem seviyelerinin yükselmesi sağlanmaktadır. Belirli aralıklarla nem tayini yapılarak tohumların hangi nem seviyesine ulaştığı belirlenmekte ve tohumun türüne bağlı olarak hedeflenen nem içeriğine (%18-24) geldiğinde nem kapsamını dengeleyebilmek için tohumlar nem almayacak şekilde 10 °C'de hermetik paketlerde 24 saat süreyle bekletilmektedir. Nemi dengeye ulaşan tohumlar kısa süreli (24-48 saat) yüksek sıcaklığa (40-45°C) maruz bırakılmaktadır. Kontrollü bozulma testi sonunda da tohumlar ISTA kurallarına göre standart çimlenme testine tabi tutulmaktadır. Kontrollü bozulma testi sonrası çimlenme değerleri yüksek olan tohumların gücü, çimlenme değeri düşük olanlara göre daha yüksek olduğu söylenebilir. Demir vd. (2005) patlıcan tohumlarında en uygun kontrollü bozulma koşullarını %20 nemdeki tohumları 45°C sıcaklıkta 24 saat süreyle bekletilmesinden elde etmişlerdir. Yapılan bazı çalışmalarda kontrollü bozulma koşulları biber tohumlarında %24 nem, 45°C sıcaklıkta 24 saat (Kavak vd., 2008), soğanda %24 nem 45°C sıcaklıkta 24 saat (Kavak vd., 2004), kavunda %20 nem 45°C sıcaklık ve 24 saat (Mavi ve Demir, 2007) ve lahanada %20 nemdeki tohumların 45°C sıcaklıkta 24 saat (Mathews vd., 2009) süreyle maruz bırakıldığında elde edilmiştir.

5. Fizyolojik ve Biyokimyasal Testler

Bu testler tohumda yaşlanmanın indirekt göstergesi olan fizyo-kimyasal değişimleri ölçmektedir.

5.1. Tetrazolium Testi

Bu test 1950 yılında, özellikle dormansinin görüldüğü türlerde çimlenme testinin uzun süre almasından dolayı tohum canlılığını daha kısa sürede belirlemek ve daha hızlı sonuç elde etmek amacıyla geliştirilmiştir (Milošević vd., 2010). Bu test hem tohum canlılığının hem de tohum gücünün belirlenmesinde kullanılan biyokimyasal bir yöntemdir. Kittock ve Law (1968) tetrazolium testini embriyo ve kotiledonlardaki boyanan bölgelerin renk yoğunluğuna göre değerlendirerek tohum gücü tahmininde kullanmışlardır. Tetrazolium testi yaygın olarak aşağıdaki durumlarda kullanılmaktadır (Hampton ve Tekrony, 1995)

- Dormant tohumlarda canlılığı belirlemek,
- Geç çimlenen tohumlarda canlılığı belirlemek,
- Çimlenme potansiyelini hızlı bir şekilde belirleyebilmek

- Tohumu hasat veya işleme sırasında mekanik, sıcaklık, böcek veya diğer kaynaklardan dolayı meydana gelen zararlanma sonucu canlılık oranını belirleyebilmek,

- Çimlendirme testi sırasında karşılaşılan anormalite vb. problemleri açığa kavuşturabilmek amacıyla kullanılmaktadır.

Tetrazolium testinde kimyasal olarak kullanılan 2,3,5- triphenyl tetrazolium chloride normalde renksiz bir çözeltiyken hücre zarından geçerek canlı hücrelerde dehidrogenaz enzimi tarafından katalize edilen kırmızı renkli formazan bileşiğine dönüşmektedir. Tohumlarda metabolik olarak aktif ve sağlam hücreler bu çözelti ile pembe ya da kırmızı renge boyanırken, renk değişimi ölü hücrelerde gerçekleşmez (Basu ve Groot, 2023). Tohumlar teste başlamadan önce tohumların kesilmesini kolaylaştıracağından dolayı suda bekletilirler. Boyanın dokuya girmesi için bazen pek çok bitki türünde tohum kabuğu ya da tohumun önem taşımayan kısımlarının soyularak veya kesilerek uzaklaştırılması gerekebilir. Teste hazır hale getirilen tohumlar %0.5-1'lik tetrazolium çözeltisinde bekletilir. Tohumlar tamamen çözelti içine daldırılır ve direkt ışığa maruz kalmamalıdır. Türler göre değişen sürelerde bekletilen tohumlar boyanma işlemi tamamlandıktan sonra çözelti içerisinden çıkarılarak boyanan kısımların değerlendirmesi yapılır. Test sırasında canlı tohumlar biyokimyasal aktiviteleri aracılığıyla normal fide oluşturabilme kapasitesinde olduklarını göstermekteyken, canlı olmayan tohumlar ise normal fide oluşturamayacaklarını göstermektedirler. Test sonucunda tamamen boyanmış dokular, hiç boyanmamış dokular ya da kısmen boyanmış dokular görülebilir (Milošević vd., 2010).

Bu testin bazı dezavantajları ise;

- Yüksek oranda canlılık değerleri sağlamakta ancak canlı tohumların içinde normal veya anormal fide oluşturacak tohumlar ayrılamamaktadır.

- Anormal fidelerin görsel olarak tanımlanmasında zorluklara neden olmaktadır.

- Konuda uzmanlaşmış kişilere ihtiyaç bulunmaktadır.

- Her zaman objektif olarak değerlendirilmesi güçtür.

- Patojen ve fitotoksik etkenlerin varlığı belirlenememektedir.

5.2. Elektriksel İletkenlik Testi

Bu test ise ilk olarak 1928'de çeşitli türlerin tohumlarında kullanılmaya başlanmıştır. Daha sonra 1967 yılında Matthews ve Bradnock (1967) tarafından bezelye tohumlarının laboratuvar koşullarında yüksek, arazi koşullarında düşük çimlenme değerleri göstermesinin nedeninin açıklanabilmesi amacıyla geliştirilen, su alımı sırasında hücre zarı geçirgenliği ve bunların tamir mekanizmalarının değerlendirildiği bir güç testi olarak kullanılmaya başlanmıştır.

Elektriksel iletkenlik (Electrical Conductivity-EC) testi, ISTA tarafından önce bezelyede daha sonra da fasulye, nohut, soya ve turpta güç testi olarak tavsiye edilmiştir. Bu test, tohum yaşlanması sırasında hücre zarlarının parçalanmaya maruz kalarak membran bütünlüğünün bozulması ve dolayısıyla suya daha fazla çözünen maddenin salınması hipotezine dayanmaktadır. Bu durum yaşlanmanın etkisiyle düşük güce sahip tohumların suya daha fazla çözünen madde bırakacağı anlamına gelmektedir. Kısacası EC testi çözünen maddedeki farklılıkları ortaya koymaktadır. Tohumlar belirli bir süre saf su içerisinde bekletildiklerinde tohumdan suya elektrolit geçişi başlamaktadır. Tohumların içinde bekletildiği saf suyun iletkenliği ise tohum gücü ile ters orantılıdır. Dolayısıyla yüksek güce sahip tohumların EC değeri daha düşüktür.

Elektriksel iletkenliği pek çok faktör etkilemektedir ve bunların başında sıcaklık gelmektedir. Örneğin toprak iletkenliği her bir derece için yaklaşık olarak %2 oranında artmaktadır. Böylece bu testte sıcaklık kontrolü çok dikkatli yapılmalıdır. Ayrıca iletkenlik tohumun başlangıç nemine de bağlıdır. Çok düşük tohum nemine sahip tohumlar suya daldırıldıklarında hücre duvarlarında ani zararlanma meydana gelebileceğinden dolayı daha yüksek EC değeri verebilmektedir. EC testte yaklaşık olarak %10-14 nem seviyesine sahip tohumlar 24 saat 20°C'de saf su içerisinde bekletilmektedir. Bu periyodun sonunda çözeltinin iletkenliği EC-metre ile ölçülerek elde edilen değerler aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmaktadır (Milošević vd., 2010). Bu formül ile 1 gram tohumdan sızan maddelerin EC değeri belirlenir.

$$\text{İletkenlik } (\mu\text{S} / \text{cm} / \text{g}) = \frac{\text{iletkenlik } (\mu\text{S}/\text{cm}) - \text{Saf su iletkenlik } (\mu\text{S}/\text{cm})}{\text{Tohum ağırlığı } (\text{g})}$$

EC değerinin yüksek çıkması yani tohumdan sızan maddelerin çokluğu membran bütünlüğünün bozulduğunu ve tohum partisinin gücünün düşük olduğunu göstermektedir. Bu yöntemin standartları ISTA (2013) tarafından tarif edilmiş ve 250 ml saf su kullanılarak 20°C sıcaklıkta 24 saat süreyle tohumların bekletilmesi gerektiğini bildirmiştir. Ancak bazı araştırmalarda farklı süre, sıcaklık ve su miktarları kullanılarak daha etkin sonuçlar elde edilmiştir. Örneğin soğanda 25°C sıcaklık ve 24 saat süre (200 tohum / 80 ml su) (Ilbi ve Eser, 2006), lahanada 17-24 saat 20°C; 400 tohum / 40 ml su (Matthews vd., 2009), nohutta 24 saat 20°C; 50 tohum / 250 ml su (Khajeh-Hosseini ve Rezazadeh, 2011) olarak belirlenmiştir.

5.3. Enzim Aktivite Testi

Bitkiler çeşitli stres koşulları altında oksijen radikallerine karşı savunma mekanizmaları geliştirmektedir. Oksijen radikalleri yüksek nem, düşük sıcaklık, kuraklık ve patojenlerin neden olduğu enfeksiyonlar ve pestisit varlığı gibi farklı stres faktörleri altında dönüşüme uğrarlar. Bitkilerin geliştirdiği

bu savunma şekli süperoksit dismutaz, katalaz, peroksidaz, glutatyon peroksidaz gibi antioksidant enzim aktivitelerinden oluşan enzim mekanizmasıdır. Bu antioksidant enzim faaliyetleri aynı zamanda tohumun da ne derecede stres koşullarına maruz kaldığını göstermektedir. Süperoksit ve hidroksil radikallerinin olumsuz etkileri esas olarak hücre zararı hasarı ve tiyolik grup oksidasyonu ile kendini göstermektedir. Oksijen radikallerinin uzaklaştırılması stres koşullarında olduğu gibi optimal koşullarda da tohum gücünün korunmasında önemli bir faktördür (Milošević vd., 2010). Tohumda katalaz, peroksidaz ve süperoksit dismutaz gibi antioksidant enzim aktivitelerinin artışı çimlenme aşamasında stresi azaltmakta ve daha yüksek fide çıkış oranıyla sonuçlanmaktadır (Bradford, 1986; Kaya vd., 2010; Acharya vd., 2020).

5.4. Solunum Oranı Testi

Solunum süresince tohumlar oksijen alıp karbondioksit vermektedir (Er ve Başalma 2014). Solunum sırasında birim zamanda üretilen CO₂ hacminin tüketilen O₂ hacminin oranına solunum oranı (Respiratory Quotient Test-RQ) olarak ifade edilmektedir (Mendes vd., 2009). Çimlenme ve fide gelişimi için solunumla elde edilen enerjinin harcanması gerekmektedir. Çimlenme sırasında solunumda meydana gelecek bir azalma fide gelişimi ve daha sonraki aşamaları da olumsuz etkileyecektir. Ayrıca solunum oranının tohum gücü üzerine etkisinin yalnızca O₂ alımından daha fazla olduğu saptanmıştır. Solunum oranındaki farklılıklar tohumların güç seviyelerinde de farklılıklar yaratmaktadır. Bu test mısırdaki güç tahmini için kullanılmıştır (Woodstock, 1988). Açıkçeğinde yüksek RQ değerleri, yüksek sıcaklık ve düşük tohum neminin O₂ alımını sınırlandırdığını, kontrol koşullarında ise aerobik solunumun gerçekleştiğini ve enerji kaynağı olarak karbonhidratların kullanıldığını göstermiştir (Chapman, 1985). Diploid ve triploid karpuz tohumlarında solunum oranları arasındaki farkları belirlemek amacıyla yapılan bir çalışmada, triploid çeşitlerde çimlenmenin başında solunum oranı başlangıçta çok yüksekken çimlenmenin dördüncü gününde giderek azaldığı belirlenmiştir (Wang vd., 2014). Solunum oranı testini yapabilmek için özel cihazlara gereksinim olduğundan testin uygulanması zor ve uzman personele ihtiyaç duyulmaktadır.

5.5. GADA Testi

Glutamik asit dekarboksilaz aktivite (GADA) testi 1964 yılında Grabe tarafından geliştirilmiştir. Bu enzim aktivitesi çimlenme sırasında anahtar role sahiptir. Test sonucunda tohumlardaki glutamik asit dekarboksilaz enzim aktivitesi ölçülmektedir (Şehirli, 1997). GADA testinde salınan CO₂ miktarı enzim aktivitesi ile ilişkilendirilmektedir. Yani solunum oranı ne kadar yüksek ise salınan CO₂ miktarı da o kadar yüksek ve tohum da o kadar güçlü anlamına gelmektedir (Basu ve Groot, 2023). Ayrıca mısırdaki yapılan bir çalışmada GADA testinin tohumda depolama, kök gelişimi ve verim ile de yakından ilişkili olduğu belirtilmiştir (Baskin, 1969). GADA testinde, tohumlar

öğütülüp cam bir kavanoza tamponlanmış glutamik asitle konulduktan sonra oluşan biyokimyasal reaksiyon sonucu ortaya çıkan CO₂ miktarı enzim aktivitesinin seviyesini belirtmektedir. Fazla CO₂ veren tohumların gücünün yüksek olduğu ifade edilmektedir (Sivritepe, 2012).

5.6. Solunum Aktivite Testi

Bu testte solunum sırasında tohumlardan salınan CO₂ miktarı ölçülerek, su alımı süreci başladıktan sonra hücrelerdeki organik maddelerin oksidasyonu belirlenmektedir (Wang vd., 2014). Bu nedenle, yüksek solunum oranı, tohumlarda bulunan büyük miktarda rezerv dokunun oksidasyonundan kaynaklandığı için bu durum güç ile ilişkilendirilmektedir. Bu güç testi farklı tohum gücü seviyelerinin belirlenmesi amacıyla soyada (Mendes vd., 2009) ve bamyada (Leite vd., 2018) kullanılmıştır. Solunum testleri gibi gaz değişimine dayanan yöntemlere göre daha hassastır ve az miktarlarda materyal bu testi uygulamak için yeterlidir. Ayrıca zararlı bir yöntem olmayıp infrared gaz analizörleri gibi fiziksel metotlarla CO₂ salınımı ve O₂ kullanımı ölçülebilmektedir (Mendes vd., 2009).

5.7. ATP Testi

Çimlenmenin erken evrelerinde biyosentez için gerekli enerji ihtiyacını karşılayabilmek amacıyla ATP çok hızlı bir şekilde artmaktadır. ATP içeriği ve adenilat enerji yükü büyüme potansiyeli kadar protein ve RNA ile de ilişkilidir (Ching, 1973). Bu test, çimlenmesi süresince protein sentezi sırasında enerji kaynağı olarak gerekli olan ATP seviyesi dikkate alınarak geliştirilmiş ve pek çok türde kullanılmaktadır (Sivritepe, 2012). Tohumların Adenosine triphosphate (ATP) içeriği Lusiferaz aktivitesi ile belirlenmektedir. Kaynayan gliserin ekstarktında üretilen lusiferin düzeyi güçlü tohumlarda ATP seviyesinin daha yüksek olduğunu göstermektedir (Lin ve Cohen, 1968).

6. Sonuç

Bitkisel üretimde başarıyı etkileyen en önemli faktör tohumluktur. Çünkü tohumlukta yapılacak hata, düzensiz çimlenme, çıkış, birim alanda yetersiz bitki sıklığı ile sonuçlanmakta ve bu durum verimi ve ürün kalitesini olumsuz yönde etkilemektedir. Bu nedenle, bir çok tohumluk firması geliştirdikleri çeşitlere ait yüksek kalitedeki tohumları üreterek çiftçilere sunmaktadır. Bu nedenle sadece standart çimlenme testleri yaparak sertifikasyon aşamasındaki gerekliliği sağlamak yerine, ilgili bitki türü için farklı tohum güç testlerini de kullanmaktadır. Böylece hem geliştirilen çeşidin gerçek performansını ortaya çıkartmak hem de hızlı ve düzenli bir çıkışla beraber güçlü bir fide gelişimi sağlayarak olumsuz çevre koşullarının etkilerini azaltmayı amaçlamaktadırlar. Sonuçta tohum güç testleri ile güçlü tohumların seçimi ve kullanımı ile başta tohum üretici firmalar olmak üzere çiftçiler ve ülkemiz açısından verimli ve kazançlı bir üretimine önemli katkılar sağlanacaktır.

KAYNAKLAR

- Abdul-Baki, A.A., & Anderson, J.D., 1973. Vigour Determination in Soybean Seed by Multiple Criteria. *Crop Sci.* 13, 630-633.
- Acharya, P., Jayaprakasha, G.K., Crosby, K.M., Jifon, J.L. & Patil, B.S. (2020). Nanoparticle-mediated seed priming improves germination, growth, yield, and quality of watermelons (*Citrullus lanatus*) at multi-locations in Texas. *Scientific Reports*, 10, 5037.
- Ambika, S., Manonmani, V., & Somasundaram, G. (2014). Review on effect of seed size on seedling vigour and seed yield. *Research Journal of Seed Science*, 7(2), 31-38.
- Baalbaki, R. Z., & Copeland, L. O. (1997). Seed size, density and protein content effects on field performance of wheat. *Seed Science and Technology*, 25(3), 511-521.
- Baskin, C. C. (1969). Glutamic acid decarboxylase activity (GADA) and seedling growth measurements as tests for seed quality. *Proceedings of the Short Course for Seedsmen*, 213: 59-64
- Basu, S., & Groot, S. P. (2023). Seed vigour and invigoration. *Malavika Dadlani*, 67.
- Bradford, K.J. (1986). Manipulation of seed water relations via osmotic priming to improve germination under different field conditions. *Res. J. Agric. Biol. Sci.*, 22, 33-37.
- Caseiro, R. F., & Marcos Filho, J. (2000). Alternative methods of the cold test for evaluation of corn seed vigor. *Scientia Agricola*, 57, 459-466.
- Chapman Jr, G. W. (1985). Measurement of sunflower seed respiration rates and quotients by gas-solid chromatography in a closed system. *Journal of The Science of Food and Agriculture*, 36(5), 326-332.
- Ching, T. M. (1973). Adenosine triphosphate content and seed vigor. *Plant Physiology*, 51(2), 400-402.
- Copeland, L. O., & McDonald, M. B. (2001). Seed vigor and vigor testing. *Principles of Seed Science and Technology*, 165-191.
- Delouche, J.C., & Baskin, C.C. (1973). Accelerated aging techniques for predicting the relative storability of seed lots. *Seed Science and Technology* 1, 427-452
- Demir, I., & Mavi, K. (2008). Controlled deterioration and accelerated aging tests to estimate the relative storage potential of cucurbit seed lots. *HortScience*, 43(5), 1544-1548.
- Demir, I., Ermis, S., Okcu, G., & Matthews, S. (2005). Vigour tests for predicting seedling emergence of aubergine (*Solanum melongena* L.) seed lots. *Seed Science and Technology*, 33(2), 481-484.
- Demir, I., Ozden, Y. S., & Yilmaz, K. (2004). Accelerated ageing test of aubergine, cucumber and melon seeds in relation to time and temperature variables. *Seed Science and Technology*, 32(3), 851-855.

- Egli, D. B., & Rucker, M. (2012). Seed vigor and the uniformity of emergence of corn seedlings. *Crop Science*, 52(6), 2774-2782.
- Ellis, R. H., & Roberts, E. H. (1981). The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology (Netherlands)*, 9(2), 373-409
- Er, C. & Başalma, D. (2014). Tohumluk ve Tohumculuk: Temel İlkeler ve Teknoloji. Nobel Akademik Yayıncılık Eğitim Danışmanlık Tic.Ltd.Şti. Ankara, 236s.
- Hampton, J. G., & Tekrony, D. M. (1995). Controlled deterioration test. *Handbook of vigour test methods*. Zurich: ISTA, 70-78.
- Hampton, J. G., Brunton, B. J., Pemberton, G. M., & Rowarth, J. S. (2004). Temperature and time variables for accelerated ageing vigour testing of pea (*Pisum sativum* L.) seed. *Seed Science and Technology*, 32(1), 261-264.
- Ilbi, H., Kavak, S., & Eser, B. (2009). Cool germination test can be an alternative vigour test for maize. *Seed Science and Technology*, 37(2), 516-519.
- ISTA (1995) International rules for seed testing. International Seed Testing Association, Zurich, Switzerland
- ISTA (2013) International rules for seed testing. International Seed Testing Association, Basserdorf
- ISTA (2018). International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Basserdorf, Switzerland.
- ISTA (2022). International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Wallisellen, Switzerland.
- Kavak, S., Ilbi, H., & Eser, B. (2008). Controlled deterioration test determines vigour and predicts field emergence in pepper seed lots. *Seed Science and Technology*, 36(2), 456-461.
- Kavak, S., Ilbi, H., Eser, B., & Duman, I. (2004). Controlled deterioration test as vigor assessments in pepper seed lots: 1. Determination of appropriate seed moisture content. In *III Balkan Symposium on Vegetables and Potatoes* 729, 145-149.
- Kaya, G., Demir, İ, Tekin, A., Yaşar, F. & Demir, K. (2010). Priming uygulamasının biber tohumlarının stres sıcaklıklarında çimlenme, yağ asitleri, şeker kapsamı ve enzimatik aktivitesi üzerine etkisi. *Journal of Agricultural Sciences*, 16, 9-16.
- Khajeh-Hosseini, M., & Rezazadeh, M. (2011). The electrical conductivity of soak-water of chickpea seeds provides a quick test indicative of field emergence. *Seed Science and Technology*, 39(3), 692-696.
- Kittock, D. L., & Law, A. G. (1968). Relationship of seedling vigor to respiration and tetrazolium chloride reduction by germinating wheat seeds 1. *Agronomy Journal*, 60(3), 286-288.
- Leite, M. D. S., Torres, S. B., de Freitas, R. M. O., Nogueira, N. W., Leite, T. D. S., & de Paiva, E. P. (2018). Vigor determination of okra seeds by respiratory activity. *Bioscience Journal*, 34(6), 1551-1554.
- Lin, S., & Cohen, H. P. (1968). Measurement of adenosine triphosphate content of

- crayfish stretch receptor cell preparations. *Analytical Biochemistry*, 24(3), 531-540.
- Lovato, A., Noli, E., & Lovato, A. F. S. (2005). The relationship between three cold test temperatures, accelerated ageing test and field emergence of maize seed. *Seed Science and Technology*, 33(1), 249-253.
- Marcos Filho, J. (2015). Seed vigor testing: an overview of the past, present and future perspective. *Scientia Agricola*, 72, 363-374.
- Matthews, S. (1980). Controlled deterioration: a new vigour test for crop seed. In *Seed Production*, (Ed. P.D. Hebblethwaite), pp. 647-660, Butterworth, London
- Matthews, S., & Bradnock, W. T. (1967). The detection of seed samples of wrinkle-seeded peas (*Pisum sativum* L.) of potentially low planting value. *Proceedings of the International Seed Testing Association*, 32(3), 553-563.
- Matthews, S., Demir, I., Celikkol, T., Kenanoglu, B. B., & Mavi, K. (2009). Vigour tests for cabbage seeds using electrical conductivity and controlled deterioration to estimate relative emergence in transplant modules. *Seed Science and Technology*, 37(3), 736-746.
- Mavi, K., & Demir, I. (2007). Controlled deterioration and accelerated aging tests predict relative seedling emergence potential of melon seed lots. *HortScience*, 42(6), 1431-1435.
- McDonald, M. B., & Phaneendranath, B. R. (1978). A modified accelerated aging vigor test procedure. *Journal of Seed Technology*, 3(1), 27-37.
- Mendes, C. R., Moraes, D. M. D., Lima, M. D. G. D. S., & Lopes, N. F. (2009). Respiratory activity for the differentiation of vigor on soybean seeds lots. *Revista Brasileira de Sementes*, 31, 171-176.
- Milošević, M., Vujaković, M., & Karagić, Đ. (2010). Vigour tests as indicators of seed viability. *Genetika*, 42(1), 103-118.
- Nerson, H. (2002). Relationship between plant density and fruit and seed production in muskmelon. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 127(5), 855-859.
- Powell, A. A. (2022). Seed vigour in the 21st century. *Seed Science and Technology*, 50(2), 45-73.
- Reed, R. C., Bradford, K. J., & Khanday, I. (2022). Seed germination and vigor: ensuring crop sustainability in a changing climate. *Heredity*, 128(6), 450-459.
- Savoy, B. R. (2005). Cool germination test: principles and applications in cotton. *Seed Technology*, 127-129.
- Sivritepe, H. Ö. (2012). Tohum gücünün değerlendirilmesi. *Alatırım Dergisi*, 11(2), 33-44.
- Şehirli, S. (1997). Tohumluk ve Teknolojisi. Fakülteler Matbaası, İstanbul. 422s.
- Torres, S. B., & Marcos-Filho, J. (2005). Physiological potential evaluation in melon seeds (*Cucumis melo* L.). *Seed Science and Technology*, 33(2), 341-350.

- Venkatesan, S., Masilamani, P., Janaki, P., Eevera, T., Sundareswaran, S., & Rajkumar, P. (2020). Role of near-infrared spectroscopy in seed quality evaluation: A review. *Agricultural Reviews*, 41(2), 106-115.
- Wang, T., Leskovar, D. I., & Cobb, B. G. (2014). Respiration during germination of diploid and triploid watermelon. *Seed Science and Technology*, 42(3), 313-321.
- Woodstock, L. W. (1988). Seed imbibition: a critical period for successful germination. *Journal of Seed Technology*, 1-15.



Bölüm 2

TOHUM GÜÇ TESTLERİ-II: MODERN TEKNİKLER

Gamze KAYA¹

¹ Doç. Dr. Bilecik Şeyh Edebali Üniversitesi, Ziraat ve Doğa Bilimleri Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Bilecik, Türkiye. pascalcik@hotmail.com. ORCID ID 0000-0002-9815-2672

1. Giriş

Günümüzde tohum canlılığı sertifikasyon aşamalarında belirlenmesi gereken ve türlere göre farklı standartları olan önemli bir kriterdir. Ancak, birçok tohum üretici firma için sadece canlılık testlerinin yapılması yeterli olmamaktadır. Bu nedenle, tohum güç testlerinin kullanımı giderek artmakta ve bu testlerin yapılması amacıyla önemli laboratuvar altyapısı oluşturmaktadırlar. Çünkü, tohum gücü tohumun kalitesini doğrudan etkileyen önemli faktörlerden biridir (McDonald, 1993).

Tohum kalitesi, tohumun performansını belirleyen genetik, fiziksel, fizyolojik ve sağlamlık özelliklerinin toplamından oluşmaktadır. Bu dört temel bileşen tohumun üretim, işleme, depolama ve nakliyesi sırasında etkilenebilmektedir. Her ne kadar tohum kalitesiyle ilgili araştırmalar tüm özellikleri dikkate alsa da tohum gücü ile tohumun fizyolojik bileşenleri ve fide çıkışı arasındaki ilişkinin belirlenerek anlamlı hale getirilmesi gerekmektedir. Ayrıca, tohum gücünün hızlı ve güvenilir şekilde belirleyebilecek yöntemlerin geliştirilmesine ihtiyaç duyulmaktadır (Marcos-Filho, 1998).

Tohum gücünü belirlemeye yönelik testler, çimlenme oranını veya fide sayısını belirlemek amacıyla geliştirilmiş testler değildir. Güç testleri tohum partilerinin arazi performansına en yakın sonuçları tahmin edilmesini sağlamaktadır. Tohum gücü testlerinin temel amacı, stres koşulları altında veya depolama sırasında yüksek çimlenme ve çıkış performansı gösterebilen tohumları veya tohum partilerini diğerlerinden ayırabilmektir. Bu nedenle güç testleri güvenilir, tekrarlanabilir ve sürdürülebilir olmalıdır.

Son yıllarda teknolojinin hızla gelişmesine bağlı olarak, geleneksel ve klasik güç testlerinin yanında, modern teknolojik cihazların tohumculuk alanında kullanımı da yaygınlaşmaya başlanmıştır. Bu teknolojiler, analizlerin daha hızlı yapılmasına ve daha güvenilir değerlendirme yapılmasına olanak sağlamaktadır. Geçmişte etkinliği belirlenmiş bazı yöntemlerin ise uygulama zorluğu nedeniyle kullanılamaması teknolojinin ilerlemesi ve yeni geliştirilen cihazlarla pratiğe aktarılmasını sağlamıştır. Bu teknolojik cihazların kullanılmasıyla fizyolojik ve biyokimyasal analizler hızlı ve kolay bir şekilde yapılırken, görüntüleme teknikleri ile kombine edilerek tohum partileri arasındaki güç farklılıkları daha pratik ve anlamlı sonuçlara dönüştürülebilmektedir. Ayrıca yeni geliştirilen görüntüleme teknikleri zararsız, hızlı ve ayrıntılı değerlendirme sağlayarak ticari tohum firmaları ve tohum analistlerine büyük kolaylık sağlamaktadır.

