

ZİRAAT VE ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ

ALANINDA ULUSLARARASI
ARAŞTIRMA VE DEĞERLENDİRMELER

CİLT -2

EDİTÖR

PROF. DR. KORAY ÖZRENK

ARALIK
2023

 SERÜVEN
YAYINEVİ



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

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

Birinci Basım / First Edition • © Aralık 2023

ISBN • 978-625-6644-04-5

© 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 VE ORMAN VE SU ÜRÜNLERİ

Alanında Uluslararası Araştırma ve Değerlendirmeler

Cilt 2

Aralık 2023

Editör

PROF. DR. KORAY ÖZRENK

İÇİNDEKİLER

Bölüm 1

SERA KOŞULLARINDA FARKLI SULAMA SUYU DÜZEYLERİ İLE SOLUCAN GÜBRESİ DOZLARININ UYGULANDIĞI FESLEĞEN (OCIMUM BASİLİCUM L.) BİTKİSİNİN SU-VERİM FONKSİYONLARININ BELİRLENMESİ

Muhtasım TOPRAK, Ulaş ŞENYİĞİT 1

Bölüm 2

TRAKYA BÖLGESİNDE ÜRETİMİ YAPILAN BUĞDAY VE ARPANIN AĞIR METAL BULAŞANLARININ TESPİTİ

Cemal POLAT, Nevzat TEZCAN 19

Bölüm 3

ARAZİ TOPLULAŞTIRMA BAŞARI KRİTERİNİN BELİRLENMESİ: BALIKESİR MANYAS GEBEÇİNAR ÖRNEĞİ

Ömer ACAR..... 37

Bölüm 4

HİBRİT KAVAK (POPULUS NİGRA L. X P. MAXIMOWICZII A. HENRY 'NM6') ÇELİKLERİNDEN ÜRETİLEN FİDANLARDA FARKLI GÜBRE UYGULAMALARININ YAPRAK MORFOLOJİSİ ÜZERİNE ETKİSİ

Deniz GÜNEY, Fahrettin ATAR, Ali BAYRAKTAR..... 53

Bölüm 5

TARIMDA DERİN ÖĞRENME UYGULAMALARI

Önder UYSAL 71

Bölüm 6

**FINDIĞIN DÜNÜ BÜGÜNÜ VE BESLENMEDE
ÖNEMİ**

Cavidan DEMİR GÖKİŞİK 85

Bölüm 7

PESTİSİTLERİN BALIKLAR ÜZERİNE ETKİLERİ

Mustafa DÖRÜCÜ , Sibel DOĞAN , Mücahit YÜNGÜL 101

Bölüm 8

**YEŞİL ENERJİ YOLCULUĞU: BİYOPYAKITLARIN
TANIMI, SINIFLANDIRILMASI VE GELECEĞİ**

Ayşin AŞKIN 119

Bölüm 10

**BİTKİSEL KATKI MADDELERİNİN BALIK
YEMLERİNE EKLENME VE UYGULAMA ŞEKİLLERİ**

Kürşat KILIÇ, Önder AKSU 131

Bölüm 11

**TARIM İŞLETMELERİNİN İKLİM
DEĞİŞİKLİĞİNE KARŞI GEÇİM KAYNAKLARI
ETKİLENEBİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE
KOMPOZİT İNDEKS YAKLAŞIMI**

Betül BAHADIR..... 145

Bölüm 12

AĞ KAFESLERDE ALABALIK YETİŞTİRİCİLİĞİ

Sibel DOĞAN, Mücahit YÜNGÜL 165

Bölüm 13

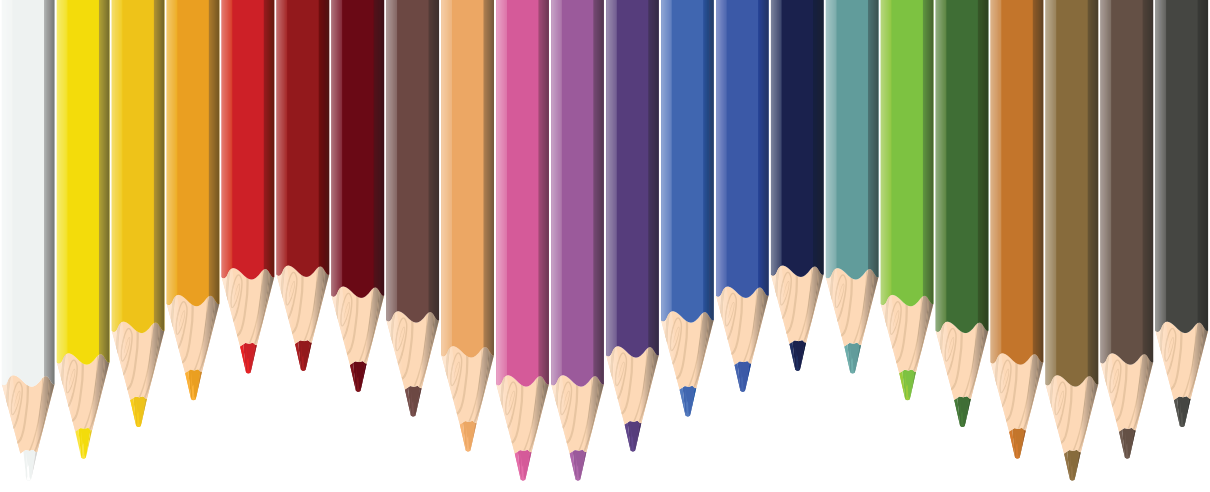
**KURU TARIM SİSTEMİNDE BÖLGELERİN YAĞ
BİTKİLERİ POTANSİYELİ**

Yusuf ARSLAN, İlhan SUBAŞI 197

Bölüm 14

**FONKSİYONEL BİR GIDA OLARAK KARABUĞDAY
(*Fagopyrum esculentum*)**

Birol TAŞ..... 213



Bölüm 1

SERA KOŞULLARINDA FARKLI SULAMA SUYU DÜZEYLERİ İLE SOLUCAN GÜBRESİ DOZLARININ UYGULANDIĞI FESLEĞEN (OCIMUM BASİLİCUM L.) BİTKİSİNİN SU-VERİM FONKSİYONLARININ BELİRLENMESİ¹

Muhtasım TOPRAK²

Ulaş ŞENYİĞİT³

¹ Bu çalışma YÖK Ulusal Tez Merkezinde yer alan 672114 no'lu yüksek lisans tez çalışmasından üretilmiştir.

² Ziraat Yüksek Mühendisi, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Eğitim ve Yayın Dairesi Başkanlığı, Ziraat Üretim İşletmesi, Tarımsal Yayın ve Hizmetiçi Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Söke, Aydın <https://orcid.org/0000-0001-6993-327X>, muhtasimtoprak@gmail.com

³ Prof. Dr., Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Isparta <https://orcid.org/0000-0002-4864-0790>

GİRİŞ

Türkiye, tıbbi ve aromatik bitkiler bakımından, dünyanın zengin ülkelerinden birisidir. Asya ve Avrupa kıtaları üzerinde bulunan coğrafi konumu, geniş bir alanı kaplamakla birlikte, farklı toprak ve iklim özellikleri, zengin bitki çeşitliliği ve tarımdaki yüksek potansiyeli, dünya üzerinde tıbbi ve aromatik bitki ticaretinin önde gelen ülkeleri arasında yer alma potansiyelini doğurmuştur. Türkiye florasında doğal olarak yetişen yaklaşık 11700 kadar bitki taksonundan 3650 tanesinin (floranın %31'i) endemik bitkilerden oluştuğu söylenmektedir (Güner vd., 2012). Türkiye'de endemikler başta olmak üzere, doğal bir şekilde yetişen binlerce bitki türünün tıbbi ve aromatik değeri çok yüksek olup, yaklaşık olarak 500 bitki türünden alternatif veya geleneksel tıp uygulamaları kapsamında yararlanılmaktadır (Kulan, 2013).

Fesleğen (*Ocinum basilicum* L.) Labiatae familyasının, Ocimoideae alt familyasından Ocimum cinsi, tek yıllık otsu bir tıbbi ve aromatik bitki türü olup birçok çeşide sahiptir (Balyan ve Pushpangadan, 1988). Özellikle Güney Asya, Hindistan ve bazı kaynaklara göre de İran kökenli olduğu belirtilen bu bitki, farklı bölgelerde fesliyen, reyhan, peslan, rahan ve ırıhan olarak da adlandırılmaktadır (Omidbaigi, 2004).

Türkiye İstatistik Kurumu tahminlerine göre 2050 yılında nüfusumuzun 110 milyon olacağı beklenmektedir (TÜİK, 2019). Bu nüfusun ihtiyaç duyduğu gıda ile su gereksinimlerini karşılamak için hem su hem de toprak kaynaklarının akılcı kullanılıp, çok iyi korunması gerekmektedir. Toprak ve su kaynaklarımızı korumayı amaçlayan çalışmalar tüm ulusal kurumlar tarafından sürekli olarak yürütölmekte, ancak yayım çalışmalarında sorunlar bulunmaktadır (Tanrıverdi vd., 2016). Bununla birlikte, tarımda yeni üretim modelleri, birim alandaki verimi artırmaya yönelik organik gübreleme, sulama teknikleri üzerinde araştırmalar yapılmalı ve tarımsal üretimin arttırılabilmesi için su ve toprak kaynaklarının en elverişli kullanımını mümkün kılacak biçimde geliştirilmesi gerekmektedir. Sulama, diğere tarımsal girdilerin etkinliğini ve verimliliğini arttıran, tarımsal üretimde karlılığı ve ekonomiyi sağlayan çok yönlü uygulamalardan birisidir (Korukçu, 1992).

Su kaynaklarının azalması ve pahalı olması sonucu kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal sulamanın planlanması ve sulama yönteminin önemi kendiliğinden ortaya çıkmaktadır. Kısıtlı su kaynakları ile bitkinin tam su gereksiniminden daha az su uygulanması olarak tanımlanan kısıtlı sulama, sulama suyu kullanımının azaltılması ve su verimliliğini arttırma hedefine ulaşmak için önemli potansiyele sahip bir sulama stratejisidir (Feres ve Sariano, 2007).

Vermikompost üretiminde en yaygın olarak kullanılan *Eisenia fetida* solucanları, farklı hayvansal ve bitkisel atıkları sindirim sistemlerinden geçirerek değerli bir kompost oluşturmaktadır (Açıkbaş ve Bellitürk, 2016; Boran, 2015; Yılmaz ve Kurt, 2018). Vermikompost uygulamaları, bitkisel üretimde kalite ve verim artışı ile birlikte toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine de olumlu katkılar sağlamaktadır (Ateş ve Coşkan, 2016; Coşkan ve Yılmaz, 2015; Yılmaz vd., 2017; Bellitürk, 2018). Özellikle, yüksek su tutma kapasitesi, kanyon değişim kapasitesi, gözeneklilik oranı ile havalanma ve mikrobiyal aktiviteye sahip olunmasını sağlayan iyi bir toprak düzenleyicisi olan vermikompostun, organik tarım bilincinin artmasıyla son yıllarda kullanımı da artış göstermiştir (Bossuyt vd., 2005; Tejada ve González, 2009). Bu araştırma, farklı sulama düzeyleri ile solucan gübresi dozlarının fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) bitkisinin su tüketimi, verim ve uçucu yağ oranına etkileri ile su-verim fonksiyonlarının belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

METERYAL VE METOT

Bu çalışma, 37° 26' 13'' K enlemi ile 30° 53' 40'' D boylamı arasında, denizden yüksekliği 280 m olan, Isparta İli, Sütçüler İlçesi, Çandır Köyünde yer alan ısıtmasız plastik örtülü serada 2020 yılında Nisan– Ağustos dönemleri arasında yürütülmüştür. Sera taban alanı 540 m², yan duvar yüksekliği ise 4 m'dir.

Isparta ili Sütçüler İlçesinde iki havza bulunmakta olup, buna bağlı olarak da iki farklı iklim görülmektedir. Denemenin yürütüldüğü birinci havzada Akdeniz iklimi, ikinci havzada ise karasal iklim hüküm sürmektedir. İlçenin ortalama sıcaklığı 14.1°C, ortalama bağıl nemi %58.1 ve ortalama toplam yağış miktarı ise 836 mm'dir (MGM, 2020).

Çalışmada, üst çapı 21 cm, yüksekliği 19 cm ve yüzey alanı 346 cm² olan saksılar kullanılmıştır. Saksılarda yetiştirme ortamı olarak kullanılan saksı topraklarının hacim ağırlığı 0.97 g/cm³, bünye sınıfı tınlı ve saksı kapasitesi 120.6 mm olarak belirlenmiştir (Demiralay, 1993; Kirkham, 2005). Sulama suyu Çandır köyü şebeke suyundan sağlanmıştır. Sulama suyunun elektriksel iletkenliği 0.355 mmhos/cm, pH'ı 7.67 ve kalite sınıfı C₂S₁'dir.

Çalışmada, Fesleğen (*Ocimum basilicum* L) türünün tek yıllık, çalı formunda, otsu, genellikle 30-40 cm arasında boylanan, 25-30 cm taç genişliğine ulaşan, başlangıçta her boğumda iki dala, iri yeşil yapraklara ve beyaz çiçeğe sahip Genovese çeşidi kullanılmıştır.

Deneme öncesi her saksıda kullanılacak 3500 g toprak ile konularına göre solucan gübre dozları iyice karıştırıldıktan sonra saksıya konulmuş ve her saksıya 3 adet fide dikilmiştir. Denemede 17.5 g MAP (Mono Amonyum

Fosfat), 40 g (NH₄)₂SO₄ (Amonyum Sülfat) ve 41 g K₂SO₄ (Potasyum Sülfat) 0.5 litre suda çözdürülerek her saksıya dikim ile beraber, 1. hasat ve 2. hasattan sonra eşit şekilde uygulanmıştır.

Çalışmada, 0 kg/da (V₀), 100 kg/da (V₁) ve 200 kg/da (V₂) olmak üzere farklı solucan gübre dozları kullanılmıştır. Bunun yanı sıra, her bir solucan gübre dozu için eksilen toprak nemini saksı kapasitesine çıkarmak için verilecek suyun %100'nün uygulandığı (tam sulama, I₁₀₀) konu baz alınarak bu su miktarının % 0 (susuz, I₀), % 25, % 50 ve % 75'nin (kısıtlı sulama, I₂₅, I₅₀, I₇₅) uygulanacağı sulama konuları yer almıştır. Deneme, tesadüf parsellerinde faktöriyel düzen deneme desenine göre 45 adet saksıda 3 yinelemeli olarak yürütülmüştür.

Denemede, sulama konularına başlamadan önce tüm konular 11 Nisan 2020 tarihinde saksı kapasitesine getirilmiştir. Ardından konulara ilişkin sulama uygulamaları başlamış ve 29 Ağustosta 2020 tarihinde sonlandırılmıştır. Konulara uygulanan sulama suyu miktarının belirlenmesi için saksılar periyodik olarak tartılarak toprak nem düzeyleri gravimetrik yolla izlenmiştir. Sulama suyu haftada iki defa uygulanmıştır. Her bir gübre dozu konusundaki sulama konularına uygulanacak sulama suyu miktarları ağırlık esasına göre belirlenmiştir (Eşitlik 1).

$$I = (SK - MN) \times Sd \quad (1)$$

Eşitlikte, I, sulama suyu (ml), SK, saksı kapasitesi (g), MN, sulama öncesi mevcut nem (g), Sd, sulama düzeyidir (%). Denemede mL olarak ölçülen uygulanacak sulama miktarı, saksı yüzey alanına bölünüp, mm'ye çevrilmiştir.

Deneme konularına ilişkin bitki su tüketimi değerleri, su bütçesi esasına göre eşitlik 2 esas alınmış (James, 1988) ancak, çalışma sera koşullarında ve saksılarda yürütüldüğünden, eşitlikte yer alan yağış, kapıların yükseliş ve yüzey akış parametreleri göz ardı edilmiş ve eşitlik 3 şeklinde kullanılmıştır.

$$ET = I + P + Cp \pm \Delta SW - Dp - Rf$$

$$ET = I \pm \Delta SW - Dp$$

Eşitlikte, ET, bitki su tüketimi (mm), I, uygulanan sulama suyu miktarı (mm), P, yağış (mm), Cp, kapıların yükseliş ile kök bölgesine giren su (mm), ΔSW, saksılardaki nem içeriği değişimi (mm), Dp, derine sızma (mm), Rf ise yüzey akıştır (mm).

Hasatlar, Telci'ye (2005) göre 10-15 cm yükseklikten, I_{100} konularında yer alan bitkilerin çiçeklenmeye başladığı dönemlerde, 1 Mayıs, 30 Mayıs, 1 Temmuz, 1 Ağustos ve 30 Ağustos 2020 tarihlerinde olmak üzere hasat olgunluğa gelen konulardan en fazla 5 defa yapılmıştır. Elde edilen yeşil herba verimleri, oda sıcaklığında gölgede sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutularak kuru herba verimleri tespit edilmiştir (Modhaddam, 2010).

Deneme saksılarındaki bitkilerin boyları, toprak yüzeyinden bitkinin en uç noktasına kadar cetvel ile bitki gövde çapı kumpas ile ve boğum sayısı hasattan önce ölçülerek tespit edilmiş ve saksıda yer alan üç bitkinin ortalaması alınmıştır. Uçucu yağ oranı su destilasyon aparatıyla volumetrik olarak, uçucu yağ bileşenleri ise gaz kromatografisi kütle spektrometresi (GC/MS) ile uygun kolonlar kullanılarak belirlenmiştir.

Deneme konularına ilişkin elde edilen yaş herba verimleri ile uygulanan sulama suyu ve hesaplanan gerçek bitki su tüketimi arasındaki ilişkiler grafiksel olarak incelenmiş ve regresyon analizleri yapıp korelasyon katsayıları belirlenmiştir.

Konulara ilişkin su kullanım randımanları (WUE), sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) ve uygulanan sulama suyunun bitki su tüketimini karşılama yüzdeleri (IRc) eşitlik 4-6 yardımıyla hesaplanmıştır (Howell vd., 1990). Bunun yanı sıra, oransal bitki su tüketimi azalışına karşın oransal verim azalışını gösteren verim tepki etmeninin (ky) belirlenmesinde eşitlik 7 kullanılmıştır (Doorenbos ve Kassam, 1979).

$$WUE=Y/ET \times 100$$

$$IWUE=(Y-Y_0)/I \times 100$$

$$IRc=I/ET \times 100$$

$$(1-Y/Y_m)=ky(1-ET/ET_m)$$

Eşitliklerde, Y, sulu koşullarda alınan verim (kg/da), Y_0 , susuz koşullarda alınan verim (kg/da), Y_m , tam sulama konusundan elde edilen en yüksek verim (kg/da), ET_m : Herhangi bir su kısıtının uygulanmadığı koşulda gerçekleşen bitki su tüketimi değeridir (mm).

Deneme konularının fesleğen bitkisinin su tüketimi, verim ve uçucu yağ oranına etkileri ile su-verim fonksiyonlarının olan etkilerinin belirlenmesi amacıyla, Minitab® 19 istatistik programı kullanılarak varyans analizi yapılmış ve konular arasındaki farklılıkları belirlemek amacıyla Tukey Testi uygulanmıştır ($P < 0.01$).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Sulama suyu miktarı, en yüksek $I_{100}V_0$ konusuna 1699.56 mm, en düşük ise I_0 konularına 27.66 mm (can suyu) olarak uygulanmıştır. (Çizelge 1). V_1 ve V_2 konularında uygulanan sulama suyu miktarları genel olarak solucan gübresi uygulanmayan V_0 konularına göre daha düşük olurken, tam sulama konularında sırasıyla yaklaşık %2.36 ve %4.57 oranlarında daha az gerçekleşmiştir. Deneme sera koşullarında yürütüldüğü için sulama suyu ile bitki su tüketimi değerleri birbirine çok yakın bulunmuştur. En yüksek bitki su tüketimi, $I_{100}V_0$ konusunda 1681.96 mm ve en düşük bitki su tüketimi ise hiç sulama suyu verilmeyen I_0V_2 konusunda 59.30 mm olarak belirlenmiştir (Çizelge 1). Çalışmada, konulara uygulanan sulama suyu miktarı artıka benzer şekilde bitki su tüketim değerleri de artış göstermiştir. Bunun yanı sıra, su uygulanmayan konular dışında V_0 konularından elde edilen ET değerlerinin, V_1 ve V_2 konularına göre toplamda sırasıyla % 2.47 ve % 4.77 daha fazla olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla, solucan gübre dozları sulama suyu ihtiyacını kısmen de olsa azaltarak su tüketimini düşürmüştür. Uygulanan sulama suyu miktarı ve ET değerleri Ekren vd. (2012) ve Borivoj vd. (2017) göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Denemede uygulanan sulama suyu miktarının değinilen çalışmalara göre daha az olması, vejetasyon süresinin daha kısa olmasına, bölgenin iklim özelliklerine ve sera koşullarında çalışılmış olmasına bağlı olduğu düşünülmektedir.

Çizelge 1. Konulara ilişkin sulama suyu miktarı (I), Bitki Su Tüketimi (ET), Yeşil ve Kuru Herba Verimi, Su Kullanım Randımanı (WUE), Sulama Suyu Kullanım Randımanı (IWUE) ve Sulama Suyunun Bitki Su Tüketimini Karşılama Yüzdesi (IRc) Değerleri

Konular	I (mm)	ET (mm)	Yeşil Herba Verimi (kg/da)	Kuru Herba Verimi (kg/da)	WUE (kg/da-mm)	IWUE (kg/da-mm)	IRc (%)
I_0V_0	27,66	60,02	51,02	39,86	85,01	0,00	46,08
$I_{25}V_0$	445,63	460,81	1158,66	183,04	251,44	248,55	96,71
$I_{50}V_0$	863,61	871,49	3270,57	472,64	375,29	372,80	99,10
$I_{75}V_0$	1281,58	1273,65	5078,98	740,13	398,77	392,32	100,62
$I_{100}V_0$	1699,56	1681,96	6435,22	852,40	382,60	375,64	101,05
I_0V_1	27,66	59,50	51,75	40,12	86,98	0,00	46,49
$I_{25}V_1$	435,46	449,21	1283,84	189,91	285,80	282,94	96,94
$I_{50}V_1$	843,25	848,69	3546,59	514,34	417,89	414,45	99,36

$I_{75}V_1$	1251,05	1242,86	5128,92	751,49	412,67	405,83	100,66
$I_{100}V_1$	1658,85	1640,30	6518,67	861,71	397,41	389,84	101,13
I_0V_2	27,66	59,30	55,74	42,88	94,00	0,00	46,64
$I_{25}V_2$	425,91	439,11	1341,61	202,36	305,53	301,91	96,99
$I_{50}V_2$	824,15	827,62	3716,70	525,25	449,08	444,21	99,58
$I_{75}V_2$	1222,40	1213,44	5183,48	744,78	427,17	419,48	100,74
$I_{100}V_2$	1620,64	1601,25	6823,58	889,47	426,14	417,60	101,21

Konulara ilişkin elde edilen yeşil herba verim değerlerine göre, sulama suyu düzeyi konuları arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılıklar belirlenirken ($P<0.01$), aynı sulama düzeyindeki solucan gübre dozu konuları arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır (Çizelge 2). Çalışmada en yüksek yeşil herba verimi $I_{100}V_2$ konusundan 6823.58 kg/da, en düşük yeşil herba verimi ise I_0V_0 konusunda 51.02 kg/da olarak elde edilmiştir. Fesleğin veriminin artan sulama suyu miktarı ile birlikte arttığı, sulamanın verime etkisinin oldukça önemli olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmada elde edilen yeşil herba verim değerleri, Köse (2017) ve Karaca vd. (2017) tarafından yapılmış çalışma bulguları ile benzerlik gösterirken, Palada vd. (1995), Nacar (1997), Arabacı ve Bayram (2004), Omer vd. (2008), Moghaddam (2010), Ekren vd. (2012), Kulan (2013), Sirousmehr vd. (2014), Aslan (2014), Karık vd. (2014), Cabar (2016), Borivoj vd. (2017), Günay ve Telci (2017) ve Yıldız vd. (2017) tarafından elde edilen değerlerden daha yüksek çıkmıştır.

Çizelge 2. Deneme konularına ilişkin elde edilen yeşil herba verim değerleri (kg/da)

Konular	V ₀	V ₁	V ₂	Genel
I ₀	51.02 ± 2.31	51.75 ± 5.35	55.74 ± 3.73	52.84 ± 2.05 E
I ₂₅	1158.66 ± 86.40	1283.84 ± 97.10	1341.61 ± 72.60	1261.37 ± 50.70 D
I ₅₀	3270.57 ± 178.00	3546.59 ± 81.00	3716.70 ± 49.40	3511.29 ± 87.30 C
I ₇₅	5078.98 ± 61.40	5128.92 ± 233.00	5183.48 ± 139.00	5130.46 ± 81.80 B
I ₁₀₀	6435.22 ± 563.00	6518.67 ± 169.00	6823.58 ± 146.00	6592.49 ± 185.00 A
Genel	3198.89 ± 642.00	3305.95 ± 640.00	3424.22 ± 661.00	

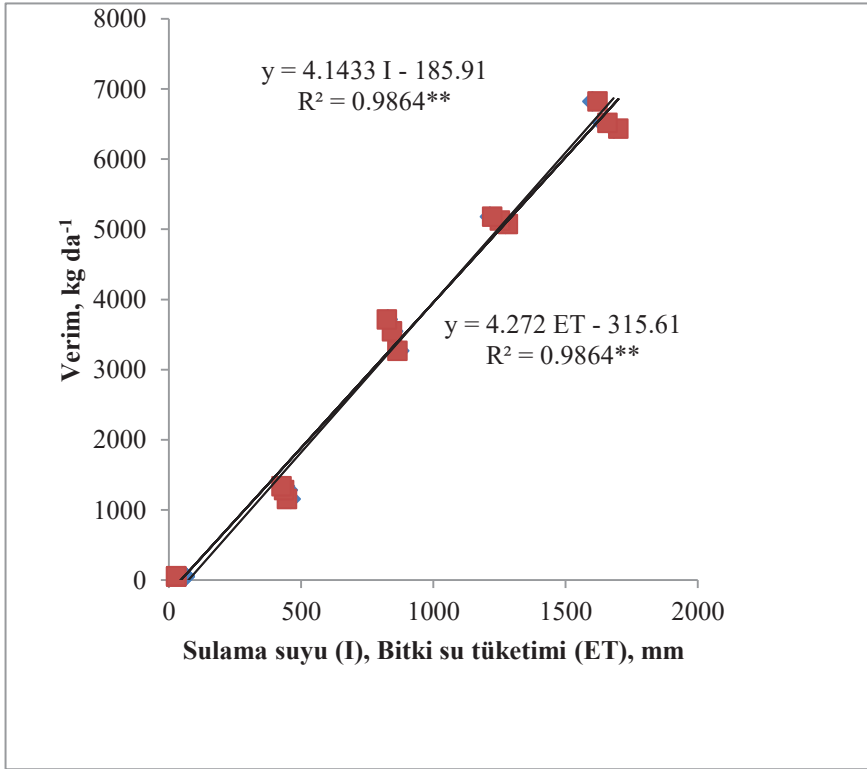
En yüksek kuru herba verimi I₁₀₀V₂ konusundan 889.47 kg/da, en düşük kuru herba verimi ise I₀V₀ konusundan 39.86 kg/da olarak elde edilmiştir (Çizelge 3). Çalışmada elde edilen değerler Omer vd. (2008), Aslan (2014), Karık vd. (2014) ve Cabar (2016) tarafından yapılmış çalışma bulguları ile benzerlik gösterirken, Palada vd. (1995), Nacar (1997), Arabacı ve Bayram (2004), Telci (2005), Moghaddam (2010), Ekren vd. (2012), Kulan (2013), Karaca vd. (2017) ve Yıldız vd. (2017) tarafından elde edilen değerlerden yüksek çıkmıştır. Çalışmada elde edilen fesleğen yeşil herba ve kuru herba verimi değerlerinin diğer bazı çalışmalar ile farklılığı, çalışmanın serada yürütülmüş olması, kullanılan çeşit, bölgenin iklim özellikleri, kontrollü sulama ve gübreleme uygulamaları ile açıklanabilir.

Çizelge 3. Deneme konularına ilişkin elde edilen kuru herba verim değerleri (kg/da)

Konular	V ₀	V ₁	V ₂	Genel
I ₀	39.86 ± 2.31	40.12 ± 5.35	42.88 ± 3.73	40.95 ± 2.05 E
I ₂₅	183.04 ± 12.70	189.91 ± 13.40	202.36 ± 8.65	191.77 ± 6.53 D
I ₅₀	472.64 ± 19.60	514.34 ± 11.80	525.25 ± 7.73	504.08 ± 10.60 C
I ₇₅	740.13 ± 21.00	751.49 ± 15.10	744.78 ± 11.10	745.47 ± 8.28 B
I ₁₀₀	852.40 ± 53.00	861.71 ± 39.70	889.47 ± 57.30	867.86 ± 25.90 A
Genel	457.61 ± 84.00	471.51 ± 84.70	480.95 ± 85.80	

Çalışmada en yüksek WUE değeri 449.08 kg/da-mm ile I₅₀V₂ konusunda, en düşük WUE değeri ise 85.01 kg/da-mm ile I₀V₀ konusunda hesaplanmıştır (Çizelge 1). Çalışmada elde edilen toplam su kullanım randımanı değerleri, aynı sulama düzeyi konularında artan solucan gübresi dozları ile artış gösterirken, sulama suyu düzeyi arasında ise önce artan sulama suyu düzeyi ile doğru orantı göstermiş ve solucan gübresi uygulanmayan konular dışında I₅₀ sulama düzeyinden sonra azalış göstermiştir. En yüksek IWUE değeri I₅₀V₂ konusunda 444.21 kg/da-mm olarak elde edilirken, onu sırasıyla 419.48 ve 417.60 değerleri ile I₇₅V₂ ve I₁₀₀V₂ konuları takip etmiştir (Çizelge 1). Çalışmada elde edilen sulama suyu kullanım randımanı değerleri, aynı sulama düzeyi konularında artan solucan gübresi dozları ile artış göstermiştir. Sulama suyunun bitki su tüketimini karşılama oranı (IRC) en yüksek % 101.21 ile I₁₀₀V₂ konusunda, en düşük ise %71.8 ile I₀ konularında elde edilirken, IRC değerleri, tüm konularda uygulanan sulama suyu miktarı ile artış göstermiştir. Çalışmada elde edilen WUE ve IWUE değerleri, Borivoj vd. (2017) ve Ekren vd. (2012) tarafından belirlenmiş değerlerden daha yüksek bulunmuştur. WUE ve IWUE değerlerinin değinilen çalışmalarla arasındaki farklılığın, diğer denemelerin tarla koşullarında olması ve kullanılan farklı bitki çeşidi, iklimsel farklılıklar ve kültürel uygulamalar nedeniyle elde edilen verim ile bitki su tüketimi ve sulama suyu miktarından kaynaklanmaktadır.

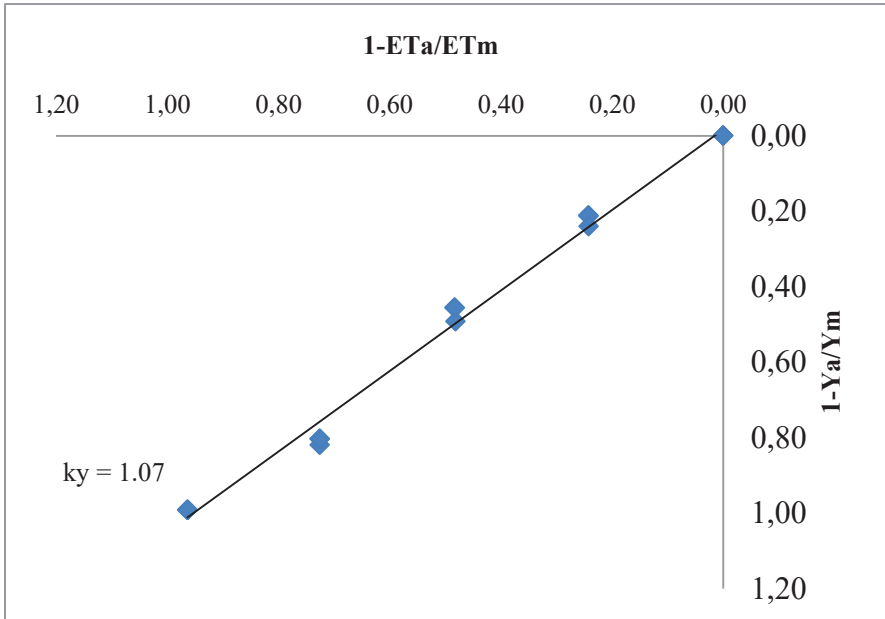
Sulama suyu-verim, bitki su tüketimi-verim grafiklerinden de görüldüğü üzere, R^2 değerleri (0.9864) 1'e yakın elde edilmiş ve artan sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimi değerleri ile yeşil herba veriminde doğrusal bir artış olduğu gözlemlenmiştir (Şekil 1). Bu durum, uygulanan sulama suyu miktarı ve bitki su tüketiminin verimde önemli değişime neden olduğunu göstermektedir. Çalışmada, sera koşullarında fesleğenden susuz şartlarda ekonomik verim alınmadığı görülmüştür. Ayrıca, I_{100} ve I_{25} sulama suyu düzeyleri kıyaslandığında % 75'lik su kısıntısının, verimi 5 kattan daha fazla azalttığı dolayısıyla, sulama suyu miktarı ve bitki su tüketiminin artmasıyla verimin de oldukça fazla artış gösterdiği ortaya çıkmıştır. Bu bulgudan hareketle, fesleğen yetiştiriciliğinde daha düşük su kısıtı denemelerinin yürütülmesi, üretici koşullarında %75 kısıt uygulamasına ulaşmayacak kadar kısıt yapılması veya hiç kısıt yapılmaması gerektiği sonucuna ulaşılmıştır.



Şekil 1. Konulara ilişkin sulama suyu ve bitki su tüketimi ile yeşil herba verimi arasındaki grafiksel ilişkiler

Oransal bitki su tüketimine karşılık oransal yeşil herba verim azalışını gösteren verim-tepkisi etmeni (ky) değeri 1.07 olarak belirlenmiştir (Şekil 2).

Elde edilen verim-tepki etmeni değerinin 1'e yakın olması, bitkinin birim su azalmasına karşı hassas olduğunu göstermektedir. Sera koşullarında fesleğen yetiştiriciliğinde eksik sulama yeşil herba verimde ciddi azalışlara neden olacakken, yapılacak tam sulama suyu düzeyi ile verimde önemli artışlar sağlanabilecektir. Çalışmada hesaplanan k_y değeri, Borivoj vd., (2017) tarafından belirlenmiş olan k_y (0.22) değerinden daha yüksek bulunmuştur. Bu farklılığın, denemede diğer çalışmaya göre daha fazla farklı sulama suyu düzeylerinin çalışılmış olması, elde verim ve bitki su tüketimi miktarının daha yüksek olması ve çalışmanın doğal yağışlardan yararlanılamayan sera koşullarında yürütülmesi ile açıklanabilir.



Şekil 2. Sulama konularına ilişkin verim-tepki etmeni

Deneme konularına ilişkin uçucu yağ oranının %0.47 ile %1.00 arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4). Konulardan elde edilen uçucu yağ oranı göz önüne alınarak yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, hem farklı sulama suyu düzeyleri hem de solucan gübre dozları arasında istatistiksel olarak önemli düzeyde farklılıklar bulunmuştur ($P<0.01$).

Çizelge 4. Deneme konularına ilişkin elde edilen uçucu yağ oranı (%)

Konular	I ₀	I ₂₅	I ₅₀	I ₇₅	I ₁₀₀	Ortalama
V ₀	-	0.51 ± 0.01 Bb	0.72 ± 0.02 Aa	0.47 ± 0.02 Bb	0.76 ± 0.01 Aa	0.62 ± 0.04
V ₁	-	0.76 ± 0.01 Ba	0.52 ± 0.01 Cb	0.97 ± 0.01 Aa	0.72 ± 0.01 Ba	0.74 ± 0.05
V ₂	-	0.75 ± 0.02 Ba	0.74 ± 0.01 Ba	1.00 ± 0.01 Aa	0.75 ± 0.02 Ba	0,81 ±0,03
Ortalama	-	0.68 ± 0.04	0.66 ± 0.04	0.81 ± 0.09	0.74 ± 0.01	

- Büyük harfler farklı sulama suyu düzeylerindeki, küçük harfler ise farklı solucan gübre dozlarındaki sınıflandırmayı göstermektedir.
- I₀ konularında (susuz) yeterli bitki örneği olmadığı için uçucu yağ analizi yapılamamıştır.

Ekren vd. (2012), tarafından yürütülen çalışma sonucunda, en yüksek uçucu yağ oranını %1.10 ile I₅₀ sulama suyu düzeyinde belirlenirken, bu çalışmada solucan gübresi uygulanan I₇₅ sulama suyu düzeyi uygulamalarında elde edilmiştir. Yapılan çalışma Sirousmehr vd. (2014) tarafından yürütülen çalışma sonucu ile benzerlik göstererek, %75 sulama düzeyinde, artan solucan gübresi dozları ile birlikte uçucu yağ oranının da arttığı gözlenmiştir. Ayrıca, çalışmada elde edilen uçucu yağ oranı değerleri, Aslan (2014) ve Karaca vd. (2017) tarafından yapılmış çalışma bulguları ile benzerlik gösterirken, Arabacı ve Bayram (2004), Sifola ve Barbieri (2006), Omer vd. (2008), Moghaddam (2010), Cabar (2016) ve Borivoj vd. (2017) tarafından elde edilen değerlerden daha yüksek çıkmıştır.

Uçucu yağ oranının en yüksek bulunduğu I₇₅ sulama suyu düzeyindeki farklı solucan gübresi konularına ilişkin ana bileşenler analizi yapılmıştır (Çizelge 5). Yapılan analizi sonucunda, fesleğenin en yüksek oranda bulunan ana bileşenlerinin linalool (%41.07-56.23), eugenol (%9.9-14.57) ve 1,8-cineole (%10.04-14.64) olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5. Deneme konularına ilişkin elde edilen uçucu yağ ana bileşenleri (%)

Konular	Ana Bileşenler (%)		
	Linalool	Eugenol	1,8-Cineole
I ₇₅ V ₀	48.39	14.57	10.04
I ₇₅ V ₁	41.07	15.6	14.64
I ₇₅ V ₂	56.23	9.9	12.52

SONUÇLAR

Fesleğen bitkisinin yeşil herba verimi ve kuru herba verimi sadece farklı sulama suyu düzeylerinden etkilenirken, uçucu yağ oranı hem farklı sulama suyu düzeyleri hem de solucan gübre dozlarından etkilenmiştir ($P < 0.01$). Fesleğen bitkisinin sera koşullarında ekonomik olarak susuz (I_0) (51.02 kg/da) yetiştirilemeyeceği tespit edilmiştir. I_{100} (6435.22 kg/da) ve I_{25} (1158.66 kg/da) sulama suyu düzeyleri arasında kıyas yapıldığında %75'lik su kısıtının, verimi 5 kattan daha fazla azalttığı dolayısıyla, sulama suyu miktarı ve bitki su tüketiminin artmasıyla verimin de önemli düzeyde artış gösterdiği ortaya çıkmıştır.

Çalışmada, konulara uygulanan sulama suyu miktarları ve ölçülen bitki su tüketim değerleri ile yeşil herba verimleri arasında grafiksel olarak doğrusal ilişkiler elde edilmiştir ($R^2 > 0.98$). Ayrıca, verim tepki etmeni (ky) değerinin 1.07 olarak 1'e yakın çıkmış olması, fesleğen bitkisinin deneme koşullarında su eksikliğine karşı kısmen duyarlı olduğunu ortaya koymuştur. Çalışmada en yüksek su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) $I_{50}V_2$ konusunda sırasıyla 449.08 kg/da-mm ve 444.21 kg/da-mm olarak edilirken, uygulanan sulama suyunun bitki su tüketimi karşılama yüzdesi (IRC) $I_{100}V_2$ konusunda %101.21 olarak bulunmuştur.

Farklı solucan gübresi dozlarındaki I_{25} , I_{50} , I_{75} , I_{100} sulama düzeyleri konularında uçucu yağ analizi yapılmış ve uçucu yağ oranının %0.42- %1.00 arasında değiştiği belirlenmiştir. Rakamsal olarak en yüksek uçucu yağ oranı $I_{75}V_2$ konusundan elde edilmiştir. Sulama suyu düzeyinin ve solucan gübresi dozunun uçucu yağ oranının üzerinde etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($P < 0.01$). En yüksek uçucu yağ oranının elde edildiği I_{75} sulama konularında $I_{75}V_2$ konusunda uçucu yağların ana bileşenleri linalool (%41.07-56.23), eugenol (%9.9-14.57) ve 1,8-cineole (%10.04-14.64) olduğu tespit edilmiştir.

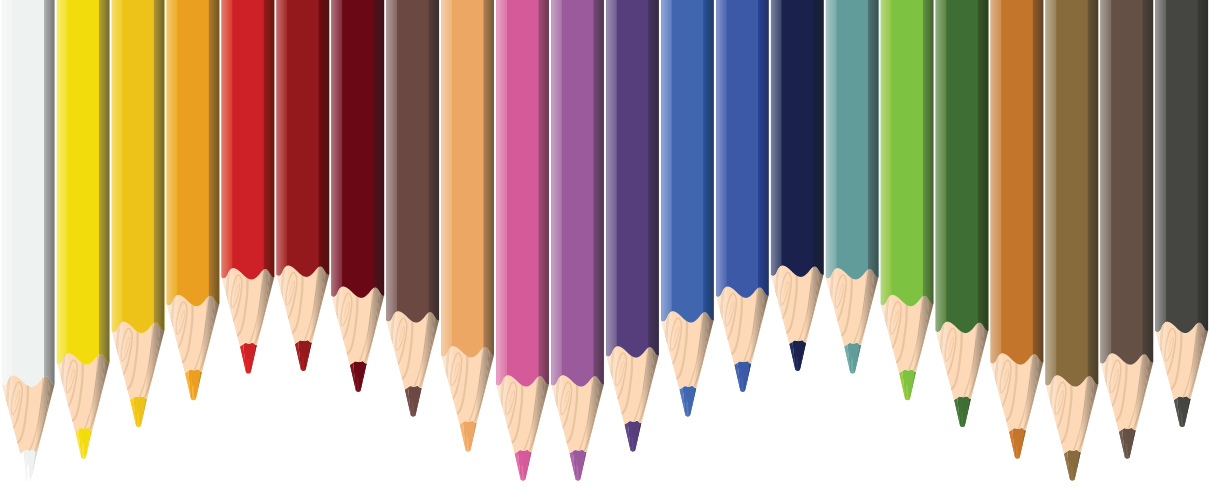
Sonuç olarak, sera koşullarındaki fesleğen yetiştiriciliğinde birim alandan yüksek verim elde etmek için sulamanın kaçınılmaz olduğu ortaya çıkmış olup, sulama ve işçilik maliyeti de göz önüne alındığında, V_2 solucan gübre dozu uygulaması ile birlikte suyun yeterli olduğu koşullarda birim alanda en yüksek verimin alındığı $I_{100}V_2$ konusu, uçucu yağ amaçlı üretimlerde en yüksek uçucu yağ ve linalool oranı elde edilen $I_{75}V_2$ konusu ve suyun kısıtlı veya pahalı olduğu bölgelerde ise su kullanım randımanlarının en yüksek bulunduğu $I_{50}V_2$ konusu önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Açıkbaş, B. ve Bellitürk, K. (2016). Vermikompostun Trakya İlkeren/5BBAŞı Kombinasyonundaki Asma Fidanlarının Bitki Besin Elementi İçeriklerine Etkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi, 13 (4): 131-138.
- Ali, M. H., Hoque, M. R., Hassan, A. A. and Khair A. (2007). Effects of deficit irrigation on yield, water productivity, and economic returns of wheat. Agricultural Water Management. 92, 151–161.
- Arabacı, O. ve Bayram, E. (2004). The Effect Of Nitrogen Fertilization and Different Plant Densities on Some Agronomic and Technologic Characteristic Of *Ocimum basilicum* L. Journal of Argonomy, 3(4), 255-262. <https://doi.org/10.3923/ja.2004.255.262>
- Aslan, D. F. (2014) Farklı Reyhan (*Ocimum basilicum* L.) Genotiplerinde Ontogenetik ve Morfogenetik Varyabilitenin Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Ateş, N. ve Coşkan, A. (2016). Toprak Solucanı, Organik ve Mineral Gübrelü Koşullarda Mısır Bitkisi Performansını Artırdı. Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 31: 39-49.
- Balyan, S. S. and Pushpangadan, P. (1988). A study on the Taxonomical Status and Geographic Distribution of the Genus *Ocimum*. The Pafai Journal, 10(2), 13-19.
- Bekele, S. and Tilahun, K. (2007). Regulated deficit irrigation scheduling of onion in a semiarid region of Ethiopia. Agricultural Water Management. 89, 148-52.
- Bellitürk, K. (2018). Vermicomposting in Turkey: Challenges and Opportunities in Future. Eurasian Journal of Forest Science, 6 (4): 32-41.
- Boran, D. (2015). Farklı Isıl Teknikleri Uygulanmış Solucan Gübresinin Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara Üniversitesi).
- Borivoj, P., Dušan A., Livija, M. and Ksenija, M. (2017). Effect of Drip Irrigation on Yield, Evapotranspiration and Water Use Efficiency of Sweet Basil (*Ocimum basilicum* L.). Ratarstvo i Povrtarstvo, 54 (3), 124-129. <https://>
- Bossuyt, H., Six, J. and Hendrix, P. F. (2005). Protection of Soil Carbon By Microaggregates within Earthworm Casts. Soil Biol. Biochem, 37: 251–258.
- Cabar, B. S. (2016). Farklı Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Hatlarının Trakya Koşullarında Verim ve Kalite İle İlgili Bazı Özelliklerinin Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Coşkan, A. ve Yılmaz, K. (2015). Effects of vermicompost extract tea on tomato seedling production. Soil Science in International Year of Soils 2015, Ekim 19-23, Sochi, 80-83.
- Demiralay, İ. (1993). Toprak Fiziksel Analizleri. Erzurum, Atatürk Üniversitesi Yayınları.
- Doorenbos, J. and Kassam, A. H. (1979). Yield Response to Water. Rome, FAO Irrigation and Drainage.
- Ekren, S., Sönmez, Ç., Özçakal, E., Kurttaş, Y. S. K., Bayram, E. ve Gürgülü, H. (2012). The Effect of Different Irrigation Water Levels on Yield and Quality Characteristics of Purple Basil (*Ocimum basilicum* L.). Agricultural

- Water Management, 109, 155–161.
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2012.03.004>
- Fereres, E. and Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of Experimental Botany*, 58(2), 147–159.
- Geerts, S. and Raes, D. (2009). Deficit irrigation as an on-farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agricultural Water Management*. 96, 1275– 1284.
- Günay, E. ve Telci, İ. (2017). Isparta Ekolojik Koşullarında Bazı Reyhan (*Ocimum basilicum* L.) Genotiplerinin Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 12 (2), 100-109.
- Güner, A., Aslan, S., Ekim, T., Vural, M. & Babaç, M.T., (2012). Türkiye Bitkileri Listesi (Damarlı Bitkiler), Nezahat Gökyiğit Botanik Bahçesi ve Flora Araştırmaları Derneği Yayını, İstanbul.
- Howell, T. A., Cuenca, R. H. and Solomon, K. H. (1990). Crop Yield Response. *Managemen of Farm Irrigation Systems*. f (ASAE). (pp. 312)
- James, L.G. (1988). *Principles of Farm Irrigation System Design*. New York, John Wiley and Sons.
- Karaca, M., Kara Ş. M. ve Özcan, M. M. (2017). Bazı Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Popülasyonlarının Herba Verimi ve Uçucu Yağ Oranının Belirlenmesi. *Ordu Üniversitesi Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(2): 160-169.
- Karık, Ü., Çicek, F., Oğur, E., Çınar, O. ve Birol, B. (2014). Menemen Ekolojik Koşullarında Bazı Ticari ve Yerel Fesleğen (*Ocimum Basilicum* L.) Çeşitlerinin Morfolojik, Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. *Anadolu Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 24 (2), 10 – 20.
- Kirkham, M. B. (2005). *Principles of soil and plant water relations*. Boston, Elsevier Academic Press.
- Korukçu, A. (1992). Sulamadaki Gelişmelerin Türkiye’ye Etkisi. Ankara, Toprak Su Araştırma Enstitüsü Yayınları.
- Köse, İ. (2017). Bitki Sıklığının Fesleğende (*Ocimum Basilicum* L.) Herba Verimi ve Uçucu Yağ İçeriği Üzerine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi, Ordu Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Kulan, E. G. (2013). Eskişehir Koşullarında Yetiştirilen Reyhan (*Ocimum basilicum*) Bitkisinin Bazı Bitkisel Özelliklerin ve Diurnal Varyabilitesinin Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi, Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Meteoroloji Genel Müdürlüğü (MGM), <http://www.mgm.gov.tr/> (Son Erişim Tarihi: 25.01.2020)
- Moghaddam, A. M. D. (2010). Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.)’ de Farklı Bitki Sıklığı ve Azot Dozlarının Verim, Verim Ögeleri, Uçucu Yağ Oranı ve Bileşenler Üzerine Etkileri (Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Nacar, Ş. (1997) Farklı Yörelere Sağlanan Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Bitkilerinde Değişik Dikim Sıklıklarının Verim ve Kaliteye Etkisi (Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü)
- Omer, E. A., Said-Al Ahl, H. A. H. and Hendawy, S. F. (2008). Production, Chemical Composition and Volatileoil of Different Basil Species/Varieties Cultivated Under Egyptian Soil Salinity Conditions. *Research Journal of Agriculture and Biological Sciences*, 4(4), 293-300.

- Omidbaigi, R. (2004). Production and Prossesing of Medicinal Plants. Tehran, Tarbiat Modarres University Press.
- Palada, M. C., Crossman, S. M. A. and Kowalski, J. A. (1995). Water Use of Basil as Influenced by Drip Irrigation Levels and Mulching. Caribbean Food Crops Society, 31, 143-149. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.257064>
- Sifola, M. I., M. and Barbieri, G. (2006). Growth, Yieldand Essential Oil Content of Three Cultivars of Basil Grown Under Different Levels of Nitrogen in The Field. Scientia Horticulturae, 108, 408-413. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2006.02.002>
- Sirousmehr, A., Arbabi, J. & Asgharipour M. R. (2014). Effect of Drought Stress Levels and Organic Manures on Yield, Essential Oil Content and Some Morphological Characteristics of Sweet Basil (*Ocimum basilicum*). Advances in Environmental Biology, 8(4) March, 880-885.
- Tanrıverdi, Ç., Değirmenci, H., Gönen, E. & Boyacı, S. (2016). A Comparison of the Gravimetric and TDR Methods in Terms of Determining the Soil Water Content of the Corn Plant. Scientific Papers Series A Agronomy, 59, 153-158.
- Tejada, M. and González, J. L. (2009). Application of Two Vermicomposts on A Rice Crop: Effects on Soil Biological Properties and Rice Quality and Yield. Agronomy Journal, 101: 336-344. <https://doi.org/10.2134/agronj2008.0211>
- Telci, İ. (2005). Reyhan (*Ocimum basilicum* L.) Genotiplerinde Uygun Biçim Yüksekliklerinin Belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22 (2), 77-83.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK). Senaryolara göre nüfus, 2018-2080. http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1027. (Erişim Tarihi: 02.05.2019)
- Yaldız, G., Çamlıca M., Eratalar, S. A. ve Kulak, M. (2017). Farklı Dozda Kıbele Gübre Uygulamasının Fesleğen (*Ocimum basilicum* L.) Verimine Etkisi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 7(1), 363-370. <https://doi.org/10.21597/jist.2017127449>
- Yılmaz, E., Ozen, N. ve Ozen, M. (2017). Determination of Changes in Yield and Quality of Tomato Seedlings (*Solanum lycopersicon* cv. Sedef F1) in Different Soilless Growing Media. Mediterranean Agricultural Sciences, 30(2): 163-168.
- Yılmaz, F. I. ve Kurt, S. (2018). Biyokömür ve Vermikompost Uygulamalarının Toprağın Bazı Biyolojik Özellikleri Üzerine Etkisi. Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 6(2): 143-150.



Bölüm 2

TRAKYA BÖLGESİNDE ÜRETİMİ YAPILAN BUĞDAY VE ARPANIN AĞIR METAL BULAŞANLARININ TESPİTİ¹

Cemal POLAT²

Nevzat TEZCAN³

1 Yüksek Lisans tezinden üretilmiştir (2009). Danışman: Dr. Öğretim Üyesi Cemal POLAT

2 Dr. Öğretim Üyesi, Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi, <https://orcid.org/0000-0002-7419-2864>

3 <https://orcid.org/0009-0009-2297-0570>

GİRİŞ

Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde artan sanayileşme ve nüfusun çevreye olumsuz etkileri küçümsenmeyecek kadar fazladır. Karayolları kenarlarındaki topraklarda ağır metal konsantrasyonları, araç egzoz gazından, araçlardan akan mineral yağlar ve yıpranmış metal parçalarının saçılmasından dolayı yüksektir. Toprak kirliliğinin çevre sağlığı açısından en önemli etkisi, topraktaki kirleticilerin bitki bünyesine geçerek ya doğrudan ya da bu bitkilerle beslenen hayvanların besini olarak tüketilmesi sonucu insan bünyesine geçmesidir. (Anonymous, 1989).

Yem bileşenlerinin, ekim, gübreleme, hasat, taşıma, depolama, işleme, ulaştırma ve çiftlikte kullanımı kapsayan vb aşamaları çiftlikten sofraya izlenebilir olmalıdır. Pestisit kalıntıları ya da ağır metallerle bulaşık yemler çiftlik hayvanları tarafından tüketildiğinde et, süt ve yumurta gibi ürünlere geçmektedir. Tüm Dünya’da kalıntı unsurlarının ortadan kaldırılması veya en aza indirilmesine yönelik çalışmalar yapılmaktadır. Karma yemlere giren hammaddeler üzerinde bazı çalışmalar bulunmakla beraber, hayvanın yediği son ürün olan yemlerin pestisit ve ağır metal düzeyleri üzerine yapılmış çok fazla çalışma bulunmamaktadır.

Buğday

Bilindiği gibi buğday insanların temel besin kaynağı olmasının yanında önemli miktarda hayvan yemi olarak da tüketilmektedir. Türkiye’nin hemen her bölgesinde üretimi yapılabilen buğday, tarla bitkileri içerisinde ekiliş alanı ve üretim miktarı bakımından da 1. sıradadır. 2007 yılında dünya buğday üretimi; 603 milyon ton iken tüketim 616 milyon ton olmuştur. Verilerden anlaşılacağı gibi toplam üretim tüketimin 13 milyon gerisinde kalmış, aradaki fark stoklardan karşılanmıştır. 2007 dünya buğday stoku 111 milyon ton civarındadır.

Dünya 2007 yılı buğday üretimi, Avrupa Birliği (AB-27); 120 milyon ton, Çin; 106 milyon ton, Hindistan; 75 milyon ton, Amerika Birleşik Devletleri (ABD); 56 milyon ton, Rusya; 49 milyon tondur. Dünya 2007 yılı buğday ihracatı, Amerika Birleşik Devletleri (ABD); 32 milyon ton, Kanada; 14 milyon ton, Rusya; 12 milyon ton, Avrupa Birliği (AB-27); 9 milyon tondur (Aysu, 2008).

2005’de 21,5 milyon ton, 2006’da 20 milyon ton olan buğday üretimi-miz en yüksek olan TMO’nun verilerini esas aldığımızda 2007’de yüzde 13,3 oranında azalarak 17,3 milyon tona gerilemiştir. Devlet Planlama Teşkilatı (DPT) verilerine göre buğday tüketimimiz, 19 milyon ton olup kişi başına tüketimimiz 155–160 kg. Tüketimin dağılımı şöyledir; 12 milyon tonu gıda, 2,4 milyon tonu hububat işleme sanayi (un, makarna, irmik, bisküvi, nişasta), 2 milyon ton tohumluk (hektara 200 kg) ve 1,5–2 milyon tonu hayvan yemi

olarak tüketilmiştir (Aysu, 2008).

Arpa

Türkiye'nin hemen her bölgesinde üretimi yapılır. Tarla bitkileri içerisinde ekiliş alanı ve üretim bakımından buğdaydan sonra 2. sırada yer alır. Son 10 yılda üretimimiz 7,5–9,5 milyon ton arasındadır. Arpa tüketimimiz her yıl artarak son yıllarda 9 milyon tonu aşmıştır. Arpa yem sanayinin hammadde-si olarak kullanılmasının yanında bir bölümü doğrudan hayvan yemi olarak kullanılmaktadır. Çok az kısmı da bira hammadde-si olarak tüketilmektedir. Dünya arpa üretimi giderek azalmakta, temini güçleşmektedir. 2004'te 153 milyon ton olan arpa üretimi 2007'de 133 milyon tona gerilemiştir.

Dünya 2007 yılı arpa üretimi, Avrupa Birliği (AB–27); 58 milyon ton, Rusya; 16 milyon ton ve Kanada; 11 milyon tondur. Avrupa Birliği (AB–24); 4 milyon ton, Avustralya; 2 milyon ton, Kanada; 2 milyon ton ve Ukrayna; 2 milyon ton arpa ihraç etmiştir. Suudi Arabistan; 6 milyon ton, Japonya; 1 milyon ton ve Çin; 1 milyon ton arpa ithal etmiştir. 2007'de dünya arpa tüketimi üretiminden 5 milyon ton fazla olarak gerçekleşmiş 138 milyon tonu bulmuştur. 2007'de dünya arpa stokları 5 milyon ton düşüşle 15 milyon tona gerilemiştir (Aysu, 2008).

Türkiye'de, 2007'de arpa üretimimiz, 7,4 milyon tondur. Arpa tohumu olarak tüketimimiz 700 bin ton civarındadır. Arpa kendine döllen bir cins olduğu için tohumluğu üç yılda bir değiştirilir, yıllık ihtiyaç 230–240 bin ton civarındadır. Tüketimse 8 milyon tondur. Dolayısıyla verilerden de anlaşılacağı gibi üretimimiz tüketimimizi karşılayamamaktadır (Aysu, 2008).

Ağır Metal

Antik çağlarda metallerin cevherleri işlenmeye başlandığından beri metaller insan faaliyetleri sonucu olarak doğal çevrimler dışında atmosfere, hidrosfere ve pedosfere yayılmaya başlamışlardır. Yüzyıllar boyunca insanlar ağır metalleri etkilerini bilmeden takı, silah, su borusu vb çeşitli amaçlar için kullanmışlardır. Sanayileşme ile birlikte ağır metal içeren kömürlerin yakılmaya başlanması ile endüstri bölgelerindeki ağır metal kirliliği aşırı boyutlara ulaşmıştır.

Son zamanlarda ağır metal tanımı ile kimyasal maddelerin ekolojik sisteme verdikleri zarar genelleştirilerek gazete haberlerinde sık sık ağır metallerin, çevresel problemlere neden olduklarını yer almaya başlamıştır. Bunun nedeni çevresel problemler söz konusu olduğunda “ağır metal” tanımı sanki çok tanımlı ve kesin bir grupmuş gibi bu kavramın çok sık “nispeten yüksek yoğunluğa sahip ve düşük konsantrasyonlarda bile toksik veya zehirleyici olan metal” olarak kullanılmasıdır. Bu yaygın kanıya, ağır metallerin belirli bir zaman aralığında canlı organizmada diğer metallere kıyasla akümü-lasyonunun fazla olması ve bunun sonucu negatif etkinin giderek artması yol

açmaktadır. Gerçekte ağır metal tanımı fiziksel özellik açısından yoğunluğu 5 g/cm^3 'ten daha yüksek olan metaller için kullanılır. Bu gruba kurşun, kadmiyum, krom, demir, kobalt, bakır, nikel, cıva ve çinko olmak üzere 60 tan fazla metal dahildir. Bu elementler doğaları gereği yer kürede genellikle karbonat, oksit, silikat ve sülfür halinde stabil bileşik olarak veya silikatlar içinde hapis olarak bulunurlar. Her ne kadar metallerin yoğunluk değeri üzerinden hareketle ekolojik sistem üzerindeki etkileri tanımlanmaya/gruplandırılmaya çalışılıyorsa da gerçekte metallerin yoğunluk değerleri onların biyolojik etkilerini tanımlamaktan çok uzaktır. Örneğin yoğunluğu $3,65 \text{ g/cm}^3$ olan baryumun veya $4,51 \text{ g/cm}^3$ olan titanyumun biyolojik sistemlere kadmiyum ($8,65 \text{ g/cm}^3$), kurşun ($11,34 \text{ g/cm}^3$) veya lantanit grubu metallere ($5,25-9,84 \text{ g/cm}^3$) çok farklı etkide bulunduğu kesindir. Bir elementin yoğunluğu aslında periyodik sistemdeki (grup ve gruptaki sıra) yerinin, kimyasal özellikleri de elementin ait olduğu grubun fonksiyonudur. Metallerin ekolojik sistem üzerine etkilerinden bahsederken aslında metalin ait olduğu grubun ele alınması ve bu özelliğin vurgulanması biyolojik etki açısından çok daha anlamlıdır. Ağır metaller, su kaynaklarına, endüstriyel atıklar veya asit yağmurlarının toprağı ve dolayısı ile bileşimde bulunan ağır metalleri çözmesi ve çözünen ağır metallerin ırmak, göl ve yeraltı sularına ulaşmasıyla geçerler. Sulara taşınan ağır metaller aşırı derecede seyrelirler ve kısmen karbonat, sülfat, sülfür olarak katı bileşik oluşturarak su tabanına çöker ve bu bölgede zenginleşirler. Sediment tabakasının adsorpsiyon kapasitesi sınırlı olduğundan dolayı da suların ağır metal konsantrasyonu sürekli olarak yükselir. Ülkemizde de başta tuz ihtiyacımızı karşıladığımız tuz gölü olmak üzere kapalı göllerimizde yeterli çevresel önlem almadığımız ve su havzalarında kontrolsüz sanayileşmeye izin verdiğimizden dolayı ağır metal konsantrasyonu sürekli yükselmektedir (Kahvecioğlu, Kartal, Güven ve Timur, 2004).

Ağır metallerin ekolojik sistemde yayınımları dikkate alındığında doğal çevrimlerden daha çok insanın neden olduğu etkiler nedeniyle çevreye yayınımları söz konusu olduğu görülmektedir. Sürekli ve kullanıma bağlı kirlenmenin yanı sıra kazalar sonucu da ağır metallerin çevreye yayınımları önemli miktarlara ulaşabilmektedir. Yıllık olarak doğal çevrimler sonucu 7600 ton kadmiyum, 18800 ton arsenik, 3600 ton cıva, 332000 ton kurşun atmosfere atılmakta iken insan faaliyetleri sonucu deşarj edilen miktarlar dikkate alındığında ise selenyum (19 kat), kadmiyum (8 kat), cıva, kurşun, kalay (6 kat), arsenik, nikel ve krom (3 kat) daha fazladır (Rether, 2002).

Havaya atılan ağır metaller, sonuçta karaya ve buradan bitkiler ve besin zinciri yoluyla da hayvanlara ve insanlara ulaşırlar ve aynı zamanda hayvan ve insanlar tarafından havadan aerosol olarak veya toz halinde solunurlar. Ağır metaller endüstriyel atık suların içme sularına karışması yoluyla veya ağır metallerle kirlenmiş partiküllerin tozlaşması yoluyla da hayvan ve insanlar üzerinde etkin olurlar.

yem ve 85 hayvan gübresi örneğinin ağır metal içeriklerini saptamışlardır. Çalışmalarda domuz yemlerinde bakır ve çinko içerikleri sırasıyla 18–217 ppm KM ve 150–2920 ppm KM, kanatlı yemlerinde 5–234 ppm KM ve 28–4030 ppm KM arasında değiştiğini bildirmektedirler. Araştırmacılar süt ve besi sığırları rasyonlarının kanatlı ve domuz rasyonlarına göre daha düşük yoğunlukta ağır metal içerdiğini saptamışlardır.

Ülkemizde ise yapılan birçok çalışma sonucu özellikle direkt; yani çevresel kirlenmeden dolayı hayvansal ürünlerde (özellikle sütte) ağır metal miktarları ve etkisi üzerine araştırmalar yapılmış olup bazı araştırmalarda özellikle endüstriyel bölgelerimizde yapılan çalışmalarda kritik değerler üzerinde ağır metal içeren süt ve süt ürünlerine rastlanmıştır (Kılınç, 2006).

Ağır Metallerin Etkileri

Ağır metaller biyolojik proseslere katılma derecelerine göre yaşamsal ve yaşamsal olmayan olarak sınıflandırılırlar. Yaşamsal olarak tanımlananların organizma yapısında belirli bir konsantrasyonda bulunmaları gereklidir ve bu metaller biyolojik reaksiyonlara katıldıklarından dolayı düzenli olarak besinler yoluyla alınmaları zorunludur. Örneğin bakır hayvanlarda ve insanlarda kırmızı kan hücrelerinin ve birçok oksidasyon ve redüksiyon prosesinin vazgeçilmez parçasıdır (Bigersson vd., 1988). Buna karşın yaşamsal olmayan ağır metaller çok düşük konsantrasyonda dahi psikolojik yapıyı etkileyerek sağlık problemlerine yol açabilmektedirler. Bu gruba en iyi örnek kükürtlü enzimlere bağlanan civadır (Duffus ve Worth 1996).

MATERYAL VE YÖNTEM

Materyal

Çalışmanın materyallerini Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli illerinden toplanan yem hammaddesi olarak kullanılan buğday ve arpa oluşturmuştur. Numunelerin yarısı illerin sanayi bölgelerine ve/veya karayollarına yakın ağır metal kirlilik düzeyinin fazla olması beklenen “Kirli Bölge”lerden diğer yarısı da karayollarından ve nispeten sanayi bölgelerinden uzak ağır metal kirlilik düzeyinin düşük olması beklenen “Temiz Bölge”lerdeki tarlalardan 30’ar adet arpa ve buğday numunesi 2008 yılı harman mevsiminde rasgele örnekleme metodu ile toplanmıştır. Toplanan numunelerin Ağır Metal analizleri İstanbul İl Kontrol Laboratuvar Müdürlüğü Mineral Analizleri laboratuvarında yapılmıştır.

Yöntem (Ağır Metal Analiz Metodu)

Bu çalışmadaki, örneklerin analize hazırlanması aşamasında kapalı sistem yaş yakma ünitesi olan mikrodalga cihazıyla çalışılmış ve NMKL No 161 – 1998 Nordic Committee On Food Analysis metodu kullanılmıştır. Pb (Kurşun), As (Arsenik), Cd (Kadmium) ölçümleri AAS-Grafit cihazı ile Cr

(Krom), Cu (Bakır), Ni (Nikel) ve Zn (Çinko) ölçümleri ise ICP- OES Optima 2000 DV cihazı ile yapılmıştır.

Amaç ve Kapsam

Metot, basınç altında mikrodalga fırında yakmadan sonra atomik absorpsiyon spektrofotometre (AAS) veya ICP-OES ile yürütülür. Metod yalnızca kuru maddeler için test edilmiştir, fakat kesin şartlar altında su içeren numuneler için de kullanılabilir. Numune, mikrodalga tarafından ısıtılan kapalı bir kaptaki nitrik asit, hidroklorik asit ve hidrojen peroksit ile yağ olarak yakılır. Numune çözeltisi su ile seyreltilir ve metal konsantrasyonu AAS veya ICP-OES ile belirlenir.

Alet ve Ekipmanlar

Tüm plastik ve cam malzemeler dikkatlice temizlenmeli ve metal bulaşmasından korunmak için 1/10'luk nitrik veya hidroklorik asitle çalkalanmalıdır.

Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre: Arkaplan düzeltilmesi ve grafit fırını

- ✓ ICP-Optical Emission Spektrofotometre
- ✓ Boş Katod Lambası veya Elektropsuz Deşarj Lambası (EDL Lamba) (Pb, Cd, As için)
- ✓ Grafit Tüpleri prolitik olarak kaplanmış, Pb, Cd ve As platformları için.
- ✓ Mikrodalga fırın laboratuvar kullanımı için tasarlanmış
- ✓ Yakma vesseleri 100 ml civarında 1.4 MPa (200 psi) basınca dayanıklı
- ✓ Hassas terazi
- ✓ Etüv (termostatlı)
- ✓ Süzgeç Kağıdı (Külsüz),
- ✓ Tek kullanımlık vidalı kapaklı polipropilen vialler (50 ml'lik)
- ✓ Mikro Pipet (100-5000 mikrolitre),
- ✓ Puar,
- ✓ Piset

Kullanılan Kimyasallar

Kimyasallar en az analitik seviyede olmalı, tercihen suprapur kalitede olmalıdır.

- ✓ Su, bidistile veya deiyonize (millipor veya buna denk kalitede)

- ✓ Nitrik asit, konsantre (% 65 a/a)
- ✓ Nitrik asit 0.1 mol/l
- ✓ Nitrik asit 3 mol/l
- ✓ Hidrojen peroksit, % 30 a/a
- ✓ Hidroklorik Asit (% 37 a/a)
- ✓ Kurşun Standard Çözeltisi, 40 µg/l
- ✓ Kadmiyum Standard Çözeltisi, 1 µg/l
- ✓ Çinko Standard Çözeltisi, 50–100–250 µg/l
- ✓ Bakır Standard Çözeltisi, 50–100–250 µg/l
- ✓ Arsenik Standard Çözeltisi, 50 µg/l
- ✓ Nikel Standard Çözeltisi, 50–100–250 µg/l
- ✓ Krom Standard Çözeltisi, 50–100–250 µg/l
- ✓ Standart çalışma çözeltileri

Numunenin Hazırlanması

Gerekliyse, numuneyi belli bir ağırlığa kadar 105 °C’de kurutulur. Her bir ürün için uygun olan aletle numuneyi homojenize edilir. Eğer ekipman metal kısımlar içeriyorsa koroze edici metalleri kontrol edilir.

Yaş Yakma: Yakma tüpünün içine 0,2-2 g numune tartılır. Numune kuru değilse, numune miktarı 2 g ile sınırlandırılmıştır. Her bir çevrim için bir kör numune koyulur. Yakma tüpünün içine 6 ml konsantre nitrik asit eklenir. Gerekli görüldüğünde 1–2 ml hidroklorik asit ve 2 ml hidrojen peroksit eklenebilir. Tüp kapatılır ve mikrodalga fırın içine yerleştirilir ve fırının kapağı kapatılır. Tablo 1.’e göre fırın programı ayarlanır ve program başlatılır.

Tablo 1. Mikrodalga Fırın Programı

Adım	Güç, Watt	Çıkış Süresi, dk	Sıcaklık, °C	Psi	Kalış Süresi, dk
1	1200	20:00	180	210	10:00

Program en fazla 12 numunenin aynı anda yakılması için uygundur. Eğer 1-3 numune hazırlanacaksa güç 300 Watt, 4-6 numune hazırlanacaksa 600 Watt, 6-12 numune hazırlanacaksa 1200 Watt güç uygulanmalıdır.