Bu çalışmada, son yıllarda tohum bilimi alanında farklı bitki türlerinde etkinliği tespit edilen bazı önemli tohum gücünü test edebilecek teknikler aşağıda verilmiştir.

2. Modern Tohum Güç Testleri

Ülkemizde ve dünyada farklı bitki türlerine ait tohumlarda canlılık ve tohum gücünün tespitinde kullanılan yöntemler veya özel geliştirilmiş cihazlar ile yapılan uygulamalar araştırılmış ve ayrı başlıklar halinde verilmiştir.

2.1. Etanol Testi

En yaygın kullanılan güç testlerden biri olan çimlendirme testi basit ve güvenilir olmasına rağmen uzun zaman almaktadır. Etanol testinde ise, tohum partileri arasındaki güç farklılıklarını daha kısa sürede belirleyebilmek amacıyla alternatif bir metot olarak geliştirilmiştir (Cavalcante vd., 2017). Tohumlardaki etanol üretimi potansiyel bir güç belirteci olarak değerlendirilmektedir. Tohumda bozulmanın seviyesini belirleyebilmek için etanol testi iyi bir potansiyele sahiptir (Ornellas vd., 2022). Etanol üretimi, bozulan tohumlarda veya gücü düşük tohumlarda daha fazla olmaktadır (Buckley ve Buckley, 2009). Etanol üretimi mitokondriyal membran bütünlüğünün bozulmasıyla başlamakta ve hızlanmaktadır. Etanol emisyonu ve tohum gücü arasındaki ilişki sebze türlerinde incelenmiş ve Kodde vd. (2012) lahanaya tohumlarında meydana gelen bozulmayı tohumdaki etanol üretimini ölçerek belirlemiştir. Ayrıca tohumların ortam koşullarında depolandıklarında bozulmaya başladıkları, etanol üretiminin arttığı ve normal fide gelişiminin azaldığı da gözlemlenmiştir. Etanol üretimi ile tohum kalitesi arasında ters ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Orman bitkilerinden olan *Myracrodruon urundeuwa*, *Cenostigma pyramidale* ve *Amburana cearensis*'nin farklı tohum partilerinde yapılan etanol testi sonucunda, tohumların fizyolojik potansiyellerinin değerlendirilmesinde yüksek hassasiyete sahip olduğu ve tohum partilerinin arasındaki güç farklılıklarını belirlemede hızlı ve doğru sonuçlar verdiği belirlenmiştir (Ornellas vd., 2022).

2.2. Tohumun Oksijen Tüketimi

Oksijen, tohum çimlenmesinde enerji üretimi için gerekli olan en temel bileşendir. Solunum yeteneği tohum gücünün bütünleştirici bir göstergesidir. Güçlü tohumlar özellikle çimlenmenin ilk aşamalarında yüksek oranlarda solunum yaparken, düşük güce sahip bozulmuş ve yaşlanmış tohumlar daha az solunum yapmaktadırlar (Tu vd., 2023). Aerobik solunum oranındaki azalma tohumdaki yaşlanmayla ilişkilidir ve gücün belirlenebilmesi için iki kriterin değerlendirilmesi gerekmektedir. Birincisi, çimlenmenin erken evresindeki oksijen tüketimi ve ikincisi etanol birikimidir (Powell, 2022). Çimlenme ile direkt ilgili olan solunum aktivitelerinin ölçülebilir olması tohum kalitesi ile solunum arasındaki ilişkiyi ortaya koymaktadır. Bu amaçla ASTEC Global tarafından geliştirilmiş olan Q2 (Oxygen sensor) cihazı ile hızlı, tekrarlanabilir ve otomatik şekilde bireysel olarak tohumların oksijen tüketimi ölçülebilmektedir. Oksijen tüketimi bu yöntemde; oksijen metabolizması (O_2 tüketimi (%) / saat), başlangıç O_2 seviyesinin %50'ye düşene kadar geçen zaman (R50), zama-

nın 0'dan 50'ye kadar olan eğrinin altında kalan alan (AUC50) ve nispi çimlenme değeri (oksijen tükenme eğrisinden elde edilen değer) gibi pek çok yönden değerlendirilmektedir (Bradford vd., 2013). Bu yöntem ile hem tohumların canlı ya da ölü olup olmadığı hem de tohum gücü seviyesi belirlenebilmektedir (Asbrouck ve Taridno, 2009). Bu testin pancar (*Beta vulgaris* L.) ve *Pinus massoniana* Lamb. (Zhao ve Zhong, 2012), biber ve buğday (Tu vd., 2023), lahana ve soğan (Bradford vd., 2013) tohumlarında kalite ve tohum gücü tahmininde kullanılabilmesi tavsiye edilmiştir. Ayrıca domates ve marul tohumlarında yaşlanma nedeniyle çimlenme oranlarında görülen farklılıkların yüksek oranda solunum aktivitesi ile ilgili olduğu ve tohum kalitesinin belirlenmesinde Q2 ölçüm cihazının hızlı ve pratik bir şekilde tohumların bireysel solunum aktivitelerinin tespitinde kullanılabilmesi bildirilmiştir (Bradford vd., 2013).

2.3. Karbondioksit Ölçüm Testi

Spektral teknolojiler direkt olarak tohum bileşenlerini belirleyememekte ancak metabolizma tarafından üretilen gaz bileşenlerindeki değişimleri tespit ederek canlılık ve güçteki farklılıkları belirlemeye yardımcı olabilmektedir. Solunum canlılık, güç ve tohum metabolizmasının en önemli göstergelerinden biridir. Çoğu tohum çimlenmenin erken evrelerindeki farklılaşma ve hücre bölünmesi gibi yaşamsal faaliyetlerini devam ettirebilmek için solunuma ihtiyaç duymaktadır (Zhang vd., 2023). Tohum gücü ve solunum arasındaki korelasyonu belirleyebilmek amacıyla pek çok araştırma yürütülmüştür. Örneğin Kalpana vd. (1993) solunum oranı ve çimlenme oranı arasında pozitif korelasyon bulunduğunu belirtmişlerdir. Böylece solunum sırasındaki CO₂ konsantrasyonundaki değişim ölçülerek canlılık ve güç hakkında bilgi edinebilmektedir (Şehirli, 1997). TDLAS (Tunable Diode Laser Absorption Spectroscopy-TDLAS) tekniği CO₂ konsantrasyonunu elektrokimyasal ya da yarıiletken sensörlerden çok daha hassas bir şekilde ölçebilmektedir. TDLAS tekniği geri bildirim lazer teknolojilerinden yararlanmaktadır ve tek gaz molekülü seçiciliğine sahiptir. TDLAS teknolojisi ile mısır tohumlarında solunum süresince salınan CO₂ miktarı tespit edilmiş ve sonuçlar standart çimlendirme testleri ile karşılaştırıldığında solunum oranı ile canlılık indeksi arasında güçlü bir ilişki olduğu belirtilmiştir (Jia vd., 2019).

2.4. Uçucu Organik Bileşiklerin Üretimi

Tohumlar çimlenme sırasında su almaya başladıklarında düşük molekül ağırlıklı karbonil bileşenleri (gazlar ve uçucular) ve suda çözünebilir organik bileşenler (enzim ve polisakkaritler) gibi büyük oranda organik madde bırakırlar. Bu uçucu organik bileşenler (Volatile organic compounds production-VOC) düşük molekül ağırlığına (300 g/mol) ve yüksek buhar basıncına (0.01 kPa 20°C'de) sahiptir. Tohumlardan üretilen uçucu maddelerin emisyon kinetiği tohumların nem içeriğine bağlı olarak değişmektedir. Tohumlar uçucu organik bileşiklerin (VOC) emisyonuna yol açan lipid peroksidasyonu

nedeniyle bozulmaya başlamaktadır. Tohum bozulması ile emisyonla uğrayan VOC miktarı arasında pozitif bir korelasyon bulunmaktadır. Çimlenmekte olan tohumlardaki emisyonla uğrayan VOC miktarı tohumun gücüne ve tohumda bulunan depo maddelerinin miktarına bağlıdır. Yüksek ve düşük güce sahip tohumların VOC miktarları arasında önemli farklar bulunmaktadır. VOC miktarı ve profilindeki bu farklılıkların hızlı ve tekrarlanabilir güç testi olarak kullanımı konusunda büyük bir potansiyeli bulunmaktadır (Umarani vd., 2020).

2.5. Spektral Görüntüleme

Spektral görüntüleme teknikleri tohum kalitesi ve gücünün değerlendirilmesinde tahribatsız ve hızlı bir yöntem olarak son yıllarda büyük ilgi görmektedir. Bu teknik tohumlarda renk değişimi, sınıflandırma, canlılık, güç, hasar (fungus ve mikroorganizma kaynaklı) ve tohum temizliğinin belirlenmesi gibi farklı amaçlarla geliştirilmiştir (Feng vd., 2019). Tohumlarda, üretim ve depolama sırasında mikroorganizma kontaminasyonu veya uygun olmayan koşullara bağlı olarak hızlı renk değişimleri meydana gelmektedir. Bu teknikte, renk ayırıcı cihaz, farklı renkleri algılayabilen elektronik bir göz kullanılmaktadır. Tohumlar bir bantta ilerlerken elektrikli gözün önünden geçerler. Tohum rengi eğer istenenden farklı bir renge sahipse elektronik göz hava üfleyerek istenmeyen tohumu diğerlerinden ayırır. *Tripsacum dactyloides* tohumları bu yöntemle renklerine (yeşil, orta ve koyu yeşil) ve ağırlıklarına göre ayrılmıştır. Yeşil renge sahip tohumların en düşük çimlenme yüzdesi ve sürgün gelişimi gösterdiği ve bu yöntemin çimlenme ve gücün belirlenmesine katkısı olduğu bildirilmiştir (Klein vd., 2008).

2.6. Klorofil Testi

Tohum kabuğu ya da meyve renginin klorofil testi kullanılarak belirlenmesi tohum olgunluğunun ve kalitesinin belirlenmesinde kullanılan bir yöntemdir. Tohum kabuğunda klorofil testi (Chlorophyll fluorescence-CF) yöntemi tohum olgunluğu ve kalitesini belirleyebilmek amacıyla Jalink vd. (1998) tarafından önerilmiştir. Tohumlar tam olgunluk seviyesine gelmediklerinde çimlenme yetenekleri ve güçleri de daha zayıf olmaktadır. Lahana tohumları renklerine göre üç alt gruba ayrılmış ve klorofil içerikleri ölçülmüştür. Ölçüm sonuçlarına göre en düşük CF değerlerine sahip tohum partisinin en yüksek çimlenme yüzdesi ve fide gelişim oranına sahip olduğu belirtilmiştir (Jalink vd., 1998). Biberde farklı olgunluk seviyelerinin tohum kalitesine etkisini belirlemek amacıyla 4 farklı olgunluk seviyesindeki (olgunlaşmamış/turuncu, yarı olgun/açık kırmızı, olgun/kırmızı, aşırı olgun/koyu kırmızı) meyvelerden alınan tohumlarda CF test sonucunda maksimum faydanın yarı olgun ve olgun meyvelerden hasat edilen tohumlardan elde edildiği bildirilmiştir (Kenanoğlu vd., 2013). Lahanada 14 yıl depolanmış tohumlar yüksek CF (%54.3) ve düşük CF (%45.7) olarak iki gruba ayrılmış ve düşük CF değerlerine sahip grubun çimlenme oranı ve güç paramet-

relerinin daha yüksek olduğu belirlenmiştir (Yadav vd., 2015). Kavunda çiçeklenmeden 25 gün sonra hasat edilen (Days after anthesis/DAA) tohumlarda CF değeri 815 pA saptanmış ve çimlenme görülmediği ancak 55 DAA hasat edilen tüm tohumların çimlendiği, CF değerinin 207 pA olduğu ve en yüksek kök uzunluğu değerlerinin elde edildiği bildirilmiştir. CF test ile düşük güce sahip olgunlaşmamış kavun tohumları ile yüksek güce sahip olgun tohumların birbirinden ayırt edilebileceği belirtilmiştir (Wilson vd., 2014). Soyada farklı seviyelerde (%0, %5, %10, %15 ve %20) yeşil renge sahip tohumlarda yapılan CF değerlerinin yeşil tohumlarda yükseldiği ve bu durumun tohum kalitesini etkilediği belirtilmiştir (Cicero vd., 2009).

2.7. NIRS (Near-Infrared Spectroscopy) Testi

Tohumların canlılık ve güç oranlarının belirlenmesinde klasik yöntemlere alternatif olarak, hızlı, tekrarlanabilir ve doğruluk seviyesi yüksek yöntemlere ihtiyaç bulunmaktadır. Madde ve ışık arasındaki etkileşim sayesinde spektroskopi güç bileşenlerini ayırabilmekte ve tohum içeriği hakkında bilgi verebilmektedir (Zhang vd., 2023). Bu amaçla geliştirilmiş yakın kızılötesi yansıma spektroskopisi (NIRS) çimlenme ve güç ile ilişkili olarak kullanılmaktadır. Bu yöntem tohum kalitesini tahribatsız olarak değerlendirmeye, tohum sağlığını, tohumda bozulmayı, canlılığı, protein, nişasta ve yağ asitleri kompozisyonu gibi güç parametrelerini belirlemeye dayalı bir tekniktir (Venkatesan vd., 2020). Yakın kızılötesi ışık iletimi tohum gücü ve çimlenmesiyle ilişkilendirilebilecek iç bileşenlere bağlı bir sinyal yaymaktadır. Düşük güce sahip, ölü ya da patojenlerle bulaşık olan tohumlar spesifik NIR sinyali vermekte ve böylece sağlıklı ve güçlü tohumlardan ayırt edilebilmektedir. Dolayısıyla yapılan tarama sonucunda her bir materyal için elde edilen spektrum biyokimyasal içerik bakımından parmak izi niteliği taşımaktadır (Çelikleş vd., 2018). Soya tohumlarında NIRS tekniği kullanılarak farklı çimlenme yüzdelerine sahip tohum partilerinin spektral analizi yapılmış ve NIRS tekniğinin tohum canlılığı, tohum gücü ve biyokimyasal parametrelerin tahmininde ıslahçılar ve tohum teknolojistleri için kullanışlı ve zararsız bir yöntem olduğu belirtilmiştir (Amery vd., 2018). Yoğun dormansi gösteren dallı darı (*Panicum virgatum* L.) tohumlarında NIRS yöntemi ile tohum çimlenme oranının hızlı bir şekilde ve herhangi kimyasal bileşik kullanmadan tahmin edilebileceği belirlenmiştir (Çelikleş vd., 2018). Tigabu ve Oden (2004) tohum gücünü belirlemek amacıyla yaşlandırılmış *Pinus patula* tohumlarına yaptıkları NIRS testinin yaşlanmış ve yaşlanmamış tohum partilerini %100 doğrulukla tanımlayabildiğini bildirmişlerdir.

2.8. Nükleer Manyetik Spektroskopi (NMR)

Tohum gücünün belirlenmesinde zararsız olan yöntemlerden bir diğeri de proton nükleer manyetik spektroskopidir (NMR). Bu yöntem buğday ve soyada tohum yaşlanmasının kinetikleri üzerine sıcaklık ve suyun etkisini belirlemek amacıyla kullanılmaktadır (Krishnan vd., 2003). Bu teknik tohumdaki su-

yun durumunun direkt belirlenmesini sağlayan hassas ve yeni bir yöntemdir. Özellikle depolama sırasında NMR tekniği ile tohumun içindeki nem seviyesi ve suyun durumu hakkında gravimetrik metottan daha detaylı bir şekilde bilgiler edinilebilmektedir. Bitki ve tohum dokularındaki suyun taşınımını belirleyebilmek için su protonlarının boyuna ve enine hareketleri incelenmektedir. Mobil ve daha az mobil olan su moleküllerinin NMR gevşeme zamanlarına (relaxation time) bakılarak belirlenebilmektedir. Tohumların yaşlanma sürecinde gerçekleşen spin-spin relaxation time (T_2) zamanındaki değişim üzerine pek çok çalışma yapılmıştır. Soyada 35°C ve %100 ortam neminde yaşlandırılan tohumların T_2 değerlerinde, protein ve nişasta içeriklerinde azalma belirlenmiştir. EC değerlerinin de arttığı ve T_2 değişimin ise düşük tohum gücüyle ilişkili olduğu belirtilmiştir (Krishnan vd., 2003).

2.9. Multispektral ve X-Ray Görüntüleme

Tohum gücünü belirlemede kullanılan yeni ve bilgisayarlı prosedürlere dayalı bir diğer yöntem de multispektral (Multispectral imaging-MSI) görüntülemedir. Bu teknik laboratuvar değerlendirmelerinin otomatikleştirilmesine fırsat vermekte ve konuyla ilgili hızlı ve objektif olarak karar verilmesini sağlamaktadır (Bianchini vd., 2021). MSI tekniğinde tohum kalitesini değerlendirebilmek için ultraviyolede yakın infrared bölgesine kadar geniş dalga boyu kullanılmaktadır. MSI tohumun saflık, canlılık, sağlık, yüzeysel yapısı, dokusu ve kimyasal bileşimi gibi farklı kalite özelliklerini tanımlayabilmektedir (Huang vd., 2015; Rahman ve Cho, 2016; Boelt vd., 2018). Kısaca bu teknik tohum örneklerinin, fizikokimyasal parametrelerini tanıyan bilgisayar sistemine entegreli farklı dalga boylarındaki ışığa ardışık olarak maruz kalmasına dayanmaktadır. Boelt vd. (2018) MSI tekniğinin radikula çıkış testinde potansiyel olarak kullanılabilirliğinin altını çizmiştir. Spektral görüntülemenin esaslı tohumların dokusu, yüzeysel yapısı, böcek zararı ya da enfeksiyon sebebiyle dış yüzeyde oluşan zararlanmaları görüntülemeye dayanmaktayken X-Ray tekniği embriyo ve endosperm gibi tohumun iç yapısını görüntülemeye dayanmaktadır. Bu iki tekniğin bir arada kullanılması tohum kalitesi ve gücüyle ilişkili morfolojik ve biyokimyasal parametreler hakkında daha kesin bilgiler vermekte ve tohum analistlerinin işini kolaylaştırmaktadır. Bianchini vd. (2021) *Jatropha curcas* L. tohumlarında multispektral ve X-Ray görüntüleme tekniğini tohum kalitesini tahmin etmede kullanmış ve bu tekniğin hızlı, etkin, sürdürülebilir ve zararsız bir yöntem olduğunu bildirmişlerdir. Çeltikte tohum kalitesi ve gücünü belirlemek amacıyla X-Ray, multispektral ve CF görüntüleme teknikleri kullanılmıştır. Radyografik görüntülemede tohumlardaki endosperm ve embriyo arasında kalan boşluk alan ölçülmüştür. Sonuçlar değerlendirildiğinde olgunlaşmamış tohumlarda boşluk alanının %18 ve üzerinde olduğu, spektral bantta daha yüksek değerler verdiği, çimlenmediği veya anormal çimlenme gösterdiği belirlenmiştir (Silva vd., 2023). Biberde hiperspektral ve X-Ray tekniği kullanılarak yapılan canlılık ve kalite değerlendirmesi

sonucunda hiperspektral görüntülemenin çimlenme değerini %88.9 doğruluk oranında tahmin ederken X-Ray modelinin %75.33 doğruluk oranında tahmin ettiğini belirlemiştirlerdir (Hong vd., 2023).

2.10. Tohum Gücü Görüntüleme Sistemleri

Modern anlamda güç testleri bilgisayar ve yazılım teknolojilerinin gelişmesiyle birlikte giderek daha hızlı, kolay ve güvenilir teknikler haline gelmeye başlamıştır. Yeni teknolojiler tohumların iç morfolojilerini de değerlendirmekte ve tohum gücünün subjektif olarak belirlenmesine katkıda bulunmaktadır (Marcos-Filho vd., 2010; Huang vd., 2015). Tohum gücü görüntüleme sistemi (Seed Vigor Imaging System-SVIS) ilk kez Sako vd. (2001) tarafından marul tohumlarında güç tahmini amacıyla geliştirilmiştir. Bu yöntem fidelerin taranarak görüntülenmesi ve daha sonra güç, büyüme ve üniformite indekslerinin oluşturulmasına dayanmaktadır. Bu teknikte 3 günlük fideler kotiledonlarından ayrıldıktan sonra her bir fidenin uzunluğunu hesaplamak için kalan kısımlar kullanılmaktadır. Bir tohum partisi için büyüme hızı ve üniformite de hesaplanarak güç indeksi ile bir araya getirilmektedir. Bu yöntem soya (Hoffmaster vd., 2003), mısır (Hoffmaster vd., 2005), kavun (Marcos-Filho vd., 2006), fıstık (Marchi vd., 2011), hıyar (Chiquito vd., 2012) ve bamyada (Kikuti ve Marcos-Filho, 2013) tohum gücünü belirlemek amacıyla başarıyla uygulanmıştır. Havuçta farklı tohum partileri arasındaki güç farkını belirleyebilmek amacıyla klasik güç testleri ve SVIS yöntemi kullanılmıştır. 7 farklı tohum partisinde klasik güç testi yöntemlerinden olan standart çimlenme, ilk sayım, çimlenme hızı, hızlı yaşlandırma ve tuz stresinde çıkış testleri yürütülmüştür. SVIS yönteminin havuç tohumlarının gücünü belirlemede etkili olduğu ayrıca klasik güç testlerinin hassasiyet seviyesine sahip olduğu belirtilmiştir (Marchi ve Cicero, 2017). Gomes Junior vd. (2014) fasulyede 5 farklı tohum partisinde SVIS yönteminden elde ettikleri fide gelişimi ve üniformite verilerini bir dizi güç indeksi ile birleştirerek değerlendirmişler ve tüm SVIS endekslerinin fide çıkışı ve AA testindeki aynı farklılıkları başarılı bir şekilde tanımladığını belirtmişlerdir. Marulda 6 çeşit ve tohum büyüklüklerine göre ayrılmış 4 tohum partisinde SVIS testinin tohum partileri arasındaki güç farklılıklarının belirlenmesinde kullanılabileceği bildirilmiştir (Peñaloza vd., 2005).

3. Sonuç

Teknolojik alanda yaşanan hızlı gelişmeler ile modern cihazlar ve görüntüleme tekniklerinin tohumculuk alanında kullanılmasıyla uzun zaman alan, işgücü ve tecrübe gerektiren tohum gücünün tespiti kolaylaşmıştır. Bu teknolojik cihazların kullanımıyla birlikte yapay zeka ile bu cihazlardan elde edilen verilerin işlenmesiyle karar alma ve uygulanmasında çok daha hızlı ve etkili sonuçlar alınacaktır. Dolayısıyla teknolojideki gelişmelerden tohumculuk sektörü de olumlu yönde etkilenecek ve yakın gelecekte hatta tohum üretim aşamasından başlanarak tohum gücünün belirlenmesi mümkün olacaktır.

KAYNAKLAR

- Bianchini, V. D. J. M., Mascarin, G. M., Silva, L. C. A. S., Arthur, V., Carstensen, J. M., Boelt, B., & Barboza da Silva, C. (2021). Multispectral and X-ray images for characterization of *Jatropha curcas* L. seed quality. *Plant Methods*, 17, 1-13.
- Boelt, B., Shrestha, S., Salimi, Z., Jørgensen, J. R., Nicolaisen, M., & Carstensen, J. M. (2018). Multispectral imaging—a new tool in seed quality assessment. *Seed Science Research*, 28(3), 222-228.
- Bradford, K. J., Bello, P., Fu, J. C., & Barros, M. (2013). Single-seed respiration: a new method to assess seed quality. *Seed Science and Technology*, 41(3), 420-438.
- Buckley, W. T., & Buckley, K. E. (2009). Low-molecular-weight volatile indicators of canola seed deterioration. *Seed Science and Technology*, 37(3), 676-690.
- Cavalcante, J. A., Ternus, R. M., Almeida, T. L. D., Reolon, F., Araújo, Á. D. S., Gadotti, G. I., & Moraes, D. M. D. (2017). Ethanol vigor test to assess physiological quality of annual ryegrass seeds. *Revista Espacios*, 38(47), 10.
- Chiquito, A. A., Gomes Junior, F. G., & Marcos-Filho, J. (2012). Assessment of physiological potential of cucumber seeds using the software Seedling Vigor Imaging System® (SVIS®). *Revista Brasileira de Sementes*, 34, 255-263.
- Cicero, S. M., Schoor, R. V. D., & Jalink, H. (2009). Use of chlorophyll fluorescence sorting to improve soybean seed quality. *Revista Brasileira de Sementes*, 31, 145-151.
- Çelikleş, N., Can E., Atış, İ., & Ertekin, İ. (2018). Dallı darı tohum çimlenme oranlarının Ft-Nırs ile belirlenmesi. Türkiye 6. Tohumculuk Kongresi, 10-13 Eylül 2018, Niğde. Bildiri kitabı: 139-145.
- Feng, L., Zhu, S., Liu, F., He, Y., Bao, Y., & Zhang, C. (2019). Hyperspectral imaging for seed quality and safety inspection: A review. *Plant Methods*, 15, 1-25.
- Gomes Junior, F. G., Chamma, H. M. C. P., & Cicero, S. M. (2014). Automated image analysis of seedlings for vigor evaluation of common bean seeds. *Acta Scientiarum. Agronomy*, 36, 195-200.
- Hoffmaster, A. F., Xu, L., Fujimura, K., Bennett, M. A., Evans, A. F., & McDonald Jr, M. B. (2005). The Ohio State University seed vigor imaging system (SVIS) for soybean and corn seedlings. *Seed Technology*, 27, 7-24.
- Hoffmaster, A. L., Fujimura, K., McDonald, M. B., & Bennett, M. A. (2003). An automated system for vigor testing three-day-old soybean seedlings. *Seed Science and Technology*, 31(3), 701-713.
- Hong, S. J., Park, S., Lee, A., Kim, S. Y., Kim, E., Lee, C. H., & Kim, G. (2023). Non-destructive prediction of pepper seed viability using single and fusion information of hyperspectral and X-ray images. *Sensors and Actuators A: Physical*, 350, 114151.
- Huang, M., Wang, Q. G., Zhu, Q. B., Qin, J. W., & Huang, G. (2015). Review of seed

- quality and safety tests using optical sensing technologies. *Seed Science and Technology*, 43(3), 337-366.
- Jalink, H., Frandas, A., Schoor, R. V. D. A., & Bino, J. B. (1998). Chlorophyll fluorescence of the testa of *Brassica oleracea* seeds as an indicator of seed maturity and seed quality. *Scientia Agricola*, 55, 88-93.
- Jia, L. Q., Qi, H. N., Hu, W. J., Zhao, G. W., & Kan, R. F. (2019). CO₂ concentration detection system for seed respiration. *Opt. Precis. Eng.* 27, 1397-1404.
- Kalpana, R., & Rao, K. V. M. (1993). Ultrastructural and physiological changes associated with loss of seed viability in pigeon pea. *Indian J. Plant Physiol.* 36 (2), 86-89.
- Kenanoglu, B. B., Demir, I., & Jalink, H. (2013). Chlorophyll fluorescence sorting method to improve quality of *Capsicum* pepper seed lots produced from different maturity fruits. *HortScience*, 48(8), 965-968.
- Kikuti, A. L. P., & Marcos-Filho, J. (2013). Seedling imaging analysis and traditional tests to assess okra seed vigor. *Journal of Seed Science*, 35, 443-448.
- Klein, J.D., Wood, L.A., & Geneve, R.L. (2008). Hydrogen peroxide and color sorting improves germination and vigor of eastern gamagrass (*Tripsacum dactyloides*) seeds. *Acta Hort.*, 782, 93-98.
- Kodde, J., Buckley, W. T., de Groot, C. C., Retiere, M., Zamora, A. M. V., & Groot, S. P. (2012). A fast ethanol assay to detect seed deterioration. *Seed Science Research*, 22(1), 55-62.
- Krishnan, P., Nagarajan, S., Dadlani, M. M. A. V., & Moharir, A. V. (2003). Characterization of wheat (*Triticum aestivum*) and soybean (*Glycine max*) seeds under accelerated ageing conditions by proton nuclear magnetic spectroscopy. *Seed Science and Technology*, 31(3), 541-550.
- Marchi, J. L. D., & Cicero, S. M. (2017). Use of the software Seed Vigor Imaging System (SVIS®) for assessing vigor of carrot seeds. *Scientia Agricola*, 74, 469-473.
- Marchi, J. L. D., Cicero, S. M., & Gomes Junior, F. G. (2011). Using computerized analysis of seedlings to evaluate the physiological potential of peanut seeds treated with fungicide and insecticide. *Revista Brasileira de Sementes*, 33, 652-662.
- Marcos Filho, J., Gomes Junior, F. G., Bennett, M. A., Wells, A. A., & Stieve, S. (2010). Using tomato analyzer software to determine embryo size in x-rayed seeds. *Revista Brasileira de Sementes*, 32, 146-153.
- Marcos-Filho, J. (1998). New approaches to seed vigor testing. *Scientia Agricola*, 55, 27-33.
- Marcos-Filho, J., Bennett, M. A., McDonald, M. B., Evans, A. F., & Grassbaugh, E. M. (2006). Assessment of melon seed vigour by an automated computer imaging system compared to traditional procedures. *Seed Science and Technology*, 34(2), 485-497.
- McDonald, M. B. (1993). The history of seed vigor testing. *Journal of Seed Technology*, 93-100.

- Ornellas, F. L. S., Sousa, A. O. D., Araújo, M. D. N., Barbosa, R. M., & Dantas, B. F. (2022). Ethanol test to evaluate the physiological quality of forest seeds. *Journal of Seed Science*, 44, e202244042.
- Peñaloza, P., Ramirez-Rosales, G., McDonald, M. B., & Bennett, M. A. (2005). Lettuce (*Lactuca sativa* L.) seed quality evaluation using seed physical attributes, saturated salt accelerated aging and the seed vigour imaging system. *Electronic Journal of Biotechnology*, 8(3) 299-307.
- Powell, A. A. (2022). Seed vigour in the 21st century. *Seed Science and Technology*, 50(2), 45-73.
- Rahman, A., & Cho, B. K. (2016). Assessment of seed quality using non-destructive measurement techniques: A review. *Seed Science Research*, 26(4), 285-305.
- Sako, Y., McDonald, M. B., Fujimura, K., Evans, A. F., & Bennett, M. A. (2001). A system for automated seed vigour assessment. *Seed Science and Technology*, 29(3), 625-636.
- Silva, A. S., Cicero, S. M., Silva, F. F. D., & Gomes-Junior, F. G. (2023). X-ray, multispectral and chlorophyll fluorescence images: innovative methods for evaluating the physiological potential of rice seeds. *Journal of Seed Science*, 45, e202345003.
- Şehirali, S. (1997). Tohumluk ve Teknolojisi. Fakülteler Matbaası, İstanbul. 422 s.
- Tigabu, M., & Odén, P. C. (2004). Rapid and non-destructive analysis of vigour of *Pinus patula* seeds using single seed near infrared transmittance spectra and multivariate analysis. *Seed Science and Technology*, 32(2), 593-606.
- Tu, K. L., Yin, Y. L., Yang, L. M., Wang, J. H., & Qun, S. U. N. (2023). Discrimination of individual seed viability by using the oxygen consumption technique and headspace-gas chromatography-ion mobility spectrometry. *Journal of Integrative Agriculture*, 22(3), 727-737.
- Umarani, R., Bhaskaran, M., Vanitha, C., & Tilak, M. (2020). Fingerprinting of volatile organic compounds for quick assessment of vigour status of seeds. *Seed Science Research*, 30(2), 112-121.
- Venkatesan, S., Masilamani, P., Janaki, P., Eevera, T., Sundareswaran, S., & Rajkumar, P. (2020). Role of near-infrared spectroscopy in seed quality evaluation: A review. *Agricultural Reviews*, 41(2), 106-115.
- Wilson, H. T., Khan, O., & Welbaum, G. E. (2014). Chlorophyll Fluorescence in Developing Top Mark Cantaloupe (*Cucumis melo*) Seeds as an Indicator of Quality. *Seed Technology*, 103-113.
- Yadav, S. K., Jalink, H., Groot, S. P., Van Der Schoor, R., Yadav, S., Dadlani, M., & Kodde, J. (2015). Quality improvement of aged cabbage (*Brassica oleracea* var. *capitata*) seeds using chlorophyll fluorescence sensor. *Scientia Horticulturae*, 189, 81-85.
- Zhang, J., Fang, W., Xu, C., Xiong, A., Zhang, M., Goebel, R., & Bo, G. (2023). Current optical sensing applications in seeds vigor determination. *Agronomy*, 13(4), 1167.



Bölüm 3

ÜLKEMİZ BİTKİSEL YAĞ AÇIĞININ KAPATILMASINA YENİ BİR YAKLAŞIM: AYÇİÇEĞİ-KOLZA DÖNÜŞÜMÜ

Mehmet Demir KAYA¹

Elif YAMAN²

Pınar HARMANCI³

1 Prof.Dr. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir, Türkiye demirkaya76@hotmail.com ORCID ID 0000-0002-4681-2464

2 Zir. Müh. Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir, Türkiye elf.ymn.98@gmail.com ORCID ID 0009-0000-7929-6008

3 Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir, Türkiye p.hrmnc@gmail.com ORCID ID 0000-0003-4193-0450

1. GİRİŞ

Beslenmemizin temel besin maddelerinden birisi olan yağlar, bitkisel ve hayvansal kaynaklardan sağlanmaktadır. Hayvansal yağların sağlık açısından olumsuz özelliklerinin bulunması ve üretiminin yetersiz olması bitkisel yağların beslenmemizdeki yerini ve önemini artırmaktadır. Nüfus artışı ve gelir seviyesinin yükselmesine artışa paralel olarak da bitkisel yağa olan talep sürekli artış göstermektedir. 90'lı yılların başında 56 milyon olan ülke nüfusu 2021 yılı itibarıyla 84,5 milyon kişiye ulaşmıştır. Yani, son otuz yılda ülkemizin nüfusu yaklaşık 28,5 milyon kişi artmıştır. Bu artış beraberinde konut, yol, baraj, havaalanı vb. ihtiyaçları ortaya çıkarmış ve tarım alanlarımız 26,6 milyon ha'dan 23,9 milyon ha'ya azalarak 2,7 milyon ha'lık bir kayıp yaşanmıştır (Anonim, 2024a). Yani, nüfusta yaşanan bir kişilik artış tarım topraklarımızdan 0,95 da alanın kaybolmasına neden olmuştur. Bu durum öncelikle mevcut tarım alanlarını koruyarak bu alanların daha verimli bir şekilde kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Yağlar, karbonhidrat ve proteinler ile kıyaslandığında yaklaşık iki kat daha fazla enerji sağlamaktadır. Vücut tarafından sentezlenemeyen temel yağ asitlerine ve antioksidan bileşiklere sahip olmaları yanında A, D, E ve K gibi vitaminleri de içermeleri nedeniyle günlük beslenmemizde önemli bir yere sahiptirler (Kolsarıcı vd., 2015). Kendine has koku ve aromaları bulunmakta ve yiyeceklere tat ve lezzet vermektedirler. Ayrıca, ısı iletimini sağladıkları için gıdaların hazırlanmasında kullanılmaktadır (Haque vd., 2016). Gıda dışında, biyodizel, sağlık ve kozmetik, boya, sabun ve plastik gibi ürünlerin yapımında da bitkisel yağlar kullanılmaktadır (Ayaz, 2008). Hayvan yemi olarak doğrudan yağlı tohumun kendisi "fullfed" olarak kullanılabilirdiği gibi yağı alındıktan sonra kalan küspesi veya yağın kendisi yem rasyonlarının vazgeçilmez hammadde kaynağı durumundadır (İlkdoğan, 2008).

Ülkemizde üretilen yağlı tohumlu bitkilerin üretimi ihtiyacımız olan bitkisel yağ karşılayamadığından her yıl giderek artan miktarlarda bitkisel ham yağ, yağlı tohum ve küspesi ithal edilmektedir. 2022 yılı verilerine göre, 3,2 milyar dolar değerinde yağlı tohum, 3,7 milyar dolarlık ham yağ, 1 milyar dolardan fazla yağlı tohum küspesi ithal edilerek toplamda yaklaşık 8 milyar dolarlık ithalat yapılmıştır. Aynı yıl margarin de dahil olmak üzere 4,3 milyar dolar değerinde ihracat yapılmıştır (Kaya vd., 2024). Sonuçta bu kalemde dış ticaret açığı yaklaşık 3,7 milyar dolar olarak gerçekleşmiştir.

Soya ve yerfıstığı gibi baklagiller familyasından olan yağ bitkileri *Rhizobium* bakterileri ile havanın serbest azotunu toprağa bağlamaktadır. Bu sayede toprağın verimliliğini artırmaktadırlar. Çapa bitkisi olmaları nedeniyle kendisinden sonra gelen bitkiye daha az yabancı ot ve havalandırılmış bir tarla toprağı bırakmaktadırlar. Hem kuru hem de sulu alanlarda ekim nöbetine girerek ürün çeşitliliğini sağlamaktadırlar (Arioğlu, 2014). Bu özellikleri sayesinde

uygulanacak ekim nöbeti sistemlerinde yağlı tohumlu bitkileri önemli bir yere taşımaktadır.

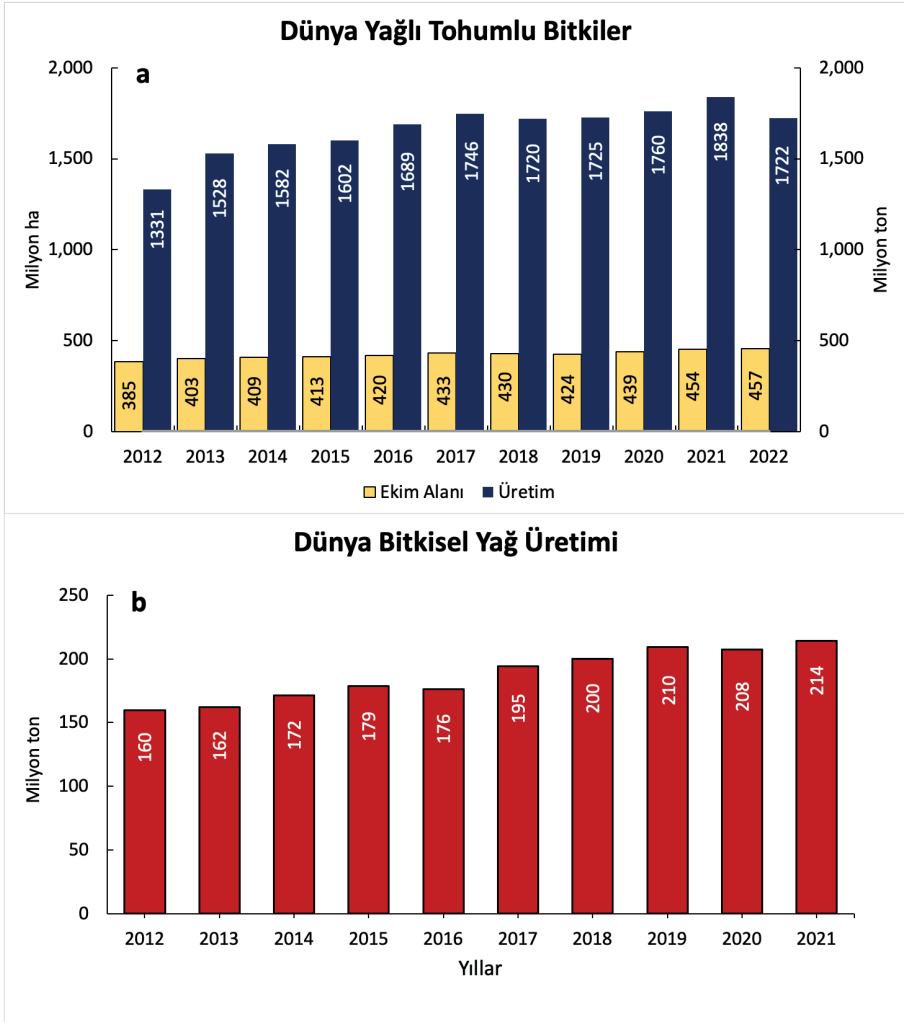
Beslenme, ekonomi ve tarımsal açıdan önemleri yukarıda belirtilen yağlı tohumlu bitkilerin dünyada ve Türkiye'deki durumu ile bitkisel yağ üretimleri aşağıda açıklanmıştır.

2. Dünyada Yağlı Tohumlu Bitkilerin Durumu

Dünyada toplam yağlı tohumlu bitkilerin ekim alanları ve buna bağlı olarak üretimleri 2012-2022 döneminde sürekli artış göstermiştir (Şekil 1a). 2012 yılında 385 milyon ha olan yağlı tohumlu bitkilerin ekim alanı hemen hemen her yıl artarak 2022 yılında 457 milyon ha'ya ulaşmıştır. Bu artışta en büyük pay soya ekim alanlarına aittir. Ekim alanındaki artışa bağlı olarak ise dünya yağlı tohum üretimi 1.331 milyon ton'dan 1.772 milyon ton'a ulaşmıştır.

Dünyada toplam bitkisel yağ üretimi 2012 yılında 162 milyon ton olarak gerçekleşmiştir (Şekil 1b). Yağlı tohumlu bitkilerin ekim alanı ve üretimindeki artışla birlikte bitkisel yağ üretimi de artmış ve 2022 yılında 214 milyon ton'a ulaşmıştır.

Dünyada 2012-2022 döneminde soya, kolza ve ayçiçeği ekim alanlarının sürekli olarak artmıştır. Ekim alanındaki artışla birlikte yağlı tohumlu bitkilerin üretimleri de artış göstermiştir (Kaya vd., 2024). Bitkisel yağ üretiminde ise en fazla artış palm yağında yaşanmıştır. Bunun temel nedeni ise özellikle ekim alanlarında gerçekleşen artış olmuştur. Dünyada toplam bitkisel yağ üretiminin %91,2'sini palm, soya, kolza, ayçiçeği ve pamuktan karşılanmaktadır (Kaya vd., 2024). Palm yağı 88,4 milyon ton üretim ve %41,4 pay ile en fazla üretilen bitkisel yağ olurken, bunu 61,5 milyon ton ile soya yağı, 26,5 milyon ton ile kolza yağı ve 18,4 milyon ton ile ayçiçek yağı izlemiştir (Anonim, 2024b). Kolza, yağlı tohumlu bitkiler arasında üretim bakımından dünyada 3. sırada yer almıştır.



Şekil 1. Dünyada 2012-2022 yılları arasında yağlı tohumlu bitkilerin ekim alanı, üretimi ve bitkisel yağ üretimi (Anonim, 2024b)

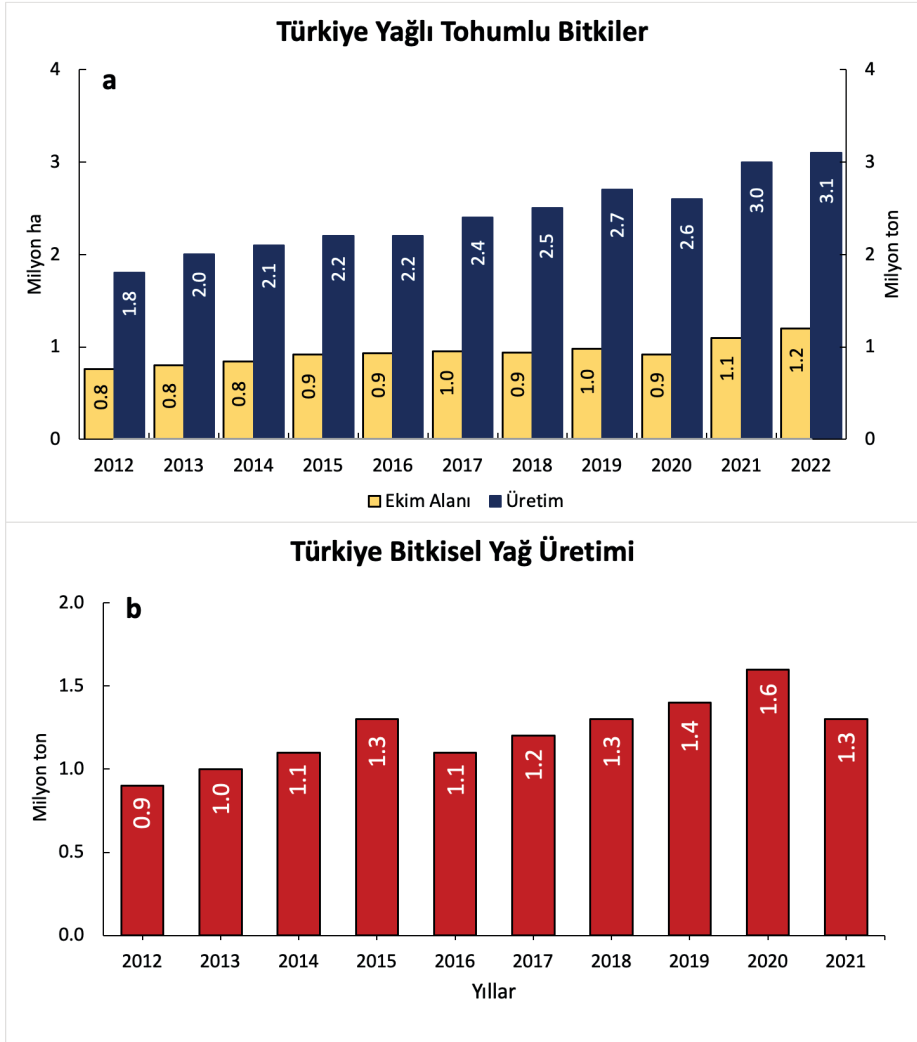
3. Türkiye’de Yağ Bitkilerinin Durumu

Ülkemizde yağ bitkileri olarak ayçiçeği, kolza, soya, aspir, haşhaş, susam ve yerfıstığı ön plana çıkmaktadır. Ancak, farklı kullanım alanları nedeniyle susam, yerfıstığı ve haşhaşın bitkisel yağ üretimimize katkısı yok denecek kadar azdır. Bununla birlikte, başta zeytin olmak üzere, pamuk ve mısır bitkilerinden de önemli miktarlarda yağ elde edilmektedir.

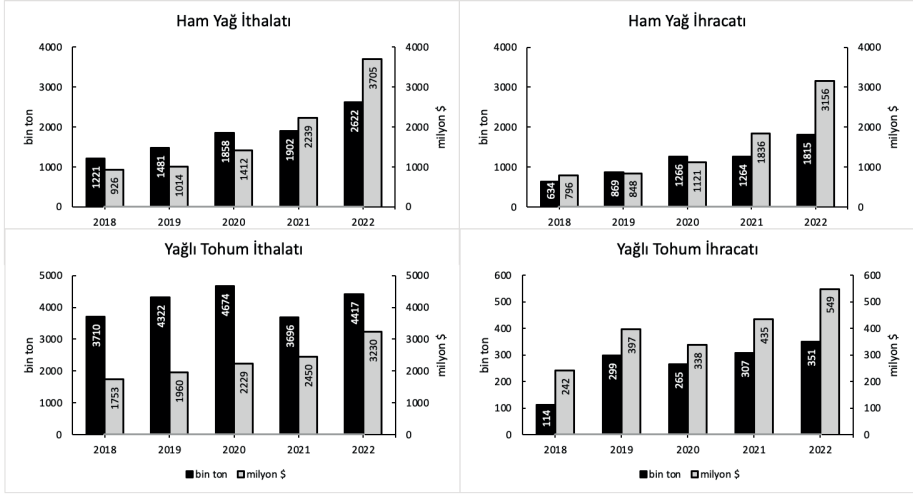
Yağ bitkileri ekim alanlarımız 2012 yılından beri 400 bin ha artış göstermiştir (Şekil 2a). Bu dönem içerisinde yağ bitkileri üretimi ise 1,8 milyon tondan 3,1 milyon ton’a ulaşmıştır. Üretimdeki artışla birlikte bitkisel yağ üre-

timi de 400 bin ton artmıştır. Bitkisel yağ üretimimiz de 900 bin ton'dan 1,3 milyon ton'a yükselmiştir (Şekil 2b). Bunun yanında özellikle mısır, pamuk ve zeytin üretimindeki gelişmeler ülkemiz bitkisel yağ üretimi bakımından son derece önemlidir. Çünkü, 2012-2022 döneminde mısır ekim alanlarının %50 artış göstererek 900 bin ha'ın üzerine çıkmıştır (Anonim, 2024a). Pamuk ekim alanı ve üretiminde önemli bir gelişme yaşanmazken, zeytin dikim alanlarında 100 bin ha artış olmuştur. FAO verilerine göre, mısır yağı üretimi artarak 42 bin ton'dan 2021 yılında 65 bin ton'a yükselmiştir. Pamuk ve zeytin yağı üretimi 2021 yılında sırasıyla 160 bin ton ve 222 bin ton olarak gerçeklemiştir. Bu üç bitkiden toplam 450 bin ton yağ elde edilmiştir (Anonim, 2024b).

Dünya Sağlık Örgütü (WHO) verilerine göre sağlıklı yetişkin bir kişinin günlük aktivitelerini gerçekleştirmesi için gerekli enerji miktarı 2500-3000 kkaloridir. Bu kalorinin üçte birinin yağlardan karşılanması durumunda günlük 95 gram ve yıllık olarak da 35 kg yağ/kişi tüketilmesi anlamına gelmektedir. Ancak, bir miktar yağın peynir, süt vb. besinler ile alınacağından bu miktarın üçte ikisinin, yani 63 gramının, direkt katı veya sıvı yağ olarak alınması gerekmektedir (Kıllı ve Beycioğlu, 2019). Dolayısıyla kişi başına yılda 23 kg yağ tüketildiğinde sağlıklı ve yeterli beslenildiği kabul edilmektedir. Bu hesaplama dayanarak ülke nüfusu göz önüne alındığında, toplam bitkisel yağ ihtiyacımızın 1.955.000 ton olduğu ifade edilebilir (Kaya vd., 2024).



Şekil 2. Türkiye 2012-2022 yılları arasında yağ bitkileri toplam ekim alanı, üretimi ve yağ üretimi (Anonim, 2024a).



Şekil 3. Ülkemizin 2018- 2022 yılları arasındaki yağlı tohum ve ham yağ ithalat ve ihracatı (Anonim, 2024b)

Ülkemizde yağlı tohumlu bitkilerden elde edilen bitkisel yağ miktarı ülke nüfusuna yetecek düzeyde olmadığı için her yıl önemli miktarlarda ham yağ, yağlı tohum ve küspesi ithalatı yapılmaktadır. Bununla birlikte bir miktar yağlı tohum, ham yağ ve küspe ihracatımız bulunmaktadır. Her yıl giderek artan bitkisel yağ açığına milyarlarca dolar döviz ödenmektedir. Şekil 3’de son 5 yıllık dönemde (2018-2022 yılları) Türkiye’nin yağlı tohum ve ham yağ ithalat ve ihracat değerleri verilmiştir. Ham yağ ithalatına 3,7 milyar dolar, yağlı tohum ithalatına 3,2 milyar dolar ödenirken, bu kalemlerde 3,7 milyar dolarlık ihracat yapılmıştır.

Yetersiz üretim nedeniyle milyarlarca dolar döviz ödenerek ithal edilen yağlı tohumlu bitkilerin üretimi artırılmalı ve bitkisel yağ açığının kapatılması gerekmektedir. Bu bakımdan ülkemizde son yıllarda önemli bir gelişme kaydeden kolza bitkisinin potansiyeli ve olası ayçiçeği-kolza dönüşümünün bitkisel yağ üretimimize katkısı değerlendirilmiştir.

4. Ayçiçeği-Kolza Dönüşümü

Kolza bitkisi, *Brassica napus* L., lahanaya ve yağ salgamının doğada melezlenmesi sonucu ortaya çıkmış amfidiploid bir türdür (Kimber ve McGregor, 1995; Doğru, 2020). Tohumlarında %40’ın üzerinde kaliteli yağ bulunduran önemli bir yağ bitkisidir (Downey ve Röbbelen, 1989). Kolzanın yağında bulunan erusik asidin insan, küspesindeki glukosinolatın ise hayvan sağlığına zararlı olması nedeniyle ıslah çalışmaları sonucunda erusik asidi ve glukosinolat içermeyen 00 tipi olarak geliştirilen çeşitler “kanola” ismiyle üretime sunulmuştur. Bu nedenle insan beslenmesinde kullanılan kolza çeşitleri kanola ismiyle anılmaktadır. Dolayısıyla kanola, farklı bir bitki türü olmayıp, kolza bitkisinin yağ kalitesi bakımından ıslah edilmiş çeşitleridir. Bu kolza çeşitle-

rinden elde edilen yağlar zeytinyağına benzer oranlarda yağ asitleri dağılımına sahip olup, yüksek oleik asit ve düşük doymuş yağ asitleri oranı ile yemeklik yağ kalitesi yüksektir. Günümüzde yağında oleik asit içeriği yüksek oranlarda (>%70) ayçiçeği, aspir, soya, yerfıstığı ve pamuk çeşitleri de geliştirilmiş ve bir kısmı piyasaya sürülmüştür (Kaya vd., 2009).

Kolza yağı, margarin yapımında değerlendirilebildiği gibi, genellikle kızartma ve salata yağı olarak kullanılmaktadır. Kaynama sıcaklığı yüksek (238 °C) olduğu için iyi bir kızartma yağıdır (Kaya vd., 2009). E vitamini içeriği bakımından zengin olan kolza yağı, düşük doymuş yağ oranına sahip olduğu için sağlıklı beslenme açısından tercih edilen yağlar arasındadır.

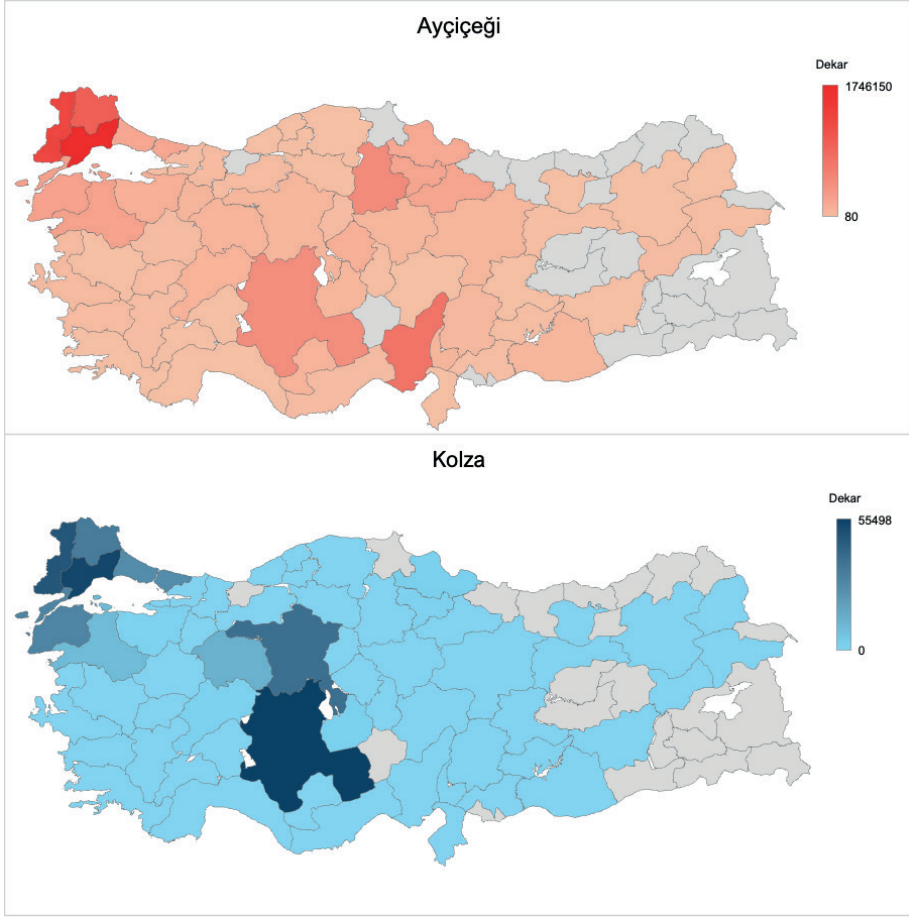
Ülkemizde en fazla ekilen ve üretilen yağ bitkisi ayçiçeğidir. Ayçiçeğinin adaptasyon kabiliyetinin yüksek olması nedeniyle çok farklı iklim ve toprak koşullarına uyum sağlayabilmektedir. Bu nedenle ülkemizin Doğu Karadeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinin doğusu hariç hemen her bölgesinde yetiştirilmektedir (Şekil 4). Ayrıca, ekim alanı yıldan yıla önemli artışlar göstermektedir. Son 10 yılda ayçiçeği ekim alanında 520 bin ha'dan 864 bin ha'ya ulaşmıştır. Ekim alanındaki artışa bağlı olarak ayçiçeği üretimi 1,38 milyon ton'dan 1,96 milyon ton'a yükselmiştir. Bu dönemde ayçiçeği verimi ise 227-293 kg/da arasında gerçekleşmiştir. On yılda verimde 66 kg/da'lık bir dalgalanma olmuştur.

Kolza ekim alanlarımız ise 2013 yılında 31 bin ha iken, 2019 yılında 52 bin ha'ya ulaşmış ve 2023 yılında tekrar 32 bin ha'ya gerilemiştir. Bu dönem içerisinde en düşük ekim alanı 2017 yılında (16 bin ha) gerçekleşmiştir. Üretim miktarı ise 102 bin ton'dan 120 bin ton'a yükselmiştir. Ancak, ekim alanlarında yıldan yıla gerçekleşen dalgalanmalar üretime yansımış olsa da verim bakımından önemli bir dalgalanma söz konusu olmamıştır. Bu dönemde kolza verimi 342-372 kg/da arasında gerçekleşmiştir. Verim değerleri ayçiçeği ile kıyaslandığında, kolzanın veriminde daha az (30 kg/da) dalgalanmaların olduğu anlaşılmaktadır. Bu durumun temel sebebi ise kolzanın kışlık olarak yetiştirilmesi ve ayçiçeğinden farklı olarak yaz aylarının sıcak ve kuraklıklarından etkilenmemesi gösterilebilir. Kolza bitkisi kar örtüsü altında -20°C'ye kadar düşük sıcaklıklara dayanabilmektedir (Baydar ve Erbaş, 2014). Bu özelliği sayesinde özellikle kışlık kolza çeşitleri ülkemiz için büyük önem taşımaktadır.