Seyreltme

Yakma tüplerini mikrodalga fırından alınır ve ağızlarını açmadan önce oda sıcaklığına kadar soğumaları beklenir. Tüpler açılır, kapağı ve kabın çeperleri iyice çalkalanır. Çözelti 50 ml'lik viallere aktarılır ve istenen hacme (25–50 ml) kadar suyla seyreltilir. Kör'de aynı işlemlere tabi tutulur. Böylece analitik cihazlarımızda eser element bakılabilecek çözeltiler hazırlanır. Konsantrasyonu yüksek bazı eser elementler için gerekli görüldüğünde analiz sırasında seyreltmeler uygulanır.

Cihazın Analize Hazırlanması ve Okuma

Atomik Absorpsiyon Spektrofotometre

Metalin konsantrasyonu kullanılan teknik tarafından (grafit fırın) belirlenir. En uygun dalgaboyu, gaz karışımı/sıcaklık programı ve diğer cihaz parametreleri her bir metal için cihazla beraber verilen elkitaplarından bulunabilir. Grafit Fırını Tekniği, genellikle Pb, Cd ve As tayini için gereklidir. Prolitik olarak platformlarla kaplanmış tüpler kullanılır. Metot numunelerin büyük oranlarda seyreltilmesi sonucu teknik metal tayininde (örneğin Cu) genellikle kullanışlı olmaktadır.

Doğrusal bölgede mümkün olduğunca geniş bir absorbans veren ve 0,5 absorbans biriminden daha fazla arka plan absorbansı üretmeyen grafit fırınına hacim aktarmak için autosampler'ı programlayın. Çok düşük konsantrasyonları tespit etmek için, çoklu enjeksiyon kullanılabilir. Kalibrasyon Eğrisi: En az 3 farklı konsantrasyonda hazırlanan çalışma standart çözeltileri ile, her biri en az 3 tekrar olmak üzere okuma yapılır, elde edilen standart çözelti okuma sonuçları ile bir kalibrasyon eğrisi çizdirilir. Kalibrasyon doğruluk değeri (r) en az 0,995 ise kabul edilebilir. Değil ise standartlar tekrar hazırlanır ve tekrar okutulur. Her çalışma öncesinde ve aynı gün içerisinde 30 örnek çalışılmış ise 30 örnekte bir kalibrasyon eğrisi bir standart çözelti ile kontrol edilir. Eğer kalibrasyon eğrisinin, standart çözelti ile yapılan kontrolleri sırasında kabul edilemez sonuçlar elde ediliyorsa, yani standart çözelti okumada % 10'luk bir sapma varsa yeni bir kalibrasyon eğrisi çizdirilmelidir.

ICP-OES (Inductively Coupled Plasma- Optical Emission Spectrophotometer)

Metalin konsantrasyonu kullanılan teknik tarafından belirlenir. En uygun dalga boyu, gaz karışımı/sıcaklık programı ve diğer cihaz parametreleri her bir metal için cihazla beraber verilen elkitaplarından bulunabilir. Eğer yüksek konsantrasyonlarda (mg/L) çalışılacaksa radial tekniği, düşük konsantrasyonlarda çalışılacaksa (μ /L) axial tekniği kullanılır. Pik alanı yedi noktada ölçülerek count'a karşılık konsantrasyon kalibrasyon grafiği elde edilir.

Kalibrasyon Eğrisi: En az 3 farklı konsantrasyonda hazırlanan çalışma

standart çözeltileri ile her biri en az 3 tekrar olmak üzere okuma yapılır, elde edilen standart çözelti okuma sonuçları ile lineer bir kalibrasyon eğrisi çizdirilir. Kalibrasyon doğruluk değeri (r) en az 0,995 ise kabul edilebilir. Değil ise standartlar tekrar hazırlanır ve tekrar okutulur. Her çalışma öncesinde ve aynı gün içerisinde 30 örnek çalışılmış ise 30 örnekte bir kalibrasyon eğrisi bir standart çözelti ile kontrol edilir. Eğer kalibrasyon eğrisinin, standart çözelti ile yapılan kontrolleri sırasında kabul edilemez sonuçlar elde ediliyorsa, yani standart çözelti okumada % 10'luk bir sapma varsa yeni bir kalibrasyon eğrisi çizdirilmelidir.

Hesaplamanın Yapılması, Sonuçların Değerlendirilmesi

Yüksekliği değil, pik bölgesini ölçülür. Standard bir eğri kurulur ve metalin konsantrasyonunu eğriden okunur. Metalin konsantrasyonunu C (mg/kg) olmak üzere hesaplanır;

$$C = [(a-b) \times V] / m$$

a: numune çözeltilisindeki konsantrasyon (mg/l)

b: kör çözeltilisinde ortalama konsantrasyon (mg/l)

V: numune çözeltilisinin hacmi (ml)

m: numunenin ağırlığı (g)

Eğer (a-b) değeri teşhis limitinin altındaysa, hesaplama için (a-b) yerine teşhis limiti konur.

Eğer numune seyreltilmişse, seyreltme faktörü hesaba katılır.

ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Analiz sonuçlarına varyans analizi ve çoklu karşılaştırma testi uygulayarak değerlendirmek için tablo 2’de belirtilen 3 il ile kirli ve temiz olmak üzere 2 bölgenin çarpımından 6 kombinasyon oluşturulmuştur.

Varyasyon kaynakları sırasıyla, “İller, Temiz/Kirli bölge ve İller*Temiz/Kirli bölge” şeklinde değerlendirilmiştir. Varyans analiz sonucunda $P < 0,05$ olasılıkta çıkan farklar önemli bulunmuş ve LSD yöntemine göre çoklu karşılaştırma testi uygulanmıştır. Bu çalışmada illere ve bölgelere göre 15 ikili karşılaştırma yapılmış ve tablo 3 ve tablo 4 ’de belirtilmiştir.

Tablo 2. Varyans analiz kombinasyon çizelgesi

Kombinasyon No	İl	Bölge
1	Tekirdağ	Kirli
2	Tekirdağ	Temiz
3	Edirne	Kirli
4	Edirne	Temiz
5	Kırklareli	Kirli
6	Kırklareli	Temiz

Tablo 3. Çoklu karşılaştırma testi LSD yöntemine göre ikili karşılaştırma çizelgesi

İkili Karşılaştırma	Kombinasyon No	İl	Bölge	İkili Karşılaştırma	Kombinasyon No	İl	Bölge
1 - 2	1	Tekirdağ	Kirli	2 - 6	2	Tekirdağ	Temiz
	2	Tekirdağ	Temiz		6	Kırklareli	Temiz
1 - 3	1	Tekirdağ	Kirli	3 - 4	3	Edirne	Kirli
	3	Edirne	Kirli		4	Edirne	Temiz
1 - 4	1	Tekirdağ	Kirli	3 - 5	3	Edirne	Kirli
	4	Edirne	Temiz		5	Kırklareli	Kirli
1 - 5	1	Tekirdağ	Kirli	3 - 6	3	Edirne	Kirli
	5	Kırklareli	Kirli		6	Kırklareli	Temiz
1 - 6	1	Tekirdağ	Kirli	4 - 5	4	Edirne	Temiz
	6	Kırklareli	Temiz		5	Kırklareli	Kirli
2 - 3	2	Tekirdağ	Temiz	4 - 6	4	Edirne	Temiz
	3	Edirne	Kirli		6	Kırklareli	Temiz
2 - 4	2	Tekirdağ	Temiz	5 - 6	5	Kırklareli	Kirli
	4	Edirne	Temiz		6	Kırklareli	Temiz
2 - 5	2	Tekirdağ	Temiz	--	-	--	--
	5	Kırklareli	Kirli	--	-	--	--

Buğday analiz sonuçları

Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli İllerinden kirli ve temiz bölgelerden 5'er adet olmak üzere 2008 yılı hasat döneminde toplanan 30 adet buğday numunesinin ağır metal düzeylerine bakılmıştır. Sonuçlar, tablo 4, tablo 5 ve tablo 6'da topluca gösterilmiştir.

Tablo 4. Tekirdağ ili buğday ağır metal analiz sonuçları

no	İL	İLÇE	BÖLGE	Pb (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Cr (ppb)	Cu (ppb)	Ni (ppb)	Zn (ppb)
1	TEKİRDAĞ KIRLI BÖLGE	ÇERKEZKÖY	KAPAKLI	58,454	TEDB	80,773	TEDB	7445,058	2101,449	8530,210
2		ÇERKEZKÖY	KAPAKLI	26,438	TEDB	55,193	TEDB	6628,084	2740,343	8403,745
3		ÇERKEZKÖY	KIZILPINAR	47,423	TEDB	63,444	TEDB	7359,581	863,776	7576,251
4		ÇERKEZKÖY	KAPAKLI	40,739	TEDB	66,773	TEDB	4232,558	1402,463	8133,254
5		ÇERKEZKÖY	KIZILPINAR	34,471	TEDB	56,130	TEDB	4609,286	672,115	7723,818
1	TEKİRDAĞ TEMİZ BÖLGE	MALKARA	İBRİBEY	38,816	77,694	23,735	TEDB	9277,948	1038,163	55157,884
2		HAYRABOLU	ŞALGAMLI	40,470	TEDB	15,965	TEDB	9488,142	1197,772	53003,712
3		HAYRABOLU	KARABABA	25,936	TEDB	16,872	271,921	8703,001	1572,167	37561,825
4		ŞARKÖY	YAYAAĞAÇ	35,738	80,357	18,690	497,381	8059,241	1395,714	39062,646
5		MALKARA	ÇAVUŞKÖY	38,150	TEDB	62,125	TEDB	10941,979	1400,750	12325,741
Ortalama				38,664	15,805	45,970	76,930	7674,488	1438,471	23747,909
Standart Sapma				9,509	33,326	24,459	170,667	2114,288	604,850	20076,114

Tablo 5. Edirne ili buğday ağır metal analiz sonuçları

no	İL	İLÇE	BÖLGE	Pb (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Cr (ppb)	Cu (ppb)	Ni (ppb)	Zn (ppb)
1		UZUNKÖPRÜ	KAVACIK	41,974	104,923	59,564	TEDB	3691,658	974,103	13318,690
2	EDİRNE KIRLI BÖLGE	KEŞAN	PAŞAYIĞIT	53,020	TEDB	36,609	TEDB	4297,548	915,099	16313,117
3		MERKEZ	TAYAKADIN	49,725	TEDB	58,050	699,000	3769,479	1949,750	13030,741
4		KEŞAN	TÜRKMEN	41,946	TEDB	14,754	271,675	8042,902	1707,635	36231,776
5		UZUNKÖPRÜ	MERKEZ	74,534	TEDB	11,667	TEDB	9075,067	769,118	33251,722
1	EDİRNE TEMİZ BÖLGE	HAVSA	TAPTIK	65,625	TEDB	43,634	TEDB	4062,812	728,704	14840,093
2		MERKEZ	KORUCU	92,340	58,399	45,887	161,256	3163,592	683,744	10337,687
3		UZUNKÖPRÜ	ÖMERBEY	77,638	TEDB	60,302	TEDB	3431,112	666,332	14433,907
4		HAVSA	KUZUCU	36,090	TEDB	26,611	TEDB	3464,668	756,398	14139,604
5		KEŞAN	SULUCA	43,855	TEDB	10,654	196,285	9366,161	1453,271	44585,788
		Ortalama		57,675	16,332	36,773	132,822	5236,500	1060,415	21048,312
		Standart Sapma		18,807	36,135	19,879	223,737	2520,102	468,711	12131,979

Tablo 6. Kırklareli ili buğday ağır metal analiz sonuçları

no	İL	İLÇE	BÖLGE	Pb (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Cr (ppb)	Cu (ppb)	Ni (ppb)	Zn (ppb)
1	KIRKLARELİ KIRLI BÖLGE	BABAESKİ	KATRANCA	34,037	TEDB	27,111	TEDB	4961,036	344,672	11327,381
2		BABAESKİ	KATRANCA	46,111	TEDB	18,283	TEDB	4064,075	399,242	7838,620
3		LÜLEBURGAZ	KAVUNLUK	30,575	53,496	11,217	TEDB	3283,682	795,575	5482,157
4		LÜLEBURGAZ	KARABEYLİ	38,175	TEDB	14,425	TEDB	2976,979	694,250	4145,741
5		LÜLEBURGAZ	KARABEYLİ	29,049	TEDB	20,885	432,301	2361,116	723,009	2320,653
1	KIRKLARELİ TEMİZ BÖLGE	VİZE	MERKEZ	29,606	TEDB	7,118	TEDB	2451,769	383,251	2485,470
2		MERKEZ	DOKUZHÖYÜK	89,233	TEDB	63,441	306,931	3874,281	1127,228	2577,969
3		VİZE	TOÇUKÖY	30,413	TEDB	15,505	211,193	4388,882	580,963	5486,521
4		VİZE	MERKEZ	36,897	TEDB	13,522	474,384	4400,045	1086,700	5396,800
5		VİZE	HASBUĞA	37,976	TEDB	21,000	229,476	4637,812	647,143	2481,694
		Ortalama		40,207	5,350	21,251	165,428	3739,968	678,203	4954,301
		Standart Sapma		18,019	16,917	15,857	191,406	920,631	273,051	2889,423

Buğday numunelerinde kurşun (Pb) sonuçlarının varyans analizi sonucu iller arasındaki fark $P < 0,027$ bulunarak önemli çıkmıştır. Bunun üzerine LSD yöntemine göre yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre kurşun (Pb) ortalamaları arasındaki önemli farklar ikili karşılaştırmalara göre sırasıyla (1–4) için $P < 0,046$, (2–4) için $P < 0,013$ ve (3–4) için $P < 0,013$ bulunmuştur. Diğer ikili karşılaştırmalar arasındaki farklar önemsiz çıkmıştır. Sonuçlar tablo 7’de gösterilmiştir.

Tablo 7. Buğday varyans analiz çizelgesi, Kurşun (Pb)

Buğday varyans analiz çizelgesi			Kurşun (Pb)		
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
İller	2	2 229,7	1 114,9	4,23	0,027
Temiz/Kirli	1	173,3	173,3	0,66	0,426
İller*Temiz/Kirli	2	416,0	208,0	0,79	0,466
Hata	24	6 329,9	263,7		
Toplam	29	9 149,0			

Buğday numunelerinde arsenik (As) sonuçlarının varyans analizi sonucu

hiçbir varyasyon kaynağında $P < 0,05$ 'den küçük çıkmadığından fark önemli bulunmamıştır. Bunun üzerine LSD yöntemine göre yapılan çoklu karşılaştırma testi yapılmamıştır. Sonuçlar tablo 8'de gösterilmiştir.

Tablo 8. Buğday varyans analiz çizelgesi, Arsenik (As)

Buğday varyans analiz çizelgesi			Arsenik (As)		
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
İller	2	767,4	383,7	0,43	0,654
Temiz/Kirli	1	112,3	112,3	0,13	0,725
İller*Temiz/Kirli	2	2 888,4	1 444,2	1,63	0,218
Hata	24	21 322,5	888,4		
Toplam	29	25 090,5			

Buğday numunelerinde kadmiyum (Cd) sonuçlarının varyans analizi sonucu varyasyon kaynaklarından iller arasındaki fark $P < 0,017$ ve İller*Temiz/Kirli $P < 0,025$ bulunarak önemli çıkmıştır. Bunun üzerine LSD yöntemine göre yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre kadmiyum (Cd) ortalamaları arasındaki önemli farklar ikili karşılaştırmalara göre sırasıyla (1–2) için $P < 0,003$, (1–3) için $P < 0,019$, (1–4) için $P < 0,025$, (1–5) için $P < 0,0004$ ve (1–6) için $P < 0,0015$ bulunmuştur. Diğer ikili karşılaştırmalar arasındaki farklar önemsiz çıkmıştır. Sonuçlar tablo 9'da gösterilmiştir.

Tablo 9. Buğday varyans analiz çizelgesi, Kadmiyum (Cd)

Buğday varyans analiz çizelgesi			Kadmiyum (Cd)		
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
İller	2	3 121,9	1 561,0	4,87	0,017
Temiz/Kirli	1	748,2	748,2	2,33	0,140
İller*Temiz/Kirli	2	2 757,9	1 379,0	4,30	0,025
Hata	24	7 697,8	320,7		
Toplam	29	14 325,8			

Arpa Analizler

Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli İllerinden kirli ve temiz bölgelerden 5'er adet olmak üzere 2008 yılı hasat döneminde toplanan 30 adet arpa numunesinin ağır metal düzeylerine (kurşun, arsenik, kadmiyum, krom, bakır, nikel, çinko,) bakılmıştır. Sonuçlar tablo 10, tablo 11 ve tablo 12'de topluca gösterilmiştir.

Tablo 10. Tekirdağ ili arpa ağır metal analiz sonuçları

no	İL	İLÇE	BÖLGE	Pb (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Cr (ppb)	Cu (ppb)	Ni (ppb)	Zn (ppb)
1		ÇORLU	MERKEZ	48,518	57,337	17,362	1847,739	6830,609	1113,819	39180,138
2	TEKİRDAĞ KIRLI BÖLGE	VELİMEŞE	OTOBANALTI	32,524	TEDB	13,908	TEDB	4492,828	3325,243	6997,343
3		VELİMEŞE	M. JEANS YANI	TEDB	TEDB	25,217	TEDB	4752,700	643,874	3786,907
4		VELİMEŞE	BATUKDERE	45,504	86,371	19,516	TEDB	3431,092	485,282	3994,290
5		VELİMEŞE	H. SEREMET YANI	22,044	TEDB	12,004	TEDB	2689,796	351,587	5685,662
1	TEKİRDAĞ TEMİZ BÖLGE	MALKARA	KARACAGÜR	47,723	TEDB	13,498	TEDB	5447,202	996,714	40601,211
2		MALKARA	YÖRGÜÇ	32,251	TEDB	13,033	443,365	3855,664	1786,493	19035,338
3		MALKARA	BALABANCIK	29,649	TEDB	23,465	4151,316	5580,356	1937,500	33498,110
4		ŞARKÖY	YENİKÖY	39,103	TEDB	19,692	TEDB	1477,556	TEDB	6652,023
5		MALKARA	KIRIKALI	21,489	TEDB	13,809	248,936	5078,947	455,532	5853,933
Ortalama				31,880	14,371	17,150	669,136	4363,675	1109,604	16528,495
Standart Sapma				14,878	31,060	4,661	1351,077	1552,027	994,748	15370,245

Tablo 11. Edirne ili arpa ağır metal analiz sonuçları

no	İL	İLÇE	BÖLGE	Pb (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Cr (ppb)	Cu (ppb)	Ni (ppb)	Zn (ppb)
1		İPSALA	SULTAN	28,333	TEDB	7,667	2502,222	3946,701	1625,556	16256,297
2	EDİRNE KIRLI BÖLGE	KEŞAN	MALTEPE	94,975	TEDB	14,455	191,064	3559,924	935,396	18597,771
3		UZUNKÖPRÜ	HAMİDİYE	45,493	TEDB	30,764	1697,783	4895,119	2709,360	15315,520
4		MERKEZ	DEMİRHANLI	75,600	66,625	12,800	191,250	2719,479	811,500	13765,741
5		KEŞAN	PAŞAYIĞIT	44,951	TEDB	35,025	267,402	7825,067	1547,059	62442,898
1	EDİRNE TEMİZ BÖLGE	HAVSA	KÖSEÖMER	34,793	TEDB	47,409	TEDB	2858,365	480,311	9355,145
2		UZUNKÖPRÜ	KAVACIK	42,955	TEDB	13,136	TEDB	1138,342	420,000	TEDB
3		KEŞAN	KÜÇÜKDOĞANCA	61,809	TEDB	28,618	224,598	6418,549	1463,568	44531,897
4		MERKEZ	SAZLIDERE	43,376	TEDB	39,742	TEDB	3204,994	1276,546	19821,360
5		UZUNKÖPRÜ	GAZİMEHMET	33,158	TEDB	16,732	TEDB	7170,268	1240,132	37204,250
Ortalama				50,544	6,663	24,635	507,432	4373,681	1250,943	23729,088
Standart Sapma				20,919	21,069	13,477	866,907	2157,588	664,831	18709,105

Tablo 12. Kırklareli ili arpa ağır metal analiz sonuçları

no	İL	İLÇE	BÖLGE	Pb (ppb)	As (ppb)	Cd (ppb)	Cr (ppb)	Cu (ppb)	Ni (ppb)	Zn (ppb)
1	KIRKLARELİ KIRLI BÖLGE	BABAESKİ	ÇİFTLİKKÖY	28,286	94,343	17,606	TEDB	3327,483	370,657	5514,356
2		BABAESKİ	ÇİFTLİKKÖY	54,000	TEDB	16,575	236,275	3644,479	705,250	3445,741
3		LÜLEBURGAZ	KARAMUSUL	33,424	TEDB	15,567	766,995	3629,109	787,438	5699,756
4		LÜLEBURGAZ	KARAMUSUL	42,275	TEDB	14,000	545,500	3681,979	811,250	4023,241
5		BABAESKİ	KAYABEYLİ MERA	41,478	50,468	11,700	688,177	4412,361	648,768	8867,244
1	KIRKLARELİ TEMİZ BÖLGE	PEHLİVANKÖY	AKARCA	21,466	TEDB	17,851	TEDB	3666,728	TEDB	5334,878
2		PEHLİVANKÖY	AKARCA	29,214	TEDB	38,643	TEDB	3775,907	TEDB	7653,122
3		BABAESKİ	KARUKÖY	40,072	TEDB	13,876	323,923	2726,488	444,019	5970,598
4		BABAESKİ	DOKUZHÖYÜK	34,532	TEDB	10,493	TEDB	2774,430	344,828	2805,667
5		VİZE	MERKEZ	38,675	TEDB	11,325	492,250	4311,979	721,250	6648,241
Ortalama				36,342	14,481	16,763	305,312	3595,094	483,346	5596,284
Standart Sapma				9,077	32,233	8,114	303,745	550,797	304,390	1860,379

TEDB: Tespit Edilebilir Düzeyde Bulunmamıştır.

Arpa numunelerinde kurşun (Pb) sonuçlarının varyans analizi sonucu iller arasındaki fark $P < 0,036$ bulunarak önemli çıkmıştır. Bunun üzerine LSD yöntemine göre yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucuna göre kurşun (Pb) ortalamaları arasındaki önemli farklar ikili karşılaştırmalara göre sırasıyla (1–3) için $P < 0,009$, (2–3) için $P < 0,025$ ve (3–6) için $P < 0,018$ bulunmuştur.

Diğer ikili karşılaştırmalar arasındaki farklar önemsiz çıkmıştır. Sonuçlar tablo 13’de gösterilmiştir.

Tablo 13. Arpa varyans analiz çizelgesi, Kurşun (Pb)

Arpa varyans analiz çizelgesi			Kurşun (Pb)		
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
İller	2	1 899,8	949,9	3,82	0,036
Temiz/Kirli	1	253,1	253,1	1,02	0,323
İller*Temiz/Kirli	2	456,4	228,2	0,92	0,413
Hata	24	5 962,5	248,4		
Toplam	29	8 571,8			

Arpa numunelerinde arsenik (As) sonuçlarının varyans analizi sonucu Temiz/Kirli varyasyon kaynağında $P < 0,05$ ’den küçük çıkmıştır ancak LSD yöntemine göre yapılan çoklu karşılaştırma testi sonucunda ikili karşılaştırmalarda fark önemsiz bulunmuştur. Bunun nedeni arpa numunelerinde arsenik (As) analiz sonuçlarının içinde çok sayıda TEDB sonuç bulunmasıdır. Sonuçlar tablo 14’de gösterilmiştir.

Tablo 14. Arpa varyans analiz çizelgesi, Arsenik (As)

Arpa varyans analiz çizelgesi			Arsenik (As)		
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
İller	2	401,9	200,9	0,28	0,761
Temiz/Kirli	1	4 204,2	4 204,2	5,79	0,024
İller*Temiz/Kirli	2	401,9	200,9	0,28	0,761
Hata	24	17 421,8	725,9		
Toplam	29	22 429,8			

Arpa numunelerinde kadmiyum (Cd) sonuçlarının varyans analizi sonucu hiçbir varyasyon kaynağında $P < 0,05$ ’den küçük çıkmadığından fark önemli bulunmamıştır. Bunun üzerine LSD yöntemine göre yapılan çoklu karşılaştırma testi yapılmamıştır. Sonuçlar tablo 15’de gösterilmiştir.

Tablo 15. Arpa varyans analiz çizelgesi, Kadmiyum (Cd)

Arpa varyans analiz çizelgesi			Kadmiyum (Cd)		
Varyasyon Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
İller	2	393,74	196,87	2,16	0,138
Temiz/Kirli	1	108,89	108,89	1,19	0,286
İller*Temiz/Kirli	2	123,00	61,5	0,67	0,519
Hata	24	2 190,75	91,28		
Toplam	29	2 816,38			

SONUÇ ve ÖNERİLER

Trakya Bölgesi illerinden Tekirdağ, Edirne ve Kırklareli’nde yetiştirilen yem hammaddesi olarak yaygın olarak kullanılan buğday ve arpanın ağır metal düzeylerinde, karayolları taşımacılığıyla sanayinin etkisinin ve iller arası ağır metal kirliliği farkının olup olmadığının araştırılmış ancak analiz sonuçları üzerinden yapılan istatistik hesaplamalarında fark önemsiz çıkmıştır. Bu çalışmada, ağır metal düzeyinin söz konusu bölgelerde canlıların yaşamlarını olumsuz yönde etkilemeyecek düzeyde olduğu ve limit altında çıkan ağır metal kirliliğinin nedeni olarak bitki koruma ilaçları ve gübre kullanımı olabileceği sonucuna varılmıştır. Bugün için bu veriler bir tehlike arz etmese de gelecekte bir tehlike oluşmaması için tedbirler alınmalıdır.

Bilindiği gibi gıda ve beslenme insanlığın temel ihtiyaçlarındandır. Ancak tüketime sunulan gıdalarında sağlık açısından da güvenli olması gerekir. Sağlıklı hayvansal gıdalar üretmenin ön koşulu sağlıklı hammadde sağlanmasıdır. Günümüzde sürdürülen hızlı endüstrileşme aşırı kentleşme ve bilinçsizce yapılan tarımsal savaş uygulamaları oldukça karmaşık çevresel sorunları da beraberinde getirmektedir. Kentsel ve endüstriyel faaliyetler sonucu bazı değerler sınır değerlerin üzerine çıkmaktadır. Toksik etkiye sahip bu metallerin düşük konsantrasyonları kronik hastalıklara sebep olurken yüksek konsantrasyonları canlıların ölümünün neden olabilmektedir. Bundan dolayı toplum bireylerinin, çevre kirliliği ve sağlıklı beslenme konusunda bilinçlendirilmesi gerekmektedir. Buradaki en büyük görevde yazılı ve sözlü basına düşmektedir.

Halk sağlığının korunmasını sağlamak, kaliteli ve güvenli ürünlerin tüketiciye ulaşmasına yardımcı olmak, halkın sağlıklı ve dengeli beslenmesini sağlamak için gıda ve yem sanayinde kalite ve güvenliği sağlamak amacıyla bilgi ve iletişim teknolojileri ile ARGE faaliyetlerine öncelik verilmelidir.

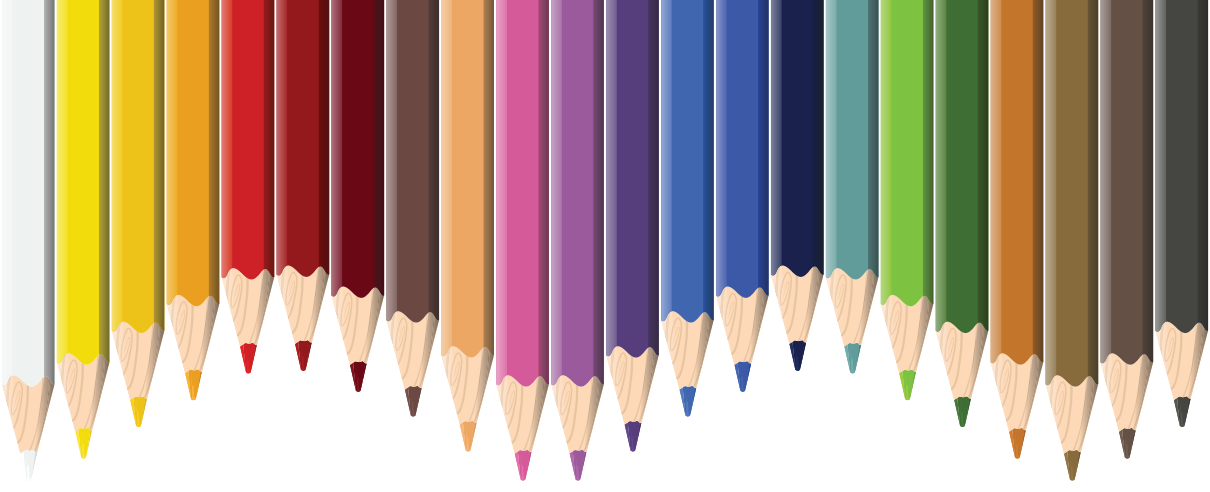
Bireyler bir tüketici olarak besinlerin satın alınımı ve tüketimi konusunda bilinçlendirilmeli, bunun içinde kamu kuruluşları ve tüketici dernekleri üstüne düşen görevi gerçekleştirmelidir. Besin maddesi üreten ve satanlar beslenme ve özellikle hijyen konusunda bilinçlendirilmeli halk sağlığını tehdit edecek davranışta bulunanlara gerekli cezai yaptırımlar uygulanmalıdır.

Çiftlikten sofraya gıda üretim ve tüketim bilincinin ve uygulamalarının yerleştirilmeye çalışıldığı günümüzde; “gıdaların üretiminden tüketimine kadar olan bütün aşamalarda hijyen anlayışının ve uygulamasının yerleştirilmesi”, sağlıklı gıda üretimin temel dayanağını oluşturmaktadır. Bu amaçla gerek tüketicinin güvenli ve gereği gibi beslenmesinin sağlanması, gerekse uluslararası gıda ticaretinin geliştirilmesi için gıda üretim zincirinde; İyi Üretim Uygulamalarına (Good Manufacturing Practice-GMP) önem verilmelidir.

İzlenebilirlik üzerine dayanan ve tüketicilere sağlıklı gıda sunmayı amaçlayan çiftlikten sofraya güvenli gıda üretimi uygulamalarına bir an önce tam bir işlerlik kazandırılmalıdır.

KAYNAKLAR

- Anonymous, (1989). Mycotoxins economic and health risks. Council for Agric. Sci. and Tech. Report No: 116, p:91.
- Aysu, A. (2008). BİA Haber Merkezi. Hububat üreticisinin çiftçinin görmediği desteği görecekt www.bianet.org/bianet/kategori/bianet/105500/hububat-ureticisi-ciftcinin-gormedigidestege-sirketler-gorecek (erişim tarihi, 09.01.2009)
- Bigersson, B., Sterner, O., Zimerson, E., Chemie, und Gesundheit “Eine verstandliche Einführung in die Toxikologie” VCHVerlagsgesellschaft, 1988, ISBN 3-527-26455-8
- Duffus, J., Worth, H. (1996). “Fundamental toxicology for chemists”, Cambridge, UK: Royal Society of Chemistry Information Services, c1996
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A. ve Timur, S. (2004). İTÜ Metalurji ve Malzeme Mühendisliği Bölümü. Metallerin Çevresel Etkileri I-II ve III.
- Kılınç, O.Ö. (2006). Süt ve süt ürünlerinde ağır metaller. Konya Valiliği İl Tarım Müdürlüğü, <http://www.konyatarim.com/indeks.asp?id=1865>.
- Li Y., McCrory D.F., Powell J.M., Saam H., Smith D.J. (2005) A Survey of Selected Heavy Metal Concentrations in Wisconsin Dairy Feeds. J. Dairy Sci. 88: 2911-2922.
- Nicholson, F. A., Chambers J.R., Williams R.J. (1999). Unwin. Heavy Metal contents of livestock feeds and animal manures in England and Wales. Bioresource Technology 70: 23-31.
- Rether, A. (2002). Doktora Tezi, Münih Teknik Üniversitesi, Entwicklung und Charakterisierung wasserlöslicher Benzoylthioharnstoff funktionalisierter Polymere zur selektiven Abtrennung von Schwermetallionen aus Abwässern und Prozesslösungen



Bölüm 3

ARAZİ TOPLULAŞTIRMA BAŞARI KRİTERİNİN BELİRLENMESİ: BALIKESİR MANYAS GEBEÇİNAR ÖRNEĞİ

Ömer ACAR¹

¹ Öğr. Gör., Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Göksun Meslek Yüksekokulu, Mimarlık ve Şehir Planlama Bölümü, oacar@ksu.edu.tr, Orcid No: 0000-0002-2382-8594

GİRİŞ

Geçim kaynağı olarak elde tutulan toprak; nesiller boyunca aktarılarak finansal bir güvence olarak görülen, sınırlı ve yenilenmeyen bir kaynaktır (Aslan vd., 2007). Nüfus ile birlikte ekilebilir arazilere olan talep artmaktadır. Özellikle 1960'lı yıllardan sonra insanların tarım arazilerini yoğun kullanımından (amaç dışı kullanım, plansız kentleşme vs.) kaynaklı dünya genelinde ekilebilir arazi kaybı oluşmakta (Wang ve Li, 2019) ve gıda güvenliği konusunda tehdit oluşturmaktadır. (Zhou vd., 2019). Çağdaş tarımsal arazi politikaları gıda güvenliğinin sağlanmasında arazi toplulaştırma çalışmalarının uygulanmasının olumlu etkisinin olacağını savunmaktadır (Feng ve Li, 2021; Ntihinurwa ve de Vries, 2021).

Arazi toplulaştırma kavramı ilk 1343 yılında Almanya'dan gelmiş ve diğer ülkelerde kullanılmaya başlanmıştır (Acar ve Bengin; 2018; Zhou vd., 2020; Kocur-Bera vd., 2023; Li ve Song, 2023). Arazi toplulaştırma çalışmaları arazi parçalanma sorununu ortadan kaldırmayı amaçlayan mekânsal problem çözme tekniği olarak görülmektedir (Li vd., 2018). Bu çalışmalar kırsal alanların sürdürülebilir kalkınmasında çok önemli rol oynamakta (Zhou vd., 2020) ve kırsal nüfusun genel refahına katkıda bulunmaktadır (Paşakarnis ve Maliene, 2010; Chen vd., 2018; Shikur, 2020). Arazilerin çeşitli sebeplerle parçalanması zaman içerisinde çok küçük parsellere dönüşmekte bunun sonucu olarak tarımsal üretimde iş gücü ve maliyet artmaktadır (Jürgenson, 2016; Bengin ve Acar, 2018; Acar ve Akdeniz; 2023).

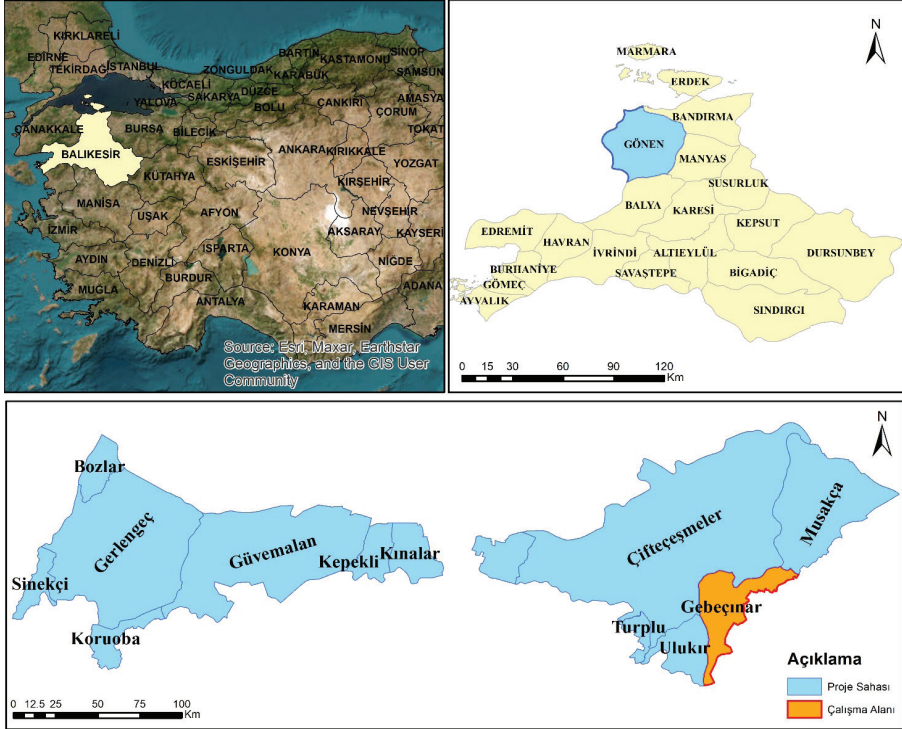
Arazi toplulaştırma çalışmaları dünya genelinde ülkeden ülkeye farklı şekilde yapılmaktadır (Sklenicka, 2006). Sıklıkla kullanılan uygulamaları tarihsel gelişim sürecinde dört farklı şekilde gruplandırabiliriz. İlk yapılan uygulamalar gönüllü toprak değişimi olarak adlandırılmakta ve çiftçiler parçalı ve dağınık arazilerini aralarında anlaşma yoluyla bütünlüğü sağlamışlardır. İkincisi basit (dar kapsamlı) arazi toplulaştırması ise yasal mevzuat çerçevesinde devlet tarafından yapılan ilk uygulamalar olarak ifade edilebilir. Bu kapsamda yapılan uygulamalarda tarımsal arazilerin bütünlüğünü sağlayarak geometrik şekillerin düzeltilmesi sağlanmaktaydı. Üçüncüsü geniş kapsamlı arazi toplulaştırması olarak adlandırılmaktadır. Bu uygulamalarda parsellerin bütünlüğünün sağlanması ve geometrik şekillerinin düzeltilmesinin yanı sıra altyapı tesislerinin (yol, sulama ve tahliye sistemleri) inşa edilmesi, toprak korumaya önlemlerinin alınması, kırsal kalkınmayı teşvik edici, sosyal-çevresel-ekonomik tedbirlerin alındığı çok kapsamlı uygulamalar yapılmıştır (Colombo ve Perujo-Villanueva, 2019; Aliefendioğlu ve Keskin, 2021). Dördüncüsü birden fazla toplulaştırma çalışmasının birleştirilmesiyle yapılan uygulamalardır. Bu uygulamalarda geniş kapsamlı arazi toplulaştırma çalışmalarından farklı olarak birbiri ile komşuluk ilişkisi olan düzenleme sahalarında köy sınırlarının düzeltilmesi, kamulaştırma yapmamak için kamulaştırma alanlarının toplulaştırma kapsamında oluşturulması (demiryolu, karayolu güzergahı gibi)

çalışmalarının yapıldığı uygulamalardır (Hartvigsen, 2014; Aliefendioğlu ve Keskin, 2021).

Kırsal yapıyı düzenleyerek ekonomiye birçok katkı sağlamakla birlikte çok amaçlı kullanılan toplulaştırma çalışmaları uzun zaman diliminde gerçekleşmekte ve yoğun emek gerektirmektedir (Akdeniz ve Acar, 2023). Toplulaştırma projelerinin uygulandığı her köy yada mahalle farklı kültür ve geleneklere sahip insanları ilgilendirmesi sebebiyle farklılıklar içermektedir. Bu bağlamda uygulama sonrasında yapılan çalışmanın başarısı üzerine değerlendirmeler ve analizler yapılması gerekmektedir. Bu çalışmada Balıkesir ilinde yapılan Balıkesir-Gönen Tahirova Sulaması A.T ve T.İ.G.H Projesi kapsamında yapılan Gebeçınar köyünde yapılan değişiklikler incelenecek, proje öncesi ve sonrası durumu analiz edilerek değerlendirilecektir.

MATERYAL METOT

Balıkesir-Gönen Tahirova Sulaması A.T ve T.İ.G.H Projesi Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü 25. Bölge Müdürlüğü tarafından yapılmıştır. Proje sahası Balıkesir'in Gönen ve Bandırma ilçeleri ile Çanakkale'nin Biga ilçesinde bulunan toplamda 12 köyden oluşmaktadır. Bu köylerden 1 tanesi Bandırma ilçesinde, 5 tanesi Gönen ilçesinde ve 6 tanesi Biga ilçesinde yer almaktadır. Çalışma alanı olarak belirlenen Gebeçınar köyü Gönen İlçe merkezine 22 km, Balıkesir il merkezine 108 km uzaklıkta bulunmaktadır.



Şekil 1. Gebeçmar Köyü Lokasyon Haritası

Çalışma alanında proje verileri 25. Bölge Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. Proje öncesi ve sonrası değişimler için LiTop yazılımı kullanılarak analizler yapılmıştır. Tematik haritaların oluşturulmasında Netcad 8.5, LiCad ve ArcGIS yazılımları kullanılmıştır. Proje sahasında yapılan düzenleme kapsamında;

- Proje öncesi ve sonrası parsel şekilleri
- Ulaşım açısından faydalanan/faydalanmayan parseller
- Proje öncesi ve sonrası ortalama parsel büyüklüğü
- Proje öncesi ve sonrası toplam parsel çevresi
- Proje kapsamında yapılan kesinti oranı
- Toplulaştırma oranı
- Yeni toplulaştırma oranı değerlendirilecektir.

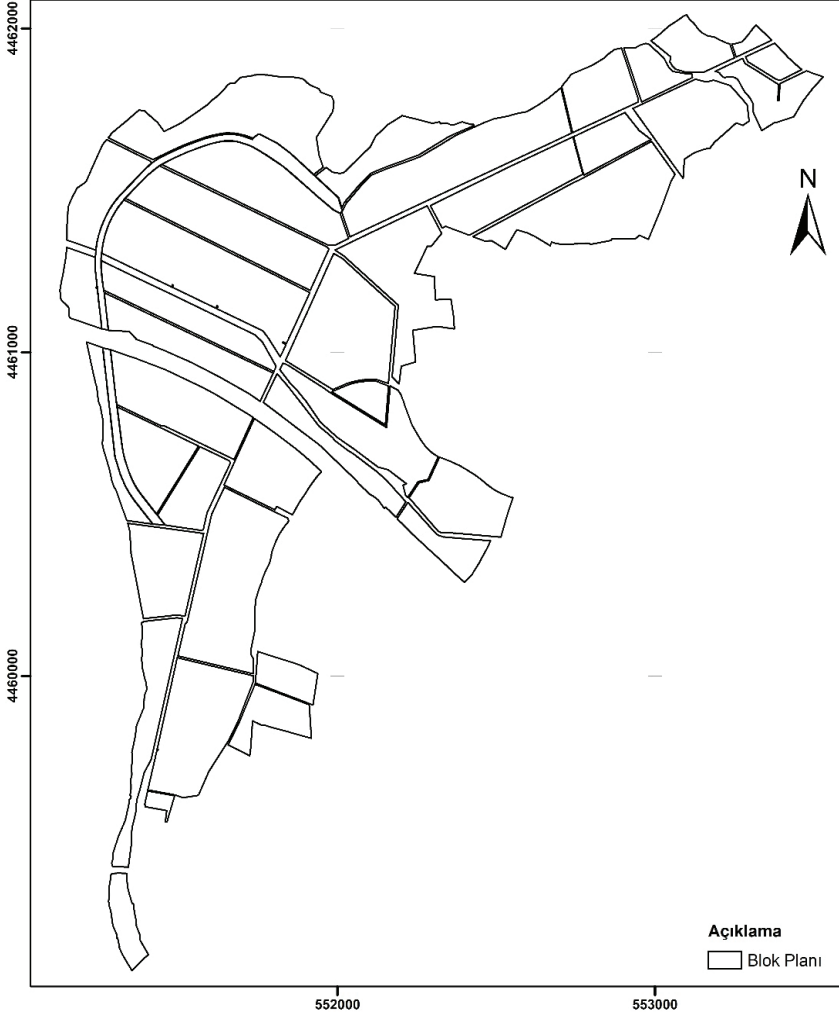
BULGULAR

Tarımsal alanlarda kullanılan makinalardan en fazla verimi elde edebilmek için parsellerin geometrik şekilleri önemli faktörler arasında yer almaktadır. Bununla ilgili yapılan çalışmalara göre tarımsal alanlarda kullanılan makineler için dikdörtgen olması gerektiği ve en boy oranının ise 1/3 ile 1/7

arasında yer aldığı belirtilmiştir (Yağanoğlu vd., 1994; Nimetoğlu, 2013; Akkaya Aslan, 2018). Parselin geometrik durumuna göre dikdörtgenden, yamuk, şekilsiz (bozuk şekilli) ve üçgen olmak üzere uygunluk sıralaması yapılmıştır (Gündoğdu vd., 2017). Gebeçınar köyünde toplulaştırma öncesi ve sonrası parsel şekil analizi Tablo 1’de verilmiştir. Yapılan düzenleme ile ideal şekil olarak belirtilen dikdörtgen ve yamuk parsellerin oranı artarken üçgen ve şekilsiz parsellerin oranı azalmıştır. Yamuk, şekilsiz ve üçgen parsellerin toplulaştırma sonrasında oluşmasının sebebi köy sınırının bozuk yapıya sahip olmasından kaynaklanmaktadır. Buna bağlı olarak hazırlanan blok planlarının şeklinin bozuk olması parsel şekillerini de etkilemektedir (Şekil 2.) .

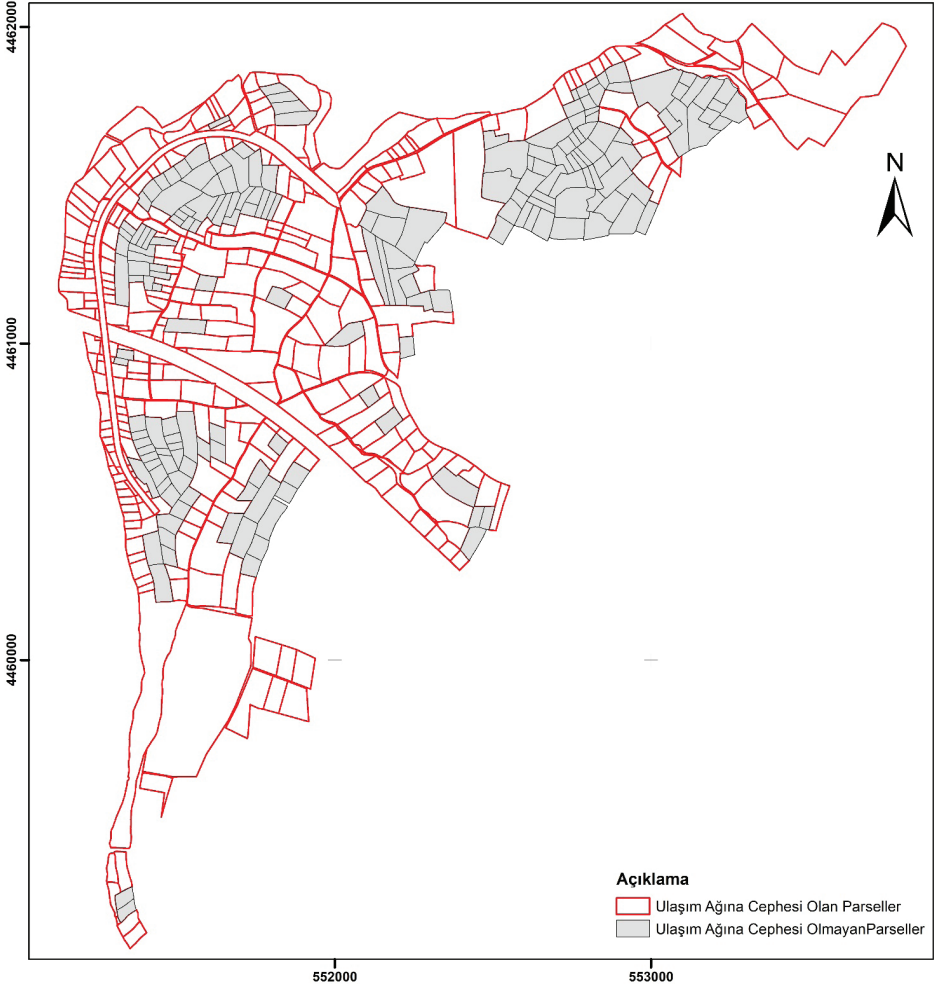
Tablo 1. *Gebeçınar Köyü Parsellerin Geometrik Şekilleri*

Şekil Adı	Toplulaştırma Öncesi		Toplulaştırma Sonrası	
	Adet	Yüzde	Adet	Yüzde
Üçgen	33	5.98	7	2.59
Kare	13	2.36	3	1.11
Dikdörtgen	141	25.54	104	38.52
Yamuk	198	35.87	109	40.37
Şekilsiz	167	30.25	47	17.41
Toplam	552	100.00	270	100.00



Şekil 2. Gebeçinar Köyü Blok Planı

Parsellerin ulaşım ağına (yola) doğrudan cephesi olmaması durumunda komşu parsel/parceller üzerinden ulaşımını sağlamaktadır. Bu durumda geçiş sağladığı kadar alanda tarımsal faaliyet yapılamamakta ve çiftçiler arasında husumete yol açarak sosyal huzurun bozulmasına sebep olmaktadır (Küsek, 2014). Gebeçinar köyünde toplulaştırma öncesi 186 parselin doğrudan ulaşım ağına cephesi yoktur (Şekil 3). Toplulaştırma sonrasında tüm parsellerin ulaşım ağına doğrudan cephesi olacak şekilde planlaması yapılmıştır.



Şekil 3. Gebeçmar Köyü Ulaşım Ağı Haritası

Türkiye İstatistik Kurumu'nun (TÜİK) 2016 yılında yayınladığı tarımsal işletme yapı araştırmasına göre tarım arazilerinin ortalama büyüklüğünün 12,90 dekar olduğunu belirtmiştir (TÜİK, 2018). Gebeçmar köyünde proje öncesinde 4,06 dekar olan ortalama parsel büyüklüğü proje sonrasında 7,51 dekara çıkarak yaklaşık olarak %85 artmıştır. Proje öncesinde parsel sayısına göre yoğunluk parsel gruplarından 0-5 dekar aralığındayken proje sonrasında 0-5 dekar aralığında yaklaşık %25'lik bir azalma olmuştur. 6-10 dekar aralığında yaklaşık %12, 11-20 dekar aralığında ise yaklaşık %10 artış olmuştur (Tablo 2).

Tablo 2. Gebeçınar Köyü Ortalama Parsel Büyüklüğü

	Parsel Grupları (Da)	0 - 5	6 - 10	11 - 20	21 - 50	51 - 100	101 - 500	Toplam
Toplulaştırma Öncesi	Parsel Sayısı	455	73	15.00	6	2	1	552
	%	82.43	13.22	2.72	1.09	0.36	0.18	100.00
	Parsel Grupları Alanı (Da)	1064.57	563.96	213.40	167.25	112.14	118.18	2239.51
	%	47.54	25.18	9.53	7.47	5.01	5.28	100.00
	Parsel Büyüklüğü Ortalaması (Da)	2.34	7.73	14.23	27.88	56.07	118.18	4.06
Toplulaştırma Sonrası	Parsel Sayısı	155	68	35.00	10	2	0	270
	%	57.41	25.19	12.96	3.70	0.74	0.00	100.00
	Parsel Grupları Alanı (Da)	505.31	524.91	511.47	306.25	180.03	0.00	2027.97
	%	24.92	25.88	25.22	15.10	8.88	0.00	100.00
	Parsel Büyüklüğü Ortalaması (Da)	3.26	7.72	14.61	30.62	90.02	0.00	7.51

Tarımsal üretim için kullanılan makinaların araziyi işlemede parsel sınırlarına yaklaşmasından dolayı işlenemeyen alan oluşmakta ve ortalama 0,5 m kabul edilmektedir (Akdeniz ve Temizel, 2018). Bu kapsamda Gebeçınar köyünde parsel sınırına yaklaşmama durumundan kaynaklı alan kaybı proje öncesinde 71,46 dekar, proje sonrasında 50,84 dekar olduğu hesaplanmıştır. Proje öncesi alan kaybı ile proje sonrası alan kaybı arasındaki fark arazi toplulaştırma çalışması sonucunda tarıma kazandırılan alanı ifade etmektedir. Bu kapsamda değerlendirildiğinde en az 20,62 dekar alan tarıma kazandırılmıştır (Tablo 3.).

Tablo 3. *Gebeçınar Köyü Parsel Çevre Uzunluğu*

	Toplulaştırma Öncesi (TÖ)	Toplulaştırma Sonrası (TS)	Fark (TÖ-TS)
Parsel sayısı (Adet)	552	270	282
Toplam Parsel Çevre Uzunluğu (m)	142923.22	101683.23	41239.99
Kullanılmayan Alan (m²)	71461.61	50841.62	20619.99

Arazi toplulaştırma çalışmalarında sulama, tahliye kanalları ve yeni açılacak yollar ortak tesis olarak ifade edilmektedir. Ortak tesisler için ayrılan alanları oluşturmak için düzenlemeye dahil edilen parsellerden mevzuata göre %10'a kadar bedelsiz kesinti yapılabilir. Çalışma alanında 131.20 dekar mera arazisi yer almakta olup proje kapsamında mera arazilerinden kesinti yapılmamıştır. Gebeçınar köyünde toplulaştırma kapsamında %7 oranında kesinti oranı hesaplanmış ve mera dışındaki tüm parsellerden bu oranda kesinti yapılmıştır.

Arazi toplulaştırma projelerinin başarı oranını belirleyen en önemli kriterleri arasında toplulaştırma oranı bulunmaktadır. Türkiye'de yapılan arazi toplulaştırma projelerinde elde edilen ortalama toplulaştırma oranı %42,40 olarak hesaplanmıştır (Dağdelen vd., 2017). Toplulaştırma oranını hesaplamak için;

$$TO = \frac{TÖPS - TS}{TÖPS} \times 100$$

TO: Toplulaştırma Oranı

TÖPS: Toplulaştırma Öncesi Parsel Sayısı

TS: Toplulaştırma Sonrası Parsel Sayısı

formülü kullanılmaktadır (Eminoğlu ve Çakmak, 2013; Esen, 2019; Türk, 2021; Cebeci ve Uçar, 2022). Proje sahasında düzenlemeye dahil edilen 522 parsel bulunmaktadır. Toplulaştırma sonrasında 270 parsel oluşmuştur. Buna göre Gebeçınar köyünde toplulaştırma oranı %51,09 olmaktadır. Türkiye ortalamasının üzerinde olan projeler başarılı olarak kabul edilmektedir.

1961 yılında başlayarak günümüze kadar yapılan toplulaştırma projelerinde toplulaştırma oranı bu şekilde hesaplanmıştır. Bu formül değerlendirildiğinde %100 başarı sağlanması için düzenleme sonrasında parsel sayısının 1 olması gerekmektedir ancak bu durum olası değildir. Proje sahasında yer alan her çiftçi tek parça olmasına rıza gösterse dahi düzenleme sahasının topografik yapısı, sulama/tahliye sistemlerinin optimum kullanılabilmesi gibi kriterler sebebiyle tek blok ve tek parsel olma durumu yoktur. Toplulaştırma oranı için bir işletmeye ait tüm parsellerin tek parça olması durumunu değerlendirmenin daha makul olacağı düşünülmektedir. Bunun için uygulamada “Yeni Toplulaş-

tırma Oranı” formüle edilerek kullanılması gerekmektedir (Esen, 2019; Türk, 2021). Bu kapsamda kullanılabilir formül;

$$YTO = \frac{TÖPS - TSPS}{TÖPS - İS} \times 100$$

YTO: Yeni Toplulaştırma Oranı

TÖPS: Toplulaştırma Öncesi Parsel Sayısı

TSPS: Toplulaştırma Sonrası Parsel Sayısı

İS: Proje Sahasındaki İşletme Sayısı

Olarak belirtilmiştir (Esen, 2019; Türk, 2021). Proje sahasında toplulaştırma öncesi parsel sayısı 552, toplulaştırma sonrası parsel sayısı 270'dir. Gebeçınar köyünde toplulaştırmaya dahil edilen 164 işletme bulunmaktadır. Bu kapsamda yeni toplulaştırma oranı %72.68 olmaktadır.

Tablo 4. *Gebeçınar Köyü Proje Özeti*

	Toplulaştırma Öncesi	Toplulaştırma Sonrası
Parsel Geometrisi ¹ (%)	61.41	78.89
Ulaşım Ağından Faydalanan Parseller (%)	66.30	100.00
Sulama / Tahliye Sisteminden Faydalanan Parseller (%)	0.00	100.00
Ortalama Parsel Büyüklüğü (da)	4.06	7.51
Parsel Çevre Uzunluğu Kaynaklı Arazi Kaybı (da)	71.46	50.84
Parsel Sayısı	552	270
Kesinti Oranı (%)	7.11	
Toplulaştırma Oranı (%)	51.09	
Yeni Toplulaştırma Oranı (%)	72.68	

(1) Parsel geometrisi için dikdörtgen ve yamuk toplam yüzdelik değerleri kullanılmıştır.



Şekil 4. Gebeçınar Köyü Proje Öncesi (Kadastral Durum) ve Proje Sonrası (Parselasyon Planı)

SONUÇ

Gebeçınar köyünde yapılan arazi toplulaştırma çalışması sonucunda Tablo 1’de proje özeti yer almaktadır. Buna göre parsellerin geometrik şekilleri proje öncesi ve sonrası durum kıyaslandığında en uygun şekil olarak atfedilen dikdörtgen ve yamuk dikdörtgen alındığında %17,48 oranında düzeltme yapılmıştır. Ulaşım açısından proje öncesinde parsellerin %66,30’u faydalanırken proje sonrasında tüm parsellerin ulaşım açısından faydalanacağı şekilde planlama yapılarak %100’e çıkarılmıştır. Proje sahasında toplulaştırma öncesi sulama ve tahliye sistemleri bulunmamakla birlikte çiftçi kendi imkanları ile sulama yaparken proje ile birlikte sulama ve tahliye sistemleri planlanmıştır. Proje sonrasında her parsel doğrudan sulama ve tahliye sisteminden doğrudan faydalanacak şekilde planlanması yapılmıştır. Proje öncesi 4,06 dekar olan ortalama parsel büyüklüğü proje sonrasında yaklaşık %85 oranında artışla 7,51 dekar olmuştur. Tarımsal alanların tamamında makinaların parsel sınırına yaklaşma sebebiyle kayıp olmakta ve bunu en aza indirmek gerekmektedir. Bu kapsamda sadece parsel sınırına yaklaşımdan kaynaklı arazi kaybı 20,62 dekar azaltılmıştır. Proje sahasında proje öncesi parsel sayısı 552 iken yapılan düzenleme neticesinde 270’e düşmüştür. Proje öncesi ve sonrası durum haritasına bakıldığında ciddi değişimlerin ve düzeltilmelerin olduğu görülebilmektedir (Şekil 4).

Yeni toplulaştırma oranı %72,68 olarak hesaplanmıştır. Bu oran her ne kadar yüksek olarak görünse de yapılan uygulamalarda bu formül ile hesaplanarak Türkiye ortalaması hesaplanarak kıyaslama buna göre yapılması daha uygun olabilir.

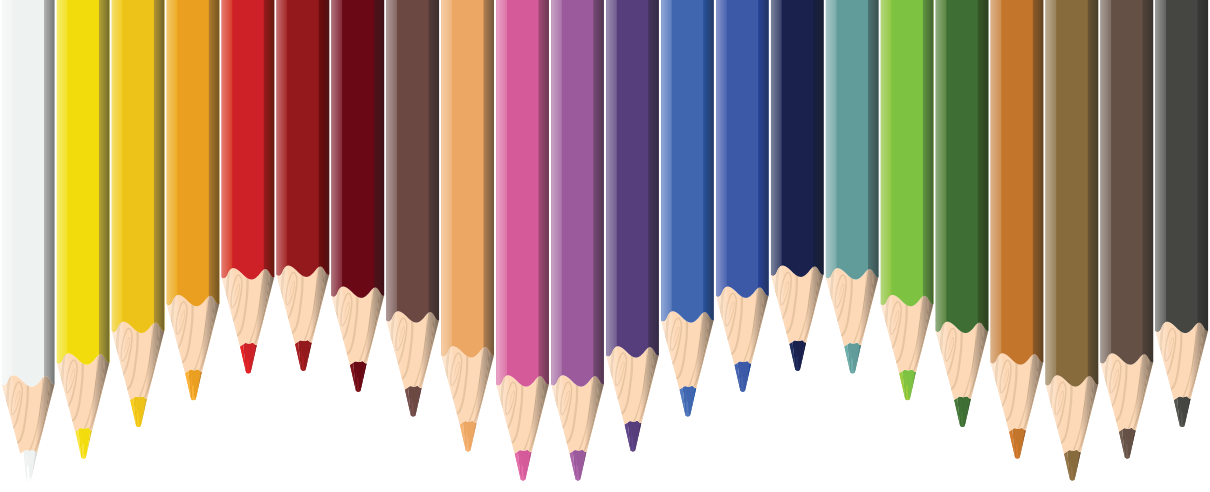
Yapılan analizler neticesinde Gebeçınar köyünde yapılan toplulaştırma projesinin başarı oranının yüksek olduğunu söyleyebiliriz. Toplulaştırma sonrasında proje sahası makinalı tarıma daha uygun hale getirilmiştir. Proje sahası kuru tarım arazisi kapsamında değerlendirilirken proje sonrasında sulu tarım arazisine dönüşmüştür. Bu bağlamda tarımsal üretim artışı sağlayacağı, çiftçinin ekonomik durumunun ve ülke ekonomisine katkısının artacağı düşünülmektedir.

KAYNAKÇA

- Acar, Ö., ve Akdeniz, H. B. (2023). Arazi Toplulaştırma Projelerinin Parsel Şekil Değişimine Etkisinin Analizi: Manyas/Salur Mahallesi Örneği, Türkiye. Tarımsal Eski Sorunlara Yeni Yaklaşımlar (s. 81–101). İksad yayınevi. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8373721>
- Acar, Ö., Bengin, E. (2018). Yozgat (Baştürk Köyü) Arazi Toplulaştırma Projesinin Bölgesel Kalkınma Açısından Değerlendirilmesi, III. Uluslararası Bozok Sempozyumu, 3-5 Mayıs, Bozok Üniversitesi, Yozgat.
- Akdeniz, H. B., , ve Acar, Ö. (2023). Arazi Toplulaştırma Projelerinin Arazi Parçalanması Değişimine Etkisi Bakımından Değerlendirilmesi: Manyas / Yeniköy Mahallesi Örneği, Türkiye. Tarımsal Eski Sorunlara Yeni Yaklaşımlar (s. 103–121). İksad Yayınevi. <https://doi.org/10.5281/zenodo.8373751>
- Akdeniz, M. ve Temizel, K. (2018). Arazi Toplulaştırma Projelerinde Başarımın Değişik Göstergelere Göre Değerlendirilmesi. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 33 (2):149-161.
- Akkaya Aslan, Ş. T. (2018). Arazi Toplulaştırma Öncesi ve Sonrası Arazi Parçalılık Değişiminin Analizi: Denizli Tavas İlçesi Pınarlar Köyü Örneği. Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 5(3), 364–371
- Aliefendioğlu, Y., & Keskin, E. (2021). Arazi Edinimi ve Halk Katılımının Sağlanması Açısından Türkiye ve Dünya Örneklerinin İncelenmesi. İdealkent, 12(34), 1480-1502.
- Aslan, S. T., Gundogdu, K. S., & Arici, I. (2007). Some metric indices for the assessment of land consolidation projects. Pakistan Journal of Biological Sciences: PJBs, 10(9), 1390-1397.
- Bengin, E., Acar, Ö. (2018). Yozgat İlinin Tarımsal Kalkınmasında Kırsal Alan Düzenlemesinin Önemi, III. Uluslararası Bozok Sempozyumu, 3-5 Mayıs, Bozok Üniversitesi, Yozgat.
- Cebeci, Ö., ve Uçar, Y. (2022). Burdur-Yeşilova-Sazak Köyü Arazi Toplulaştırma Projesinin Metrik İndeksler Kullanılarak Değerlendirilmesi. Mehmet Akif Ersoy Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 13(Ek (Suppl.) 1), 342-353.
- Chen, F., Yu, M., Zhu, F., Shen, C., Zhang, S., & Yang, Y. (2018). Rethinking rural transformation caused by comprehensive land consolidation: Insight from program of whole village restructuring in Jiangsu Province, China. Sustainability, 10(6), 2029.
- Colombo, S., & Perujo-Villanueva, M. (2019). A practical method for the ex-ante evaluation of land consolidation initiatives: Fully connected parcels with the same value. Land use policy, 81, 463-471.
- Dağdelen, N., Tunalı, S. P., Gürbüz, T., Akçay, S., Yılmaz, E. (2017). Aydın Yenipazar-Hamzabali Köyünde Toplulaştırma Etkinliğinin Araştırılması. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 14(1), 45-50.
- Eminoğlu, G., Çakmak, B., 2013. Burdur-Kemer-Elmacık köyü arazi toplulaştırma

- etkinliğinin değerlendirilmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*. 5: 39-53.
- Esen, A. (2019). Arazi Toplulaştırma Proje Başarı Kriterleri Üzerine Bir Araştırma, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Feng, W., & Li, Y. (2021). Measuring the ecological safety effects of land use transitions promoted by land consolidation projects: The case of Yan'an City on the Loess Plateau of China. *Land*, 10(8), 783.
- Gündoğdu, K. S., Aslan, Ş. T. A., Kirmikil, M., Arıcı, İ., Mucan, U. (2017). Arazi Toplulaştırması Çalışmalarında Blok Modeli. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6 (Özel Sayı (BSM 2017)), 82-87.
- Hartvigsen, M. B. (2014). Land consolidation and land banking in Denmark: tradition, multi-purpose and perspectives. *Danish Journal of Geoinformatics and Land Management*, 47, 51-73.
- Jürgenson, E. (2016). Land reform, land fragmentation and perspectives for future land consolidation in Estonia. *Land Use Policy*, 57, 34-43.
- Kocur-Bera, K., Rapiński, J., Siejka, M., Leń, P., & Małek, A. (2023). Potential of an Area in Terms of Pro-Climate Solutions in a Land Consolidation Project. *Sustainability*, 15(12), 9306.
- Küsek, G. (2014). Arazi Toplulaştırmanın Arazi Parçalılığı ve İşletme Ölçeğine Etkileri: Konya Ereğli-Kuskuncuk Köyü Örneği. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(2), 15-28
- Li, S., & Song, W. (2023). Research Progress in Land Consolidation and Rural Revitalization: Current Status, Characteristics, Regional Differences, and Evolutionary Laws. *Land*, 12(1), 210.
- Li, Y., Wu, W., & Liu, Y. (2018). Land consolidation for rural sustainability in China: Practical reflections and policy implications. *Land use policy*, 74, 137-141.
- Nimetoğlu, S. T. (2013). Karabucak Köyünde Arazi Toplulaştırmasının Değerlendirilmesi. *Gaziosmanpaşa Bilimsel Araştırma Dergisi*, 6, 55-62.
- Ntihinyurwa, P. D., & de Vries, W. T. (2021). Farmland fragmentation, farmland consolidation and food security: relationships, research lapses and future perspectives. *Land*, 10(2), 129.
- Pašakarnis, G., & Maliene, V. (2010). Towards sustainable rural development in Central and Eastern Europe: Applying land consolidation. *Land use policy*, 27(2), 545-549.
- Shikur, Z. H. (2020). Agricultural policies, agricultural production and rural households' welfare in Ethiopia. *Journal of Economic Structures*, 9(1), 1-21.
- Sklenicka, P. (2006). Applying evaluation criteria for the land consolidation effect to three contrasting study areas in the Czech Republic. *Land use policy*, 23(4), 502-510.

- Türk, M. (2021). Arazi Topplulaştırma Başarısının Analizi: Kocaeli-Derince ilçesi Kaşıkçı Mahallesi Örneği, Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı.
- Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), İşletme Büyüklüğüne Göre İşletme Başına Düşen Tarım Arazisi Parça Sayısı ve Tarım Arazisi Ortalama Parça Büyüklüğü (19 Nisan 2018).
- Wang, Y., & Li, Y. (2019). Promotion of degraded land consolidation to rural poverty alleviation in the agro-pastoral transition zone of northern China. *Land Use Policy*, 88, 104114.
- Yağanoğlu, A. V., Fayrap, A., & Yanık, R. (2018). Sulama Projelerinde Arazi Topplulaştırmasının Gerekliği: Daphan Sulaması Örneği. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2), 55-67.
- Zhou, Y., Guo, L., & Liu, Y. (2019). Land consolidation boosting poverty alleviation in China: Theory and practice. *Land use policy*, 82, 339-348.
- Zhou, Y., Li, Y., & Xu, C. (2020). Land consolidation and rural revitalization in China: Mechanisms and paths. *Land Use Policy*, 91, 104379.



Bölüm 4

HİBRİT KAVAK (POPULUS NİGRA L. X P. MAXİMOWICZII A. HENRY 'NM6') ÇELİKLERİNDEN ÜRETİLEN FİDANLARDA FARKLI GÜBRE UYGULAMALARININ YAPRAK MORFOLOJİSİ ÜZERİNE ETKİSİ

Deniz GÜNEY¹, Fahrettin ATAR², Ali BAYRAKTAR³

¹ Prof. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, d_guney@ktu.edu.tr, ORCID: 0000-0001-7222-6162

² Doç. Dr., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, fatar@ktu.edu.tr, ORCID: 0000-0003-4594-8148

³ Arş. Gör., Karadeniz Teknik Üniversitesi, Orman Fakültesi, Orman Mühendisliği Bölümü, alibayraktar@ktu.edu.tr, ORCID: 0000-0002-8420-7089

1. GİRİŞ

Çalışmada, 54. Deniz GÜNEY, Fahrettin ATAR, Ali BAYRAKTAR, Karakavak (*Populus nigra* L.) ile Japon kavagının (*Populus maximowiczii* A. Henry) melezi olan ve 'NM6' adı verilen hızlı büyüyen hibrit kavak klonu kullanılmıştır. Hibrit kavak (NM6), çok kısa rotasyonlarla yüksek verimliliğin gerçekleştirilebildiği, sürdürülebilir odunsu biyolojik hammadde üretim sistemlerinde kullanılan önde gelen bir türdür (Dickmann, 2006). Kavakların kirletici maddenin hareketini başarıyla kontrol etme veya kütlelerini azaltma konusunda büyük potansiyeli vardır (Zalesny vd., 2006).

Toprakların verimli hale gelmesi ve bu verim gücünün sürdürülebilmesi, topraktan kaybolan besin elementlerinin tekrar toprağa kazandırılmasıyla mümkündür. Gübreleme, nitelikli ve bol ürün elde etmek için uygulanmakta olup toprağı bitki besin elementleri açısından zenginleştirmek ve bitkilerin sağlıklı gelişimini desteklemek için toprağı fiziksel, kimyasal ve biyolojik açıdan uygun hale getirerek verim gücünü artırmak amacıyla gerçekleştirilir (Kacar ve Katkat, 2018).