Çizelge 1. Ülkemizde 2013-2023 yılları arasında yağlık ayçiçeği ve kolza ekiliş, üretim ve verim değerleri

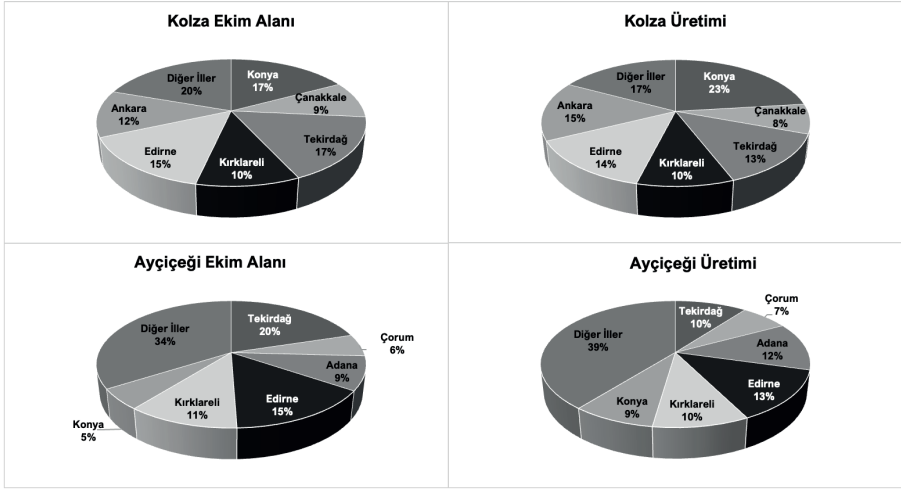
Yıllar	Yağlık Ayçiçeği		
	Ekim alanı (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/da) v
2013	520.260	1.380.000	265
2014	552.465	1.480.000	269
2015	568.995	1.500.000	264
2016	616.780	1.500.000	244
2017	681.398	1.800.000	264
2018	648.934	1.800.000	277
2019	675.983	1.950.000	289
2020	650.869	1.900.000	292
2021	811.312	2.215.000	273
2022	900.518	2.350.000	261
2023	864.668	1.960.000	227
	Kolza		
Yıllar	Ekim alanı (ha)	Üretim (ton)	Verim (kg/da)
2013	31.127	102.000	328
2014	32.133	110.000	342
2015	35.082	120.000	344
2016	35.453	125.000	353
2017	16.519	60.000	364
2018	37.846	125.000	330
2019	52.515	180.000	343
2020	34.989	121.542	347
2021	37.602	140.000	372
2022	41.146	150.000	365
2023	32.291	120.000	372

Kaynak: Anonim (2024a)



Şekil 4. Türkiye’de 2023 yılı ayçiçeği ve kolza ekim alanlarının illere göre dağılımı (Anonim, 2024a).

TÜİK verilerine göre, 2023 yılı yağlık ayçiçeği ve kolzanın ekim alanlarının illere göre dağılımı incelendiğinde, her iki bitkinin de ekiminin yapıldığı iller aynıdır (Şekil 4). Her iki bitkinin de Marmara, İç Anadolu, Ege ve Akdeniz Bölgeleri ile Batı Karadeniz, Doğu ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinin bazı illerinde ekimleri yapıldığı görülmektedir. Ayçiçeği ekiminin yoğun olarak yapıldığı Trakya yöresinde kolza ekim alanlarının da yoğun olduğu görülmektedir.



Şekil 5. Ülkemizde ayçiçeği ve kolza ekiliş ve üretiminin en fazla yapıldığı illerin oransal dağılımı (Anonim, 2024a)

Ülkemizde kolza ekiminin en fazla yapıldığı iller incelendiğinde, sırasıyla Tekirdağ, Konya, Edirne, Ankara, Kırklareli ve Çanakkale olduğu Şekil 5'de görölmektedir. Üretim miktarları bakımından ise Konya, Ankara, Edirne, Tekirdağ, Kırklareli ve Çanakkale olarak sıralanmaktadır. Ayçiçeği ekiminin en fazla yapıldığı iller ise Tekirdağ, Edirne, Kırklareli, Adana, Çorum ve Konya'dır. Üretimde ise ilk sırayı Edirne alırken, bunu Adana, Tekirdağ, Kırklareli, Konya ve Çorum illeri izlemiştir. İki bitkinin hem ekim alanı hem de üretiminin yoğunlaştığı iller, Adana hariç, benzerdir.

Yukarıda incelenen veriler ve haritalar yardımıyla ayçiçeği ve kolzanın ekim alanlarının aynı bölgeler hatta aynı iller olduğu belirgin bir şekilde ortaya konulmuştur. Ayçiçeğinin yazlık olarak ilkbaharda, kolzanın ise kışlık olarak erken sonbaharda ekilmesi iklim isteklerinin ve tarımsal faaliyetler bakımından oldukça farklılık göstermesi bakımından birbirlerinden ayrılmaktadır. Ancak, yağlık ayçiçeği ekim alanlarında kolza yetiştirilmesi durumunda tohum üretiminde ve bitkisel yağ üretiminde nasıl bir farklılık olacağı ve bu farklılığın ülkemizin bitkisel yağ üretimine katkılarının değerlendirilmesi ihtiyacı ortaya çıkmıştır. Bu nedenle, son on yıllık (2014-2023) veriler kullanılarak, ayçiçeği ekim alanlarında kolza ekimi yapılmış olsaydı üretimin nasıl etkileneceği hesaplanmıştır.

Hesaplama:

Ayçiçeği ekim alanı (ha) (1) x Kolza verimi (ton) (2) = Potansiyel kolza üretim miktarı (ton) (3) elde edilmiştir.

Daha sonra, potansiyel kolza üretiminden (3), o yıl gerçekleşen ayçiçeği üretim miktarı (ton) (4) çıkartılarak üretim farkı (ton) (5) belirlenmiştir.

Kolza ve ayçiçeğinin tohumdaki yağ miktarlarının %40-44 arasında olduğu ve her ikisinde de minimum değer olan %40 oranında yağ içeriğine sahip olduğu göz önüne alınmıştır.

Dolayısıyla, üretim farkı (ton) (5) x %40 yağ oranı hesabı ile ilave yağ miktarı (ton) (6) hesaplanmıştır. Yıllara göre elde edilen ilave üretim miktarı ve yağ miktarı Çizelge 2'de verilmiştir.

Çizelge 2. Yıllara göre ayçiçeği-kolza dönüşümünde gerçekleştirilecek üretim farkı ve yağ miktarları

Yıllar	(1) Ayçiçeği ekim alanı (ha)	(2) Kolza verimi (kg/da)	(3)=(1)x(2) Potansiyel kolza üretim miktarı (ton)	(4) Ayçiçeği üretimi (ton)	(5)=(3)-(4) Üretim farkı (ton)	(6)=(5)x0,4 İlave yağ miktarı (ton)
2014	552.465	342	1.889.431	1.480.000	409.431	163.772
2015	568.995	344	1.957.343	1.500.000	457.343	182.937
2016	616.780	353	2.177.233	1.500.000	677.233	270.893
2017	681.398	364	2.480.287	1.800.000	680.287	272.115
2018	648.934	330	2.141.484	1.800.000	341.484	136.594
2019	675.983	343	2.318.623	1.950.000	368.623	147.449
2020	650.870	347	2.258.518	1.900.000	358.518	143.407
2021	811.312	372	3.018.079	2.215.000	803.079	321.232
2022	900.518	365	3.286.890	2.350.000	936.890	374.756
2023	864.668	372	3.216.565	1.960.000	1.256.565	502.626

Çizelge 2'de 2014-2023 yılları arasında ayçiçeği ekim alanlarında kolza yetiştirilmesi durumunda ortaya çıkması muhtemel üretim artışları ve bu artışa bağlı olarak ilave elde edilebilecek yağ miktarları hesaplanarak verilmiştir. Ayçiçeği ekim alanlarındaki artışa bağlı olarak hesaplanan potansiyel kolza üretim miktarı da artmıştır. Elbette bu dönemde ayçiçeği üretim miktarlarında da artış yaşanmıştır. Bu dönemde oluşabilecek üretim farkı 341 bin ton ile 1.256 bin ton arasında değişmiştir. Bu üretim fazlalığına karşılık elde edilebilecek yağ miktarının ise 136 bin ton ile 502 bin ton arasında olabileceği hesaplanmıştır. Bu farkı ortaya çıkartan en önemli etkenin büyük oranda kolza veriminin ayçiçeği veriminden daha yüksek olmasıdır.

5. Türkiye'de Kolza Üretiminin SWOT Analizi ile Değerlendirilmesi

Bir konunun kuvvetli (Strength) ve zayıf (Weakness) yönlerini ve ilgili fırsat (Opportunity) ve tehdit (Threat) faktörlerini belirleyerek stratejik konunun değerlendirilmesine olanak veren bir yaklaşım olan SWOT analizi, İngilizcesi olan kelimelerin baş harflerinden adını almıştır (Jobber, 1995).

Bu analiz yardımıyla kolza bitkisinin ülkemizdeki üretim potansiyeli ayçiçeği bitkisi ile karşılaştırmalı olarak değerlendirilmiştir. Kolza ekiminin yaygınlaştırılması ve üretiminin artırılması amacıyla hem üreticiler hem sanayiciler hem de tüketiciler bakımından kuvvetli ve zayıf yönleri ile fırsat ve tehditler belirlenmeye çalışılmış ve Çizelge 3'de özetlenmiştir.

Çizelge 3. Türkiye'de kolza üretiminin SWOT analizi ile değerlendirilmesi

Güçlü Yönler	Zayıf Yönler
<ul style="list-style-type: none"> • Ülkemiz ekolojik koşullarının kolza tarımına uygun olması • Kolzanın adaptasyon kabiliyetinin yüksek olması • Maliyet yönünden diğer ürünlerle rekabet edebilir nitelikte olması • Tane veriminin yüksek olması • Yağ oranını yüksek olması • Kolzanın düşük sıcaklığa dayanabilmesi nedeniyle kışlık olarak ekilmesi • Erken hasat edilmesi (Haziran-Temmuz) • Mekanizasyona uygun ve işçilik gereksiniminin az olması • Ayçiçeğine göre hastalık ve zararlısının az olması • Sulama suyu ihtiyacının az olması veya hiç olmaması • Ayçiçeğine göre daha stabil verime sahip olması • Diğer bitkilere göre prim ve desteklemesinin yüksek olması 	<ul style="list-style-type: none"> • Kolza tarımının çiftçiler tarafından bilinmemesi • Kolza üretiminde deneyimli teknik personelin yetersiz olması • Bitkinin kışa rozet döneminde girmesi için ekim sonrası çıkış suyu verilmesi • Tohumluk temininde karşılaşılan problemler • Hasatta ürün kaybının olması • Fiyat ve pazar istikrarının sağlanamaması • Depolama olanaklarının yetersiz olması
Fırsatlar	Tehditler
<ul style="list-style-type: none"> • Kolza yağının biyodizel üretime uygun olması • Küspesinin hayvan yemi olarak değerlendirilmesi • Erken hasat (haziran-temmuz) edilmesi nedeniyle âtil durumdaki fabrikaların çalışmasını sağlaması • Yağında insan sağlığı için çok faydalı olan Omega-9 ve Omega-3 yağ asitlerinin bulunması • Uzun süre açan çok sayıda çiçeği ile iyi bir balözü kaynağı olması • Orobanş gibi verimi etkileyecek önemli bir parazitin olmaması • Çiftçilerin alternatif ürün arayışları • Tarlayı erken terk etmesi nedeniyle toprağın daha fazla dinlenmesine ve bazı bölgelerde 2. ürün tarımına olanak sağlaması 	<ul style="list-style-type: none"> • Alternatif ürün niteliği taşıması ve henüz ana ürün olarak değerlendirilmemesi • Ülkemizde kolza yağına alışkanlığın olmaması ve tüketimine alışılmaması • Ekim alanı ve üretimdeki yetersizliğin pazar problemine neden olabilmesi • Bitkisel yağ üretimimizin yetersiz olması nedeniyle dünya piyasalarındaki fiyatın ithalatı cazip hale getirmesi • Hasadın zamanında ve uygun biçerdöver tablası ve ayarlamalarının yapılamaması • Buğday ve arpa ekim alanlarından kolzaya geçişlerin olması nedeniyle buğday ve arpa üretiminde azalma

SONUÇ

Ülkemizde yağlı tohum üretiminin yetersiz olması nedeniyle bitkisel yağ sanayimiz önemli miktarlarda hammadde sıkıntısı yaşanmaktadır. Üretilen yağlı tohumlu bitkiler ile elde edilen bitkisel yağ miktarı yıllara göre değişmekle üretimimizin ancak %50-60'ını karşılayabilmektedir. Bu açık nedeniyle her yıl önemli miktarda yağlı tohum, bitkisel ham yağ ve yağlı tohum küspesi ithal edilmektedir. Dolayısıyla bitkisel yağ talebini karşılamak ve atıl kapasite ile çalışan yağ fabrikalarının etkin bir şekilde kullanılması için yağlı tohumlu bitkilerin üretimi artırılmalı ve çeşitlendirilmelidir.

Ülkemizin en önemli yağ bitkisi ayçiçeği iken, soya, kolza, zeytin, mısır ve bunların yanında asıl amacı lif üretimi olan pamuk tohumlarından bitkisel yağ elde edilmektedir. Bunun dışında yerfıstığı, susam ve haşhaş gibi yağ bitkileri yetiştirilse de bu bitkilerin farklı kullanım amaçlarından (çerez, tahin-helva, unlu mamuller ve tıbbi amaçla) dolayı yağ elde edilmemektedir. Bu yağ bitkilerinden kolza hariç, diğerleri yazlık olarak yetiştirilmekte ve hasatları yaz sonu veya sonbahar aylarında yapılmaktadır. Ancak, kolza bitkisi haziran-temmuz aylarında hasat edildiği için fabrikaların bu dönemde ihtiyaç duyduğu hammaddeyi karşılayabilecektir. Kolza bitkisinin kışlık çeşitlerinin düşük sıcaklıklara kadar dayanabilmesinden dolayı ülkemizin birçok bölgesinde ekilme potansiyeli bulunmaktadır. Böylece kış ve bahar yağışlarından faydalanarak yazlık ekilen yağ bitkilerine kıyasla daha az sulama gereksinimi ve daha yüksek tane ve yağ verimi sağlayabilmektedir.

Uzun yıllardan beri süregelen bitkisel yağ açığımızın hızlı bir şekilde kapatılması veya en azından azaltılması amacıyla birçok fikir ve uygulama hayata geçirilmesine ve üretimde önemli gelişmeler sağlanmasına rağmen, yeterli olmamıştır. Bu nedenle, konuya farklı bakış açılarının geliştirilmesi zorunlu hale gelmiştir. Bu çalışmada, kolza bitkisinin ayçiçeği ile karşılaştırılması yapılmış ve her iki bitkinin de ülkemizde ekim alanlarının aynı yerler olduğu tespit edilmiştir. Son on yıllık verilerden yararlanarak yaptığımız değerlendirmeler sonucunda, ayçiçeği ekim alanlarında kolza ekimi yapılması durumunda 136.000 ton ile 500.000 ton arasında daha fazla yağ elde edilebileceği hesaplanmıştır. Bu üretim miktarıyla kolzanın neredeyse tek başına bitkisel yağ açığımızı kapatabilecek bir potansiyele sahip olduğu anlaşılmıştır.

Günümüz şartlarında ayçiçeği ile kolzanın alım fiyatları hemen hemen aynı seviyelerde gerçekleşmektedir. Kolzanın birim alan veriminin yüksek olmasından dolayı çiftçilerin daha fazla gelir elde edebileceği öngörülmektedir. Bu durum aynı zamanda kolzanın ayçiçeğine göre daha kârlı bir bitki olabileceğini de göstermektedir. Yerli biyodizel üreticilerinin de kolzaya olan talebi kolzanın pazarını çeşitlendirmekte ve fiyatını dengede tutabilmektedir.

Sonuç olarak, artan nüfus ve azalan tarım alanları nedeniyle yağlı tohumlu bitkilerin ekim alanları iki yönlü baskı altına alınmıştır. Dolayısıyla ülkemizi-

zin bitkisel yağ ihtiyacını karşılamak ve ithalatını azaltmak için ayçiçeğinden kolzaya dönüşümünün önemli katkılar sağlayacağı öngörülmektedir. Bununla birlikte, üreticilerin kolza tarımını yeterince bilmemesi ve tüketici alışkanlıkları nedeniyle kolza yağının benimsenmesi gibi önemli riskleri bulunduğu da göz ardı edilmemelidir.

KAYNAKLAR

- Anonim, (2024a). Bitkisel Üretim İstatistikleri <http://tuikapp.tuik.gov.tr/bitkiselapp/bitkisel.zul>. Erişim tarihi: 24.02.2024
- Anonim, (2024b). <https://www.fao.org/faostat/en/#data/TCL> Erişim tarihi: 24.02.2024.
- Arıoğlu, H. (2014). Yağ Bitkileri Yetiştirme ve Islahı. Ders Kitabı Genel Yayın No:220, Ders Kitapları Yayın No: A-70, Adana.
- Ayaz, A. (2008). Yağlı Tohumların Beslenmemizdeki Yeri. Hacettepe Üniversitesi Sağlık Bilimleri Fakültesi Beslenme ve Diyetetik Bölümü, Ankara.
- Baydar, H. ve Erbaş, S. (2014). Yağ Bitkileri Bilim ve Teknolojisi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın no:97. Isparta. 313 s.
- Doğru, A. (2020). Kolza bitkisine (*Brassica napus* L.) genel bir bakış. *UAZİMDER Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, 2, 30-36.
- Downey, R.K. ve Röbbelen, G. (1989). Brassica species. In: Oil Crops of the World. Eds. G. Röbbelen, R.K. Downey, A. Ashri. McGraw-Hill Inc. USA. p. 339-362.
- Haque, M.M., Rahman, M.N., Alam, M.J. ve Akter, S. (2016). Possible approach for maintaining effective omega-6/ omega-3 fatty acid ratio from mixed vegetable oils. *Journal of Environmental Sciences and Natural Resources*, 9(2), 65-69.
- İlkdoğan, U. (2008). Dünya ve Avrupa Birliği'nde Yağlı Tohum Ticaretinde Gelişmeler Türkiye Bağlamında Değerlendirme. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Dış İlişkiler ve AB Koordinasyon Dairesi Başkanlığı. AB Uzmanlık Tezi, Ankara.
- Jobber, D. (1995). Principles and Practice of Marketing. McGraw-Hill Book Comp, p. 40.
- Kaya, M.D., Bayramin, S. ve Day, S. (2009). Oleik asit içeriği yüksek yağ bitkileri. *Türk-tarım Dergisi*, 187, 72-76.
- Kaya, M.D., Harmancı, P. ve Yaman, E. (2024). Türkiye'nin yağlı tohum ve bitkisel yağ üretimi ve ticaretindeki gelişmeler. Tarla Bitkilerinde Güncel Yaklaşımlar I, s. 107-131. Iksad Publishing House, Ankara, Turkey.
- Kıllı, F. ve Beycioğlu, T. (2019). Türkiye'de ve dünyada yağlı tohum ve ham yağ üretim durumu, Türkiye yağlı tohum üretimine ilişkin önemli sorunlar. *UAZİMDER Uluslararası Anadolu Ziraat Mühendisliği Bilimleri Dergisi*, Özel sayı, 17-33.
- Kimber, D.S. ve McGregor, D.I. (1995). Brassica Oil Seeds. Production and Utilization. CAB International, Cambridge, p. 3.
- Kolsarıcı, Ö., Kaya, M.D., Göksoy, A.T., Arıoğlu, H., Kulan, E.G. ve Day, S. (2015). Yağlı tohumlu bitkiler üretiminde yeni arayışlar. Türkiye Ziraat Mühendisliği VIII. Teknik Kongresi (Bildiriler Kitabı-1), 12-16 Ocak, Ankara, s. 401-425.



Bölüm 4

GIDA ARZININ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ AÇISINDAN DAYANIKLI TEDARİK ZİNCİRLERİ OLUŞTURMANIN ÖNEMİ VE ÖNERİLER

Büşra ASTEKİN¹

Nevin DEMİRBAŞ²

M. Metin ARTUKOĞLU³

1 Öğr. Gör. Büşra ASTEKİN

İzmir Bakırçay Üniversitesi, Menemen Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü, 35660 Menemen/İZMİR, e-posta: busraastekin@gmail.com; ORCID NO: 0000-0001-7266-5368 .

2 Prof. Dr. Nevin DEMİRBAŞ, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, 35040 Bornova/İZMİR, e-posta: nevin.demirbas@ege.edu.tr; ORCID NO: 0000-0002-0541-1437.

3 Prof. Dr. M. Metin ARTUKOĞLU, Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü, 35040 Bornova/İZMİR, e-posta: metin.artukoglu@ege.edu.tr; ORCID NO: 0000-0003-4800-5209 .

1. GİRİŞ

Günümüz küresel ekonomisinde, tedarik zincirlerinin dayanıklılığı giderek daha kritik bir öncelik haline gelmektedir. Son yıllarda yaşanan COVID-19 pandemisi, iklim değişikliği, jeopolitik gerginlikler ve benzeri krizler, temel mal ve hizmetlerin, özellikle gıda arzının sürekli temini için ciddi riskler oluşturmuştur (Ivanov, 2020; Queiroz vd., 2020). Bu durum, dayanıklı ve sürdürülebilir gıda tedarik zincirlerinin geliştirilmesinin önemini vurgulamaktadır.

Sürdürülebilir gıda sistemleri; sosyal, çevresel ve ekonomik boyutları gözetilen bütüncül yaklaşımları gerektirmektedir. Bu kapsamda önerilen stratejiler arasında, rejeneratif tarım uygulamaları, gıda israfının azaltılması, biyoçeşitliliğin korunması, döngüsel ekonomi ilkelerinin benimsenmesi, bölgesel ve yerel gıda sistemlerinin güçlendirilmesi sayılabilir (Spaargaren vd., 2013; Schipanski vd., 2016). Gıda arz güvenliğinin sağlanması kendi içindeki çok boyutluluğun yanı sıra, sistem bütünlüğü açısından dayanıklılık kazandırılmış tedarik zincirlerinin oluşturulmasını da gerekli kılmaktadır.

Dayanıklı ve sürdürülebilir gıda tedarik zincirlerinin oluşturulması hem mevcut krizlere dirençli olma hem de gelecekteki olası zorluklara hazırlıklı olunması ile ilgilidir. Bu amaçla, tedarikçilerin, üreticilerin, dağıtıcıların, politika yapımcıların ve tüketicilerin ortak çabalarını gerektirmektedir (Dubey vd., 2018). Çok katmanlı sistem yaklaşımı gerektiren dayanıklı tedarik zincirlerinin oluşturulması ve gıda arzının sürdürülebilirliği, bu nedenle hem günümüzün hem de geleceğin en stratejik konularından biridir.

Gıda arz güvenliği, bireylerin yeterli ve dengeli beslenmeye erişimi ile gıdaların güvenli bir şekilde üretildiği, işlendiği ve dağıtıldığı bir ortamı ifade etmektedir. Bu, sadece gıda ürünlerinin yeterli miktarda bulunmasıyla değil, aynı zamanda bu gıdaların besleyici ve sağlıklı olmasıyla da ilgilidir. Gıda arz güvenliğinin sağlanması ise çevresel, sosyal ve ekonomik faktörlerin dengeli bir şekilde yönetilmesiyle mümkündür. Ayrıca, dayanıklı tedarik zincirleri, kriz durumlarında dahi kesintisiz gıda erişimi ve teminini garantileyerek gıda arz güvenliğinin sürdürülebilirliğini de desteklemektedir (Garip vd., 2021).

Beklenmedik olaylara karşı direnç ve hızlı adaptasyon sağlayabilen dayanıklı tedarik zincirleri; gıda üretiminin, işlenmesinin, depolanmasının ve dağıtımının kesintisiz ve etkili bir biçimde gerçekleştirilmesini mümkün kılmaktadır. Özellikle doğal afetler, pandemiler, ekonomik krizler veya jeopolitik gerginlikler gibi beklenmedik durumlar, gıda arzında aksamalara neden olabilmektedir. Dayanıklı tedarik zincirleri, bu tür krizlerde bile gıda arzının sürekliliğini ve erişilebilirliğini sağlamak için esneklik, yedeklilik ve koordinasyon sağlamaktadır.

Bu çalışmanın temel amacı, dayanıklı tedarik zincirlerinin gıda arz güvenliğinin sağlanmasındaki kritik rolünü ve gıda tedarik zincirlerinin nasıl daha dirençli hale getirilebileceğini ele almaktadır. Çalışmada sürdürülebilir gıda sistemlerinin oluşturulmasında etkili faktörler, stratejiler ve öneriler de incelenerek değerlendirilmektedir. Çalışmada ayrıca, olası krizlere karşı daha hazırlıklı olabilmek amacıyla dayanıklı tedarik zincirleri ve sürdürülebilir gıda sistemlerinin nasıl oluşturulabileceği konusunda öneriler de sunulmaktadır.

Çalışmanın ana materyalini, TÜBİTAK ULAKBİM, Dergipark, Google Akademik, Ulusal Tez Merkezi gibi veri tabanlarında konuyla ilgili yapılan taramalardan elde edilen ikincil veri kaynakları oluşturmaktadır.

2. GIDA ARZININ SÜRDÜRÜLEBİLİRLİĞİ

2.1 Gıda Arz Güvenliğinin Tanımı ve Önemi

Gıda güvencesizliği ve gıdaya erişim sorunları, dünyanın birçok bölgesinde yaygın bir endişe kaynağı olarak varlığını sürdürmektedir. FAO'nun 2014-2016 yılları arasındaki üç yıllık verileri, dünya genelinde on kişiden birinin (yaklaşık %9,3) ciddi gıda güvencesizliği yaşadığını, bu durumun ise 689 milyon kişiyi etkilediğini göstermektedir. Gıda güvencesizliği, iklim değişikliği, tahıl üretiminin azalması, hayvan sayısındaki düşüş ve gıda fiyatlarının artışı gibi faktörlerden olumsuz etkilenmektedir. Bu sorunlara çözüm bulabilmek için, iklim değişikliğine uyum sağlayan tarım uygulamalarının ve sürdürülebilir gelir kaynaklarının geliştirilmesi gerekmektedir (FAO, 2017).

19. yüzyıldan itibaren hız kazanan kentleşme süreci, sadece çevresel sorunları değil, aynı zamanda gıda ve gelir güvenliği problemlerini de beraberinde getirmiştir. Bu bağlamda, gıda güvencesinin sağlanması, küresel gıda arz ve talep dengesinin korunması için kritik bir öneme sahiptir. Gıda arzının sürdürülebilirliği ise, artan nüfus, değişen tüketici tercihleri ve çevresel kısıtlamalar nedeniyle giderek daha zorlu bir hal almaktadır (Godfray vd., 2010). Mevcut gıda sistemleri, çevresel etkileri azaltma, kaynakları verimli kullanma ve uzun vadede gıda güvencesini sağlama konularında yetersiz kalmaktadır. Bu nedenle, sürdürülebilir gıda sistemlerinin oluşturulması ve geliştirilmesi son derece önemlidir.

2.2 Gıda Arz Güvenliğini Etkileyen Faktörler

2.2.1 Nüfus Artışı

Birleşmiş Milletler'(BM) e göre Dünya nüfusu 1999 yılında 6 milyar iken, 2011 yılında 7 milyara ve 2022 yılında 8 milyara ulaşmıştır. Dünya Bankası verilerine göre küresel nüfus artış hızı 2022 yılında ortalama %0.8 oranındayken, Hindistan'da %0.7, Çin'de %0.03Türkiye'de %1 ve sahra altı ülkelerde ise bu oran %3'ün üzerinde seyretmektedir. BM nüfus tahminlerine göre 2022

yılında en fazla nüfusa sahip ülke, 1 milyar 425 milyon 887 bin 337 kişi ile Çin olurken; bu ülkeyi 1 milyar 417 milyon 173 bin 173 kişi ile Hindistan, 338 milyon 289 bin 857 kişi ile Amerika Birleşik Devletleri izlemiştir. Bu üç ülke dünya toplam nüfusunun %39.9'unu oluşturmaktadır. Türkiye, 85 milyon 279 bin 553 kişi nüfusu ile nüfus büyüklüğüne göre 194 ülke arasında 18. sırada yer alırken, dünya toplam nüfusunun %1.1'ini oluşturmaktadır (TÜİK, 2023).

Nüfus artışı, gıda arz güvenliği üzerinde doğrudan etkili olan kritik bir faktördür. Hızla artan nüfus, gıda talebinin artmasına ve gıda arzını karşılamada yeni zorluklar ortaya çıkarmaktadır. Bu durum, tarım alanlarının daha verimli kullanılmasını, sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesini ve daha yüksek üretim kapasitelerinin oluşturulmasını gerektirmektedir. Ayrıca, nüfus artışı, doğal kaynakların ve tarım alanlarının baskı altına girmesine, su ve toprak kaynaklarının tükenmesine ve biyoçeşitliliğin azalmasına yol açabilmektedir. Bu faktörler; gıda güvencesini ve gıda arz güvenliğini tehlikeye atabilir, çünkü sürdürülebilir bir gıda üretimi için gerekli olan doğal kaynakların sınırlı olması, gıda üretiminin ve dağıtımının kesintiye uğramasına neden olabilmektedir. Dolayısıyla, nüfus artışıyla birlikte ortaya çıkan bu zorlukları aşabilmek için etkili politika ve stratejilerin geliştirilmesi, sürdürülebilir gıda arz güvenliğinin sağlanması için oldukça kritik bir öneme sahiptir.

2.2.2 İklim Değişikliği

İklim değişikliği, küresel ölçekte karşı karşıya kalınan en büyük sorunlardan biridir. Özellikle sanayi devriminin ardından fosil yakıtların kullanılması, arazi kullanımında ortaya çıkan değişiklikler, ormansızlaşma ve sanayi süreçleri sonucunda atmosferde biriken sera gazları (karbondioksit-CO₂, metan-CH₄, diazot monoksit-N₂O, hidroflorokarbonlar-HFCs, perflorokarbonlar- PFCs, kükürt heksaflorid-SF₆), atmosferin kimyasal özelliklerini etkilemekte, uzun vadede ise sera etkisi sebebiyle, küresel çapta ısınmaya ve nihayetinde iklim değişikliğine neden olmaktadır. İklim değişikliği de fiziksel ve doğal çevre, kent yaşamı, kalkınma ve ekonomi, teknoloji, insan hakları, tarım ve gıda, temiz su ve sağlık gibi canlı yaşamının bütün alanlarını olumsuz yönde etkilemektedir (ÇŞB, 2012).

Değişen iklim koşulları, tarımsal üretimi olumsuz etkilemekte; kuraklık, seller, artan sıcaklıklar ve ekstrem hava olayları, gıda üretimini azaltmakta veya tarım alanlarına zarar vermektedir. Bu durum, ürün verimliliğini düşürerek gıda fiyatlarını artırmakta ve gıdaya erişimi zorlaştırmaktadır. Ayrıca, deniz seviyesinin yükselmesi ve tuzlu su baskınlarının artması gibi iklim değişikliği sonuçları, tarım alanlarının azalmasına ve verim kayıplarına neden olabilmektedir. İklim değişikliğine uyum sağlamak için, sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesi ve çeşitlendirilmiş tarım stratejilerinin geliştirilmesi gerekmektedir. Bu sayede, iklim değişikliğinin negatif etkileri en aza indirilerek gıda arz güvenliğinin sürdürülebilirliği sağlanabilir.

2.2.3 Gelir Dağılımındaki Eşitsizlikler

Gelir Dağılımı İstatistiklerinin hesaplandığı Gelir ve Yaşam Koşulları Araştırması 2023 yılı sonuçlarına ilişkin gelir bilgileri 2022 yılını referans almaktadır. Söz konusu araştırma sonuçlarına göre; en yüksek eşdeğer hane halkı kullanılabilir fert gelirine sahip %20'lik grubun toplam gelirden aldığı pay, bir önceki yıla göre 1.8 puan artarak %49.8'e çıkarırken, en düşük gelire sahip %20'lik grubun aldığı pay 0.1 puan azalarak %5.9 oldu. Ayrıca Gini katsayısı 0,433 olarak tahmin edilmektedir (TÜİK, 2024). Yüksek gelirli kesimin gelir payının artması, bu kesimin daha fazla gıdaya erişebilmesini dolayısıyla daha sağlıklı ve dengeli beslenme alışkanlıklarını sürdürebilmesini sağlayabilir. Ancak, düşük gelirli kesimdeki gelir payının azalması, bu gelir dilimindeki hane halklarının gıdaya erişimini ve beslenme düzeyini olumsuz etkileyebilir. Düşük gelirli bireylerin daha az ve daha düşük kaliteli gıdaya erişebilmesi, gıda güvencesi ve beslenme yetersizlikleri sorunlarına yol açabilir. Gini katsayısının 0.433 olarak hesaplanması, gelir dağılımındaki eşitsizliğin orta seviyede olduğunu göstermektedir. Bu durum, orta ve düşük gelirli kesimlerin gıda erişimi yani yeterli ve dengeli beslenme koşullarında olası sıkıntılar yaşayabileceğine işaret etmektedir. Eşitsiz gelir dağılımı, gıda arz güvenliği üzerindeki olumsuz etkileriyle birlikte, sosyal ve ekonomik eşitsizlikleri de derinleştirebilir.

2.2.4 Gıda İsrafı

Gıda israfı, üretilen gıdaların ölçsüz ya da bilinçsizce kullanılması ve tüketilmeden çöpe gitmesidir. Bu yönüyle gıda israfı gıda tedarik zincirinin tüketim aşamasıyla ilgilidir. Gıda kaybı ise özellikle insan tüketimi için üretilen gıdaların, tarladan tedarik zincirine, satış noktalarından evlere ve sofralarımıza ulaşıncaya kadar miktar azalmalarının ve/veya kalite kayıplarının meydana gelmesiyle oluşur. Bu yönüyle gıda kayıpları daha çok gıda tedarik zincirinin üretim ve dağıtım aşamalarıyla ilgilidir (Demirbaş, 2018).

Dünyada her yıl üretilen gıdaların yaklaşık olarak üçte biri kaybedilmekte ya da israf edilmektedir. Türkiye'de ise her yıl kişi başına 93 kilogram besin maddesi çöpe atılmaktadır. Bu miktar, küresel düzeyde restoranlardaki, evlerdeki ve perakende satış noktalarındaki tüketime hazır gıdaların % 17.0'sinin doğrudan çöpe gitmesi anlamına gelmektedir.

Gıda kayıp ve israfının %56.0'sı gelişmiş ülkelerde, geriye kalan %44.0'lük kısmı ise gelişmekte olan ülkelerde ortaya çıkmaktadır. Gelişmekte olan ülkelerde gıda kayıpları daha çok üretim, saklama, işleme, dağıtım ve pazarlama aşamalarındaki altyapı eksikliğinden, gelişmiş ülkelerde ise perakende ve tüketim aşamalarındaki gıda israfından kaynaklanmaktadır (Tarım ve Orman Bakanlığı, 2024).

Türkiye'de kişi başına 93 kilogram yiyeceğin çöpe atılması hem kaynakların verimsiz kullanımını hem de ekonomik kayıpları beraberinde getirmek-

tedir. Gelişmekte olan ülkelerde, gıda kayıpları genellikle üretim, saklama ve dağıtım süreçlerindeki altyapı eksiklikleri nedeniyle yaşanmaktadır. Bu eksiklikler, gıda üretiminin ve dağıtımının etkin bir şekilde gerçekleştirilememesi anlamına gelirken, gıda güvencesi sorunlarını da derinleştirmektedir.

2.2.5 Sürdürülebilir Tarım Uygulamaları

Sürdürülebilir tarım uygulamaları, gıda arz güvenliği üzerinde olumlu etkiler yaratan önemli bir faktördür. Bu uygulamalar; toprak, su ve biyoçeşitliliğin korunmasını hedeflerken aynı zamanda verimliliği ve üretkenliği de artırmaktadır. Kimyasal gübre ve pestisit kullanımının azaltılmasıyla toprak sağlığı korunur, su kaynakları daha etkili bir şekilde kullanılır ve ekosistem dengesi desteklenir. Sürdürülebilir tarım yöntemleri, uzun vadeli gıda üretimini sağlamaya yardımcı olurken, çiftçilere daha kararlı ve öngörülebilir bir gelir kaynağı sunar. Aynı zamanda, sürdürülebilir tarımın ekonomik, sosyal ve çevresel yönleriyle entegre bir yaklaşımı vardır. İklim değişikliği gerçeği ve bunun çevresel, sosyal ve ekonomik faaliyetler ve gıda güvencesi üzerindeki olumsuz etkileri yadsınamaz derecede büyük ve korkutucudur. İklim uyumlu tarım uygulamaları, gıda güvencesi için sürdürülebilir tarımsal kalkınmayı sağlamak amacıyla teknik koşulları, politikaları ve yatırım olanaklarını geliştirmeye yöneliktir. Bu uygulamaların benimsenmesi hem bugünkü hem de gelecekteki nesiller için yeterli ve dengeli beslenmeyi destekleyen bir gıda sisteminin oluşturulmasına katkıda bulunmaktadır (Demirbaş, 2022).

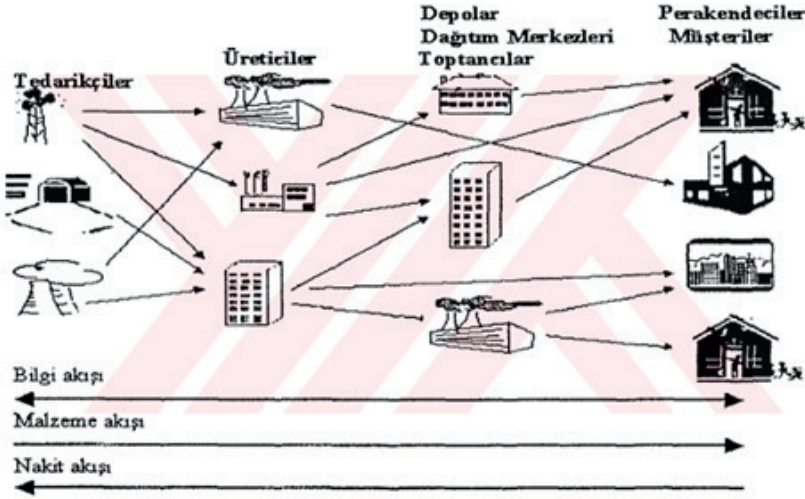
3. TEDARİK ZİNCİRİ KAVRAMI VE YÖNETİMİ

3.1 Tedarik Zinciri Tanımı, Önemi ve Etkileri

Tedarik zincirleri; üreticiler, işleyiciler, dağıtıcılar ve tüketiciler arasındaki bağlantıyı sağlayarak gıda sisteminde kritik bir rol oynamaktadır. Verimli ve işleyen tedarik zincirleri, gıda ürünlerinin erişilebilirliği ve ulaşılabilirliği sağlamak için oldukça önemlidir (Iakovou vd., 2014; Sarkis vd., 2011).

3.2 Gıda Sektöründe Dayanıklı Tedarik Zincirlerinin Önemi

Dayanıklı tedarik zincirleri, beklenmedik olaylara karşı dirençli ve hızlı uyum sağlayabilen bir sistemlerdir (Christopher ve Peck, 2004). Dayanıklılık, tedarik zincirlerinin çeşitli bileşenlerinde (üretim, lojistik, dağıtım vb.) yedeklilik, esneklik ve koordinasyonun sağlanması yoluyla elde edilir. Dayanıklı tedarik zincirlerinin kritik özellikleri arasında, çeşitlendirme, iş birliği, teknolojik entegrasyon ve kriz yönetimi sayılabilir (Sheffi, 2005; Ponomarov ve Holcomb, 2009).



Şekil 1. Tedarik Zinciri (Koca, 2001)

Özünde, sürdürülebilir gıda arzı, gelecek nesillerin refahını tehlikeye atmadan uzun vadeli gıda güvenencesini sağlayacak şekilde gıdanın üretimi, işlenmesi, dağıtımı ve tüketimini kapsamaktadır (Ericksen, 2008; Garnett, 2014). Bu kapsam, tarımsal uygulamalar ve kaynak yönetiminden atık azaltımına ve besin değeri yüksek gıdaya adil erişime kadar tüm gıda değer zincirini ele alan bütüncül bir yaklaşımı içermektedir.

Sürdürülebilir gıda arzına ulaşmak, nüfus artışı, değişen beslenme tercihleri, çevresel kısıtlamalar ve sosyo-ekonomik faktörler gibi çeşitli rekabet eden talepleri dengeleme gerekliliğinden dolayı karmaşık ve çok yönlü bir meydan okumadır. Gıda arz sürdürülebilirliğinin başlıca unsurları ise şunlardır:

- (1) Toprak, su ve enerji gibi doğal kaynakların verimli kullanımı;
- (2) Sera gazı emisyonları, atıklar ve çevresel bozulmanın azaltılması;
- (3) Biyoçeşitliliğin ve ekosistem hizmetlerinin korunması;
- (4) Adil çalışma uygulamalarının ve sosyo-ekonomik kalkınmanın desteklenmesi ve
- (5) Herkes için erişilebilir, besleyici ve kültürel olarak uygun gıdanın sağlanmasıdır (HLPE, 2014; Schipanski vd., 2016).

3.2.1 Gıda Güvenliği ve Kalitesi

Tedarik zincirleri, tüketicilerin gerekli miktarda ve kalitede gıdaya erişimini sağlayarak gıda ürünlerinin zamanında ve güvenilir şekilde teslimatından sorumludur (Leat ve Revoredo-Giha, 2013). Gıda güvenilirliğinin, güvenli üretim ve dağıtım ile mümkün olması, tarımsal faaliyetlerin izlene-

bilmesi ve risklere karşı gıda arz zincirlerinde bazı prensiplerin uygulanma zorunluluğunu da beraberinde getirmiştir (Demirbaş, 2019).

3.2.2 Çevresel Sürdürülebilirlik

Tedarik zincirlerindeki ulaşım, depolama ve dağıtım faaliyetleri, sürdürülebilir bir şekilde yönetilmezse sera gazı emisyonları, enerji tüketimi ve çevresel bozulma gibi sorunlara yol açabilmektedir (Srivastava, 2007; Varsei ve Polyakovskiy, 2017).

3.2.3 Ekonomik Etkiler

Verimli tedarik zincirleri, maliyet azaltma, kârlılık artırma ve gıda üreticileri ile dağıtıcılarının rekabet gücünü destekleyerek gıda sisteminin ekonomik sürdürülebilirliğine katkıda bulunabilmektedir (Iakovou vd., 2014; Tseng vd., 2019).

3.2.4 Sosyal Etkileri

Tedarik zincirleri, adil istihdam uygulamaları, yerel toplulukların desteklenmesi ve özellikle savunmasız nüfus için besin değeri yüksek gıdaya erişimin sağlanması gibi önemli sosyal sonuçlara yol açabilmektedir (Maloni ve Brown, 2006; Pullman ve Dillard, 2010).

Gıda tedarik zincirlerindeki aksamalar veya verimsizlikler, gıda kıtlıkları, fiyat dalgalanmaları ve daha geniş ekonomik ve sosyal istikrarsızlığa yol açabilmektedir (Ivanov, 2020; Queiroz vd., 2020). Bu nedenle, gıda tedarik zincirlerinin sürdürülebilirliği ve dayanıklılığını sağlamak, gıda sistemlerinin genel sürdürülebilirliği için kritik önem taşımaktadır.

4. Dayanıklı Gıda Tedarik Zincirleri Oluşturma Yolları

Gıda arzının sürdürülebilirliği ve dayanıklı tedarik zincirlerinin rolü birbiriyle yakından bağlantılıdır. Dayanıklı gıda tedarik zincirlerinin geliştirilmesi ve korunması, gıda kaynaklarının uzun vadeli korunması, güvenliği ve adil dağılımını sağlarken; aksamaların çevresel, ekonomik ve sosyal etkilerini en aza indirmek hususunda önemli bir rol oynamaktadır. Dayanıklı gıda tedarik zincirleri oluşturulabilmesi için gerekli unsurlar alt başlıklar halinde aşağıda ele alınmıştır.

4.1 Teknolojik Yeniliklerin Kullanımı

Dayanıklı tedarik zincirleri, güçlü izlenebilirlik, sıcaklık kontrolü ve acil durum planlaması yoluyla, aksamalar karşısında bile gıda ürünlerinin güvenliğini ve kalitesini korumaya yardımcı olabilmektedir (Dani ve Deep, 2010; Maruchek vd., 2011).

Teknolojik yenilikler, gıda arz zincirlerinin daha dayanıklı ve verimli bir şekilde çalışmasını sağlayarak gıda arz güvenliğini güçlendirebilmektedir. Örneğin, akıllı tarım teknolojileri, toprak nemini ve besin değerini süre-

li olarak izleyerek, sulama ve gübreleme gibi tarım uygulamalarını optimize etmektedir. Aynı zamanda, drone'lar ve sensörler sayesinde tarlaların ve ürünlerin durumu hakkında gerçek zamanlı veri toplanabilmekte, böylece hastalık ve zararlılara karşı daha hızlı müdahale edilebilmektedir. Lojistikte ise, izlenebilirlik ve otomatik stok yönetimi sayesinde, ürünlerin taşınması ve depolanması daha etkin ve güvenilir hale gelmektedir. Blok zincir teknolojisi ise gıda güvenliği ve izlenebilirlik açısından önemli bir rol oynamaktadır. Ürünlerin kaynağını ve geriye dönük süreçleri takip etmek, gıda sahtekarlığını önlemek ve tüketicilere daha şeffaf bilgi sunmak için kullanılmaktadır (Astekin vd., 2018).

Teknolojik yeniliklerin kullanımıyla oluşturulan dayanıklı gıda zincirleri, beklenmedik olaylara karşı dirençli ve hızlı bir şekilde adapte olabilir. Yapay zeka ve makine öğrenimi algoritmaları, tedarik zincirindeki talep ve arz dengesini daha iyi yönetmek için kullanılır. Bu sayede, talep tahminleri daha doğru hale gelir ve stok seviyeleri daha etkili bir şekilde yönetilir. Internet of Things (IoT) cihazları, ürünlerin taşıma koşullarını sürekli olarak izleyerek hasar riskini azaltır ve ürünlerin daha taze ve güvenli bir şekilde tüketiciye ulaşmasını sağlar. Bu teknolojik yenilikler sayesinde, gıda zincirinin her aşamasında oluşabilecek aksaklıklar ve kesintiler en aza indirilir, böylece dayanıklı bir gıda zinciri oluşturulabilir (Astekin vd., 2018).

4.2 Verimlilik ve İzlenebilirlik

Verimlilik, gıda tedarik zincirinin maliyetleri düşürmesine ve kaynakları daha etkili kullanmasına yardımcı olur. İzlenebilirlik ise ürünlerin kaynağını ve geçmişini takip ederek, güvenilirlik ve kalite kontrolü sağlar. Bu iki faktör, dayanıklı bir gıda tedarik zinciri oluşturarak beklenmedik olaylara karşı dirençli bir yapı sağlar.

Dayanıklı tedarik zincirleri, güçlü izlenebilirlik, sıcaklık kontrolü ve acil durum planlaması yoluyla, aksamalar karşısında bile gıda ürünlerinin güvenilirliğini ve kalitesini korumaya yardımcı olabilir (Dani ve Deep, 2010; Marucheck vd., 2011).

4.3 İş Birlikleri ve Ortaklıklar

Yedeklilik, esneklik, iş birliği ve teknolojik entegrasyon gibi özellikleri bünyesinde barındırarak, dayanıklı tedarik zincirleri gıda sisteminin genel sürdürülebilirliğini ve istikrarını artırabilir, böylece çeşitli zorluklara karşı dayanıklılık kazandırabilir (Sheffi, 2005; Ponomarov ve Holcomb, 2009).

İş birlikleri ve ortaklıklar, farklı paydaşlar arasında bilgi ve kaynak paylaşımını teşvik ederek gıda zincirinin bütünlüğünü güçlendirir. Çiftçiler, üreticiler, lojistik şirketleri ve perakendeciler arasında kurulan stratejik iş birlikleri, ürünlerin daha hızlı ve güvenli bir şekilde tüketiciye ulaşmasını sağlar. Ortaklık ve iş birlikleri sayesinde, tedarik zincirinin her aşamasında

yaşanabilecek aksaklıklar ve kesintiler en aza indirilerek dayanıklı bir gıda zinciri oluşturulabilir. Bu aksaklık ve kesintiler gibi riskler karşısında, hükümetler ve yönetimler gıda arzının sürdürülebilirliği için tedarik zincirleri konusunda birtakım önlemler almaya başlamış ve küreselleşme ile birlikte “bölgelleşme” ve “yerel/özkaynakların kullanımında etkinlik” meseleleri üretim ve ticaret politikaları kapsamında daha fazla tartışılır hale gelmiştir (Demirbaş, 2024).

Gıda tedarik zincirlerindeki iş birlikleri ve ortaklıklar, kaynakların daha etkin ve sürdürülebilir bir şekilde kullanılmasını sağlamaktadır. Ortak projeler ve girişimler, araştırma ve geliştirme faaliyetlerini destekleyerek, yenilikçi çözümlerin geliştirilmesine katkıda bulunur. Aynı zamanda, farklı sektörlerden ve disiplinlerden gelen uzmanların bir araya gelmesi, tedarik zincirinin daha kapsamlı ve dirençli bir yapıya kavuşmasını sağlar. Bu sayede, iş birlikleri ve ortaklıklarla dayanıklı gıda zincirleri oluşturulabilir ve sürdürülebilir gıda arz güvenliği sağlanabilir (TÜSİAD, 2020).

4.4 Eğitim ve Farkındalık

Eğitim ve farkındalık oluşturma, gıda zincirindeki tüm paydaşların bilgi ve becerilerini artırarak dayanıklı bir yapı oluşturabilir. Çiftçilerin sürdürülebilir tarım uygulamaları hakkında bilgi sahibi olmaları ve en iyi pratikleri benimsemeleri, ürün verimliliğini ve kalitesini artırır. Aynı şekilde, tüketicilere sağlanan eğitimler ve farkındalık kampanyaları, sürdürülebilir gıda tüketimi konusunda tüketicileri bilinçlendirebilir. Eğitim ve farkındalık oluşturma faaliyetleri, tedarik zincirinin her aşamasında daha sorumlu ve bilinçli kararlar alınmasını teşvik eder, böylece daha dayanıklı bir gıda zinciri oluşturulabilir. Tedarik zincirinin her aşamasında bulunan aktörlerin, yaptıkları işin sürdürülebilirliğini sağlamak ve bu konudaki farkındalığı arttırmak için her kademedeki çalışanlarına iyi bir eğitim vermelerinin yanında uygun yöntemlerle onları teşvik etmeleri gerekirken, bir yandan da kontrol ve/veya denetimi de elden bırakmamaları gerekmektedir (Yetim, 2022).

Dayanıklı gıda tedarik zincirleri, besin değeri yüksek gıdaya adil erişimi sağlama, istikrarlı istihdam fırsatları sunma ve yerel toplulukları güçlendirme yoluyla sosyal sürdürülebilirliğe de katkıda bulunabilir (Ericksen, 2008; Pullman ve Dillard, 2010).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Nüfus artışı, gıda arz güvenliği üzerinde doğrudan etkili bir faktördür. Dünya nüfusunun artması, tarım alanlarının daha verimli kullanılmasını ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesini zorunlu kılmaktadır.

İklim değişikliği, tarımsal üretimi ve dolayısıyla gıda üretimini olumsuz etkilemektedir. Kuraklık, seller gibi ekstrem hava olayları ve deniz seviyesinin yükselmesi gibi etkiler, gıda üretimini azaltmakta veya tarım alanlarına

zarar vermektedir. Bu nedenle, sürdürülebilir tarım uygulamalarının benimsenmesi ve iklim değişikliğine uyum sağlanması önemlidir.

Gelir dağılımındaki eşitsizlikler, gıdaya erişimi ve beslenme düzeyini olumsuz etkileyebilir. Türkiye’de gelir dağılımındaki eşitsizlik orta seviyededir ve bu durum, orta ve düşük gelirli kesimlerin gıda erişimi ve yeterli ve dengeli beslenme konusunda sıkıntılar yaşamasına neden olabilir.

Gıda israfı, dünya genelinde ciddi bir sorundur. Bu durum hem küresel düzeyde hem de Türkiye’de kaynakların verimsiz kullanımını ve ekonomik kayıpları beraberinde getirmektedir.

Gıda tedarik zincirleri, üreticilerden tüketicilere kadar olan süreçleri kapsamaktadır. Verimli ve işleyen tedarik zincirleri, gıda ürünlerinin erişilebilirliği için hayati önem taşır. Dayanıklı gıda tedarik zincirleri, beklenmedik olaylara karşı dirençli olmalıdır. Bu nedenle, tedarik zincirlerinin kritik özellikleri arasında çeşitlendirme, yedeklilik, iş birliği ve teknolojik entegrasyon bulunmalıdır.

Çalışmanın verileri çerçevesinde getirilebilecek öneriler şunlardır:

- Teknolojik gelişmelerden faydalanılarak, gıda tedarik zincirlerinin her aşamasını izlemek ve yönetmek için otomasyon sistemleri ve veri analizleri kullanılabilir. Bunun yanında günümüzde Tarım 4.0 ile sektöre giren bulut bilişim, nesnelerin interneti, blockchain ve yapay zeka gibi teknolojiler gıda tedarik zincirine faydalı olacak şekilde kullanılabilir.

- Tedarik zincirlerinin dayanıklılığını artırmak için çeşitlendirme stratejileri de hayati öneme sahiptir. Farklı tedarik kaynaklarına ve bölgelere dayanarak ürün çeşitliliği artırılabilir. Bu strateji, olası riskleri dağıtarak tedarik zincirlerinin genel direncini ve esnekliğini artırabilir.

- Yedeklilik, dayanıklı bir tedarik zinciri için bir diğer kritik unsurdur. Üretici ve tedarikçi çeşitliliği ile olası aksaklıklara karşı yedek kapasite sağlanabilmektedir. Alternatif tedarik yolları ve lojistik çözümleri oluşturarak, kesintisiz bir tedarik zinciri için gereken esnekliği ve güvenceyi sağlamak önemlidir.

- Tedarik zincirinin etkinliği ve dayanıklılığı için iş birliği ve koordinasyonu artırmak da gereklidir. Tedarik zincirinin her aşamasında paydaşlar arası iş birliği ile iletişimi güçlendirerek, tedarik zincirinin bütünlüğünü ve performansını optimize etmek faydalı olabilir. Bu, üreticilerden tüketicilere kadar olan süreçlerde daha verimli ve hızlı hareket edilmesini sağlayabilmektedir.

- Eğitim ve kapasite geliştirme, sürdürülebilir ve dayanıklı bir tedarik zinciri için kritik öneme sahiptir. Çalışanların ve yöneticilerin sürdürülebilir ve dayanıklı tedarik zincirleri konularında eğitim alması, en iyi uygulamaların ve yeni teknolojilerin benimsenmesini sağlayabilir.

- Çevresel faktörlere odaklanarak da tedarik zincirlerinin sürdürülebilirliği artırılabilir. Enerji verimliliği, atık yönetimi ve su kullanımı gibi çevresel faktörleri dikkate alarak, çevresel etkileri azaltılabilir ve sürdürülebilir bir tedarik zinciri oluşturulabilir.

- Son olarak, risk yönetimi ve finansman konularında da olası riskleri tanımlayarak, bu risklere karşı stratejiler geliştirmelidir. Ayrıca, etkili finansman modelleri ve ödeme şartları ile tedarikçilere destek olunarak, finansal sürdürülebilirliği sağlamak için esnek ve adil finansman çözümleri geliştirilebilir.

KAYNAKÇA

- Astekin, B., Özden, F. Ve Olgun, F. A., (2018), Gıda Endüstrisinde Pazarlamaya Yönelik Büyük Veri (Big Data) Kullanımı Üzerine Bir İnceleme, *Tralleis Elektronik Dergisi*, 3(2), s.80-95.
- Christopher, M., and Peck, H. (2004), Building the resilient supply chain. *The international journal of logistics management*, 15(2), 1-14.
- ÇŞB (T.C. Çevre Şehircilik Bakanlığı). (2012), İklim Değişikliği ve Türkiye, Ankara.
- Dani, S., and Deep, A. (2010), Fragile food supply chains: reacting to risks. *International Journal of Logistics: Research and Applications*, 13(5), 395-410.
- Demirbaş, N., (2018), Dünyada ve Türkiye’de Gıda İsrafını Önleme Çalışmalarının Değerlendirilmesi, VIII. International Balkan and Near Eastern Social Sciences Congress Series, Plovdiv/Bulgaria, April 21-22, p.521-526.
- Demirbaş, N., (2019), İyi Tarım Uygulamaları ile Meyve Bahçelerinde Ortaya Çıkan Üretim, Hasat ve Hasat Sonrası Kayıpları Azaltılabilir mi? XII. IBANESS Congress Series on Economics, Business and Management, Plovdiv/BULGARIA, April 20-21, s.289-296.
- Demirbaş, N., (2022), İklim Değişikliği Karşısında Tarım Sektörünün Sürdürülebilirliği İçin İklim Uyumlu Tarım: Farklı Ülke Deneyimlerinden Çıkarılan Dersler, XVII. IBANESS Congress, Plovdiv/Bulgaria, March 12-13, p.487-495.
- Demirbaş, N., (2024), “Kısa Tedarik Zincirlerinin Tarım- Gıda Ürünleri Lojistik Sorunlarına Çözüm Üretme Kapasitesinin Değerlendirilmesi”, *Ziraat ve Orman Ürünleri Alanında Uluslararası Çalışmalar, Serüven Yayınları*, s100-111.
- Dubey, R., Altay, N., Gunasekaran, A., Blome, C., Papadopoulos, T., and Child, J. (2018), Supply chain agility, adaptability and alignment: empirical evidence from the Indian auto components industry. *International Journal of Operations & Production Management*, 38(1), 129-148.
- Ericksen, P. J. (2008), Conceptualizing food systems for global environmental change research. *Global environmental change*, 18(1), 234-245.
- FAO (2017), Dünyada Gıda Güvenliği ve Beslenme, Barış ve Güvenlik İçin Dayanıklılık İnşası. Roma, FAO.
- Garip, Ç., Pirtini, S. ve Kaplan, B. (2021), Tedarik Zinciri Dayanıklılığı, Tedarik Zinciri Bütünleşmesi ve Yeşil Pazarlama Yöneliminin Rekabet Avantajı Üzerindeki Etkisi, *Pamukkale Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü Dergisi*, 43, 139-162.
- Garnett, T. (2014), Three perspectives on sustainable food security: efficiency, demand restraint, food system transformation. What role for life cycle assessment?. *Journal of Cleaner Production*, 73, 10-18.
- Godfray, H. C. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., ... and Toulmin, C. (2010), Food security: the challenge of feeding 9 billion people. *science*, 327(5967), 812-818.