Azot, bitki kuru ağırlığının sadece %1,5-%5'ini oluşturmasına rağmen, organik bileşiklerin yapısına katılması sayesinde bitki yaşamında ve biyokimyasal olaylarda önemli bir rol oynar; bu nedenle bu element, temel besin maddeleri arasında yer almaktadır (Haynes, 1986). İnorganik gübreler fidan üretiminde ve tarımsal ekosistemlerde bitki büyümesini destekleyecek besinleri sağlamak için kullanılır. İnorganik besinler arasında azotun (N), üretkenliğin artırılması için en kritik elementlerden olduğu ifade edilmektedir. Nitrat (NO_3^-) ve amonyum (NH_4^+), genellikle bitkiler tarafından alınan azot formlarıdır. Yapılan son çalışmalar, organik N kaynaklarının, özellikle mineralizasyon oranlarının düşük olduğu koşullarda yetişen bitkiler için önem arz ettiğini ve bitkiler için amino asitlerin çok önemli bir N kaynağı olduğunu bildirmektedir (Hawkins ve Robbins, 2010; Wilson vd., 2013). Bitki tarafından doğrudan amino asit asimilasyonu, kontrollü koşullar altında bitkideki kök büyümesi üzerine fayda sağlayıp bitkilerin gelişimi ve hayatta kalması üzerine olumlu etkiler ortaya koyabilir (Öhlund ve Näsholm, 2001; Öhlund ve Näsholm, 2002; Liu vd., 2008). Uygulanan amino asitler, bitkiler için doğrudan bir azot kaynağı olarak hizmet ederken aynı zamanda mineralizasyon için bir substrat olarak görev yapar (Kielland, 1995; Näsholm vd., 2009).

Birçok çalışma, yaprak varyasyonunun bitki türlerinde büyüme ve hayatta kalma özellikleri bakımından öneme sahip olduğunu göstermiştir (Parkhurst ve Loucks, 1972; Givnish, 1979; Gurevitch, 1992). Bitki beslemesi, tarım ve ormancılıkta verimliliği artırmak için önemli bir parametre olup fidanların sağlıklı büyüme ve gelişimini destekleyerek bitki morfolojisi üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaktadır. Yaprak morfolojisi, bitkilerin fotosentez kapasitesini, besin alımını ve genel büyüme potansiyelini belirleyen önemli parametrelerdendir. Bu noktadan hareketle, gübreleme uygulamalarının fidanlarda

yaprak morfolojisi üzerindeki etkileri, fidan üretim çalışmalarındaki uygulama pratiği açısından önemlidir.

Fidanların yaşam döngüsünün erken aşamalarında, doğru ve dengeli bir besleme rejimi uygulamak, sağlıklı kök sistemleri, güçlü gövdeler ve düzenli yaprak gelişimi sağlamak açısından kritiktir. Yaprak morfolojisinin incelenmesi, bitki sağlığını değerlendirmenin yanı sıra, uygulanan gübreleme stratejilerinin etkinliğini değerlendirmek için de önemli bir araçtır. Bu bağlamda, bu kitap bölümünde, fidanlarda yapılan gübreleme uygulamalarının yaprak morfolojisi üzerindeki potansiyel etkileri incelenmiştir.

Melez kavak ıslah çalışmalarında, çap, boy, gövde formu, yaşama yüzdesi, morfolojik, fizyolojik ve genetik varyasyon gibi kriterler bir arada değerlendirilmektedir. En uygun karakterleri bir ağaçta birleştirmek, ıslah çalışmalarının temelini oluşturur. Ancak, istenilen en iyi karakterlerin bir birey veya klonda toplanması oldukça zor ve uzun süreli çalışmalar gerektirir. Diğer ağaç türlerinde olduğu gibi, kavak cinsinin de ıslahı, daha kaliteli, hızlı büyüyen, biyotik ve abiyotik zararlara karşı dirençli ağaçların elde edilmesi ihtiyacını beraberinde getirmektedir. Islah edilmiş kavak materyallerinin yaygın bir şekilde yetiştirilmesi ve kullanılmasıyla endüstriyel ve diğer alanlardaki ihtiyaçların daha etkili bir şekilde karşılanabileceği düşünülmektedir.

Bu çalışmada, fidanlık koşullarında amino asit ve amonyum sülfat gübrelemesinin çelikle üretilmiş kavak fidanlarının yaprak morfolojisi üzerine etkileri incelenmiştir. Aynı zamanda meydana gelen bu etkinin dönemsel olarak nasıl değiştiği belirlenmeye çalışılmıştır. Fidanların sağlıklı büyümesini desteklemek amacıyla yapılan gübreleme stratejileri, bitkilerin temel besin ihtiyaçlarını karşılamakla kalmayıp aynı zamanda çevresel faktörlere uyum sağlamalarını da destekler. Bu çalışma ile farklı gübreleme yöntemlerinin ve bileşenlerinin fidanlarda yaprak morfolojisine olan etkileri zamansal olarak değerlendirilerek bu etkilerin fidan üretim uygulamalarına olan potansiyel katkıları tartışılmaya çalışılmıştır.

2. MATERYAL VE YÖNTEM

2.1. Çalışma Sahası

Çalışmada materyal olarak *Populus nigra* L. ile *Populus maximowiczii* A. Henry arasında bir melezleme ürünü olan 'NM6' adlı hızlı büyüyen bir hibrit kavak klonu kullanılmıştır. Bu çalışma, Amerika Birleşik Devletleri'nin Michigan eyaletinde, East Lansing'deki Michigan State Üniversitesi kampüsündeki Tree Research Center (TRC) alanında gerçekleştirilmiştir. East Lansing'deki iklim genellikle ilkbaharda sıcak ve yağışlı, yazın ise hafif sıcak ve aralıklı yağışlıdır. Topraklar genellikle kumlu olarak sınıflandırılmış olup pH değeri yaklaşık 5.6 civarındadır. Toplamda çelikle üretilmiş 576 hibrit kavak

(NM6) fidanı kullanılmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre hazırlanan çalışmada, deneme alanı 24 parselde ayrılmıştır. Çelikler arasında 20 cm mesafe olacak şekilde her parselde 24 adet çelik dikilerek fidanlar yetiştirilmiştir.

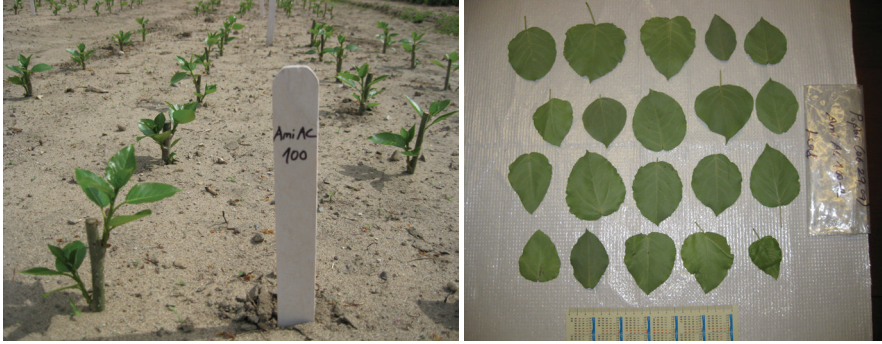
2.2. Gübre Uygulamaları

Çalışmada gübre uygulaması olarak; bir amino asit kaynağı olan ve arginin içeren (SweTree Technologies, Umea, İsveç) arGrow Complete adlı amino asit bazlı bir gübre kullanılmıştır. Kullanılan arGrow Complete'in ürününün elementel bileşimi; 70 g/L N, 12 g/L P, 49 g/L K, 4 g/L Mg, 10 g/L S ve B, Cu, Fe, Mn, Mo ve Zn gibi daha küçük miktarlarda diğer elementlerdir. Ayrıca çalışmada karşılaştırma için genellikle bir yetiştirici standardı olan ve %21 N içeren amonyum sülfatın granüler bir formu da uygulanmıştır.

Melez kavaklara yapılan gübre uygulamalarında, amino asit bazlı gübre olan arGrow Complete için 0 (Kontrol), 56 kg N/ha (AA 50), 112 kg N/ha (AA 100), 224 kg N/ha (AA 200) ve 336 kg N/ha (AA 300) kg N/ha olacak şekilde işlemler gerçekleştirilmiştir. Diğer gübre olan amonyum sülfat ise 112 kg N/ha olarak uygulanmış ve AS 100 simgesi ile gösterilmiştir. arGrow için önerilen seyreltme oranı 1/200'dür. Çalışmada, mevsimsel uygulama oranlarına ulaşmak için her parselde uygulanan toplam çözelti hacmi, haftalara bölünerek gerçekleştirilmiştir. Arginin gübresi 10 hafta boyunca haftada iki kez uygulanırken, amonyum sülfat gübrelemesi ise çalışma bölgesindeki fidanlık pratiğine uygun olarak tek seferlik uygulama ile gerçekleştirilmiştir.

2.3. Yaprak Karakterlerinin Ölçülmesi

Yetiştirilen kavak fidanlarından Haziran, Temmuz ve Ağustos ayında, tepe tomurcuğunun dördüncü veya beşinci yaprağı olacak şekilde her işlemde 20 adet yaprak toplanmış ve fotoğrafları çekilerek bilgisayar ortamına aktarılmıştır. Çalışmada 6 işlem \times 4 tekrar \times 3 zaman \times 20 yaprak olacak şekilde toplam 1440 yaprakta ölçümler yapılmıştır. Gübreleme işlemleri için ayrı ayrı olmak üzere toplanan her bir yaprakta yaprak eni, yaprak boyu, yaprak alanı ve yaprak damar açısı ölçümleri Karadeniz Teknik Üniversitesi Orman Fakültesi Silvikültür Laboratuvarında Image J paket programı kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Fidanlıkta yetiştirilen hibrit kavak çelikleri ve yapılan morfolojik ölçümlere ilişkin görseller Şekil 1'de gösterilmiştir.



Şekil 1. Fidanlıkta yetiştirilen hibrit kavak çelikleri ve ölçümler

3. BULGULAR

3.1. Yaprak Boyuna Ait Bulgular

Farklı gübre uygulamaları yapılan hibrit kavak çeliklerinden toplanan yapraklara ilişkin yaprak boyunun değişimi zamansal olarak değerlendirilmiştir. Beş farklı gübre ve üç farklı zamana bağlı olarak yaprak boylarının istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterip göstermediğini belirlemek için yapılan varyans analizinin (Univariate) sonuçları Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1. Zaman ve gübrelemeye bağlı olarak yaprak boyuna ilişkin varyans analizi sonuçları

İşlemler	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Karelerin Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Zaman	5858,85	2	2929,43	1059,69	0,00*
Gübre	1417,47	5	283,49	102,55	0,00*
Zaman × Gübre	510,06	10	51,01	18,45	0,00*

*Önem düzeyi (p) < 0.01 istatistiksel olarak fark var

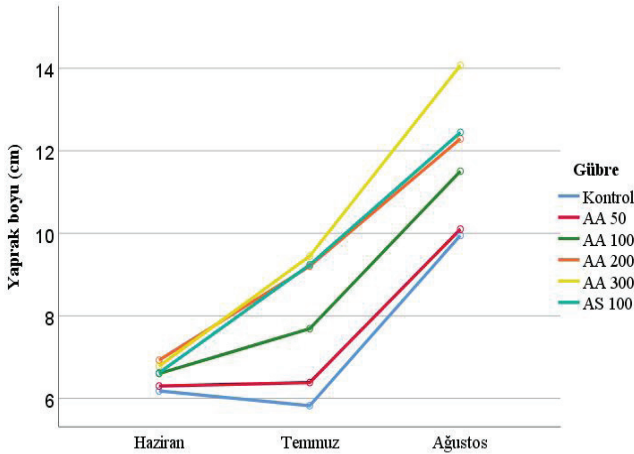
Tablo 1’den de görülebileceği gibi varyans analizine göre gerek zaman gerek gübre gerekse zaman × gübre etkileşimi bakımından önem düzeyi 0,01’den küçük çıkmıştır. Çeliklerde yaprak boyu; zaman, gübre ve zaman × gübre etkileşimine bağlı olarak anlamlı farklılıklar göstermiştir. Oluşan grupları belirlemek için Duncan testi yapılmıştır (Tablo 2). Buna göre üç farklı zamanda ölçülen yaprak boyu değerlerinin üç farklı grup oluşturduğu görülmüştür. Gübrelerin üç zamanı da içine alan yaprak boyu genel ortalamalarının meydana getirdiği gruba bakıldığında ise, AA 50 işlemi ile kontrol işleminin en düşük ortalama ile birinci grubu, AA 100 işleminin ikinci grubu,

AA 200 işlemi ile AS 100 işlemlerinin aynı grupta yer alarak üçüncü grubu ve en yüksek yaprak boyu ortalamasını sağlayan AA 300 işleminin de dördüncü grubu oluşturduğu tespit edilmiştir.

Tablo 2. Yaprak boyuna ait ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları

Not: Harfler Duncan testi sonucu oluşan grupları göstermektedir. SS: Standart sapma

Gübreleme işlemleri her üç zamanda da (haziran, temmuz, ağustos) kendi içinde aynı sıralamayı gösteren gruplar oluşturmuştur. Zaman ve gübreleme işlemlerine bağlı olarak yaprak boylarının grafiksel değişimi Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 2. Yaprak boyunun gübre ve zamana göre değişimi

3.2. Yaprak Enine Ait Bulgular

Yaprak enine ilişkin değerlerin zamana ve gübreye bağlı olarak meydana getirdiği farklılıkların istatistiksel olarak önemini ortaya koyan veriler Tablo 3’te verilmiştir.

Tablo 3. Zaman ve gübrelemeye bağlı olarak yaprak enine ilişkin varyans analizi (Univariate) sonuçları

İşlemler	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	K a r e l e r i n Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Zaman	8384,96	2	4192,48	1506,13	0,00*
Gübre	1688,79	5	337,76	121,34	0,00*
Zaman × Gübre	623,54	10	62,35	22,40	0,00*

*Önem düzeyi (p) < 0.01 (%99 güven düzeyinde) istatistiksel olarak fark var

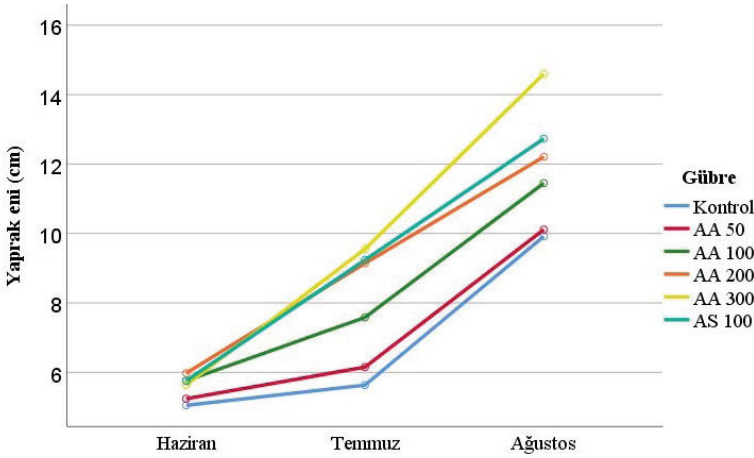
Tablo 3 incelendiğinde, yaprak enine ilişkin zaman, gübre ve zaman × gübre etkileşimi açısından %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar olduğu tespit edilmiştir. Yaprak eni bakımından ortaya çıkan ortalamalar ile Duncan testi sonuçları aşağıdadır (Tablo 4).

Tablo 4. Yaprak enine ait ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları

Not: Harfler Duncan testi sonucu oluşan grupları göstermektedir.

SS: Standart Sapma

Yaprak boyunda olduğu gibi yaprak enine ilişkin üç zaman da farklı gruplarda yer almıştır. Gübrelere ilişkin Duncan testi sonuçları dikkate alındığında işlemler arasında dört farklı grup meydana gelmiş olup, AA 50 işlemi ile kontrol en düşük ortalama değerler ile ilk grubu oluşturmuştur. En yüksek ortalama yaprak eni değerine sahip AA 300 işlemi ise yaprak boyunda olduğu gibi tek başına son grubu meydana getirmiştir. Ortalama yaprak enlerinin zaman ve gübreleme işlemlerine bağlı grafiksel değişimi Şekil 3'te verilmiştir.



Şekil 3. Yaprak eninin gübre ve zamana göre değişimi

3.3. Yaprak Damar Açısına Ait Bulgular

Yaprak damar açısına ait değerlerin zaman ve gübrelemeye bağlı olarak farklı olup olmadığını ortaya koyan istatistiksel analiz sonuçları Tablo 5'te verilmiştir.

Tablo 5. Yaprak damar açısına ilişkin varyans analizi (Univariate) sonuçları

İşlemler	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Karelerin Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Zaman	88095,47	2	44047,74	574,74	0,00*
Gübre	9815,62	5	1963,12	25,62	0,00*
Zaman × Gübre	11099,83	10	1109,98	14,48	0,00*

*Önem düzeyi (p) < 0.01 (%99 güven düzeyinde) istatistiksel olarak fark var

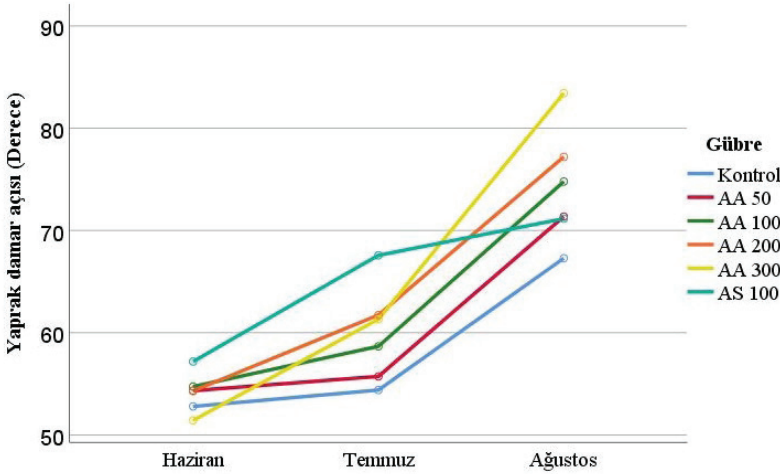
Yaprak damar açısına ilişkin yapılan varyans analizi sonucunda zaman, gübre ve zaman × gübre etkileşimi bakımından istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ($p < 0.01$) olduğu belirlenmiştir. Bu farklılıkların hangi gruplar arasında olduğunu belirlemek için Duncan testi yapılmış olup, sonuçlar Tablo 6'da verilmiştir.

Tablo 6. Yaprak damar açısına ait ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları

Not: Harfler Duncan testi sonucu oluşan grupları göstermektedir.

SS: Standart Sapma

Yaprak damar açısı bakımından diğer değişkenlerde olduğu gibi burada da zamana bağlı olarak üç farklı grup meydana gelmiştir. Gübrelemeye bağlı olarak ise gerek her üç zaman içerisinde gerekse genel ortalama içerisinde beş farklı grup oluşmuştur. Bu gruplarda AA 200 ve AA 300 aynı grupta olup diğer işlemlerin her biri ayrı grubu meydana getirmiştir. Ortalama yaprak damar açısı bakımından kontrol işleminde en düşük değer, AS 100 işleminde ise en yüksek değer elde edilmiştir. Zaman ve gübreleme işlemlerine bağlı olarak yaprak damar açılarındaki değişim Şekil 4'te gösterilmiştir.



Şekil 4. Yaprak damar açısının gübre ve zamana göre değişimi

3.4. Yaprak Alanına Ait Bulgular

Yaprak alanlarının istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar gösterip göstermediğini belirlemek için yapılan varyans analizinin (Univariate) sonuçları aşağıda verilmiştir (Tablo 7).

Tablo 7. Zaman ve gübrelemeye bağlı olarak yaprak alanına ilişkin varyans analizi sonuçları

İşlemler	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Karelerin Ortalaması	F Değeri	Önem Düzeyi
Zaman	1506406,96	2	753203,48	1162,52	0,00*
Gübre	308199,04	5	61639,81	95,14	0,00*
Zaman × Gübre	145559,71	10	14555,97	22,47	0,00*

*Önem düzeyi (p) < 0.01 (%99 güven düzeyinde) istatistiksel olarak fark var

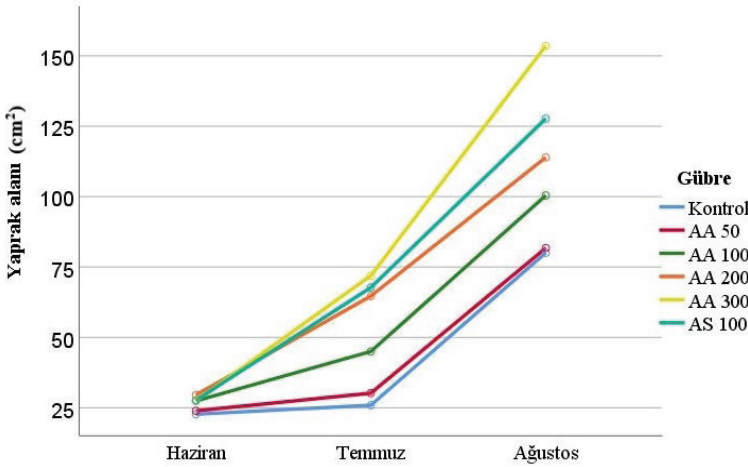
Tablo 7'den de görülebileceği gibi yaprak alanı, gerek zaman gerek gübre gerekse zaman × gübre etkileşimi bakımından %99 güven düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar ortaya koymuştur. Yaprak alanına ilişkin ortalama değerler ile Duncan testi sonuçları Tablo 8'de sunulmuştur.

Tablo 8. Yaprak alanına ait ortalama değerler ve Duncan testi sonuçları

Not: Harfler Duncan testi sonucu oluşan grupları göstermektedir.

SS: Standart Sapma

Fidanlarda ölçülen diğer üç değişkende (yaprak eni, boyu ve damar açısı) olduğu gibi yaprak alanında da zamana bağlı olarak meydana gelen ortalama değerler ayrı gruplarda yer almıştır. Burada da gübre işlemleri beş farklı grup meydana getirmiş olup, en düşük değeri kontrol ile birlikte AA 50 işlemi, en yüksek değeri ise AA 300 işlemi sağlamıştır. Yaprak alanı değerlerinin değişimleri ise Şekil 5'te verilmiştir.



Şekil 5. Yaprak alanının gübre ve zamana göre değişimi

4. SONUÇ VE TARTIŞMA

Populus nigra L. ile *Populus maximowiczii* A. Henry arasında bir melezleme ürünü olan 'NM6' isimli hızlı büyüyen bir hibrit kavak klonunda gübrelemenin ve zamanın yaprak boyutlarında meydana getirdiği değişimler incelenmiştir. Amino asit bazlı gübrenin farklı dozları ve %21 N içeren amonyum sülfatın kullanıldığı çalışmada veriler büyüme dönemi içinde birbirini izleyen üç farklı dönemde elde edilmiştir.

Çalışma sonuçlarına göre gerek gübreleme işlemi, gerek zaman, gerekse zaman × gübreleme etkileşimi bakımından ölçülen karakterler arasında meydana gelen farklar istatistiksel bakımdan anlamlı çıkmıştır. İşlemlerde oluşan yaprak boyutları, büyüme döneminin ilerlemesine bağlı olarak artmıştır. Gübreleme işlemlerinin zamana bağlı etkisinin nasıl değişeceğini ortaya koymak burada asıl önemli olan husustur. Bu noktada farklı gübreleme işlemi

ve dozlarının zamana bağlı olarak etkili olduğu anlaşılmıştır. Nitekim yaprak eni, boyu ve alanı bakımından her üç zamanda da AA 50 işlemi ile kontrol işleminin aynı grup içinde en düşük, AA 300 işleminin ise en yüksek değerleri verdiği görülmüştür. Kontrol işleminde ortalama yaprak boyu, eni ve alanı sırasıyla 7,19 cm, 6,68 cm ve 40,80 cm² iken bu değerler AA 300 işleminde ise sırasıyla 9,75 cm, 9,53 cm ve 78,40 cm² olarak elde edilmiştir.

Sarıbaş'ın (1989) çalışmasında, Marmara ve Karadeniz bölgelerinde doğal olarak yetişen akkavak, karakavak, boz kavak ve titrek kavak türlerinin dış morfolojik ve iç palinolojik özellikleri üzerine detaylı bir inceleme yapılmıştır. Çalışma sonuçları, olgun kavak yapraklarının genişliğinin 5,05 cm ile 6,55 cm arasında, boyunun 4,90 cm ile 6,59 cm arasında, sap uzunluğunun 3,57 cm ile 6,13 cm arasında ve yaprak diş sayısının 12 ile 58 adet arasında değiştiğini göstermiştir.

Hibrit NM6'nın Kuzey Orta Amerika'da diğer klonlara kıyasla kök uzaması ve gövde büyümesi bakımından ortalamayı aşan bir performansı olduğu ve bu klonun ve diğer üstün performanslı hibrit kavak genotiplerinin, yüksek su kullanımının önemli olduğu fitoremediasyon (toprak veya su kirliliğinin bitkiler aracılığıyla temizlemesi) uygulamaları için büyük bir potansiyele sahip olduğu ifade edilmektedir (Zalesny vd., 2006).

P. nigra, *P. deltoides* ve *P. x euramericana* 1-214 türleri üzerine yaprak morfolojik çeşitliliğini belirlemek için yapılan çalışmada, yaprak aya boyu 43,8 mm - 49,4 mm, yaprak eni 33,4 mm - 37,7 mm, yaprak sap uzunluğu 21,7 mm - 25,0 mm, yaprak ilk yan damarının horizontal yön ile yaptığı açı ise 56 - 57,7° arasında değişmiştir (Krstinic vd., 1998). Yaprak boyutlarının, aynı türün aynı yaşlı bireylerinde ve aynı ağaçta dahi farklılık göstermesi bu özelliklerin güçlü bir genetik kontrol altında olduğunu göstermektedir. Ayrıca, bu özellikler hibrit karakterlerin belirlenmesi için bir gösterge olarak da ifade edilebilir.

Bitkilerin büyümesi için amino asitleri metabolize etme kapasitesinin düşük olmasının, kök emilim kapasitesinin sınırlı olmasından kaynaklanabileceği öne sürülmektedir (Bonner ve Jensen, 1997; Näsholm vd., 2009). Amino asitlerin ürün verimini artırma üzerindeki etkisine ilişkin çalışmalar ağırlıklı olarak sebze, çiçek ve süs bitkileri üzerinde yürütülmekte ve sonuçlar amino asit gübrelemesinin faydalı etkilerini doğrulamaktadır. Büyümeyi teşvik etmede bazı amino asitlerin ve bazı kimyasal bileşenlerin pozitif rolünü ortaya koyan çalışmalar mevcuttur (Talaat vd., 2005; Abou-Dahab vd., 2006; Abdel Aziz vd., 2010; Mahgoub vd., 2011; El-Naggar vd., 2013; Wilson vd., 2013; Radkowski ve Radkowski, 2018). Ayrıca gübrelemenin fidan karakterleri üzerine etkisini (Kulaç vd., 2013; Bayraktar vd., 2021) ve fidanlarda yaprak varyasyonunu ortaya koyan (Atar vd., 2014; Güney vd., 2016) bir çok çalışma vardır. Bu çalışmalarda hareketle, orman ağaçlarında verimi artırmak ve

kaliteli fidan elde etmek için amino asit gübreleme deneyleri artırılabilir ve sonuçlara bağlı olarak uygulamada kullanılabilir.

Çalışmamızda, amino asit gübre dozlarının artmasıyla birlikte elde edilen değerlerin de büyüdüğü tespit edilmiştir. Nitekim AA 50, AA 100, AA 200 ve AA 300 olacak şekilde dozlar artıkça yaprak boyutlarının da arttığı (en, boy, alan) ve AA 200 ile AS 100'ün benzer etkiler gösterdiği belirlenmiştir. Yaprak damar açısında da benzer bir durum söz konusu olmakla birlikte burada farklı olarak AA 200 ve AA 300 benzer etkileri gösterirken en yüksek damar açısı değeri AS 100 gübresinde elde edilmiştir.

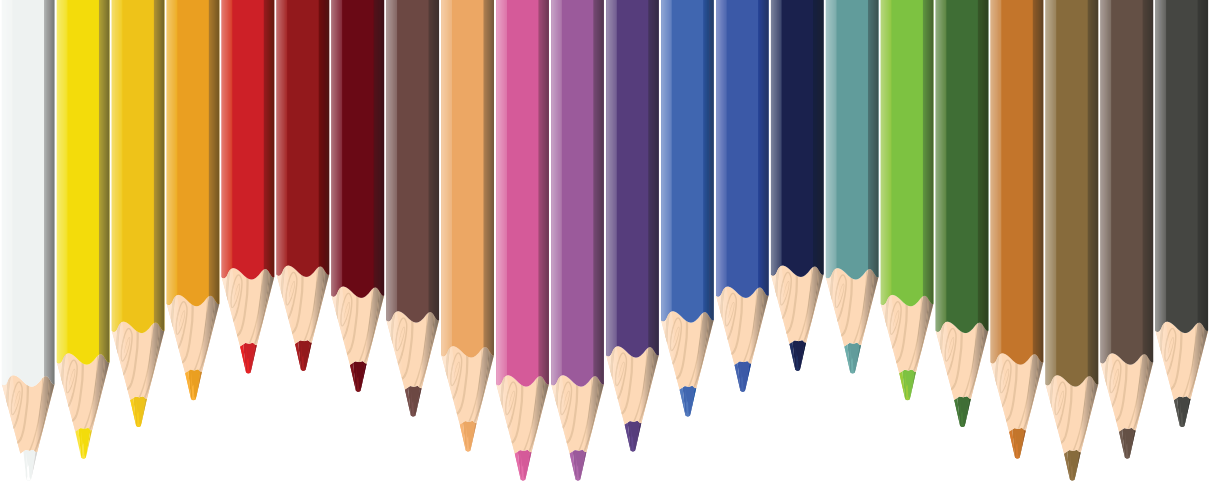
Tüm sonuçlar birlikte düşünüldüğünde, amino asit gübresinin meydana getirdiği etkinin doz artışıyla orantılı olarak arttığı, fidan yaprak boyutlarının artışı ile fidan boyu ve çapı gibi morfolojik veriler arasında bir orantı olabileceği varsayımından hareketle amino asit gübresinin artan dozlarının kullanımının fidan gelişiminde olumlu etki meydana getirebileceği ileri sürülebilir. Ayrıca, yaprak boyutlarının, bitkilerin fotosentez kapasitesi ile besin alım miktarları ve dolayısıyla büyüme potansiyelleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olmaları bunu destekler niteliktedir. Ancak, özellikle kavak gibi hızlı büyüyen türlerde amino asit gübresinin farklı dozlarının fidan morfolojik ve fizyolojik özellikleri üzerine etkisi bilimsel verilerle ortaya koyulmalıdır.

KAYNAKLAR

- Abdel Aziz, N. G., Mazher, A. M., & Farahat, M. M. (2010). Response of vegetative growth and chemical constituents of *Thuja orientalis* L. plant to foliar application of different amino acids at Nubaria. *Journal of American Science*, 6, 295–301.
- About Dahab, T. A. M., & Abd El-Aziz, N. G. (2006). Physiological effect of diphenylamine and tryptophan on the growth and chemical constituents of *Philodendron erubescens* plants. *World Journal of Agricultural Sciences*, 2, 75–81.
- Atar, E., Atar, F., Güney, D., Turna, İ., & Seyis, E. (2014). Doğu Gürgeni'nde (*Carpinus orientalis* Miller) Yaprak Karakterlerine Ait Bazı Morfolojik Özelliklerin Yükseltiyeye Bağlı Olarak Değişimi. II. *Ulusal Akdeniz Orman ve Çevre Sempozyumu*, Isparta, Türkiye, 22-24 Ekim 2014, ss. 870-876.
- Bayraktar, A., Güney, D., & Atar, F. (2021). Farklı Nanoteknolojik Sıvı Organomineral Gübre Dozlarının Doğu Kayını Fidanlarının Fotosentetik Pigment İçerikleri Üzerine Etkileri. In I. Cengizler & S. Duman (Eds.), *Ziraat, Orman ve Su Ürünlerinde Araştırma ve Değerlendirmeler - I* (ss. 267-284). Ankara: Gece Kitaplığı.
- Bonner, C. A., & Jensen, R. A. (1997). Recognition of specific patterns of amino acid inhibition of growth in higher plants, uncomplicated by glutamine-reversible 'general amino acid inhibition'. *Plant Science*, 130, 133–143.
- Dickmann, D. I. (2006). Silviculture and biology of short-rotation woody crops in temperate regions: then and now. *Biomass Bioenergy*, 30, 696–705.
- El-Naggar, A. A. M., Amani, I. A., El-Zahraa, F., & El-Tony, H. (2013). Response of Longiflorum × Asiatic Hybrid *Lilium* plants to foliar spray with some amino acids. *Alexandria Journal of Agricultural Research*, 58, 197–208.
- Givnish, T. (1979). On the adaptive significance of leaf form. In O. T. Solbrig, S. Jain, G. B. Johnsen, & P. H. Raven (Eds.), *Topics in Plant Population Biology* (ss. 375–407). Columbia University Press.
- Gurevitch, J. (1992). Sources of variation in leaf shape among two populations of *Achilla lanulosa*. *Genetics*, 130, 385–94.
- Güney, D., Turna, H., Turna, İ., Kulaç, Ş., Atar, F., & Fıfız, E. (2016). Variations within and among populations depending on some leaf characteristics of oriental beech *Fagus orientalis* Lipsky. *Biological Diversity and Conservation*, 9(2), 1-9.
- Hawkins, B. J., & Robbins, S. (2010). pH affects ammonium, nitrate and proton fluxes in the apical region of conifer and soybean roots. *Physiol Plant*, 138, 238–247.
- Haynes, R. J. (1986). Uptake and assimilation of mineral nitrogen by plants. In R. J. Haynes (Ed.), *Mineral Nitrogen in the plant-soil system* (ss. 303–362). Academic Press.

- Kacar, B., & Katkat, A. V. (2018). *Gübreler ve gübreleme tekniği* (6. Basım). Nobel Akademik Yayıncılık.
- Kielland, K. (1995). Patterns of free amino acids in arctic tundra soils. *Biogeochemistry*, 31, 85–98.
- Krstinic, A., Triajstic, I., Kajba, D., & Samardzic, J. (1998). Morphological Variability of The Leaves of Black Poplar (*Populus nigra* L.) In Natural Stands Along The Sava River (Croatia). In *Populus nigra Network, Repon of The Fourth Meeting* (ss. 71–77). International Plant Genetic Resources Institute.
- Kulaç, Ş., Güney, D., Özbayram, A. K., & Yıldız, Ö. (2013). Farklı Gübre Kullanımının Kayacık (*Ostrya carpinifolia* Scop.) Fidanlarının Gelişimine Etkisi. *Ekoloji 2013 Sempozyumu*, Tekirdağ, Türkiye, 2-4 Mayıs 2013, ss. 27.
- Liu, X., Ko, K., Kim, S., & Lee, K. (2008). Effect of amino acid fertilization on nitrate assimilation of leafy radish and soil chemical properties in high nitrate soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 39, 269–281.
- Mahgoub, M. H., Abd El Aziz, N. G., & Mazhar, A. M. A. (2011). Response of *Dahlia pinnata* L. plant to foliar spray with Putrescine and Thiamine on growth, flowering and photosynthetic pigments. *American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences*, 10, 769–775.
- Näsholm, T., Kielland, K., & Ganeteg, U. (2009). Uptake of organic nitrogen by plants. *New Phytol*, 182, 31–48.
- Öhlund, J., & Näsholm, T. (2001). Growth of conifer seedlings on organic and inorganic nitrogen sources. *Tree Physiol*, 21, 1319–1326.
- Öhlund J, Näsholm T (2002) Low nitrogen losses with a new source of nitrogen for cultivation of conifer seedlings. *Environ Sci Technol*, 36, 4854–4859.
- Parkhurst, D. F., & Loucks, D. L. (1972). Optimal leaf size in relation to environment. *J. Ecol.*, 60, 5505-37.
- Radkowski, A., & Radkowski I. (2018). Influence of foliar fertilization with amino acid preparations on morphological traits and seed yield of timothy. *Plant, Soil and Environment*, 64(5), 209-213.
- Sarıbaş, M. (1989). Türkiye'nin Euro-Siberian (Euxin) Bölgesinde Doğal Olarak Yetişen Kavakların Morfolojik (İç Morfolojik, Dış Morfolojik, Palinalojik) Özellikleri Üzerine Araştırmalar, Kavak ve Hızlı Gelişen Tür Orman Ağaçları Araştırma Enstitüsü, Teknik Bülten No: 141, İzmit, s. 1-158.
- Talaat I. M., Bekheta M.A., Mahgoub M.H. (2005): Physiological response of periwinkle plants (*Catharanthus roseus* L.) to tryptophan and putrescine. *International Journal of Agriculture and Biology*, 2, 210–213.
- Wilson, A. R., Nzokou, P., Güney, D., & Kulaç, Ş. (2013). Growth response and nitrogen use physiology of Fraser fir (*Abies fraseri*), red pine (*Pinus resinosa*), and hybrid poplar under amino acid nutrition. *New Forests*, 44, 281-295.

Zalesny Jr, R. S., Wiese, A. H., Bauer, E. O., & Riemenschneider, D. E. (2006). Sapflow of hybrid poplar (*Populus nigra* L. × *P. maximowiczii* A. Henry 'NM6') during phytoremediation of landfill leachate. *Biomass and Bioenergy*, 30(8-9),



Bölüm 5

TARIMDA DERİN ÖĞRENME UYGULAMALARI

Önder UYSAL¹

¹ Dr.Öğr.Üyesi, Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Makineleri ve Teknolojileri Mühendisliği Bölümü, Isparta, Türkiye. onderuysal@isparta.edu.tr, ORCID iD: 0000-0002-8019-5260

Giriş

Veri kümelerini (görüntüler, video, ses, metin ya da zaman serileri gibi alanlarda) çok katmanlı yapay sinir ağlarını kullanarak verinin temsilinden öğrenmeye dayalı olan derin öğrenme, yapay zekanın alt dalı makine öğrenmesinin popüler bir çeşidi olarak Hinton tarafından 2006 yılında ortaya çıkmıştır (Doğan ve Türkoğlu, 2018; Kaya vd., 2019; Kızrak ve Bolat, 2018; Şeker vd., 2017).

Derin öğrenmenin; karmaşık problemlere çözüm getirmesi, öğrenme işlemi sırasında kullanıcı faktörünü en aza indirmesi, büyük veride iyi performans gösterebilmesi, öğrenme işleminin kontrol edilebilmesi ve problemi çözmek için karşısına çıkan yeni sorunlara karşı uyum göstermesi üstünlükleri olarak gösterilmektedir. Buna karşın, derin öğrenmenin olumsuz yönleri ise; eğitim için daha çok veriye ihtiyaç duyması, kullandığı teknolojinin pahalı olması (özellikle yüksek grafik işlem birimi gereksinimi), kara kutu prensibi ile çalışması ve modele ait mimarinin oluşturulmasının zorlu bir süreç gerektirmesi olarak gösterilmektedir (Yılmaz ve Kavzoğlu, 2021).

Son yıllarda, merkezi işlem birimi (CPU) yerine bilgisayarda görsel verileri işlemek ve görüntüleri oluşturmak için kullanılan ve bir donanım parçası olan grafik işlem birimi (GPU) performansındaki artışla birlikte biyolojiden ilham alan akıllı algoritmalara yönelik artan talep arasındaki bağlantı nedeniyle GPU'lara dayalı sürü zekası algoritmalarının tarımsal üretimde etkili olduğu belirtilmektedir (Patrício ve Rieder, 2018; Arenas vd., 2011). Ancak, GPU'ların satın alınması ve çalıştırılmasının yüksek maliyetli olması nedeniyle alternatif olarak uygun fiyatlı bulut bilişim çözümlerine ihtiyaç duyulmaktadır (Karar vd., 2021).

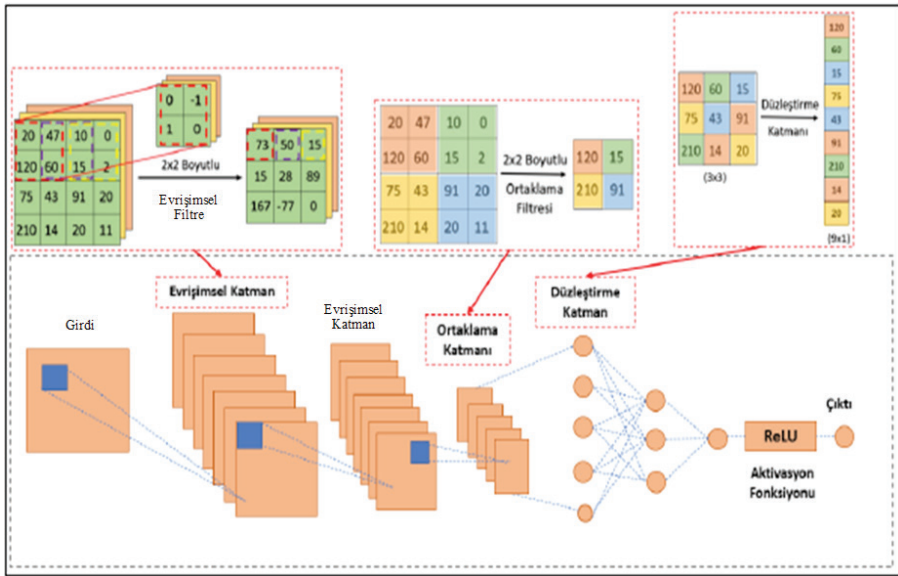
Tarımda derin öğrenme algoritmaları kullanımının tarımsal üretimde maliyetlerin azaltılması, ölçümlerin doğruluğunun artırılması ve karşılaşılabilecek sorunları en aza indirilmesine yardımcı olduğu belirtilmektedir (Maraveas vd., 2023).

Derin Öğrenme Mimarileri

Bu mimariler kullandıkları yerlerin amacına, sınıflandırma, tespit, tanı vd. sonuçların eldesi için veya ilgili modelin yapısına, verinin görüntü, ses, sinyal, metin gibi çeşitli türlerine göre değişik modeller kullanılmaktadır. Yapay sinir ağlarındaki katman sayılarının arttırılmasıyla farklı türde derin öğrenme mimarileri bulunmaktadır. Bu farklı modellerde tasarlanan derin öğrenme ağları kendine sunulan bilgiyi kullanmak yerine hangi bilgiyi öğreneceğine kendi başına karar verebilmesi ile başarılı sonuçlar üretmektedir (Kızrak ve Bolat, 2018).

Evrışimli (Konvolüsyonel) Sinir Ağları (CNN- Convolutional Neural Networks)

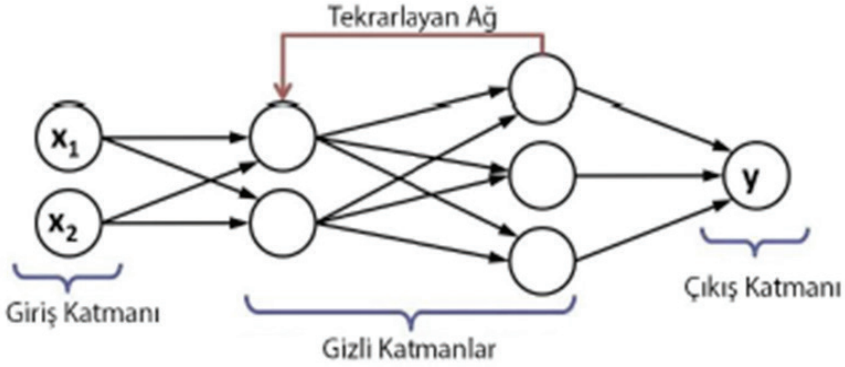
Izgara benzeri bilinen bir topolojiye sahip veriyi işlemek için kullanılan ve her katmanın girdi verilerini kullanarak daha karmaşık desenleri tanımayı öğrendiği çok katmanlı sinir ağı türü olarak ifade edilmektedir (Elmas, 2021; Veziroğlu vd., 2023). Bununla birlikte hayvanların görme merkezine benzer bu algorithmada, matematiksel konvolüsyon işlemi, bir nöronun kendi uyarı alanından uyarılara verdiği cevap olarak değerlendirilebilir. CNN, konvolüsyonel katman, altörnekleme (subsampling) katmanı ve bir veya daha fazla tamamen bağlı katmandan meydana gelmektedir (Şeker vd., 2017).



Şekil 1. Evrışimli sinir ağı modeli (Yılmaz ve Kavzoğlu, 2021)

Tekrarlayan Sinir Ağları (RNN-Recurrent Neural Network)

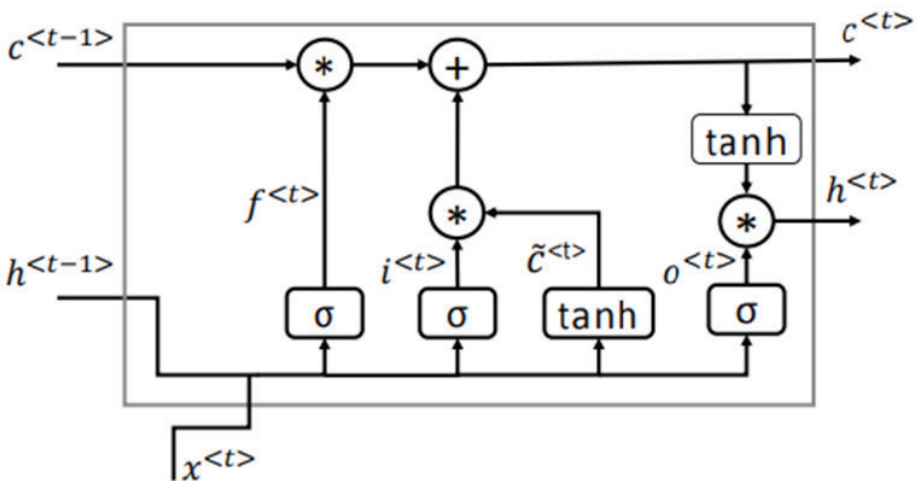
Tekrarlayan sinir ağlarının; herhangi bir uzunluktaki girdilerin işlenmesi imkanı sunması, girdi büyüklüğüyle artmayan model boyutu olması, geçmiş bilgileri dikkate alarak hesaplama yapabilmesi, zaman içinde paylaşılan ağırlıklara sahip olması üstünlükleri olarak gösterilmektedir. Buna karşın tekrarlayan sinir ağlarının olumsuz yönleri; yavaş hesaplama yapılabilmesi, uzun zaman önceki bilgiye erişme zorluğunun olması ve mevcut durum için gelecekteki herhangi bir girdinin düşünülmemesi olarak gösterilmektedir (Metin ve Karasulu, 2019; Kızrak ve Bolat, 2018; Kaya vd., 2019; Şişmanoğlu vd., 2020; Doğan, 2019).



Şekil 2. Tekrarlayan sinir ağı modeli (Doğan, 2019)

Uzun ve Kısa Vadeli Hafıza Ağları (LSTM-Long Short-Term Memory)

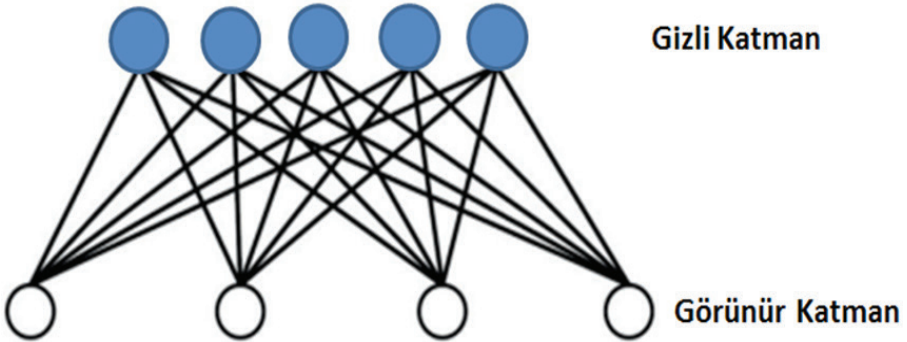
Zaman dizeleri aralarında bağlam boşlukları problemini çözmek ve bunun için uzun vadeli bağımlılıkları öğrenen bir tekrarlayan sinir ağı türü olarak tanımlanmaktadır (Doğan, 2019; Schmidhuber ve Hochreiter, 1997). RNN ağlarından farklı olarak gizli durumu hesaplamak için önceki durumu ve girdi bilgisini tutan hafıza hücrelerinde hangi verinin tutulacağına ya da hangi verinin silineceğine karar vererek, önceki durumu mevcut bellek ile giriş verisini birleştirmektedir. Bu sayede, uzun vadeli bağımlılıkların ortadan kaldırılarak veri dizilerinin devam ettirilmesini sağlamaktadır (Doğan, 2019).



Şekil 3. Uzun ve kısa vadeli hafıza ağları (Samui vd., 2018)

Kısıtlı Boltzmann Makinesi (RBM-Restricted Boltzmann Machine)

İlk katmanı görünür katman, ikinci katmanı ise gizli katmanlı ve katmanlar arasındaki düğümlerde bağlantısı olmayan, denetimli ve denetimsiz öğrenme türleri olmasıyla birlikte, giriş veri seti üzerinde olasılıksal dağılımları öğrenebilen kısıtlı bir nöral ağ yapısı olarak tanımlanmaktadır (Shetty vd., 2020; Hinton, 2007; Salakhutdinov vd., 2007).



Şekil 4. Kısıtlı Boltzmann Makinesi (Karasulu, 2019)

Tarımda Derin Öğrenme

Son yıllarda, sürdürülebilir tarım ve çevre yönetimi amacıyla Tarım 4.0 ile birlikte akıllı tarım (robotik sistemler, otomasyon ve yapay zeka) uygulamalarına ilgi giderek artmaktadır. Akıllı tarımda önemli bir rol oynayan derin öğrenme, sınıflandırma, algılama, bölütleme ve öneri gibi görevleri yerine getirmek için kullanılmaktadır. Otomatik özellik çıkarma ile öğrenme yeteneği sayesinde bitki hastalığı tespiti ve sınıflandırması, pestisit önerisi, yabancı ot/bitki ayrımı, meyve sayımı, arazi örtüsü sınıflandırması, mahsul/bitki ayrımı ve tespiti, toprak besin maddesi tespiti, yaprak stresi tespiti, verim tespiti ve verim önerisi gibi çeşitli tarımsal uygulamalarda insan düzeyinde doğruluk elde etmek için derin öğrenme tarımda kullanılmaktadır (Saranya vd., 2023).

Tarımdaki ilerlemeler bir ülkenin ekonomisinde hayati bir rol oynadığından diğer araştırma alanlarında (tıp bilimi, mekanik/otomasyon, iş endüstrileri ve savunma sanayi vb.) olduğu gibi tarım da insan işgücünü tamamlamak için robotların kullanımından faydalanma ihtiyacı doğmaktadır. Bu nedenle, son yıllarda tarımsal sorunları robotik platformlar aracılığıyla çözmek için çeşitli girişimlerde bulunulmuştur (Ebrahimi vd., 2017; Wspanialy ve Moussa, 2016; Zhao vd., 2016).

Derin öğrenme kullanılarak otomatik bitki hastalığı tespit sisteminde kullanılmak üzere, CNN'in özellik çıkarma işlevleri ile tahmin için tam bağlı

katmanlardan oluşturulan bir model kullanılmıştır. Bu sistemin genel olarak %98 test doğruluğunda çalıştırıldığı ve ekili alanlardaki bitkilerde hastalıkların canlı tespiti için mini dronlara entegre edilebileceği belirtilmektedir (Chohan vd., 2020).

Sınıflandırma yöntemleri olarak derin öğrenme mimarilerinden; Inception-v3, and ResNet50, VGG19, VGG16 modelleri karşılaştırıldığı bir çalışmada; VGGNet 16 (VGG16) ve 19 (VGG19) ağırlık katmanına sahip oldukları ve konvolüsyon sürecinde çok az sayıda filtre ile hafif varyasyonlu bir model kullanarak mevcut modellere göre anlamlı bir ilerleme kaydedildiği bildirilmiştir. VGG modelinin parametre ayarlamasından sonra, mevcut doğrulama verileri üzerinde %93,5 doğruluk oranına sahip olduğu bildirilmektedir (Panchal vd., 2023).

Derin evrişimli sinir ağı mimarisini kullanıldığı bir çalışmada, kontrollü koşullar altında toplanan hastalıklı ve sağlıklı bitki yapraklarının 54.306 görüntüsünden oluşan açık bir veri kümesini kullanarak, 14 mahsul türünü ve 26 hastalığı (veya bunların yokluğunu) tanımlamak amacıyla bitki yapraklarının görüntüleri üzerinde bir model eğitilmiştir. Eğitilen bu modelde, bu yaklaşımın uygulanabilirliğini gösteren bir test setinde %99,35'lik bir doğruluk oranına ulaşıldığı ve küresel ölçekte akıllı telefon destekli mahsul hastalığı teşhisini mümkün kılacağı belirtilmektedir (Mohanty vd., 2016). Bitki hastalığı tespitindeki uygulamalar, veri setleri, kullanılan modelleri ve modellerin performanslarını Tablo 1.'de gösterilmektedir (Attri vd., 2023; Abbas vd., 2021).

Tablo 1. Tarımda Derin Öğrenme Modelleri

Uygulamalar	Veri Seti	Kullanılan Model	Model Performansı
Derin evrişimli sinir ağları kullanarak şeker kamışında görüntü sınıflandırma	5.048 görüntü	Inception v3, DenseNet 121, Resnet 50 ve Xception	Inception ve Xception daha iyi
14 ürün türünde hastalık tespiti	Açık erişim PlantVillage veri kümesi	ResTS mimarisi	ResTS, öğretmen öğrenci mimarisinden daha iyi
Mısır yaprak yanıklığı hastalığı tespiti	30.655 görüntü	AlexNet, GoogleNet, VGG16 veVGG19	Softmax kayıp fonksiyonu ile GoogleNet doğruluk oranı % 99,94
Pirinç bitkisi hastalıklarının tespiti	Çeşitli kaynaklardan 1.100 resim	MobileNet-V2, NAANetMobile, EfficientnET-b0, DenseNet121 ve MobileNet-V2 model	Daha İyi Doğruluk

Otomatik domates yaprağı tespiti	Oluşturulan veri seti	DCNN (Derin Evrişimli Sinir Ağı)	Uyarlanabilir moment tahmini optimize edicisi, SGD ve RMSprop optimize edicilerine kıyasla daha iyi doğruluk
Narenciye bitkisi hastalık tespiti	Görüntüleri yakalamak için Android akıllı telefon	KNN (K-en yakın komşu) sınıflandırması ve DNN (Derin Sinir Ağı) sınıflandırması	DNN % 99,89 doğruluk verirken KNN % 89,89'lük bir doğruluk
Domates bitkisi hastalığı tespiti	Açık erişim PlantVillage veri kümesi	DenseNet121	Domates yaprağı görüntülerinin 5 sınıf, 7 sınıf ve 10 sınıf sınıflandırılması için sırasıyla % 99,51, % 98,65 ve % 97,11 doğruluk
3 hastalık sınıfında domates bitkileri	İnternet görüntüleri ve PlantVillage	YOLO	% 76 doğruluk
Domateste 9 sınıf hastalık ve zararlı	5.000 arazi resmi	SSD (Tek Atış Çoklu Kutu Algılama), R-FCN (Daha Hızlı Bölge Tabanlı Tam Erişimli Sinir Ağı), VGG ile Faster R-CNN (Daha Hızlı Bölge Tabanlı Evrişimsel Sinir Ağı) ve ResNet (Kalıntı Sinir Ağı)	% 85 doğruluk
5 Sınıflı domates yaprak hastalığı	Açık erişim PlantVillage veri kümesi (9.000 resim)	ANN (Yapay Sinir Ağı)	%99,84 doğruluk
8 Sınıflı domates yaprağı hastalığı	Açık erişim PlantVillage veri kümesi (5.550 resim)	AlexNet, GoogLeNet ve ResNet	% 97,28
Akıllı su ürünleri yetiştiriciliği	IoT cihazları ve oluşturulan veri seti	DNN	Daha yüksek bir yem dönüşüm oranı
Hastalık tespiti ile bitki büyümesinin izlenmesi	Açık erişim (87.000 RGB)	CNN, AlexNet	IoT ve sensörlerden toplanan veriler Karar Ağacı algoritmasını besleyerek, bitkilerin sağlık veya sağlıklısız olarak sınıflandırılmasında ve iklime göre uygun ürüne karar verilmesinde yüksek başarı oranı

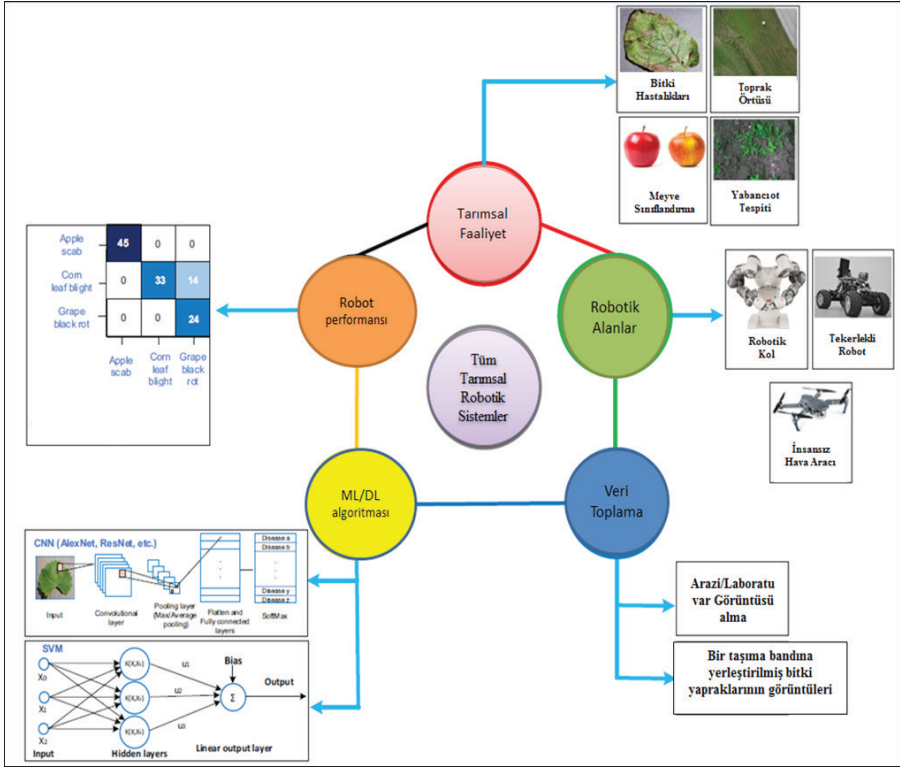
Buğday başı tespiti	Arazi resimleri	WheatNet kesilmiş bir MobileNetV2 kullandı	Önerilen model, önceden eğitilmiş modellerden sonra en yüksek tahmin doğruluğuna sahip
Domates yaprakları hastalığı tespiti	Kameralarından 95.999 görüntü	Kalıntı CNN	Önerilen ağ, hastalıkları tespit etmek için yaklaşık 600 k parametreye öğrenmiş ve %98 doğruluk

Uygulamalar	Veri Seti	Kullanılan Model	Model Performansı
9 çeşit mısır tohumunun sınıflandırılması	Oluşturulan veri seti	CNN	Sınıflandırma doğruluğu, hassasiyet, geri çağırma, ve CNN, YSA için F1 skorunun her biri sırasıyla %98,1, %98,2 ve %98,1
Pirinç tohumlarında çeşit tanımlama	Oluşturulan veri seti	KNN (K-en yakın komşu), SVM (Destek Vektör Makinesi) ve CNN (Evrşimsel Sinir Ağları)	SVM ve KNN modellerine göre CNN daha iyi performans
14 çeşit tohumun sınıflandırılması	Oluşturulan veri seti	VGG16	%99,9 doğruluk
Ayçiçeğinde tohumların sınıflandırılması	4800 ayçiçeği tohumu görüntüsü	AlexNet, GoogleNet ve ResNet	GoogleNet modelinde %95'lik doğruluk
Derin öğrenmeye dayalı gerçek zamanlı soya fasulyesi tohumu kusurları	CCD Kamera kullanılarak oluşturulan veri seti	CNN, AlexNet, VGG19, GoogleNet, ResNet50, MobileNetV2, Shuffle Net, Squeeze Net	Geliştirilmiş MobileNetv2 ağ modeli, çeşitli boyutlardaki hatalı soya fasulyesi tohumlarını sınıflandırmada yüksek doğruluk
Toprak sıcaklığı tahmini	Açık veri seti	BiLSTM (Çift Yönlü Uzun Kısa Süreli Bellek), Rastgele Orman, Doğrusal Regresyon	Diğer modellere göre BiLSTM daha iyi performans
Evapotranspirasyon ve toprak su içeriğinin tahmini	Açık veri seti	CNN LSTM, LSTM, CNN, Random Forest, BLSTM	Diğer modellere göre BiLSTM daha iyi performans
Toprak tekstür analizi	Batı Azerbaycan eyaletinde toplanan toprak örnekleri	CNN, ANN, SVM, RF ve KNN	Modeller 20, 40 ve 60 cm derinliklerde sırasıyla %99,89, %99,81 ve %99,58 oranında doğruluk

Domates tarlaları için sulama modu	Açık veri seti	DQN (Derin Q-Öğrenme Ağı), CNN	Kısıtlı ve sabit sulama yöntemiyle karşılaştırıldığında, DQN yöntemi verimliliği %11 oranında artırmakta ve su israfını %20-30 oranında önlemektedir.
Sulama sistemlerinin izlenmesi	Açık veri seti	PVANET	Sentinel-2 görüntüleme deneyleri %95 hassasiyet ve %95,5 geri çağırma başarı oranı
Kivinin verim tahmini için bir kivi detektör uygulaması	Oluşturulan 100 resim veri kümesi	MobileNetV2, Quantized MobileNetv2 ve Inception V3	Üç model için %90,8, %89,7 ve %72,8 TDR
Elma meyvesi tespiti ve verim tahmini	Görüntü toplamak için akıllı telefonlar kullanılmıştır	R-CNN, YOLO	YOLO modeline göre R-CNN modeli daha iyi performans
Derin öğrenme kullanarak turunçgillerde verim tahmini	İçeri bir narenciye bahçesinden 20 ağaç verileri	Faster R-CNN	Derin öğrenme modelleri diğer geleneksel modellere göre daha doğru sonuçlar vermektedir.

Göller Bölgesi'ne özgü bir bitki olan yağ gülünün (*Rosa damascena* Mill.) hasat uygulamalarında derin öğrenme teknikleri kullanılarak hasat edilebilir ve edilemeyen olmak üzere iki farklı sınıfa ait görseller ile veri seti oluşturulmuştur. Makine öğrenme ve derin öğrenme tekniklerinin hasat robotları ile yağ gülü hasadı için oluşturulan veri setinden VGG19 modelinin kullanılmasıyla yaklaşık %98 doğruluk değeri elde edilmiştir (Duman ve Kayaalp, 2022).

Yapay zeka, makine öğrenmesi/derin öğrenme algoritmalarının robotik sistemlerde kullanılmasının, tarımsal uygulamalarda büyük bir potansiyele sahip olduğu belirtilmektedir (Ebrahimi vd., 2017; McCool vd., 2017; Zhang vd., 2018; Zhang vd., 2018). Makine öğrenimi, çiftçilerin büyük hacimli verileri analiz etmesini ve gerçek zamanlı olarak hızlı ve güvenilir bilgiler elde etmesini sağlamaktadır (Patrício ve Rieder, 2018). Makine öğrenmesi (ML) ve derin öğrenme (DL) algoritmaları ile robotik sistemlerin blok diyagramı Şekil 5'te verilmiştir (Saleem vd., 2021).



Şekil 5. Makine öğrenmesi (ML) ve derin öğrenme (DL) algoritmaları ile robotik sistemlerin blok diyagramı

Hasat robotlarının görüş kontrolü için algoritmalar geliştirilmiştir (Zhao vd., 2016). Başka bir çalışmada, hasat robotlarının performanslarını robotik tasarım yöntemleriyle birlikte göstermek için hasat robotlarını ve hasat için uyarlanabilir algoritmaları özetlenmiştir (Bac vd., 2014).

Hasat amacıyla, sensörlerdeki ilerleme kimyasal, dokunsal, yakınlık sensörleri ve bilgisayar görüşü olmak üzere dört sınıfa ayrılmıştır (Zujevs vd., 2015).

Hasat robotları aracılığıyla meyvelerin tanımlanması için kamera içi sensör, filtre tasarımı ve görüntü bölütleme yöntemleri gibi konular incelenmiştir (Li vd., 2011). Bir başka derleme makalesinde, meyvelerin tespiti/yerinin belirlenmesi için sensörler geliştirilmiştir. Ayrıca yapay zeka tabanlı sınıflandırma yöntemlerini tanımlamış ve bu yaklaşımlardaki boşluklar belirtilmektedir (Gongal vd., 2015). Bitkilerdeki hastalık/zararlıların tespiti, tahıl kalitesinin değerlendirilmesi ve bitki fenotiplemesinin otomatik tespiti gibi tarımsal görevler için yapay zeka ile yapay görme uygulamaları incelenmiştir (Patrício ve Rieder, 2018). Meyve hasadının tarımsal görevi, robotik sistemler aracılığıyla

iyi bilinen makine öğrenmesi algoritmalarını uygulayan son çalışmalarda ele alınmıştır. Bununla birlikte, makine öğrenmesi modellerinin değiştirilmiş versiyonları da bu tarımsal işlemi gerçekleştirmek için birkaç araştırma makalesinde önerilmiştir. Örneğin, domatesleri olgunluklarına göre tanımlamak için, K-ortalama kümeleme yönteminden türetilen X-ortalama kümeleme adlı bir makine öğrenmesi algoritması ile birlikte piksel ve blob tabanlı bölütleme yöntemleri uygulanmıştır (Yamamoto vd., 2014).

Meyve tanımlama ve meyveler üzerinde örnek bölütleme ve dallar üzerinde semantik bölütleme için DaSNet-v2 adlı derin bir sinir ağı önerilmiştir (Afonso vd., 2020). Bu sistem, robotik elma hasadı için görsel algılama sağlayan bir elma bahçesinde inşa edilmiş ve test edilmiştir. Yu (2022), nar meyvesini hassas bir şekilde tespit etmek, segmentlere ayırmak ve konumlandırmak için bir 3D kümeleme tekniği geliştirmiş ve F-PointNet'i geliştirmiştir. Meyve tespiti için derin öğrenme tabanlı bir algoritma olan Orange Yolo ve bir video dizisi kullanarak portakal meyvesini izlemek için derin öğrenme tabanlı bir yöntem olan Orange Sort, Zhang (2022) tarafından önerilmiştir.

Sonuç ve Öneriler

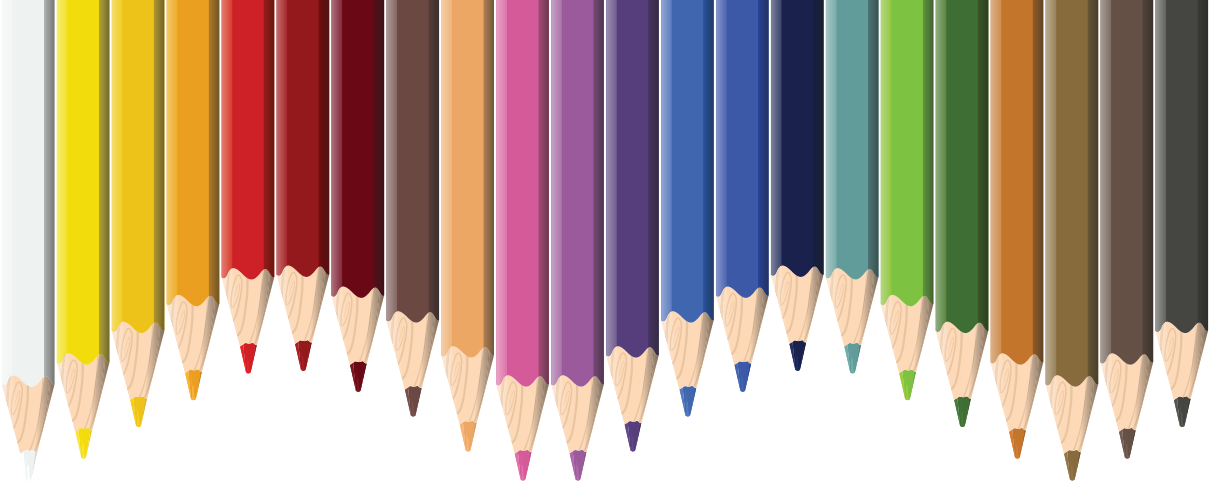
Derin öğrenme uygulamalarının tarım sektörüne entegrasyonu sonucu tarımda verimlilik artışı, hastalık ve zararlı kontrolü, su ve gübre yönetimi, yabancı ot ile mücadele ve hasat tahmini gibi tarımsal süreçlerin optimize edilebilmesi mümkün olacaktır. Bununla birlikte tarımda derin öğrenme modellerinin uygulanması ile tarımsal ve çevresel sürdürülebilirlik sağlanmış olacaktır. İlerleyen zamanlarda tarımsal üretimde yapay zeka uygulamalarında makine öğrenme ve derin öğrenme modellerinin yer alacağı çok sayıda çalışmaya ihtiyaç duyulduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR

- Abbas, A., Jain, S., Gour, M., & Vankudothu, S., (2021). Tomato plant disease detection using transfer learning with C-GAN synthetic images. *Computers and Electronics in Agriculture*, 187, 106279.
- Afonso, M., Fonteijn, H., Fiorentin, F.S., Lensink, D., Mooij, M., Faber, N., Polder, G., Wehrens, R., (2020). Tomato fruit detection and counting in greenhouses using deep learning. *Front. Plant Sci.* 11, 571299.
- Arenas M.G., Mora A.M., Romero G., Castillo P.A., (2011). GPU computation in bio-inspired algorithms: a review. In: *Proceedings of the 11th international conference on artificial neural networks conference on advances in computational intelligence*, pp 433–440
- Attri, I., Awasthi, L.K., Sharma, T.P., & Rathee, P., (2023). A review of deep learning techniques used in agriculture. *Ecological Informatics*, 102217.
- Bac, C.W., van Henten, E.J., Hemming, J., & Edan, Y., (2014). Harvesting robots for high-value crops: State-of-the-art review and challenges ahead. *Journal of Field Robotics*, 31(6), 888–911
- Chohan, M., Khan, A., Chohan, R., Katpar, S.H., & Mahar, M.S., (2020). Plant disease detection using deep learning. *International Journal of Recent Technology and Engineering*, 9(1), 909-914.
- Doğan, F., & Türkoğlu, İ., (2019). Derin öğrenme modelleri ve uygulama alanlarına ilişkin bir derleme. *Dicle Üniversitesi Mühendislik Fakültesi Mühendislik Dergisi*, 10(2), 409-445.
- Duman, B., & Kayaalp, K., (2022). Yağ Gülü (*Rosa damascena* Mill.) Bitkisinin Hasat Durumunun Makine Öğrenmesi ve Derin Öğrenme Yöntemleri ile Tespiti. *El-Cezeri*, 9(4), 1328-1341.
- Ebrahimi, M., Khoshtaghaza, M., Minaei, S., & Jamshidi, B., (2017). Vision-based pest detection based on SVM classification method. *Computers and Electronics in Agriculture*, 137, 52–58
- Elmas, B., (2021). Evrişimli Sinir Ağları ile Mantar Görüntülerinden Mantar Türlerinin Transfer Öğrenme Yöntemiyle Tanımlanması. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(1), 74-88.
- Gongal, A., Amatya, S., Karkee, M., Zhang, Q., & Lewis, K., (2015). Sensors and systems for fruit detection and localization: A review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 116, 8–19
- Hinton, G., (2007). Boltzmann machine. *Scholarpedia*, 2 (5), 1668.
- Karar, M.E., Alsunaydi, F., Albusaymi, S., Alotaibi, S., (2021). A new mobile application of agricultural pests recognition using deep learning in cloud computing system. *Alex Eng J* 60(5):4423–4432
- Karasulu, B., (2019). Çoklu Ortam Sistemleri İçin Siber Güvenlik Kapsamında Derin Öğrenme Kullanarak Ses Sahne ve Olaylarının Tespiti. *Acta Infologica*, 3(2), 60-82.

- Kaya, U., Yılmaz, A., & Dikmen, Y., (2019). Sağlık alanında kullanılan derin öğrenme yöntemleri. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, (16), 792-808.
- Kızrak, M.A., & Bolat, B., (2018). Derin öğrenme ile kalabalık analizi üzerine detaylı bir araştırma. *Bilişim Teknolojileri Dergisi*, 11(3), 263-286.
- Li, P., Lee, S.-H., & Hsu, H.-Y. (2011). Review on fruit harvesting method for potential use of automatic fruit harvesting systems. *Procedia Engineering*, 23, 351–366
- Maraveas, C., Asteris, P. G., Arvanitis, K. G., Bartzanas, T., & Loukatos, D. (2023). Application of bio and nature-inspired algorithms in agricultural engineering. *Archives of Computational Methods in Engineering*, 30(3), 1979-2012.
- Metin, İ.A., & Karasulu, B., (2019). İnsan aktivitelerinin sınıflandırılmasında tekrarlayan sinir ağı kullanan derin öğrenme tabanlı yaklaşım. *Veri Bilimi*, 2(2), 1-10
- McCool, C., Perez, T., & Upcroft, B. (2017). Mixtures of lightweight deep convolutional neural networks: Applied to agricultural robotics. *IEEE Robotics and Automation Letters*, 2(3), 1344–1351
- Mohanty, S. P., Hughes, D. P., & Salathé, M. (2016). Using deep learning for image-based plant disease detection. *Frontiers in plant science*, 7, 1419.
- Panchal, A.V., Patel, S.C., Bagyalakshmi, K., Kumar, P., Khan, I.R., & Soni, M., (2023). Image-based plant diseases detection using deep learning. *Materials Today: Proceedings*, 80, 3500-3506.
- Salakhutdinov, R., Mnih, A., Hinton, G., (2007). Restricted Boltzmann machines for collaborative filtering. *Proceedings of the 24th International Conference on Machine learning*.
- Saleem, M.H., Potgieter, J., & Arif, K.M., (2021). Automation in agriculture by machine and deep learning techniques: A review of recent developments. *Precision Agriculture*, 22, 2053-2091.
- Samui, S., Chakrabarti, I., & Ghosh, S. K., (2018). Tensor-train long short-term memory for monaural speech enhancement. *arXiv preprint arXiv:1812.10095*.
- Saranya, T., Deisy, C., Sridevi, S., & Anbananthen, K.S.M., (2023). A comparative study of deep learning and Internet of Things for precision agriculture. *Engineering Applications of Artificial Intelligence*, 122, 106034.
- Schmidhuber, J., & Hochreiter, S., (1997). Long short-term memory. *Neural Comput*, 9(8), 1735-1780.
- Shetty, D., Varma, J., Navi, S., Ahmed, M., (2020). Diving Deep into Deep Learning: History, Evolution, Types and Applications. *The International Journal on Media Management*, 2278-3075, doi: 10.35940/ijitee.A4865.019320.
- Şeker, A., Diri, B., & Balık, H. H., (2017). Derin öğrenme yöntemleri ve uygulamaları hakkında bir inceleme. *Gazi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 3(3), 47-64.
- Şişmanoğlu, G., Koçer, F., Önde, M.A., & Sahingoz, O.K., (2020). Derin öğrenme yöntemleri ile borsada fiyat tahmini. *Bitlis Eren Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 9(1), 434-445

- Patrício, D.I., & Rieder, R., (2018). Computer vision and artificial intelligence in precision agriculture for grain crops: A systematic review. *Computers and Electronics in Agriculture*, 153, 69–81
- Yılmaz, E.Ö., & Kavzoğlu, T., (2021). Derin Öğrenmenin Temel Prensipleri ve Uzaktan Algılama Alanındaki Uygulamaları. *Harita Dergisi*, 87(166), 25-43.
- Veziroglu, E., Pacal, I., & Coşkunçay, A., (2023). Derin Evrişimli Sinir Ağları Kullanılarak Pirinç Hastalıklarının Sınıflandırılması. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 13(2), 792-814.
- Wspanialy, P., & Moussa, M., (2016). Early powdery mildew detection system for application in greenhouse automation. *Computers and Electronics in Agriculture*, 127, 487–494
- Yamamoto, K., Guo, W., Yoshioka, Y., & Ninomiya, S., (2014). On plant detection of intact tomato fruits using image analysis and machine learning methods. *Sensors*, 14(7), 12191–12206
- Zhao, Y., Gong, L., Huang, Y., & Liu, C., (2016). A review of key techniques of vision-based control for harvesting robot. *Computers and Electronics in Agriculture*, 127, 311–323
- Zhang, L., Jia, J., Gui, G., Hao, X., Gao, W., & Wang, M., (2018). Deep learning based improved classification system for designing tomato harvesting robot. *IEEE Access*, 6, 67940–67950
- Zhang, X., Qiao, Y., Meng, F., Fan, C., & Zhang, M., (2018). Identification of maize leaf diseases using improved deep convolutional neural networks. *IEEE Access*, 6, 30370–30377
- Zujevs, A., Osadcuks, V., & Ahrendt, P., (2015). Trends in robotic sensor technologies for fruit harvesting: 2010–2015. *Procedia Computer Science*, 77, 227–233



Bölüm 6

FINDIĞIN DÜNÜ BUGÜNÜ VE BESLENMEDE ÖNEMİ

Cavidan DEMİR GÖKİŞİK¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Giresun Üniversitesi Mühendislik Fakültesi, Gıda Mühendisliği Bölümü

GİRİŞ

Fındık, Antik Çağdan beri bilinmektedir. Antik Çağda “Pont Exinus” olan Karadeniz’ in adı ile bilinen “pontik” sözcüğünden türetilmiştir. Tarihte ilk bilinen fındık, Pontos (Karadeniz) kıyılarından getirildiği için, “Pontos cevizi” olarak kayıtlıdır. Tarih boyunca, Karadeniz kıyılarını istila eden ve ziyaret her millet fındığı çok beğenmiş ve ülkesine hediye olarak meyvesini ya da ağacını götürerek Dünya’ya yayılmasını sağlamıştır. Antik Çağda Herodotos (MÖ 490-425), Herodot Tarihi olarak bilinen eserde, fındığın Karadeniz’ in doğusunda yetiştirildiğini yazmış ve fındık yağının nasıl çıkarılacağını tarif etmiştir. Türkiye’den resmi fındık ihracatı 1737 yılında ilk defa Fransa’ya yapılmıştır. Bu tarihten sonra Anadolu’dan başka ülkelere fındık serüveni başlamıştır. Türkiye en büyük fındık gen merkezleri arasında bulunmaktadır. Tarihi belgelerden, fındığın Türkiye’nin Karadeniz kıyılarında üretimi ve ticareti yapıldığı ve 600 yıldır diğer ülkelere ihraç edildiği bilinmektedir. 1800-1900 yıllarında fındık yetiştiren ve satan tek ülke Türkiye iken her geçen yıl dünyada fındık üreten ve satan ülke sayısı artmaktadır (FAEM, 2023).

Fındık (*Corylus avellana* L.), bademden sonra dünyada en yaygın yetiştiriciliği ve ticareti yapılan sert kabuklu bir meyvedir (Alşalvar ve ark., 2003). Fındık, *Corylus* cinsine ait çalı ve ağaç türlerinin ve meyvesinin genel adıdır (FAEM, 2023). Yüzyıllar boyunca yabani popülasyonlardan yaklaşık 400 fındık çeşidi üzerinde çalışılmış, ancak şu anda bunlardan sadece yaklaşık 20 tanesi dünya üretiminin temelini oluşturmaktadır. Bitki verimi ve kabuklu yemişlerin morfolojik, fiziksel ve kimyasal özellikleri büyük ölçüde genotipe ve bunun çevre ile etkileşimine, kültürel tekniklere ve hasat sonrası yönetime bağlıdır (Cristofori ve ark., 2008). Giresun Kalite gibi bazı önemli çeşitlerin, çevresel faktörlere karşı hassasiyeti onlara düşük bir değer verir, uyarlanabilirlik ve yeni alanlara girişlerinin başarısını belirsiz hale getirir (Özdemir ve ark., 2001). Buna rağmen, ülkeler fındığı kendi topraklarında yetiştirme çabaları sonucunda dünyada çok çeşitli türde fındık üretimi başarılmıştır. Fındığın birçok türü vardır; Adi fındık (*Corylus avellana*), Amerika fındığı (*Corylus americana*), California fındığı (*Corylus californica*), Kafkas fındığı (*Corylus colchica*), Çin fındığı (*Corylus chinensis*), Ağaç fındığı veya Türk fındığı (*Corylus colurna*), Farges fındığı (*Corylus fargesii*), Gagalı fındık (*Corylus cornuta*) isimleri en çok bilinenlerdir. Dünyada 400 ün üzerinde fındık türü tanımlanmıştır. Bunlardan yetiştirilmeye değer olan sadece 20 tür vardır. Dünyada ekonomik olarak ekimi ve ticareti yapılan fındık kültür türleri; *Corylus colurna* L., *Corylus avellane* L., ve *Corylus maxima* Mill.’dir (TEPGE, 2023). *Corylus avellana* L., dünyada en çok yayılışı olan, üretilen ve ticareti yapılan fındık türüdür. (FAO, 2004). Fındığın kültür çeşitleri (*Corylus avellana* L.); Türkiye % 75, İtalya % 8, İspanya % 2, ABD % 4, Şili % 2, Çin % 2, İran % 2, Fransa % 1, Azerbaycan % 2, Rusya ve Gürcistan’da % 1 yetiştirilmektedir (FAOSTAT, 2017; Tunçil, 2020). 1997’de sadece 24 ülke üretici olarak kayıtlı

iken, FAO'nun son resmi istatistiklerine göre 30 ülke fındık üreticisi olarak sınıflandırılmıştır. Buna bağlı olarak toplam üretim 697.681 tondan 831.653 tona yükselmiştir. Üretici ülke sayısının her yıl artırılmasına rağmen, fındık üretimi ve ticareti iki Akdeniz ülkesinde yoğunlaşmaktadır: Türkiye ve İtalya, dünya üretiminin % 80'inden fazlasını karşılamaktadır. Belirli bir öneme sahip diğer ülkeler ise ABD (%3,8), Azerbaycan (%3,3), İspanya (%2,6), İran (%1,9), Gürcistan (%1,9) ve Çin (%1,7)' dir. Çeşitler oldukça geleneksel ve uzun zamandır aynıdır (Fideghelli ve Salvador, 2009). FAO'nun son 5 yıllık ortalama verilerine göre; dünyada yaklaşık 960. 000 ha alanda fındık yetiştiriciliği yapılmaktadır. Üretim alanında büyük bir farkla lider ülke Türkiye'dir. Dünya fındık dikim alanının %75'i Türkiye'dedir. Türkiye'den sonra sırasıyla İtalya (% 8), Azerbaycan (%4), ABD (%2), İran (%2), Şili (%2) ve Gürcistan ve Rusya (%1) takip etmektedir (FAO, 2017). Türkiye yılda ortalama 680.000 ton ve İtalya 140.560 ton üretim ile küresel üretimde lider ülkeleri temsil etmektedir (Casas-Agustench ve ark., 2011). 2021 yılı verilerine göre, Dünya fındık üretim alanı 1 milyon ha' alana yükselmiştir. Türkiye 739 bin ha ile ilk sırada liderliğini sürdürürken, diğer ülkeler; İtalya 83 bin ha, Azerbaycan 49 bin ha, İran ve Gürcistan 26 bin, Şili 24 bin ha ve ABD 20 bin ha ile altıncı sırada yer almaktadır. Fındık ürün verim oranlarına bakıldığında durum oldukça tersine değişmektedir. Yıllara göre sıralama değişse de, Türkiye en düşük verim oranı ile son sıralarda gelmektedir. Son 5 yılın üretim ortalamasına göre birinci sırada Ermenistan 238 kg/da, ikinci ABD 221 kg/da ve Çin 207 kg/da, Gürcistan'da 180 kg/da, İtalya'da 157 kg/da, Azerbaycan'da 122 kg/da, Türkiye'de 84 kg/da ve İspanya'da ise 79 kg/da ortalama verim elde etmişlerdir. Dünya fındık veriminde 2019 yılında Fransa 225 kg/da ile ilk sırada yer alırken, Çin 212 kg/da ile ikinci, yine Yunanistan 212 kg/da ile üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye ise 110 kg/da ile çok düşük olmuştur (TEPGE, 2023). Türkiye'de fındık 6-7 daldan oluşan ocak şeklinde ve sık çalı ağacı olarak yetiştirilirken, ABD'de tek gövdeli ağaç formundaki çeşitler, geniş bahçelerde, ileri teknoloji kullanılarak mekanizasyona dayalı yapılmaktadır. Amerika'nın fındık verim oranındaki artışı büyük ölçüde verimdeki iyileştirmelerle sağlanmaktadır. İyi bir fındık yetiştiriciliği ve üretimi için, tüm sezon boyunca iyi dağılmış 800 mm/yıl yağışa ihtiyaç vardır (Fideghelli ve Salvador, 2009). Bütün bu koşulları doğal olarak sağlayan Doğu Karadeniz Bölgesidir. Fındık yetiştiriciliği için uygun olan bu imkanlar çok iyi değerlendirilmesi gerekir. Diğer ülkelerin verim oranlarını her geçen yıl artırması Türkiye'nin üretim ve ihracatta lider ülke olma avantajını giderek düşürmektedir. Türkiye dışında fındık üreten ülkelerin, özellikle İtalya'nın amacı, liderliği ele geçirmektir. Bu yüzden Türkiye, fındık verimini ve kaliteyi yüksek seviyede tutmak zorundadır. Verimi düşük eski dikim bahçelerin gençleştirilmesi, maliyetlerin düşürülmesi ve kaliteli fındık türlerini ve alanlarını koruması gerekir (Öztürk ve İslam, 2019). Kaliteli fındık dikim alanlarının betonlaşmasını önleyerek başlamalıdır.

Fındık, kış boyunca sıcaklığının -5°C 'nin altına düşmediği, Mart ve Nisan aylarında sıcaklığın 0°C 'nin altına düşmediği, yaz boyunca sıcaklığın $30-33^{\circ}\text{C}$ geçmediği, yıllık ortalama sıcaklığın 15°C olduğu, rakımı 1000 m'yi geçmeyen, yıllık yağış miktarının 800 mm'nin üstünde ve yıl içindeki yağışın aylara dağıldığı, bol yağışlı ve nemli bölgeler fındık tarımı için en uygun yerlerdir. Bu ekolojik şartlara sahip Doğu Karadeniz Bölgesi'nde doğal olarak yayılım alanı oluşmuştur. (Karagülmez ve Usul, 2004). Yeryüzünde, Doğu Karadeniz Bölgesi'nin iklim özellikleri, fındık için en ideal ortamı oluşturmaktadır. Dünyanın en kaliteli fındıkları bu bölgede yetişmektedir. Bitkiler aleminde Fındık, Ocak-Şubat aylarında çiçeklenen ve tozlaşan tek bitkidir. Bu yüzden kış mevsiminin ılık geçtiği yıllar verim çok fazladır, aksi halde kış mevsiminin sert geçtiği yıllarda, özellikle Mart ve Nisan aylarında sıcaklık 0°C 'nin altına inerse, soğuğa maruz kalma süresine bağlı olarak verimde kayda değer bir azalma olur (KFMİB, 2021). Türkiye'nin Karadeniz sahillerinde yoğun bir şekilde yer alan fındık bahçeleri, denizden içeriye uzaklığı 30-40 km olan alanda yetişmektedir. Batıda Zonguldak'tan başlayarak Doğuda Artvin'e kadar tüm Karadeniz sahil şeridi boyunca fındık bahçeleri uzanır. Her yıl hızla artmakta olup, ortalama Türkiye'de 740 bin ha alan üzerinde, aile işletmesi şeklinde üretimi yapılan fındık ile dolaylı ve dolaysız olarak 4.000.000 insan ilgilenmekte olup, bu durum fındığın sosyo-ekonomik önemini artırmaktadır. Giresun ve Ordu illeri başta olmak üzere geçimini sadece fındık geliri ile sağlayan insan sayısı fazladır. Türkiye'nin Dünya'daki diğer fındık üreten ülkeler arasında, üstün kalitesi nedeniyle seçkin bir yeri olup, üretim ve ihracatta liderliğini sürdürmeye devam ettirmelidir (GTB, 2023). Türkiye, fındık geninin çeşitlerine sahip ve fındık kültürünün anavatanı olma gibi büyük avantajlara ve zenginliğe sahiptir. Bu zenginlik, üretimde çok sayıda çeşitlerin ortaya çıkmasını sağlamıştır. Bunun sonucu olarak, dünyada kaliteli fındık üretimindeki yerini uzun yıllar ilk sırada olarak sürdürmektedir (İslam, 2018). Türkiye'de kaliteli çeşit fındık üretimi, tarım ürünleri arasında fındık ihracatını ilk sıralarda tutarak, birçok tarım işletmesinin açılmasını sağlamıştır. Yakın zamanlara kadar sadece Doğu Karadeniz illerinde yetiştirilen fındık; yeni işletmelerin açılması, yıldan yıla fındık talebinin artması, destekleme alım fiyatları verilmesi, fındık tarımının diğer ürünlere göre kolaylığı, TMO ve Fiskobirlik tarafından alım garantisi verilmesi gibi pek çok sebepten, zamanla Batı Karadeniz'in tarla ürünleri için bereketli topraklarına doğru yayılmasına sebep olmuştur. Türkiye'de fındık yetiştirme bölgeleri Eski bölge ve yeni bölge olarak tanımlanır. Eski bölge, Doğu Karadeniz illerini içine alan, fındığın anavatanı olan Giresun, Trabzon, Ordu, Rize ve Artvin illerini kapsamaktadır. Fındık ekimi ve üretiminin son yıllarda yapıldığı Yeni bölge, Orta ve Batı Karadeniz bölgesi illeri olan, Samsun, Düzce, Sakarya, Kocaeli ve Zonguldak illerini kapsamaktadır (İslam, 2018).

Türkiye'nin Karadeniz Bölgesi kıyıları fındık üretimi bakımından, Dünyanın en elverişli ekolojik şartlarına sahiptir. Türk fındık çeşitleri, üretici olan

diğer ülkelerde üretilen fındık çeşitlerinden üstün özelliklerine sahip olduğu için, Türk Fındığı Dünya pazarlarında oldukça rağbet görmektedir (KFMİB, 2023). Türkiye’de tescilli 20 farklı fındık çeşidi yetiştirilmektedir (GFAEM, 2023). Bunlar arasında ağırlıklı olarak Giresun ilinin tamamında yetiştirilen Tombul fındık birinci kalite (Giresun Kalite Tombul), geri kalan çeşitler ikinci kalite (veya Levant kalitesi) olarak sınıflandırılır. Bu nedenle Tombul fındık dünya çapında en önemli ticari çeşit olarak kabul edilmekte ve rağbet görmektedir (KİB, 2023; Alaşalvar ve ark., 2003; İslam, 2018). Türk fındık çeşitleri, dünyada yetiştirilen diğer çeşitlerle karşılaştırıldığında, yüksek iç yüzdesi, yüksek yağ içeriği ve yüksek pelikül giderimi dahil olmak üzere yüksek kalitesiyle öne çıkmaktadır. Türk ve Dünya fındıkları içinde en üstün özellikte olan, Giresun yöresinde yetişen Giresun Kalite Tombul fındıktır. Türkiye’de üretimi yapılan fındık çeşitleri, 2 kalite sınıfında değerlendirilir. Giresun Kalite Tombul Fındık ve Levant Kalite olarak iki sınıfa ayrılır ve ticarete bu sınıflandırma ile değer biçilir (KİB, 2023).

Giresun Kalite Fındık: Giresun merkez ve ilçelerinin tamamında, Trabzon’un Vakfıkebir, Çarşıbaşı, Beşikdüzü ve Akçaabat ilçelerinde yetişir. “Giresun Tombul Fındığı” adı ile Avrupa Birliği tarafından 2022’de tescillenmiş ve coğrafi işaret almıştır. Tadı, aroması, hoş kokusu ve içerdiği yüksek yağ oranı ile dünyanın en üstün özelliklerine sahip fındık çeşididir. Dünyada yetiştirilen fındık çeşitleri içinde en yüksek oranda zar atan fındıktır. Dünyanın en üstün özellikli fındığı olarak, Dünya pazarlarında en çok Türk Fındığı adı ile aranan ‘‘Giresun Tombul Fındığı’ dır. Türkiye’de tescillenen 8. Ürün olmuştur. Şekil 1’de Giresun Kalite Tombul Fındık logosu verilmiştir. Giresun ilinde yetişen tescilli fındığın tamamı dış pazarlara ihraç edildiği için Türkiye’de Giresun ili dışında, Giresun Kalite Fındığın tadını bilen çok az insan vardır. Giresun fındığı diye satılan fındıkların çoğu gerçek değildir.



Şekil 1. Giresun Kalite Tombul Fındığın uluslararası logosu.

Levant Kalite Fındık: Trabzon bir bölümde, Ordu, Samsun, Sinop, Düzce, Sakarya, Zonguldak ve Bartın illerinde yetişir. Giresun Kalite Fındığın dışındaki fındık çeşitlerine verilen genel addır. Daha az yağ içerir, aroması ve kokusu Giresun Kalite Fındıktan daha düşüktür ancak, dünyada yetişen fındık çeşitlerinden daha üstündür. Türkiye’de iç pazarlarda satılan ve tüketilen fındık çeşididir.

Dünyanın en büyük fındık üreticisi ve ihracatçısı olan Türkiye, dünya fındık dikim alanında olduğu gibi üretimde de yaklaşık %70-75'lik pay ile ülke ekonomisine büyük bir gelir sağlamaktadır (KİB, 2023). Fındık, Türkiye'de tarım ürünleri içinde de lider ürün olarak %20'lik ihracatının payına sahiptir (İslam, 2018). Üretim yıllarına göre rekolte farklılıkları olsa da 100 ün üzerinde ülkeye, 250 ila 350 bin ton arasında iç fındık ihracatından yılda 1,5 -2 milyar dolar gelir sağlanmaktadır (KİB, 2023). 2022-2023 sezonunda toplam 298.557.302 kg ve 1.795.189.783 dolar gelir sağlanmıştır. Son 5 yıllık ihracat miktarları ve gelir Tablo 1.'de verilmiştir.

Tablo 1. Türkiye fındık ihracatının 5 yıllık sezonlara göre dağılımı (KİB, 2023).

	Miktar (Ton)	Değer (\$)	Ülke sayısı
2018-2019 Sezonu	269.399	1.592.437.141	118 ülkeye
2019-2020 Sezonu	343.561	2.312.045.738	124 ülkeye
2020-2021 Sezonu	292.440	2.010.787.689	127 ülkeye
2021-2022 Sezonu	340.147	1.986.044.569	130 ülkeye
2022-2023 Sezonu	298.557	1.795.189.783	121 ülkeye

<https://kib.org.tr/files/Sezon0808.pdf>, erişim, 21.12.2023.

Türkiye'nin fındık ihraç ettiği ülke sayıları her yıl artmakta olup, en büyük ihracatını Avrupa Birliği Ülkelerine yapmaktadır. Her sezon Almanya ilk ve İtalya ikinci sırada yer alarak, ilk 6 sıralama AB ülkeleridir. Çikolata üretiminde fındığa çok önem veren ve çikolata üretimi çok fazla olan AB ülkeleri, çikolata hammaddesi olan fındığa bağımlıdırlar. Diğer önemli fındık ihracatçısı ülkeler başta İtalya olmak üzere, Gürcistan, Amerika, Rusya ve Azerbaycan da Avrupa'ya fındık ihracatı yapan ülkelerdir.. Fındık üretimi olmayan, gıda işleme sanayisi gelişmiş, Almanya, Fransa, Hollanda, Belçika, Lüksemburg, Avusturya, İngiltere, İrlanda, İsviçre, Bulgaristan ve Kanada gibi ülkeler, fındığı hammadde olarak alarak, daha yüksek değerlerde işlenmiş ürün olarak dünya piyasasına satmakta ve fındık ürünleri piyasasını elinde tutmaktadır. Tablo 2.'de son 3 yıllık sezonda, ilk 6 sırada alım yapan ülkeler sıralanmıştır.

Tablo 2. Son 3 yılda Türkiye'nin fındık ihrac ettiği önemli ülkeler ve gelir miktarı (KİB, 2023).

2020-2021 sezonu	kg	dolar	2021-2022 sezonu	kg	dolar
ALMANYA	70.543.623	472.264.994	ALMANYA	85.051.748	496.845.451
İTALYA	54.103.351	388.761.897	İTALYA	75.648.674	421.514.950
FRANSA	21.273.725	148.975.533	FRANSA	20.577.218	117.432.244
POLONYA	12.458.605	89.793.132	POLONYA	14.880.038	84.161.535
HOLLANDA	12.090.768	86.125.487	HOLLANDA	11.771.156	73.016.468
AVUSTURYA	10.698.223	73.094.581	İSVİÇRE	10.848.073	66.608.046
2022-2023 sezonu	kg	dolar			
ALMANYA	85.447.427	496.653.928			
İTALYA	54.690.604	330.704.289			
FRANSA	21.135.221	128.943.250			
POLONYA	15.411.524	92.572.009			
AVUSTURYA	10.420.434	62.260.557			
HOLLANDA	10.088.460	61.195.759			

Not: Son 5 yıllık sezonda Çin 7. Ülke olarak dumaktadır (KİB, 2023: fındık)

Dünyada üretilen fındığın %80 gibi en büyük bölümü çikolata ve şekerleme sanayinde ham madde olarak kullanılmaktadır. Almanya fındık üreticisi olmadığı halde, Türkiye'den aldığı kabuklu ve iç fındığı işleyerek fındık ürünleri pazarını elinde tutmaktadır (KİB, 2023). Türkiye'nin en önemli fındık alıcı ülkeleri başta Almanya olmak üzere İtalya, Belçika, İsviçre ve Hollanda olarak her yıl ilk sıralardadır. Bu alıcı ülkeler fındığı işleyerek, dünya pazarlarında fındık ürünleri konusunda lider ülke olmaktadır. Bu ülkeler daha ucuz fındık ithal etmek için, başka kaynaklara ve çabalara yönelmiş, yeni fındık yetiştirme alanları aramışlardır. Almanya'nın son yıllarda Gürcistan ve Azerbaycan gibi yeni ülkelerin üretimlerini artırmaları için destek verdiği ve fındık ihtiyaçlarını bu ülkelerden karşılamaya yöneldiği görülmektedir. İtalya ise dünyanın farklı bölgelerinde fındık üretim alanları geliştirmektedir. Türkiye dışında fındık üreticisi ülkelerin son yıllarda üretimlerini artırmaları, Türkiye'nin lider olma avantajını giderek azaltmaktadır. Üretim ve ihracat liderliğini korumak için, verimliliği artırarak üretim maliyetini düşürmek ve kaliteyi geliştirmek ve korumak için acil girişim projeleri ile yenilenmek zorundadır.

Dünya'da fındık ekim alanları her yıl artarken, Türkiye'nin lider ülke olma potansiyeli düşmeye başlamaktadır. Türkiye dışında diğer fındık üreticisi ülkelerin, fındık ekim alanlarını ve verimlerini artırmaları, Türkiye'nin üretim ve ihracattaki avantajını giderek düşürmektedir. Bu bakımdan Türkiye, fındığı hammadde olarak satmak yerine, fındığı kaliteli ürünlere işleme sanayisini bir an önce geliştirmelidir. Fındıkta üretim maliyetini düşürmek için verimin artırılması yanında, girdilerin etkin kullanımının da sağlanması gerekmektedir. Gübreleme, ilaçlama, hastalık zararlılarla mücadele yerinde, zamanın ve en uygun yöntemler ile yapılmalıdır. Tarımsal işletmelerde ürün veriminin artırılması, işletme yöneticilerinin tarımsal üretim teknolojileri ve yetiştiricilikle ilgili bilimsel bilgileri öğrenerek tekniğine uygun üretim yap-

malarıyla doğrudan ilişkilidir (Öztürk ve İslam, 2019).

Türkiye, dünya fındık üretim ve ihracatında en büyük paya sahip olmasına rağmen, fındıktan olması gerektiği gibi fayda sağlayamamakta ve fındık pazarında lider ülke olarak söz sahibi olamamaktadır. Fındık pazarında söz sahibi olmadığı için, söz sahibi otoriteler, fındık piyasasını istedikleri gibi yönlendirmektedirler. Fındık üretiminin tüketimden fazla olduğu yıllarda, ithalatçı Avrupa ülkeleri arz fazlalığından dolayı fındığı istedikleri fiyattan satın alarak hem üreticiler hem de ihracatçıları zor durumda kalmakta, önemli gelir kayıplarına uğramaktadırlar. Diğer fındık üreticisi ülkelerin, İtalya ve İspanya'nın AB üyesi olmaları nedeniyle ürünlerini, gümrüksüz kolaylıkla Birlik ülkelerine daha ucuza satmaları, ihracatımızı daha çok sıkıntıya sokmaktadır. Bu ülkeler üyelik avantajlarını kullanarak AB ülkelerine gümrüksüz satış yapmaktadırlar. Dolayısıyla hemen hemen tek pazarı AB ülkeleri olan ülkemiz üretimin fazla olduğu yıllarda büyük sıkıntı yaşamaktadır. Türkiye'nin üretim fazlalığı durumlarında, fındığı bozulmadan saklayabileceği kontrollü depolara ihtiyaç vardır. Türkiye'nin Avrupa ülkeleri tarafından ucuza alınacak 2. Sınıf ülke konumundan çıkmak için fındığı hammadde olarak ucuza satmak yerine "Pazar ve Mamul Geliştirilmesi" konusuna özel bir önem verilmesi gerekir (İslam, 2018).

Dünya pazarlarında rekabette Türk Fındığına zarar veren diğer önemli sorunlar; mikotoksin ve pestisit kalıntılarıdır. Avrupa Birliği, kurmuş oldukları Hızlı Alarm Sistemi ile ithal ettiği gıda ürünlerinin güvenli olmasını sağlamaktadır. Gıda ve Yemde Hızlı Alarm Sistemi (RASFF) ile ülkeye giren ürünlerin menşei ve sağlıklı olup olmadığı kontrol edilerek, sağlıklı bir durumla karşılaşıldığında anında dünyanın bilgisi olmaktadır. Türkiye kaynaklı bildirimlerde ürün gruplarına göre en fazla bildirim meyve ve sebzeler ile sert kabuklu yemişler için alındığı; tehlike kategorisine göre ise, mikotoksin ve pestisit kaynaklıların ilk sıralarda yer aldığı dikkati çekmektedir. AB'ye ihracatta RASFF bildirim alan gıda ürünlerinin Türkiye'ye iadesi, gümrüklerde bekletilmesi veya imhası sonucunda başta ekonomik kayıplardan daha önemlisi, yurtdışı ve yurtiçinde güven kaybına neden olmaktadır. Bu kayıpları önlemek veya en aza indirmek için üreticilerin İyi Tarım Uygulamaları konusunda eğitilmesi, sorunlarının giderilmesi ve maliyet konusunda destek olunması gerekmektedir. Günümüzde gelişmiş ülkelerde fındık tarımında teknolojik kullanımlar artarken, Türkiye' de fındık tarımı eski gelenekler ve az olanaklar ile yapıldığı için hasat, harman ve depolama aşamalarında ürün mikroorganizmalar özellikle küfler tarafından zarar görmektedir. Fındık işçisi maliyetleri çok yüksek olduğundan, fındığın yere dökülmesi beklenmektedir. Hasat edilen fındıklar toprak zeminlere serilerek güneşte kurutulmaktadır. Hasat ve harman aşamalarında toprak ile aşırı temas eden fındık taneleri küflerin yoğun kontaminasyonuna maruz kalmakta ve aflatoksin oluşma riski artmaktadır. Toprakta doğal olarak bulunan küfler, özellikle fındık için önemli olan Asper-

gillus cinsi, fındık toprakla temas ettiği sürenin uzunluğuna bağlı olarak fındığa bulaşmaktadır. Fındığa daha çok topraktan bulaşın küfler uygun olmayan hasat, harman ve depolama aşamalarında çoğalarak aflatoksin oluşturmaktadır. Türkiye’de fındıklar geleneksel olarak toprak üstünde (harmanda) kurutulmaktadır. Hava koşullarına bağlı olarak yağışlı hava koşullarında kuruma süresinin uzun olması nedeniyle küf oluşumuna ve ardından aflatoksin oluşumuna maruz kalabilmektedir. Bu durum fındık ihracatında ve insan sağlığında büyük risk oluşturmaktadır (Demir ve ark., 2002). Küresel fındık üretimi her yıl %5’ten fazla artıyor ve Türkiye (%75), pazar payını kaybetmemek için sorunları en aza indirmek için çözüm bulunması gerekmektedir. Bu sorunları en aza indirmek hasat, harman ve depolama aşamalarının bilinçli yapılabilmesi için çiftçi eğitimlerine ve lisanslı depoların artırılmasına önem verilmelidir. Dünya verim sıralamasında son sırada olma durumunun yükseltmek için toprak analizlerinin yapılması ve gerekli gübreleme miktarları belirlenmelidir. Zararlılar ile mücadele için uygun yöntemler araştırılmalı ve çiftçi işbirliği ile uygulamalar yapılmalıdır. Türkiye’de, Fındık üreticilerinin ve satıcılarının en büyük sorunlarından biri, bölgede fındığı sağlıklı ve bozulmadan depolayacak kontrollü depoların olmamasıdır. Bu kapsamda lisanslı depoculuğun yeterli sayıda çoğalması, üretici fındığını güvenle makul fiyatlarda depolayabilmesi için yetkili kurumları ve kuruluşlar teşvik edilmelidir. Lisanslı depoculuğun yaygınlaşmasıyla güvenli, sigortalı ve sağlıklı depolama imkânı sağlanacaktır. Ayrıca üretici ürününü, fiyatların en yüksek olduğunu düşündüğü dönemde satma imkânı bulacak ve böylelikle fındığın gerçek değerinden satışının sağlanması gibi birçok avantaj sağlanacaktır (TMO, 2021).

Fındığın Besin Değeri Ve Sağlığa Faydaları

Fındık, ekonomiye katkısının ötesinde, besin değerlerinin çok iyi bilindiği dünya çapında popüler bir üründür. Eski kaynaklarda fındığın yara iyileşmesi ve hastalıklardan iyileşmek için kullanıldığı yazılmaktadır (Casas-Agustench P, Salas-Huetos A & Salas-Salvado J, 2011). Giresun yöresinde geleneksel beslenmede kanser önleyici, bağışıklık geliştirici ve her derde deva olarak bilindiği için Giresun yöresi halkı kış hastalıklarından korunmak için çerezlik fındığa önem verir. Kış akşamalarının vazgeçilmez yemişidir. Giresun halkının uzun yaşama kaynağı fındık olduğu düşünülebilir.

Alaşalvar ve ark. (2003), Giresun Kalite Fındığın bileşenlerini; %61 yağ, potasyum, fosfor, magnezyum, kalsiyum, selenyum, E vitamini (%24 mg), B kompleks vitaminleri ve diyet lif kaynağı olduğunu, başlıca amino asitleri glutamik asit, arginin ve aspartik asit olarak rapor etmişlerdir. Ayrıca Giresun Kalite Fındıkta 21 serbest aminoasit, 6 şeker ve 6 organik asit tanımlanmıştır. Fındığın hayati bir besin kaynağı olduğu bildirilmiştir. 100 g fındık ortalama 628 kalorilik enerji, %15 protein, %60-65 yağ içerir. 100 g iç fındık bir insanın günlük protein ihtiyacının %26’sini karşılamaktadır. Esansiyel aminoasitler ve yağ asitleri bakımından oldukça besleyici ve sağlıklıdır. Mineral olarak demir,

bakır, manganez, magnezyum ve fosfor oranları günlük ihtiyacın yarısını karşılayacak miktarlardadır. 100 g fındık günlük E vitamini ihtiyacının tamamını, B1 vit. (Tiamin) ihtiyacının yarısını karşılar. K, C ve B kompleks vitaminleri önemli miktarlarda içerir. (Alaşalvar ve ark., 2003; Köksal, 2006). Kabuklu yemiş türleri arasında fındık insan beslenmesinde ve sağlığında büyük rol oynamaktadır. Bunun nedeni, yağ (esas olarak oleik asit), protein, karbonhidrat, vitaminler (E vitamini), mineraller, diyet lifi, fitosteroller (beta-sitosterol), antioksidanlar ve fenoliklerden oluşan kendine özgü bileşimidir (Alaşalvar, 2006; Özdemir ve ark., 2001). Fındığın besinsel özellikleri ve hoş aroması onu çeşitli gıda ürünleri için eşsiz ve ideal bir içerik haline getirmiş, dünyada fındığın üretim ve ticaretinin artmasını sağlamıştır. Son yıllarda fındığın besin içeriği ve sağlığa faydaları konusunda çalışmalar hız kazanmıştır. Bu çalışmalarda, Giresun Kalite Fındığın besin bileşenlerinin, diğer fındıklardan daha yüksek olduğu rapor edilmiştir (Alaşalvar ve Bolling, 2015). Kuruyemişler bir dizi biyoaktif madde ve sağlığı teşvik eden bileşenler içerir. Oldukça besleyicidirler ve makro besinler (yağ, protein ve karbonhidrat), mikro besinler (mineraller ve vitaminler), yağda çözünen biyoaktif maddeler (MUFA, PUFA, monoasilgliseroller, diaçilgliseroller, TAG, fosfolipidler, sterol), antioksidanlar, fitatlar, terpenler, fitoöstrojenler içerirler. Kuruyemişler sağlığı teşvik eden yönleriyle, özellikle de kalp hastalıkları riskini azaltmadaki rolleriyle bilinir. Bunun nedeni kuruyemişlerin uygun lipit profiline ve düşük glisemik yapısına bağlı olabilir. Diğer kanıtlar, artan fındık tüketiminin antioksidan savunmayı artırdığını ve yüksek risk altındaki popülasyonlarda inflamasyonu azalttığını göstermektedir. Bilimsel çalışmalar, artan fındık tüketiminin kanser riskini azaltabileceğini, bilişsel işlevlere fayda sağlayabileceğini, astım ve inflamatuvar barsak hastalığı risklerini azaltabileceğini ileri sürmektedir. Fındığın sağlık açısından faydalarını araştıran son çalışmalar, fındık tüketiminin kardiyovasküler hastalık riskini azaltacağını rapor etmektedir. ABD Gıda ve İlaç Dairesi, günde 42,5 gr kabuklu yemiş tüketiminin kalp hastalıkları riskini azaltacağını bildirmiştir (FDA, 2005). Avrupa Gıda Güvenliği Komisyonu (EFSA), dengeli beslenme sağlanması için günde 30 gr ceviz tüketimini madde olarak beyan etmiştir (Alaşalvar ve Bolling, 2015). Kalp, akciğer ve kanser hastalığı gibi hastalıklardan ölüm oranları kabuklu yemiş tüketimi ile ters orantılı olduğu rapor edilmiştir (Bao ve ark., 2013). Fındık, zarında bulundurduğu önemli diyet lif ve selüloz oranı ile bağırsak sağlığının korur, bağırsak hastalıklarında kabızlığı önlemek için tüketilmelidir (Tunçil, 2020). Kara ve ark. (2019) yaptıkları çalışmada, fındık takviyeli diyet ile beslenen ratlarda sperm kalitesini, seminal plazma ve plazma oksidatif stresini, seminal plazma E vitamini ve plazma testosteron düzeylerini iyileştirmiştir. Mevcut çalışma, fındık takviyeli diyetin yaşlı erkek sıçanlarda testislerin antioksidan fonksiyonunu ve semen kalitesini önemli ölçüde iyileştirdiğini göstermiştir. Başka bir çalışmada, fındıkla zenginleştirilmiş diyetin, hiperlipidemik ve normolipidemik bireylerde lipit ve lipoprotein düşürücü etkilerinin ötesinde endotel fonksiyonunu, düşük

yoğunluklu lipoprotein (LDL) oksidasyonunu ve inflamatuvar belirtileri iyileştirerek anti-aterojenik etkiler gösterebileceği bulunmuştur (Orem ve ark., 2013). İspanya’da yapılan bir çalışmada, 2208 hamile anne (ilk ve üçüncü trimester başlayarak), doğum, 1.5, 5 ve 8 yaş dönemlerinde çocukların fındık tüketimi ile gelişimi arasında gelişmeleri izlemiştir. 8 yaşına kadar takip edilen çocuklarda; nöropsikolojik gelişme, Bebek Gelişimi, yetenekleri, dikkatleri test edilmiştir. Hamileliğin erken döneminde fındık alımı, uzun vadeli çocuk nöropsikolojik gelişimini desteklediğini göstermiştir (Gignac ve ark., 2019). İnsan beyni üzerindeki potansiyel olumlu etkileri olduğu bildirilmiştir (Pribis ve Shukitt-Hale, 2014). Önceki çalışmalar, kuruyemişlerin yaşlanan yetişkinlerde çeşitli beyin fonksiyon bozuklukları üzerinde etkili olduğunu belirtmiş ve yemişin nöroprotektif bileşenlerinin ve biyolojik mekanizmalarının daha fazla araştırılması gerektiğinin altını çizmiştir. Fındıklarla desteklenen Akdeniz diyetine odaklanan randomize kontrollü bir çalışma, yaşlı popülasyonda yaşa bağlı bilişsel işlev azalmasında azalma gözlemlendi (Valls-Pedret ve ark., 2015). Önemli bir bileşen olarak fındık içeren bir diyet düzenine sahip yaşlı bireyler arasında yapılan diğer çalışmalar da depresyon ve hafif bilişsel bozukluklarla bir ilişki olduğunu göstermiştir. Diyetinde fındık tüketen yaşlıların bilinç düzeyi tüketmeyenlere göre daha sağlıklı olduğu rapor edilmiştir. (Grosso ve Estruch, 2016). Fındıkta bulunan antioksidanlar, mineraller ve E vit. hücre sağlığını koruyarak cildin sağlıklılığını koruyarak daha parlak ve genç görünmesini sağlıyor. Aynı zamanda UVA/ UVB ışınlarının neden olduğu deri kanserinden cildi koruyor. Antioksidanlarla birlikte flavanoidler cilt hücrelerinin yenilenmesine yardımcı oluyor. E vitamininin de desteğiyle ölü hücreleri ortadan kaldırarak daha sağlıklı ve daha genç görümlü bir cilt sağlıyor.

Giresun Kalite Fındığın hoş aroması besin bileşenlerinin diğer fındıklardan yüksek olmasından kaynaklıdır (Alaşalvar ve ark., 2003). Giresun ilinde yetişen Giresun Kalite Fındığın en büyük farkı yağ oranında (% 61-68) ve yağ asitleri kompozisyonundadır. Diğer bileşenleri; mineraller, vitaminler, diyet lifi, amino asitler ve tat aktif bileşenleri (serbest amino asitler, şekerler ve organik asitler) bakımından da yüksektir. Başlıca mineralleri potasyum, fosfor, kalsiyum, magnezyum ve selenyumdur. Fındığın ayrıca mükemmel bir E vitamini kaynağı (24 mg/100 g) ve iyi bir B kompleksi vitamin ve diyet lifi kaynağı olduğu bulunmuştur. Başlıca amino asitler glutamik asit, arginin ve aspartik asittir. Yirmi bir serbest amino asit (arginin, glutamik asit, aspartik asit oranı yüksek), altı şeker (sakaroz yüksek) ve altı organik asit (malik asit yüksek) tanımlanmıştır; bu tat aktif bileşenler fındığın tat ve lezzet özelliklerinde önemli bir fark oluşturmaktadır. Dolayısıyla, mevcut sonuçlar Tömbül fındığının iyi bir hayati besin kaynağı ve tat aktif bileşenleri olarak hizmet ettiğini göstermektedir (Alaşalvar ve ark., 2003). Fındık kabuğunda bulunan Flavan-3-oller antioksidan, antikarsinojen, kardiyopreventif, antimikrobiyal, antiviral ve

nörokoruyucu özellikleriyle insan sağlığına faydalı etkiler göstermektedir. Bu nedenle fındık kabuğundan elde edilen fenolik ekstraktın gıda ve ilaç endüstrilerinde doğal bir antioksidan, fonksiyonel içerik ve besin takviyesi olarak potansiyel olarak kullanılabilmesi düşünülmektedir (Alasalvar ve ark., 2009a,b). Fındık, diğer kabuklu yemışlere göre yağ oranının yüksek olması ile çok iyi bir enerji kaynağıdır, vücuda güç ve enerji verir, beden ve zihin yorgunluğunu giderir. HDL kolesterolü yükselterek kalp ve damar sağlığı açısından çok faydalıdır. LDL kolesterolü düşürür, mineral dengesinden dolayı kalp ritmini ayarlamaya yardımcı olur. Düzenli olarak her gün fındık yemek kalp krizi geçirme riskini azaltmakta çok etkilidir. Demir ve fosfor oranı ile kansızlığa iyi gelir, vücut ve kemik gelişimini destekler. Hamilelerin hem kendileri için hem de doğacak çocukları için fındık yemeleri çok faydalıdır. Cinsel gücü artırır, varislere iyi gelir. E ve C vitaminlerinin yüksek olması ile soğuk algınlığı ve viral enfeksiyonlara karşı koruyucudur. Besleyici bileşimi ile Akciğer hastalıklarına da faydalıdır. Ayrıca, cildi güzelleştirdiği bilinmektedir. En önemli özelliği ise yaşlanmayı geciktirir ve ömrün uzamasına yardımcı olur (Köksal ve ark., 2006). Selenyum oranı yüksek olduğu için yara iyileşmesi ve beyin gelişimini destekler (Dündar ve Altundağ, 2004).

Özet olarak, Fındık bağıışıklığı kuvvetlendirir, Fındık yağı. E ve C vitamini, selenyum ve demir açısından oldukça zengin bir kaynaktır. E vitamini, kırmızı kan hücrelerinin parçalanmasını önleyerek anemi riskini azaltır. Yemeklerde önce tüketildiğinde tok tutar ve kanda şekerin yükselmesini önleyerek diyabet riskini azaltır. Fındıkta bulunan protonosiyanidiner, beyin sağlığını destekleyerek unutkanlığı ve Alzheimer rahatsızlıklarının önlenmesine yardımcı olur. B vitaminlerince özellikle B6 vitamini içeriği zengindir, sinirlerin sağlığını korur. Çiğ ve doğal fındıkta özellikle fındık zarında diyet lif oranı yüksektir, bağırsakların çalışmasını sağlar ve kilo kontrolüne faydalıdır. Ancak, günlük 40 gr fazla tüketimlerde kilo artışına neden olur. Bilimsel çalışmalar kanser önleyici bileşenlere (beta-sitosterol) sahip olduğunu rapor etmiştir. Yaşlanmayı geciktir, cildi korur, hormon sağlığını koruduğu için kısırlığı önler, hamilelik süresince tüketilmesi anne sağlığını ve çocuğun gelişimini iyileştirir.

Fındığın içerdiği Omega-3 yağ asitleri ile bebeğin beyin gelişimini desteklediği, gebelikte folat folat (vitamin B-9) kırmızı kan hücresi oluşumunda, sağlıklı hücre büyümesi ve fonksiyonu için önemlidir. Özellikle bayanlarda erken doğum sırasında, bebeklerde oluşabilecek beyin ve omurga sorunlarının azaltılması için oldukça önemli bir vitamindir.) eksikliğini giderdiğinden, bebeklerin fiziksel ve zihinsel büyümesine katkıda bulunmaktadır. Bu bakımdan gebelikte 30 gramlık bir porsiyon fındık, bünyenin ihtiyaç duyduğu folatın %17'ni karşılayabilmektedir. Hem anne adayının hem de bebeğin sağlığı için çok önemli olan Omega 3 yağ asitlerinin balık dışında, fındık, fıstık, badem ve ceviz gibi çerezlerden de alınması vücutta kan basıncını düşürerek inme

riskini azaltmaktadır. Hamilelik dönemlerinde tüketilen günde bir avuç fındık, bebeğin beyin gelişimini çok güçlü bir şekilde desteklemektedir.

Fındığın Kullanım Alanları

Türkiye’de fındığın %80 i ihraç edilirken, %15-20’si iç pazarda tüketilmektedir. Bunun çoğu fındık kreması üretiminde kullanılmaktadır. Yetersiz tanıtım ve bilgi eksikliği, fiyatların yüksek bulunması, çerez olarak tüketiminin yaygın olmaması ile ikame ürünlerin fazlalığı gibi etkenler tüketimin arttırılmasındaki en önemli engelleri oluşturmaktadır. Türkiye’de fındık tüketimi çoğunlukla çerezlik olarak yapılmakta olup fındık yağı, fındıklı çikolata, fındık kıyması ve diğer mamullerin tüketimi istenilen seviyenin altında kalmaktadır. Çerezlik olarak kişi başına tüketim yıllık 1,5-2 kg olarak tahmin edilmektedir. Dünyada kullanım şekli olarak, fındık meyvesinin % 80 i püre, dilimlenmiş, kıyılmış, öğütülmüş ve bütün olarak çikolata sanayisinde ve fındık kreması olarak kullanılır. Kalan kısım fırıncılık ürünlerinde ve kuruyemiş olarak kullanılır. Son yıllarda şekerleme sanayisinde ve kahve yapımında kullanılmaya başlanmıştır. Bunların dışında üretim fazlası fındıklardan yağ elde edilir. Zeytinyağından daha üstün yağ asiti kompozisyonuna sahip olan fındık yağı mutfaktan ilaç sanayisine birçok alanda kullanılmaktadır. Fındık yağı üretiminden kalan fındık küspesi hayvan yemi olarak kullanılır. Besin olarak tüketiminin dışında fındık meyvesi atıkları ve fındık ağacının birçok kullanım alanları vardır. Fındık ağacı ve kabuğu yakacak olarak, fındık ağacından sepet ve çeşitli ağaç örgü sanatları yapımında kullanılır. Fındık zuruh ve yaprakları hayvanların altına serilerek hayvanların sağlığını korurken çok değerli organik gübre oluşumunu sağlar (GTB, 2023).

Sonuç olarak, lider üretici ülke olarak, fındık yetiştiriciler hariç, Türk halkı fındıktan yeterince yararlanamıyor. Fındığın bileşiminde bulunan insan vücudu için önemli bileşenler; esansiyel yağ asitleri ve aminoasitler, vitaminler, mineral maddeler, antioksidanlar, HDL kolesterolü ve birçok vücuda yararlı besin ögesi; kalp hastalığı, şeker hastalığı, kanser ve Alzheimer gibi hastalıkların önlenmesinde, günde 40 gr tüketilmesi sağlığa yararlarından dolayı önerilmektedir. Fındığın sağlığa faydalarını görülmesi için en az 6 ay düzenli olarak tüketilmesi gerekir. Genellikle 6 ay- 1 yıl sonra kan değerlerinde kayda değer iyileşme görülmektedir. Fındık piyasada çok pahalı olduğu için Türk halkının kişi başına tüketimi, yılda 1-2 kg gibi çok düşük miktarlardadır.

Kaynaklar

- Demir, C., Şimşek, O., Hamzaçebi, H. 2002. Fındıkta Küf Florası ve Aflatoksin Oluşumunun Araştırılması. *Gıda*. 27,4: 291-295.
- Alasalvar, C., Shahidi, F., Liyanapathirana, C. M., & Ohshima, T. (2003). Turkish Tombul Hazelnut (*Corylus avellana* L.). 1. Compositional characteristics. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 51(13), 3790–379.
- Alasalvar, C., Amaral, J. S., & Shahidi, F. (2006). Functional lipid characteristics of Turkish Tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.). *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 54, 10177–10183.
- Alasalvar, C., Hoffman, A. M., & Shahidi, F. (2009a). Antioxidant activities and phytochemicals in hazelnut (*Corylus avellana* L.) and hazelnut by-products. In C. Alasalvar, & F. Shahidi (Eds.). *Tree nuts composition, phytochemicals, and health effects* (pp. 215–236). Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Alasalvar, C., Shahidi, F., Amaral, J. S., & Oliveira, B. P. P. (2009b). Compositional characteristics and health effects of hazelnut. In C. Alasalvar, & F. Shahidi (Eds.). *Tree nuts composition, phytochemicals, and health effects* (pp. 185–214). Boca Raton, FL: CRC Press Taylor & Francis Group.
- Alasalvar, C., & Bolling, B. W. (2015). Review of nut phytochemicals, fat-soluble bioactives, antioxidant components and health effects. *British Journal of Nutrition*, 113, 68–78.
- Cristofori, V., Ferramondo, S., Bertazza, G., Bignami, C. 2008. Nut and kernel traits and chemical composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) cultivars. *J Sci Food Agric* 88:1091–1098.
- FDA, Food and Drug Administration (2004) Qualified Health Claims: Letter of Enforcement Discretion – Walnut and Coronary Heart Disease (Docket No. 02P-0292). Washington, DC: Food and Drug Administration.
- Fideghelli, C and F.R. De Salvador, (2009). WORLD HAZELNUT SITUATION AND PERSPECTIVES. *ISHS Acta Horticulturae* 845: VII International Congress on Hazelnut. 10.17660/ActaHortic.2009.845.2.
- GFAEM. Giresun Fındık Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Fındık projesi <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/findik>. Erişim: 12.12 2023.
- İslam, A. (2018). Hazelnut culture in Turkey. *Akademik Ziraat Dergisi* 7(2):259-266.
- KİB, Karadeniz İhracatçılar Birliği. <https://kib.org.tr/files/Sezon0808.pdf>. erişim, 21.12.2023.
- KFMİB, Karadeniz Fındık ve Mamulleri İhracatçıları Birliği.
- FAOSTAT (2017). Food and Agriculture Data. Retrieved from: <http://www.fao.org/fao-stat/en/#data/QC> Accessed September 3 2019.
- Köksal, İ., Artık N., Şimşek, A., Güneşi N. 2006. Nutrient composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chem* 99:509–515 (2006).

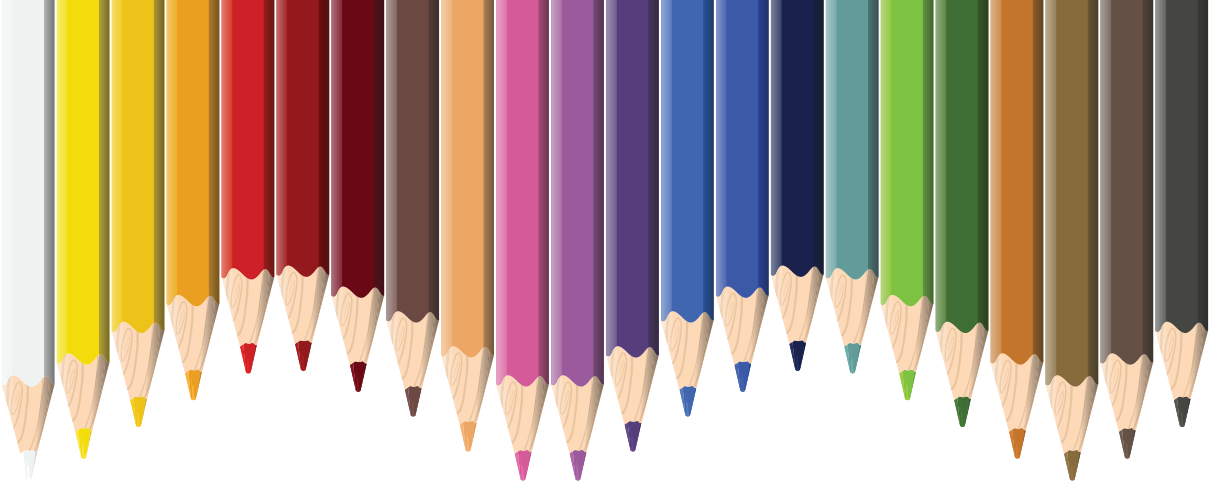
- Tunçgil, Y. E., (2020). Dietary fibre profiles of Turkish Tombul hazelnut (*Corylus avellana* L.) and hazelnut skin. *Food chemistry*. *Food Chemistry*. 316, 30-126338.
- Casas-Agustench P, Salas-Huetos A & Salas-Salvado J (2011) Mediterranean nuts: origins, ancient medicinal benefits and symbolism. *Public Health Nutr* 14, 2296 – 2301.
- Bao Y, Han JL, Hu FB, et al. (2013) Association of nut consumption with total and cause-specific mortality. *N Engl J Med* 369, 2001 – 2011.
- Özdemir M, Açıkturk F, Kaplan M, Yıldız M, Löker M, Gürkan T, et al. (2001). Evaluation of new Turkish hybrid hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties: fatty acid composition, α -tocopherol content, mineral composition and stability. *Food Chem* 73:411–415.
- Öztürk, D., İslam, A. 2019. Türkiye’de eski ve yeni üretim bölgelerinde fındık yetiştiriciliği yapan işletmelerin tarımsal üretim açısından karşılaştırmalı analizi . *Akademik Ziraat Dergisi Cilt: 8 Özel Sayı: 99-106*.
- GTB. (<https://www.giresuntb.org.tr/findik.php?findik=turkfindik>, erişim: 21.12.2023).
- TEPGE, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü. 2023. Fındık ürün raporları. <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Menu/37/Urun-Raporlari>. Erişim: 22.12.2023.
- TMO. Toprak Mahsülleri Ofisi. <https://www.tmo.gov.tr/hububat/7/findik>, erişim: 21.12.2023.
- Kara, H., Örem, A., Yulug, E., Balaban 2019. Hazelnut consumption improves testicular antioxidant function and semen quality in young and old male rats. *Food Chemistry*. 294.: 1-8.
- Örem, A., Balaban, F., Örem, C., Akcan, B., Kural, B. ve ark. (2013). Hazelnut-enriched diet improves cardiovascular risk biomarkers beyond a lipid-lowering effect in hypercholesterolemic subjects. *Journal of Clinical Lipidology*, 7, 2: 123-131.
- Gignac, F., Romaguera, D., Fernández-Barrés, S., Phillipat, C., Garcia Esteban, R., López-Vicente, M., Vioque, J. ve ark. 2019. Maternal nut intake in pregnancy and child neuropsychological development up to 8 years old: a population-based cohort study in Spain. *European Journal of Epidemiology*, 34:661–673.
- Pribis P, Shukitt-Hale B. Cognition: the new frontier for nuts and berries. *Am J Clin Nutr*. 2014;100(SUPPL. 1):347–51.
- Klimova B, Kuca K, Valis M, Hort J. Role of nut consumption in the management of cognitive decline—a mini-review. *Curr Alzheimer Res*. 2018;15(9):877–82.
- Valls-Pedret C, Sala-Vila A, Serra-Mir M, et al. Mediterranean diet and age-related cognitive decline. *JAMA Intern Med*. 2015;175(7):1–10.
- Grosso G, Estruch R. Nut consumption and age-related disease. *Maturitas*. 2016;84:11–6. 8. Cusick SE, Georgief MK. The Role of nutrition in brain development: the golden opportunity of the “first 1000 days”. *J Pediatr*. 2016;175:16–21.
- Şimşek, A., Aykut, O. 2007. *International Journal of Food Sciences and Nutrition*

Volume 58, 2007 - Issue 8 Evaluation of the microelement profile of Turkish hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties for human nutrition and health

Açkurt F, Özdemir M, Biringen G, Löker M. Effects of geographical origin and variety on vitamin and mineral composition of hazelnut (*Corylus avellana* L.) varieties cultivated in Turkey. *Food Chem* 1999; 65: 309–313.

Dünder MS, Altundağ H. Selenium content of Turkish hazelnut varieties: Kara Findik, Tombul and Delisava. *J Food Compos Anal* 2004; 17(6)707–712.

FAO, Food and Agriculture Organization of The United Nations. 2004. Agricultural statistics. Available online at: <http://faostat.fao.org/faostat/collections?version>. (Accessed 07/10/2005).



Bölüm 7

PESTİSİTLERİN BALIKLAR ÜZERİNE ETKİLERİ

Mustafa DÖRÜCÜ¹

Sibel DOĞAN²

Mücahit YÜNGÜL³

1 Prof. Dr. , Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Balık Hastalıkları ABD, Elazığ/Türkiye, ORCID: 0000-0002-1330-4965/ mdoorucu@firat.edu.tr

2 Arş. Gör. Dr., Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Balık Hastalıkları ABD, Elazığ/Türkiye ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4569-5435/> sibeldogan023@gmail.com.tr

3 Yük. Müh., Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Elazığ/Türkiye ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4226-0225/mucahityungul@hotmail.com>

1. GİRİŞ

Pestisit, tarımsal arazilerde karşılaşılan zararlılar, insanların yaşadığı ekosisteme zarar veren yabancı otlar, bitki patojenleri, böcekler, kuşlar, memeliler, yumuşakçalar, balıklar, parazitler ve mikroorganizmalar gibi zararlı biyolojik organizmaları ortadan kaldırmak ya da belirli bir yoğunluğun altına düşürmek üzere üretilmiş kimyasal maddelerdir (Mensah vd., 2014; Atmaca, 2016).

Bu kimyasalların faydalarının yanı sıra zararlarının da olması kaçınılmazdır. Gerekli doz ve sürelerde uygulandığında faydalı olan bu kimyasallar dikkatsiz ve yoğun kullanımları durumunda; bir yandan hedefte olmayan canlıları etkileyebilirken, diğer yandan da toprak ve sucul ekosistemi kirletebilirler. Pestisitler her ne kadar belirli bir yer veya bölgeye özgü olarak kullanılsa da; yüzey akıntıları yoluyla veya atmosfere buharlaşma ve topraktan sızma yoluyla bir ekosistemden diğerine taşınabilirler (Mensah vd., 2014; Atmaca, 2016).

Pestisitlerin su kaynaklarına taşınmaları ise yukarıda belirtilen taşınma yollarına ek olarak; suda yaşayan hayvansal organizmalar veya bitkilere karşı yapılan ilaçlamalar, kanalizasyon atıkları (yağmur suları, lağım suları vb.), drenaj suları ve sulama sularına pestisitlerin bulaşması ya da pestisit imalat atıklarının deşarjı ile olmaktadır (Atamanalp ve Yanık, 2001).

Pestisitlerin balıklara toksik etkileri; suyun pH, sertlik ve sıcaklık gibi özelliklerinden etkilenmektedir. Bunun yanında kimyasalın ve balığın türü, maruz kalma süresi, tekrarlanma sıklığı da belirleyici diğer etkenlerdir. Pestisitlerin balıklar üzerindeki etkileri farklı şekillerde görülebilir. Pestisitler balıklar üzerinde direkt olarak ölümlere yol açabileceği gibi üremeyi etkilemek suretiyle balık popülasyonları üzerinde de etkili olmaktadır. Ayrıca pestisitler, dokularda meydana getirdiği hasar ile balıklarda duyarlılığa yol açarak; balıkların çevre koşullarındaki değişimler ve geçici açlık sorunları nedeniyle gereğinden daha fazla etkilenmesine sebep olurlar. Bu olumsuz durumlardan, özellikle yavru balıklar hassas oldukları için daha fazla etkilenirler (Toros ve Maden, 1991; Atamanalp ve Yanık, 2001; Atamanalp ve Aras, 2003; Kılınç ve Bulat, 2021).

Pestisitler içerisinde önemli bir yere sahip olan organoklorin insektisitlerin kullanımında ise en büyük tehlikenin, su kaynaklarına bulaşma riskleri olduğunda ortaya çıkmasıdır. Çünkü balıklar ve suda yaşayan diğer organizmalar, suda kimyasalları absorbe ederek yağ dokusunda depolama kapasitesine sahip olduklarını gösterirler (Miranda vd., 2008). Bu durum, balıkların solunumları esnasında solungaçlarından büyük miktarda suyu geçirerek daha da önem kazanmasına sebep olmaktadır. Bu esnada organoklorin bileşikler; sudan absorbe edildikten sonra balığın bünyesinde barındırılıp, solungaçlarından oksijen alımını engelleyerek balığın ölümüne neden olabilmektedir (Atamanalp ve Yanık, 2001; Bervoets vd., 2009; Güner, 2017).

Dolayısıyla yeterli bilgi birikimine sahip olmadan yapılan veya bilinçsizce yapılan tarım uygulamaları sonucunda, insan sağlığını tehdit eden ciddi sorunlarla karşı karşıya kalınmaktadır. Bu sorunlar sadece insan sağlığı ile sınırlı kalmayıp; hava, su ve toprakta ciddi bir çevre kirliliğine de sebep olmaktadır. Bu nedenle kaynakların korunup rasyonel bir şekilde kullanımı; ekonomik gelişmeler ve kalkınma açısından ve de temel ihtiyaçlar bakımından dünyanın en önemli gündemini teşkil etmektedir (Delen vd., 2005; İkincikarakaya vd., 2013).

2. PESTİSİTLERİN TANIMI

Pestisitler; istenmeyen bitki, yosun, böcek ve kemirgen canlılar ile diğer zararlı organizmaların önlenmesi için uygulanan kimyasal maddelerdir. Bu kimyasalların kullanımı çevre koşulları üzerinde olumsuz etkilere sebep olurlar (TÇSV, 2003; Şimşek Köprücü vd., 2008; Köprücü ve Şeker, 2008; Özdemir Atay, 2007; Göksu, 2015). Bu bağlamda pestisitleri başka bir ifadeyle tanımlayacak olursak eğer; zararlı böcekler ve yabancı otlar gibi tarımsal ürünlerin azalmasını sağlayan maddeler ile bitki hastalıkları ve zararlıları ile mücadelede kullanılan kimyasal maddelerin tümüne birden verilen genel bir isimdir. Pestisit terimi Latince kökenli olup dar anlamda “hastalık öldürücü” anlamına gelmektedir. Ayrıca pestisitler; besin maddelerinin üretim, tüketim ve depolanma aşamalarında besinlerin değerlerini bozan ve bitkilere zarar veren böceklerin, mikroorganizmaların ve diğer zararlıların yok edilmesi için kullanılan kimyasal bileşikler olarak da tanımlanırlar (TÇSV, 2003; Özdemir Atay, 2007; Göksu, 2015).

19. yy’ın son dönemi ile 20. yy’ın ilk dönemlerinde pestisitler yaygın olarak kullanılıp; bu pestisitlerin büyük bir çoğunluğunu kimyasal yapılarına göre inorganik pestisitler oluşturmaktadır. Organik pestisitler ise az miktarda bulunmaktadır. İkinci dünya savaşından önce birkaç organik kökenli pestisit dışında kullanılan diğer pestisitlerin tamamına yakınının inorganik kökenli pestisitlerden oluştuğu bilinmektedir. 1945 yılından itibaren klorlu hidrokarbonlar, organik fosforlu insektisitler ile organik fosforlu karbamatların tarım alanlarında kullanımına başlanmasıyla birlikte pestisit endüstrisinde hızlı bir ilerleme kaydedilmiştir. Ayrıca hastalıklar ve zararlılarla mücadelede pestisitler ayrı bir önem kazanmıştır (Özdemir Atay, 2007).

Belli bir organizmaya karşı kullanılan ideal bir pestisit; sadece hedef organizmayı etkilerken, diğer organizmalara da zarar vermemektedir. Buna göre seçiciliği yüksek kimyasal maddeler belli bir derişimde istenmeyen canlıları öldürürken, diğer hayvan ve bitkileri de fazla etkilememektedir. Dolayısıyla tam bir seçicilik mümkün olmamaktadır. Ayrıca olumsuz çevresel etkileri kısıtlanmış bazı pestisitlerin günümüzde kullanımı ya yasaklanmış ya da sınırlı tutulmuştur (Uslu ve Türkman, 1987; Özdemir Atay, 2007).

Bazı pestisitler kısa bir zaman içerisinde akut zehirlilik etkisi gösterip, kolaylıkla kimyasal bileşenlerine ayrılabilirler. Bu pestisitler sınırlı bir bölgede önemli zararlara yol açsalar da, uzun süreler içerisinde kirliliğe neden olmazlar. Bazı diğer pestisitlerde ise akut zehirlilik etkisi az olup, dayanıklılığı daha fazla olabilir. Bu tip pestisitler uzak mesafelere taşınıp, uygulama alanlarının dışında başka bölgelerde de zararlara neden olabilmektedirler (Uslu ve Türkman, 1987; Özdemir Atay, 2007).

Bütün bu durumlar göz önünde bulundurulduğunda, ideal bir pestisitte aranan genel özellikler aşağıdaki şekilde sıralanabilir: (Uslu ve Türkman, 1987; Özdemir Atay, 2007; Göksu, 2015)

- İstenmeyen hastalık ve zararlı organizmaları kontrol edebilme özelliğine sahip olmalıdır.
- Hedefte olmayan canlılara zarar vermemelidir ya da o canlıya karşı mümkün olduğunca seçici olmalıdır.
- Uygun bir sürede ekolojik olarak kabul edilebilir ürüne dönüşmelidir.
- Uygulama bölgesinde kalabilmelidir.
- Çevrede birikme potansiyeli olmamalıdır.

3. PESTİSİTLERİN SINIFLANDIRILMASI

Zararlılarla mücadele amacıyla kullanılan pestisitleri; etki ettikleri zararlı organizmaların gruplarına, fiziksel yapı ve formülasyon şekillerine, biyolojik dönemleri ve durumlarına, bileşimindeki aktif madde grubuna, akut toksisitesine ve kullanım tekniklerine göre farklı yönleriyle sınıflandırmak mümkündür. Ayrıca zararlı organizmaların buldukları yerler ve konakçıların durumlarına göre de pestisitler sınıflandırılmaktadır. Bütün bu sınıflandırmalara göre en çok kullanılan sınıflandırma şekilleri ise etki ettikleri zararlı organizma gruplarına ve de bileşimindeki aktif madde grubuna göre yapılan sınıflandırmalardır (Tablo 1). Buna göre bu sınıflandırmadaki en önemli pestisit gruplarını insektisitler, fungusitler ve herbisitler oluşturmaktadır (Egemen, 2006; Tiryaki vd., 2010; Karasakal, 2013; Göksu, 2015; Soyulu, 2018).