- HLPE. (2014), Food losses and waste in the context of sustainable food systems. A report by the High Level Panel of Experts on Food Security and Nutrition of the Committee on World Food Security. Rome.
- Iakovou, E., Vlachos, D., Achillas, C., and Anastasiadis, F. (2014), Design of sustainable supply chains for the agrifood sector: a holistic research framework. *Agricultural Engineering International: CIGR Journal*, 16(3), 28-43.
- Ivanov, D. (2020), Predicting the impacts of epidemic outbreaks on global supply chains: A simulation-based analysis on the coronavirus outbreak (COVID-19/SARS-CoV-2) case. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 136, 101922.
- Koca, S., (2001), Tedarik Zinciri Yönetimi ve Bir Taşıma Sisteminin İncelenmesi, Yüksek Lisans Tezi, İstanbul Teknik Üniversitesi, Sosyal Bilimler Enstitüsü, 143s.
- Leat, P., and Revoredo-Giha, C. (2013), Risk and resilience in agri-food supply chains: the case of the ASDA PorkLink supply chain in Scotland. *Supply Chain Management: An International Journal*, 18(2), 219-231.
- Maloni, M. J., and Brown, M. E. (2006), Corporate social responsibility in the supply chain: an application in the food industry. *Journal of business ethics*, 68(1), 35-52.
- Maruchek, A., Greis, N., Mena, C., and Cai, L. (2011), Product safety and security in the global supply chain: Issues, challenges and research opportunities. *Journal of operations management*, 29(7-8), 707-720.
- Ponomarov, S. Y., and Holcomb, M. C. (2009), Understanding the concept of supply chain resilience. *The international journal of logistics management*, 20(1), 124-143.
- Pullman, M. E., and Dillard, J. (2010), Values based supply chain management and emergent organizational structures. *International Journal of Operations & Production Management*, 30(7), 744-771.
- Queiroz, M. M., Ivanov, D., Dolgui, A., and Wamba, S. F. (2020), Impacts of epidemic outbreaks on supply chains: mapping a research agenda amid the COVID-19 pandemic through a structured literature review. *Annals of Operations Research*, 1-38.
- Sarkis, J., Zhu, Q., and Lai, K. H. (2011), An organizational theoretic review of green supply chain management literature. *International Journal of Production Economics*, 130(1), 1-15.
- Schipanski, M. E., Macdonald, G. K., Rosenzweig, S., Chappell, M. J., Bennett, E. M., Kerr, R. B., ... and Ewert, F. (2016), Realizing resilient food systems. *BioScience*, 66(7), 600-610.
- Sheffi, Y. (2005), *The resilient enterprise: overcoming vulnerability for competitive advantage*. MIT Press.
- Spaargaren, G., Oosterveer, P., and Loeber, A. (Eds.). (2013), *Food practices in transition: changing food consumption, retail and production in the age of reflexive modernity*. Routledge.

- Srivastava, S. K. (2007), Green supply-chain management: a state-of-the-art literature review. *International journal of management reviews*, 9(1), 53-80.
- Tapio, P., Paloniemi, R., Varho, V., and Vinnari, M. (2017), The unholy marriage? Integrating qualitative and quantitative information in Delphi processes. *Technological Forecasting and Social Change*, 120, 230-239.
- Tarım ve Orman Bakanlığı (2024), <https://www.tarimorman.gov.tr/Sayfalar/Detay.aspx?SayfaId=77#:~:text=D%C3%BCnyada%20her%20y%C4%B1%20g%C4%B1dalar%C4%B1n%20yakla%C5%9F%C4%B1k,93%20kilogram%20yiyecek%20%C3%A7%C3%B6pe%20at%C4%B1lmaktadır%C4%B1r.> (Erişim Tarihi: 07.04.2024).
- Tseng, M. L., Islam, M. S., Karia, N., Fauzi, F. A., and Afrin, S. (2019), A literature review on green supply chain management: Trends and future challenges. *Resources, Conservation and Recycling*, 141, 145-162.
- TÜİK (2023), <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Dunya-Nufus-Gunu-2023-49688#:~:text=Bu%20%C3%BC%C3%A7%20%C3%BClke%20d%C3%BCnya%20toplam,1%2C1'ini%20olu%C5%9Fturdu.> (Erişim Tarihi: 08.04.2024).
- TÜİK (2024), <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Gelir-Dagilimi-Istatistikleri-2023-53711#:~:text=Toplam%20gelir%20i%C3%A7erisinde%20en%20y%C3%BCksek,g%C3%B6steren%20sosyal%20transfer%20geliri%20olu%C5%9Fturdu.> (Erişim Tarihi: 07.04.2024).
- TÜSİAD, (2020), Sürdürülebilir Büyüme Bağlamında Tarım ve Gıda Sektörünün Analizi: Lojistik ve Gıda Sektöründe İyileştirmeler Raporu, TÜSİAD-T/2020-03/617.
- Varsei, M., and Polyakovskiy, S. (2017). Sustainable supply chain network design: A case study of furniture supply chain. *Operations Research Perspectives*, 4, 94-104.
- Yetim, H., (2022). Sürdürülebilir Tedarik Zinciri Yönetimi, TUBA, Sürdürülebilir Gıda Politikaları ve Tedarik Zincirleri, III. Gıda Ve Sağlıklı Beslenme Sempozyumu Raporu, 97-104.



Bölüm 5

UZATMA AĞLARININ SINIFLANDIRILMASI, OPERASYONEL KULLANIMI VE DÜZENLEMELERİ

Zafer Tosunoğlu^{1}, Hakkı Dereli², M. Hakan Kaykaç³*

¹ Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama Teknolojisi ABD, 35100, İzmir/Türkiye, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1168-9611> *Sorumlu yazar: zafer.tosunoglu@ege.edu.tr

² İzmir Katip Çelebi Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama Teknolojisi ABD, 35620, İzmir/Türkiye, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1240-8922> hakkidereli@gmail.com

³ Ege Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Avlama Teknolojisi ABD, 35100, İzmir/Türkiye, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4807-707X> hakan.kaykac@ege.edu.tr

1. Giriş

Uzatma ağları, türe özel ya da birçok türün aynı anda avcılığının hedeflendiği, farklı yapı ve çeşitliliğe sahip, Küçük Ölçekli Balıkçılığın (KÖB) Akdeniz ve Türkiyede kullanılan en yaygın av aracıdır. Bu av aracını kullanan KÖB tekneleri (Şekil 1), Akdeniz balıkçı filosunun %82'sini (FAO, 2023), Türkiye balıkçı filosunun ise %91'ini (BSGM, 2023) oluşturur. Türkiye, 13613 KÖB teknesi ile Akdeniz balıkçılık filosunun %16'lık oran ile en büyük kısmını oluşturmaktadır. KÖB teknelerinin büyük çoğunluğu kamarasız olup, genellikle güneybirlik yakın mesafelerde balıkçılık yapılmaktadır. 2022 kayıtlarına göre, Türkiyede, 34648 deniz balıkçısının %74'ü, KÖB teknelerinde balıkçılık faaliyetini sürdürmektedir (BSGM, 2023).



Şekil 1. Farklı tipte uzatma ağlarını kullanan küçük ölçekli balıkçı tekneleri (Üstte Çilazmak Dalyanı - Altta Mavişehir, İzmir).

Uzatma ağları, denizler ve iç sular da dahil olmak üzere dünya çapında, çeşitli türlerin yakalanmasında kullanılan en etkili av araçlarının başında gelmektedir. Çeşitli balık, kabuklu ve omurgasız türlerini avlayan bu av aracı büyük ölçüde boy seçiciliğine sahip olsa da tür seçiciliği düşüktür ve hedef olmayan türlerin (by-catch) yanısıra köpek balıkları, vatozlar, deniz memelleri, kaplumbağalar ve kuşlar gibi hassas türleri de yakalar.

Uzatma ağları, suda asılı duran büyük bir ağ duvarı andıran görünümündedir. Su içinde dikey konumlanma, çoğunlukla mantar yakadaki yüzdürücü-

ler ile kurşun yakadaki batırıcılar arasındaki denge sayesinde olur. Yaka halatlarına ağın donatımı sırasında eklenen mantar ve kurşun ilavesinden farklı olarak sığ sular için batırıcı ve yüzdürücüsü içinde olan halatlar da kullanılır (Şekil 2). Yapısal olarak uzatma ağları tek katmanlı **galsama**, ortadaki ağın her iki tarafında daha büyük gözlü ağlardan oluşan **fanyalı** ve bu iki ağın üst üste bindirilerek donatılmasıyla oluşan **birleşik ağlar** şeklinde olabilir.



Şekil 2. Mantarı veya kurşunu içinde olan halatlara (gizli mantar ve kurşunlu halat) donatılmış fanyalı voli ağı (Mavişehir - İzmir).

Uzatma ağlarının uzunlukları, ağ gözü açılımını belirleyen donam faktörüne bağlı olarak çoğunlukla 66 m ile 150 m arasında değişir (Hoşsucu, 2005). Her bir donatılmış uzatma ağı parçasına **posta** denir ve bir takım uzatma ağı, bu postaların birbirine eklenmesiyle oluşur. İki postalık voli ağından, 120 postalık fanyalı dil ağına kadar çok çeşitli tipte ve uzunlukta uzatma ağı Türkiye denizlerinde yaygın olarak kullanılmaktadır.

Balıkların, uzatma ağlarında yakalanması, ağ gözlerine takılarak veya dolanarak olur. Bu da yaka halatlarına donatılan ağın, potluk (gevşeklik) durumuna göre gerçekleşir. Hem galsama hem de fanyalı ağlar, balıkları farklı şekilde yakalar (Karlsen ve Bjarnason, 1986): *i.* Başından (snagged) baş kısmından, *ii.* Solungaçlarından (gilled) solungaç kapağının hemen arkasından, *iii.* Sırtından (wedged) solungaç kapağının arkasından, vücut çevresinin maksimum olduğu yerde genellikle sırt yüzgecinin önünden (maksimum çevre, solungaç kapağına yakın bir konumda bulunduğu sırta yakalama, solungaçtan pek ayırt edilemez), *iv.* Dolaşarak (tangled) ağa sarılarak veya dişler, yüzgeçler, dikenler veya diğer çıkıntıları ile takılarak. Diğer şekilde yakalanan balıklar, kendilerini kurtarmak için uğraşırken ağa sarılabilir. Yakalama süreçleri değerlendirilirken, bu tür yakalamaların birincil yakalama sürecine göre sınıflandırılması dikkate alınmalıdır. Bunlara ilaveten fanyalı ağlarda balıklar, ağda oluşturdukları cepte dolanarak yakalanır. Burada balık, karşılaştığı dış taraftaki fanya ağ gözünden geçip, içteki (tor) ağ ile birlikte

diğer fanya gözünden geçerek bir cep oluşturur ve bu cepte dolanarak yakalanır (Nédélec ve Prado, 1990).

Uzatma ağları pasif av araçları grubunda yer alır. Balıklar veya diğer suda yaşıyan organizma ve canlıları yakalamak için makine (tekne) ya da insan tarafından bu av aracına bir hareket sağlanmadan avcılık yapılır (Hubert, 1996). Ancak bu av araçlarına hareket (sürütme, sürükleme, gırgır-çevirme) kazandırılarak, aktif şekilde kullanım da mümkündür.

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü'nün av araçları sınıflandırmasına göre uzatma ağları altı alt grup altında sınıflandırılmıştır (Nédélec ve Prado, 1990; FAO, 2014; GFCM, 2018). Bunlar, *i.* kurulmuş galsama, *ii.* sürüklenen galsama, *iii.* çevirme galsama, *iv.* sabitlenmiş galsama (kazıklara), *v.* fanyalı ağlar ve *vi.* birleşik ağlar (galsama-fanyalı)'dır. Uzatma ağları, zemine yerleşik (kurularak), akıntı ile sürüklenirken ya da balık sürüsünün etrafı çevrilerek avcılık yapar. Ülkemizde galsama (sade) ve fanyalı olarak sınıflandırılan bu ağlar, operasyonel olarak voli, dönek, uzatma ve çevirme yöntemi şeklinde kullanılmaktadır (Hoşsucu, 2005). Farklı operasyonel kullanım şekli bu ağların bazen yanlış sınıflandırmasına neden olabilmektedir. Bazı durumlarda uzatma ağının sınıflandırılması, yapısal özelliğinden çok operasyonel özelliği ile ilişkili olabilir. Av araçlarının yapısal (teknik planları) ve operasyonel özelliklerini (avlanma yöntemleri) tanımlayarak bir balıkçılık envanterinin çıkarılması, sınıflandırma için esastır (Dereli ve Tosunoğlu, 2022). Son zamanlarda, Türkiye kıyılarında uzatma ağlarıyla balıkçılıkta farklı av araçları operasyon yöntemlerinin (gırgır-çevirme, trata-sürütme) uygulandığı görülmektedir. Bu çalışma, uzatma ağlarının yapısal ve operasyonel özelliklerini detaylı bir şekilde inceleyerek, bir uzatma ağının tüm ülkelerin ortak referans olarak kullandığı FAO yapısal sınıflandırmasının, operasyon şeklini de göz önünde bulundurarak doğru şekilde yapılabilmesini amaçlamaktadır.

2. FAO Uzatma Ağları Sınıflandırması

Tüm dünyanın ortak referans olarak kullandığı FAO uzatma ağlarının tanımlanması ve sınıflandırması, Nédélec ve Prado (1990), ISSCFG (2016), FAO (2014), GFCM (2018) ve He vd. (2021) referanslarına göre yapılmıştır. Bu beş referansta da sınıflandırma benzer özelliktedir.

2.1. Kurulmuş galsama ağları

Kurulmuş galsama ağları, yüzdürücülerin donatıldığı mantar yaka ve batırıcıların donatıldığı kurşun yaka halatları sayesinde suda dikey olarak açık pozisyonda tutulur. Uzatma ağlarının yapımında yüzdürücüsü ve batırıcısı yaka ipinin içine yerleştirilmiş halatlar da kullanılmaktadır. Su kolonunun belirli seviyelerine (yüzey, orta, dip) her iki ucundan, zeminde çapalar veya ağırlıklar ile kurulurken (yerleştirilirken), yüzeyde şamandıralar ile yeri belli edilir. Bu ağların suda aşağı-yukarı pozisyonda dikey şekilde konum-

lanması, mantar yakada eşit mesafedeki yüzdürücüler ile kurşun yakada eşit mesafedeki batırıcılar sayesinde olur.

Prensip olarak, bir solungaç ağı, balıkların fark etmeden yüzdüğü görünmez bir ağ panelidir. Sadece tor ağdan oluşan tek katmanlı bu ağlar, balıkları, ağ gözlerinden geçerken solungaçlarından takılması sayesinde yakalar. Yakalanması hedeflenen balık türünün boyutuna bağlı olarak ağ gözlerinin açılımı (ağ göz açıklığı ve açılım oranı=donam faktörü) ayarlanır. Ağ göz açılımı, balığın kafasının içinden geçebileceği, ancak gövdesinin geçemeyeceği kadar büyüklükte olacak şekilde tasarlanır. Bu sayede balıklar, ağ gözlerinden geçerken solungaçlarından takılıp, geri de çıkamayarak yakalanır.

2.2. Sürüklenme galsama ağları

Sürüklenme galsama ağları, mantar yakada çok sayıda yüzdürücü, kurşun yakada çok az bazen hiç batırıcı bulunmayan az çok dikey pozisyonda tutulan bir dizi solungaç ağından oluşur. Genellikle yüzeye yakın veya yüzeyden belli mesafe altında daha çok bağlandıkları tekne ile birlikte sürüklenmeleri için serbest bırakılırlar. Bu ağlar akıntı vasıtasıyla suda sürüklenirken, hedeflenen balık türleri bu ağlara solungaçlarından takılarak yakalanır. Sürüklenen ağlar Türkiye kıyılarında çoğunlukla büyük pelajiklerden kılıç balığı ve orkinos türlerinin avcılığında kullanılırdı.

2.3. Çevirme galsama ağları

Çevirme galsama ağları ile avcılık, genellikle sığ sularda ağın mantar yaka yüzeyde kalacak şekilde balıkların etrafının çevrilmesi ile yapılır. Daire şeklinde etrafı çevrilen balıklar, gürültü veya başka araçlar ile korkutularak ağ ile zorla temasları sağlanır. Ağa vuran balıklar ya solungaçlarından ya da dolanarak yakalanır. Korkutma işlemi genellikle tekne üstünde *takatuk (takatuka)*, su yüzeyinde *labut* veya far ve su içinde de çakar ile yapılır. Alamana ve voli ağları ile avcılıkta, balıkların tamamen etrafı çevrildikten sonra korkutulur, kısa bir süre bekletildikten sonra ağ tamamen kaldırılır ve sonrasında yakalanan balıkların ellenmesi işlemine geçilir.

2.4. Sabitlenmiş galsama ağları (kazıklara)

Önemli gelgit farklılıklarının olduğu kıyı sularında bu ağlar iki veya daha fazla kazık arasına gerilerek avcılık yapılır. Gelgit çekildiğinde, bu ağların alt yakasının altından balıklar solungaçlarından takılmadan ya da ağ gözlerine dolanmadan serbestçe geçebilir. Çünkü bu ağlarda kurşun yaka ve mantar yaka bulunmamaktadır. Ağın yakalama prensibi, diğer galsama ağlarında olduğu gibi balıkların ya solungaçlarından ya da ağa takılarak dolanması esasına dayanır. Gelgit farklılıklarının yüksek olduğu yerlerde, balıkçılar gelgitin alçalması sırasında ağlarını kontrol eder ve yalnızca balıkları toplarlar, ağlar ise birkaç gün boyunca aynı yerde kalır. Türkiye kıyılarında kullanımına rastlanılmamıştır.

2.5. Fanyalı ağlar

Fanyalı ağlar, ortadaki gevşek küçük gözlü ağ parçasının her iki tarafında, balıkların dolanacağı büyük gözlü ağ parçalarından oluşan üç katmanlı bir uzatma ağı tipidir. Bu ağlarda, büyük gözlü fanyadan geçen balık ortadaki küçük gözlü ağ ile birlikte diğer fanyadan geçerken, oluşturduğu cepte dolanarak yakalanır. Fanyalı ağlar çoğunlukla suda zemine kurulsa da bazen sürütölerek de kullanılabilir (FAO, 2024) ancak Türkiye denizlerinde bu şekilde kullanım şekli yoktur. Fanyalı ağlar da diğer galsama ağlarında olduğu gibi, mantar yakada yüzdürücüler ve kurşun yakada batırıcılar vasıtasıyla suda dikey pozisyonda tutulur. Tasarım, denge ve yüzebilme özelliklerine göre bu ağlar, içsulara veya deniz sularında yüzeye yakın, orta suda veya dipte kullanılabilir. Ülkemiz denizlerinde en yaygın kullanılan uzatma ağı çeşididir.

2.6. Birleşik (galsama-fanyalı) ağlar

Bu uzatma ağı tipinde zemine sabitlenen ağ, iki kısımdan oluşur. Üst kısım, yarı dip veya pelajik balıkların solungaçlarından yakalanabileceği standart bir galsama ağı iken alt kısım, dip balıklarının dolanarak yakalanabileceği fanyalı bir ağdır. Üst kısımdaki galsama ağının mantar yakasındaki yüzdürücüler ile alt kısımdaki fanyalı ağın kurşun yakasındaki batırıcılar sayesinde ağ, suda dikey pozisyonda tutulur. İki ağın (galsama ağının kurşun yakası, fanyalı ağın mantar yakası) birleşimi, kalın donam ipine sadece *çakolar* (*kamara*) olacak şekilde yapılır. Bu ağda da balıklar solungaçlarından, ağ gözüne sıkışarak ya da vücutları dolanarak yakalanır.

3. Uzatma Ağlarının Operasyon (Kullanım) Yöntemleri

Uzatma ağlarının farklı operasyonel kullanım yöntemleri vardır. Bunlar, zemine sabitlenerek suyun farklı seviyelerinde kurulma, akıntı ile sürüklenme ve balık sürüsünün ya da balıkların bulunduğu alanın tamamen etrafının çevrilmesi ve korkutularak yakalanması şeklinde olabilir.

3.1. Kurularak

Galsama ağları, fanyalı ağlar ve birleşik uzatma ağları zemine çapalar ile kurulması (sabitlenmesi) ile suyun farklı kesimlerindeki (dip, orta su, yüzey) balık ve omurgasız türlerin yakalandığu yöntemdir.

3.2. Sürüklenerek (akıntı ile)

Sürükleme yönteminde bir ucundan tekneye bağlı olan ağlar, akıntı vasıtası ile birlikte sürüklenir. Bu ağlar yüzeyde veya yüzeye yakın kesimde olup, zeminle herhangi bir irtibatları yoktur.

3.3. Çevrilerek

Bu yöntemde, balıkların yeri tespit edilerek (alamana) veya edilmeyerek (voli), etrafı kısmen (voli) ya da tamamen (alamana) çevrilmesinden sonra

çeşitli şekillerde korkutularak ağa takılmaları sağlanır. Korkutmada ses veya ışık kullanılır. Çevirme uzatma ağları, yüzer veya batar özellikte olabilir.

4. Avrupa Birliği'nin Akdeniz Uzatma Ağları Düzenlemeleri

Akdeniz sularında Balıkçılık Kaynaklarının Sürdürülebilir Kullanımına Yönelik Yönetim Önlemlerine ilişkin 21 Aralık 2006 tarihli ve (EC) 1967/2006 sayılı Avrupa Birliği Konsey Yönetmeliği aşağıdaki düzenlemeleri uygulamaya almıştır (Council Regulation, 2006).

Bölüm IV Av Araçları ile İlgili Düzenlemeler'de;

Madde 9 Asgari ağ göz açıklığı sınırlamaları

6. (a) Dip-kurulmuş galsama ağlarının asgari ağ göz açıklığı 16 mm'den aşağı olamaz.

(b) Mercan balığı (Red sea bream, *Pagrus pagrus*) avcılığını hedefleyen dip-kurulmuş galsama ağlarında, mercan balığının canlı ağırlık miktarı toplam avın en az yüzde 20'sini oluşturduğunda, asgari ağ göz açıklığı 100 mm olmalıdır.

Madde 12

3.1. Fanyalı ağlar ve dip-kurulmuş galsama ağları

1. Fanyalı ağın azami düşme (donamdan sonraki) yüksekliği 4 m'yi geçmeyecektir.

2. Dip-kurulmuş galsama ağının azami düşme yüksekliği 10 m'yi geçemez.

3. Tek bir balıkçı için, fanyalı uzatma veya dip-kurulmuş galsama ağlarının uzunluğu 4000 metreyi geçemeyeceği, ikinci bir balıkçı için buna ayrıca 1000 metre eklenebileceği, üçüncü bir balıkçı içinse 1000 metre daha eklenebileceğini dikkate alarak, 6000 m'den uzun fanyalı veya dip-kurulmuş galsama ağının bir teknede bulundurulması veya denize atılması yasaktır.

4. Dip-kurulmuş galsama ağının iplik kalınlığı ya da misininin çapı 0,5 mm'yi geçemez.

5. Madde 2'ye getirilen istisna ile azami uzunluğu 500 m'nin altında olan dip-kurulmuş galsama ağının azami düşme yüksekliği 30 m'ye kadar olabilir. Madde 2'de belirtilen 10 m'lik düşme yükseklik sınırının aşılması halinde, 500 m'den uzun dip-kurulmuş galsama ağının teknede bulundurulması veya denize bırakılması yasaktır.

3.2. Birleşik dip-kurulmuş uzatma ağları (fanyalı ağlar + galsama ağları)

1. Bir birleşik dip-kurulmuş uzatma ağının azami düşme yüksekliği 10 m'yi geçemez.

2. 2500 m'den daha uzun birleşik uzatma ağların teknede bulundurulması veya denize atılması yasaktır.

3. Galsama ağının iplik kalınlığı ya da misininin çapı 0,5 mm'yi geçmez.

4. Madde 1'e getirilen istisna ile azami uzunluğu 500 m'nin altında olan birleşik dip-kurulmuş uzatma ağının azami düşme yüksekliği 30 m'ye kadar olabilir. Madde 1'de belirtilen 10 m'lik düşme yükseklik sınırının aşılması halinde, 500 m'den uzun birleşik dip-kurulmuş uzatma ağının teknede bulundurulması veya denize bırakılması yasaktır.

5. Türkiye'deki Kullanım Yöntemleri ve Değerlendirme

Farklı operasyonel kullanım şekli, uzatma ağlarının bazen sınıflandırmadaki yerini değiştirebilir. Bazı durumlarda uzatma ağının sınıflandırılmasını, yapısal özelliğinden çok operasyonel kullanım yöntemi belirler. Tablo 1'de, Türkiye'de farklı operasyonel yöntemler ile kullanılan uzatma ağı örnekleri verilmiştir (Hoşsucu, 2005, Tokaç vd., 2010, Tosunoğlu ve Ünal, 2021).

Tablo 1. Farklı yapıdaki uzatma ağlarının operasyonel kullanım yöntemleri.

Uzatma Ağı	Çeşidi	Kurulma (Dönek)	Çevrilme (Korkutma)	Sürüklenme (Akıntı)
Kurulmuş galsama	Barbun, sardalya, kupez, melanur, kalkan, böcek	X		
Sürüklenen galsama	Kılıç, orkinos			X
Çevirme galsama	Alamana, voli, kargılı kefal	O	X	
Sabitlenmiş galsama		Sığ (gel-git) sularda kazıklara sabitlenme		
Fanyalı	Barbun, dil, çipura, karides	X	O	
Birleşik	Kefal	O	X	

X: yaygın kullanım şekli, O: diğer kullanım şekli

Uzatma ağları, Türkiye'de KÖB tekneleri tarafından en yaygın kullanılan av aracı olsa da son yıllarda birçok sebepten (balık stoklarındaki azalma, yasadışı balıkçılık, maliyetleri karşılayamama, genç kuşağın ilgi göstermemesi vb.) dolayı bu av aracını kullanan tekne sayısı ve miktarında (uzunluğunda) oldukça büyük düşüşler gözlenmiştir (Tosunoğlu ve Ünal, 2021, Güçlüsoy vd., 2024). Ege kıyılarında birçok su ürünleri kooperatif başkanı ve yöneticileri ile

yapılan görüşmelerde bu balıkçılığı yapan aktif balıkçı sayısının son yıllarda oldukça azaldığı da ifade edilmiştir. Uzatma ağlarına yönelik kimi dönemlerde envanter çalışmaları yapılmıştır. Ancak bunların belirli periyotlarda tekrarlanması bu balıkçılığın izlenmesi açısından oldukça önemlidir. Ayrıca bu ağların yapısal ve operasyonel özelliklerinin de kayda alınması arşivleme çalışmaları açısından önemlidir. Nitekim Foça'da Ekosistem Temelli Balıkçılık Yönetimi üzerine hazırlanan bir temel raporda artık karides, fanyalı barbun, böcek ve sardalya ağlarının kullanılmadığından bahsedilmektedir (Güçlüsoy vd., 2024). Bu nedenle zaman kaybetmeden tüm denizlerimizde ve ayrıca iç sularımızda kullanılan uzatma ağlarının yapısal ve operasyonel özellikleri ile envanter çalışmaları eksiksiz tamamlanmalıdır. Bu sayede FAO sınıflandırmasından farklı yapıda veya operasyonel özellikte uzatma ağı var ise bunlar ayrı bir değerlendirmeye alınmalıdır. Nitekim FAO sınıflandırmasında, uzatma ağları başlığı altındaki çevirme ağları alt başlığı, sadece galsama ağlarını kapsamaktadır. Ancak Türkiye'de çevirme şeklinde kullanılan çok sayıda fanyalı ağ çeşidi de mevcuttur (örneğin alamana ağı, voli ağı vb.). Örneğin; Çanakkale yöresinde yoğun olarak kullanılan lüfer alamana ağları çevirme ağlarındandır ve yakalardaki mantar ve kurşun sayısı kolaylıkla ayarlanarak bu ağlar yüzer ve batır özellikte olabilmektedir. Bu nedenle FAO sınıflandırmasındaki "çevirme galsama ağları" yerine "çevirme ağları" şeklindeki bir başlık, tüm çevrilerde kullanılan uzatma ağlarını kapsayacak ve bu sayede fanyalı çevirme ağları da bu sınıflamaya dahil edilmiş olacaktır.

Alamana ağlarında bazen kurşun yakaya halkalar ekleyip, bunların içinden bir halat geçirerek ağın altı büzülerek gırgır benzeri bir operasyon yapılmaktadır. Alamana ağları ile yapılan bu avcılık şekli gırgırda olduğu gibi çevirme (kuşatma) yöntemidir. Bu nedenle alamana ağlarında yapısal olarak kurşun yakasında mapa ve bunların içinden geçen bir halat (istinga) asla olmamalıdır. Ağların yapısal ve operasyonel olarak kullanımı bu şekilde olduğu durumlarda, bu ağlar gırgır ağları grubuna dahil edilmelidir.