Tablo 1. Zararlı Organizma Gruplarına Göre Kullanılan Pestisit Türleri (Karasakal, 2013; Göksu, 2015; Soylu, 2018)

Pestisit Grupları	Kullanım Amacı
İnsektisitler	Böcekleri Öldürmek
Fungusitler	Mantar Öldürmek
Fungostatikler	Mantarların Gelişimini Durdurmak
Herbisitler	Yabancı Otları Öldürmek
Akarisitler	Akarları Öldürmek
Bakterisitler	Bakterileri Öldürmek
Afisitler	Yaprak Bitlerini Öldürmek
Rodentisitler	Kemiricileri Öldürmek
Nematositler	Nematotları Öldürmek
Molluskisitler	Yumuşakçaları Öldürmek
Algisitler	Algleri Öldürmek
Avenisitler	Kuşları Öldürmek veya Kaçırarak
Pedikulisitler	Bitleri Öldürmek
Larvisitler	Sivrisinek Larvalarını Öldürmek

Bu pestisitler kimyasal yapılarına ve bileşimindeki aktif madde grubuna göre dört farklı grup halinde de sınıflandırılabilir (Özdemir Atay, 2007; Soylu, 2018).

3.1. Klorlanmış Hidrokarbonlar

Klorlanmış hidrokarbonlar, genellikle karbon-hidrojen içeren organik maddelerin klorlanmasıyla elde edilirler. Klorlanmış hidrokarbonların olumsuz etkilerinin dışında, çevre kirliliğine neden olma gibi olumsuz etkilerinin olduğu da bilinmektedir. Klorlanmış hidrokarbonların diğer pestisit gruplarına göre daha çok tercih edilmesi ve bunların doğal şartlara daha dayanıklı olmaları, çevre kirliliğine neden olma durumlarının başlıca sebepleri arasında sayılabilir (Özdemir Atay, 2007; Soylu, 2018).

Bu gruba dahil olan pestisitlere; DDT, aldrin, dieldrin, lindan, heptaklor, klordan, endosülfan ve toksafen gibi pestisitler örnek olarak verilebilir. Bu pestisitler içerisinde en çok tercih edileni ise DDT olarak bilinen “Diklorodifeniltrikloroetan”dır. Kimyasal adlarının çok uzun olması nedeniyle klorlanmış hidrokarbonlar ve diğer pestisitler kısaltılmış adlarıyla söylenirler. Bir pestisitinin dayanıklılığı, onun doğal şartlarda %95’inin bozulması için geçen süre olarak tabir edilir. Bu nedenle pestisitinin dayanıklı olması çevre bakımın-

dan çok zararlıdır. Bazı pestisitler 1–12 haftada bozulurken, bunlara “orta ömürlü pestisitler” denilmekte; bazı pestisitler de 2 yıl veya daha fazla sürelerde bozulup, bunlara da “uzun ömürlü pestisitler” denilmektedir. Klorlanmış hidrokarbonların büyük çoğunluğu uzun ömürlü olup, bunların içinde en uzun ömürlüsünün DDT olduğu bilinmektedir. DDT'nin %95'inin bozulması için geçen sürenin ise yaklaşık 10 yıl kadar olduğu bildirilmiştir. Bu zaman sürecini dieldrin, endrin, lindan, klordan, heptaklor ve aldrin takip eder. Ancak aldrin'in bile bozulma ömrünün 2 yılın üstünde olduğu açıklanmıştır. Bu bozulma süreleri, adı geçen maddelerin topraktaki bozulma süreleridir (Özdemir Atay, 2007; Soylu, 2018).

Klorlanmış hidrokarbonların kullanımının bazı ülkelerde ve özellikle de Amerika Birleşik Devletleri'nde sınırlandırıldığı bildirilmiştir. Yapılan ilk sınırlama 1973 yılında DDT'ye getirilen sınırlama olup, bunu dieldrin ve aldrin kullanımına yapılan sınırlandırmalar takip etmiştir. Söz konusu bu maddeler kullanıldığı yerlerden dolayı olarak (yağmur, kar suyu, su akıntıları vb.) başka yerlere taşınıp, o yerlerde de zararlı olmaya devam ederler ve bunun sonucunda hedef alınmayan canlı organizmalara da büyük zarar verirler. Dolayısıyla klorlanmış hidrokarbonlar, günümüzde her yerde ve hatta birçok canlı organizmada bulunup, çevre ve sağlık sorunlarına sebep olmuşlardır (Özdemir Atay, 2007; Soylu, 2018).

Sınırlandırılma getirilmeden önce insektisit olarak kullanılırken havaya, suya ve toprağa nüfuz eden DDT'nin birçoğu geçmişten kalan olsa da, halen bazı yerlerde kullanıldığından dolayı birikmeye devam etmektedir. Bu nedenle su ve toprakta bulunan DDT buharlaşarak havaya karışmakta ve sonrasında ise karada ya da yüzey suyunda tortulanmaktadır. Buharlaşma ve tortulanma pek çok kez tekrarlanmakta ve dolayısıyla DDT atmosferdeki çok uzak mesafelere ulaşabilmektedir. Kuzey Kutbu ve Antartika'daki bataklıklarda, kar birikintilerinde ve canlılarda DDT'lerin varlıklarının ayrıca tespit edildiği belirtilmiştir. Dolayısıyla DDT'ler; toprağın sıcaklığına, yapısına, nemine bağlı olarak toprakta yüzyıldan fazla süre ile kalabilmektedir. Ayrıca mikroorganizmaların etkisiyle yıkılarak buharlaşan kimyasallar; havaya karışarak başka alanlara ulaştığında, toprağa sıkıca tutunup yüzey sularına karışmaktadır. Hatta bu kimyasalların tutundukları bazı toprak parçaları da nehirlere ve göllere kadar ulaşabilmektedir. Dolayısıyla yüzey sularının insektisitler ile bulaşması sonucunda, su canlıları özellikle balıklar üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu bilinmektedir (Soylu, 2018).

3.2. Organofosfatlar

Organofosfatlı pestisitler, fosfor ihtiva eden kompleks yapılı organik maddelerdir. 1950'li yıllarda insektisit olarak türetilmişlerdir. Halen de kullanımları çoğunlukla devam etmektedir. Bunun başlıca nedenleri; bazı böceklerin klorlu insektisitlere karşı direnç kazanmalarındır. Ayrıca bu maddelerin

doğal çevre koşullarına karşı klorlu bileşiklere göre daha az dayanıklı olmaları ve çok kısa zamanda deaktive edilmeleridir. Bazı organofosfatların toksik etkileri, çok bilinen klorlu insektisitlerin toksik etkileriyle karşılaştırıldığında bunların daha toksik oldukları görülür. Bu nedenle organofosfatlar klorlanmış hidrokarbonlara göre daha kullanışlıdır (Özdemir Atay, 2007; Soylu, 2018).

3.3. Karbamatlar

Karbamatlar en yeni pestisitlerdir. Bunların hipotetik karbamik asitin türevleri olduğu kabul edilir. Karbamatlar, karbamik asitin organik esterleri veya tuzlarıdır. Esterleşme hipotetik karbamik asit üzerindeki –OH grubu üzerinden gerçekleşir. Karbamatlar çok yönlü pestisitler olup, bunların bazıları insektisit, bazıları fungusit, bazıları da molluskisittir. Karbamatlar, dayanıklılık bakımından organofosfatlara benzeyip, canlı organizmalarda birikme özellikleri yoktur. Toksisiteleri çok farklı olup, bazıları ise DDT'den daha az zehirlidir. Bunların canlı organizmalardaki etkileri de organofosfatların etkilerine benzerlik gösterir (Özdemir Atay, 2007; Soylu, 2018).

3.4. Piretroit İsektisitler

Bu grubun oldukça uzun bir tarihçesi olmasına rağmen son yıllarda çok önem kazanmıştır. Pyrethrum cinsine ait belirli türlerin çiçeklerinin öğütülmesi ile elde edilen pyrethrum ekstraktı %1–2 piretrin içermekte olup, bu tozların insektisit etkisi 1880'li yıllara dayanır. Pyrethrum ekstraktını oluşturan maddelerin en önemlisi Piretrin I ve Piretrin II olup, ekstraktın %73'ünü oluştururlar. Piretrin I'in insektisit özelliği yüksek olup, Piretrin II'nin ise kısa sürede böceği sersemletecek etkiye sahip olduğu belirtilmiştir. Bunun yanı sıra ekstraktta %19 civarında Cinerin I ve Cinerin II; %8 civarında ise Jasmoline I ve Jasmoline II bulunmaktadır (Özdemir Atay, 2007; Soylu, 2018).

Doğal pyrethrumların insektisit olarak birçok avantajları vardır. Geniş spektrumlu olmaları, memelilere zehirliliklerinin ihmal edilebilir düzeyde olması ve doğal koşullarda kısa sürede ayrışmaları gibi özellikler doğal pyrethrumların en önemli avantajları olarak bilinir. Ancak, bu pyrethrumların kolay bozulmalarının yanı sıra, üretim maliyetlerinin oldukça yüksek olması ve de üretiminin sürekli olmasındaki zorluklar doğal pyrethrumların kullanımını sınırlamıştır (Özdemir Atay, 2007; Soylu, 2018).

4. PESTİSİTLERİN BALIKLARA ETKİLERİ

Pestisitlerin balıklara etkileri; balığın türü ve yaşına, üreme özelliklerine, hastalıklar, beslenme özellikleri, stres ve balığın yaşadığı ortamdaki çevresel faktörlere göre değişim göstermektedir. Sıcakkanlı hayvanlarda olduğu gibi balıkların kan değerlerindeki değişimler de, bazı dokuların ve organların enfeksiyon veya yaralanma nedeniyle oluşan fonksiyonel bozukluklarının belirlenmesinde ve doğrulanmasında kullanılabilir. Kan serumu koli-

nesterazındaki değişiklikler ile nitritlerin etkisi altındaki methemoglobin değerlerinde görülen farklılıklar; insektisitlerin sıcakkanlı hayvanlar üzerindeki etkisini ortaya koymaktadır. Ayrıca yapılacak biyokimyasal kan analizleri ile pestisitlerden kaynaklı kirliliğin balıklar üzerindeki genel etkileri ortaya çıkarılıp; uzun dönemde kimyasal kirleticilerin etkinliğine maruz kalmış balıklar da görülen olumsuz sonuçların bilinmesi de mümkün olmaktadır (Vosyliene, 1999; Çelik, 2006).

Balıklar pestisitleri ağız, solunum (solungaç) ve derileri yoluyla direkt olarak alırken; pestisite maruz kalmış başka bir organizmayı yemek suretiyle de vücutlarına alabilirler. Pestisitlerin molekül yapılarının küçük olmaları durumunda ise pasif difüzyon yolu kullanılarak, bu pestisitler tekrar vücuda alınabilir. Bu alınma sürecinde akuatik ortamlarda bulunan organizmaların yaşı, büyüklüğü ve beslenme şekilleri ile metabolizma hızları pasif difüzyonu etkileyen en önemli faktörlerden sayılır. Ayrıca pestisitlere ait kimyasal maddeler, vücuda alındığı zaman vücut sıvılarının yardımı ile metabolize edilip atılırlar. Eğer bu maddeler vücuttan atılamazlarsa yağ içeriği yüksek olan dokularda birikip, bu dokularda uzun süre kalabilirler (Buah-Kwofie vd., 2018; Madej vd., 2018; Barbieri vd., 2019). Buna göre pestisitlerin balıklar üzerindeki etkilerini; bileşiklerin biyokonsantrasyon, biyoakümülyasyon ve biyomagnifikasyon özellikleri ve çevredeki kalıcılık oranları belirler. Toksikolojik çalışmalarda kullanılan bu terimlerden Biyokonsantrasyon; akuatik ortamlarda bulunan kimyasal bileşiklerin canlı organizmalara geçerek birikmesi olayıdır. Bu birikme olayına “*Biyobirikim*” de denilebilir. Canlı organizmalara giren bu kimyasal bileşiklerin giriş hızlarının, atılma hızlarından daha yavaş olmaları sonucunda oluşan bu birikime de “*Biyoakümülyasyon*” ya da “*Kimyasal birikim*” denilmektedir. Canlı organizmalarda biriken kimyasal bir bileşiğin, besin zinciri yoluyla diğer organizmalara ait türlere geçişleri ve konsantrasyonlarının daha da artarak fazlaşması olayı da “*Biyomagnifikasyon*” olarak tanımlanmaktadır (Atmaca, 2016; Gaaied vd., 2019; Wanga vd., 2019; Kayhan, 2020).

Bazı pestisitler uygulanmalarından hemen sonra hızlı bir şekilde bozunma gösterirken; bazı pestisitler de suda asılı toprak partiküllerine veya su zeminindeki toprağa sıkı bir şekilde tutunarak, biyoyararlanım oranlarını düşürmüş olabilirler. Uçuculuğu yüksek olan veya suda hızlı bir şekilde seyreltilen bazı pestisitler ise akuatik ortamlarda çok daha az yoğunluklarda bulunabilirler. Yine bazı balık türleri; yağ dokusunda birikim gösteren pestisitleri vücutlarındaki suya oranla on milyon kat daha fazla miktarda yoğunlaştırarak, insanlarda zehirlenmelere yol açıp, sağlık problemleri yaşanmasına sebebiyet verebilirler (Keithmaleesatti vd., 2012; Atmaca, 2016). Yapılan çalışmalarda bazı pestisitlerin farklı balık türleri üzerindeki akut toksik etkileri (LC₅₀) Tablo 2’de belirtilmiştir.

Ayrıca diğer bazı pestisitlerden deltamethrin'in yayın balığı (Köprücü ve Aydın, 2004) ve sazanlardaki (Şimşek Köprücü vd., 2006a) akut toksik etkileri ile diazinon'un lepistesler ve zebra balığı (Keizer vd., 1991), sazanlar (Aydın ve Köprücü, 2005) ve de yayın balığındaki (Şimşek Köprücü, 2006b) akut toksik etkileri üzerine bazı araştırmalar da yapılmıştır.

Balıklar, enzim ve endokrin sistemini bozan kimyasal maddelere karşı oldukça duyarlı canlılar olup; pestisitlere akut maruz kalmaları durumunda bir takım zehirlenmelerle karşılaşabilirler. Balıkların pestisitlere kronik olarak maruz kalmaları durumunda ise davranış bozuklukları, fizyolojik bozukluklar ve de üreme sistemi sorunları gibi akut zehirlenmelerden daha önemli olan bir takım olumsuz etkiler ortaya çıkabilmektedir (Kegley vd., 1999). Ayrıca pestisitlerin balıklarda oluşturduğu stres sonucunda balıkların dirençleri zayıflayıp, hastalık ajanlarının enfeksiyon oluşturma durumları da kolaylaşacaktır. Bu bağlamda pestisitler balıklarda; hiperaktivite bozukluğuna, denge bozukluğuna, metabolik bozukluklara, solunum güçlüğüne, solungaçlarda aşırı mukus salgılanmasına ve solungaçların renk değişikliğine sebep olmaktadır. Pestisitler balıklarda yumurta veriminin düşmesi, enzim aktivitelerinin azalması, büyümede gerileme ve yaşam sürelerinin azalması gibi birçok olumsuz etkilere de sebebiyet vermektedirler. Karaciğer, böbrek ve solungaçlar ile kan damarları balıklarda pestisit maruziyeti sonrasında en çok zarar gören organlar olup, bu organların yapılan histopatolojik muayenelerinde; karaciğer hücrelerinde büzüşmeler ve stoplazmik granülasyonlar, posterior böbrek glomerülü, hücre çekirdeğinde büzüşmeler ve bazı hücrelerde atrofiler, kılcal damarların tıkanması sonucu solungaç filament ve lamellalarında presipitasyonlar gözlemlenmiştir (Murthy vd., 2013; Atmaca, 2016).

Tablo 2. Bazı Pestisitlerin Farklı Balık Türleri Üzerindeki Akut Toksik Etkileri (Murthy vd., 2013; Atmaca, 2016)

Pestisitler	Balık Türleri	Maruz Kalma Süreleri	LC ₅₀ Değerleri
Cypermethrin	<i>Colisa fasciatus</i>	96 saat	0,02 mg/L
Cypermethrin	<i>Labeo rohita</i>	96 saat	4,0 µg/L
Malathion	<i>Labeo rohita</i>	96 saat	15 mg/L
Malathion	<i>Heteropneustes fossilis</i>	96 saat	0,98 mg/L
Dimetoat	<i>Heteropneustes fossilis</i>	96 saat	2,98 mg/L
Cyhalothrin	<i>Danio rerio</i>	96 saat	0,119 µg/L
Parathion methyl	<i>Catla catla</i>	96 saat	4,8 µg/L
Rogor	<i>Puntius stigma</i>	96 saat 72 saat	7,1 mg/L 7,8 mg/L
Elsan	<i>Channa punctatus</i>	48 saat	0,43 mg/L
Endosülfan	<i>Channa striatus</i>	96 saat	0,0035 mg/L
Metasistoks	<i>Nemacheilus botia</i>	96 saat	7,018 mg/L
Asefat	<i>Pimephales promelas</i>	96 saat	>1000 mg/L
Alachlor	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	96 saat	2,4 (1,8-3,1) mg/L
DDT	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	96 saat	8,7 (6,8-11,4) µg/L
Karbaril	<i>Salmo trutta lacustris</i>	96 saat	690 (520-910) µg/L
Akton	<i>Ictalurus punctatus</i>	96 saat	400 (295-542) µg/L
Endosulfan	<i>Ictalurus punctatus</i>	96 saat	1,5 (1,3-1,7) µg/L
BHC	<i>Carassius auratus</i>	96 saat	348 (261-466) µg/L
Karbofuran	<i>Perca flavescens</i>	96 saat	147 (115-188) µg/L

Organik klorlu pestisitler, organik fosforlu pestisitler ve karbamat grubu pestisitler; erkek birey balıkların testislerinde morfolojik değişimlere neden olurken, dişi birey balıklarda ise oositlerin olgunlaşma sürecinin uzamasına ya da gelişiminin gecikmesine, ayrıca steroid hormon sentezi inhibisyonuna neden olmaktadır (Keithmaleesatti vd., 2012). Özellikle organik fosforlu pestisitler ile karbamat grubu pestisitlere maruz kalmış balıklarda asetil kolinesteraz enzim etkinliği engellenmiş olur. Buna göre balıklarda görülen diğer olumsuz etkilerin değerlendirilmesinde bu durum, indikatör olarak kul-

lanılabilir (Murthy vd., 2013). Balıklarda endokrin bozuklukların değerlendirilmesinde de steroid cinsiyet hormonları indikatör olarak kullanılmaktadır. Endokrin sistemler; endokrin bezler, hormon üreten doku ve organlar, hormon reseptörleri ve hormonlardan oluşan kompleks yapıları olup, sinir sistemi ile üreme sistemi, bağışıklık sistemi, metabolizma ve davranış fonksiyonları arasındaki bağlantı ve koordinasyonu sağlar. Üreme, büyüme ve metabolizma faaliyetleri ise hormonlar tarafından düzenlenir (Hrouzkova ve Matisova, 2012). Dolayısıyla endokrin sistemi bozucu kimyasallara maruz kalan balıklarda, normal gelişim süreçleri etkilenmektedir. Ayrıca balıklar ve yavru balıklarda da hastalıklar ve deformasyonlar ortaya çıkmaktadır (Khan ve Law, 2005; McKinlay vd., 2008; Atmaca, 2016).

4.1. Solunum ve Kardiyovasküler Etkiler

Balıklarda pestisitlerle en çok karşı karşıya kalan organın solungaçlar olması, ilk ve en önemli hasarın da bu organlarda ortaya çıkmasına neden olmaktadır. Solungaçların deforme olması sonucunda balıklarda solunum düzeni bozulmaktadır. Bunun yanında kardiyovasküler sistem de olumsuz etkilenmektedir. Balıklarda kalp atış hızı anormalleşmekte olup; bazı pestisitler taşikardiye, bazı pestisitlerde bradikardiye neden olmaktadır (Çelik, 2006; Gey ve Ersan, 2020).

4.2. Hematolojik Etkiler

Hematokrit oranı, hemoglobin miktarı, eritrosit ve lökosit sayıları, eritrosit sedimentasyon oranları, MCV (ortalama eritrosit hacmi) ve MCH (ortalama eritrosit hemoglobini) gibi parametreler kimyasalın ve balığın türüne bağlı olarak normal değerlerinden sapmalar gösterir (Vosyliene, 1999; Çelik, 2006; Yüngül ve Özdemir, 2014; Gey ve Ersan, 2020).

4.3. Karaciğere Etkileri

Karaciğerde özellikle renk değişikliği ve büyüklüğün değişimine neden olması yanında, alınan kesitler histopatolojik etkileri de olduğunu ortaya koymuştur. Karaciğerin kandan yabancı maddelerin uzaklaştırılması, safra ve hormon salgılanması ve glikojen depolanması gibi görevleri pestisitlere maruz kalma sonucunda sekteye uğramaktadır. Bunun yanında en belirgin olumsuzluklar karaciğer enzimleri üzerinde ortaya çıkmakta, önemli enzimler (LDH, GOT, GPT) inhibe edilmektedir (Atamanalp ve Cengiz, 2002; Atamanalp ve Yanık, 2003).

Bu bağlamda karaciğerde hiperemi, yağlanma, damar ve sinüzoidlerde tıkanma, hepatosit yapısında değişim, glikojen deposunda ise artış gibi olumsuzlukların meydana geldiği belirtilmiştir. Ayrıca Dimetil sülfoksit maruz kalan alabalıklarda özellikle dalakta hücresel değişimlerin olduğu da gözlenmiştir (Pete vd., 1968).

4.4. Osmoregülasyon ve İyon Dengesi Üzerine Etkileri

Hem deniz balıklarında hem de tatlısu balıklarında ayrı bir öneme sahip olan osmoregülasyon olayı, solungaçlar ve derinin geçirgenliğinin değişmesi ile olumsuz etkilenmektedir. Osmoregülasyonun sağlıklı işlememesi balıkların deniz ya da tatlısu ortamlarında sıvı ve iyon dengesinin temin edilmesini güçleştirmektedir (Atamanalp ve Aras, 2003; Çelik, 2006).

4.5. Davranış ve Sinir Sistemi Üzerine Etkileri

Kimyasallara maruz kalan balıklarda sağlıklı balıklara göre davranışsal farklılıklar görülür. Özellikle beslenme, predasyon gibi hayati öneme sahip davranışlardaki değişimler, balığın sağlığının bozulmasına neden olmaktadır. Sinir sistemindeki olumsuzluklar ve merkezi sinir sistemi yanında, reseptörlerin çalışmasındaki aksamalar olarak da ortaya çıkmaktadır (Shakoori vd., 1996; Atamanalp ve Güneş, 2002b; Atamanalp ve Yanık, 2003; Kılınç ve Bulat, 2021).

4.6. Histopatolojik Değişimler

Pestisitlerin balıklarda neden oldukları histopatolojik değişimler; solungaç, böbrek, karaciğer ve kas dokusundan alınan örnekler ile ortaya konulmaktadır. Solungaçların lamellalarında bozulmalar, yaprakçıkların erimesi ve epitel dokuda kaynaşmalar görülürken; karaciğer ve böbrekte ise iltihaplanma, hücresel ölümler ve hücreler arası sıvıda bozulmalar ortaya çıkar (Atamanalp ve Aras, 2003).

4.7. Üreme Üzerine Etkileri

Kirleticiler ait oldukları kimyasal gruba, içerdikleri aktif maddeye, konsantrasyonlarına ve balık türlerine bağlı olarak, üreme biyolojisinin farklı evrelerine farklı şekillerde etki ederler (Vosyliene, 1999; Çelik, 2006; Yüngül ve Özdemir, 2014; Kılınç ve Bulat, 2021).

Su Özelliklerinin Değiştirilmesi ile Üremenin Dolaylı Olarak Etkilenmesi

Balıklarda başarılı bir üreme için yumurtaların bırakıldığı alanın oksijen, su sıcaklığı gibi suyun çeşitli fiziksel ve kimyasal özelliklerinin üremeye elverişli ve besin kaynakları yönünden çevrenin zengin olması gerekir (Çelikkale, 2003). Pestisitler su kaynaklarının kimyasal ve fiziksel özelliklerini değiştirerek, üreme üzerine dolaylı olarak olumsuz etkiler yaparlar (Shakoori vd., 1996; Atamanalp ve Güneş 2002a; Atamanalp ve Güneş, 2002b; Atamanalp ve Cengiz 2002; Atamanalp ve Yanık, 2003).

Yumurtlama Göçlerinin Etkilenmesi

Balıklar üreme dönemlerinde pestisit kirliliğine maruz kaldıklarında üreme göçleri yapamazlar veya üreme amacıyla gidecekleri ortamlarda kirlilik

söz konusu ise bu bölgelere göç etmezler (Atamanalp ve Aras, 2003).

Hormonlar Üzerine Etkileri

Su kirliliğine neden olan kimyasallar balıklarda testosteron, steroidogenesis ve gonadotropin hormonları üzerine farklı şekillerde etki ederler. Bazı grup kimyasallar bu hormonların salgılanmasını engellerken, bazıları ise salgıyı teşvik ederler. Üreme için gerekli olan hormonların salgılanmasının engellenmesi üremeyi olumsuz etkilediği gibi bu hormonların üreme dönemi dışında teşvik edilmesi de balıkların üreme dönemlerinin değişmesine neden olmaktadır (Timur, 2011; Hrouzkova ve Matisova, 2012)

Dişi Balıklarda Yumurta Oluşumuna Etkileri

Yumurta gelişimi esnasında olması gereken mitoz bölünme, viteliogenesis gibi aşamalarda aksamalar ortaya çıkmakta ve yumurta hücresi normal olarak gelişmemektedir. Bu durum doğrudan pestisitlerin etkileri ile olabileceği gibi suyun mevcut özelliklerinden uzaklaşması ile de ortaya çıkmaktadır. İnsektisitlerin özellikle villogenin safhasında olumsuz etkileri ortaya çıkmakta ve yumurta gelişimini engellemektedir (Heath, 1987). Cypermethrin, deltamethrin ve fenvalerate gibi sentetik piretroitler sazanda (*Cyprinus carpio*) yumurtaların canlılığını kaybetmesine ve kuluçka veriminin düşmesine neden olmaktadır (Dhawan ve Kaur, 1996; Aydın vd., 2005). Yine aynı balık türünün yumurtalarında denenen karbaril, karbofuran, malathion ve fosfamidon pestisitlerinin konsantrasyon yoğunluğuna bağlı olarak kuluçka performansını etkilediği ortaya konulmuştur (Kaur ve Dhawan, 1993).

Erkek Balıklarda Sperm Oluşumuna Etkileri

Yumurta oluşumunda olduğu gibi, sperm oluşumu ve gelişimi safhalarında görülen olumsuzluklar yanında pestisitlerin sperm sayısı ve canlılıkları üzerinde de olumsuz etkilerin olduğu bilinmektedir (Acar vd. 2022). Normal olarak testislerde hareketsiz olan spermler su ile temasa geçince hareket ederler. Pestisit ile kontamine olmuş su ile temas eden spermlerde beklenen canlılık görülmeyebilir. Sperm sayılarının yetersiz olması ya da sperm hareketlerinin normal düzeyde olmaması, yumurtaların döllenme oranını düşürmektedir (Çelikkale, 2003).

Larva Çıkışı ve Gelişimi Üzerine Etkileri

Pestisitler canlı organizmaları yok etmek amacıyla üretilmiş kimyasallar olduklarından, diğer safhalarda olduğu gibi larva çıkışı ve larvaların sağlıklı gelişimleri üzerine de etki etmektedir. Bunun yanında bazı pestisitlere uzun süre maruz kalan yumurtalardan çıkan larvalar diğerlerinden daha küçük olmaktadır. Ayrıca pestisitlerin etkisiyle larvalarda; gözlerden bir veya ikisinde şekil bozukluğu ve retina dokusu bulunmaması, otolitlerin gelişmemesi, çene anomalileri, yüzgeç ve omurga kusurları dolayısıyla yüzme düzensiz-

likleri gibi anomaliler ortaya çıkabilir (Heath, 1987; Kaur ve Dhawan, 1993; Dhawan ve Kaur, 1996; Aydın vd., 2005).

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Sonuç olarak; pestisitlerin balıklara etkileri bu kimyasalların özellikleri ve balık türüne bağlı olarak farklı şekil ve düzeylerde zararlara yol açmaktadır. Maalesef ülkemizde pestisitler yoğun ve bilinçsizce kullanılmaktadır. İlaç seçimi, doz ayarlaması ve su kaynaklarına kontaminasyon durumları hesaba katılmadan, üreticiler tarafından tarımsal mücadele uygulamalarına devam edilmektedir.

Pestisitler kullanılırken özellikle balıklara daha az toksik etkisi olan gruplar tercih edilmeli, uygun doz ayarlaması yapılmalı, ilaçlama yaparken su kaynaklarına ulaşması mümkün olduğunca engellenmeli, ilaçlama bittikten sonrada ilaçlama ekipmanları ile boş ambalajlar çevreye atılmamalı ve su kaynaklarında temizlenmemelidir.

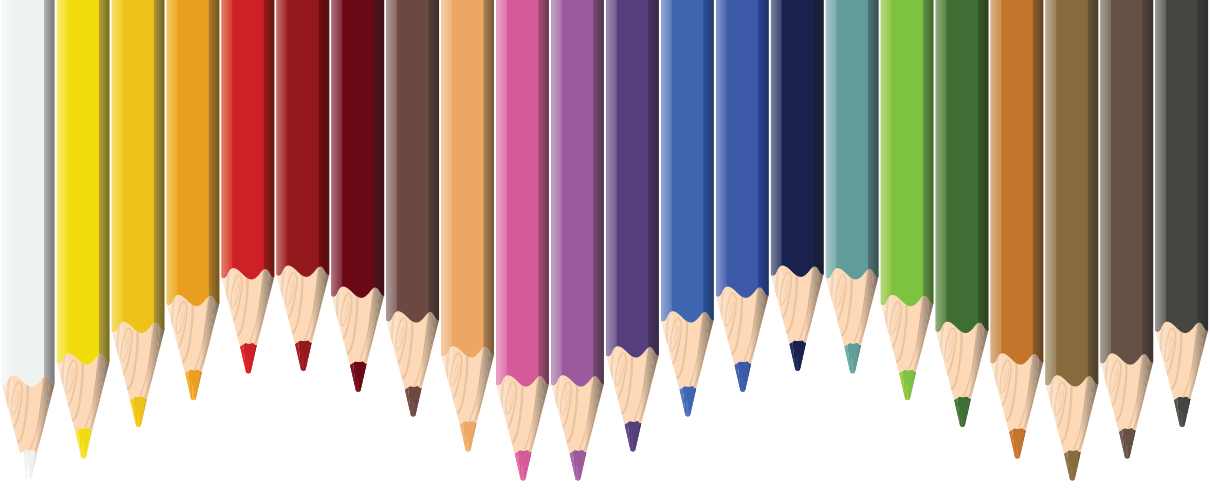
KAYNAKLAR

- Acar, Ü., İnanan, B. E., Navruz, F.Z. ve Yılmaz, S. (2022). Glifosat Bazlı Herbisitinin Erkek Nil Tilapyası (*Oreochromis niloticus*) Üreme Dokuları ve Sperm Hücreleri Üzerine Etkileri. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 9(4), 916–924.
- Atamanalp, M. ve Aras, M. S. (2003). Cypermethrin Sentetik Piretroitin Sublethal Dozlarının Gökkuşluğu Alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*)’nda Neden Olduğu Makroskobik ve Histopatolojik Değişimler. GAP III. Tarım Kongresi 2-3 Ekim 2003, Şanlıurfa. Bildiri Kitabı: 633-636.
- Atamanalp, M. ve Cengiz, M. (2002). Bir Sentetik Piretroit İnsektist (Cypermethrin)’in Sublethal Dozlarının *Capoeta capoeta capoeta* (Güldenstaedt,1772)’da Hemoglobinin, Hematokrit ve Sediment Seviyeleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. *Ege JFAS*, 19(1-2), 169-175.
- Atamanalp, M. ve Güneş, M. (2002a). Tuzla Çayı (Tercan-Erzincan)’nda *C. capoeta umbla* Heckel, 1843’nin Bazı Hematolojik Parametreler (MCV, MCH ve MCHC) Üzerine Kentsel Atıkların Etkileri. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 17(3), 6-10.
- Atamanalp, M. ve Güneş, M. (2002b). Tuzla Çayında Yaşayan *C. capoeta*’nın Hemoglobinin Seviyesi, Eritrosit ve Toplam Lökosit Sayıları Üzerine Bir Araştırma. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(3), 297-300.
- Atamanalp, M., Yanık, T. (2001). Pestisitlerin Cyprinidae’lere Toksik Etkileri. *EgeJ-FAS*, 18(3-4), 555-563.
- Atamanalp, M. ve Yanık, T. (2003). Alterations in Hematological Parameters of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Exposed to Mancozeb. *Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences*, 27(5), 1213-1217.
- Atmaca, E. (2016). Pestisitlerin Su Canlıları Üzerine Etkileri. *Türkiye Klinikleri J Vet Sci Pharmacol Toxicol-Special Topics*, 2(2), 50-57.
- Aydın, R. and Köprücü, K. (2005). Acute Toxicity of Diazinon on the Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) Embryos and Larvae. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 82, 220–225.
- Aydın, R., Köprücü, K., Dörücü, M., Köprücü, S. S. and Pala, M. (2005). Acute Toxicity of Synthetic Pyrethroid Cypermethrin on the Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) Embryos and Larvae. *Aquaculture International*, 13, 451–458.
- Barbieri, M.V., Postigo, C., Guillem-Argiles, N., Monllor-Alcaraz, L.S. and Lopez de Alda, M. (2019). Analysis of 52 Pesticides in Fresh Fish Muscle by QuEChERS Extraction Followed by LC-MS/MS Determination. *Science of the Total Environment* 653, 958–967.
- Bervoets, L., Van Campenhout, K., Reynders, H., Knapen, D., Covaci, A. and Blust, R. (2009). Bioaccumulation of Micropollutants and Biomarker Responses in Caged Carp (*Cyprinus carpio*). *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 72(3), 720-728.
- Buah-Kwofie, A., Humphries, M.S. and Pillay, L. (2018). Bioaccumulation and Risk

- Assessment of Organochlorine Pesticides in Fish from a Global Biodiversity Hotspot: Simangaliso Wetland Park, South Africa. *Science of the Total Environment* 621, 273–281.
- Çelik, E.Ş. 2006. Balıkların Kan Parametreleri Üzerine Ağır Metallerin Etkisi. *Ege JFAS*, 23(1/1), 49-55.
- Çelikkale, M.S. (2003). Balık Biyolojisi. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Yayınları.
- Delen, N., Durmuşoğlu, E., Güncan, A., Güngör, N., Turgut, C., Burçak, A. (2005). Türkiye’de Pestisit Kullanımı, Kalıntı ve Duyarlılık Azalışı Sorunları. Türkiye Ziraat Mühendisliği VI. Teknik Kongresi (ss. 629-648). Ankara: 3-7 Ocak 2005.
- Dhawan, K. and Kaur, K. (1996). Toxic Effects of Synthetic Pyrethroids on *Cyprinus carpio* Linn. eggs. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 57, 999-1002.
- Egemen, Ö. (2006). Çevre ve Su Kirliliği. İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- Gaaied, S., Oliveira, M., Le Bihanic, F., Cachot, J. and Banni, M. (2019). Gene expression patterns and related enzymatic activities of detoxification and oxidative stress systems in zebrafish larvae exposed to the 2,4-Dichlorophenoxyacetic acid herbicide. *Chemosphere* <https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.02.125>
- Gey, N. ve Ersan, Y. (2020). Deltamethrin’in *Carassius gibelio* (Bloch, 1782)’nun Solungaç, Karaciğer ve Bağırsak Dokuları Üzerine Histopatolojik Etkilerinin Araştırılması. *Haliç Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 3(2), 189-210.
- Göksu, Z.L. (2015). Su Kirliliği. Ankara: Akademisyen Kitabevi Yayınları.
- Güner, U. (2017). Yavru Sazanlarda (*Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758) α -Cypermethrin’in Akut Toksik Etkisi. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 13(2), 173-178.
- Heath, A.G. (1987). Water Pollution and Fish Physiology. 2nd Edition, CRC Press, Boca Raton, Florida, p.384.
- İkincikarakaya, S.Ü., Beyaz, K.B. ve Rezaei, F. (2013). Doğal Kaynaklar ve Tarım. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 6(1), 104-109.
- Hrouzkova, S. and Matisova, E. (2012). Endocrine Disrupting Pesticides. In: Soudarajan RP, ed. Pesticide -Advances in Chemical and Botanical Pesticides. InTech; p.99-126.
- Karasakal, Ö.F. (2013). Tarımda Kullanılan Bazı Pestisitlerin *Cyprinus carpio*’daki Antioksidan Enzimlere Etkisinin Değerlendirilmesi. Yüksek Lisans Tezi. Balıkesir: Balıkesir Üniversitesi.
- Kaur, K., and Dhawan, A. (1993). Variable sensitivity of *Cyprinus carpio* eggs, larvae, and fry to pesticides. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.* 50: 593-599.
- Kayhan, F.E. (2020). İnsektisitlerin Doğadaki Döngüsü ve Sucul Çevreye Etkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Fakültesi Fen Dergisi*, 46(2), 29-40.

- Kegley, S., Neumeister, L. and Martin, T. (1999). *Disrupting the Balance - Ecological Impacts of Pesticides in California*. Pesticide Action Network.
- Keithmaleesatti, S., Siriwong, W., Borjan, M., Bartlett, K. and Robson, M. (2012). Pesticides Residues in Animals. In: Rathore, H.S, Nollet, L.M, eds. *Pesticides Evaluation of Environmental Pollution*. Boca Raton: CRC Press; p.319-36.
- Keizer, J., G. DeAgostino, G. and Vittozzi, I. (1991). The Importance of Biotransformation in The Toxicity of Xenobiotics to Fish. 1: Toxicity and Bioaccumulation of Diazinon in Guppy (*Poecilia reticulata*) and zebra Fish (*Brachydanio rerio*), *Aquat. Toxicol.*, 21, 239–254.
- Khan, M.Z. and Law, F.C. (2005). Adverse Effects of Pesticides and Related Chemicals on Enzyme and Hormone Systems of Fish, Amphibians and Reptiles. *Proc. Pakistan Acad. Sci.* 42(4), 315-23.
- Kılınc, B. ve Bulat, F.N. (2021). Pestisitlerin Taze ve İşlenmiş Su Ürünlerinin Kalitesine ve İnsan Sağlığına Etkileri. *Türk Denizcilik ve Deniz Bilimleri Dergisi*, 7(2), 84-94.
- Köprücü, K. and Aydın, R. (2004). The Toxic of Pyretroid Deltamethrin on The Common Carp (*Cyprinus carpio* L.) Embryos and Larvae. *Pesticidae Biochemistry and Physiology*, 80, 47-53.
- Köprücü, K. and Şeker, E. (2008). Acute Toxicity of Deltamethrin for Freshwater Mussel, *Unio elongatulus eucirrus* Bourguignat, *Bull Environ Contam Toxicol*, 80:1–4 DOI 10.1007/s00128-007-9254-z
- Madej, K., Kalenik, T.K. and Piekoszewski, W. (2018). Sample Preparation and Determination of Pesticides in Fat-Containing Foods. *Food Chemistry*. 269, 527–541.
- Mensah, P., Palmer, C. and Muller, W. (2014). Lethal and Sublethal Effects of Pesticides on Aquatic Organisms: The Case of a Freshwater Shrimp Exposure to Roundup. In: M.L. Larramendy, S. Soloneski (eds.), *Pesticides Toxic Aspects* (163-185 pp.).
- McKinlay, R., Plant, J., Bell, J. and Voulvoulis, N. (2008). Endocrine Disrupting Pesticides: Implications for Risk Assessment. *Environ Int.* 34(2), 168-83.
- Miranda, A.L., Roche, H., Randi, M.A.F., Menezes, M.L. and Ribeiro, C.A.O. (2008). Bioaccumulation of Chlorinated Pesticides and PCBs in the Tropical Freshwater Fish *Hoplias Malabaricus*: Histopathological, Physiological and Immunological Findings. *Environment International*, 34(7), 939-949.
- Murthy, K.S., Kiran, B.R. and Venkateshwarlu, M. (2013). A review on toxicity of pesticides in fish. *Int J. Open Sci. Res.*, 1(1), 15-36.
- Özdemir Atay, Ö.İ. (2007). Bazı Pestisitlerin *Ralstonia eutropha* ile Gideriminin İncelenmesi. Yüksek Lisans Tezi. Elazığ: Fırat Üniversitesi.
- Pete, E., Benville, Jr., Smith, C.E. and Shanks, W.E. (1968). Some Toxic Effects of Dimethyl Sulfoxide in Salmon and Trout. *Toxicology and Applied Pharmacology*, Washington/USA: 12(1), p.156-178.
- Shakoori, A.R., Mughal, A.L. and Iqbal, M.J. (1996). Effects of sublethal doses of fen-

- valarate (a synthetic pyrethroid) administered continuously for four weeks on the blood, liver and muscles of a freshwater fish, *Ctenopharyngodon idella*. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 57, 487-494.
- Soylu, Y. (2018). Türkiye'deki Çavuşçu Gölü'ndeki Sazan (*C. carpio* L. 1758)'da Bazı Organik Klorlu Pestisit Kalıntılarının Araştırılması. Yüksek Lisans Tezi. Konya: Necmettin Erbakan Üniversitesi.
- Şimşek Köprücü, S., Köprücü, K. and Ural, M.Ş. (2006a). Acute Toxicity of Synthetic Pyrethroid Deltamethrin to Fingerling European Catfish, *Silurus glanis* L. *Bull. Environ. Contam. Toxicol.*, 76, 59-65.
- Şimşek Köprücü, S., Köprücü, K., Ural, M.Ş., İspir, Ü. and Pala, M. (2006b). Acute Toxicity of Organophosphorous Pesticide Diazinon and its Effects on Behavior and Some Hematological Parameters of Fingerling European Catfish, (*Silurus glanis* L.). *Pesticidae Biochemistry and Physiology*, 86, 99-105.
- Şimşek Köprücü, S., Yonar, E. and Şeker E. (2008). Effects of Deltamethrin on Antioxidant Status and Oxidative Stress Biomarkers in Freshwater Mussel, *Unio elongatulus eucirrus*, *Bull Environ Contam Toxicol*, 81:253–257
- TÇSV, (2003). Türkiye'nin Çevre Sorunları, Türkiye Çevre Vakfı Yayını 464 s, Ankara.
- Timur, M. (2011). Balık Fizyolojisi. Ankara: Nobel Yayın Dağıtım.
- Tiryaki, O., Canhilal, R. ve Horuz, S. (2010). Tarım İlaçları Kullanımı ve Riskleri. *Erciyes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 26(2), 154-169.
- Toros, S. ve Maden, S. (1991). *Tarımsal Savaşım Yöntem ve İlaçları*. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Uslu, O. ve Türkman, A. (1987). *Su Kirliliği ve Kontrolü*. Ankara: T.C. Başbakanlık Çevre Genel Müdürlüğü Yayınları.
- Wanga, X., Zhonga, W., Xiaoa, B., Liua, Q.L., Yanga, L., Covacib, A. and Zhu, L. (2019). Bioavailability and Biomagnification of Organophosphate Esters in the Food Web of Taihu Lake, China: Impacts of Chemical Properties and Metabolism. *Environment International.*, 125, 25–32.
- Vosylienė, M.Z. (1999). The Effect of Heavy Metals on Haematological Indices of Fish. *Acta Zoologica*, 9(2), 76-82.
- Yüngül, M. and Özdemir, Y. (2014). The Effect of Reproduction on the Haematological Parameters of Catfish (*Silurus glanis* Linnaeus, 1758) in Çelik Lake (Adıyaman, Turkey). *İstanbul University journal of Fisheries & Aquatic Sciences*, 29(1), 59-72.



Bölüm 8

YEŞİL ENERJİ YOLCULUĞU: BİYOYAKITLARIN TANIMI, SINIFLANDIRILMASI VE GELECEĞİ

Ayşin AŞKIN¹

¹ Dr. Öğr. Üyesi, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Biga Meslek Yüksekokulu, Malzeme ve Malzeme İşleme Teknolojileri Bölümü, aysinaskin@comu.edu.tr, ORCID ID: 0000-0001-8573-3518.

GİRİŞ

Biyoyakıtlar günümüzde ve gelecekte artan enerji talebini karşılamada fosil yakıtların yerine kullanılan sürdürülebilir muadildir (Nanda ve ark., 2023). Bu yakıtlar enerji kaynağı olarak yenilenebilir kaynaklar arasında büyük öneme sahiptir (Kurt ve ark., 2018). Biyoyakıt sözcük olarak biyokütleden üretilen sıvı, gaz ve katı yakıtları ifade etmektedir (Demirbaş, 2009). Organik artıklardan mekanik, termokimyasal ve biyolojik yöntem ve proseslerin uygulanmasıyla üretilirler. Mekanik ve termokimyasal dönüşüm biyokütlenin doğrudan dönüşümü için basınç, ısı, katalizörler ve diğer fizikokimyasal özelliklerin kullanımını içermektedir. Biyolojik dönüşüm ise fermente edilebilir substratların biyoyakıtlara ve biyokimyasallara parçalanmasında biyokatalizörler olarak mikroorganizmalar ve onların enzimlerini gerektirmektedir (Nanda ve ark., 2023). Biyoyakıtlar içinde biyoetanol, biyometanol, bitkisel yağlar, biyodizel, biyogaz, biyosentetik gaz (biyosentez gazı), biyo-yag, biyokömür, Fischer-Tropsch sıvıları, biyohidrojen gibi yakıtlar bulunmaktadır (Demirbaş, 2009).

Artan petrol fiyatları, küresel iklim değişikliği ve enerji güvenliği konuları üzerindeki son yıllarda yaşanan kaygılar sebebiyle petrol tüketiminin azaltılmasında bir seçenek olarak biyoyakıtların kullanımı önemli hale gelmiştir (Suelle ve Nelson, 2009). Biyoyakıtların çevresel etkileri, enerji güvenliği, sosyo ekonomik konular gibi birçok alanı etkilemesi önemini artırmaktadır (Demirbaş, 2009). Hızla çoğalan küresel nüfus sebebiyle önümüzdeki 20 yıl içinde küresel enerji talebinin de bu doğrultuda %48 oranında artacağı beklenmektedir. Şuan enerji talebinin büyük çoğunluğu fosil yakıtlardan karşılanmaktadır ancak bunların olumsuz etkileri biyoyakıtlara olan ilgiyi artırmıştır (Moodley, 2021). Ülkeler kaynaklarını etkin kullanmak aynı zamanda da mevcut olan kaynaklarının yanında biyokütle enerjisi üretimi gibi yenilenebilir kaynaklar ile alternatif çözümler aramak durumunda kalmışlardır (Kurt, 2020). Yenilenebilir kaynaklardan enerji elde edilmesinin araştırılması günümüzde üzerinde durulan en önemli konulardan bir tanesidir. Enerji taleplerindeki artışlar, mevcut kaynaklarda gelecekteki belirsizler ve yaşanacak kıtlıklar, iklim değişiklikleri gibi etkenlerden dolayı bu konu birçok ülkenin öncelikleri arasında yer almaktadır (Sheelanere ve Kulshreshtha, 2013).

Biyoyakıtların Sınıflandırılması

Biyoyakıtlar; birincil, ikincil, üçüncül ve dördüncü nesil biyoyakıtlar olmak üzere dört grupta sınıflandırılmaktadır:

Birincil nesil biyoyakıtlar; nişasta, şeker, bitkisel ve hayvansal yağ bazlı ürünlerden elde edilmektedir. Şeker bazlı ürünlere şeker pancarı, şeker kamışı sorgum; nişasta kaynaklı olanlar buğday, arpa mısır; yağ bazlı ürünlere ise ayçiçeği, kolza tohumu örnek olarak verilebilir (Dahman ve ark., 2019; Moodley, 2021). Yağ, geleneksel üretim teknikleri kullanılarak elde edilmek-

tedir. Birinci nesil biyoyakıtlardan etanol, biyodizel , diğer biyoalkoller, yeşil dizel , biyoyakıt benzini, bitkisel yağ, biyoeterler, biyogaz , sentez gazı ve katı biyoyakıtlar en bilinenleridir. Birincil nesil biyoyakıtların elde edilmesinde şeker ve nişasta biyoalkoller (etanol, bütanol, propanolü de kapsamak üzere) oluşturmak için fermentasyon işlemi ile dönüştürülmektedir. Yağlar, hayvansal yağlar ise biyodizele dönüştürülmektedir. Biyoalkol yakıtı olarak en yaygın olarak etanol kullanılmaktadır (EPA, 2023). En önemli biyoyakıtlar biyodizel ve biyoetanoldür. Bunlar saf halde veya harmanlanmış biçimde kullanılabilirler ancak düzgün kullanım uyumlu motorlar gerektirirler. Biyodizel soya, ayçiçeği kolza tohumundan; biyoetanol ise şeker kamışı, mısır, buğday gibi nişastalı bitkilerden yapılmaktadır. Bu biyoyakıtlar çoğunlukla hammadde mahsulünün yalnızca bir kısmını kullanırlar ancak ikinci nesil biyoyakıtlar biyokütleden sıvıya tüm mahsulden yararlanmaktadırlar (Peters ve Thielmann, 2008).

İkincil nesil biyoyakıtlar ya da selülozik biyoyakıtlar; gıda dışı biyokütleyi ifade etmektedir. Çoğunlukla tarımsal kalıntılar, orman kalıntıları ve katı atıklar gibi ürünlerden elde edilen enerjiyi ifade etmektedir (Dey ve ark., 2022). Bu ürünler mısır koçanı, saman, odun ve odun yan ürünleri vb. gibi atık biyokütleden elde edilebilen selülozdan yapılmaktadır (EPA, 2023). İkinci nesil biyoyakıtlar geleneksel teknoloji ile üretilen ancak yeni nişasta veya jatropha gibi enerji mahsullerine dayanan biyoetanol ve biyodizeli de içerebilmektedir. Üretim teknolojileri birinci nesilden karmaşık ve pahalıdır. Sera gazı emisyonu tasarrufu potansiyeli daha fazla olması özelliği sebebiyle daha sürdürülebilir olduğu düşünülmektedir (Cazolla ve ark., 2023).

Üçüncü nesil biyoyakıtlar; mikroalglerden elde edilmektedir. Üçüncül nesil biyoyakıtlarda birinci ve ikinci nesildeki dezavantajları bulunmamaktadır ve bu nedenle de uygulanabilir, iyi bir alternatif olarak kabul edilmektedir (Dragone ve ark.,2010). Mikroalgler tarıma elverişsiz arazilerde, atık sularında, tuzlu sularda büyüebilme özelliğinde olmaları sebebiyle üçüncü nesil biyoyakıtların gıda rekabetini ve arazi kullanımı sorununu da önleyebileceği ifade edilmektedir (Jeswani ve ark., 2020).

Dördüncü nesil biyoyakıtlar; genetiği değiştirilmiş alg biyokütlesinden elde edilmektedir (Hoofar ve ark., 2021). Bu nesil biyoyakıtlar biyoyakıt üretimindeki organizmaların özelliklerinin artırılması için genetik mühendisliğinin kullanımını kapsar (Cavelius ve ark., 2023). Dördüncü kuşak biyoyakıtlar karbon negatif biyoyakıtlar olarak bilinmektedir. Bu yakıtlarda karbon tutma depolama, temiz kömür teknolojisi ile geliştirilmeye çalışılacak ve atmosfere verilmeyecektir. Karbondioksitin şeker gibi maddelere dönüştürülmesi ve daha sonra etanol ve hidrojen vb yakıtlara dönüştürülerek giderilmesi hedeflenmektedir (Göçer ve Zaimoğlu, 2018).

Biyoyakıtların Avantaj ve Dezavantajları

Biyoyakıtların avantajları; enerji güvenliği sağlaması, daha düşük sera gazı emisyonu, tarım gelirinin artırılması, ucuz enerji ithalatı, yenilenebilir hammadde kaynağı olması olarak açıklanabilir (URL-1, 2009).

Enerji güvenliği sağlaması: Enerji güvenliği konusu tüm dünyada biyoyakıt üretiminin ana itici güçlerindedir. Bir çok ülke bu konu ile ilgili olarak biyoyakıt programlarını başlatmışlardır (Gasparatos ve ark., 2011). Geleneksel enerji kaynaklarının fiyatları değişken olduğu için bu durum enerji ithal eden ülkeler üzerinde etkili olmakta aynı zamanda da dünyadaki ekonomik istikrar açısından da risk oluşturmaktadır (Coelho, 2005). Biyoyakıtlar geleneksel olarak kullanılan enerji kaynaklarına olan bağımlılığı azaltmaktadır. Enerji karışımlarını çeşitlendirirler ve fosil yakıt ithalat bağımlılığını azaltırlar. Böylece enerji güvenliğine katkıda bulunurlar (Talha, 2023).

Düşük sera gazı emisyonu: Biyoyakıtlar sera gazı emisyonunu karbon salınımını azaltmaktadır. Böylece iklim değişikliğine bağlı felaketlerde dahil ekosistem bozulmasıyla veya sağlık sorunları ile ilişkili önemli ekonomik maliyetleri engellemektedir. Biyokütle hammaddelerinin biyoyakıtta dönüştürülmesi aynı zamanda biyoyakıtların ulaşımda kullanılması işlemleri çevre dostu işlemlerdir. Örneğin benzinin yerine biyoetanol kullanılması ile atmosferde CO₂ azaltmaya yardımcı olunmaktadır. Biyoyakıtlar doğal karbon döngüleri ile uyumludur ve bu özelliği ile ulaştırma sektörü sebepli sera gazlarının azaltılmasında en faydalı seçenektir (Browne, 1997).

Tarım gelirinin artırılması: Biyoyakıtların üretimi genellikle kırsal alanlarda enerji mahsullerinin yetiştirilmesini içermektedir. Biyoyakıtların üretiminde hammadde, soya fasulyesi, mısır ve şeker kamışı gibi mahsullere dayanmaktadır. Belirli mahsullere yönelik bu talep, üreticilere yeni gelir kaynağı sağlayarak tarımsal faaliyetlere teşvik etmektedir. Birinci nesil biyoyakıt dönüştürme teknolojilerinin uygulanması geleneksel ürünlerin (mısır, şeker kamışı vb) kullanımlarını genişletmiş, çiftçilere de bu ürünlerin gıda, yem veya endüstriyel gıda işleme kullanımlarının ötesinde pazarlamalarına imkan tanımıştır (Ewing ve Msangi, 2009). Tarım alanlarının biyoyakıt üretimi için kullanımı çiftçilere pazar fırsatları sunarak yeni bir gelir kaynağı sağlamakta ve geliri artırabilmektedir. Tarım alanlarının kullanılmasında kırsal yerlerde istihdam sağlanmakta ve devam etmektedir (Farm Europe, 2021). Biyoyakıtların üretimi için, gerekli hammaddenin yetiştirilmesi, işlenmesi için vasıflı bir işgücüne ihtiyaç duyulmaktadır. Bu ise yerel ekonomilerin büyümesine katkıda bulunulmasını sağlamaktadır (Silaltruksa ve ark., 2012). Ekonomiye; tarım ve tarımsal sanayi sektörlerinde (mahsuller, damıtma, yan ürünlerin işlenmesi), yeni ürünlerde (gübre, hayvan yemi, enerji,vb), yeni pazar ürünlerinin ticarileştirilmesi (petrol, etanol, jel, yakıt) gibi garantili piyasa desteği ile de katkı sağlamaktadır (De Castro, 2007). Örneğin 2018-2019'da sıvı bi-

yoyakıt üretimiyle Avrupa Birliği'nde 239 bin işin doğrudan ve dolaylı olarak desteklediği açıklanmıştır. Bu nedenle de desteklenmektedir. Avrupa' da AB hammaddelerinden (çoğunlukla kolza, mısır, şeker pancarı ve buğdaydan) üretilen biyoyakıtlardan en az 6,6 milyar Euro doğrudan gelir sağlandığı, bunun yanı sıra yan ürün olarak protein yemi üretiminin de ithalata olan bağımlılığı azalttığı için olumlu etkisi olduğu açıklanmaktadır (Farm Europe, 2021).

Yenilenebilir hammadde kaynağı olması: Biyoyakıtlar yenilenebilir enerji kaynaklarını temsil ederler. Bitki bazlı biyokütleden üretildikleri için biyoyakıtların kullanılması fosil yakıt tüketimi ve çevre üzerindeki olumsuz etkiyi azaltacaktır (Bušić, 2018). Fosil yakıtların çevreye olan etkileri alternatif yenilenebilir enerji kaynaklarının araştırılmasını sağlamıştır. Biyoyakıtlar alternatiflerine göre (elektrikli araçlar, nükleer enerji vb) daha az teknolojik gelişme gerektirmesi, mevcut alt yapılarda kullanılabilmesi gibi özellikleri sebebiyle ve ulaştırma endüstrisi için potansiyel önemli bir enerji kaynağıdır (Khan, 2021). Birçok araştırmacı ulaşım sektöründe biyoyakıtların kullanımının fosil yakıtların yerine kullanılacak tek seçenek olarak açıklamaktadır (Peters ve Thielmann, 2008). Rüzgar, hidroelektrik ve nükleer güç kaynakları gibi diğer yenilenebilir enerjiler yalnızca elektrik ürettikleri için petrol ile aynı şekilde rekabet edemezler. Aynı zamanda elektriğin iletim ve farklı enerji kaynaklarına dönüştürme gibi özellikleri sebebiyle onu daha az cazip hale getirmektedir. Gelişmiş ve gelişmekte olan ülkeler biyoenerji pazarlarını genişletmeye hedeflemişler ve biyoyakıtların kullanımı ile ilgili çeşitli stratejiler oluşturmuşlardır (Khan, 2021).

Dezavantajları; toprak ve su kullanımı, gıda ve enerji çatışması, yüksek maliyet olarak açıklanabilir;

Toprak ve su kullanımı; biyoyakıt üretimi için suya, büyük tarım alanlarına ihtiyaç duyulabilir, bu da orman kesimi gibi çevresel sorunlara ve istenmeyen etkilere yol açabilmektedir. Aynı zamanda biyoyakıt üretimi sırasında kullanılan tarım kimyasalları da toprak ve su kirliliğine yol açabilir. Sera gazı emisyonlarını artırabilecek arazi kullanım modellerindeki değişiklikler, hava ve su kirliliği, su kaynakları üzerindeki baskı, aşırı su kullanımı ve artan gıda maliyetleri potansiyel dezavantajlarıdır (EPA, 2023).

Gıda ve enerji çatışması: Fosil enerji kaynaklarının yakılması küresel iklimi etkilemesi ve sera gazı emisyonu kaynağı olması açısından önemlidir. Fosil enerji kaynaklarının ya da yakıtların gereksiz yere kullanılması yer altı depolamasında eksikliklere neden olmakta bu durum da insanların biyoyakıtlara bağımlı olmalarına neden olmaktadır. Sonucunda ise biyoyakıt üretimine yönelik olarak artan talep ile birlikte tarım ve gıda fiyatları üzerinde büyük bir yük oluşmasına sebep olacaktır (Datta ve ark., 2019). Tarım arazilerinin biyoyakıt üretimine ayrılması, gıda üretimiyle rekabet edebilir. Bu durum ise gıda fiyatlarını artırmasına ve gıda güvenliğinin tehlikeye atılmasına neden olabi-

lır. Bunun yanı sıra buğday tarlalarının yakıt bitkileri için aşırı kullanımı gıda maliyetlerini etkileyebileceği ve bu durumun potansiyel olarak gıda kıtlığına yol açmasına ilişkin endişeler bulunmaktadır (Torkashvand ve ark., 2022).

Yüksek maliyet: Biyoyakıtların enerji verimli çıktılara dönüştürülmesi, iyileştirilmesi ve artırılması için yapılacak tesislerin başlangıç yatırımları yüksektir (Torkashvand ve ark., 2022).

Biyoyakıtların Geleceği

Biyoyakıtların geleceği teknolojideki gelişmelere bağlıdır. Güncel araştırma ve geliştirme çalışmaları, biyoyakıt üretim süreçlerinin verimliliğinin artırılmasına, yeni hammaddelerin keşfedilmesine ve bu yakıtların genel sürdürülebilirliğinin artırılmasına odaklanmaktadır. Teknolojik gelişmeler ve verimlilik kazanımları, biyoyakıt üretiminde ekonomik açıdan maliyetlerin ve çevresel etkilerin azaltılmasını sağlayabilir. Ayrıca biyoyakıt üretimi ile ilgili olarak dönüm başına biyoyakıt veriminin daha yüksek, yakıt ve diğer girdi maliyetlerinin daha düşük, büyüme mevsimlerinin ise daha uzun olduğu tropikal bölgeler için en karlı ve çevre dostu olacağı belirtilmektedir. Örnek olarak Brezilya da şeker üretiminin bir yan ürünü olan küspe etanol damıtma tesislerinde enerji sağlamak için kullanılırken, Amerika Birleşik Devletlerinde doğal gaz veya kömür kullanılmaktadır (Coyle, 2007).

Gelişmiş fermantasyon teknikleri, enerji mahsullerinin genetik mühendisliği ve yeni ekstraksiyon yöntemleri gibi yeniliklerin, bitki bazlı biyoyakıtların verimini ve maliyet etkinliğini artırarak onları geleneksel fosil yakıtlarla daha rekabetçi hale getirmesi beklenmektedir. Biyoyakıtlar özellikle içinde bulunduğumuz son birkaç on yıldaki genetik mühendisliği teknolojisinde yaşanan büyük gelişmeler nedeniyle fosil yakıtlara alternatif olarak kabul edilmekte ve ticari ölçekli üretimlerde de daha geniş alanlara sahip oldukları görülmektedir. (Ambaye ve ark. 2021; Vickram ve ark., 2023) Bununla birlikte büyük ölçekli üretimlerin zorlu olması sebebiyle bunun çözülebilmesi için şuan mevcut olan ve gelecekte gerçekleşecek enerji taleplerinin karşılanması için yeni teknolojilerin geliştirilmesi ve biyokütlenin biyoyakıtlara dönüştürülmesi önemlidir (Ambaye ve ark., 2021).

Biyoyakıt üretiminde kullanılan mısır, şeker kamışı gibi birinci nesil hammaddelerin kullanımı gıda üretimiyle rekabeti etkilemesi, tarım arazilerinin yakıt üretimine yönlendirilmesine ilişkin endişeler nedeniyle özellikle tartışmalı bir konu haline gelmiştir. Bu nedenle algler, bazı ot türleri ve hatta tarımsal kalıntılar, biyoyakıt üretimi için alternatif kaynaklar olarak potansiyele sahiptir (Jeswani ve ark., 2020).

İklim değişikliği kaynaklı fosil yakıtları ve toksik karbondioksit emisyonları çevre açısından tehlike oluşturan partikül maddeler ile doğrudan ilişkilidir (Shweta ve ark., 2021). İnsanların fosil yakıtlara bağımlı olması ve

enerji tüketiminin artması sera gazlarının birikmesine neden olmuş ve bu durum iklim değişikliğine yol açmıştır. Bu sebeple temiz ve yenilenebilir yakıt alternatiflerinin geliştirilmesi için büyük çaba sarf edilmektedir (Liu, ve ark., 2021). Biyo bazlı ürünler daha ucuz ve uyarlanabilir. Yenilenebilir enerji kaynaklarına ihtiyaç duyma açısından ısı, ulaşım ve güç gerektirme alanlarında daha fazla kullanılır (Shweta ve ark., 2021). Biyoyakıtlar yenilenebilir kaynaklardan gelmeleri ve temiz yakıtlar olmaları nedenlerinden dolayı fosil yakıtlara alternatif özelliktedirler ve ulaşım endüstrileri, enerji santralleri ve ısı üretim sistemlerinde enerji sağlanmasında kapsamlı bir rol oynayabilirler (Kiehadrouinezhad ve ark., 2023). Biyoyakıtlar ile yenilenebilir enerji kaynakları arasındaki sinerjinin gelecekteki enerji ortamında önemli bir rol oynaması muhtemeldir.

SONUÇ

Ülkelerin gelişmişlik göstergelerinden biri de enerji tüketimidir. Tüm dünyada gelişen teknoloji ve nüfusun artması gibi etkenler enerji tüketimindeki artışı etkilemekte ve enerji problemini ortaya çıkarmaktadır. Tüm bu problemler sürdürülebilir gelecek kaygısını beraberinde getirmektedir. Tüm dünyada enerji ihtiyacının karşılanmasında yoğun olarak kullanılan kömür, doğalgaz, petrol vb gibi fosil yakıtların insanların ihtiyaçlarını karşılamaya-çağı ve bu konuda darboğazların yaşanacağı konularında görüş birliği vardır. Bu nedenle bu sorunların yaşanmaması için yenilenebilir enerji kaynaklarının belirlenmesi ve kullanılması gerekmektedir (Karayılmazlar ve ark., 2011).

Sürdürülebilir kalkınma paradigması için umut vaat eden bir alternatif olarak yenilenebilir biyokütleden elde edilen modern biyoyakıtların, sürdürülebilir bir enerji geleceği sunma potansiyeli taşıması bununla birlikte çevresel ve sosyo-ekonomik hedeflere ulaşma fırsatları yaratma potansiyeline sahip olması düşüncesi giderek daha fazla desteklenmektedir. Bu bakımdan birçok ülkede kırsal kalkınma için biyoyakıt projelerinin teşvik edilmesi temel amaçlardan biridir (Sheelanere ve Kulshreshtha, 2013).

Tüm dünyada fosil yakıt kaynaklar hızla tükenmekte ve tükenirken de doğal yaşama ve çevreye geri dönüşü olmayan zarar vererek gelecek nesillerin yaşamlarını tehdit etmektedir (Karayılmazlar ve ark., 2011). Biyoyakıtlar çevre dostu özelliğinden dolayı dikkat çekmekte ve büyük ilgi görmektedir. Biyoyakıtlar doğa, tarım, ekoloji, mikrobiyoloji, finansal konular, finansal konuları, doğayı, tarım bilimini, ekolojik bilimleri, mikrobiyolojiyi, mekanik, kimya alanları gibi bilim alanlarını içermektedir (Shweta ve ark.,2021). Tüm bu özelliklerden dolayı enerji güvenliği, çeşitlilik ve sürdürülebilirlik yararları nedeniyle hızla artan bir ilgiye sahiptir (Demirbaş, 2009). Biyoyakıt üretiminde genellikle parasal olarak geliştirilmeyen yada kullanılmayan ürünlerin kullanımı orijinal yakıtlar için cazip hammaddeler haline gelmektedir (Shweta ve ark., 2021).

Bunun yanı sıra yenilenebilir özellikte olması, kapasitesinin büyük olması gibi fosil yakıtlara göre üstün özellikleri bulunmaktadır ve aynı zamanda gıda, kaynak, atmosferin bozulmasına karşı alternatif olabilecek enerji güvenliğinin korunmasında da önemli role sahiptir Kömüre dayalı ülkelerde bunları koruyabilmek için alternatif yakıtlara ihtiyaç duymaktadır. Örnek olarak gıda üretiminden ödün verilmeyerek mahsul artıklarının kullanımından elde edilen biyoyakıtların yenilenebilir enerjiye dahil edilmesi işlemi verilebilir. Teknolojinin gelişmesi, üretim maliyetlerinin azalması biyoyakıtların ekonomik açıdan uygulanabilirliğini artıracaktır (Rather ve ark., 2022). Biyoyakıtların geleceği teknolojik yenilikler, değişen hammadde seçenekleri ve sürdürülebilirliğe artan bağlılık sayesinde büyük umutlar vaat etmektedir (Kumar ve ark.2020). Bu bakımdan da teknoloji biyoyakıtların rolünün artırılmasında çok önemli bir rol oynamaktadır (Coyle, 2007). Biyoyakıt sektöründe yaşanan tüm bu gelişmeler için devam eden çabalar şüphesiz daha sürdürülebilir, güvenli ve uyumlu bir yaşama katkıda bulunacaktır.

KAYNAKÇA

- Ambaye T. G., Vaccari M., Bonilla-Petriciolet A., Prasad S., Hullebusch E. D. V., Rtimi S.(2021). Emerging Technologies For Biofuel Production: A Critical Review On Recent Progress, Challenges And Perspectives, *Journal of Environmental Management*, Volume 290,112627, ISSN 0301-4797.
- Browne J.(1997). Biofuels, A Solution For Climate Change. <https://www.nrel.gov/docs/fy99osti/24052.pdf>.
- Bušić A., Marđetko N., Kundas S., Morzak G., Belskaya H., Ivančić Šantek M., Komes D., Novak S., Šantek B. (2018). Bioethanol Production from Renewable Raw Materials and Its Separation and Purification: A Review. *Food Technol Biotechnol. Sep*;56(3):289-311. doi: 10.17113/ftb.56.03.18.5546. PMID: 30510474; PMCID: PMC6233010.
- Cavelius P., Engelhart-Straub S., Mehlmer N., Lercher J., Awad D., Brück T. (2023). The Potential Of Biofuels From First To Fourth Generation. *PLoS Biol* 21(3): e3002063. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3002063>.
- Cazzola P., Gérard F., Gorner M., Gibbs M., Young K., (2023). Research For TRAN Committee – Assessment Of The Potential Of Sustainable Fuels In Transport, European Parliament, Policy Department for Structural and Cohesion Policies, Brussels.
- Coelho S.T., (2005). Biofuels – Advantages And Trade Barriers. United Nations Conference on Trade and Development, 4 February. https://unctad.org/system/files/official-document/ditcted20051_en.pdf.
- Coyle W.T. (2007) . The Future Of Biofuels: A Global Perspective Economic Research Service U.S. Department Of Agriculture <https://www.ers.usda.gov/amber-waves/2007/november/the-future-of-biofuels-a-global-perspective/>
- Dahman Y., Dignan C., Fiayaz A., Chaudhry A. (2019). An Introduction To Biofuels, Foods, Livestock, And The Environment, Editor(s): Deepak Verma, Elena Fortunati, Siddharth Jain, Xiaolei Zhang, In Woodhead Publishing Series in Composites Science and Engineering, Biomass, Biopolymer-Based Materials, and Bioenergy, Woodhead Publishing, Pages 241-276, ISBN 9780081024263.
- Datta A., Hossain A., Roy S. (2019) An Overview On Biofuels And Their Advantages And Disadvantages Chemical Publishing Co. *Asian Journal of Chemistry*. Vol. 8.Iss. 31. P. 1851-1858.
- Dey, S., Samanta, P., Senapati, T., Ghosh, A.R., Pal, S. (2022). Second-Generation Biofuels Toward Environmental Sustainability. In: Baskar, C., Ramakrishna, S., Daniela La Rosa, A. (eds) *Encyclopedia of Green Materials*. Springer, Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-16-4921-9_104-1.
- Demirbaş A.(2009). Biohydrogen Biofuels. In: Green Energy and Technology. For Future Engine Fuel Demands. Springer, London. pp 61–84, Online ISBN978-1-84882-511-6.
- Dragone G., Fernandes B. D., Vicente A., and Teixeira J. A. (2010). Third Generation

Biofuels From Microalgaer In Book Current Research, Technology And Education Topics In Applied Microbiology And Microbial Biotechnology. Editors: A. Méndez-Vilas https://www.researchgate.net/publication/236006059_Third_generation_biofuels_from_microalgae.