Uzatma ağlarının bir başka kullanım şekli de gırgır operasyonuna benzerdir. Sıkma ya da büzme (kıyı gırgırı) olarak isimlendirilen bu ağlar ile av operasyonunda ağın baş peçe-bocilikten oluşan ucu önce şamandıra ile suya bırakılıp, sonrasında tekne hızla ağı sürünün etrafına daire olacak şekilde bırakır. Tekne, ağın bırakılan ucuna geldiğinde, ağın sudaki ucu da tekneye alınır. Baş peçe ve bocilik kısmı gırgırda olduğu gibi teknenin baş kısmına bağlanır. Diğer ucu da teknenin kış kısmından uzatma ağı makarası ile alınmaya başlanır. Bu aşamada suya hemen bir dip çarpması indirilerek balıkların ağın tekneye bağlı olduğu açık olan alt kısımdan kaçması engellenir. Sıkma ağının av operasyonu her ne kadar çevirme (alamana) uzatma ağına benzerlik gösterse de toplama aşamasında ağın her iki ucunun teknedeki olması ve ağın son kısmından tekneye alınması nedeni ile daha çok gırgır operasyonuna benzerlik göstermektedir. Avrupa Birliği düzenlemelerinde

gırgır ağlarını kapsayan çevirme (kuşatma) ağları, balık sürülerinin etrafını hem yanlardan hem de aşağıdan çevirmek (kapatmak) suretiyle yakalayan ağlardır ve bu ağlarda istinga halatı bulunabilir veya bulunmayabilir (Council Regulation, 2006).

Çevirme uzatma ağları yüksekliğinden daha düşük su derinliklerinde kullanıldığında ve daha çok demersal türlerin avcılığı hedeflendiğinde, toplanma aşamasında operasyon şekli farklı olabilir (Lucchetti vd, 2023). Operasyon, ağın bir ucunun demirli şamandıraya bağlanıp suya bırakılması ile başlar. Tekne dairesel bir rota izleyerek ağın kalanını bırakarak balık sürüsünün etrafını sarar ve şamandıraya bağlı uca gelir. Daha sonra ağ iki uçtan aynı anda tekneye alınıp simetrik olarak toplanmaya başlanır. Bu sayede balıklar sürekli küçülen bir alanda sıkışıp kalırlar. Çevirme uzatma ağlarının bu operasyonel toplanma şekli, kıyı sürütme ağı operasyon şekline benzemektedir.

Alamana uzatma ağlarının bir başka kullanım şekli de İzmir Gülbahçe Körfezi'nde özellikle Mayıs ve Eylül ayları arasında, kofana ve minekop anaçlarının üreme alanı olarak toplandığı alanda uygulanmaktadır. Alamana ağları birbirine eklenmeden bir hat boyunca peş peşe bırakılarak körfezin önüne bir set gibi çekilmektedir. Bu ağ ile karşılaşan balık sürüleri ağ serisi boyunca ilerleyerek son ağın uç kısmındaki kuzuluğa yönlendiriliyor. Ağın kuzuluğunda toplanan balıklar, bir başka alamana ağı ile çevrilerek yakalanmaktadır (*Kişisel görüşme A. Ulaş*). Bu durumda alamana ağlarının operasyonel kullanımı, başlangıçta yönlendirme ağı şeklinde olmaktadır.

Uzatma ağlarının uzunlukları olduğu kadar yüksekliklerinin de düzenlenmesi gereken oldukça önemli ölçütlerdir. 5/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ (Anonim, 2020) Madde 12'de "(7) *Gırgır ağlarının kullanımının yasak olduğu dönemde, 22 metreden (12 kulaç) daha fazla derinliğe sahip uzatma ağlarının su ürünleri avcılığında kullanılması yasaktır*" ve "(8) *Bir balıkçı gemisinde donamlı olarak 6000 metreden daha fazla uzatma ağı bulundurulamaz, kullanılamaz*" ifadeleri yer almaktadır. Burada uzatma ağlarına genel bir uzunluk ve yükseklik sınırlaması getirilmesi oldukça yetersizdir. Avrupa Birliği'nin Akdeniz'de uzatma ağları için uyguladığı, ağ yapısı ve operasyon şekline göre yükseklik ve uzunluk sınırlamalarının uygulanması balık stoklarımız üzerindeki baskının düşürülmesinde etkili olabilir. Ancak bu uygulamaya geçmeden önce tüm yasa dışı faaliyetler sonlandırılmalı ve bazı amatör balıkçılık düzenlemeleri de güncellenmelidir.

Yine Tebliğin 20. maddesinde "*b) Kalkan avcılığında kullanılacak ağların göz açıklığı 400 mm'den küçük olamaz*" ve "*b) Dil ve pisi avcılığında kullanılacak ağların göz açıklığı 80 mm'den küçük olamaz*" hükümleri yer almaktadır. Bu türlerin avcılığı için uzatma ağlarında göz açıklığı düzenlemesi oldukça iyi bir uygulama olsa da, bunun türe yönelik kullanılan tüm uzatma ağlarının

da dikkate alınmasında fayda vardır. Ayrıca AB’de olduğu gibi Türkiye denizlerinde kullanılan uzatma ağlarına minimum ağ göz açıklığı sınırlaması acilen getirilmelidir. Bu sınırlama bu ağların gırgır ya da kıyı sürütme ağı gibi kullanımını da engellemesinde etkili olabilir.

6. Sonuç

Sınıflandırma gruplarının dışında kalan ya da FAO sınıflandırması sonrası tasarlanan farklı yapıda uzatma ağları mevcut olduğu için, sınıflandırmanın bu ağları da kapsayacak şekilde yeniden gözden geçirilmesine ihtiyaç olduğunu düşünmekteyiz. Sınıflandırma, uzatma ağlarının sadece yapısal özelliklerine göre değil operasyonel kullanım şekilleri de dikkate alınarak yapılmalıdır. Bu ağların operasyonel kullanımların tanımlanması bu ağların yasadışı kullanım şekillerini de önleyecektir. Böylece balıkçılık yönetimi uygulamalarında birlik sağlanabileceği, istatistiksel çalışmalarda ve denetimlerde av araçlarının tanımlanmasındaki karışıklığın ortadan kaldırılacağı düşünülmektedir. Uzatma ağları ile ilgili ulusal düzenlemelerin, AB’nin Akdeniz’deki detaylı düzenlemelerine benzer seviyeye getirilmesi ile bu ağların hedeflediği türlerin stokları üzerindeki baskı düşürülerek sürdürülebilir uzatma ağları balıkçılığına katkı sağlanabilir.

KAYNAKÇA

- Anonim, 2020. 5/1 Numaralı Ticari Amaçlı Su Ürünleri Avcılığının Düzenlenmesi Hakkında Tebliğ (Tebliğ No: 2020/20).
- BSGM, 2023. Su Ürünleri İstatistikleri 2023. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Balıkçılık ve Su Ürünleri Genel Müdürlüğü İstatistik ve Bilgi Sistemleri Daire Başkanlığı, Ankara, 119 s.
- Council Regulation (EC), 1967/2006 of 21 December 2006 concerning management measures for the sustainable exploitation of fishery resources in the Mediterranean Sea, amending regulation (EEC) no 2847/93 and repealing regulation (EC) no 1626/94. Off. J. Eur. Union L 409/11.
- Dereli, H., Tosunoğlu, Z. 2022. Current Status of Classification of Commercial Fishing Gears and Methods in Turkish Fisheries in Consideration of International Standards. Ersoy, N. (Editor), p: 195-207. New Trends in Agriculture, Forestry and Aquaculture Sciences. Duvar Publishing, December 2022, İzmir, 512 pp.
- FAO, 2014. Report of the twenty-fourth session of the Coordinating Working Party on Fishery Statistics. Rome, Italy, 5-8 February 2013. FAO Fisheries and Aquaculture Report No. 1077, Rome, 124 p.
- FAO, 2024. <https://www.fao.org/fishery/en/geartype/223/en> <01.05.2024>
- FAO, 2023. The State of Mediterranean and Black Sea Fisheries 2023 – Special edition. General Fisheries Commission for the Mediterranean. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc8888en>
- GFCM, 2018. GFCM Data Collection Reference Framework (DCRF). Version: 20.1. 123 p.
- Güçlüsoy, H., Ünal, V., Bilecenoğlu, M., Tosunoğlu, Z., 2024. Foçada Ekosistem Yaklaşımli Balıkçılık Yönetimi Uygulaması. Temel Rapor. *Doğal Hayatı Koruma Derneği*, XXX s, (baskıda).
- He, P., Chopin, F., Suuronen, P., Ferro, R.S.T., Lansley, J., 2021. Classification and illustrated definition of fishing gears. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 672. Rome. <https://doi.org/10.4060/cb4966en>
- Hoşsucu, H., 2005. Balıkçılık I. Avlama Araçları ve Teknolojisi. Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları No. 55, Ders Kitabı Dizin No. 24. 6. Baskı. Ege Üniversitesi Basımevi, Bornova, İzmir. 126-152 ss.
- Hubert, W.A., 1996. Passive Capture Techniques. Pages 152-181. In Murphy, B.R., Willis, D.W. (Eds.), Fisheries Techniques. 2nd edition. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA.
- ISSCFG, 2016. International Standard Statistical Classification of Fishing Gear. FAO Coordinating Working Party on Fishery Statistics (CWP). Handbook of Fishery Statistics.
- Karlsen, L., Bjarnasson, B.A., 1986. Small-scal fishing with driftnets. FAO Fisheries Technical Paper No. 284. Rome. 64 p.

- Lucchetti, A., Petetta, A., Bdioui, M., Gökçe, G., Saber, M., Sacchi, J., Özbilgin, H., Carlson, A., Carpentieri, P., 2023. Catalogue of fishing gear in the Mediterranean and Black Sea region. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 695. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc7260en>
- Nédélec, C., Prado, J., 1990. Definition and classification of fishing gear categories. FAO Fisheries Technical Paper 222, Revision 1, 92 p.
- Tokaç, A., Ünal, V., Tosunoğlu, Z., Akyol, O., Özbilgin, H., Gökçe, G., 2010. Ege Denizi Balıkçılığı. İMEAK Deniz Ticaret Odası İzmir Şubesi Yayınları. İzmir. 390 s.
- Tosunoğlu, Z., Ünal, V., 2021. Av miktarındaki azalmanın av araçlarına yansması: Gökçeada balıkçılığı örneği. *COMU Journal of Marine Science and Fisheries*, 4(1): 11-19. DOI: 10.46384/jmsf.892450



Bölüm 6

TARIM VE ÇEVRESEL AÇIDAN TOPRAK ORGANİK MADDESİ

Uğur ŞİMŞEK¹

¹ Doç. Dr. Uğur ŞİMŞEK, ORCID: 0000-0003-4710-597X, Iğdır Üniversitesi

1. Giriş

Organik maddeler, karbon (C) atomları içeren bileşiklerdir. Karbon, canlı organizmaların yapı taşları olan karbonhidratlar, lipitler, proteinler ve nükleik asitler gibi birçok biyomolekülün temel bileşenidir. Organik maddeler, doğal olarak yaşam formlarının bir parçasıdır ve karbon atomlarının çeşitli şekillerde birleşmesiyle oluşur. Organik bileşiklerin yapısı, büyük bir çeşitlilik gösterir ve karbon atomlarının birleşimleri, atomların ve grupların farklı düzenlemeleriyle çok sayıda farklı bileşiğin oluşmasına olanak tanır. Organik maddeler, doğal olarak canlı organizmalardan kaynaklanabileceği gibi, laboratuvar koşullarında da sentezlenebilirler. Ancak canlı organizmalar tarafından orijinal olarak üretilen, toprağa geri dönen ve ayrışma sürecinden geçen malzemelerin tümü toprak organik maddesi kapsamındadır. Badlock ve Nielsen (2000) Toprağın organik fraksiyonuna ilişkin araştırmaların izlerinin 200 yıldan daha eskilere dayandığını ve Achard'ın 1786 yılında, turbadan alkali bir ekstraktın asitleştirilmesi üzerine koyu renkli amorf bir çökelti izole etmesiyle başlayan ve daha sonra, Liebig'in, 1840'da organik maddenin toprağın N verimliliği üzerindeki etkisi ortaya koyan çalışması, Lawes'in, 1861 'de toprağın verimliliğini korumak için hayvan gübrelere kullanımına ilişkin çalışmaları ve Muller'in, 1887'de humus formunun gelişimine toprak ve ağaç türlerinin etkisi konusundaki çalışmalarının toprak süreçlerinde organik maddenin önemini ortaya çıkardığını belirtmektedir. Bu kadar uzun bir araştırma geçmişine ve yeni metodolojik ve teknolojik gelişmelere rağmen, topraktaki organik maddelerin oluşumu ve kimyasal bileşimi ile bunların toprağın verimliliği, pedogenezi ve toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerindeki etkileri ile ilgili birçok soru bugün de varlığını sürdürmektedir.

Toprak organik maddesi, bitki ve hayvan kalıntılarından çeşitli ayrışma aşamalarında elde edilen organik maddelerin dinamik ve karmaşık bir karışımıdır. Nitekim Baldock ve Skjemstad (2000) toprak organik maddesini, kökenine veya ayrışma durumuna bakılmaksızın toprakta bulunan tüm organik maddeler olarak tanımlamıştır. Toprak organik maddesi herhangi bir zamanda, bitkilerin ve hayvanların bozulmamış orijinal dokularından, humus olarak bilinen, büyük ölçüde ayrılmış malzeme karışımına kadar çeşitli malzemelerden oluşur. Bunlar, tüm toprak fraksiyonlarını (mineral, organik ve biyolojik fraksiyonlar) ve insan tarafından eklenen toprak organik materyallerini içeren birçok farklı mekanizma ve süreçle ilişkili çok çeşitli organik bileşikler içerir. Pratik amaçlar için organik madde toprak üstü ve toprak altı kısımlarına ayrılabilir. Toprak üstü organik madde bitki artıkları ve hayvan artıklarından oluşur. Toprak altı organik maddesi, yaşayan toprak faunası ve mikro florasından, kısmen ayrılmış bitki ve hayvan kalıntılarından ve hümik maddelerden oluşur.

Toprak organik madde içeriği, toprak türüne, iklim koşullarına, bitki ör-

tüsüne ve toprak yönetimi uygulamalarına bağlı olarak değişebilir. Toprağın organik kısmı genellikle toplam toprak kütlelerinin küçük fakat değişken bir oranına karşılık gelir. Mineral toprakların toplam kütlelerine çoğunlukla küçük katkısı olmasına rağmen, organik fraksiyon toprak özellikleri, ekosistem işleyişi ve çeşitli zorunlu ekosistem süreçlerinin büyüklüğü üzerinde derin bir etkiye sahip olabilir.

Toprağın organik madde içeriği çok değişik kaynaklardan gelir. Genel olarak toprak organik maddesine katkıda bulunan kaynaklar aşağıda sıralanmıştır

-Bitki Kalıntıları: Ölü bitkilerin ve yaprakların çürümesi, toprağın organik madde içeriğini artırır. Bitkilerin kökleri de toprağa organik madde ekler.

-Hayvan Kalıntıları: Ölü hayvanlar ve hayvanların dışkıları da organik madde kaynağıdır. Bu kalıntılar toprağa karıştığında organik madde içeriğini artırır.

-Mikroorganizmalar: Toprakta yaşayan mikroorganizmalar, ölü bitki ve hayvan kalıntılarını parçalayarak organik maddeyi humusa dönüştürürler. Bu süreç, organik madde oluşumuna katkı sağlar.

-Kompost: Kompost, evsel atıkların ve bitki kalıntılarının ayrıştırılması sonucu elde edilen organik madde zengini bir malzemedir. Kompost, toprağa eklenerek organik madde içeriğini artırabilir.

-Organik Gübreler: Organik gübreler, bitki veya hayvan kaynaklı organik maddelerden üretilir ve toprağa eklenerek organik maddeyi artırabilir.

2. Toprak Organik Maddesinin Bileşimi

Toprak organik maddesi uygun bir şekilde farklı fraksiyonlara bölünebilmesine rağmen bunlar statik son ürünleri temsil etmez. Bunun yerine mevcut miktarlar dinamik bir dengeyi yansıtır. Topraktaki organik maddenin toplam miktarı ve dağılımı, tekstür, pH, sıcaklık, nem, havalanma, kil mineralojisi ve toprağın biyolojik aktivitesi gibi toprak özelliklerinden ve organik kökenli kalıntılarının ekosisteme yıllık girdi miktarından etkilenir.

Toprak organik maddesi çeşitli bileşenlerden oluşur. Bunlar, değişen oranlarda ve birçok ara aşamada, mikroorganizmaları içeren aktif bir organik fraksiyonu (% 10-40) ve humus olarak da adlandırılan dirençli veya stabil organik maddeyi (% 40-60) içerir.

Toprak organik maddesinin büyük çoğunluğu bitki dokusundan kaynaklanır. Genel olarak bitki artıkları çok büyük oranda (% 60-90) nem içerir. Geriye kalan kuru madde temel olarak karbon (C), oksijen (O), hidrojen (H) den oluşur ancak organik kalıntılarda az miktarda nitrojen, fosfor, kükürt, potasyum, kalsiyum ve magnezyum gibi başka elementler de bulunur. Elbette ki toprak organik maddesinin miktarı ve bileşimi büyük ekosistemler arasın-

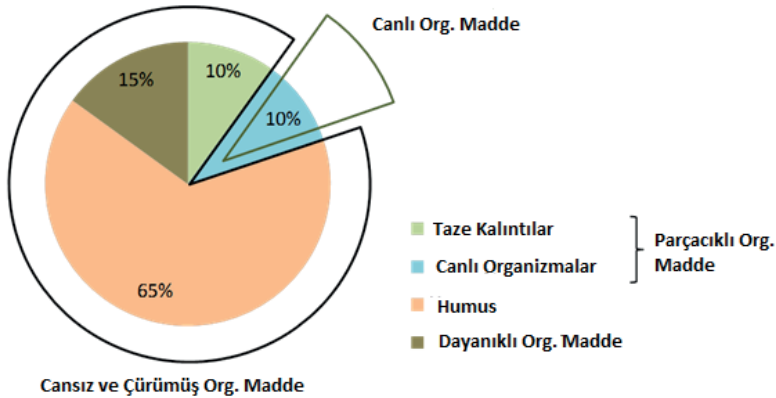
da önemli ölçüde farklılık gösterir. Kurak, yarı kurak ve sıcak bölgelerdeki topraklar genellikle diğer ortamlara göre daha az organik maddeye sahiptir. Toprak organik maddesi anız gibi çok yeni girdilerden yüzlerce yıllık olabilecek büyük ölçüde çürümüş malzemelere kadar değişebilir. Toprak organik maddesinin bileşimi, taze bitki artıklarından iyi ayrılmış humusa kadar oldukça çeşitlidir. Bu noktada toprak organik maddesini 3 ana bileşen şeklinde sınıflandırmak mümkündür.

Kararsız Organik Madde: Bu fraksiyon, ürün artıkları ve kök sızıntıları gibi yakın zamanda eklenen organik malzemeleri içerir. Kolayca ayrışabilir ve toprak mikroorganizmaları için hazır bir enerji kaynağı olarak hizmet eder.

Orta Dereceli Organik Madde: Bunlar mikrobiyal biokütle, bitki artıkları ve humus öncüllerini içeren kısmen ayrılmış organik maddelerdir. Besin maddelerini zamanla yavaş yavaş salarak toprak verimliliğine katkıda bulunurlar.

Kararlı Organik Madde (Humus): Humus, ara organik maddenin uzun süreler boyunca parçalanmasıyla ortaya çıkan toprak organik maddesinin en kararlı kısmıdır. Daha fazla ayrışmaya karşı dirençlidir ve toprağın yapısını, su tutma kapasitesini ve besin tutma kapasitesini önemli ölçüde etkiler.

Hoyle ve Fairbanks, (2013) Toprak tipine ve tarım sistemine bağlı olarak, farklı havuzlara taşınan organik maddenin gerçek dağılımı büyük ölçüde değişiklik gösterebileceğini belirterek genel olarak organik maddenin oransal olarak % 65'inin cansız ve çürümüş, % 15'inin dayanıklı, % 10'unun taze kalıntılar ve % 10'unun canlı (yaşayan) kısımdan oluştuğunu bildirmektedir (Şekil 1).



Şekil 1. Tarım toprağındaki organik maddenin oransal yapısı. (Hoyle ve Fairbanks, 2013)

Baldock ve Nelson, (2000) toprak organik maddesi ve bileşenlerini tanımlamak için kullanılan terimlerin incelenmiş, toprak organik maddesi ve onun çeşitli fraksiyonlarının neyi temsil ettiğine dair kesin tanımlar konu-

sunda eksiklik bulunduğunu, bunun sebebinin ise toprakta bulunan organik maddenin kaynağı, kimyasal ve fiziksel bileşimi, dinamikliği ve sürekli değişen karakteri ile fonksiyon çeşitliliği bakımından heterojen ligi olduğunu bildirmişlerdir. Bundan yola çıkarak çeşitli kaynaklardan toprak organik maddesi ve bileşenleri için bir dizi tanımlama yapmışlardır (Tablo 1). Aşağıda toprak organik maddesi ve bileşenlerine ait tanımlamalar verilmiştir.

Tablo 1. Toprak organik maddesi ve bileşenlerinin tanımları (Baldock ve Nelson, 2000)

Bileşen	Tanımlanması
Toprak organik Maddesi (TOM)	Canlı bitkilerin toprak üstü kısmı hariç yaşayan veya ölü olduğuna ve ayrışma aşamasına bakılmaksızın, toprakta veya toprak yüzeyinde bulunan, biyolojik olarak türetilmiş, doğal ve termal olarak değiştirilmiş tüm organik materyallerin toplamı.
Yaşayan Bileşenler (Fitokütle)	Bitki kökenli canlı dokular. Ölü olan ayakta duran bitki bileşenleri (örneğin, ayakta duran ölü ağaçlar) da fitomas olarak kabul edilir.
Mikrobiyal biokütle	Yaşayan toprak mikroorganizmalarının hücreleriyle ilişkili organik madde
Faunal biokütle	Yaşayan toprak faunasıyla ilişkili organik madde.
Canlı Olmayan Bileşenler Partikül organik madde	Herhangi bir kaynaktan türetilmiş, ancak genellikle bitki türevli materyallerin baskın olduğu, tanımlanabilir bir hücre yapısına sahip organik parçalar
Döküntü	Toprak yüzeyinde bulunan mineral kalıntılarında yoksun organik maddeler
Makro organik madde	Mineral toprak matrisinde bulunan ve tipik olarak dağılmış bir toprağın elenmesiyle izole edilen >20 µm veya >50 µm (yani kum fraksiyonunun alt boyut sınırından daha büyük) organik madde parçaları.
Hafif fraksiyon	Dispers edilmiş toprak süspansiyonlarının su veya 1,5-2 Mg/m ³ yoğunlukta ağır sıvılar üzerinde yüzdürülmesiyle mineral topraklardan izole edilen organik maddeler
Çözünmüş organik madde	Toprak çözeltisinde bulunan ve tanımı gereği < 0,45 µm olan suda çözünür organik bileşikler. Tipik olarak bu fraksiyon, şeker amino asitleri, düşük moleküler ağırlıklı organik asitler (örn. sitrat, malat vb.) dahil olmak üzere biyolojik kökenli basit bileşiklerden (örn. mikrobiyal ve bitkisel süreçlerin metabolitleri) oluşur ancak aynı zamanda büyük moleküller de içerebilir.
Humus	Makro organik madde ve çözünmüş organik maddenin uzaklaştırılmasından sonra toprakta kalan organik maddeler.
Hümkik olmayan biyomoleküller	Polisakkaritler ve şekerler, proteinler ve amino asitler, yağlar, mumlar ve diğer lipitler ve lignin dahil olmak üzere farklı biyopolimer kategorilerine yerleştirilebilen tanımlanabilir organik yapılar
Hümkik Asit	Alkali çözeltide çözünebilir ancak alkali ekstraktların asitleşmesiyle çöken organik maddeler
Fulvik asit	Alkali çözeltide çözünebilir ve alkali ekstraktların asitleştirilmesiyle çözünebilir kalan organik maddeler
Hümin	Alkali çözeltide çözünmeyen organik maddeler
İnert Organik Madde	Odon kömürü, kömürleşmiş bitki materyalleri, grafit ve uzun döngü süreli kömürü de içeren yüksek oranda karbonlaşmış organik malzemeler.

3. Toprak Organik Maddesinin Oluşumu

Toprak organik maddesinin oluşumu çeşitli biyolojik, fiziksel ve kimyasal süreçleri içerir. Toprak organik maddesinin oluşumuna katkıda bulunan temel faktörler şunlardır:

Bitki ve Hayvan Kalıntıları: Topraktaki organik maddenin ana kaynağı bitki ve hayvan kalıntılarının ayrışmasıdır. Düşen yapraklar, kökler, ölü organizmalar ve diğer organik maddeler ilk girdiye katkıda bulunur.

Mikrobiyal Aktivite (Mineralizasyon): Bakteriler, mantarlar ve diğer ayrıştırıcılar gibi mikroorganizmalar, karmaşık organik bileşiklerin daha basit formlara parçalanmasında önemli bir rol oynar.

Humifikasyon: Bu, organik maddenin mikrobiyal parçalanmasının humus oluşumuna yol açtığı bir süreçtir. Humus, toprak yapısına, su tutulmasına ve besin bulunabilirliğine katkıda bulunan stabil, amorf ve koyu renkli bir organik maddedir.

Fiziksel Süreçler: Hava koşulları, erozyon ve çökeltme gibi fiziksel süreçler, organik maddenin toprağa karışmasını etkileyebilir. Örneğin, toprak yüzeyindeki organik kalıntılar, toprak organizmalarının faaliyetleri veya çiftçilik gibi insan uygulamaları gibi doğal süreçler yoluyla toprağa karışabilir.

İklim ve Çevre Koşulları: Sıcaklık ve nem gibi iklim ve çevresel faktörler, organik maddenin ayrışma hızını etkiler. Daha sıcak ve daha nemli koşullar genellikle mikrobiyal aktiviteyi artırır ve ayrışmayı hızlandırır.

Karbon Bileşiklerinin Girdisi: Kök sızıntıları ve çürüyen bitki materyali gibi karbon bileşiklerinin eklenmesi toprakta organik madde oluşumuna katkıda bulunur. Canlı bitkilerden gelen kök sızıntıları mikrobiyal aktiviteyi teşvik edebilir ve organik maddenin toprağa dahil edilmesini artırabilir.

Toprak Yönetimi Uygulamaları: Tarımsal uygulamalar, arazi kullanımı ve yönetim stratejileri topraktaki organik maddenin miktarını ve kalitesini etkileyebilir. Örtü bitkileri, ürün rotasyonu ve organik değişiklikler gibi uygulamalar organik madde içeriğini artırabilir.

Organik maddenin bu süreçler aracılığıyla sürekli döngüsü, toprak verimliliği, yapısı ve genel ekosistem sağlığı için hayati önem taşıyan toprak organik maddesinin geliştirilmesine ve korunmasına katkıda bulunur. Toprakta organik madde oluşumu ve döngüsü, toprak sağlığını ve verimliliğini korumak için kritik bir faktördür. Tarım uygulamaları, ormancılık ve diğer toprak kullanımı faaliyetleri, bu döngüyü etkileyebilir ve toprak organik madde miktarını azaltabilir. Bu nedenle, sürdürülebilir toprak yönetimi önemlidir, çünkü bu, toprak verimliliğini artırır ve ekosistem sağlığını korur.

Ayrışma sürecinde farklı ürünler açığa çıkar: karbondioksit (CO₂), enerji, su, bitki besinleri ve yeniden sentezlenmiş organik karbon bileşikleri. Ölü

materyalin ve değiştirilmiş organik maddenin art arda ayrışması, humus adı verilen daha karmaşık bir organik maddenin oluşmasıyla sonuçlanır (Juma, 1998). Bu süreç humuslaşma olarak adlandırılır. Humus toprak özelliklerini etkiler. Yavaşça ayrıştıkça toprağı daha koyu bir renge boyar; toprak agregasyonunu ve agregat stabilitesini artırır; KDK'yi (besin maddelerini çekme ve tutma yeteneğı) artırır; ve N, P ve diğere besin maddelerine katkıda bulunur.

Çürüyen bitki artıklarının toprak yüzeyine sürekli olarak eklenmesi, topraktaki biyolojik aktiviteye ve karbon döngüsü sürecine katkıda bulunur. Toprak türü, iklim ve yönetim, toprağı organik madde girdisini ve onun dönüşümünü veya ayrışmasını etkiler. Yağış, bitki büyümesinin (biyokütle) ve toprağı giren organik maddenin ayrışmasıyla sonuçlanan biyolojik aktivitenin önemli bir itici gücüdür. Toprak organik maddesinin farklı fraksiyonları (çözünmüş, parçacıklı, humuslu ve dirençli) çok farklı oranlarda dönüşür. Ayrıca TOM, topraktaki canlı, ayrışan ve stabil fraksiyonlar arasında sürekli olarak döngü yapar.