- De Castro, J. F. (2007). Biofuels—an Overview. Final Report. Prepared for DGIS/DMW/IB. Environmental Infrastructure and Impact Division, Environment and Water Department, Directorate-General for International Cooperation (DGIS), The Hague, Netherlands.
- EPA (2023). Economics of Biofuels, EPA United States Environmental Protection Agency <https://www.epa.gov/environmental-economics/economics-biofuels>.
- Ewing M., Msangi S. (2009). Biofuels Production In Developing Countries: Assessing Tradeoffs In Welfare And Food Security, Environmental Science & Policy, Volume 12, Issue 4, Pages 520-528, ISSN 1462-9011, <https://doi.org/10.1016/j.envsci.2008.10.002>.
- Farm Europe, (2021). EU Rural Incomes And Biofuels. <https://www.farm-europe.eu/blog-en/eu-rural-incomes-and-biofuels/> Erişim Tarihi: 16.12.2023.
- Gasparatos A., Stromberg P., Takeuchi, K.(2011) Biofuels, Ecosystem Services And Human Wellbeing: Putting Biofuels In The Ecosystem Services Narrative. Agriculture, Ecosystems & Environment, Volume 142, Issues 3–4, Pages 111-128, ISSN 0167-8809, <https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.04.020>.
- Göçer S., Zaimoğlu Z.(2018). Üçüncü ve Dördüncü Nesil Biyoyakıtların Araştırılması. Uluslararası Gap Yenilenebilir Enerji ve Enerji Verimliliği Kongresi, S:66-70.10-12 Mayıs, Şanlıurfa.
- Hoofar S., Shokravi, Z & Heidarrezaei, M., Chyuan H.O., Seyed K.R., Michal P., Lau, W.J.Ismail, Ahmad I. (2021). Fourth Generation Biofuel From Genetically Modified Algal Biomass: Challenges And Future Directions. Chemosphere. 285. 131535. [10.1016/j.chemosphere.2021.131535](https://doi.org/10.1016/j.chemosphere.2021.131535).
- Jeswani H.K., Chilvers A., Azapagic A. (2020). Environmental Sustainability of Biofuels: A Review. Proc.R.Soc.A476:20200351. Volume 476, Issue 2243. <https://doi.org/10.1098/rspa.2020.0351>.
- Karayılmazlar, S., Saraçoğlu, N., Çabuk, Y., Kurt R. (2011). Biyokütlenin Türkiye’de Enerji Üretiminde Değerlendirilmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi, 13(19), 63-75.
- Kiehadrouinezhad M., Merabet A., Ghenai C., Abo-Khalil A.G., Salameh T. (2023). The Role Of Biofuels For Sustainable Microgrids: A Path Towards Carbon Neutrality And The Green Economy. Heliyon. Feb 2;9(2):e13407. doi: [10.1016/j.heliyon.2023.e13407](https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e13407). PMID: 36816276; PMCID: PMC9932676.
- Kurt,R., İmren,E., Cabuk,Y., Karayılmazlar,S. (2018). Estimation Of Global Wood Pellet Production As A Renewable Energy Source By ARIMA Method. Fresenius Environmental Bulletin, 2018, Vol. 27, No. 7, 5147-5152 ref. 17.
- Kurt, R. (2020), Determining The Priorities In Utilization Of Forest Residues As Bio-

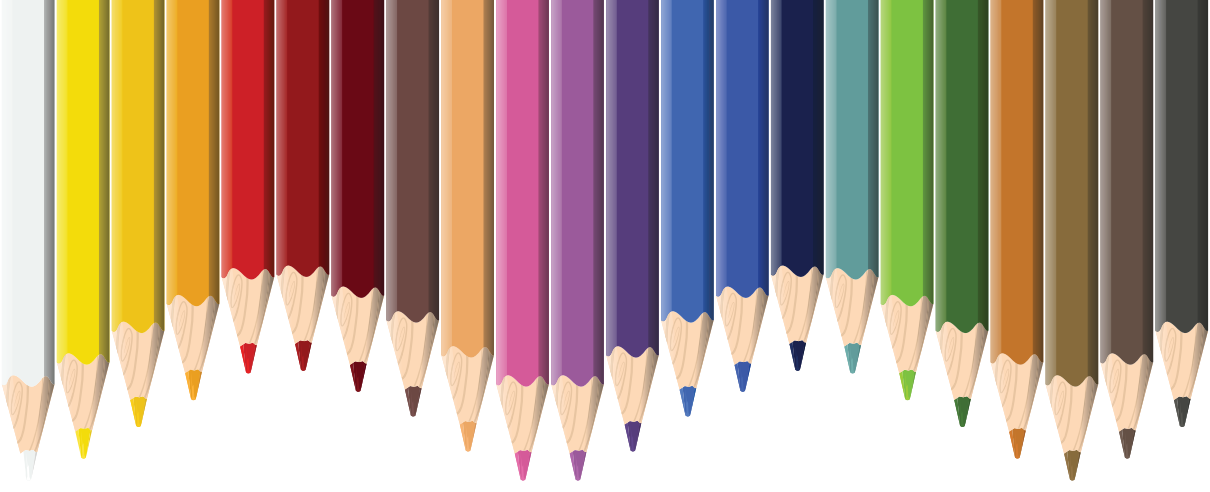
- mass: An A'wot Analysis. *Biofuels, Bioprod. Bioref.*, 14: 315-325. <https://doi.org/10.1002/bbb.2077>.
- Liu, Y., Cruz-Morales, P., Zargar, A., Belcher, M. S., Pang, B., Englund, E., ... & Keasling, J. D. (2021). *Biofuels For A Sustainable Future*. *Cell*, 184(6), 1636-1647.
- Malode K., Prabhu K., Mascarenhas R.J., Shetti N. P., Aminabhavi T. M. (2021). Recent Advances And Viability In Biofuel Production, Energy Conversion and Management: X, Volume 10, 100070, ISSN 2590-1745, <https://doi.org/10.1016/j.ecmx.2020.100070>.
- Moodley P. (2021). Sustainable Biofuels: Opportunities And Challenges, Editor(s): Ramesh C. Ray, In *Applied Biotechnology Reviews, Sustainable Biofuels*, Academic Press, Pages 1-20, ISBN 9780128202975, <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-820297-5.00003-7>.
- Nanda, S.; Pattnaik, F.; Patra, B.R.; Kang, K.; Dalai, A.K. (2023). A Review of Liquid and Gaseous Biofuels from Advanced Microbial Fermentation Processes. *Fermentation*, 9, 813. <https://doi.org/10.3390/fermentation9090813>.
- Khan M., Anwar H., Bonifacio S., Clowes J., Foulds A., Holland R., Matthews J. C., Percival C. J., and Shallcross D.E. (2021). Investigation of Biofuel as a Potential Renewable Energy Source. *Atmosphere*. 12, no. 10: 1289. <https://doi.org/10.3390/atmos12101289>.
- Peters J., Thielmann S.(2008). Promoting biofuels: Implications For Developing Countries, *Energy Policy*, Volume 36, Issue 4, Pages 1538-1544, ISSN 0301-4215, <https://doi.org/10.1016/j.enpol.2008.01.013>.
- Rather, R. A., Wani A. W., Mumtaz S., Padder S. A., Khan A. H., Almohana A. I., Almojil S.F., Alam S.S., Baba T. R. (2022). Bioenergy: A Foundation To Environmental Sustainability In A Changing Global Climate Scenario, *Journal of King Saud University - Science*, Volume 34, Issue 1, 101734, ISSN 1018-3647, <https://doi.org/10.1016/j.jksus.2021.101734>.
- Sheelanere, P., Kulshreshtha, S. (2013). Sustainable biofuel production: opportunities for rural development. *International Journal of Environment and Resource*, 2(1), 1-13.
- Silalertruksa T., Gheewala S.H., Hünecke K., Fritsche U.R. (2012). Biofuels And Employment Effects: Implications For Socio-Economic Development In Thailand, *Biomass and Bioenergy*, Volume 46, Pages 409-418, ISSN 0961-9534, <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2012.07.019>.
- Sulle, E., Nelson, F. (2009). Introduction. In *Biofuels, Land Access And Rural Livelihoods In Tanzania* (pp.5–12). International Institute for Environment and Development. <http://www.jstor.org/stable/resrep16519.4>.
- Vickram S., Manikandan S., Deena S.R., Mundike J., Subbaiya R., Karmegam N., Jones S., Yadav K.K., Chang S. W., Ravindran B., Awasthi K.M. (2023). Advanced Biofuel Production, Policy And Technological Implementation Of Nano-Additives For Sustainable Environmental Management—A Critical Review,

Bioresource Technology, Volume 387,129660, ISSN 0960-8524, <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2023.12966>.

Talha E.A.(2023). Biofuels: A Renewable Solution for Energy Security and Climate Change Mitigation.SSRN: <https://ssrn.com/abstract=4475528> or <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.4475.528>.

Torkashvand, M., Hasan-Zadeh, A., Torkashvand, A. (2022). Mini Review on Importance, Application, Advantages and Disadvantages of Biofuels. *J. Mater. Environ. Sci*, (6).

URL-1, (2009). Biofuels:Benefits And Risks, Public Understanding Of Biotechnology, The South Africa Agency For Science And Technology Advancement (Saasta). https://www.Saasta.Ac.Za/Media-Portal/Download/Bio_Fs04.Pdf
Www.Saasta.Ac.Za.



Bölüm 10

BITKİSEL KATKI MADDELERİNİN BALIK YEMLERİNE EKLENME VE UYGULAMA ŞEKİLLERİ

*Kürşat KILIÇ¹
Önder AKSU²*

¹ Yüksek Lisans Öğrencisi Munzur Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Su Ürünleri Anabilim Dalı
E-mail: kursat-kilic@msn.com

² Doç. Dr., Munzur Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Su Ürünleri Yetiştiriciliği Bölümü E-mail:
onderaksu@munzur.edu.tr

1. Giriş

Balık eti 4,5 milyardan fazla insanın kişi başına düşen ortalama hayvansal protein alımının en az %15'ini sağlıyor. Balığın benzersiz besinsel özellikleri, onu hem gelişmiş hem de gelişmekte olan ülkelerdeki milyarlarca tüketicinin sağlığı için de vazgeçilmez kılmaktadır. Balık, kendisine verilen yemi yüksek kaliteli gıdaya en verimli şekilde dönüştüren canlılardan biridir ve karbon ayak izi diğer hayvansal üretim sistemleriyle karşılaştırıldığında daha düşüktür. Balıkla ilgili faaliyetler (balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliğinin yanı sıra işleme ve ticaret) aracılığıyla balıklar, özellikle gelişmekte olan ülkelerde başta olmak üzere dünya nüfusunun %10'undan fazlasının gelirine ve dolayısıyla dolaylı gıda güvenliğine önemli ölçüde katkıda bulunmaktadır. Ancak, ulusal düzeyde gıda güvenliği ve beslenme stratejilerinde ve daha geniş kalkınma tartışmaları ve müdahalelerinde temel bir unsur olarak balığa şu ana kadar sınırlı ilgi gösterilmiştir. Sonuç olarak, balıkçılık ve su ürünleri yetiştiriciliği sektörlerinin güçlendirilmesinde ortaya çıkan gıda güvenliği ve beslenmenin iyileştirilmesine yönelik muazzam potansiyel gözden kaçırılmaktadır (Béné ve ark., 2015).

Su ürünleri yetiştiriciliği, yıllık %7'lik büyüme oranıyla dünyada en hızlı büyüyen hayvansal gıda üreten sektördür (FAO, 2016). Balık unu ve balık yağı gibi geleneksel yem kaynaklarına alternatif sürdürülebilir somon yemi alternatiflerine olan talebin hızlı bir şekilde artmaktadır. Gıda dışı kaynaklardan üretilen besin maddeleri çiftlik balıkları için yüksek kaliteli bir protein kaynağı olarak hizmet edebilir. Hayvansal proteine olan talebin artması nedeniyle bu durum, sınırlı miktarlarda bulunan balık unu ve balık yağı gibi yem hammaddelerinde de artışa yol açacak olup, sürdürülebilir ve gıda dışı kaynaklara dayalı yemlerin geliştirilmesi esastır (Solberg ve ark., 2021). Hayvansal üretim sistemlerinde iyi beslenme, sağlıklı, kaliteli ürünün ekonomik üretimi için şarttır. Su ürünleri yetiştiriciliğinde beslenme kritik öneme sahiptir çünkü yem genellikle değişken üretim maliyetinin yaklaşık yüzde 50'sini temsil eder. Balık beslenmesi, son yıllarda optimum balık büyümesini ve sağlığını destekleyen yeni ve dengeli ticari diyetlerin geliştirilmesiyle önemli ölçüde ilerleme kaydetmiştir (Joshi ve ark., 2021).

Piyasada çeşitli balık yemleri kolaylıkla bulunabilmektedir. Birçok farklı şekil ve boyutta olabilirler. Ancak her balık yemi her balık türü için uygun olmayabilir. Çiftlik balıkları için doğru yem türünü belirlemek önemlidir. Balıklar dengeli bir diyetle beslemek, onların düzgün büyümesi ve refahı için çok önemlidir. Yedikleri diyetin sağlıkları üzerinde doğrudan etkisi olacaktır. Doğal ortamlarındaki balıkların aksine, yetiştiricilik ortamlarındaki balıklar besin ihtiyacını yemlerinden karşılar (Joshi ve ark., 2021). Yem, balıklar için en iyi sağlık ve performansı sağlayabildiğinden, sürdürülebilir balık yemlerinin iki kritik bileşeni yem verimliliği ve yem içerikleridir (Mowi, 2019). Besin katkı maddeleri balık yemlerinin temel hammaddeleridir. Hiçbir yem içeriği besin

açısından eksiksiz değildir ve balıkların büyümesi için gereken besinleri ve enerjiyi sağlayamaz. Bu nedenle, dikkatle formüle edilmiş bir yemdeki bileşenlerin karışımı, optimum büyüme performansı için dengeli düzeyde besin ve enerji sağlayabilir (Ebenezar ve ark., 2021).

Mevcut teknolojide balık yemi ekstruderleri üretim hatlarında önemli bir rol oynamaktadır. Balık yemi üretim prosesinin çoğunluğu ekstruderde gerçekleşse de, öğütme ve karıştırma nihai ürünün kalitesini oldukça etkileyebilir. Su eklenir ve elde edilen macun metal bir plakadaki deliklerden sıkılır. Deliklerin çapı genellikle pelletlerin çapını belirleyen en önemli parametredir; bu çap, bir milimetreden daha az ila bir santimetrenin üzerine kadar değişebilir. Yem ekstrüde edilirken gerekli uzunlukta peletler oluşturacak şekilde kesilir. Peletler kurutulur ve yağlar eklenir. Sıcaklık ve basınç gibi parametrelerin ayarlanması, üreticilerin farklı balık yetiştirme yöntemlerine uygun peletler üretmesine olanak tanır; örneğin yavaş yüzen veya batan yemler ve devridaim sistemlerine uygun yemler. Kuru yem peletleri, uygun depolama ve dağıtım için nispeten uzun süreler boyunca stabildir. Yemler, balık üretme çiftliklerinde kullanılmak üzere büyük torbalarda toplu olarak teslim edilmektedir (Sarker ve ark., 2020).

Türe özgü yeni diyet formülasyonlarının geliştirilmesi, uygun fiyatlı, güvenli, yüksek kaliteli balık ve deniz ürünlerine yönelik artan talebi karşılamak için su ürünleri yetiştiriciliği endüstrisini desteklemektedir (Craig ve Kuhn, 2017). Kaynakların tükenmesini önlemek, çevre döngüsünü sağlamak ve kaynakları verimli kullanmak için her sektörde sürdürülebilirlik şarttır. Toplumun çevre ile etkileşimi giderek artan bir hızla bozulmakta, küresel düzeyde çeşitli çevresel, sosyal ve ekonomik sorunlar ortaya çıkmaktadır (Niemets ve ark., 2021). Yetiştiricilik endüstrisinin bitkisel kaynaklara olan ilgisi gün geçtikçe artmaktadır. Günümüzde yeniden önem kazanmasının yanı sıra geçmişte binlerce yıla dayanan şifalı bitkilerin kullanımı, dünyanın her yerinde her medeniyet döneminde çeşitli hastalıkları tedavi etmek için kullanılmıştır. Tıbbi bitki kullanımının en eski yazılı kanıtı olan Sümer kil levhası yaklaşık 5000 yaşındadır (Petrovska, 2012).

Aromatik ve tıbbi bitkilerin, insan ve hayvanlarda fitoterapi ve farmakoloji açısından son yıllarda önemi dünyada artmıştır (Rota ve ark, 2008; Zantar ve ark., 2015). Ayrıca, bu bitkiler nutrasötik, terapötik, antimikrobiyal, anti-mutajenik, antikanser, antioksidan özelliklerinden ve kozmetik yararlarından dolayı kullanılmaktadır (Rota ve ark, 2008; Pereira ve ark., 2016). Bu nedenlerden dolayı bu bitkilere olan talep artmıştır. Bu çalışmada da bitki katkı maddelerinin balıklar üzerinde kullanım şekillerinin araştırılarak derlenmesi amaçlanmıştır.

2. Yem içeriklerinin sınıflandırılması

2.1. Kaynağa göre

İçerikler kaynaklarına göre bitkisel kaynaklı ve hayvansal kaynaklı olarak sınıflandırılır. Hayvansal protein kaynaklarının dengeli amino asit profillerinden dolayı genellikle üstün olduğu düşünülmektedir (Ebenezar ve ark., 2021). Farklı balık türlerinin besin gereksinimlerini karşılamak için bileşenler rasyonlara çeşitli oranlarda eklenebilmektedir. Büyümelerinin çeşitli aşamalarındaki balıklar da farklı oranlarda farklı besin içeriklerine ihtiyaç duyacaktır. Genel olarak etobur balıklar ve yavru balıklar daha yüksek protein içeriğine sahip yemlere ihtiyaç duymaktadır (Craig ve Kuhn, 2017; Shukla ve ark., 2019).

Tablo 1. Yaygın balık yemi içeriklerinin yaklaşık bileşimi (% kuru madde bazında) (Ebenezar ve ark., 2021).

Hayvansal kökenli içerikler							
	İçerikler	DM %	CP %	EE %	CF %	ASH %	NFE %
1	Balık unu	95,16	68,5	8,79	0,3	11,9	5,67
2	Karides unu	93,25	67,45	6,43	5,07	14,25	0,05
3	Deniz tarağı unu	93,17	58,15	12,19	3,22	6,47	13,14
4	Et ve Kemik unu	92,37	51,36	5,71	1,82	24,87	8,61
5	Kalamar unu	92,36	71,88	5,41	1,62	4,33	9,12
6	İpek böceği pupa unu	94,87	59,38	24,12	3,08	8,18	0,11
7	Kazein	91,5	86,5	0,2	1,0	3,7	8,60
8	Kan unu	88,0	81,5	1,0	1,0	3,2	13,30
9	Krill unu	92,9	58,0	18,0	6,0	13,0	5,0
10	Kümes hayvanı atık unu	89,2	77,9	4,2	0,6	5,4	11,90
11	Karides kabuğu unu	92,6	36,3	7,0	20,0	30,4	6,30
Bitki kökenli içerikler							
	İçerikler	DM %	CP %	EE %	CF %	ASH %	NFE %
1	Pirinç kepeği	89,9	12,60	11,30	19,3	10,20	36,50
2	Buğday unu	87,40	14,50	3,70	2,70	2,30	64,20
3	GNOC	97,90	36,23	7,31	8,23	24,05	21,40
4	Hardal yağlı kek	90,80	23,60	9,60	6,30	10,40	40,90
5	Soya unu	94,38	53,82	0,58	4,64	7,92	27,42
6	Pamuk tohumu küspesi	93,00	37,00	6,70	13,0	1,00	35,30
7	DDGS	90,66	42,43	6,07	7,05	6,15	28,96
8	Buğday gluteni	90,14	65,54	2,70	1,20	2,10	18,74
9	Tapyoka unu	87,13	2,82	0,29	1,79	2,02	82,23
10	Maya (Bira Üreticileri)	94,7	48,5	3,0	1,9	9,2	37,4
11	Maya (Torula)	93,0	41,0	3,0	1,9	7,8	46,3

2.2. Besin değeri

Besin değerlerine göre bileşenler protein açısından zengin ve enerji açısından zengin olarak sınıflandırılır. Ham protein içeriği %20 veya daha fazla olan ve %20'den az ham lif içeren yem içerikleri protein açısından zengin olarak kabul edilirken, enerji açısından zengin bileşenler %20'den az ham protein ve %20'den az ham lif içerir. Protein açısından zengin içeriklerin örnekleri arasında balık unu, karides unu, deniz tarağı unu, kalamar unu, et ve kemik unu, balıkta çözümler, Kan unu, kümes hayvanı yan ürünü unu, hidrolize tüy unu, soya fasulyesi unu, pamuk tohumu unu, yer fıstığı yağı küspesi, damıtıcılar, çözümler maddelerle kurutulmuş tahıllar, ayçiçeği küspesi, kanola küspesi vb. yer alır. Enerji açısından zengin içerikler arasında mısır, pirinç ve buğday ürünleri gibi tahıllar, bitkisel ve hayvansal katı ve sıvı yağlar bulunur. Her içerik kaynağı farklı besin değerine sahip olabilir, bu nedenle besin bileşimi açısından analiz edilmeli ve gerekirse yem formülasyonları değiştirilmelidir (Ebenezar ve ark., 2021)

3. Yem Katkı Maddeleri

Günümüzde besinlerin üretim ve tüketim ilişkileri gıda katkı maddelerinin kullanımını teknolojik bir zorunluluk olarak ortaya koymaktadır. Endüstrinin gelişmesi ile besin üretiminin ve işlenmesinin artması gıda katkı maddeleri kullanımını da artırmıştır (Yurttagül ve Ayaz, 2012). Yem katkı maddeleri enerji, protein, çeşitli mineral ve vitamin gibi yaşamın temel vazgeçilmez unsurları yanında, çiftlik hayvanlarının beslenmesinde, normal yetiştirme koşullarında gereksinim duyulmayan, fakat yeme katıldıkları zaman; yemlerdeki besin maddelerinin emin şekilde hayvanlara bozulmadan verilmesini, hayvan tarafından daha kolay sindirilmesini, bağırsaklardan emilip vücut hücrelerine taşınmasını sağlayan, ürün miktarını artıran, yemden yararlanmayı yükselten, ürünün görünümünü değiştiren, niteliğini etkileyen, ekonomik yarar sağlayan bazı maddelerdir (URL-1). Genellikle diyetlere düşük konsantrasyonlarda (<2) katkı maddeleri eklenir (Ebenezar ve ark., 2021).

3.1. Yemlerin Korunmasını Sağlayan Yem Katkı Maddeleri

Yemlerin üretiminden hayvanların bu yemleri tüketimine kadar geçen süre içinde yemde bozulmayı önlemek amacıyla kullanılmaktadırlar. Bu grupta yer alan katkı maddeleri antioksidanlar ve antifungaller veya organik asitlerdir (Yurttagül ve Ayaz, 2012).

Antioksidanlar, diğer moleküllerin oksidasyonundan kaynaklanan hücresel hasarı önleyen moleküllerdir. Oksidasyon, elektronları bir molekülden oksitleyici bir maddeye aktaran kimyasal bir reaksiyondur. Oksidasyon reaksiyonlarının serbest radikaller ürettiği bilinmektedir. Bu serbest radikaller, en dış kabuklarında bir veya daha fazla eşleşmemiş elektron içeren oldukça

reaktif türlerdir. Oluştuklarında zincirleme reaksiyon başlar. Antioksidan bu serbest radikallerle reaksiyona girerek serbest radikal ara ürünlerini uzaklaştırarak bu zincir reaksiyonu sonlandırır ve kendilerini oksitleyerek diğer oksidasyon reaksiyonlarını inhibe eder. Oksidasyon reaksiyonları yaşam için çok önemli olsa da, aynı zamanda zarar verici de olabilir. Bitkiler ve hayvanlar, C vitamini ve E vitamini gibi çeşitli antioksidan türlerinin yanı sıra katalaz (CAT), süperoksit dismutaz (SOD) ve çeşitli peroksidazlar gibi enzimlerden oluşan karmaşık bir sisteme sahiptir (Hamid ve ark., 2010).

Antioksidan etkisi gösteren başlıca bileşikler arasında

- fenoller ve kinonlar,
- tokoferoller,
- gossipol,
- gallik asit,
- tanik asit ve tanenler,
- askorbik asit ve esterleri,
- norhidro guairetik asit (NDGA),
- butilhidroksi anisol (BHA),
- butil hidroksi toluen (BHT),
- difenil parafenil diamin (DPPD)
- ethoxyguin (ethoksi trimetil dihidrokinolin) sayılabilir.

Fusarium, Aspergillus ve Penicillium'un yem ve gıdalardaki başlıca mantar popülasyonları olduğu belirtilmektedir. F. moniliforme yem ve yiyeceklerde yaklaşık bir yıl mevcut durumunu koruyabilir. Başlıca doğal olarak oluşan mantarlar çoğunlukla *Penicillium purpurogenum*, *Aspergillus glaucus* ve *A. kandidusa* türleridir (Dalie ve ark., 2010). Günümüzde mikotoksinler dünya çapında ilgi görmektedir ve ergot, aflatoksinler, okratoksinler, sitrinin, patulin ve fumonisinler gibi çeşitli mikotoksin grupları bilinmektedir (Mohanamba ve ark., 2002).

3.2. Vitaminler

Yem katkı maddelerinin incelenmesine göre vitamin premiksleri, gerekli vitaminlerin sabit formlarının temel yemle karıştırıldığı konsantredir. Diğer vitaminlerin stabilitesini azalttığı gösterildiği için vitamin premikslerine kolin klorür dahil edilmez. Diyetin %0,5-4'ü arasında değişen seviyelerde eklenir. Vitaminler önemli besin faktörleridir ve hayvan vücudundaki birçok metabolik biyokimyasal reaksiyonda rol oynarlar (Demott, ve Müller-Navarra, 1997; Yadav ve ark., 2021).

3.3. Mineraller

Su hayvanları, besinlerinden ve sularından mineralleri absorbe etmek ve tutmak için benzersiz fizyolojik mekanizmalara sahiptir. Çiftlik balıkları ve kabukluların mineral beslenmesi alanındaki araştırma ve geliştirmeler nispeten yavaş olmuştur ve yem içeriklerinin iz element gereksinimleri, fizyolojik fonksiyonları ve biyoyararlılığı konusundaki bilgide büyük boşluklar bulunmaktadır. Seçilen balık türleri için üç makro element (kalsiyum, fosfor ve magnezyum) ve altı eser mineral (çinko, demir, bakır, manganez, iyot ve selenyum) için kantitatif beslenme gereksinimleri rapor edilmiştir. Balıklardaki mineral eksikliği belirtileri arasında kemik mineralizasyonunda azalma, anoreksi, lens katarakt (çinko), iskelet deformiteleri (fosfor, magnezyum, çinko), yüzgeç erozyonu (bakır, çinko), nefrokalsinoz (magnezyum eksikliği, selenyum toksisitesi), tiroid hiperplazisi (iyot), kas distrofisi (selenyum) ve hipokromik mikrositik anemi. Diyet veya solungaç alımından aşırı miktarda mineral alımı toksisiteye neden olur ve bu nedenle mineral eksikliği ile toksisite arasındaki ince denge, sudaki organizmaların artan emilim veya atılım yoluyla homeostazisini sürdürmeleri için hayati öneme sahiptir. Yenmemiş veya sindirilmemiş yemlerden ve idrarla atılımdan minerallerin salınması, doğal suların ötrofikasyonuna neden olabilir ve bu da yem formülasyonunda ilave dikkat gerektirir (Lall ve Kaushik, 2021).

3.4. Balık yağları

Araştırmalar morina karaciğeri yağı, sardalya yağı, kalamar yağı ve deniz tarağı yağı gibi balık yağlarının PUFA açısından zengin olduğunu ortaya koymaktadır. Büyümeyi ve gıdaya dönüşüm oranını iyileştirmek için yemlere yüzde 2-3 oranında balık yağı eklenir (Deng ve ark., 2013).

3.5. Yağ asitleri

Son yıllarda balıklarda EFA'nın besinsel yönleri kapsamlı bir şekilde incelenmiştir. Çeşitli türler arasında salmonid balıkları çeşitli çalışmalarda ilk deney hayvanları olarak seçilmiştir ve birçok araştırmacı gökkuşağı alabalığının (*Oncorhynchus mykiss*) maksimum büyüme, yem dönüşümü ve besin dönüşümü için linolenik aileden diyetel yağ asitlerine ihtiyaç duyduğunu göstermiştir (Lee ve ark., 1967; Higashi ve ark., 1966).

3.6. Fosfolipidler

Fosfolipitler, birçok önemli yapısal ve fonksiyonel role sahip, fosfor içeren lipitlerdir (Tocher ve ark., 2008; Turchini ve ark., 2022). Çoğu balık türünün larva aşamasındaki sınırlı biyosentetik kapasitesinin, fosfolipidleri temel besin maddeleri haline getirdiği ve buna göre larva diyetlerinde desteklenmesi gerektiği iyi bir şekilde gösterilmiştir (Cahu ve ark., 2009). Fosfatidilkolin gibi fosfolipitler, balıkların beslenmesinde büyüme ve hayatta kalma için gereklidir. Yemeğe yüzde 1-2 oranında soya fasulyesi lesitini eklenmesi daha

hızlı büyümeyi teşvik eder ve yemden yararlanma oranını artırır. Fosfolipidler, lipidlerin vücutta taşınmasında fizyolojik olarak önemlidir (Heo ve ark., 2013; Yadav ve ark., 2021).

4. Beslenme karşıtı faktörler

Antibeslenme faktörleri, doğrudan veya metabolik ürünleri aracılığıyla besin asimilasyonuna müdahale edebilen maddelerdir. Bunlar, depolama ve işleme sırasında yemlerde ve içeriklerde meydana gelen endojen veya harici faktörler olabilir. Balık yemlerinde bitki kaynaklı bileşenler daha ucuz ve balık ununa göre daha sürdürülebilir bir alternatif olsa da, bu bileşenlerde anti-beslenme faktörlerinin varlığı, bunların kullanımını sınırlayan en büyük kısıtlamadır (Ebenezar ve ark., 2021).

5. Bitkisel katkı maddelerinin yemlere eklenmesi

Önemli bir sorun olan hastalık konusunda genellikle başvurulmak zorunda kalınan çare antibiyotik kullanımımıdır. Hastalıkları kontrol etmek için antibiyotik kullanımı yaygın olarak eleştirilir, çünkü genellikle çok pahalıdır ve antibiyotiğe dirençli bakteri suşlarının gelişimine, balıkların bağışıklık sistemini baskılamasına, çevre kirliliğine ve balık dokularında halk sağlığına zarar verebilecek kimyasal kalıntıların birikmesine neden olur (Dikel, 2015).

Bitkisel katkı maddeleri insan sağlığı açısından önem kazanmasına paralel gıda üretiminde ve hayvansal ürünlerin üretiminde de ciddi bir gündem kazanmıştır. Su ürünleri üretim sektöründe bitkisel katkı maddelerinin kullanımını esas olarak birkaç farklı amaca yönelik olarak kullanılması söz konusudur. Bunlar üretimde ve üretim sonrasında olmak üzere;

-Antibiyotik vb. etkileri için fitoterapi ve immunostimülant etkisinden yararlanma amaçlı kullanılan,

-Büyüme artırıcı etkisinden yararlanılan

-Yetiştiricilikte sakinleştirici, anestezi vb. amaçla kullanılan,

-Et kalitesi, tat ve koku vb. nitelikler kazandıran,

-Üretim sonrası saklama koşullarında yardımcı olan, raf ömrünü artırıcı etkilerinden yararlanılanlar olarak sayılabilir (Dikel, 2019).

Günümüzde pek çok araştırmacı şifalı bitkilerin yem katkı maddesi olarak olumlu potansiyellerini kanıtlamıştır. Bitkiler balıklarda büyümeyi ve yem kullanımını arttırmış ve aynı şekilde gastrointestinal sistemdeki patojenleri düzenleyerek hastalıkları azaltmıştır (Farahi ve ark., 2012; Manaf ve ark., 2016).

Bitkisel katkı maddeleri balıklara verilirken toz şeklinde yem rasyonlarına eklenebileceği gibi, pelet yemlerin üzerine bitkisel yağların püskürtülmesi yöntemi de kullanılmaktadır. Balık yetiştiriciliğinde en uygun ve yaygın yön-

tem bu şekilde eklenmiş bitkisel takviyelerin ağız yoluyla verilmesidir. Bunun yanında enjeksiyon yöntemi, su ortamına bitki hidrosollerinin bırakılması veya lateral çizgilerine sürülmesi yöntemleri de kullanılmaktadır (Altınterim, 2010; Altınterim ve Aksu, 2019a; Altınterim ve Aksu, 2020). Ayçiçek yağının kontrol olarak kullanıldığı çalışmada ayçiçek yağında bekletilmek suretiyle elde edilen masere yağların deriye sürme yöntemiyle kontrol grubuna göre alabalıkların kan parametrelerinde uyarım yaptığı tespit edilmiştir. Bu uyarımın ise ayçiçeği yağında bekletilen bitkilerden yağa yağda çözülebilen maddelerin sayesinde gerçekleştiğini ispatlamaktadır (Altınterim ve ark., 2018c).

İnfüzyon yağları olarak da adlandırılan maserelenmiş yağlar, belirli bir bitki veya bitkinin tedavi edici özelliklerini ortadan kaldırmak için kullanılan taşıyıcı yağlardır. İnfüzyon yağlarının herhangi bir cilt bakım preparatında kullanılması, hem taşıyıcı yağın hem de bitkilerin besleyici özelliklerini içermesi nedeniyle oldukça tedavi edicidir (İmpa, 2018). Maserasyon işlemi yağ ve alkolde çözünen maddelerin geçişini sağlar. Bu amaçla taşıyıcı yağ olarak ayçiçek yağı veya zeytinyağı tercih edilir (Altınterim ve ark., 2018a). Ekstraksiyon yönteminde sadece küçük moleküller tutulurken, maserasyon ürünündeki küçük moleküller yağ moleküllerine aktarılır. Böylece bitkinin içeriği maksimuma çıkarılmış olur. Maserasyonlu yağ, bir bütün olarak alındığında yağda çözünebilen tüm maddeleri içeren süper komplekstir. Aktif madde olarak kabul edilmez. Esansiyel yağların maliyeti neredeyse 100'de 1'dir (URL-2, 2019; Altınterim ve Aksu, 2019b).

Bitkisel katkı maddelerinin ister yap formunda isterse hidrosol formunda verilmesi durumunda, balıkların kan ve antioksidan değerlerinde olumlu yönde etkiler görülmektedir (Altınterim ve ark., 2018b, c).

6. Sonuç

Yem katkı maddeleri balık diyetinin temel bileşenidir. Hayvanların diyetinde yem katkı maddelerinin kullanılması, suda yaşayan hayvanların büyümesi ve bağışıklığının artmasında hayati bir rol oynar. Yem katkı maddeleri, balık diyetine eser miktarda eklenen, aynı zamanda onu iyileştirici veya koruyucu madde görevi de gören maddelerdir. Başlıca yem katkı maddeleri koruyucu, bağlayıcı, besleme uyarıcı, gıda renklendirici vb. gibi görevlerde bulunur. Su ürünleri yetiştiriciliğinin desteklenebilir bir şekilde yetiştirilmesi için katkı maddelerinin kullanımının doğru miktarda olması gerekir. Katkı maddelerinin gerekliliği türlere ve bunların bulunabilirliğine bağlıdır. Bazı yazarlar, yem katkı maddesinin antimikrobiyal, anti-oksidatif, büyümeyi teşvik edici özelliğe sahip olmasının yanı sıra balıkların bağışıklık sistemini iyileştirdiğini ortaya koymuştur (Yadav ve ark., 2021).

Balık ve kabuklu deniz ürünleri, Omega yağ asitleri ve insan tüketimi için diğer birçok önemli besin maddesinin değerli ve ucuz kaynaklarıdır. Su ürünleri üretimi ve yönetiminin artırılmasına sürekli ihtiyaç vardır. Yem ma-

liyetlerini azaltan balık yemlerine şifalı otların eklenmesi, maksimum sindirilebilirlik ve hormonların ve antibiyotiklerin balık kasları üzerindeki kalıntı etkilerinin önlenmesi ve bunları tüketen insanlar üzerinde etkilerinin önlenmesi gibi yeni yem katkı maddeleri konusunda daha fazla araştırmaya acil ihtiyaç vardır (Ogunkalu, 2019).

Kaynaklar

- Altınterim, B., Danabas, D., Aksu, O. 2018a. The effects of common yarrow (*Achillea millefolium* Linnaeus), cinnamon (*Cinnamomum zeylanicum* Blume) and rosemary (*Rosemarinus officinalis* Linnaeus) hydrosols on the some immunological and hematological parameters of common carp (*Cyprinus carpio* L., 1758). *Cellular and Molecular Biology*, 64(14): 19-24.
- Altınterim, B., Öztürk, Ö., Kutluyer, F., Aksu, O. 2018b. Yeşil çay yağının gökkuşuğu alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) yem değerlendirme oranına ve hematolojik parametrelerine etkileri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 13(2): 159-164.
- Altınterim, B., Kutluyer, F., Aksu, O. 2018c. Oksijen Radikal Absorbans Kapasitesi (ORAK) Seviyeleri Farklı Bitki Masere Yağlarının Yoğun Stoklanmış Gökkuşuğu Alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss*) Bazı Kan Parametrelerine Etkileri. *Atatürk Üniversitesi Veteriner Bilimleri Dergisi*, 13(1): 63-69.
- Altınterim, B., Aksu, Ö. 2019a. Effect of Macerated Tomato (*Lycopersicon esculentum*) and Carrot (*Daucus carota*) Oils on Hematological Parameters of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) at High Stocking Density. *International Journal of Pure and Applied Sciences*, 5(2): 85-90.
- Altınterim, B., Aksu, Ö. 2019b. Masere sarımsak (*Allium sativum* Limne) ve Tunceli sarımsağı (*Allium tuncelianum* Kollman) yağlarının yoğun stoklanmış gökkuşuğu alabalıklarının (*Oncorhynchus mykiss* W.) bazı kan parametrelerine ve NBT (Nitroblue Tetrazolium) seviyelerine etkileri. *Balıkesir Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 21(2): 716-723.
- Altınterim, B., Aksu, Ö. 2020. Effects of Macerate Oil of Garlic (*Allium sativum*, Limne), Tunceli Garlic (*Allium tuncelianum*, Kollman) and Onion (*Allium cepa*, Limne) on Antioxidant Enzyme Activities of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss* L.). *Journal of Anatolian Environmental and Animal Sciences*, 5(1):61-65.
- Béné, C., Barange, M., Subasinghe, R., Andersen, P.R., Merino, G., Hemre, G., Williams, M. 2015. Feeding 9 billion by 2050 – Putting fish back on the menu. *Food Sec.*, 7: 261–274.
- Cahu, C.L., Gisbert, E., Villeneuve, L.A., Morais, S., Hamza, N., Wold, P.A., Infante, J.L.Z. 2009. Influence of Dietary Phospholipids on Early Ontogenesis of Fish. *Aquac Res*, 40(9): 989–99.
- Craig, S. Kuhn, D. 2017. *Understanding Fish Nutrition, Feeds, and Feeding*. Virginia Cooperative Extension, Virginia Tech. 7 pp.
- Dalie, D.K.D., Deschamps, A.M., Forget, F.R. 2010. Lactic acid bacteria–potential for control of mold growth and mycotoxins: A review. *Food Control*, 21: 370–380.
- Demott, W., Müller-Navarra, D. 1997. The importance of highly unsaturated fatty acids in zooplankton nutrition: evidence from experiments with *Daphnia*, a cyanobacterium and lipid emulsions. *Freshwater Biology*, 38(3): 649-664.

- Deng, J., Kang, B., Tao, L., Rong, H., Zhang, X. 2013. "Effects of dietary cholesterol on antioxidant capacity, non-specific immune response, and resistance to *Aeromonas hydrophila* in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed soybean meal-based diets." *Fish & shellfish immunology*, 34(1): 324-331.
- Dikel, S. 2015. The use of garlic (*Allium sativum*) as a growth promoter in aquaculture. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 3(7): 529-536.
- Dikel, S. 2019. Su Ürünleri Yetiştiriciliğinde Bitkisel Katkı Maddeleri. *Veterinerlik ve Su Ürünleri Araştırmaları I. Akademisyen Kitabevi*, 81-93.
- Ebenezezar, S., Linga P.D., Chandrasekar, S., Sayooj, P., Vijayagopal, P. 2020. Fish feed ingredients and additives—Classification, composition and anti-nutritional factors. In: *Advances in Fisheries and Aquaculture Techniques*, (eds) Vipinkumar, V.P., Ramachandran, C., Reshma, G., Salini, K.P., Athira, P.V., ICAR Central Marine Fisheries Research Institute, Kerala, India.
- FAO, 2016. *Contributing to Food Security and Nutrition for All. The State of World Fisheries and Aquaculture*, Food and Agriculture Organization, Rome.
- Farahi, A., Kasiri, M., Sudagar, M., Soleimani Iraei, M., Zorriehzahra S.M.J. 2012. Effect of dietary supplementation of *Melissa officinalis* and *Aloe vera* on hematological traits, lipid oxidation of carcass and performance in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Online Journal of Animal and Feed Research*, 1: 1-5.
- Hamid, A.A., Aiyelaagbe, O.O., Usman, L.A., Ameen, O.M., Lawal, A. 2010. Antioxidants: its medicinal and pharmacological applications. *Afr J Pure Appl Chem*, 4(8):142-151.
- Heo, J.M., Opapeju, F.O., Pluske, J.R., Kim, J.C., Hampson, D.J., Nyachoti, C.M. 2013. Gastrointestinal health and function in weaned pigs: a review of feeding strategies to control post-weaning diarrhoea without using in-feed antimicrobial compounds. *Journal of animal physiology and animal nutrition*, 97(2): 207-237.
- Higashi, H., Kaneko, T., Ishii, S., Ushiyama, M., Sugihashi, T. 1966. Effect of ethyl linoleate, ethyl linolenate and ethyl esters of highly unsaturated fatty acids on essential fatty acid deficiency in rainbow trout. *J Vitaminol (Kyoto)*, 12(1): 74-9.
- İmpa, S., 2018. Healing herbs: learn how to make macerated oils. <https://freakofnatural.com/healingherbs-learn-how-to-make-macerated-oils/> 28 Aralık 2019.
- Joshi, P.S., Praveen, B.M., Aithal, P.S. 2021. Introduction to the Fish Nutrition, Feed Formulation, and Feeding Conversion. *Bioscience Discovery*, 12(4):208-216.
- Lall, S.P., Kaushik, S.J. 2021. Nutrition and Metabolism of Minerals in Fish. *Animals (Basel)*. Sep 11(9): 2711.
- Lee, D.J., Roehm, J.N., Yu, T.C., Sinnhuber, R.O. 1967. Effect of ω 3 Fatty Acids on the Growth Rate of Rainbow Trout, *Salmo gairdnerii*. *The Journal of Nutrition*, 92(1): 93-98.
- Manaf, S.R., Daud, H.M., Alimon, A.R., Mustapha, N.M., Hamdan, R.H., Muniand, K.G., Mohamed, N.F.A., Razak, R., Hamid, N.H. 2016. The Effects of *Vitex tri-*

folia, *Strobilanthes crispus* and *Aloe vera* Herbal-mixed Dietary Supplementation on Growth Performance and Disease Resistance in Red Hybrid Tilapia (*Oreochromis sp.*). *J Aquac Res Development*, 7(425): 2.

- Mohanamba, T., Habibi, S.M., . Sastry, P.R, Rajeswari, K.R., Rao, M.R. 2002. *Aspergillus flavus* contamination of feeds and its potential to produce aflatoxin. *Indian Veterinary J.*, 97: 76-77.
- Mowi, 2019. *Salmon Farming Industry Handbook*. In: Mowi (ed.). Mowi.
- Niemets, K., Kravchenko, K., Kandyba, Y., Kobylin, P., Morar, C. 2021. World cities in terms of the sustainable development concept. *Geography and Sustainability*, 2(4): 304-311.
- Ogunkalu, O.A. 2019. Effects of Feed Additives in Fish Feed for Improvement of Aquaculture. *Eurasian Journal of Food Science and Technology*, 3(2): 49-57.
- Pal, M., Misra, K., Dhillon, G., Brar, S.K., Verma, M. 2014. Antioxidants. In book: *Biotransformation of Waste Biomass into High Value Biochemicals*, (eds.) Brar, S.K, Dhillon, G.S., Socco, C.R.
- Pereira, E., Pimenta, A.I., Calhelha, R.C., Antonio, A.L., Verde, S.C., Barros, L., Santos-Buelga, C., Ferreira, I.C.F.R. 2016. Effects of gamma irradiation on cytotoxicity and phenolic compounds of *Thymus vulgaris* L. and *Mentha x piperita* L. *LWT - Food Sci Technol*, 71, 370-377.
- Petrovska, B.B. 2012. Historical review of medicinal plants' usage. *Pharmacognosy reviews*, 6(11): 1.
- Rota, M.C., Herrera, A., Martinez, R.M., Sotomayor, J.A., Jordan, M.J. 2008. Antimicrobial activity and chemical composition of *Thymus vulgaris*, *Thymus zygis* and *Thymus hyemalis* essential oils. *Food Cont*, 19: 681-687.
- Sarker, P.K., Kapuscinski, A.R., McKuin, B., Fitzgerald, D.S., Nash H.M., Greenwood, C. 2020. Microalgae-blend tilapia feed eliminates fishmeal and fish oil, improves growth, and is cost viable". *Scientific Reports*. 10(1): 1-9.
- Shukla, A., Kumar, M., Gupta, G., Pathak, N., Mishra, V. 2019. A review on replacing fish meal in aqua feeds using plant and animal protein sources. *International Journal of Chemical Studies*, 7(3): 4732-4739.
- Solberg, B., Moiseyev, A., Hansen, J.Q., Horn, S.J., Øverland, M. 2021. Wood for food: Economic impacts of sustainable use of forest biomass for salmon feed production in Norway. *Forest Policy and Economics*, 122, 102337.
- Tocher, D.R., Bendiksen, E.Å., Campbell, P.J., Bell, J.G. 2008. The Role of Phospholipids in Nutrition and Metabolism of Teleost Fish. *Aquaculture*, 280(1-4):21–34.
- Turchini, G.M., Francis, D.S., Du, Z.Y., Olsen, R.E., Ringo, E., Tocher, D.R. 2022. The Lipids. In: Hardy RW, Kaushik SJ. (Eds), San Diego: Academic Press. *Fish Nutr*, 303–467.
- URL-1. Yem Katkı Maddeleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Ensti-

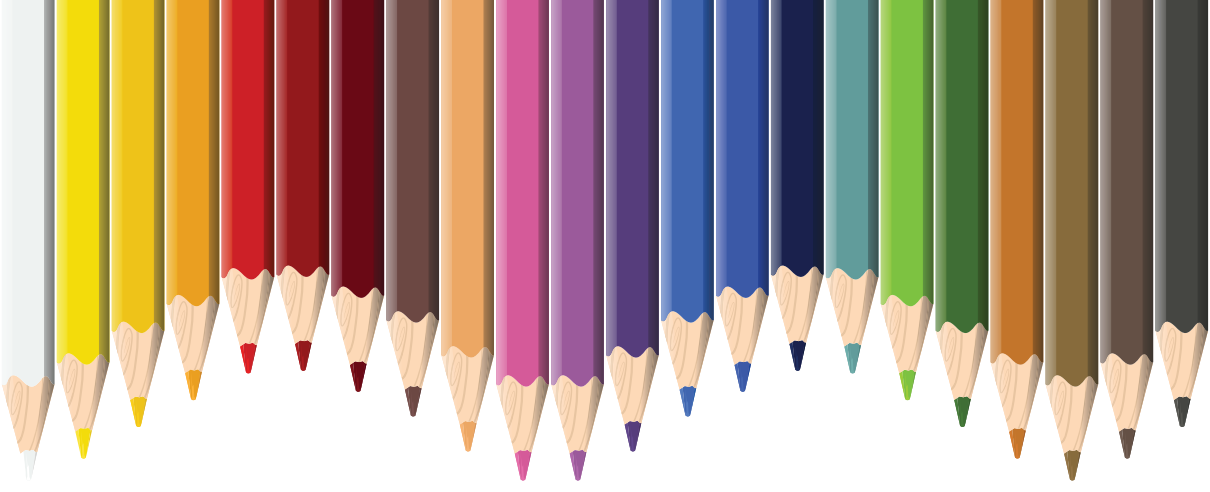
tüsü Zootečni Anabilim Dalı Ders Notları. <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/habip.muruz/72802/2022-2023%20G%C3%9CZ%20D%C3%96NEM%C4%B0-YEM%20%C4%B0%C5%9EELEME%20TEKNOLOJ%C4%B0S%C4%B0.pdf>

URL-2, 2019. <https://formulabotanica.com/how-to-makemacerated-oils/> How to make macerated oils. 28 Aralık 2019.

Yadav, M.K., Khati, A., Chauhan, R.S., Arya, P., Semwal, A.P. 2021.A Review on Feed Additives used in Fish Diet. International Journal of Environment Agriculture and Biotechnology, 6(2): 184-190.

Yurttagül, M., Ayaz, A. 2012. Katkı Maddeleri: Yanlışlar ve Doğrular. : Reklam Kurdu Ajansı Org. Tan. Tas. Rek. San. Tic. Ltd. şti. Ankara. 32s.

Zantar, S., Haouzi, R., Chabbi, M., Laglaoui, A., Mouhi, M., Boujnah, M., Bakkali, M., Zerrouk, MH. 2015. Effect of gamma irradiation on chemical composition, antimicrobial and antioxidant activities of *Thymus vulgaris* and *Mentha pulegium* essential oils. Radiat Phys Chem, 115: 6-11.



Bölüm 11

TARIM İŞLETMELERİNİN İKLİM DEĞİŞİKLİĞİNE KARŞI GEÇİM KAYNAKLARI ETKİLENEBİLİRLİĞİNİN DEĞERLENDİRİLMESİNDE KOMPOZİT İNDEKS YAKLAŞIMI

Betül BAHADIR¹

¹ Doç.Dr. , Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarım Ekonomisi Bölümü.
0000-0002-9358-023X

Giriş

Küresel düzeyde en büyük çevresel tehditlerden biri haline gelen iklim değişikliği, dünya genelindeki sıcaklık, yağış düzeni, deniz seviyeleri ve ekstrem hava olayları gibi iklim parametrelerindeki uzun süreli değişiklikleri ifade etmektedir. Sanayileşmeyle birlikte artan sera gazı emisyonlarının ortalama sıcaklığın artmasına neden olarak, 1850-2020 arasında sıcaklığın yaklaşık 1.3°C yükseldiği bildirilmektedir. Bununla birlikte, sera gazı emisyonlarının 1980 yılından bu yana çok daha hızlı bir şekilde artmıştır (IPCC, 2021). Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli (Intergovernmental Panel on Climate Change-IPCC)'nin 5. Değerlendirme Raporu'nda yer alan temsili öngörüler doğrultusunda, yüzyılın sonuna kadar ortalama yüzey ısındaki artışın en iyimser senaryoda 2 °C'yi bulabileceği, en kötümser senaryoda ise 4.5 °C aşacağı yönünde olduğu belirtilmektedir (IPCC, 2014). Bununla birlikte, sera gazı emisyonlarının tamamen sonlandırılması durumunda dahi yüzey ısındaki sıcaklığın artmaya devam edeceği öngörülmektedir (IPCC, 2014). Yüzey ısındaki sıcaklık artışına paralel olarak iklim sisteminde meydana gelen değişikliklerle birlikte, dünyanın pek çok bölgesinde görülmekte olan sıcaklık artışları, yağış sel, fırtına gibi olayların görülme sıklığının artışı, kuraklık ve su stresinden etkilenene alanlarda artış, tropikal siklonların sıklığının artması ve deniz seviyesinde yükselme olaylarının daha sık ve şiddetli hale gelmesi beklenmektedir (UN-Habitat, 2011; UN-Habitat, 2012).

Çiftçilerin geçim kaynakları, özellikle gelişmekte olan ülkelerde tarım gibi iklim duyarlı sektörlere doğrudan bağlıdır. İklim değişikliği, artan tarla zararlıları ve hastalık salgınları, toprak kaymalarının daha sık ve şiddetli olması, kuraklıklar ve sellerin artması şeklinde tarımı olumsuz etkileyen bir süreçtir. Bu durum, ürün verimlerinin azalması veya ve yüksek hayvan ölümleri gibi sonuçları da beraberinde getirir (Harvey vd., 2014; Morton, 2007). Sıcaklıklarda bile ılıman artışlar, temel tarım ürünlerini olumsuz etkileyebilir (Rosenzweig vd., 2014). Buzulların hızla erimesi ve kış yağışlarının artması veya azalması nedeniyle akışın mevsimsel değişiklikleri, tarım ve hayvancılık üretimi üzerinde önemli etkilere sahip olabilir (IPCC, 2007). Su kıtlığı, bazı bölgelerde kuraklık sorunlarını artırırken, fazla su erozyona, seller ve toprak kaymalarına neden olabilir. Bu tür değişiklikler ve tehlikeler, kendi geçimini büyük ölçüde tarıma dayandıran küçük çiftçilere ciddi zarar verir (Zhai & Zhuang, 2009). Beşinci Değerlendirme Raporu, iklim değişikliğinin etkileriyle başa çıkmanın ve iklim riski yönetiminin sağlam adaptasyon stratejileri yanında uygun önlemleri gerektirdiğini öne sürmektedir (IPCC, 2014).

İklim değişikliğine uyum konusunda öncelikle kırılganlığın tespiti gereklidir. Kırılganlık bir sistemin iklimden etkilenebilirliği ve aşırı iklim durumları dâhil olmak üzere iklim değişikliğinin olumsuz etkilerinden ne ölçüde etkilendiği ve bununla ne ölçüde başa çıkamadığını belirtmektedir. Son yıllarda kırılganlık üzerine yapılan çalışmaların sayısı artmaktadır. Hükümetlerarası

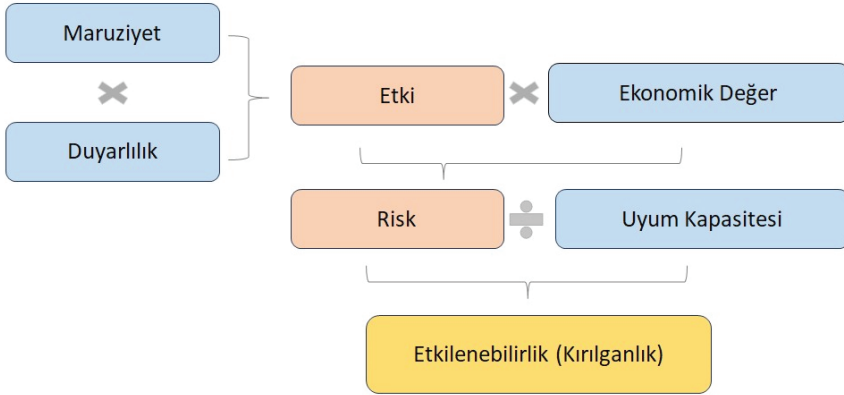
İklim Değişikliği Paneli (IPCC), 2001 yılında yayınlanan raporunda iklim değişikliğinin etkilerini inceleyen bakış açısından iklim değişikliğinin hassasiyetini inceleyen bir çalışmaya kaydırmıştır (McCarthy vd., 2001).

Günümüz toplumlarını tanımlanmasında, risklerin ve tehlikelerin daha ağır bastığı yeni bir modernlik evresini tecrübe edildiğine dikkat çeken “Risk Toplumu” kavramını kullanmaktadır (Beck, 2011). Toplumların genel karakterini tanımlanmasında risk ve tehlikenin belirleyici bir rol üstlenmesi, ister istemez toplumları söz konusu risk ve tehlikeler karşısındaki durumunu da temel bir sorunsal olarak gündeme getirmektedir. Bu bağlamda kırılabilirlik; risk ve tehlikeye açık olma, duyarlılık, zarar görebilirlik, etkilenebilirlik ya da baş edebilme anlamlarıyla giderek daha fazla dikkat çeken bir kavram haline gelmektedir (Kaya, 2018). IPCC, iklim değişikliği bağlamında kırılabilirliği, bir sistemin iklimdeki kararsızlık ve aşırı hava olayları da dâhil olmak üzere, iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı duyarlılığı ve baş edememe derecesi olarak tanımlamaktadır.

Bu bölümde, çiftçilerin geçim kaynaklarının iklim değişikliğinin etkilerine karşı hassasiyetini ve uyum kapasitelerini bütüncül bir yaklaşımla değerlendirmeye yönelik literatürde bileşik indeks yöntemine dayalı yaygın olarak kullanılan yöntemlerden Geçim Kaynakları Kırılabilirlik İndeksi (LVI-Livelihood Vulnerability Index ve Sürdürülebilir Geçim Kaynakları Çerçevesi (SLF-Sustainable Livelihood Framework) yaklaşımları ele alınmıştır.

Kırılabilirlik (Vulnerability) Kavramı

İklim değişikliği kırılabilirliği (climate change vulnerability) kavramı iklim değişikliğinin insanlar, ekonomik sektörler ve sosyo-ekolojik sistemler üzerine etkilerinin neden sonuç ilişkisini kavranmasına yardımcı olmaktadır. Kırılabilirlik çok boyutlu ve karmaşık bir kavramdır. Buna göre IPCC (2007)’ye göre iklim değişikliği kırılabilirliği “bir sistemin iklim değişkenliği ve aşırı iklim olayları dahil olmak üzere iklim değişikliğinin olumsuz etkilerine karşı hassas olması ve onunla başa çıkamaması durumudur. Kırılabilirlik, bir sistemin maruz kaldığı iklim değişikliğinin ve değişkenliğinin özelliği, boyutu ve hızının, duyarlılığının ve uyum sağlama kapasitesinin bir fonksiyonudur. Bu tanım temel alındığında bu dört unsur (maruziyet, duyarlılık, potansiyel etki ve uyum kapasitesi) bir sistemin hassas olup olmadığını, eğer hassas ise bunun ne ölçüde olduğunu belirlenmesine yardımcı olmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. İklim değişikliği Kırılganlığı (Etkilenebilirliği)

Maruziyet (exposure), bir bölgenin veya sistemdeki bir unsurun iklim değişikliğine karşı doğrudan etkilenme derecesini ifade eder. Küresel ısınma sonucunda sıcaklık, yağış ve buharlaşma değerlerinde değişime bağlı olarak kuraklık gibi aşırı hava olaylarında artış olacağı öngörülmektedir (Örneğin sıcaklıklardaki artış ve yağışlardaki azalma kuraklığın ortaya çıkmasına neden olmaktadır). Küresel ısınmaya bağlı olarak kuraklık olaylarının süre ve sıklığında meydana gelebilecek değişim nedeniyle kuraklığa olan maruziyet artacaktır. Maruziyet etkilenebilirliğin belirlenmesinde tek başına yeterli bir indeks değildir. Maruziyet indeksi duyarlılığın ve uyum kapasitesinin gücüne bağlı olarak değişmektedir (GIZ, 2014). Yüksek maruziyet durumunda eğer duyarlılık düşük yani potansiyel etki düşük ve uyum kapasitesi yüksek ise etkilenebilirlik düşük olmaktadır. Benzer şekilde yine yüksek maruziyet durumunda duyarlılık yüksek yani potansiyel etki yüksek ve uyum kapasitesi de düşük ise burada etkilenebilirlik yüksek olmaktadır.

Duyarlılık (hassasiyet-sensitivity) ise, bir sistem veya topluluğun, maruz kaldığı iklim değişikliği etkilerine karşı olumsuz veya olumlu şekilde etkilenme derecesidir. Örneğin, tarım sektöründeki duyarlılık, tarımsal üretimde kullanılan faktörlerin, özellikle iklim koşulları, toprak yapısı, bitki türleri ve su kaynakları gibi, çeşitli etkenlere ne kadar hassas olduğunu ifade eder. Duyarlı bir tarım sistemine sahip olan bir bölge veya işletme, bu faktörlere karşı daha fazla hassasiyet gösterir ve değişen koşullara daha yoğun bir şekilde tepki verebilir.

Potansiyel etki ise maruz kalma ve duyarlılık ile değerlendirildiğinde meydana gelen potansiyel etkiyi belirler. Örneğin yağışlardaki azalma ve sıcaklıklardaki artış nedeniyle oluşan kuraklık (maruziyet), sınırlı su kaynakları (duyarlılık) ile bir araya geldiğinde tarımsal üretimde düşüşe (potansiyel etki)

sebebiyet verir. İklim değişikliği ve kuraklığın etkileri biyofiziksel alandan sosyal alana uzanan direk etkiler ve bunların neden olduğu dolaylı etkilere (örneğin verimde azalma, gelir düşüşü) bir zincir oluşturabilir. Birçok gelişmekte olan ülkede doğal kaynaklara doğrudan bağımlı olunması, iklim değişikliğinin biyofiziksel etkileri – insan faaliyetleri – refah arasında çok kuvvetli bir bağlantı olduğu anlamına gelmektedir.

IPCC (2007)'ye göre uyum kapasitesi; bir sistemin, iklim değişikliği, değişkenliğine bağlı (meydana gelen aşırı hava olayları sonucunda oluşan kuraklık, taşkın vb. afetler) muhtemel aşırı ve orta düzeydeki zararlarına uyum sağlama, meydana gelebilecek fırsatlarından yararlanma veya bunun sonuçları ile başa çıkma kabiliyeti demektir. Uyum kapasitesi uyum önlemlerini oluşturmak ve uygulamak için bir sistemin kapasitesini belirleyen faktörlerdir (GIZ, 2014). Bu faktörler arasında bilgi, teknolojik yapı, kurumsal yapılanma ve ekonomik yapı sayılabilir.

Geçim Kaynağı Kavramı ve Önemi

Geçim kaynakları, bireylerin veya toplulukların yaşamlarını sürdürebilmek için kullanılan ekonomik ve sosyal kaynakları ifade eder. Bu kaynaklar genellikle gelir elde etmelerine, temel ihtiyaçlarını karşılamalarına ve toplumsal katılımlarına olanak tanır. Geçim kaynakları arasında tarım, hayvancılık, ticaret, hizmet sektörü istihdamı, maaşlı işler, sosyal yardımlar ve doğal kaynakların kullanımı gibi çeşitli unsurlar yer alır. Topluluklar genellikle birden fazla kaynağa dayalı bir geçim stratejisi geliştirir ve bu stratejiler, yerel koşullar, beceriler ve kaynakların dağılımına bağlı olarak değişiklik gösterir.

Geçim kaynaklarının çeşitliliği, sürdürülebilir kalkınma ve toplulukların dayanıklılığı için önemli bir strateji ve kaynaktır. Bu çeşitlilik, toplulukların değişen koşullara uyum sağlama ve sürdürülebilir bir gelecek inşa etme kapasitesini artırır.

Çeşitli geçim kaynakları, ekonomik risklere karşı daha dirençli hale gelmeyi sağlar. Belirli bir kaynaktan ortaya çıkan sorunlar, diğer kaynaklar aracılığıyla dengeleyici etkiye sahip olabilir. Çeşitlendirilmiş geçim kaynakları, yoksullukla mücadelede etkili bir strateji olabilir. Gelir kaynaklarının genişlemesi, toplulukların daha iyi yaşam standartlarına ulaşmalarına yardımcı olabilir.

Bununla birlikte, doğal kaynakları çeşitli bir şekilde kullanma, sürdürülebilirlik ilkesine uygun ekonomik faaliyetleri teşvik eder. Çeşitli geçim kaynakları, toplumsal ve ekonomik kalkınmanın temelini oluşturabilir. İstihdamın çeşitlenmesi, yerel ekonominin güçlenmesine ve sosyal refahın artmasına katkıda bulunabilir.

Farklı geçim kaynaklarına sahip bireyler ve topluluklar, ekonomik karar alma süreçlerine daha fazla katılabilir. Toplumsal gücün artması ve yerel yö-

netimlere daha etkili katılım sağlama potansiyelini içerir.

Bununla birlikte son yıllarda önemli bir diğer kavram olan sürdürülebilir geçim kavramı ise, bir bireyin veya topluluğun yaşam tarzını sürdürme kapasitesini koruyarak ve gelecek nesillere zarar vermeden ekonomik, çevresel ve sosyal kaynakları kullanma sürecidir. Bu kavram, kaynakları etkili bir şekilde yönetmek, çeşitli geçim kaynaklarına dayalı bir gelir elde etmek, doğal çevreye saygılı olmak ve toplumsal dengeleri gözetmek anlamına gelir. Sürdürülebilir geçim stratejileri, toplumların ekonomik güçlerini artırmak, çevresel bozulmayı önlemek ve toplumsal refahı artırmak amacıyla geliştirilen uzun vadeli stratejileri içerir. Bu, toplulukların gelecekteki nesillere sağlıklı ve yaşanabilir bir dünya bırakma amacını taşır.

Geçim Kaynakları Kırılganlığı Analizinin Önemi

Geçim kırılganlığının analizi, bireylerin ve toplulukların iklim değişikliğiyle ilişkili olanlar da dahil olmak üzere çeşitli stres etkenleriyle başa çıkma ve bunlara uyum sağlama yeteneğini etkileyen karmaşık ve birbirine bağlı faktörleri anlamaya yönelik yapılandırılmış bir yaklaşımdır. Geçim kaynakları kırılganlığına ilişkin sağlam bir analiz, yalnızca mevcut zorluklara cevap veren değil aynı zamanda iklim değişikliğinin dinamik bağlamında esnek ve ileriye dönük uyarlanabilir stratejiler oluşturmak için bir temel görevi bulunmaktadır. Bu kapsamda geçim kaynaklarının hassasiyeti analiz edilerek uyum stratejileri, farklı toplulukların ve bireylerin karşılaştığı belirli zorlukları ele alacak şekilde uyarlanabilir. Bu hedefe yönelik yaklaşım, müdahalelerin etkili olma olasılığının daha yüksek olmasını sağlar.

Bununla beraber, kırılganlık analizi, iklim değişikliği nedeniyle en fazla risk altında olan grup veya toplulukların belirlenmesine yardımcı olmaktadır. Bu grup ya da topluluklar içerisinde, marjinalleştirilmiş nüfuslar, küçük çiftçiler ve sınırlı kaynaklara sahip olanlar da dahildir. Bu yüksek riskli gruplara odaklanmak, uyum çabalarının en savunmasız olanlara öncelik verilmesini sağlar.

Sınırlı kaynaklar önceliklendirmeyi gerektirir. Geçim sıkıntısının analiz edilmesi, politika yapımcıların ve uygulayıcıların kaynakları verimli bir şekilde tahsis etmelerine, uyum önlemleri ve destek açısından en acil ihtiyaçları ele almalarına olanak tanır.

Kırılganlık analizi, geçim kaynaklarının dayanıklılığına katkıda bulunan faktörlere dair içgörü sağlar. Bu faktörleri anlayarak, uyum stratejileri yalnızca riskleri azaltmayı değil aynı zamanda toplulukların iklimle ilgili zorluklar karşısında genel dayanıklılığını artırmayı da hedefleyebilir.

Geçim sıkıntısı analizi, ekonomik, sosyal ve çevresel faktörler de dahil olmak üzere çeşitli boyutların değerlendirilmesini içerir. Bu kapsamlı anlayış, geçim kaynaklarının farklı yönlerinin birbirine bağlılığını dikkate alarak risk

değerlendirmesine bütünsel bir yaklaşım sağlamaktadır.

Geçim kaynağı hassasiyet analizi sıklıkla yerel toplulukların katılımını ve onların bilgi ve deneyimlerinin dahil edilmesini içerir. Bu katılımcı yaklaşım, uyum stratejilerinin kültürel açıdan duyarlı, bağlama özgü ve desteklemeyi hedefledikleri topluluklar tarafından kabul edilmesini sağlar.

İklim değişikliği uzun vadeli bir sorundur ve uyum stratejilerinin zaman içinde sürdürülebilir olması gerekir. Geçim kırılma analizi, sürdürülebilir kalkınmaya yönelik eğilimleri, gelecekteki potansiyel riskleri ve fırsatları belirleyerek uzun vadeli planlamaya yardımcı olur.

Düzenli hassasiyet değerlendirmeleri, uyum stratejilerinin sürekli izlenmesine ve değerlendirilmesine olanak sağlar. Bu yinelenen süreç, değişen koşullara, ortaya çıkan risklere veya uygulanan önlemlerin etkinliğine dayalı ayarlamalara olanak tanır.

Politika yapıcılar bilinçli kararlar verebilmek için doğru ve güncel bilgilere ihtiyaç duyarlar. Geçim kırılma analizi, iklime dirençli politikalar geliştirmek için gereken kanıt tabanını sağlayarak bu politikaların toplulukların kırılma noktaları gerçeğine dayanmasını sağlar.

Sonuçta, geçim koşullarının hassasiyetini analiz etmenin amacı uyum stratejilerinin etkinliğini arttırmaktır. Farklı toplulukların karşılaştığı benzersiz zorlukların anlaşılmasıyla, değişen iklim karşısında olumlu sonuçlar elde etmek için uyum önlemleri daha iyi tasarlanabilir, uygulanabilir ve izlenebilir.

Geçim Kaynaklarındaki Kırılma Noktası Değerlendirilmesinde Kompozit İndeks Yaklaşımı

İklim değişikliği ve geçim kaynaklarındaki kırılma noktası analiz etmek için kullanılan kompozit (bileşik) indeksler, genellikle iklim değişikliğinin etkilerini ölçmek, kırılma noktası düzeyini belirlemek ve uyum stratejilerini geliştirmek amacıyla tasarlanmıştır. Bu indeksler, çok sayıda faktörü ve değişkenleri içeren karmaşık bir konuyu anlamak için önemli bir araçtır. Böylece, farklı boyutlardan gelen verileri birleştirerek genel bir değerlendirme sağlayarak ve politika yapıcılarına, araştırmacılara ve topluluklara etkili stratejiler geliştirme konusunda rehberlik edebilirler. Bileşik indeks metodolojileri, çok çeşitli amaçları karşılamak ve belirli kararları veya karar alma süreçlerini bilgilendirmek için geliştirilmiştir. Örnekler arasında insani gelişme, refah, yaşam kalitesi, sürdürülebilirlik, yönetim kalitesi, cinsiyet eşitsizliği, yoksulluk, çoklu yoksulluk, gıda güvencesizliği, enerji güvenliği, afet riski ve afet risk yönetimi değerlendirmeleri yer almaktadır. Son yıllarda, çeşitli mekansal ölçeklerde iklim değişkenliğine ve iklim değişikliğine karşı göreceli hassasiyet ve dirençliliğe ilişkin sentetik ölçümler geliştirmeye yönelik bileşik indeksleme çabaları başlamıştır (Baptista, 2014).

Belirli coğrafi alanlar veya sosyoekonomik sektörler içindeki birimleri analiz etmek ve karşılaştırmak için bileşik indeksler uygulanabilmektedir. Bileşik indeksler, vakaların en düşük seviyeden en yüksek iklim hassasiyeti veya direncine doğru sıralanmasına olanak tanıyan göreceli ölçümler (veya puanlar) sağlayabilirler. İklim değişikliği kırılabilirliği değerlendirmede literatürde en yaygın kullanılan indeksler arasında Sürdürülebilir Geçim Kaynakları Yaklaşımı ve Geçim Kaynakları Kırılabilirliği İndeksi gelmektedir.

1. Sürdürülebilir Geçim Kaynakları Çerçevesi (SLF-Sustainable Livelihood Framework):

İklim değişikliği, sürdürülebilirlik açısından kritik olan geçim kaynakları üzerinde potansiyel tehditler oluşturmaktadır. Sürdürülebilir Geçim Çerçevesi (Sustainable Livelihood Framework veya SLF), Birleşmiş Milletler Kalkınma Programı (UNDP) ve Uluslararası Çalışma Örgütü (ILO) tarafından 1990'ların başında geliştirilmiş bir analitik araçtır. Temel amacı, toplulukların ve bireylerin sürdürülebilir bir şekilde yaşam sürmeleri için stratejileri anlamak ve geliştirmektir. SLF, özellikle kalkınma projeleri, yoksulluk azaltma çabaları ve iklim değişikliği gibi konularda kullanılmaktadır.

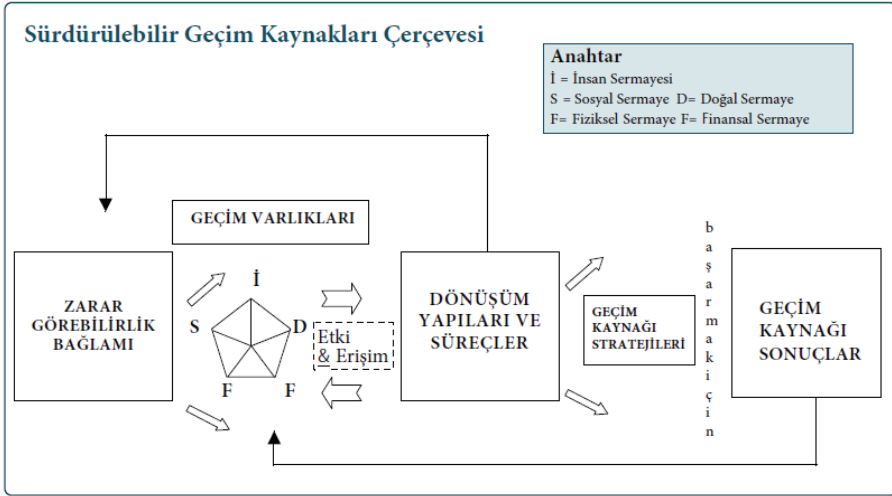
Sürdürülebilir geçim çerçevesi de bir kırılabilirlik indeksi sistemi oluşturmak için tanıtılmıştır. Yoksulluğu değerlendirmek için son on yılda geliştirilen yeni bir yöntem olan sürdürülebilir geçim yöntemi, birden çok faktörün neden olduğu yoksulluğu anlamaya ve birden çok çözüm sunmaya yönelik entegre bir analitik çerçevedir (Chambers, 1995; Collier, 1998).

Uluslararası Kalkınma Bakanlığı (DFID) tarafından geliştirilen Sürdürülebilir Geçim Kaynakları Çerçevesi, beşeri, sosyal, doğal, finansal ve fiziksel sermaye de dahil olmak üzere geçim kaynaklarının çeşitli boyutlarını dikkate alan yaygın olarak kullanılan bir yaklaşımdır (DFID, 2001).

Bu çerçeve, toplulukların yaşam kaynaklarını ve bu kaynakların sürdürülebilirliğini değerlendirmek için kullanılan bir analitik araçtır. İklim değişikliği bağlamında, bu beş sermaye türü, değişen iklim koşullarına karşı bir topluluğun dayanıklılığını belirlemede kritik rol oynar.

Bu çerçevenin temel özelliği, daha önce ifade edilen beş önemli sermayeyi kapsayan 'geçim kaynaklarıdır. Bu beş sermaye, geçim çerçevesinin merkezinde yer alan bir 'varlık beşgeni' oluşturur. Beşgenin şekli, insanların bu varlıklara erişimindeki çeşitliliği şematik olarak göstermektedir. Beşgenin çizgilerin bulunduğu merkez noktası varlıklara sıfır erişimi temsil ederken, dış çevre varlıklara maksimum erişimi temsil etmektedir (Basar, 2009). Bu şekilde, tam bir beşgen, geçim faaliyetleri için yeterli kaynakların mevcudiyetini temsil ederken, sıkıştırılmış bir beşgen, bunun tersini temsil eder. Kaynak bulunabilirliğine bağlı olarak farklı topluluklar veya topluluklar içindeki farklı sosyal gruplar için farklı beşgen şekilleri çizilebilir. Bu çerçeve, beş sermaye-

nin birbirleriyle etkileşim halinde olduğunu ve bir topluluğun sürdürülebilir bir yaşam sürmesi için bu sermayelerin dengeli bir şekilde yönetilmesi gerektiğini vurgulamaktadır. Şekil 2, her bir sermayenin önemini ve bu sermayeler arasındaki etkileşimleri görsel olarak temsil etmektedir.



Zarar görebilirlik bağlamı, kaynaklarını zayıflatabilecek ve hanelerin yoksulluğa düşmesine neden olabilecek öngörülemeyen olayları ifade etmektedir. Bu faktörlerin bazıları hızlı etki ederken (deprem gibi) bazıları daha yavaş etki göstermektedir (toprak erozyonu gibi). Zarar görebilirlik bağlamı, eğilimler (demografik eğilimler; kaynak eğilimleri; yönetimdeki eğilimler), şoklar (insan, hayvan veya mahsul şokları; sel veya deprem gibi doğal tehlikeler; ekonomik şoklar) ve mevsimsellik (yani fiyatların, ürünlerin veya istihdam fırsatlarının mevsimselliği) ve çerçevenin paydaşların kontrolü dışında kalan kısmını içermektedir (FAO, 2005; Kollmair & Gamper, 2002).

İnsan Sermayesi: Bireylerin eğitimi, sağlığı, becerileri ve bilgi düzeyini içerir. Bu sermaye, insanların yaşam becerilerini geliştirmesi, istihdam olanaklarına erişimi ve topluluklarına katkı sağlama kapasitesini değerlendirir.

Finansal Sermaye (Financial Capital): Para, tasarruflar, yatırımlar gibi finansal kaynakları ifade eder. Bu sermaye, topluluk veya bireylerin ekonomik bağımsızlığını ve dayanıklılığını etkiler.

Sosyal Sermaye (Social Capital): İnsanların topluluk içindeki sosyal ağlarını, toplulukları ve kuruluşlarıyla olan ilişkilerini ifade eder. Bu sermaye, destek sistemleri, işbirliği ve dayanışma gibi unsurları içerir ve sosyal etkile-

şimlerin sürdürülebilirliğe olan etkisini değerlendirir.

Doğal Sermaye (Natural Capital): Çevresel kaynakları içerir ve toprak, su, hava kalitesi, biyoçeşitlilik gibi doğal varlıkları ifade eder. Bu sermaye, sürdürülebilir çevresel uygulamalar ve doğal kaynakların korunması ile ilgili stratejileri değerlendirir.

Fiziksel Sermaye (Physical Capital): Altyapı, teknoloji, ulaşım, enerji gibi fiziksel varlıkları temsil eder. Bu sermaye, altyapının kalitesi ve erişilebilirliği gibi unsurları değerlendirir.

Çerçeve, dönüşen yapılar ve süreçler ile geçim kaynaklarını şekillendiren kurumlar, kuruluşlar, politikalar ve mevzuat ifade edilmektedir. Çerçeve-deki yapılar, politika ve mevzuatı belirleyen ve uygulayan, hizmet sunan, satın alan, ticaret yapan ve diğer her türlü işlemi gerçekleştiren hem özel hem de kamu kuruluşlarının donanımıdır (DFID, 2001). Süreçler, sırasıyla yapıların çalışma şeklini belirleyen yasaları, yönetmelikleri, politikaları, operasyonel düzenlemeleri, anlaşmaları, toplumsal normları ve uygulamaları kapsar. Politika belirleyen yapılar, politikaların uygulanabileceği uygun kurum ve süreçlerin yokluğunda etkili olamaz. Süreçler, geçim kaynaklarının her yönü için önemlidir. İnsanları daha iyi seçimler yapmaya teşvik eden teşvikler sağlarlar (Serrat, 2017; Yücel, 2022).

Geçim kaynakları stratejileri, insanların geçim hedeflerine ulaşmak için yaptıkları faaliyetlerin ve seçimlerin aralığı ve birleşimi olarak ifade edilmektedir. Kişisel hedefleri, kaynak temelleri ve mevcut seçeneklere ilişkin anlayışları temelinde, farklı hane kategorileri yoksul ve daha az yoksul farklı geçim stratejileri geliştirir ve takip eder. Bu stratejiler, şoklarla başa çıkma ve risk yönetimi ve geçimini sağlama yolları gibi konuları içerebilir (FAO, 2005). Geçim stratejileri, gelir düzeyleri, varlık sahipliği, yaş, cinsiyet, kast ve sosyal veya politik statüdeki farklılıklara bağlı olarak bireyler ve haneler arasında sıklıkla değişiklik göstermektedir. Bu nedenle geçim stratejilerine sosyal olarak farklılaştırılmış analitik bir yaklaşım gereklidir (Krantz, 2001). Sürdürülebilir geçim kaynakları yaklaşımı, insanların geçim stratejisi seçiminin arkasında yatan faktörlere dair bir anlayış geliştirmeyi ve ardından olumlu yönleri güçlendirmeyi ve kısıtlamaları veya olumsuz etkileri hafifletmeyi amaçlar (DFID, 2001).

Geçim kaynakları sonuçları, gıda güvencesi, gelir güvenliği, sağlık, varlık birikimi ve toplumdaki yüksek statü gibi hane üyelerinin geçim kaynakları stratejileri yoluyla elde ettikleri sonuçlardır. Başarısız sonuçlar arasında şoklara karşı yüksek hassasiyet, gıda ve gelir güvencesizliği, varlık kaybı ve yoksullaşma sayılabilir (FAO, 2005). Geçim kaynaklarının potansiyel sonuçları arasında, artan gelir, daha fazla refah, azalan zarar görebilirlik, daha iyi gıda güvencesine sahip olma, doğal kaynakların daha sürdürülebilir kullanımı ve aralarında insan onurunun geri kazanılmasını içerebilir (Serrat, 2017; Yücel, 2022).

Sürdürülebilir Geçim Kaynakları Çerçevesinin temel bağlantıları arasında aşağıdaki şu şekilde unsurlar özetlenebilir (FAO, 2005; Yücel, 2022));

- Politikalar ve kurumlar hane halkı geçim varlıklarını da etkilemektedir.
- Zarar görebilirlik bağlamı, hane halkı geçim varlıklarını etkiler.
- Hane halkı varlık sahipliği geçim kaynakları seçeneklerini genişletmektedir.
- Politikalar ve kurumlar bireysel zarar görebilirliği artırabilir veya azaltabilir.
- Geçim kaynakları seçeneklerinin çeşitliliği geçim stratejilerini etkiler.
- Varlık sahipliği zarar görebilirliği azaltır ve şoklara dayanma kabiliyetini artırır.
- Geçim sonuçları, hane halkı varlıklarını koruma ve biriktirme yeteneğini etkiler.

Sürdürülebilir geçim kaynakları, iklim değişikliği ve afet risklerini azaltarak, yoksulluğu azaltma kapasitesini geliştirmek için önemli bir role sahiptir. Sürdürülebilir geçim kaynakları, insanların ihtiyaçlarını karşılamalarına ve aynı zamanda gelecek nesillerin taleplerini karşılaması için mevcut kaynakları sağlamalarına olanak tanır. Bu nedenle, kaynakları sürdürülebilir bir şekilde kullanmak, yoksulluğu, zarar görebilirliği ve gıda güvencesizliğini azaltır, farklı daha hassas durumlara rağmen hanehalkı gelirini artırmaktadır (Rahman & Li, 2018).

Geçim kaynakları yaklaşımları, yoksul insanların geçim kaynağı varlıklarının tamamının kapsamını, niteliğini ve tehlikelere karşı zarar görebilirliklerini belirlemeye yardımcı olabilir. Geçim kaynakları yaklaşımı aynı zamanda insanların geçim stratejisi seçimini etkileyen faktörler hakkında bir fikir verir. Yoksul insanların geçim kaynaklarının, onları etkileyen sayısız dış stres ve şokla baş edemedikleri sürece sürdürülebilir olması pek olası değildir (Twig, 2004).

SLF, sadece ekonomik faktörleri değil, aynı zamanda sosyal, çevresel ve kültürel faktörleri de içerdiği için çok boyutlu bir yaklaşım sunar. Bu nedenle, kalkınma projeleri ve sürdürülebilirlik çabaları için kapsamlı bir analitik araç olarak kullanılmaktadır.

3. Geçim Kaynakları Kırılabilirliği İndeksi (Livelihood Vulnerability Index -LVI)

Geçim kaynakları kırılabilirliği indeksi (LVI), genellikle bir bölgenin veya topluluğun ekonomik, sosyal ve çevresel açıdan dışsal şoklara karşı ne kadar savunmasız olduğunu ölçmeye yönelik bir araçtır. Bu endeks, bir topluluğun geçim kaynaklarına dayalı yaşam tarzının çeşitli faktörlerle nasıl etkilenebileceğini anlamak için kullanılır. İklim değişikliği, doğal afetler, ekonomik krizler gibi dışsal etmenlerin, geçim kaynakları üzerindeki potansiyel etkilerini değerlendirir.

Bu şoklar, toplulukları farklı düzeylerde etkileyebilir ve savunmasız grupları belirlemek için kullanılır.

Beş tür hane varlığını (doğal, sosyal, finansal, fiziksel ve beşeri sermaye) inceleyen Sürdürülebilir Geçim Yaklaşımı (Chambers & Conway, 1992), topluluk düzeyinde kalkınma programlamasını tasarlamak için kullanılan bir yaklaşımdır (Birleşmiş Milletler Genel Kurulu, 1997). Yaklaşımın, hanelerin salgın hastalıklar veya sivil çatışmalar gibi şoklara dayanma kabiliyetinin değerlendirilmesinde yararlı olduğu kanıtlanmıştır. İklim değişikliği hane halkının geçim güvenliğine karmaşıklık katıyor. Sürdürülebilir Geçim Yaklaşımı, iklim değişikliğine karşı duyarlılık ve uyum sağlama kapasitesi konularını sınırlı bir ölçüde ele almaktadır; ancak iklim değişikliğinden kaynaklanan geçim risklerini kapsamlı bir şekilde değerlendirmek için, iklime maruz kalma durumlarını ve hane halkı uyum uygulamalarını hesaba katan yeni bir hassasiyet değerlendirmesi yaklaşımına ihtiyaç vardır.

Sürdürülebilir Geçim Kaynakları Çerçevesi yaklaşımından (Chambers & Conway, 1992) yararlanan Geçim Kaynakları Kırılabilirliği İndeksi (LVI), bölge ve topluluk düzeyinde iklim değişkenliği ve iklim değişikliğine karşı hassasiyetin karşılaştırmalı değerlendirmelerini desteklemek üzere tasarlanmıştır (Hahn, 2008; Hahn vd., 2009). LVI'nın, insani yardım, kalkınma ve halk sağlığı kuruluşları arasında "kaynakların kısıtlı olduğu ortamlarda çeşitli kullanıcı grupları için erişilebilir bir değerlendirme aracı" ve "kaynak dağıtımını ve program tasarımına bilgi sağlamak" olarak hizmet etmesi amaçlanmaktadır (Hahn, 2008; Hahn vd., 2009).

LVI, hane halkının geçim güvenliği, sağlık sistemlerinin gücü ve iklim değişikliği bağlamında toplum kapasitesinin değerlendirilmesi amacıyla ilk defa 2007 yılında Mozambik'in iki bölgesinde pilot olarak uygulanmıştır (Hahn vd., 2009). Şekil 3'e göre LVI'nın yapısal tasarımı yedi ana bileşene dayanmaktadır (Hahn vd., 2009).



Şekil 3. LVI'nin ana bileşen göstergeleri

Hahn (2008) ve Hahn vd. (2009) indeks hesaplamasına yönelik iki yaklaşımı test etmiştir. İlk yaklaşımda, yedi ana bileşenin tümünü sentezleyerek LVI'yı hesaplamışlardır. Hükümetlerarası İklim Değişikliği Paneli'nin (IPCC) hassasiyet çerçevesini temel alan ikinci yaklaşım LVI-IPCC, yedi ana bileşeni hassasiyete katkıda bulunan üç faktör altında toplamıştır (Şekil 4).



Şekil 4. LVI-IPCC yapısı

Bu temel bileşenler, bunları oluşturan göstergeler ve anket soruları, iklim değişikliğine maruz kalma, duyarlılık ve uyum sağlama kapasitesini etkileyen değişkenlere odaklanan kapsamlı bir literatür incelemesinden elde edilmektedir. Bunlar aynı zamanda hane halkı anketleri yoluyla veri toplamanın uygulanabilirliği konusundaki değerlendirmeyi de yansıtmaktadır.

LVI değeri 0 (en az savunmasız) ila 0,5 (en savunmasız) arasında bir ölçekte hesaplanır. LVI-IPCC, -1'den (en az savunmasız) +1'e (en çok savunmasız) kadar bir ölçekte hesaplanır. Her bir alt bileşene ilişkin ölçüm yöntemleri, her bir alt bileşenle ilişkili hane halkı anketi soruları, her bir anket

sorusunun orijinal kaynağı ve her bir anket sorusuyla ilişkili olası sınırlamalar ve önyargı kaynakları Hahn (2008)'te ve Hahn (2009)'da detaylı bir şekilde verilmektedir. LVI'nın yedi bileşen puanı örümcek diyagramları kullanılarak gösterilirken, LVI-IPCC'nin üç bileşen puanı üçgen diyagramları kullanılarak görüntülenir. Bu örümcek ve üçgen diyagramları, ana bileşenler arasında ve bölgeler arasında kırılğanlığın karşılaştırılmasını kolaylaştırmak için kullanılmaktadır.

LVI indeksini oluşturmak için hane halkı anketlerinden elde edilen birincil verilerin kullanılması açısından önceki yöntemlerden farklılık göstermektedir. Aynı zamanda, kalkınma ve uyum planlaması için kritik olabilecek göstergelerin daha alt bölge düzeyinde gruplandırılması ve bir araya getirilmesi için de bir çerçeve sunmaktadır. Farklı düzeylerde altyapı ve sosyo-ekonomik kalkınmaya sahip ülkelerde, bölgesel iklim projeksiyonları muhtemelen topluluklar arasındaki hassasiyet farklılıklarını yansıtamamaktadır (Ehrhart ve Twena, 2006). LVI yaklaşımı, bu hassasiyet değerlendirmesini iklim projeksiyonları etrafında yapılandırmak yerine, mevcut geçim ve sağlık sistemlerinin gücünün yanı sıra toplulukların iklimle ilgili maruziyetlere yanıt olarak bu stratejileri değiştirme kapasitesinin ölçülmesine odaklanmaktadır.

LVI, kalkınma kuruluşlarına, politika yapıcılara ve halk sağlığı uygulayıcılarına, bölge veya topluluk düzeyinde iklim hassasiyetine katkıda bulunan demografik, sosyal ve sağlık faktörlerini anlamaları için pratik bir araç sağlamak üzere tasarlanmıştır. Kalkınma planlayıcılarının analizlerini her coğrafi bölgenin ihtiyaçlarına uyacak şekilde hassaslaştırabilmesi ve odaklayabilmesi için esnek olacak şekilde tasarlanmıştır. Genel bileşik endekse ek olarak, sektörel hassasiyet puanları da potansiyel müdahale alanlarını belirlemek üzere ayrılabilir.

1. Hedef Belirleme	<ul style="list-style-type: none"> LVT'nın oluşturulması sürecinde ilk adım, belirli bir bölge, topluluk veya sektördeki savunmasızlık düzeyini belirlemektir. Hedef, iklim değişikliği, ekonomik dalgalanmalar veya diğer potansiyel risk faktörleri üzerine olabilir.
2. Faktör Belirleme	<ul style="list-style-type: none"> İklim, ekonomi, sosyal yapı, doğal kaynaklar ve kurumsal faktörler gibi savunmasızlığı etkileyebilecek ana faktörler belirlenir. Bu faktörler genellikle ilgili alandaki riskleri ve kırılma noktalarını yansıtmak üzere seçilir.
3. Göstergelerin Seçimi	<ul style="list-style-type: none"> Belirlenen faktörler altında ölçülebilecek belirli göstergeler seçilir. Örneğin, ekonomik faktörler içeriyorsa gelir seviyeleri, işsizlik oranları; çevresel faktörler içeriyorsa iklim değişikliği maruziyeti, doğal kaynak kullanımı gibi göstergeler seçilebilir.
4. Veri Toplama	<ul style="list-style-type: none"> Belirlenen göstergelerle ilgili veriler toplanır. Bu veriler genellikle yerel hükümet kaynakları, ulusal istatistikler, saha araştırmaları veya yerel bilgi sahiplerinden elde edilebilir.
5. Ağırlıklandırma	<ul style="list-style-type: none"> Her bir faktör ve gösterge, önem sırasına göre ağırlıklandırılır. Örneğin, bölgedeki toplam gelir seviyeleri iklim değişikliği maruziyeti ile karşılaştırıldığında daha büyük bir etkiye sahip olabilir.
6. Skorlama ve Endeks Oluşturma	<ul style="list-style-type: none"> Belirlenen faktörler ve göstergeler üzerinden her bir alt bölge veya topluluk için skorlar oluşturulur. Bu skorlar daha sonra belirli bir formül kullanılarak bir endeks haline getirilir.
7. Analiz ve Yorumlama	<ul style="list-style-type: none"> Oluşturulan endeks analiz edilir ve yorumlanır. Hangi faktörlerin veya göstergelerin daha fazla etkilediği belirlenir ve bu bilgiler, politika oluşturuculara, planlamacılara ve yerel topluluklara yönlendirme sağlar.

Şekil 5. Kırılma İndekslerinin Oluşturulma Süreci

LVI'nın oluşturulması süreci genellikle multidisipliner bir yaklaşım gerektirir ve çeşitli sektörlerden uzmanların iş birliğini içermektedir. Bu endeks, savunmasızlığı belirlemek ve sürdürülebilir çözümler geliştirmek amacıyla kullanılarak, toplulukları risklere karşı hazırlıklı hale getirmeye yardımcı olabilmektedir.

Göstergelerin Normalleştirilmesi ve İndeksin Hesaplanması

İndeks kapsamında toplanan alt bileşenlerin her biri farklı bir ölçekte ölçüldüğü için, öncelikle her birinin bir indeks olarak standartlaştırılması gerekmektedir. Ancak bunu yapmadan önce, göstergeler ile kırılma arasındaki fonksiyonel ilişkiyi belirlemek önemlidir. İki tür işlevsel ilişki mümkündür: göstergenin değerindeki artış ile kırılma artar veya azalmaktadır. Değişkenle kırılma arasında pozitif fonksiyonel ilişkiye sahip ise normalleştirme Eşitlik (1) kullanılarak yapılır.

$$Index_i = \frac{s_i - s_{min}}{s_{min,max}} \quad (1)$$

Eşitlikteki, s_i ile i iline ait alt bileşen ortalamasını ve s_{min} ve s_{max} , her bir alt bileşen için sırasıyla minimum ve maksimum değeri ifade etmektedir. Öte yandan, değişkenler ile kırılma arasında negatif fonksiyonel ilişkiye sahip olduğunda normalleştirme Eşitlik (2) yardımıyla yapılmaktadır.

$$Index_i = \frac{si_{max}}{smin_{max}} \quad (2)$$

Farklı birimlerde ölçülen her bir değişken, 0 ile 1 arasında değer alan bir indeks ile ifade edildikten sonra, önce her bir ana bileşenin alt unsurlarının skorlarının kendi içerisinde ağırlıklı ortalamaları alınıp daha sonra ise alt bileşen skorlarının ortalaması alınarak duyarlılık, maruziyet, uyum kapasitesi olmak üzere üç ana skora indirgenmiştir (Eşitlik 3).

$$LVI_{Mi} = \frac{\sum_{j=1}^n index_{sij}}{n} \quad (3)$$

Eşitlikteki, LVI_{Mi} , incelenen her bir bölge düzeyinde kırılma alt bileşenlerden birini, $index_{sij}$ her bir alt bileşeni oluşturan gösterge indeks değerini ve n ise ana bileşende yer alan gösterge sayısını ifade etmektedir.

IPCC-LVI'yi oluşturan ana bileşen kırılma değerleri ise, Eşitlik (4) yardımıyla alt bileşen kırılma değerlerinin ağırlıklı ortalaması ile hesaplanmıştır.

$$LVI_i = \frac{\sum_{j=1}^n w_{Mi} LVI_{Mi}}{\sum_{j=1}^n w_{Mi}} \quad (4)$$

Eşitlikte LVI_i , incelenen her bir bölge düzeyinde IPCC-LVI'nin ana göstergelerinden herbirini temsil ederken, w_{Mi} ise ana göstergeye katkıda bulunan alt göstergelerin ağırlığını ifade etmektedir.

Elde edilen ana bileşen skorları ise IPCC'nin yaklaşımı kullanılarak Tablo (1)'de yaklaşımları dikkate alınarak yerine konulması sonucunda kırılma düzeyi skoru (LVI) elde edilmektedir. Hesaplanan kırılma skorunun değeri arttıkça iklim değişikliğinden etkilenme düzeyi de artacaktır.

Etkilenebilirlik hesaplamaları için dünya genelinde kabul gören bir formül bulunmamasına karşın, önceden de belirtildiği üzere kırılmanın maruziyet, duyarlılık ve uyum kapasitesi indekslerinin bir fonksiyonu olarak ele alınması gerektiği kırılma çalışmalarını yürüten birçok ülkede kabul edilmiştir. Bu doğrultuda yapılan literatür araştırması sonucunda maruziyet (M), duyarlılık (D) ve uyum kapasitesi (UK) indekslerinin kullanılarak kırılma indeksinin (LVI) hesaplanmasına yönelik olarak Tablo 1'de gösterilen beş ana yöntemin öne çıktığı görülmüştür (Anonim, 2023).

Eşitlikteki, LVI bölge düzeyinde iklim değişikliği kırılma indeksi değerini, M_i bölge düzeyinde hesaplanan maruz kalma indeks değerini, UK_i uyum

kapasitesi indeks değerini ve D_i ise hassasiyet indeks değerini oluşturmaktadır. LVI-IPCC değeri, -1 ile +1 arasında değer almakta olup, -1 kırılğanlığın en az olduğunu ve +1 ise kırılğanlığın ez fazla olduğunu ifade etmektedir.

Tablo1. Etkilenebilirliğin Hesaplanması İçin Kullanılan Yöntemler

Yöntem	Kaynak
$LVI = (M_i + D_i) - (UK_i)$	Deressa, Hassan ve Ringler (2008); Murthy ve diğerleri (2015); Liu ve diğerleri (2012)
$LVI = (M_i \times D_i) / (UK_i)$	Ruminata ve Handoko (2016); Li ve diğerleri (2015)
$LVI = (M_i - UK_i) \times (D_i)$	Swaroop, 2011
$LVI = (M_i + D_i) / (UK_i)$	Assimacopoulos ve diğerleri (2014)
$LVI = (M_i + D_i + UK_i) / 3$	Clark ve diğerleri, 2015

Sonuç

Kompozit indeks yaklaşımının kullanımı, farklı boyutlardaki etkileri bir araya getirerek bütünsel bir değerlendirme sağlamaktadır. Bu yöntem, ekonomik, çevresel ve sosyal faktörleri içeren çoklu boyutları kapsayarak, tarım işletmelerinin iklim değişikliğine karşı savunmasızlık düzeylerini daha kapsamlı bir şekilde anlamamıza yardımcı olmaktadır. Ancak, bu tür indeksleri kullanırken ağırlıklandırma ve göstergelerin seçimi de oldukça önemli bir husustur.

Sonuç olarak, tarım işletmelerinin iklim değişikliği ile mücadelede karşılaştığı zorlukları ve bu zorlukların üretim faktörleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek için kompozit indeks yaklaşımının etkili bir araçtır. Bu tür bir değerlendirme, tarım politikalarının geliştirilmesi ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının teşvik edilmesi için önemli bir temel oluşturabilir.

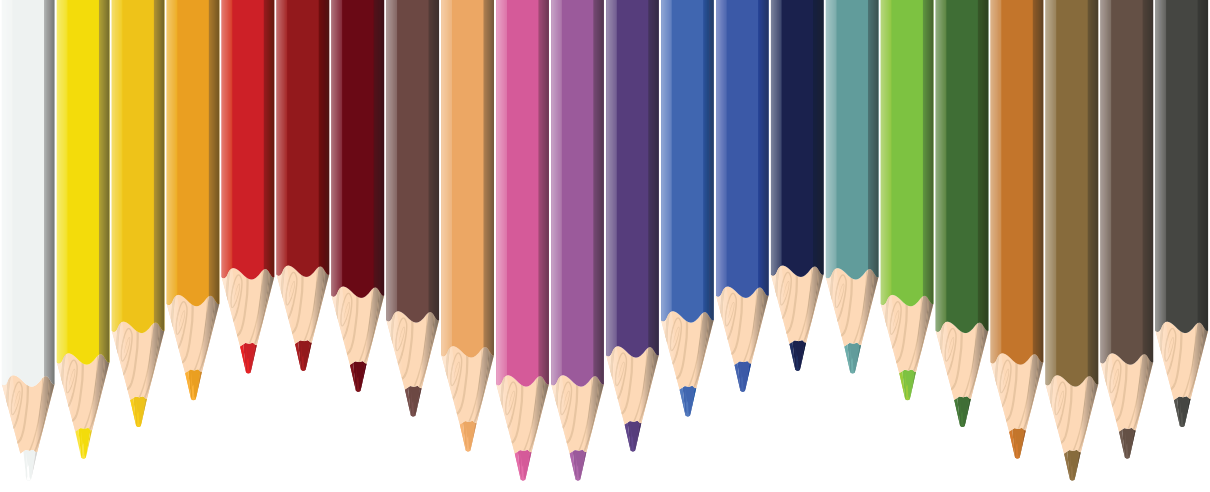
Kaynaklar

- Anonim (2023). *Doğu Karadeniz Havzası kuraklık yönetim planının hazırlanması projesi Cilt-3:Sektörel etkilenebilirlik analizi, tedbirler ve eylem planı*. Tarım ve Orman Bakanlığı, Su Yönetimi Genel Müdürlüğü, Taşkın ve Kuraklık Yönetimi Daire Başkanlığı, Ankara.
- Assimacopoulos, D, Kampragkou, E., Andreu, J., Bifulco, C., De Carli, A., De Stefano, L., Dias, S., Gudmundsson L., Haro-Monteaudo, D., Musolino D, Paredes-Arquiola J., Rego F., Seidl I., Solera A., Urquijo, J., van Lanen, H., Wolters, W. (2014) Future drought impact and vulnerability- case study scale . DROUGHT-R&SPI Technical Report No 20.
- Basar, M. (2009). Climate change, loss of livelihood and the absence of sustainable livelihood approach : a case study of shymanagar, Bangladesh.
- Baptista, S.R. (2014). Design and use of composite indices in assessments of climate change vulnerability and resilience african and latin american resilience to climate change (ARCC). USAID.
- Beck, U. (2011). Risk toplumu: başka bir modernliğe doğru. Çev. Kazım Özdoğan, Bülent Doğan, İstanbul: İthaki Yayınları.
- Chambers, R. and Conway, G. (1992) Sustainable rural livelihoods: practical concepts for the 21st century. IDS Discussion Paper 296, IDS, Brighton.
- Chambers, R. (1995) Poverty and livelihoods: Whose reality counts? ID Discussion Paper 347, IDS, Brighton.
- Collier, P. (1998). Social capital and poverty. social capital initiative working Paper No. 4. Washington, DC: World Bank.
- Deressa, Temesgen & Hassan, Rashid & Ringler, Claudia. (2008). Measuring Ethiopian farmers' vulnerability to climate change across regional states [in Amharic]:. International Food Policy Research Institute (IFPRI), Research briefs.
- DFID (2001): Sustainable livelihoods guidance sheets. Department for International Development. Retrieved from http://www.livelihoods.org/info/info_guidancesheets.html
- Ehrhart C, Twena M (2006). Climate change and poverty in Mozambique. Maputo, Mozambique : CARE International Poverty - Climate Change Initiative
- FAO, (2005). Rapid Guide for Missions: Analysing Local Institutions and Livelihoods (Institutions For Rural Development), ISBN 92-5-105429-0, Viale delle Terme di Caracalla, 00100 Rome, Italy
- GIZ. (2014). The vulnerability sourcebook: Concept and guidelines for standardized vulnerability assessments.
- Hahn, M. B., Riederer, A. M., & Foster, S. O. (2009). The livelihood vulnerability index: A pragmatic approach to assessing risks from climate variability and change—a case study in Mozambique. *Global Environmental Change*, 19(1),

74–88. doi:10.1016/j.gloenvcha.2008.11.002

- Harvey, C. A., Rakotobe, Z. L., Rao, N. S., Dave, R., Razafimahatratra, H., Rabarijohin, R. H., . . . MacKinnon, J. L. (2014). Extreme vulnerability of smallholder farmers to agricultural risks and climate change in Madagascar. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences*, 369(1639), 20130089. doi:10.1098/rstb.2013.0089
- IPCC (2001). *Climate Change 2001: The scientific basis - Contribution of working group I to the third assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC)*, Eds.: J. T. Houghton et al., Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2007). *Climate change 2007: Impacts, adaptation and vulnerability. Contribution of working group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, M.L.
- IPCC (2014). *Climate change 2014: Impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*
- IPCC (2021). *Climate change 2021: The Physical science basis. contribution of working group I to the sixth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* [Masson-Delmotte, V., P. Zhai, A. Pirani, S.L. Connors, C.
- Kaya, Y. (2018). İklim değişikliğine karşı kentsel kırılganlık: İstanbul için bir değerlendirme. *International Journal of Social Inquiry*. Cilt / Volume 11 Sayı / Issue 2 2018 ss./pp. 219-257
- Kollmair, M., & St. Gamper, J. (2002). *The sustainable livelihood approach. Input Paper for Integrated Training Course of NCCR North-South Aeshiried, Development Study Group University of Zurich, Switzerland.*
- Krantz, L. (2001). *The sustainable livelihood approach to poverty reduction. SIDA. Division for Policy and Socio-Economic Analysis*, 44, 1-38
- Liu, Xiaoqian & Wang, Yanglin & Peng, Jian & Braimoh, Ademola & Yin, He. (2012). Assessing vulnerability to drought based on exposure, sensitivity and adaptive capacity: A case study in middle Inner Mongolia of China. *Chinese Geographical Science*. 23. 10.1007/s11769-012-0583-4.
- McCarthy, J. J., O. F. Canziani, N. A. Leary, D. J. Dokken, and K. S. White (eds.). (2001). *Climate change 2001: Impacts, adaptation and vulnerability*. Cambridge, UK: Cambridge University Press
- Morton, J. F. (2007). The impact of climate change on smallholder and subsistence agriculture. *Pnas*, 104(50), 19680–19685. doi:10.1073/pnas.0701855104
- Murthy, C.S. B. Laxman, M.S. Sai (2015). Geospatial analysis of agricultural drought vulnerability using a composite index based on exposure, sensitivity and adaptive capacity *Int. J. disaster Risk Reduction*, 12, pp. 163-171, 10.1016/j.ijdrr.2015.01.004
- Rahman, M.M., Li, W. (2018). A Sustainability Livelihood Approach (SLA) model

- for assessing disaster preparedness and resilience of the people: case study of Cox's Bazar Sadar Upazila in Bangladesh. In: Leal Filho, W., Manolas, E., Azul, A., Azeiteiro, U., McGhie, H. (eds) Handbook of Climate Change Communication: Vol. 3. Climate Change Management. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-319-70479-1_3
- Rosenzweig, C., Elliott, J., Deryng, D., Ruane, A. C., Müller, C., Arneth, A., Jones, J. W. (2014). Assessing agricultural risks of climate change in the 21st century in a global gridded crop model intercomparison. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America*, 111(9), 3268–3273. doi:10.1073/pnas.1222463110
- Ruminata, ve Handoko. (2016). Vulnerability assessment of climate change on agriculture sector in the South Sumatra Province, Indonesia. *Asian Journal of Crop Science*, 31-42.
- Serrat, O. (2017). The Sustainable Livelihoods Approach. *Knowledge Solutions*, 21–26. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0983-9_5
- Twigg, J. (2004). Disaster risk reduction: mitigation and preparedness in development and emergency programming. Overseas Development Institute (ODI).
- UN-Habitat (2011). Cities and climate change: policy directions. Global Report on Human Settlements 2011, London, Washington, DC: Earthscan.
- UN-Habitat (2012b). Developing local climate change plans a guide for cities in developing countries. Cities and Climate Change Initiative Tool Series.
- Yücel, H. (2022). Afetlerin geçim kaynakları üzerindeki etkisi: sürdürülebilir geçim kaynakları. In book: *Siyaset Bilimi Ve Kamu Yönetimi Konularında Bilimsel Değerlendirmeler* (pp.345) Publisher: Ekin Yayınevi
- Zhai, F & Zhuang, J. (2009). Agricultural impact of climate change: A general equilibrium analysis with special reference to Southeast Asia. ADBI Working Paper No. 131. Tokyo, Japan: Asian Development Bank Institute.



Bölüm 12

AĞ KAFESLERDE ALABALIK YETİŞTİRİCİLİĞİ

*Sibel DOĞAN¹
Mücahit YÜNGÜL²*

¹ Arş. Gör. Dr. Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi, Balık Hastalıkları ABD, Elazığ/Türkiye
ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4569-5435/sibeldogan023@gmail.com.tr>

² Yük. Müh. Fırat Üniversitesi, Su Ürünleri Fakültesi Elazığ/Türkiye ORCID: 0000-0003-4226-0225 / mucahityungul@hotmail.com

1. GİRİŞ

Dünya nüfusunun hızlı artışına paralel olarak, insanların proteine olan talebi de aynı ölçüde artış göstermektedir. Proteine olan talebin artış göstermesi, toplam su ürünleri üretiminin artması ile su ürünleri yetiştiriciliğinin yoğunlaşması ve gelişmesinde etkili olmaktadır. Çünkü balık ve çoğu su ürünleri, insan beslenmesinde tüketimi zorunlu besin kaynaklarından biri olan proteinin ana kaynağını teşkil eder (Dikel, 2005).

Dünya su ürünleri toplam üretimi 182,3 milyon tona ulaşırken bunun 91 milyon 913 tonu (%50,3'ü) avcılık ile 90 milyon 864 tonu da (%49,7'si) yetiştiricilik ile elde edilmiştir (FAO, 2022). Günümüzde gelişen teknolojinin su ürünlerinin üretiminde de kullanılmasıyla yeni üretim modelleri oluşturulmuş ve su ürünleri üretimi çok büyük rakamlara ulaşmıştır. Bu amaçla çeşitli yetiştiricilik sistemleri geliştirilmiştir. Bu sistemlerden birisi de yapay ve doğal göller ile nehir, deniz ve okyanuslarda kullanılan yüzen yapı olarak adlandırılan kafes sistemleridir. Kafesler su yüzeyinde yüzmeyi sağlayan ve su yüzeyinin altında kültürü yapılan balık türünün tutulduğu asılı bir torbaya sahiptir. Yüzmeyi sağlayan yapı materyali olarak strofor veya çeşitli sentetik yüzücü materyaller kullanılmaktadır. Torba olarak da plastik ağ veya naylon ağ kullanılır. Sayılan bu unsurlara sahip kafes sistemleri tabana veya karaya bağlanmaktadır (Dikel, 2005).

Su ürünleri yetiştiriciliği kapsamında özellikle de soğuk su balığı olan alabalıkların yetiştiriciliği, hemen hemen dünyanın birçok ülkesinde geniş çevresel koşullar altında yapılmaktadır (Emre ve Kürüm, 2007). Alabalık türleri içinde yoğun ve yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan en önemli türün gökkuşağı alabalığı (*Oncorhynchus mykiss*) olduğu belirtilmiş; bu balık türünün ülkemizdeki iç sularda yetiştiricilikle elde edilen toplam üretim miktarının 145469 ton, deniz balıklarının yetiştiricilikle elde edilen üretim miktarının ise 45454 tona ulaştığı belirtilmiştir (TÜİK 2022). Bugün ilimizde de alabalık üretim tesisi sayısı 174 olup, yetiştiricilikle elde edilen üretim miktarının Haziran 2023 Tarım İl Müdürlüğü kayıtlarına göre 31 bin tona ulaştığı belirtilmiştir. Karadaki tesislerin yanı sıra doğal göl ve baraj göllerinde yüzer ağ kafeslerde su ürünleri yetiştiriciliği hızla yaygınlaşmaktadır (Elazığ Tarım İl Müdürlüğü, 2023).

Bu çalışmada ağ kafeslerin balık yetiştiriciliğindeki önemi, ağ kafeslerde alabalık yetiştiriciliği için gerekli olan şartlar, yer seçimi, kafeslere stoklanma yoğunluğu gibi konular incelenmiştir. Alabalık yetiştiriciliği için gerekli olan şartların araştırılması, öğrenilmesi ve su ürünleri yetiştiriciliğinde uygulanması büyük önem taşımaktadır.

2. KAFES YETİŞTİRİCİLİĞİNİN ÖNEMİ

Ağ kafeslerde yetiştiricilik; denizler ve tatlı sulardan göller, baraj gölleri, göletler, akarsu gölcükleri ve büyükçe yapılmış sulama kanallarında uygun yerlere yerleştirilen ağ kafesler içinde, balıkların tam kontrollü olarak bakılıp beslenmeleriyle yapılan yetiştiriciliktir. Bu yetiştiricilik kolu ile su kaynaklarının ekonomik olarak değerlendirilmesi, çok düşük sermayeye ihtiyaç duyulması ve uygulamanın basit oluşu nedeniyle yetiştiriciler tarafından tercih edilen bir sistem olması, ağ kafesler içinde alabalık yetiştiriciliğini önemli bir sektör haline getirmiştir (Atay, 1987).

2.1. Kafes Yetiştiriciliğinin Avantajları

Ağ kafesler balık yetiştiriciliğinde bazı önemli avantajlar sağlamaktadır. Bu avantajları şöylece sıralamak mümkündür; (Hoşsucu, 1993; Anonim, 1995; Timur, 2001; Özdemir, 2012)

1. Üretim kafesleri istenilen su ortamına kolayca kurulup, kaldırılabilir ve yeri değiştirilebilir.

2. Ortam koşulları uygun olduğu ölçüde kafes içinde optimal su kriterlerinde devamlılık sağlanır ve rizikolar azalır.

3. Avcılıkla yeteri kadar balık yakalamayan ve geçimini sağlayamayan balıkçıları kafes yetiştiriciliğine yönlendirmek.

4. Yetiştiriciye kendi koşullarına göre, istenildiği zaman devreye girme seçeneği sağlamaktadır.

5. Yapacağı yetiştirmenin büyüklüğünü, kendi olanaklarına göre, istediği kadar tutabilmektedir.

6. Aile işletmelerinde total iş gücü değerlendirme avantajı sağlar.

7. Sıcaklığı yaz ve kış büyük ölçüde değişen su kaynaklarında, kışın soğuk su balıklarının, yazın ılık su balıklarının aynı kafeslerde yetiştiriciliğinin yapılmasını mümkün kılmaktadır.

8. Balıkların stoklanması, bakım ve beslenmesi, hasadı havuz yetiştiriciliğine göre daha kolay yapılmaktadır.

9. Hastalıkların kontrolü, işletmenin sürekliliği için gerekli olan stokların günlük kontrolünü kolaylaştırır. Parazit ve hastalıkların tedavisi ekonomiktir.

10. Balıkların canlı olarak muhafazası ve nakliyesini kolaylaştırır.

11. Birim alandan yüksek verim alınır.

2. Kafes Yetiştiriciliğinin Dezavantajları

Kafes yetiştiriciliğinin belirtilen avantajlarının yanı sıra, kullanımını

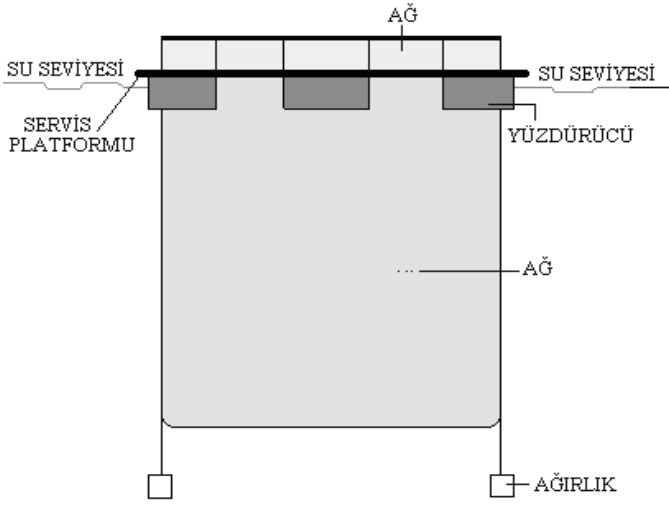
sınırlayan dezavantajlı taraflarını da şöylece sıralamak mümkündür; (Timur, 2001; Atay ve Bekcan, 2016)

1. Yavru ve yem başka kaynaklardan temin edileceğinden yer seçimi yavru ve yem teminini kolaylaştıracak şekilde düzenlenmelidir.
2. Yüksek kaliteli yeme ihtiyaç duyulur.
3. Bazen doğal ortamdaki küçük balıklar kafese girip yeme ortak olabilirler.
4. Metabolizma artıklarının uzaklaştırılması ve oksijen düzeyinin muhafazası için yeteri kadar bir akıntı olmalıdır.
5. Kafesi oluşturan ağların gözeleri sık sık tıkanıdığından her gün temizlemesi gerekir.
6. Balıkların çalınma riski daha fazladır.
7. Doğal ortamdaki balık popülasyonu, kafesteki balıklara hastalık ve parazitlerin bulaştırılmasını sağlayabilir.
8. Balıkların elden geçirilmesi, kafeslere stoklanması, yemleme ve bakım için işçilik havuz balıkçılığına göre daha fazladır.
9. Yoğun üretim de kafeslere stoklama, tekniğine göre yapılmamışsa oksijen yetmezliği ortaya çıkar, sonuçta ölümler olur.

3. AĞ KAFESLERDE SOFRALIK BALIK YETİŞTİRİCİLİĞİ

Doğal göller ile büyük baraj göllerinde veya denizlerde kafesler içinde balık üretimi günden güne gelişmektedir. Kafeslerde kontrollü yetiştiricilik her bakımdan güvenilir olmaktadır. Havuz yapımına gerek olmaksızın karlı üretim uygun kafes tipleri kurularak gerçekleştirilebilir (Özdemir, 1994).

Bazı durumlarda kafes, plastik boruların birleştirilmesinden ve ağların asılmasından ibaret olabilir (Şekil 1). Hatta bazen su içinde kurulan kafeslerin belli bir bölgede kalması sağlanarak yetiştiricilik işlemi gerçekleştirilebilir (Emre ve Kürüm, 2007).



Şekil 1. Bir ağ kafes yapısı (Dikel, 2005)

Kafes yetiştiriciliğinin esası, balık besisine dayanır. Bu nedenle 20–30 gr. ağırlığındaki alabalıklar ağ kafeslere yerleştirilip, 5-6 ay gibi bir süre içerisinde bakım ve beslenmeye tabi tutularak, 200–250 gr. ağırlığa ulaştırıldıktan sonra pazarlanırlar (Tekelioğlu, 2005).

3.1. Kafeslerde Balık Yetiştiriciliği İçin Gerekli Olan Şartlar

Kafeslerde balık yetiştiriciliği için her şeyden önce su koşullarının uygun olması gerekir. Yetiştiricilik için seçilen yerde su sıcaklığının yetiştirilecek türe uygun olması, oksijen içeriğinin yeterli ve o yerin derinliğinin uygun olması gerekir. Bu nedenle özellikle alabalık yetiştiriciliği için aşağıda (Tablo 1) belirtilen özellikler aranır; (Özdemir, 2012)

Tablo 1. Yetiştiricilik için arzu edilen özellikler (Özdemir, 2012)

Su sıcaklığı	20 C° nin altında
Oksijen içeriği	7 mg O ₂ / L nin üzerinde
pH	Hafif alkalik ortamda (pH 7-8 arasında) olmalı
NH ₄	0.4–0.5 mg NH ₄ / L
Zehirli ve zararlı maddeler	Hiç olmamalı
Göller ve göletler için su derinliği	Birden bire derinleşen, kıyından etkilenmeyen, uygun derinliğin olduğu yer olmalı
Akarsu ve kanallar için su derinliği	3,5 metrenin üzerinde
Su değişimi	Kafesler su değişimi olan yerlere yerleştirilmeli, suyun kafeslerin kurulduğu alandan günde kaç kez değiştiği bilinmeli

Kafeslerin yerleştirileceği su kaynaklarında kış aylarında donma oluyorsa, ya su donmadan önce balıklar pazar büyüklüğüne ulaştırılıp pazarlanmalı ya da donmaya karşı gerekli tedbirler alınmalıdır (Anonim, 1995).

Su sıcaklığı yaz kış değişen kaynaklarda kafeslerde alabalık yetiştiriciliği için su sıcaklığının 20 C° nin altına düştüğü dönemlerde soğuk su balıkları (alabalık), 18–20 C° nin üzerindeki sıcaklıklarda ise ılık su balıklarının (sazan vb.) yetiştiriciliği devreye girer (Çelikkale, 2002).

Oksijen, özellikle sabahları büyük önem taşır. Göl, gölet gibi durgun sularda sabahları bu değer 6 mg O₂/lt. nin altına düşmemelidir (Çelikkale, 2002)

Bu yetiştiricilik sisteminde su derinliği çok önemlidir. Özellikle kafeslerin tabanı ile su tabanı arasında 60-70 cm' lik bir mesafenin bulunması ile kafeslerden dökülen yem ve dışkıların bozuşma etkilerinin kafeslere gelmesi engellenmiş olur. Diğer bir değişle yeterli sirkülasyon sağlanmış olur (Tekelioğlu, 2005).

3.2. Yer Seçimi

Kafeslerin su kaynağına yerleştirilmesi, yani uygun yer seçilmesi başarı için öncelikli şarttır. Kafeslerin yerleştirileceği yer, iyi korunabilen bir yerde olmalıdır. Yani kafeslerin konulacağı yer iyi bir su sirkülasyonu sağlamalı ve ayrıca oksijene doyma imkanı sağlamalıdır. Kafeslerin yerleştirileceği yerde iyi bir temizliğin yapılabilmesi için kesinlikle su akıntısının olması gerekmektedir. Rüzgâr, fırtına, dalga ve gel-git olayları önceden bilinmelidir (Emre ve Kürüm, 2007).

Kıyıya yakın noktalardaki yer seçiminde endüstriyel kuruluşların ve yerleşim yerlerinin evsel atık durumları mutlaka göz önüne alınmalıdır. Bunların su ortamında meydana getireceği fizikokimyasal değişimler, üretimin akışını kısa sürede etkiler. Bilindiği gibi tatil merkezleri, denize kıyısı olan ülkelerin kıyı bölgelerinin önemli kısmını işgal eder. Tatil aktivitelerinin yapıldığı potansiyel yerler, su ortamının yetiştiricilik için uygun olmasına rağmen, yerel yöneticiler (belediyeler) veya hükümet politikaları açısından yapılan müracaatlar reddedilebilir. Buna karşın kıyıya yakın yerlerde kurulan kafes işletmelerinin başka yerlere nakledilmeleri kolaydır (Şekil 2) (Emre ve Kürüm, 2007).



Şekil 2. Kıyıya yakın bir yerde kurulan ağ kafes modeli

Nehir ağzlarına çok yakın yerlerde kurulan işletmelerin de bazı dezavantajları vardır. Örneğin; nehirlerin yukarı kısımlarındaki yerleşim yerlerinde veya zirai aktiviteden doğan evsel ve pestisid kirliliği, işletmelerdeki balıklarda toksik etkiler meydana getirebilir. Seçilen yerin yetiştiricilik yapılabilir özelliği taşınması için yasal, çevresel ve teknik yönden hiçbir sorunun olmaması gerekir. Ayrıca satın alınacak veya kiralanacak yere, bir test kafesinin konulması tavsiye edilir. Eğer seçilen yerden olumlu sonuç alınırsa kafeslere balıklar konularak yetiştiriciliğe devam edilir (Emre ve Kürüm, 2007).

Kafeslerin yetiştiricilik için yerleştirileceği yerin su kaynağı çiftlik hayvanlarının sulanmasında kullanılıyor ise, o hayvanlar suya giriyorsa ve suyu kirletiyorsa su kalitesinde bozulmalara neden olabilir. Bu nedenle kafeslerin konulacağı yer hayvanların su içtiği alandan biraz daha uzağa çekilmelidir (Emre ve Kürüm, 2007).

Kafeslerin konulacağı yerde yüksek derecede erozyon meydana geliyorsa balıkların solungaçlarını tahriş eden veya oksijen oranını düşüren bulanıklık sorunu da göz önünde bulundurulmalıdır (Emre ve Kürüm, 2007).

Şiddetli ot istilasına uğrama, yüzey kirliliği, ölü balıklar, büyümemiş yabancı balık popülasyonu ve yazın büyük çapta su seviyesi değişiklikleri gibi sorunları bulunan yerler kafes yetiştiriciliği için uygun yerler olamaz (Emre ve Kürüm, 2007).

3.2.1. Yer seçiminde Göz Önünde Bulundurulması Gereken Bazı Şartlar

1. Baraj gölü, göl ve denizlerde kafeslerin konulacağı yerde derinlik, ka-

fes derinliğinin 1/3'ü, denizlerde ise kafes derinliğinin ½'si kadar daha fazla olmalıdır.

2. Kafeslerin konulacağı yerde suda bulunan oksijen düzeyi 7 mg/L nin altında olmamalı ve mutlaka su akıntısı olmalıdır (Şekil 3).

3. Kafeslerin konulacağı yerde zemin mümkün olduğunca sert olmalıdır.

4. Karada yem deposunun ve idari bina tesislerinin kurulma imkânlarının olması gerekir (Şekil 4).

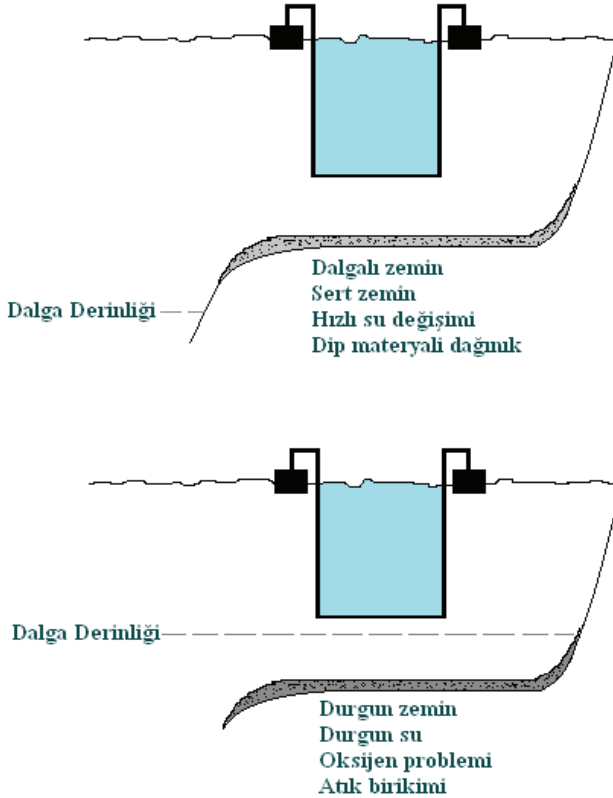
5. Kafesler, mevcut tesislerden en az 1000 metre uzakta olmalıdır.

6. İki yılda bir kafes alanlarının rotasyonuna imkân tanınmalıdır.

7. Suyun her türlü kriterleri, yetiştiriciliği yapılan alabalığın istemlerine uygun olmalıdır.

8. Yerleşim yerleri ve sanayi tesislerinin bulunduğu yerlere uzak bir kumunda bulunulmalıdır.

9. Predatör hayvanların yaşadığı bölgelere uzak olmalıdır (Emre ve Kürüm, 2007).



Şekil 3. Dalgaya açık ve kapalı yerlerdeki zemin oluşumları (Emre ve Kürüm, 2007)



Şekil 4. Karada kurulan bir yem deposundan ve idari bina tesisinden bir görüntü

3.2.2. Kafes Büyüklükleri

Balıkları su kaynaklarının özelliklerine göre en emniyetli bir şekilde yetiştirmek için, uygun kafes tipi seçmek gerekir. Balıkçılığı gelişmiş olan İskandinav ülkeleri, birçok modelleri denemişlerdir. Su kaynağına uygun, akıntıya dayanıklı, pratik ve kurulması kolay olan tipler geliştirilmiştir (Özdemir, 1994).

Kafeslerin büyüklüğü çok farklı olmakla birlikte ülkemizde iç sularda yani göllerde en çok küçük kafesler kullanılmaktadır. Bunların şekilleri dörtgen, çokgen veya yuvarlaktır. Genellikle iç sularda kurulan kafeslerin hacminin 1000 m³ den fazla olmaması tercih edilir (Emre ve Kürüm, 2007).

Birkaç büyük kafesin satın alınıp yerleştirilmesi, çok sayıdaki küçük kafesin temin edilmesinden daha ekonomik gözükülebilir. Günümüzde açık deniz şartlarına dayanıklı, 25000 m³ hacimli, modern dizaynı ağ kafesler yapılmış olup, bunlar açık deniz balıkçılığında başarılı bir şekilde kullanılmaktadır (Emre ve Kürüm, 2007).

3.2.3. Kafes Dizaynı

Kafeslerde balıkların dışarı atlamaması için, kafes çerçevesinin su seviyesinden genel ½ -1m yükseklikte yapılması gerekir (Şekil 5). Ayrıca ağın asıldığı ve servis yapılırken personelin güvenlik içinde yürümesi ve tutunması için parmaklıkların bulunması şarttır (Emre ve Kürüm, 2007).

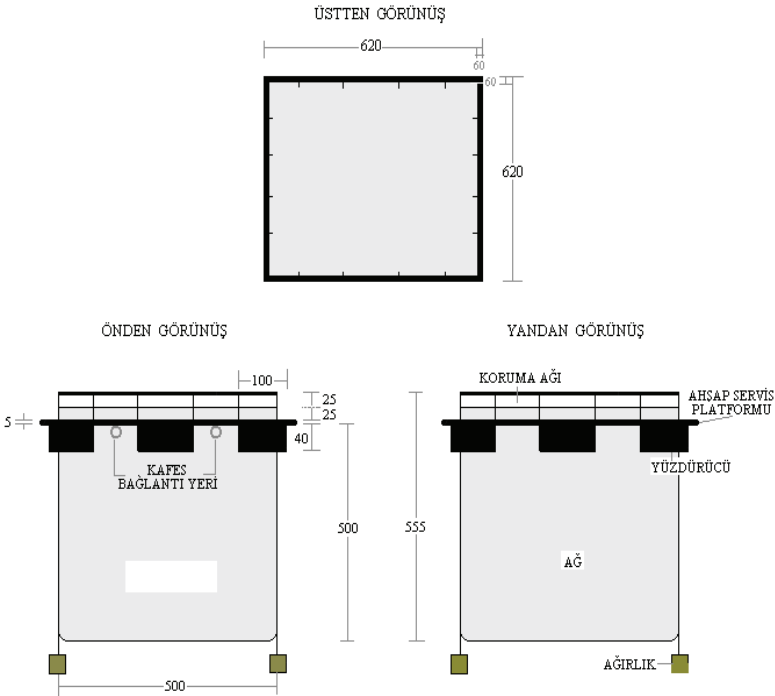
Kafesler yırtıcı su organizmalarına karşı korunaklı olmalıdır. Bunun için ikiz ağlar veya koruyucu ağlar kullanılır. İkiz ağların göz açıklığı su akışını

engelleyici olmamalıdır. Bu ikinci ağın iyi bir şekilde montesi oldukça önemlidir. Ağ iyi monte edilmezse kafes içine düşer ve sarkarsa, balıklara dolanır ve bu nedenle balıklar önemli düzeyde zarar görür. Böylece hastalık ve parazitlere yakalanma riski artar (Atay, 1987).

Demirleme blokları genellikle iyi galvanizlenmiş demir kollarının kullanıldığı betondan yapılmalıdır. Blokların ağırlıkları yeterli olmalı ve kafeslerin bulunduğu yerden uzaklaşmasını engellemelidir. Eğer hızlı akıntı varsa, bu bloklar daha ağır olmalıdır (Emre ve Kürüm, 2007).

Yüzer kafeslerin dizaynı, seçilmiş olan yerin koşullarına bağlıdır. Bir kafes dizaynı, seçilmiş bir yer için uygun, başka bir yer için ise elverişli olmayabilir (Emre ve Kürüm, 2007).

Serbest yüzen kafesler için seçilecek yer çok kuytu ve dalgalara karşı kapalı olmalıdır. İşlem ve bakım yönünden kafeslerin pratik, ucuz maliyetli, kolay kaldırılabilir ve taşınabilir olmaları çok önemlidir (Özdemir, 1994).



Şekil 5. Bir ağ kafes modelinin üç boyutlu görüntüsü (Emre ve Kürüm, 2007)

3.3. Yerleştirme Yerine Göre Kafeslerin Sınıflandırılması

3.3.1. İnshore (Kıyisal) Kafes Sistemleri

Bu kafes sistemleri kıyıya bağlı ya da kıyıya çok yakın bölümlere yerleştirilir (Şekil 6). Bu sistemlerde karadan destek alınarak rutin işler gerçekleştirilir (Dikel, 2005).

3.3.2. Onshore (Kıyıya yakın) Kafes Sistemleri

Kıyıya yakın bölgelerde birkaç metre uzaklıktan başlayan bir çizgide kurulabilen kafes sistemleridir (Şekil 7) (Dikel, 2005).

3.3.3. Offshore (Kıyıda uzak - Açıkdeniz) Kafes Sistemleri

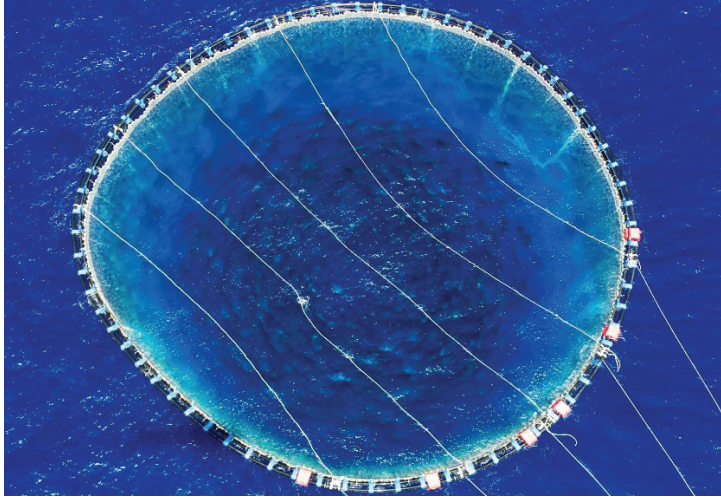
Açık denizlerde (uluslararası sularda) yapılabilen kafes balıkçılığına verilen isimdir (Şekil 8) (Dikel, 2005).



Şekil 6. İnshore (Kıyisal) kafeslerden bir görüntü



Şekil 7. Onshore (Kıyıya yakın) kafeslerden bir görüntü

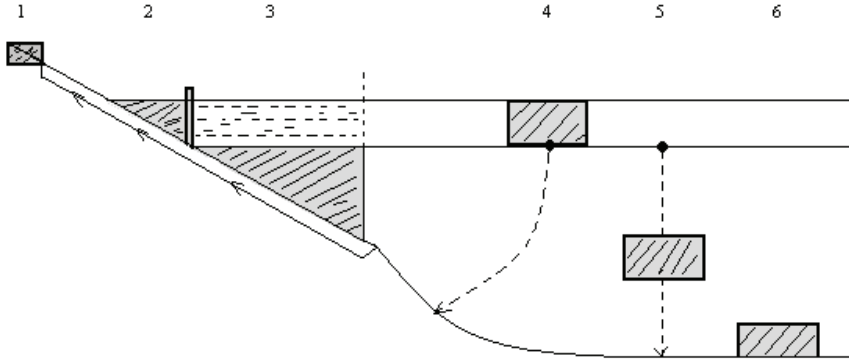


Şekil 8. Offshore (Kıyıda uzak-Açıkdeniz) kafeslerden bir görüntü

3.4. Kafes Tipleri

Kafesler, yerleştirilme durumlarına göre sabit kafesler, kısmen sabit kafesler, asılı yüzer kafesler, dip kafesleri ve yüzer kafesler olarak sınıflandırılırlar (Şekil 9) (Atay ve Korkmaz, 2011).

Yüzer kafesler de yapı malzemeleri ve şekline göre bambu, ahşap, tek ağı, ikiz ağı, koruyucu ağı, çerçevesiz, çokgen ve bakalit dubalı kafesler olarak sınıflandırılır (Atay, 2000).

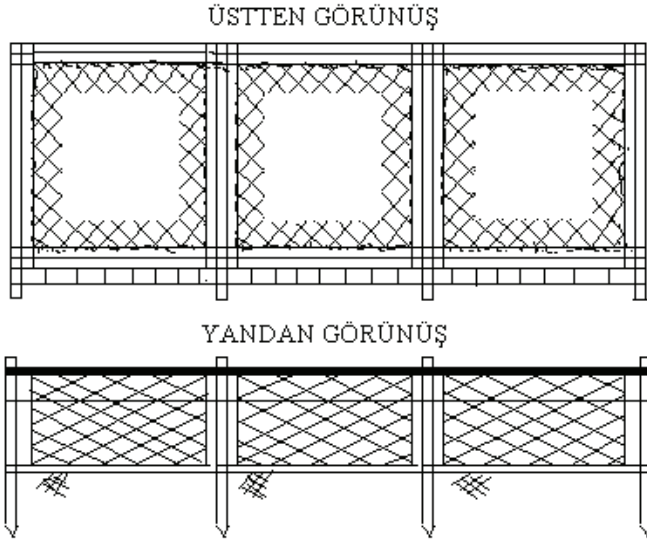


Şekil 9. Kafes tipleri (1-Sabit, 2-Kısmen sabit, 3-Yüzer, 4-Asılı yüzen, 5-Dip kafesleri) (Atay ve Korkmaz, 2011).

3.4.1. Sabit Kafesler

Sabit kafesler, su sirkülasyonunun uygun olduğu, genellikle gel-git olayının fazla olmadığı sığ sularda kullanılan balık üretim üniteleridir. Boyutları genellikle 5m x 5m x 5m (uzunluk, en, derinlik) civarındadır. Sabit kafesler 22 cm çapında, 5m boyunda ve 1,5 metre dibe çakılan beton direkler arasında monte edilirler (Şekil 10) (Hoşsucu, 1993; Timur, 2001; Atay ve Korkmaz, 2011).

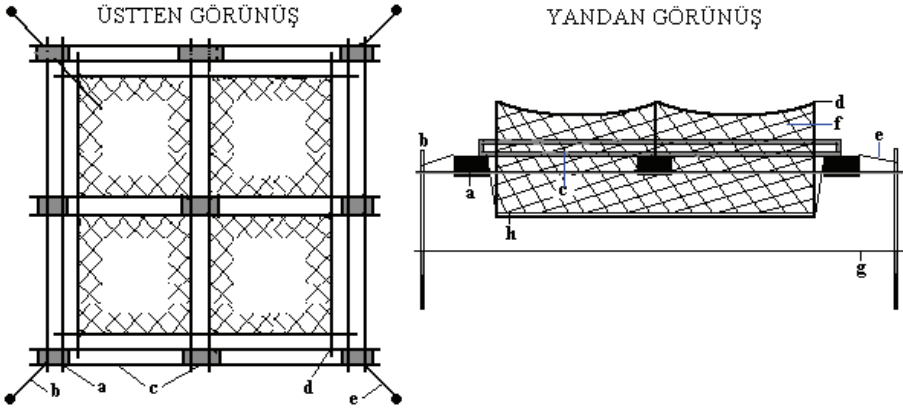
Bunlarda yüzdürücü sisteme gerek duyulmadığından inşa masrafı yüzer kafeslerden % 50 daha ucuz olur. Bununla beraber sabit kafesler, yüzer kafeslere göre kötü hava şartlarına karşı daha az dayanıklıdırlar (Atay, 1987).



Şekil 10. Sabit kafesler (Atay, 1987)

3.4.2. Kısmen Sabit Kafesler

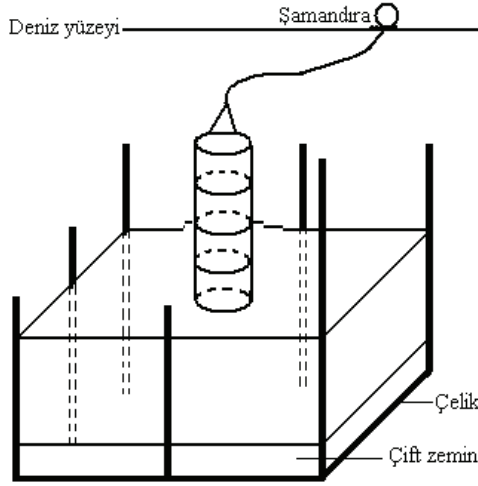
Kısmen sabit kafesler; sabit kafes tiplerinde olduğu gibi su sirkülasyonlarının iyi ve gel-git hareketlerinin ise etkili olduğu sığ sularda sabit kafesler arasına monte edilir (Şekil 11). Kısmen sabit kafeslerin sabit kafes tiplerinden farkı, gel-git olayına bağlı olarak yüzdürücüler yardımı ile alçalıp yükselmesidir (Atay, 1987; Atay ve Korkmaz, 2011).



Şekil 11. Kısmen Sabit Kafesler (a-Duba, b-Sabitleştirme kazığı, c-Bambu çerçeve, d-Kafes eteği, e-Tel, f-Balık koruma ağı, g-Yatay halat, h-Taban ağının çerçevesi) (Atay ve Korkmaz, 2011).