3.1.Mineralizasyon

Toprak organik maddesinin oluşumu çeşitli biyotik ve abiyotik faktörlerden etkilenen sürekli bir süreçtir. Yapraklar, kökler ve ölü organizmalar gibi bitki artıkları toprağı organik girdinin başlıca kaynaklarıdır. Bitki artıkları toprağı geri döndüğünde, çeşitli organik bileşikler ayrışmaya uğrar. Ayrışma, ölü materyalin karmaşık organik moleküllerinin fiziksel olarak parçalanmasını ve biyokimyasal olarak daha basit organik ve inorganik moleküllere dönüşmesini içeren biyolojik bir süreçtir (Juma, 1998). Bu malzemeler bakteriler, mantarlar ve solucanlar da dahil olmak üzere toprak mikroorganizmaları tarafından kolaylaştırılan ayrışmaya maruz kalır ve bu organik maddenin mineralizasyonu olarak adlandırılır. Ayrışma süreci sıcaklık, nem, pH ve toprak tekstürü gibi çevresel koşullardan ve organik maddenin kalitesinden etkilenir. (Brussaard, 1994). Bu faktörler farklı mekansal ve zamansal ölçeklerde çalışır (Lavelle ve Pashanasi 1989). Mikroorganizmalar toprak solunumuna açık ara en büyük katkıyı sağlayanlardır ve solunan toplam karbondioksitin (CO₂) ve dolayısıyla solunan organik C'nin yüzde 80-95'inden sorumludurlar.

Yukarıda da değinildiğı üzere mineralizasyon, organik maddenin mikroorganizmalar tarafından daha basit inorganik bileşenlere (örneğin, karbon dioksit, su, amonyum, nitrat, fosfat gibi) dönüştürülmesini içeren ve ifade eden bir süreçtir. Bu süreç, toprağın biyolojik döngüsünde önemli bir rol oynar çünkü bitkilerin ve diğere organizmaların beslenmesi için gerekli olan besin maddelerini serbest bırakır. Bu maddelerin büyüyen organizmalar, özellikle bitkiler tarafından alınması önemlidir. Mineralizasyonun önemli bir özelliğı, besin salınımı ile bitkiler ve mikrobiyal biyokütle tarafından alımı arasındaki zaman ve mekandaki senkronizasyondur. Senkronizasyon en iyi şekilde, ayrışan malzeme ve ayrıştırıcı toplulukların birlikte çeşitliliğinin, sü-

recin ince ayarına izin verdiği doğal ekosistemlerde elde edilir (Myers ve ark., 1994). Bu yönüyle bakıldığında tarımsal ekosistemler, aşırı kimyasal gübre girdisi alan sistemlerde olduğu gibi senkronizasyon artık sağlanamadığı için çoğunlukla büyük miktarda besin maddesini akiferlere ve atmosfere kaptırır (Lavelle ve ark., 2020). Bakteriler, mantarlar ve diğer toprak organizmaları, organik maddeleri parçalayarak besin maddelerini serbest bırakırken bu süreçte özellikle önemli olan enzimler, organik moleküllerin parçalanmasını katalize eder.

Organik maddenin mineralizasyonu, genellikle şu basit denklemle ifade edilir:

Organik madde (C₆H₁₂O₆ gibi) + Mikroorganizmalar → Karbon dioksit (CO₂) + Su (H₂O) + Mineraller (NH₄⁺, NO₃⁻, PO₄³⁻ gibi)

Bu denklemde, organik madde mikroorganizmalar tarafından parçalanır ve karbon dioksit ile su gibi inorganik bileşiklere ve bitkilerin kullanabileceği amonyum, nitrat, fosfat gibi minerallere dönüşür.

3.2. Humifikasyon:

Humifikasyon, organik maddenin toprakta ayrışarak humus oluşturduğu bir süreçtir (Gerke, 2018). Humifikasyon, mineralizasyonun tersi bir süreçtir ve ekosistemdeki organik maddenin korunmuş formlarda tutulmasına yol açar. Koruma, kimyasal işlemler yoluyla (büyük ağırlıktaki moleküllerin yoğunlaşması veya sindirilmemiş bileşiklerin birikmesi yoluyla) veya organik elementlerin kompakt agregatlar içindeki mikrobiyal saldırılardan korunduğu fiziksel işlemler yoluyla gerçekleşebilir.

Bu süreç, bitki ve hayvan atıklarının, mikroorganizmalar tarafından parçalanması ve ayrıştırılmasıyla gerçekleşir. Karasal bitki kalıntılarının ayrışması, karbon ve besin maddelerinin atmosfere veya bitkilerin kullanabileceği duruma geri döndürüldüğü mekanizmadır. Mikroorganizmalar, enerji üretimi ve biyokütle üretimi için çözünür, düşük moleküler ağırlıklı bileşikler (şekerler, amino asitler ve organik asitler gibi 'kararsız' substratlar) kullanır. Küçük boyutları nedeniyle bu substratlar kolaylıkla hücre içine alınır ve metabolize edilir. Kararsız substratların (glikoz gibi) mevcut besin maddeleri miktarı genellikle düşük olduğundan, parçalayıcı organizmalar, ayrışmanın bu ilk aşamasında biokütlelerindeki nitrojen, fosfor veya kalsiyum gibi besin maddelerini satbil hale getirir. Bu substratları kullanabilen mikrobiyal topluluk oldukça çeşitlidir; neredeyse tüm organizmalar, karbonun daha büyük, daha karmaşık formlarını tercih ederek kararsız substratları kullanır (Ghabbour ve ark., 2012).

Humifikasyon süreci, toprak organik maddesinin yapısını ve toprak verimliliğini artırır. Bu süreçte, bir dizi kimyasal ve biyokimyasal reaksiyon içerir (Piccolo, 2002). Mikroorganizmalar atıkları sindirirken, organik mole-

küllerin yapıları değişir ve daha karmaşık moleküller oluştururlar. Aynı zamanda karbon, azot, fosfor ve diğer besin maddeleri açığa çıkar. Ayrıca, bu moleküllerin yapıları toprakta daha uzun süre kalabilir.

Denklemlerle ifade edilen humifikasyon süreci oldukça karmaşıktır ve birçok farklı reaksiyon ve bileşik içerir. Bu süreci tam olarak ifade eden bir denklem vermek zordur çünkü toprakta gerçekleşen reaksiyonlar çok çeşitlidir ve birçok farklı faktör bu süreci etkiler. Ancak, genel olarak humifikasyon süreci şu şekilde özetlenebilir:

- Organik madde (bitki ve hayvan atıkları) parçalanır.
- Parçalanan organik maddeler, mikroorganizmalar tarafından metabolize edilir.
- Metabolizma sonucunda, daha karmaşık organik moleküller oluşur.
- Bu moleküller, toprakta depolanır ve uzun süre kalıcı humus oluşturur.
- Bu süreçte karbon, azot, fosfor ve diğer besin maddeleri serbest bırakılır ve toprağın besin değeri artar.

4. Toprak Organik Maddesinin Önemi ve İşlevi

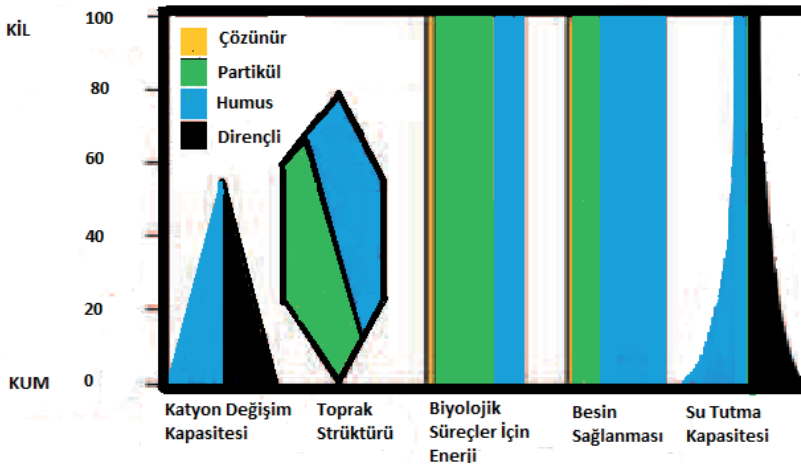
Çoğu toprakta oransal olarak çok az olmasına rağmen, organik fraksiyon toprak özellikleri, toprağın işlevselliği ve ekosistem hizmetlerinde çok sayıda ve çok önemli rol oynayabilir. Pratik tarım açısından bakıldığında, iki ana nedenden dolayı önemlidir: (1) “yenilenebilir besin fonu” olarak; ve (2) toprak yapısını iyileştirecek, toprağı sürdürecekt ve erozyonu en aza indirecek bir madde olarak (FAO, 2005).

Yenilenebilir bir besin fonu olarak organik madde iki ana işleve hizmet eder:

Toprak organik maddesi esas olarak bitki artıklarından elde edildiğinden, temel bitki besin maddelerinin tamamını içerir. Bu nedenle biriken organik madde bitki besinlerinin deposudur. Kararlı organik kısım (humus) besin maddelerini adsorbe eder ve bitkilerde mevcut bir formda tutar. Organik madde, toprakları çevresel değişimlere karşı daha dayanıklı hale getirir ve aynı zamanda renk ve işlenebilirlik gibi özellikleri de etkiler. Topraktaki birçok fiziksel, kimyasal ve biyolojik sürecin işleyişinin merkezinde yer alır (FAO, 2005).

GRDC, (2013) toprak organik maddesinin yönetimi projesi raporunda genel olarak organik karbon içeriği yüzde birin altında olan toprakların işlevsel olarak bozulduğunun kabul edilebileceği bildirilmektedir. Yine aynı raporda toprağın çok önemli işlevlerinin, toprak organik maddesinin dört fraksiyonunun boyutundan, kalitesinden ve göreceli stabilitesinden etkilenmediğini belirten ve Hoyle ve ark., (2011)’dan alınan bir şekil üzerinden açıklan-

maktadır (Şekil 2). Bu şekilde, şeklin içindeki desenli veya gölgeli alanların genişliği, toprağın organik madde fraksiyonlarının belirli bir işlev veya süreç açısından göreceli önemini göstermektedir. Şekilde soldaki çizgili alanın genişliğinin azalması, toprağın kil içeriği arttıkça humus oranının önemini azaldığını gösteriyor. Bunun nedeni kil parçacıklarının katyon değişimi için geniş bir yüzey alanı sağlamasıdır, bu da kil içeriği arttıkça toprağın organik maddesinin önemini giderek azaltır. Karşılaştırıldığında, humusun tüm toprak türlerindeki besin maddelerinin sağlanmasında eşit derecede önemli olduğu ve özellikle potansiyel olarak mineralize edilebilir nitrojenin sağlanmasında kritik olduğu görülebilir.



Şekil 2. Farklı organik madde fraksiyonlarının çeşitli toprak fonksiyonlarındaki rolünün kavramsal bir temsili (GRDC, 2013).

Organik madde, toprakta bulunan humus ve diğer organik materyalleri içerir ve aşağıdaki şekillerde bitki büyümesini olumlu bir şekilde etkileyebilir:

Besin Maddesi Kaynağı: Organik madde, bitkiler için gerekli olan besin maddelerini içerir. Bu maddeler, bitkilerin büyümesi, gelişmesi ve üremesi için hayati öneme sahiptir. Toprağın organik maddesi, onun kararlı bileşenleri (hümik maddeler) ve geçici bileşenleri, besin maddelerinin kullanılabilirliğini ve yüksek bitkiler tarafından alınımını güçlü bir şekilde geliştirebilir. Toprak organik maddesi aynı zamanda besin depolamasını ve topraktaki kullanılabilirliğini de güçlü bir şekilde etkiler. Azot (N) ve kükürt (S) için ve birçok toprakta P için topraktaki organik madde, besin deposunun ana havuzudur. Mikro besinlerden özellikle demir (Fe) ve bakır (Cu) ve bir dereceye kadar çinko (Zn),'nun bitkiler tarafından kullanımını toprağın organik maddesi belirler. Bu nedenle organik madde zengini topraklar, bitkilerin sağlıklı büyümesini destekler.

Toprak Yapısını İyileştirir: Organik madde, toprağın yapısını geliştirir. İyi bir toprak yapısı, suyun iyi tutulmasını ve hava sirkülasyonunu kolaylaştırır. Bu, bitkilerin köklerinin daha iyi gelişmesini sağlar ve toprakta su birikmesini önler (Radulovich ve ark., 1992).

Su Tutma Kapasitesini Artırır: Organik madde, toprakta su tutma kapasitesini artırır. Bu da bitkilerin kurak dönemlerde suya daha iyi erişebilmesini sağlar. Ayrıca aşırı sulama durumunda da toprakta suyun iyi drenajını sağlar.

Toprak pH Değerini Dengeleyebilir: Organik madde, toprak pH değerini dengede tutabilir. Asidik veya alkali toprakları nötrleştirebilir ve bitkilerin ihtiyaç duyduğu pH aralığını koruyabilir. Bu, bitkiler için uygun bir pH seviyesi sağlamak açısından önemlidir, çünkü farklı bitki türleri farklı pH seviyelerinde daha iyi büyür.

Bitki Hastalıklarını ve Zararlı Organizmaları Azaltabilir: Organik madde, toprakta faydalı mikroorganizmaların gelişmesini teşvik ederken, zararlı organizmaların sayısını azaltabilir. Bu, bitkilerin hastalıklara ve zararlılara karşı daha dirençli olmalarına yardımcı olabilir. Organik madde içeren topraklar, bitki hastalıklarına karşı daha dirençli olabilir. Organik madde, bitki köklerinin bağışıklık sistemini güçlendirebilir ve zararlı patojenlerin yayılmasını sınırlayabilir.

Tohum Çimlenmesini ve Kök Gelişimini Teşvik Eder: Organik madde, tohumların çimlenmesini ve köklerin gelişmesini teşvik eder. Bu, bitkilerin daha hızlı büyümelerine ve daha sağlam bir kök sistemi geliştirmelerine yardımcı olur.

Mikroorganizma Aktivitesini Artırma: Organik madde, toprakta yaşayan mikroorganizmalar için bir besin kaynağıdır. Bu mikroorganizmalar, toprak sağlığını korur ve bitkiler için faydalı olan besin maddelerini çözünür hale getirir. Organik madde içeren topraklar, bu mikroorganizmaların aktivitesini artırır. Organik maddenin herhangi bir yolla topraktan uzaklaştırılması veya yakılması, toprak organizmalarını birincil enerji kaynaklarından mahrum bırakır.

Toprak Erozyonunu Önleme: Organik madde, toprak erozyonunu azaltabilir. İyi bir organik madde içeriğine sahip topraklar, erozyonu önleyen ve toprak tabakasını koruyan bir tabaka oluşturabilir. Toprak yüzeyinde ham bitki artıkları olarak bulunan organik maddeler, toprağın yağış ve rüzgar etkisinden korunmasına yardımcı olur. Kalıntıların uzaklaştırılması veya yakılması, toprağı olumsuz iklimsel etkilere maruz bırakır.

Sonuç olarak, toprak organik maddesi bitki büyümesini olumlu bir şekilde etkiler. Organik madde içeren topraklar, besin maddeleri sağlama, su tutma kapasitesini artırma, toprak yapısını iyileştirme ve bitkilerin sağlıklı

büyümesini teşvik etme konusunda önemli avantajlar sunar. Bu nedenle bahçe tarımı, çiftçilik ve bahçe yetiştiriciliği gibi bitki yetiştirme faaliyetlerinde organik madde zengini topraklar tercih edilir. Bu nedenle, toprak analizi yaparak toprak organik madde içeriğini izlemek ve organik madde eklemek, bitki yetiştiricileri için önemli bir uygulamadır.

4. Toprak Organik Karbonu ve Küresel Isınma

Toprak organik karbonu, toprak organik maddesinin ölçülebilir bir bileşenidir. Toprak organik maddesinin genellikle %58 organik karbon içerdiği kabul edilir. Topraktaki C miktarı, yeryüzündeki karasal ekosistemlerinde bulunan karbonun önemli bir bölümünü temsil eder. Lal, (2009) Karasal ekosistemlerdeki toplam C'un yaklaşık 3170 gigaton olduğunu, (GT; 1 GT = 1 petagram = 1 milyar metrik ton) bildirmektedir. Bu miktarın yaklaşık %80'i (2500 GT) toprakta bulunmaktadır. Toprak karbonu organik (1550 GT) veya inorganik karbon (950 GT) olabilir. İkincisi, kalsit, dolomit ve alçıtaşı gibi elementel karbon ve karbonat malzemelerden oluşur (Lal 2004). Canlı bitki ve hayvanlarda bulunan karbon miktarı, toprakta bulunana (560 GT) göre nispeten küçüktür. Toprak karbon havuzu, 800 GT'lik atmosferik havuzdan yaklaşık 3,1 kat daha büyüktür (Oelkers & Cole 2008).

İnsan faaliyetleri sonucu atmosfere sürekli olarak verilen CO₂ ve diğer sera gazları nedeniyle dünya ikliminin hızla değiştiği hipotezini destekleyen giderek artan sayıda kanıt bulunmaktadır (IPCC 2007). Bir dizi sera gazı mevcut olsa da (örneğin, N₂O, CH₄), CO₂, sanayi öncesi dönemden günümüze kadar yaşanan muazzam artışların bir sonucu olarak küresel iklim üzerinde en büyük etkiye sahiptir. Atmosferdeki CO₂'deki toplam artışın yaklaşık üçte biri ormanların yok edilmesi ve arazilerin tarım amaçlı olarak işlenmesi gibi arazi kullanımı değişikliğinden kaynaklanan toprak organik karbonu kaybından kaynaklanmaktadır (Lal 2004). Her ne kadar topraktaki bu karbon kaybı atmosferdeki CO₂ seviyelerinin artmasına katkıda bulunsa da, aynı zamanda yeniden ağaçlandırma yoluyla bu karbonun bir kısmının toprakta depolanması için de bir fırsattır.

Mevcut tahminler, karasal bitki örtüsü yoluyla fotosentezden elde edilen karbon girdilerinin, toprak solunumu yoluyla gerçekleşen karbon kaybından daha fazla karbonu sabitlediği ve bunun sonucunda yaklaşık 3 GT C/yıl toprak depolama oranıyla sonuçlandığı yönündedir (Lal, 2009). Toprakta karbonun daha fazla depolanması hedefi, toprak organik maddesi depolamasında yer alan süreçlerin daha iyi anlaşılması, bu süreçlerin insan faaliyetleri yoluyla daha doğrudan kontrol edilmesi ve toprak organik karbonunun arttırılmasıyla elde edilecek bilinen diğer ekosistem yararları nedeniyle çok daha geniş bir kabul görmektedir.

Toprak karbon tutulması, CO₂'nin atmosferden uzaklaştırıldığı ve toprağın karbon havuzunda depolandığı bir süreçtir. Bu sürece öncelikle bitkiler

fotosentez yoluyla aracılık eder ve karbon toprak organik maddesi formunda depolanır. Kurak ve yarı kurak iklimlerde, topraktaki karbon tutumu, toprakta bulunan havadaki CO₂'nin ikincil karbonatlar gibi inorganik formlara dönüştürülmesiyle de meydana gelebilir; ancak inorganik karbon oluşum oranı nispeten düşüktür (Lal 2009).

Atmosferdeki CO₂ ve küresel sıcaklıklardaki sürekli artışlar, fotosentetik oranların kontrol edilmesi ve solunum ve ayrışma yoluyla karbon kayıpları yoluyla toprağın karbon girdileri üzerinde çeşitli farklı sonuçlara yol açabilir. Deneysel çalışmalar, yüksek CO₂ konsantrasyonlarında büyüyen bitkilerin fotosentez yoluyla daha fazla karbon bağladığını ve daha fazla biokütle ürettiğini göstermiştir (Drake ve ark. 1997). Bununla birlikte, daha fazla kök biokütlesinden kaynaklanan bitki solunumunun artması (Hungate ve ark. 1997) veya artan mikrobiyal aktivite yoluyla toprak organik maddesinin hızlandırılmış ayrışması nedeniyle karbon kaybı da artabilir (Zak ve ark. 2000). Benzer şekilde, artan sıcaklıklar suyun kullanılabilirliğini sınırlayarak karbon dengesini etkileyebilir ve dolayısıyla fotosentez oranlarını azaltabilir. Alternatif olarak, suyun sınırlayıcı olmadığı durumlarda artan sıcaklıklar bitki verimliliğini artırabilir ve bu da karbon dengesini etkileyebilir (Maracchi ve ark. 2005). Artan sıcaklıklar aynı zamanda daha yüksek SOM ayrışma oranlarına da yol açabilir, bu da daha fazla CO₂ üretebilir ve bu da iklim değişikliği konusunda olumlu geri bildirimlere yol açabilir (Pataki ve ark. 2003).

Toprak organik karbonun tutulması, atmosferik karbondioksiti azaltarak iklim değişikliğini hafifletmenin bir yolu olarak önerilmektedir. Tartışma, tarım ve kırsal alanlardaki çok geniş alanlarda toprak organik karbondaki küçük artışların atmosferik karbondioksiti önemli ölçüde azaltacağı yönündedir. İndirgemenin uzun süreli olması için organik maddenin daha stabil veya dirençli fraksiyonlarda olması gerekir.

5. Toprak Organik Maddesinin Korunması ve Yönetimi

Dünya genelinde tarımsal faaliyetler toprağın organik madde düzeylerinde azalmaya ve bundan dolayı da toprağın verimliliğinde azalma ortaya çıkarmıştır. Çayır-mera ve ormanların bozularak tarıma açılması, toprakta C'nin önemli oranda azalmasına neden olmuştur. Toprağa eklenme oranının ayrışma oranından az olduğu durumlarda toprağın organik maddesi azalma eğilimine girer. Tersine, tersi durumda toprağın organik maddesi artar. Ekleme oranının ayrışma hızına eşit olduğu durum Kararlı durum terimi, olarak adlandırılır. Topraktaki organik madde seviyelerinin korunması ve besin döngüsünün optimize edilmesi, tarımsal sistemlerin sürdürülebilir üretkenliği için olmazsa olmazdır. Toprağın organik madde içeriğini korumak, ekleme ve ayrışma oranları arasında bir denge gerektirir.

Topraktaki organik madde seviyelerinin arttırılması ve sürdürülmesi için etkili yönetim uygulamaları gereklidir. Koruyucu toprak işleme, örtü ekimi,

ürün rotasyonu ve organik iyileştirmeler gibi uygulamalar toprak yapısının korunmasına ve organik madde bozulmasının azaltılmasına yardımcı olur. Geleneksel kalıplı pulluk ve diskli toprak işleme sistemleri, topraktaki organik maddenin hızla ayrışmasına neden olarak toprağı rüzgar ve su erozyonuna karşı duyarlı hale getirir ve toprak işleme derinliğinin altında pulluk tabanını tabakası oluşmasına neden olur. Buna karşılık, azaltılmış veya sıfır toprak işleme sistemleri daha fazla biyolojik yüzey kalıntısı bırakır, gelişmiş toprak aktivitesi için ortamlar sağlar ve daha sağlam, büyük gözeneklerle birbirine bağlı ve yağmur damlası etkisine daha iyi dayanabilen daha fazla toprak agregatını tutar. Daha az toprak işleme ile su toprağına daha kolay ve hızlı bir şekilde sızabilir, bu da toprağın erozyona karşı korunmasına yardımcı olur.

Ürün rotasyonu, doğrudan bitkisel üretim sistemlerinin sürdürülebilirliğinin temelidir. Örtü bitkileri, N tespiti için baklagiller, ürün rotasyonu ve toprak işlemez ürünleri içeren bir üretim sistemi bölgesel olarak uyarlanabilir ve böylece bölgedeki toprak yönetiminin sürdürülebilirliğine katkıda bulunabilir. Arazi yönetiminin iyileştirilmesiyle, kaybedilen organik maddenin en azından bir kısmı geri kazanılabilir. Toprak işlemez yapılmadığı takdirde toprağın organik maddesindeki artış tarım topraklarını karbon yutaklarına dönüştürebilmektedir.

Örtü bitkileri, birlikte ekim ve ürün rotasyonu da hem toprak yüzeyinin altında hem de yer üstünde biyolojik çeşitliliğin desteklenmesine yardımcı olabilir. Bu çeşitlilik, iyi işleyen ve istikrarlı bir ekolojik sistemin sürdürülmesi için önemlidir. Böyle bir durumda hiçbir zararlı organizma tek başına ürün verimini ciddi şekilde etkileyecek büyüklükte bir popülasyona ulaşamaz. Ek olarak, toprağın bozulmasını en aza indirmek ve aşırı sentetik gübre ve pestisit kullanımından kaçınmak, sağlıklı bir toprak mikrobiyal topluluğunu teşvik ederek organik maddenin ayrışmasını ve besin döngüsünü kolaylaştırır.

Ayrıca kompost, gübre ve biyokömür gibi organik maddelerin toprağına dahil edilmesi organik madde içeriğini artırır ve toprağın verimliliğini artırır. Bu malzemeler sadece besin sağlamakla kalmaz, aynı zamanda toprağın yapısını ve su tutma kapasitesini de artırır. Topraktaki organik maddenin birikimini ve korunmasını teşvik eden uygulamaları benimseyerek, topraklarımızın gelecek nesiller için uzun vadeli üretkenliğini ve dayanıklılığını sağlayabiliriz.

KAYNAKLAR

- Baldock J.A, Nelson P.N. (2000) Soil organic matter. In: Sumner ME (ed) Handbook of soil science. CRC, Boca Raton USA, pp B25–B84
- Baldock, J. A., and Skjemstad, J. O. (2000). Role of the Soil Matrix and Minerals in Protecting Natural Organic Materials against Biological Attack. *Organic Geochemistry*, 31, 697-710.
- Brussaard, L. (1994). Interrelationships between biological activities, soil properties and soil management. In D.J. Greenland & I. Szabolcs, eds. *Soil resilience and sustainable land use*, pp. 309-329. Wallingford, UK, CAB International.
- Drake, B. G., González-Meler, M. A., and Long, S. P. (1997). More efficient plants: a consequence of rising atmospheric CO₂?. *Annual review of plant biology*, 48(1), 609-639.
- FAO, (2005). The importance of soil organic matter. Key to drought-resistant soil and sustained food production, ISBN 92-5-105366-9. <ftp://ftp.fao.org/agl/agll/docs/sb80e.pdf>
- Ghabbour, E. A., Davies, G., Daggett Jr, J. L., Worgul, C. A., Wyant, G. A., and Sayedba-gheri, M. M. (2012). Measuring the humic acids content of commercial lignites and agricultural top soils in the national soil project. *Annals of Environmental Science*, 6.
- Gerke, J. (2018). Concepts and misconceptions of humic substances as the stable part of soil organic matter: A review. *Agronomy*, 8(5), 76.
- GRDC, (2013) *Managing Soil Organic Matter – a practical guide*. <https://grdc.com.au/resources-and-publications/>
- Hoyle, F. C., Baldock, J. A., and Murphy, D. V. (2011). Soil organic carbon–role in rainfed farming systems: with particular reference to Australian conditions. *Rainfed farming systems*, 339-361.
- Hoyle, F., Fairbanks, M. (2013). *Managing soil organic matter: a practical guide*. GRDC.
- Hungate, B. A., Holland, E. A., Jackson, R. B., Chapin III, F. S., Mooney, H. A., & Field, C. B. (1997). The fate of carbon in grasslands under carbon dioxide enrichment. *Nature*, 388(6642), 576-579.
- IPCC (2007): *Climate change the physical science basis*. In *Agu fall meeting abstracts* (Vol. 2007, pp. U43D-01).
- Juma, N.G. (1998) *The Pedosphere and Its Dynamics: A Systems Approach to Soil Science*. Volume 1, Quality Color Press Incorporation, Edmonton.
- Lal, R. (2004). Agricultural activities and the global carbon cycle. *Nutrient cycling in agroecosystems*, 70(2), 103-116.
- Lal, R. (2009). Challenges and opportunities in soil organic matter research. *European Journal of Soil Science*, 60(2), 158-169.

- Lavelle, P. and Pashanasi, B. 1989. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). *Pedobiologia*, 33: 283-291.
- Lavelle, P. & Spain, A. 2001. *Soil ecology*. Dordrecht, The Netherlands, Kluwer Academic Publishers.
- Lavelle, P., Spain, A., Fonte, S., Bedano, J. C., Blanchart, E., Galindo, V., and Zangerlé, A. (2020). Soil aggregation, ecosystem engineers and the C cycle. *Acta Oecologica*, 105, 103561.
- Maracchi, G., Sirotenko, O., and Bindi, M. (2005). Impacts of present and future climate variability on agriculture and forestry in the temperate regions: Europe. *Climatic change*, 70(1), 117-135.
- Myers, R. J. K. (1994). Modelling of soil organic matter dynamics. In *ACIAR proceedings* (pp. 140-140). Australian Centre For International Agricultural Research.
- Oelkers, E. H., and Cole, D. R. (2008). Carbon dioxide sequestration a solution to a global problem. *Elements*, 4(5), 305-310.
- Pataki, D. E., Bowling, D. R., and Ehleringer, J. R. (2003). Seasonal cycle of carbon dioxide and its isotopic composition in an urban atmosphere: Anthropogenic and biogenic effects. *Journal of Geophysical Research: Atmospheres*, 108(D23).
- Piccolo, A. (2002). The supramolecular structure of humic substances: a novel understanding of humus chemistry and implications in soil science. 57-134
- R. Radulovich, P. Sollins, P. Baveye, E. Solorzano, (1992). Bypass water flow through unsaturated microaggregated tropical soils. *Soil Science Society of America Journal*, vol.56, pp. 721-726.
- Zak, D. R., Pregitzer, K. S., Curtis, P. S., and Holmes, W. E. (2000). Atmospheric CO₂ and the composition and function of soil microbial communities. *Ecological Applications*, 10(1), 47-59.