3.4.3. Asılı Yüzer Kafesler

Asılı yüzer kafesler, rüzgârların yüzer kafeslerin kullanılmasına olanak vermeyecek derecede kuvvetli olduğu yetiştirme alanlarında, suyun orta derinliğine kadar batırılabilen ve orada askıda tutulabilen, su yüzeyine kadar uzanan yemleme bacaları yardımıyla yemleme yapılan, yemleme yapıldıktan sonra yemleme bacasının ağzı şamandıra ile kapatılabilen balık üretim üniteleridir (Şekil 12) (Atay ve Korkmaz, 2011).

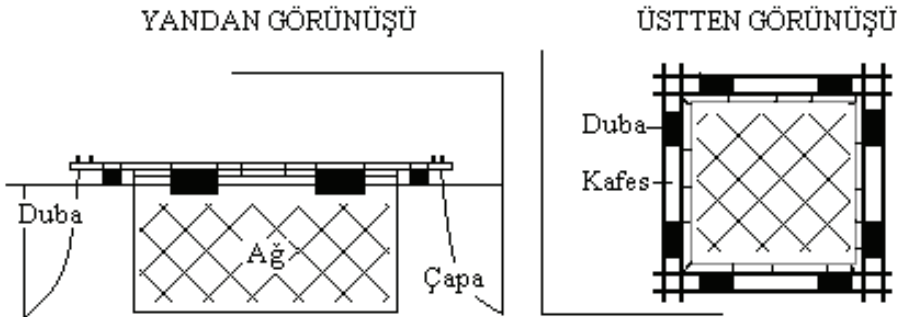


Şekil 12. Asılı yüzer kafes (Atay ve Korkmaz, 2011)

Rüzgâr ve dalgaların az olduğu bölgelerde asılı yüzer kafeslerin bir kenarı 20 metre kadar uzun olabilir. Yemleme bacası kullanılarak balıkların bir kenarda toplanması, ağı yırtılması ve yemlerin ağdan dışarı çıkması önlenir (Atay ve Korkmaz, 2011).

3.4.4. Yüzer Kafesler

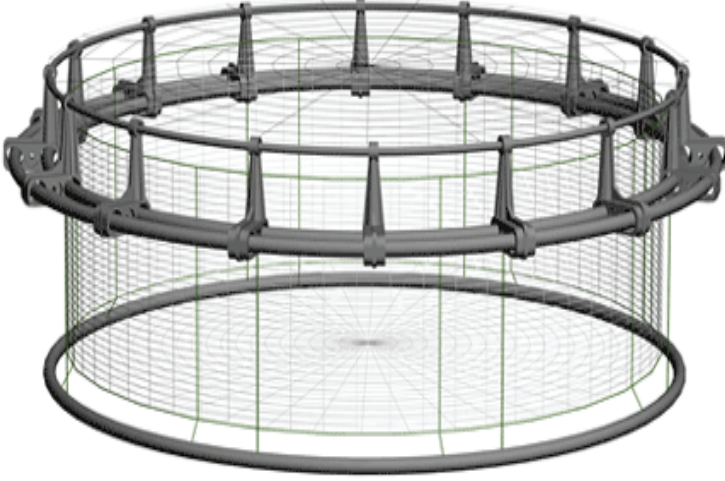
Yüzer kafesler, çeşitli yüzdürücülerle suda yüzer durumda tutulan genellikle kafes köşelerinden çapalarla tabana bağlanan, tek veya çift ağılardan yapılabilen, bir veya çok sayıda kafesten oluşabilen ve en çok kullanılan balık üretim ünitesidir (Şekil 13) (Hoşsucu, 1993; Timur, 2001).



Şekil 13. Yüzer kafeslerin yandan ve üstten görünüşü (Atay, 2000)

Yüzer kafesler, genellikle yüzey alanı olarak 30 – 40 m² büyüklüğünde ve 5–7 metre derinliğinde yapılırlar. Kafeslerin çerçeveleri için bambu veya

çelik borudan, yüzdürücü olarak ise yağ varilleri ile sentetik yüzdürücülerden faydalanılır (Şekil 14). Kafeslerin parçalanmaya karşı çift ağdan yapılması ve hastalık etkenine karşı ilaçlanmış ağların tercih edilmesi gerekir (Hoşsucu, 1993; Atay ve Korkmaz, 2011).



Şekil 14. Yüzdürücü çerçeveleri bulunan yüksek yoğunluktaki polietilen kafesler (URL 1, 2008)

Ayrıca kafesler, tatlı suyun özelliklerine göre değil, deniz suyu ve deniz ortamının özellikleri göz önünde bulundurularak yapılmalıdır (Hoşsucu, 1993; Özdemir, 1994).

3.4.4.1. Bambu Kafesler

Bambu kafesler, bambudan yapılan ılık su balıklarının yetiştiriciliğinde kullanılan sandal veya kutu şeklinde yapılabilen kafeslerdir (Atay, 2000).

3.4.4.2. Ahşap Kafesler

Ahşap kafesler, sert ahşap materyalden köşeleri metal ile kuvvetlendirilen, kutu şeklinde su içinde kalan kısmı su hareketini engellemeyecek açıklıkta tek kafesten yapılan, genellikle kütükler veya diğer yüzdürücülerle yüzdürülen, nehir ve göllerde kullanılan kafeslerdir. Ahşap kafesler tek tek veya birleşik üniteler halinde düzenlenebilirler. Ömürleri ortalama 10 yıl kadardır (Atay, 2000).

3.4.4.3. Tek Ağlı Kafesler

Tek ağlı kafesler, kirlenme ve parçalanma tehlikesinin en az olduğu koşullarda kullanılan tek tek ve üniteler halinde kurulabilen kafeslerdir (Şekil 15) (Atay, 2000).



Şekil 15. Tek ağı kafeslerden bir görüntü

3.4.4.4. İkiz Ağı Kafesler

İkiz ağı kafesler, kirlenme ve parçalanma tehlikesinin bulunduğu koşullarda yüzeyde ağızları birleşik tabanda bir birinden ayrılmış iç içe geçen iki ağdan oluşan kafeslerdir (Atay, 2000).

3.4.4.5. Koruyucu Ağı Kafesler

Koruyucu ağı kafesler, koruyucu ağ ile büyüme ağ kafeslerinden oluşan, alabalık, som balığı gibi hareketli balıkların yetiştirildiği kafeslerdir (Atay, 2000).

3.4.4.6. Çerçevesiz Kafesler

Çerçevesiz kafesler, ağ torbanın parçalanma tehlikesinin bulunduğu koşullarda koruyucu ağdan daha güçlü metal, plastik veya ahşap bir kafes ile korunan ağ kafeslerdir (Atay, 2000).

3.4.4.7. Çokgen Kafesler

Çokgen kafesler, çokgen ağ kafesler çok kenarlı ve çift ağı olup, dalgalara açık sularda alabalık ve som balığı yetiştiriciliği yapılan kafeslerdir (Şekil 16) (Atay, 2000).



Şekil 16. Bir baraj çıkışında çokgen şekilli ağ kafeslerde alabalık yetiştiriciliği

3.4.4.8. Bakalit Dubalı Kafesler

Bakalit dubalı kafesler, her biri ikişerden dört adet 250 litrelik bakalit duba içeren 4 ve 5 metre boyunda 2,5 cm çapında galvanize demir borulardan oluşan çerçevelerin birbirlerine kenetlenmesi ile yapılan, üç kafes yerleştirilebilen standart kafes ünitesidir (Atay, 2000).

3.5. Kafeslerin Yapım Teknikleri

Kafes ünitelerinin ana unsurları taşıyıcılar, servis yolları ya da servis platformu, kafes çerçeveleri, ağlar, bağlama sistemleri, bekçi kulübesi ve yem üniteleridir.

Taşıyıcı olarak pek çok işletmede büyük fiçılar, metal veya plastik bidonlar kullanılmaktadır (Şekil 17). Bu fiçılar veya bidonlar yapılacak kafesin büyüklüğüne, dolayısıyla taşıyacakları çerçevelerin ağırlığına bağlı olarak borularla birbirine bağlanırlar. Bunun için önce fiçilerin kapakları su sızdırmayacak şekilde kapatılır. Daha sonra fiçinin her iki başından geçirilen kemerler sıkılır ve bu kemerlere ya alüminyum ya da demir borular monte edilir. Daha sonra bu borulara enlemesine borular kaynak yapılarak kafeslerin çerçeveleri meydana getirilir. Halkalarla bu çerçevelere torba şeklindeki ağlar takılır (Çelikkale, 2002).



Şekil 17. Ağ kafeslerde taşıyıcı olarak kullanılan plastik bidonlardan bir görüntü

Birbirine simetrik olarak oluşan kafesler arasında, her iki kafes ünitesine hizmet verecek bir servis yolu yapılır. Bu servis yolu iki yüzer kafes arasına köprü olacak şekilde yüzdürücüler monte edilip, servis yolu bu yüzdürücüler üzerine yerleştirilir (Çelikkale, 2002).

Servis yolunun her iki tarafına ağ kafesler yerleştirilir. Bunun için yüksekliği en az 40-50 cm olan dörtgen prizma şeklinde çerçeveler yapılarak onlara torba şeklinde ağlar, halkalarla tutturulur. Kafeslerin yalnız servis yolu tarafındaki kısımları servis yoluna bağlanır. Bu şekildeki kafeslerin su içinde durabilmelerini sağlamak için dört köşelerinden tutturulmaları gerekir. Bunun için hizmet yoluna ahşap çıtalar çakılır (Şekil 18). Kafesler birer kanca ile dört köşesinden bu çıtalara asılırlar (Çelikkale, 2002).



Şekil 18. Ağ kafeslerde servis yolundan bir görüntü

Kafes üniteleri bir batarya şeklinde, onlarca ve hatta yüzlerce adet olabileceği gibi tek tek de olabilirler. Bu amaçla şamandıra görevi ya plastik borularla veya ahşap kalaslarla sağlanır. Bu tip kafesler karaya yakın olarak kurulan kafeslerdir ve yerlerinden uzaklaşmaması için karayla bağlantısı vardır. Karayla bağlantısı olmayan yerlerde ise kafesler çapalarla tabana bağlanır. Ya orta kısımda ya da köşelerinden yani en sağlam yerinden halatlara bağlı çapalar suyun tabanına indirilir (Şekil 19). Bu çapalar kafeslerin buldukları yerden ayrılmasına engel olur (Çelikkale, 2002).



Şekil 19. Çapalardan bir görüntü

3.6. Kafes Ağları

Balık yetiştiriciliğinde kullanılan ağlar büyük ölçüde naylon ağlardır. Kullanılacak bu ağlarda göz açıklığı çok önemlidir. Ne balıkların kaçmasına fırsat verecek genişlikte, nede su sirkülasyonunu önleyecek şekilde dar olmamalıdır. Eğer balıkçık üretimi amaçlanıyorsa ağ göz açıklığı, 2 gr yavru ağırlığından itibaren 6mm ,4 gr dan itibaren 8mm olmalıdır. 25–50 gr arasındaki balıkçıklar yerleştirilerek 200–250 gr lık yemeklik alabalık üretilecekse ağ göz açıklığı yerleştirilen balığa göre seçilir. Ağların göz açıklığı, içerisine konulacak balığın boy uzunluğunun 1/10 ‘u genişlikte olmalıdır. Örneğin; ortalama 15 cm uzunluğundaki balıkçıklar yerleştiriliyorsa ağ göz açıklığı 1,5 cm yi geçmemelidir. 10-12 cm lik balıkçıklar yerleştirildiğinde yaklaşık 10 mm. göz açıklığındaki ağlar seçilir (Çelikkale, 2002).

Ağ materyalinin seçiminde kirlenme durumları, ağırlık ve dayanıklılık faktörleri göz önünde tutulur (Tablo 3.6.1) (Atay ve Korkmaz, 2011).

Tablo 3.6.1. Çeşitli ağlarda kirlenme nedeni ile oluşan ağırlık artışı (Atay ve Korkmaz, 2011)

Ağ Materyali	Ağırlık (kg/m ³)	Ağırlık Artış Faktörü		
		Haziran	Eylül	Aralık
Naylon	0,23	2	85	108
Ulstron	0,34	2	64	110
Korlen	0,20	2	85	126
Normal polietilen	0,18	2	112	200
Bakır tuzu ile muamele edilmiş polietilen	0,18	1	44	94
Netlon	0,34	1	36	48
Plastik kaplama	3,25	0,75	10	13
Galvanize zincir ağ	2,03	0,30	0,5	2,75
Galvanize delikli ağ	3,40	0,30	0,5	2,50

Bu tablo incelendiğinde galvanize metal ağların kirlenmeye karşı en iyi olduğu, metal ağları plastik kaplama ağların izlediği ve bakır tuzu ile muamele edilmiş sentetik ağların diğerlerine göre % 50 daha az kirlendiği görülür (Atay ve Korkmaz, 2011).

İdeal bir kafes ağının;

1. Hafif olması gerekir (böylece taşınması oldukça kolay olur).

2. Yüzen cisimlere ve predatör ataklarına yeterli direnci göstermesi gerekir.
3. Hasat zamanında kaldırmaya karşı dayanıklı olması gerekir.
4. Balıkların hassas kısımlarına zarar vermeyecek kadar yumuşak olmasıdır.
5. Dalga hareketlerine karşı dayanıklı olması gerekir (Dikel, 2005).

Kafes ağlarının dışında, kafeste bulunan balıkların ise su kuşlarından korunması için de kafeslerin üzerleri veya tüm kafes ünitesinin üzeri geniş gözlü ağlarla kapatılmalıdır (Şekil 20) (Çelikkale, 2002).



Şekil 20. Üzerleri geniş gözlü ağlarla kaplı bir ağ kafesi tesisinin fotoğrafı

3.7. Kafeslere Stoklama Yoğunluğu

Kafeslere stoklama yapmak için önce 1 m^3 suda kaç kg balık yetişir ya da yetişeceğini hesaplamak gerekir. Bunun için suyun oksijen düzeyi ve değişim sıklığı dikkate alınır. Örneğin; kafeslere alabalık stoklayacaksa ve suyun oksijen düzeyi 10 mg/L , su değişim sıklığı günde 24 kez ise $1000 \times 10 \times 24 = 240\,000 \text{ mg}$ oksijen olur. Yani 1 m^3 suda $240\,000 \text{ mg}$ oksijen olur. 1 kg alabalık ise bir günde $400 \times 24 = 9600 \text{ mg}$ oksijen tüketir. $240\,000$ 'i 9600 'e böldüğümüzde $240\,000 / 9600 = 25 \text{ kg}$ çıkar. Yani 1 m^3 suda 25 kg balık yetişeceği görülür. Bu değer net kafes hacmiyle çarpılır. Bir kafeste kaç kg balık yetiştirilebileceği anlaşılır. Toplam üretim kapasitesi, bir kafesteki üretim miktarına bölünerek gerekli olan kafes sayısı belirlenir (Özdemir, 2012).

Kafeslere yerleştirilen balıklar beslenerek pazar büyüklüğüne getirilir.

Ancak kafeslerdeki balıkların günlük yem miktarlarının belirlenmesi gerekir (Özdemir, 2012).

Günlük Yem Miktarı = Yemleme Katsayısı x Toplam Balık Ağırlığı / 100'dür. Yukarıdaki formüle göre elde edilen miktarın, su sıcaklığı dikkate alınarak kaç öğünde verileceğine karar verilir (Özdemir, 2012).

3.8. Kafeslerdeki Alabalık Beslenmesinde Dikkat Edilecek Hususlar

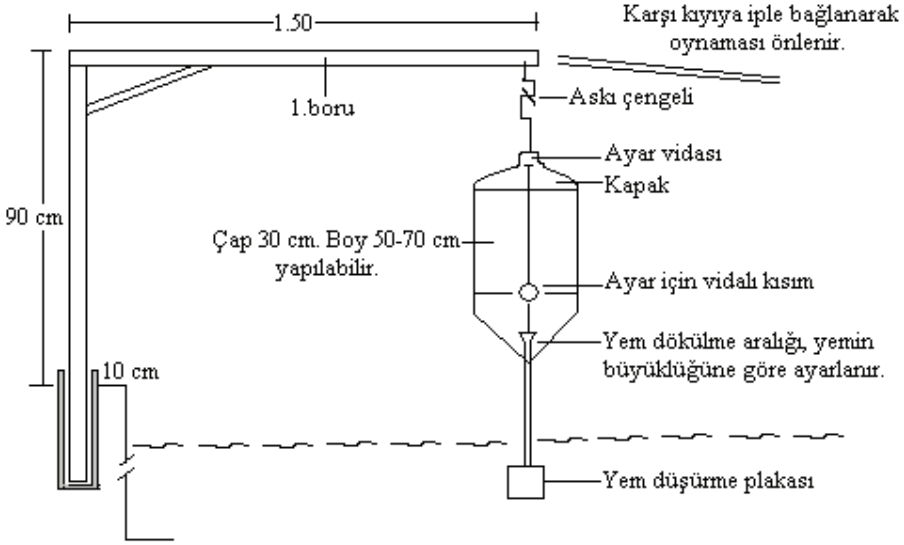
Alabalıklar, beslenmeleri için gerekli olan tüm mineral maddeler, vitaminler, aminoasit ve diğer besin bileşiklerini içeren yemlerle beslenmelidir. Vitamin kaybını engellemek için balık yemi 8 haftadan fazla süreyle depolanmamalıdır. Yemi, serin, kuru ve kemiricilerden temizlenmiş bir binada depolamak doğru bir yol olacaktır (Emre ve Kürüm, 2007).

Alabalıkların beslenmesinde 3 yol izlenebilir. Bunlar; taze yaş yemler, karışık yemler ve pelet yemler ile beslenmelidir. Taze yaş yem olarak her türlü balık ve diğer hayvansal su ürünleri bu amaçla kullanılabilir. Günümüz alabalık yetiştiriciliğinde en ekonomik ve pratik yemleme şekli pelet yemlerle yapılan yetiştirme olmaktadır. Pelet yemlerin kullanılmasının yararları çoktur. Öncelikle her zaman temin edilebilirler. Depolanmaları kolaydır (Şekil 21) (Alpbaz, 2005).



Şekil 21. Pelet yemin karması ile yapılan yemlemeden bir görüntü

Bu besleme devresinde yapılacak başlıca iş balıkların canlı ağırlıklarının %2 si civarındaki yemi, en iyisi günde 2 veya 3 öğünde vermektir. Bu yemlemede balıklara verilen 3–5 mm çapındaki pelet yemler (Şekil 22) yavaş yavaş yem kürekları ile atılır. Pek çok işletmede her bir kafes içine sarkaçlı otomatik yemlikler yerleştirilerek balıkların arzuladıkları zaman ve miktarda yem alımları sağlanabilir (Anonim, 1995).



Şekil 22. Otomatik yemlik

Alabalık üretim tesislerinde işçilikten tasarruf ve balıkların iyi bir şekilde yemlenmesi için mutlak kullanılması gereken malzemelerden bir tanesidir. Balık su içerisinde plakaya dokundukça yemlikten aşağıya yem dökülür. Yem birden bire boşalamayacağından yemleme azar azar yapılmış olur. Böylece dökülen her yem alınmış olacağından yem zayıtı olmaz ve balıklar dengeli bir şekilde yem almış olurlar (Anonim, 1995).

Yemleme; elle yapılan yemleme ve mekanik dağıtıcılar kullanılarak yapılan yemleme olmak üzere iki farklı şekilde yapılmaktadır. Elle yapılan yemlemede bir kepçe veya avuçla yem su yüzeyine saçılır. Elle yemlemenin en büyük sakıncası, çok zaman alması ve fazla iş gücünü gerektirmesidir. Mekanik dağıtıcılar ile yemleme yapıldığında elle yapılan yemlemede ortaya çıkan sakıncalar giderilmektedir (Anonim, 1995).

Mekanik dağıtıcıların faydaları şunlardır: (Anonim, 1995).

- İstenildiği kadar ayarlı olup, gerektiği kadar yem verir.
- Düzenli ve sürekli yemleme olur.
- Balıklar istediği zaman istediği kadar yem alabilirler.
- Yem zayıtı önlenir.
- Alabalıklar hızlı ve iyi büyürler ve erken pazar ağırlığına ulaşırlar.

Balıklarda günlük yem tüketimi, yemin yapısına, suyun ısısına, balığın

ağırlığına göre değişiklik gösterir (su sıcaklığındaki bir düşüş, metabolizma olayları yoğunluğunun azalmasına neden olur. Alabalıklar için su sıcaklığının 18 C⁰ nin üzerine çıktığı durumlarda verilen yem miktarını azaltmak gerekir) (Anonim, 1995).

3.9. Balıkların Hasatı

Alabalıkların istenilen amaçlar doğrultusunda belirli boy ve ağırlıklara eriştikten sonra, kepçe veya başka iletim araçları ile havuz ve kafeslerden uzaklaştırılmasıdır (Emre ve Kürüm, 2007).

Hasattan iki gün önce yemleme durdurulmalıdır. Bu işlem balıkların sindirim kanallarını boşaltmaya imkân verir. Bu sayede balık işleme sırasında problemler azalır (Emre ve Kürüm, 2007).

Yavru ve balıkçık üretimi yapılan işletmeler, yani yavrudan yemeklik balık büyüklüğüne kadar tüm yetiştiriciliğin yapıldığı işletmelerden satın alınan 40–50 gr ağırlığındaki yavrular kafeslere yerleştirilir (Şekil 23). 3,5–4 ay sonra 200–250 gr ağırlığındaki balıklar hasat edilir ve pazara arz edilir (Çelikkale, 2002).



Şekil 23. Yavru balıkların geçici süre ile konaklatıldığı ve balıkların transfer amacıyla kullanıldığı kare kafeslerden bir görüntü

Hasat, kafeslerde manuel veya mekanik olmak üzere iki farklı şekilde uygulanabilir.

Manuel olan hasatlarda ağlar elle yukarı doğru çekilip alan daraltılır ve torba kısmen toplanarak, balıklar kepçeler yardımı ile toplanır. Mekanik olan-

larda ise geliştirilmiş hasat makinalarından yararlanılır. Hasat makinaları bir hava motoru, toplama işi için bir boru sistemi ve balıkları bir arada tutacak hazneden oluşur (Şekil 24) (Dikel, 2005).



Şekil 24. Balık pompası ile balıkların toplanması ve sevkiyat işleminin gerçekleştiği kafesten bir görüntü

3.10. Kafes Ağlarının Korunması ve Bakımı

Kafesleri iyi şartlarda muhafaza etmek; özellikle balık kayıplarının en aza indirgenmesi ve balık üretiminin optimum düzeyde tutulması için gereklidir (Atay, 1987).

Ağ dizaynı hataları, hava koşullarının zararları, kirlenme, yetersiz bakım ve gemi enkazları da ağ kafesler için ana problemlerdir. Değiştirilen ağların temizlenmesi ve yıkanmasında kolaylık sağlamak için çeşitli ağ yıkama makineleri imal edilmiştir (Şekil 25) (Emre ve Kürüm, 2007).



Şekil 25. Ağ yıkama makinasından bir görüntü

Kafeslerin bakımında yapılacak en önemli işlem biyolojik kirlenmelerin periyodik olarak temizlenmesidir. Temizleme işlemi yapılmazsa kapanan veya daralan göz açıklığı su sirkülasyonunu ve balığın gelişimini engeller. Kafes ağlarının birkaç günde, özel hazırlanmış fırçalarla temizlenmeleri oldukça yararlıdır. Bunun için kafesin bir kenarındaki ağ yukarı doğru çekilerek fırçalanır (Şekil 26). Böylece su sirkülasyonu sağlanarak kafese gerekli olan oksijen ihtiyacı temin edilmiş olur (Emre ve Kürüm, 2007).



Şekil 26. Kafes ağlarının değiştirilmesi

3.11. Kafes Yetiştiriciliğinde Çevre İzlenmesi

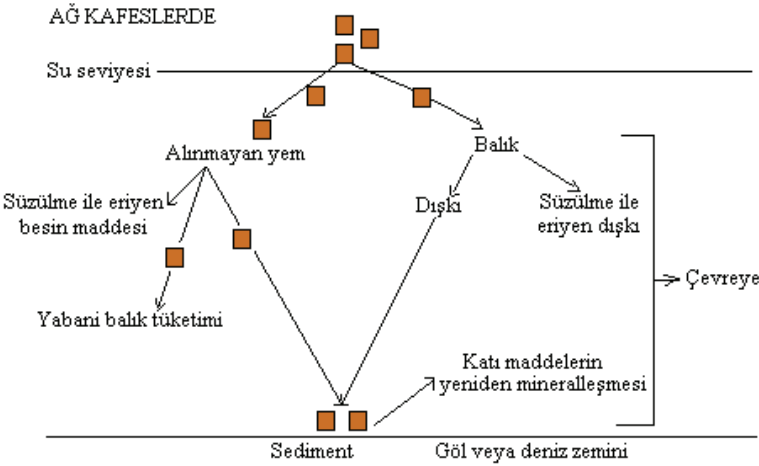
Sürdürülebilir yetiştiricilik faaliyetleri için su ortamının sürekli izlenmesi gereklidir. Bu çerçevede su kalitesi, askıda katı madde, bentik ortam ve hidrografik analizlere ait veriler sürekli olarak tespit edilir (Emre ve Kürüm, 2007).

Kafes sisteminde, balık mevcut çevre şartlarında gelişmesini tamamlayacaktır. Kafes sistemi kurulduğu mevcut su ekosisteminin bir alt ünitesi gibidir ve çevre şartlarındaki en küçük değişme kafes sistemini etkiler (Atay, 1987).

3.11.1. Yetiştiriciliğin Çevreye Etkisi

Yetiştirme faaliyetlerinde, besleme ve büyütmeye, balıklar tarafından alınmayan yem, dışkı, dışkı olmayan atıklar ve karbondioksit çevreye atılmaktadır (Emre ve Kürüm, 2007).

Balıklar tarafından tüketilen yem sindirildikten sonra çoğunluğu nitrojen kökenli olan besin tuzları halinde, solungaçlar, feçes (sindirilmeden atılan besin atıkları) ve üre yolu ile atılırlar. Feçes ve yenmeyen yemlerden kaynaklanan katı maddelerin çoğu tesis yakınındaki sedimente çökerler (Şekil 27). Bunlar balıklar için kötü su kalitesine neden olan sülfür bileşiklerini oluştururlar (Dikel, 2005).



Şekil 27. Yetiştiricilik ve çevre ilişkisi (Emre ve Kürüm, 2007)

3.11.1.1. Doğal Ortama Kaçan Balıkların Etkisi

Kültürü yapılan balık, bilerek veya bilmeden doğaya kaçabilir. Kaçan ba-

lıklar yaban ortamda yaşayabilir ve yerli türlerle rekabet ederler. Bu balığın beslenme alışkanlığı işgal edilen ekolojik niş ile sınırlıdır. Bu olayda kaçan türlerin yeni türlere döl vererek gen kaynaklarının bozulmasına yol açtığı bilinmektedir (Emre ve Kürüm, 2007).

3.11.1.2. Hastalık Tedavisinin Etkisi

Yetiştiriciliği yapılan türün aşırı stoklanarak stresli bir ortam yaratılması, hastalık ve parazit görülmesini kolaylaştırmaktadır. Hastalık şüphesi olan balıklar kafesten kaçtıklarında, doğal populasyonlar üzerinde tehdit oluştururlar (Atay ve Korkmaz, 2011).

Balık hastalıklarına karşı devamlı olarak kullanılan antibiyotikler, doğal ortamın mikro florasını, kafes diplerinde biriken sedimentlerdeki bakteriyel mineralizasyonunun ayrışma oranı ile değiştirir (Emre ve Kürüm, 2007).

3.11.1.3. Kimyasalların Etkisi

Uluslararası Deniz Araştırma Komitesi'nin yapmış olduğu bir araştırma, 400 civarında kimyasal maddenin balık yetiştiriciliğinde kullanıldığını göstermiştir. Entansif balık yetiştiriciliğinde kafeslere yaygın olarak kimyasal maddeler deniz ortamına üç kaynaktan ulaşırlar. Bunlar; Yem, alet ve ekipmanlar ile ilaç ve kimyasal maddelerdir (Atay ve Korkmaz, 2011).

Yemlerde katkı olarak kullanılan vitamin, hormon, mineral ve pigmentler, yetiştiriciliği yapılan balığın sağlığını muhafaza eder (Emre ve Kürüm, 2007).

4. AĞ KAFESLERDE BALIKÇIK YETİŞTİRİCİLİĞİ

Ağ kafeslerde parmak büyüklüğünde yavru yetiştiriciliği, pazarlık boyutuna gelen sofralık balık yetiştiriciliği kadar uygun değildir (Şekil 28). Bunun en büyük nedeni balıkçık yetiştirilecek kafeslerde ağ göze açıklığının küçük olma zorunluluğudur. Çünkü ağın göze genişlikleri küçüldükçe ağlar daha çabuk tıkanır ve böylece su değişimi engellenir (Dikel, 2005).



Şekil 28. Ağ kafeslerde balıkçık yetiştiriciliği

Ayrıca kafeslere stoklanacak yavru balıkların genellikle ön beslemesi yapılmış ortalama 1 gr ağırlıkta olmaları nedeniyle kafesten kaçmaları için 4mm göz açıklığında ağlar gereklidir (Dikel, 2005).

Belirtilen sorunlar dikkate alınarak ağ kafeslere stoklanacak yavruların en az 2 gr ağırlıkta ve ağ göz açıklığının 6mm olması daha uygundur. Ağ kafeslerde parmak büyüklüğünde yavru yetiştiriciliğinde stok yoğunluğu 300–500 adet/m³, yavru önerilmektedir. Bu tip yetiştiricilikte uygun su koşullarında yavru balıklar, 8- 10cm boy ya da 50 gr ağırlığa kadar büyütülebilirler (Dikel, 2005).

5. SÜRDÜRÜLEBİLİR KAFES YETİŞTİRİCİLİĞİ İÇİN DİKKAT EDİLECEK HUSUSLAR

1. Tesis veya kafes etrafındaki kiralık alan dahilinde aşağıdaki analizler periyodik olarak yapılmalıdır:

- a) Su kalitesi (sıcaklık, tuzluluk, oksijen, bulanıklık vb.)
- b) Bentik ortam (kafes altında, zeminde biriken katı maddelerin düzeyi vb.)
- c) Hidrografi (su akıntısı, dalgalanma)

2. Deniz veya göl dibinin dinlendirilmesi, yani eski haline gelmesi için iki yıl süre ile rotasyon uygulanarak kafes yerleri değiştirilmelidir.

3. Su gövdesinin taşıma ve su kalitesine göre tesis kapasitesi belirlenme-

li buna göre stok yoğunluğu saptanmalıdır.

4. Düzenli olarak ölü balıklar toplanıp kafeslerden uzaklaştırılmalıdır.
5. Kafes ağlarına tutulan organizmalar düzenli olarak temizlenmelidir.
6. Hastalık takibi için izleme yapılmalı ve düzenli kayıtlar tutulmalıdır. Teşhis yapıldığında tedaviye hemen başlanmalıdır.
7. Hastalık tedavisinde gelişmiş güzel antibiyotik ve kimyasal maddeler kullanılmamalıdır.
8. Tedavi edilen balıklar hemen hasat edilmemelidir. Kimyasalların hayvan vücudunda azalması veya insanlara etkisiz seviyelere düşmesi beklenmelidir.
9. Başka tesislerden alınan yavru balıklar, karantinada 15 gün kadar bekletildikten sonra tesise alınmalıdır.
10. Yetiştiriciliği yapılan alabalıkların doğal ortama kaçması engellenmelidir (Emre ve Kürüm, 2007).

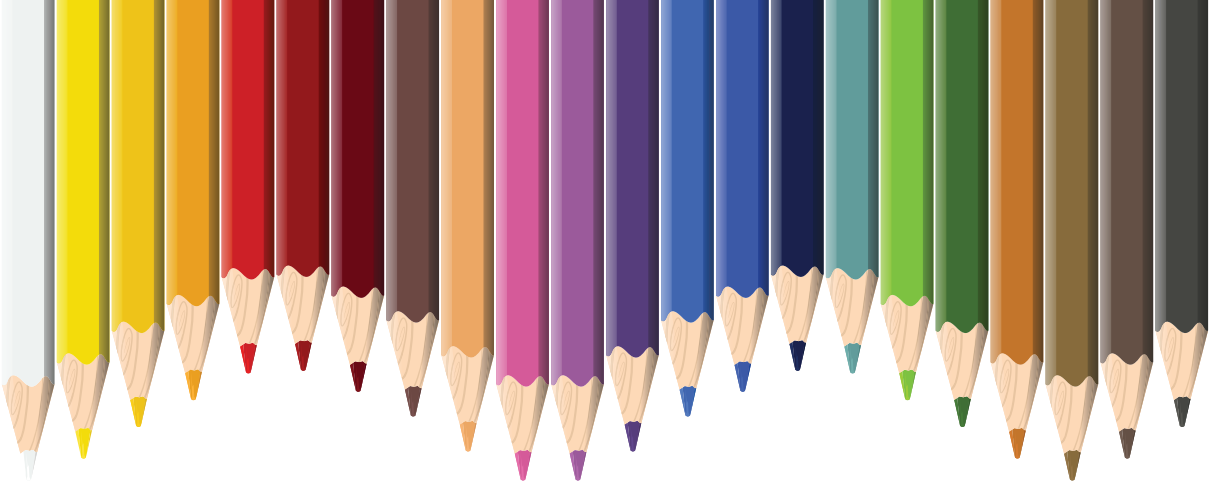
8. SONUÇ

Kafeslerde alabalık yetiştiriciliği, kafeslerin yetiştiricilikteki avantajları nedeniyle hızlı bir şekilde gelişme göstermektedir. Bazı ülkelerde yetiştirilen balıkların %50'sinden fazlası kafeslerde üretilmektedir. Ülkemizdeki su potansiyeli ve alabalık yetiştiriciliği potansiyeli dikkate alındığında, daha sonraki yıllarda kafeslerde alabalık yetiştiriciliği büyük bir sektör haline gelebilir.

Karadaki tesislerin yanı sıra, doğal göllerde ve baraj göllerindeki yüzer ağ kafeslerde su ürünleri yetiştiriciliğinin hızla yaygınlaşması için, gelişen teknoloji ve pazar isteği durumu göz önünde bulundurulup, daha önceki bilgilerden ve hatalı uygulamalardan sonuçlar çıkarılmalı, çeşitli önlemler alınmalıdır. Ayrıca kafes kullanım teknolojisinin gelişmesi ve uygulama alanının genişlemesi ile yetiştiricilikteki başarı olasılığı artacaktır.

7. KAYNAKLAR

- Alpbaz, A. (2005). Su Ürünleri Yetiştiriciliği (Genel Su Ürünleri Yetiştiriciliği, Yetiştirilen Su Canlıları ve Üretim Yöntemleri). Bornova/İzmir: Alp Yayınları.
- Anonim (1995). Ağ Kafeslerde Balık Yetiştiriciliği. T.C. Ziraat Bankası, Ankara, 21s.
- Atay, D. (1987). İç Su Balıkları ve Üretim Tekniği. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Atay, D. (2000). Alabalık ve Salmon Üretim Tekniği. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Atay, D. ve Bekcan, S. (2016). Deniz Balıkları ve Üretim Tekniği. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Atay, D. ve Korkmaz, A.Ş. (2011). Balık Üretim Tesisleri ve Planlaması. Ankara: Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları.
- Çelikkale, M.S. (2002). İç Su Balıkları ve Yetiştiriciliği. Trabzon: Karadeniz Teknik Üniversitesi Sürmene Deniz Bilimleri Fakültesi Yayınları.
- Dikel, S. (2005). Kafes Balıkçılığı. Adana: Çukurova Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- Emre, Y. ve Kürüm, V. (2007). Havuz ve Ağ Kafeslerde Alabalık Yetiştiriciliği Teknikleri. Ankara: Minpa Matbaacılık.
- FAO (2022). The State Of World Fisheries And Aquaculture. Food And Agriculture Organisation, Rome, İtalya.
- Hoşsucu, H. (1993). Mekanizasyon. Bornova/İzmir: Ege Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- Özdemir, N. (1994). Tatlı ve Tuzlu Sularda Alabalık Üretimi. Elazığ: Fırat Üniversitesi Yayınları.
- Özdemir, Y. (2012). İç Su Balıkları Yetiştiriciliği. Kafes Yetiştiriciliği Ders Notları. Fırat Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi.
- Tekelioğlu, N. (2005). İç Su Balıkları Yetiştiriciliği (Soğuk ve Sıcak İklim Balıkları). Adana: Adana Nobel Kitabevi.
- Timur, M. (2001). Yetiştiricilik Mekanizasyonu. İstanbul: İstanbul Üniversitesi Su Ürünleri Fakültesi Yayınları.
- T.C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, 2023. Elazığ Tarım İl Müdürlüğü, Proje Şube Müdürlüğü. Su Ürünleri Üretimini Geliştirme Projesi. Elazığ.
- TÜİK (2023). Su Ürünleri İstatistikleri Mikro Veri Seti 2022. Ankara: Türkiye İstatistik Kurumu Yayını
- URL 1 (2008). <http://www.abcakaloz.com/hdpekafes.html>



Bölüm 13

KURU TARIM SİSTEMİNDE BÖLGELERİN YAĞ BİTKİLERİ POTANSİYELİ

Yusuf ARSLAN¹

İlhan SUBAŞI²

1 Doç. Dr. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Bolu, Türkiye. yusuf.arслан@ibu.edu.tr, ORCID:0000-0001-8496-6037

2 Doç. Dr. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tohum Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, Bolu, Türkiye. ilhan.subasi@ibu.edu.tr, ORCID:0000-0001-7237-937X

Giriş

Küresel düzeyde giderek artan enerji ve gıda ihtiyacı, iç taleplerini karşılayacak kadar üretimi olmayan ülkeleri dışa bağımlı hale getirmiştir. Ülkeler enerji ihtiyaçlarını tükenen ve tükenmeyen enerji kaynaklarından karşılamaktadırlar. En büyük pay tükenen enerji kaynaklarına ait olsa da artan talep, çevre kirliliği ve buna bağlı olarak artan küresel ısınma gibi sebeplerden dolayı sürdürülebilir enerji kaynağı olarak adlandırılan solar sistemler, rüzgar, akarsular ve biyoyakıtlar son zamanlarda dikkat çekici bir şekilde gündeme gelmiştir. Dünyada yenilenebilir enerji kaynakları arasında en büyük paya sahip olan sektörlerden birisi de biyoenerji sektörüdür. Biyoenerji sektöründe ise biyodizel ve biyoetanol kullanımı yaygınlaşmaya başlamıştır. Bitkisel ve hayvansal yağlardan elde edilen biyodizel üretimi ezici bir çoğunlukla bitkisel kökenli yağlardan üretilmektedir. Bitkisel yağlar esas itibariyle gıda amaçlı üretilmekle birlikte atık yağlar ve bitkilerden elde edilen, yenilebilir olmayan yağlar, biyodizel üretiminde kullanılmaktadır.

Ham yağ, yağlı tohumlar ve yağlı tohum küspeleri uluslararası ticarete konu olan tarımsal ürünlerin başında yer almaktadır. Dünya ham yağ üretimine konu olan bitkilerin ağırlık sırası palm, soya, kolza ve ayçiçeği şeklindedir. Ancak, bu sıra ülkemizde ayçiçeği, kolza ve soya şeklindedir. İklim, topoğrafya ve ekonomik sebeplerden dolayı yeterli ekim alanı bulamayan bu bitkilerin yanısıra ülkemiz şartlarına uygun yeni yağ bitkilerinin araştırılması ve tarıma kazandırılması hayati derecede önem arz etmektedir. Bu konuda az sayıda araştırma enstitüsü ve üniversitede araştırma projeleri yürütülmektedir. Bu amaçla aspir, ketencik ve pelemir bitkileri üzerine çeşitli ıslah ve agronomi projeleri yapılmış ve yapılmaya devam etmektedir.

Ülkemizde yağlı tohumlu bitkilerin ekimini sınırlayan en önemli faktör yağış miktarı, yağış rejimi ve diğer bitkilerle ekonomik anlamda girilen rekabettir. Toprak özellikleri ve yükselti farklılıkları, ülkemizde tarımı yapılan yağlı tohumlu bitkiler için kısmen sınırlayıcı bir faktördür. Yeterli miktarda sulanan tarlamızın olmayışı ve sulanmayan tarlaların yeterli yağış almaması gibi nedenler yağlı tohumlu bitkilerin ihtiyacımızı karşılayacak düzeyde ekilmelerini engellemektedir. Bilinen son 60 yıldır ham yağ ve yağlı tohumlu küspesi açığımız artarak devam etmektedir. Ülke olarak ayçiçeği, kolza, soya gibi bitkilerin yanısıra ülkemiz gerçeklerine uygun yeni yağ bitkileri araştırmalarına ağırlık vermemiz gerekmektedir. Son zamanlarda yapılan araştırmalar ve ıslah çalışmaları neticesinde asperde, ketencikte, pelemirde ve siyah hardalda çeşitler geliştirilmiş olsada hali hazırda dar alanlarda üretimleri yapılmaktadır. Tarla alanlarının ezici bir çoğunluğu kuru tarım sisteminde olan ülkemiz için kuru tarım sistemine uygun bitki çeşitlerine özel bir önem verilmesi gıda güvenliğimiz açısından oldukça önemli bir meseledir.

Ülkemiz toplam tarım alanınının 38,089 milyon hektar olduğu bunun

16,062 milyon hektar alanının her yıl ekilebildiği ve 3,059 milyon hektarının ise nadas alanı olduğu bilinmektedir (TÜİK, 2022). Bu durumda her yıl ekilen alanın yaklaşık olarak 17,588 milyon hektar kadar olduğu görülmektedir. DSI'nin açıklamalarına göre ekonomik olarak sulanabilir arazisi ise 8,5 milyon hektardır. 2018 yılı kasım ayı sonu itibarıyla ülke genelinde sulamaya açılan arazilerimizin toplamının 65,9 milyon dekara ulaştığı ve ekonomik olarak sulanabilir araziler toplamının %77'sine tekabül ettiği bildirilmektedir (Şahin, 2019). Hedeflenen rakama ulaşıldığında, hali hazırda üretim açığımız olan yem bitkileri, pamuk, mısır, soya, ayçiçeği ve susam gibi bitkilerde kendi kendine yeterli hale gelebilir miyiz diye sorgulamaya kalktığımızda, tarımsal ürün açıklarımızı kapatabilmek ve diğer bazı ürünlerde ihtiyacımızı karşılamak için gerekli olan sulanabilir arazi miktarını güncel verim değerlerini dikkate alarak yaklaşık olarak, lif ihtiyacımızı karşılayabilmek için 9.300.000 da pamuk, yağ ve yağlı tohum küspesi açığımızı kapatabilmek için 10.000.000 da ayçiçeği + 5.810.000 da soya + Avrupa Birliğine kabul edilmemiz halinde 1,4 milyon ton biyodizel ihtiyacımızı karşılamak için 7.500.000 da kolza, tane mısır için 10.000.000 da, şekerpancarı için 3.000.000 da, patates için 1.490.000 da, yonca için 6.600.000 da, slajlık mısır için 5.300.000 da, çeltik için 1.200.000 da ve sebzeler için ise 7.790.000 da sulanabilir alana ihtiyaç duymaktayız. Bu durumda toplamda 72.180.000 da alana ihtiyaç duyduğumuz görülmektedir. Bu alanların tamamına mutlak sulanması gereken tarla bitkileri ve sebzeler ekildiği takdirde geriye kalan 100.000.000 da alanda kuru tarım sisteminde yetişebilecek buğday, arpa, tritikale, çavdar, yulaf, mercimek, nohut, korunga, fiğler, aspir vs. için ayrılacak demektir. Sadece buğday ve arpa ihtiyacımız için 100.000.000 da alana ihtiyacımızın olduğu düşünüldüğünde ise aslında ekilebilir tarım alanımızın ülkemize yetmediği görülmektedir. Bu durum, tarımsal ürün ithalatımızın kaçınılmaz olduğunu göstermektedir. Öyleyse, üretim planlaması yapılırken ülkemizin gerçekleri göz önüne alınarak stratejik ürünlere ve katma değeri yüksek ürünlere öncelik verilmelidir. Yağlı tohumlu bitkiler, katma değeri yüksek, yenilebilir ham yağ, yağlı tohum küspesi ve biyodizel üretimi için önemli bitkilerdir. Birçok sektörü doğrudan veya dolaylı olarak etkilemektedir. Yağlı tohum küspeleri, kesif yemlerin vazgeçilmez bileşenlerinden biri olması nedeniyle, kırmızı ve beyaz et, yumurta, süt ve süt ürünleri üretimini ve fiyatlarını doğrudan etkilemektedir. Bu ürünler, beslenmede öne çıkan temel besin maddeleridir. (Anonim, 2022; Anonim, 2023a; Anonim, 2021). Ülkemiz gerçeklerini dikkate aldığımızda hali hazırda sulanabilir arazilerde yağlı tohumlu bitkilerin yaygınlaşması, ekonomik sebeplerden dolayı çok mümkün gözükmemektedir. Bundan dolayı kuru tarım sistemine uygun majör veya minör bitkilerin yağınlaştırılması ülkemizin gıda ve enerji güvenliği açısından önem arz etmektedir.

Tek yıllık tarla bitkilerinin yayılış alanlarını etkileyen en önemli çevre faktörleri arasında bölgenin yağış ve sıcaklık değerleri de yer almaktadır.

Özellikle sonbaharda ekilmesi düşünülen tarla bitkilerinde soğuklanma ihtiyacı ve soğuğa tolerans durumu dikkate alınması gereken önemli bir faktördür. Kuru tarım sisteminde yağ bitkisi tavsiyesi yapılırken illerin toplam yağış miktarları, yağış rejimleri, toplam sıcaklık değerleri, en düşük sıcaklık değerleri özelliklerinin hepsi aynı anda dikkate alınmalıdır. Bu çalışmada, illere göre yağ bitkisi tavsiyeleri yapılırken iklim değerlerinin yanısıra çevresel faktörlere bağlı olarak ortaya çıkabilecek hastalıklar da dikkate alınmıştır.

Ülkemiz Kuru Tarım Sistemlerinde Yer Alabilecek Bitkiler

Ayçiçeği

Compositae (Asteraceae) familyasının bir üyesi olan ayçiçeği bitkisinin gen merkezinin Peru olduğu ancak, bitkinin dünyaya Meksika'nın kuzeyi ve kuzeybatı Amerika'dan yayılmış olabileceği bildirilmektedir. Ülkemize ise Balkanlardan gerçekleşen göçler esnasında getirilmiş olup 80-90 yıldan beri tarımı yapılmaktadır. 1980'li yıllardan sonra orabans'a dayanıklı hibrit çeşitlerin girmesiyle önemi daha da artmıştır. Ülkemiz 2020 yılı ayçiçeği tohumu ithalatı 1,14 milyon ton olarak gerçekleşmiştir. Ayçiçeği tohumu ithalatında öne çıkan ülkeler Rusya ve Bulgaristan'dır. 2020 yılı ilk 11 ayında ithalat 1,02 milyon ton iken 2021 yılının ilk 11 ayında %32 azalışla 696 bin ton olarak gerçekleşmiştir. Ülkemiz yağlık ayçiçeği ekiliş alanları 2015 yılında 5,6 milyon dekar iken 2020 yılında yaklaşık %17 artarak 6,5 milyon dekara yükselmiştir. Diğer yandan 2015 yılında 1,45 milyon ton olan yağlık ayçiçeği üretimi 2020 yılında 1,9 milyon tona, 2022 yılı yetiştirme döneminde ise 9.005.177 da alanda, 2.349.000 ton olarak gerçekleşmiştir.

Ülkemiz ayçiçeği üretiminin %68'ini Tekirdağ, Konya, Edirne, Kırklareli ve Adana illeri karşılamaktadır. Marmara Bölgesi ise toplam üretimin %53'ünü karşılamaktadır.

Ayçiçeğinin dikey yetiştirme sınırı deniz seviyesinden 2500 m yüksekliğe kadar çıkmaktadır. Ancak 1500 m den sonra yağ oranında azalma olmaktadır. Bitki, kurak koşullara fazla dayanıklı olmamakla beraber, diğer kültür bitkilerinin yetişemediği kurak koşullarda başarıyla yetişebilmektedir. Kuraklık stresi koşullarında dahi, ayçiçeği bitkisi fotosentezini devam ettirmekte ancak, tane verimi, su stresiyle ters orantılı olarak artmaktadır. Ayçiçeği bitkisi, büyük oranda vejetasyon dönemine dağılmış olmak şartıyla 500-600 mm'lik toplam yağışa gereksinim duyar. Bu şartı büyük oranda Karadeniz ve Marmara bölgeleri sağlamaktadır.

Kolza

Rapiska, rapitsa, kolza isimleriyle de bilinen kolzanın kökeninin Asya, Akdeniz ve Avrupa'nın doğu bölgeleri olduğu düşünülmektedir. Bu bölgelerde antik çağdan beri tarımının yapılageldiği bildirilmektedir. Türkiye'ye

Balkanlardan gelen göçmenlerle 1960 yıllarında getirilmiştir. Bitkinin yağında insan sağlığına zararlı erüsik asit, küspesinde de hayvan sağlığına zararlı glukosinolat bulunması nedeniyle 1979 yılında ekimi yasaklanmış ancak ıslahı çalışmaları sonucunda erüsik asit ve glukosinolat ihtiva etmeyen kolza genotipi elde edilmiş ve bu genotipin Kanada’da geliştirilmesinden dolayı, İngilizce “Canadian Oil Low Acid” (düşük asitli Kanada yağı) sözcüklerinden türemiş, “kanola” adı verilmiştir. Kanolanın, kışlık ve yazlık olmak üzere iki tipi mevcuttur. Kışlık olanlar, vernalizasyon ihtiyacı gösterirler ve rozet formunda kışa girmeleri şartıyla kar örtüsü altında -25 °C’ye kadar dayanabilmektedirler. Kar örtüsü olmaksızın ise -15 °C’ye kadar dayanabilmektedirler. Kışa rozet formunda girmeyen bitkiler sıfırın altındaki sıcaklıklardan dahi zarar görebilmektedirler. Yazlık genotiplerin soğuğa toleransları oldukça düşük olduğu için kışı ılıman geçen bölgelerde sonbaharda, sert geçen bölgelerde ilkbaharda ekilmeleri daha uygundur. Genel olarak serin iklim bitkisi olan kanolanın büyümesi için minimum sıcaklık derecesi 5 °C, optimum sıcaklık derecesi ise 20 °C’dir. Kanoladan ekonomik anlamda ürün alabilmek için, en az yarısı hızlı büyüme döneminde olmak üzere yıllık 500-600 mm’lik yağışa ihtiyaç vardır. Bitkideni iyi şartlarda 450-500 kg/da verim alınabilse de ortalama verim 250-350 kg arasındadır. Kanola, tohumu %38-50 yağ ve %16-24 protein içermektedir. Ülkemizde ağırlıklı olarak biyodizel ve yağlı tohum küspesi hammaddesi olarak kullanılmakla birlikte gıda sanayiinde, nötr özelliği nedeniyle kızartma ve konserve yağı olarak da kullanılmaktadır. Ülkemizde kanola üretimi, 2022 yetiştirme sezonunda, 37.602 hektar arazide, 140.000 ton olarak gerçekleşmiştir (TÜİK, 2022).

Aspir

Aspir (*Carthamus tinctorius*), Asteraceae (Compositae) familyasının bir üyesi olan *Carthamus L.* cinsine ait dünyada 25 tür içinde kültürü yapılan tek türdür. Aspir, diğer yağ bitkilerine kıyasla kurağa dayanımı daha yüksek olan bir kültür bitkisidir. Rozet döneminde -12 °C’ye dayanabildiği bildirilse de kışları çok sert geçmeyen bölgelerde sonbaharda seert geçen bölgelerde ise mutlaka ilkbaharda ekilmelidir. Yıllık yağış miktarı 300 mm’nin altında olan yerlerde ekonomik anlamda verim almak mümkün gözükmemektedir. Sulu tarım sistemlerinde daha yüksek getirisi olan tarla bitkileri olduğu için ekimi tavsiye edilmez. Kuru tarım sistemlerinde ise yıllık yağış miktarı bitkinin ekimini ve hangi sistemde ekilmesi gerektiğini belirleyen ana faktördür. Yıllık yağışı 400 mm’nin altında olan yerlerde ekim nöbetine girecekse kendisinden sonra bir dönem nadas uygulaması yapılarak girmelidir. 400-500 mm olan yerlerde ise üç yılda bir ekim nöbetine girmesi verim kayıplarını en aza indirecektir. 500 mm’nin üzerinde olan yerlerde mümkünse ayçiçeği veya kolza ekilmesi daha uygun olacaktır. Yaygın olarak kültürü yapılan aspir çeşitlerinin yağ oranı % 28 – 36 arasında değişmektedir. Küspesi, zengin protein içeriğiyle (% 22 – 24) nitelikli bir hayvan yemidir (Babaoğlu, 2005). Aspirin en fazla

üretimini yapıldığı ülke Çin'dir. Çin çoğunlukla taç yaprakları için yetiştiricilik yapmaktadır. Ancak taç yapraklarının toplanması tohum verimini etkileyen bir durum değildir. Türkiye'de aspir üretiminin yaygın olarak yapıldığı ülkeler arasındadır. Ülkemizde aspir üretimi, 2022 yetiştirme sezonunda, 262.375 da alanda, 262.344 ton olarak gerçekleşmiştir. Normalde 160 kg/da olan verim o yılda yaklaşık 100 kg/da olarak gerçekleşmiştir.

Pelemir

Pelemir (*Cephalaria syriaca*) bitkisinin dünyada özellikle 2 farklı bölgede yayılış gösterdiği ve ana dağıtım merkezlerinin Güney Afrika ve Akdeniz bölgesi, Balkan Yarımadası, Güney Ukrayna, Kafkasya, İran, Batı Çin ve Orta Doğu olduğu bildirilmektedir (Szabó, 1940). Pelemir bitkisi, soğuğa ve kuraklığa dayanıklı olup, bu bölgeler için alternatif bir yağ bitkisi olma özelliğine sahiptir. Bitkinin kar örtüsü olmaksızın -18 °C'ye kadar dayanabildiği rapor edilmiştir (Arslan & ark., 2014b). Bitki, en az yarısı hızlı büyüme döneminde olmak şartıyla yıllık yağışı 400 mm olan yerlerde maksimum verime çıkabilmektedir. Bu özelliği ve düşük sıcaklıklara olan dayanıklılığı, bitkiyi ayçiçeği ve kolzaya karşı üstün kılmaktadır. Ayrıca bitki kotiledon döneminde de sıfır altındaki düşük sıcaklıklara karşı toleranslıdır (Arslan & ark., 2014b). Yazıcıoğlu & ark.'nın 1978 yılında yağ bitkisi olarak dikkat çektiği bitki ilk olarak 2017 yılında Türkiye'de kültüre alınmış ve yağlı tohumlu tarla bitkisi olarak resmi kayıtlara geçmiştir. Tohum verimi 463 kg da⁻¹ kadar çıkabilen, tohumlarındaki sabit yağ oranı %21-26, protein oranı ise %14-20 arasında değişiklik gösteren, soğuğa dayanıklılığı kışlık buğdaydan daha yüksek olan bitki, yaygın bir ekim alanına ulaşabilecek bir potansiyele sahiptir (Çağlar, 1968; Baytop, 1999; Arslan & ark., 2012; Arslan & ark., 2014a; Sezgin ve ark., 2014; Kavak & Baştürk, 2020). Pelemir bitkisinin ülkemiz için alternatif yağ bitkisi olma potansiyeli çok yüksektir. TÜBİTAK 1001/120R015 nolu proje kapsamında yapılan arazi çalışmaları, sertifikalı tohumluk kullanımının yaygınlaşması, yoğun yabancı ot ilacı kullanımı ve yapılaşma çalışmaları nedeniyle bitkinin Türkiye doğal florasından büyük oran da kaybolmuş olduğu görülmüştür.

Ketencik

Ketencik bitkisi (*Camelina sativa* L. Crantz), Brassicaceae familyasına ait bir bitkidir. Ketencik yetiştiriciliği Orta Avrupa'da milattan önce 4000 yılına kadar uzanmaktadır. Türkiye'nin doğusunda ise M.Ö. 900-700 yıllarında ekildiğine yönelik bulgular mevcuttur. Kışa dayanıklılığı ve soluğa toleransı yüksektir. Diğer yağlı tohumlar ile karşılaştırıldığında daha az su, gübre ve pestisit gerektiren, düşük maliyetlerle yetiştirilebilen çevre dostu bir bitki olarak son yıllarda öne çıkmıştır (Piravi-vanak & ark., 2022). Küresel ısınma öngörülleri, bize gelecekte daha sıcak ve kurak iklim koşullarının beklediğini söylemektedir. Kuzey Amerika'da, Avrupa'da ve Türkiye'de biyodizel hammaddesi için

yetiştirilmeye başlanmış ve üzerinde çalışmalar yapılan bir yağlı tohum bitkisidir. Ketencik, sıcağa ve kurağa dayanıklı bir yağ bitkisi olarak öne çıkmaktadır. Erken olgunlaşma göstermesi sebebiyle yaz sıcaklarından ve kurağından etkilenmemektedir. Tohumları 2 °C’de dahi çimlenebilmektedir. Bitki rozet dönemine girmeden önce sıfırın altındaki düşük sıcaklıklara karşı toleranslı olabilmektedir. Bu durum, bitkinin kasım ayında bile çıkış yapmasını ve gelişimini devam etmesini sağlamakta ve kolzada olduğu gibi çıkış sulamasına ihtiyaç olmamaktadır. İç Anadolu Bölgesi şartlarında çeşitli illerde yapılan birçok çalışma sulama imkanı olmayan arazilerde ketenciğin sonbaharda çıkış suyu vermeden ekilebileceğini göstermiştir (Katar & ark., 2012a, 2012b, 2012c; Arslan & ark., 2014a; Köse & ark., 2018; Subaşı & ark., 2022 ve Arslan & ark., 2022). Kışa rozet formunda girdiği sürece kar örtüsü olmaksızın -15 °C’ye kadar tolerans gösterebilmektedir. Ayrıca, bitki soğuktan zarar görse dahi ilkbaharda kök boğazından tekrar sürgün vererek zararı telafi edebilmektedir. Ketencik, yıllık yağışı 200 mm olan yerlerde 100 kg/da civarında bir ürün verebilmekle birlikte artan her birim yağış verimi doğrudan etkilemektedir. Mayıs ayı sonuna kadar yağış alan ve yıllık yağışı 350-400 mm olan yerlerde verim 150-300 kg/da civarında olabilmektedir. Tohum yağı içeriği %36-47 gibi yüksek yağ oranına sahip olan ketencik, yüksek doymamış yağ asidi bileşimi (>%90) nedeniyle gıda ve yem katkısı bakımından potansiyel öneme sahiptir. Özellikle %30 üzerindeki protein oranı küspesini önemli bir yem kaynağı yapmaktadır. (Vollmann & Eynck, 2015). Ketencik bitkisi Çin ve Türkiye için iyi bir alternatif ham yağ ve yağlı tohum küspesi kaynağı olabilecek bir bitkidir.

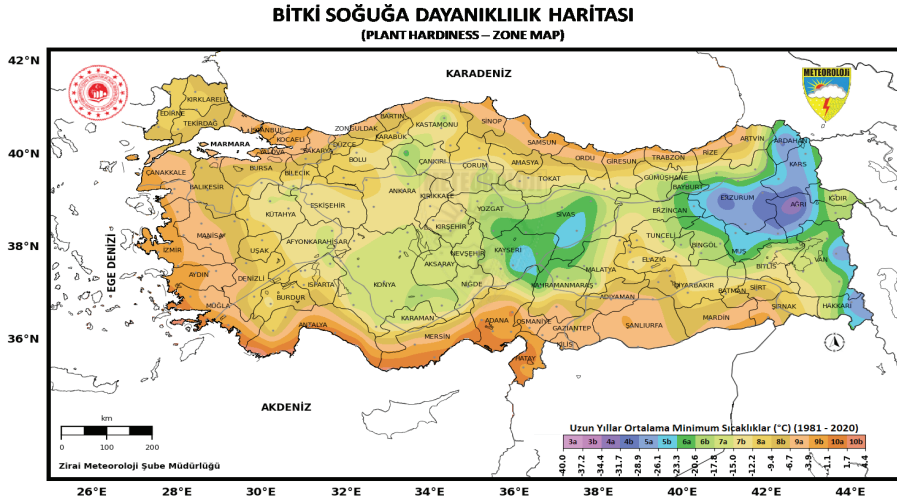
Ülkemizin İklim Zonları Ve Yağış Durumu

Ülkemize ait uzun yıllar sıcaklık ve yağış değerleri dikkate alınarak oluşturulmuş haritalar Şekil 1 ve Şekil 2’de verilmiştir.



Şekil 1. Türkiye yağış dağılışı (www.mgm.gov.tr)

Ülkemizin uzun yıllar yağış haritası incelendiğinde, ağırlıklı olarak kıyı bölgelerimizin bol yağış aldığı ancak iç bölgelerimizin yeterince yağış almadığı görülmektedir. Kıyı bölgelerimizin yıllık yağış miktarı fazla gözükse de Karadeniz Bölgesi haricindeki bölgelere yağışlar ağırlıklı olarak kış ve ilkbaharda düşmektedir. İç bölgelerdeki yağışların büyük bir kısmı ise kış sezonunda düşmekte, ilkbahar yağışları sınırlı kalmakta yaz aylarında ise yok denecek kadar yağış düşmektedir. Bu durum özellikle ilkbaharda ekilen yağ bitkilerinin sulama yapmadan yetiştirilmesini imkansız hale getirmektedir. Yine aynı bölgelerde sonbahar yağışları da oldukça geç gelmekte kolza gibi kışa rozet formunda girmesi gereken bitkilerin ekiliş alanını sınırlamaktadır. Konya gibi sonbaharda kolza ekilen illerde, ekimden sonra mutlaka çıkış sulaması yapılması gerekmekte ve bu durum sulama imkanı olmayan ve Eylül-Ekim ayında yeterli yağış almayan alanlara kolza ekimini imkansız hale getirmektedir.



Şekil 2. Türkiye'de en düşük sıcaklık haritası (www.mgm.gov.tr)

Ülkemizin coğrafî konumu ve yapısı nedeniyle çok farklı iklim bölgesi oluşabilmektedir. Farklı iklim bölgeleri doğal olarak o bölgelerin doğal bitki örtüsünü, tarımsal bitki çeşitliliğini ve üretim sistemlerini etkilemektedir. Örneğin, yıl boyu serin bir iklime sahip olması nedeniyle soğutma giderleri az olduğu için Bolu ilinde tavukculuk yatırımları fazla olurken; ısıtma giderleri az olduğu için Akdeniz kıyı şeridinde ve termal alanlarda seracılık yatırımları daha fazla olmuştur. Kışları ılıman geçen Ege, Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu Bölgelerinde yılda iki ürün alınabilirken diğer bölgelerde tek ürün alınabilmektedir. Ayrıca, bitkilerin soğuğa toleransları onların sonbaharda mı, ilkbaharda mı ekileceğini belirleyebilmektedir. Yıllık toplam sıcaklığı, gün uzunluğu, yıllık yağış toplamı ve rejimi o bölgede hangi bitkilerin yetişebile-

ceğini belirleyebilmektedir. Tüm bu ve buna benzer çevresel faktörleri dikkate aldığımızda ülkemizde yedi farklı iklim bölgesinin oluştuğunu görüyoruz ancak daha detaylı incelediğimizde, bir ilin ilçeleri arasında bile farklı iklim yapılarının olduğunu görmekteyiz. Konuyu tarımsal açıdan ele aldığımızda, çevrenin etkisiyle, ilçenin köyleri arasında bile tarımsal üretim farklılıklarının olduğunu görmekteyiz. Hatta aynı köyün arazisi içinde mevkiden mevkiye bile üretim sistemleri değişiklik gösterebilmektedir.

Bu çalışma kapsamında, hiç sulama yapmadan yağ bitkilerinin yetiştirilebileceği yerler, yıllık yağış miktarı ve rejimi, vejetasyon süresi, toplam sıcaklık istekleri, sonbaharda ekilecek bitkiler için soğuğa tolerans durumları, eylül ve ekim ayındaki yağış miktarı ve sıcaklık durumu dikkate alınarak belirlenmiştir. Ayrıca, çevre şartlarının etkisiyle artacak olan mantari hastalık faktörü de dikkate alınmış ve özellikle aspir ve pelemir bitkilerinde aşırı verim ve kalite kayıplarına neden olan fungal hastalıklar nedeniyle, diğer çevre şartları uygun olsa bile, fungusit ilaçlaması yapılmadan ekonomik anlamda ürün elde etmenin mümkün olmadığı illerde bu bitkilerle ilgili üretim tavsiyesi yapılmamıştır.

Seçilen Yağ Bitkilerinin Kuru Tarım Sisteminde Ekim Nöbetine Girebileceği İller

Seçilen yağ bitkilerinin bitkinin iklim özellikleri göz önüne alınarak belirlenen illere ait harita aşağıda sunulmuştur (Şekil 3).

Haritayı incelediğimizde, ketencik bitkisinin su tüketiminin az olması, toprağı fazla yormaması ve soğuğa toleransının olması nedeniyle ülkemizin iç kısımlarında yıllık yağışı miktarı 400 mm ve üzeri olan yerlerde ekim nöbetine girebilmektedir. Kışları çok sert geçmeyen iller haricinde ülkemizin hemen her yerinde sonbahar ekimi yapılarak yetiştirilebilecek bir bitkidir. Çimlenme sıcaklığı oldukça düşük (2°C) olduğu için sonbahar geç ekimlerinde bile rahatlıkla çimlenebilmekte ve gelişmeye devam edebilmektedir. Bu özelliği ile kolzadan farklıdır. İlk çıkış yaptığı döneminde sıfırın altındaki yüksek sıcaklıklardan ($-3/-4^{\circ}\text{C}$) fazla etkilenmez. Bu durum onu sonbahar erken donlarından korumaktadır. Şartları sağlayan iller; Adana, Adıyaman, Afyon, Amasya, Ankara, Antalya, Aydın, Balıkesir, Bartın, Batman, Bilecik, Bingöl, Bitlis, Bolu, Burdur, Bursa, Çanakkale, Çankırı, Çorum, Denizli, Diyarbakır, Düzce, Edirne, Elazığ, Erzincan, Eskişehir, Gaziantep, Giresun, Gümüşhane, Hakkari, Hatay, Isparta, İstanbul, İzmir, K. Maraş, Karabük, Karaman, Kastamonu, Kırıkkale, Kırklareli, Kırşehir, Kilis, Kocaeli, Konya, Kütahya, Malatya, Manisa, Mardin, Mersin, Muğla, Nevşehir, Niğde, Osmaniye, Sakarya, Samsun, Siirt, Sinop, Şanlıurfa, Şırnak, Tekirdağ, Tokat, Uşak, Yalova, Yozgat ve Zonguldak illeridir. En fazla ekim alanı bulan ketencığın önerildiği il sayısı 65'tir. Bu illerin toplam sulanmayan arazi miktarı yaklaşık 9.000.000 dekadır. Bu alanlarda iki yılda bir ketencik ekimi yapıldığında yıllık yaklaşık

olarak 900.000 ton ürün, bu üründen 300.000 ton yağ ve 600.000 ton yağlı tohum küspesi almak mümkündür. Üç yılda bir ekim yapıldığında ise 600.000 ton ürün, 200.000 ton yağ ve 400.000 ton yağlı tohum küspesi almak mümkün olacaktır. Normal yıllara göre kurak geçen yıllarda verim değerlerine bağlı olarak bu rakamlar diğer tarla bitkilerinde olduğu gibi farklılık gösterecektir.

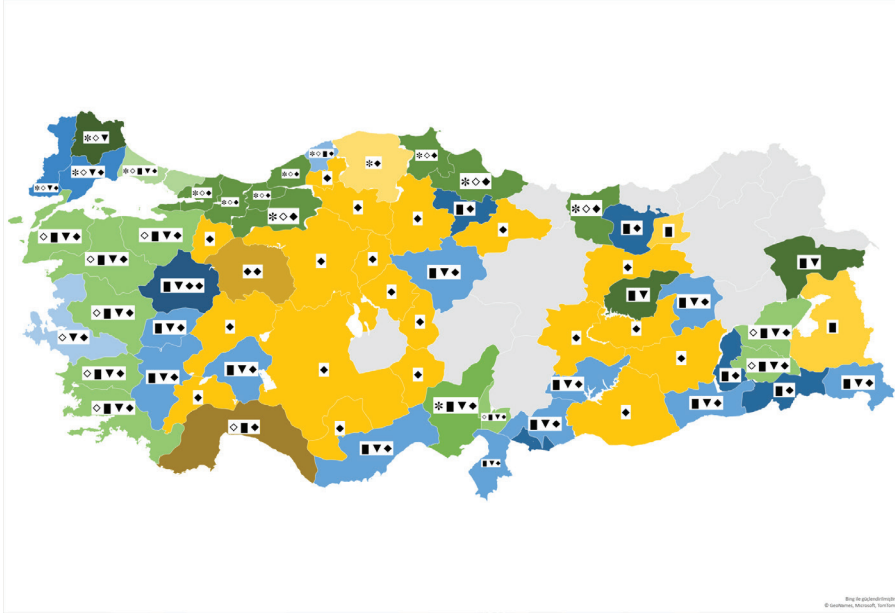
Pelemir bitkisinin ekim alanını sınırlayan en önemli faktör fungal hastalıktır. Karadeniz kıyı şerdi ve iç kısımları gibi memli ve ılıman iklime sahip, güneşli gün sayısı az olan yerlerde özellikle yaprak leke hastalığının yoğun bir şekilde epidemi oluşturduğu görülmüştür. Böyle alanlarda verim ve kalite oldukça düşmektedir. Bitkinin sulanmayan alanlarda doğrudan ekim nöbetine girebilmesi için yıllık toplam yağışın 500 mm ve üzeri olması gerekir. Bu durumda, kendisinden sonra gelen ürünün yağıştan kaynaklı verim kaybına uğramasına yol açmayacaktır. Şartları sağlayan iller; Adana, Adıyaman, Ağrı, Amasya, Antalya, Aydın, Balıkesir, Bingöl, Bitlis, Bursa, Çanakkale, Denizli, Gaziantep, Gümüşhane, Hakkari, Hatay, Isparta, Mersin, İstanbul, İzmir, Kütahya, Manisa, K.Maraş, Mardin, Muğla, Muş, Siirt, Tunceli, Uşak, Van, Yozgat, Bayburt, Batman, Şırnak, Bartın, Kilis ve Osmaniye'dir.

Aspir bitkisinin vejetasyon süresi çok uzun olduğu için uzun süre topraktan su çeker. Kök uzunluğu 1,5-2 metreye kadar uzandığı gibi topraktaki suyun yüzdesi %5'e düşene kadar suyu kullanabilmektedir. Bundan dolayı bol yağış alan sulanmayan arazilerde ekim nöbetine girmelidir. Aksi takdirde kendisinden sonra gelen ürünün verimini olumsuz yönde etkiler. Yıllık yağışı 500 mm ve üzeri olan yerlerde ekim nöbetine sokulmalıdır.

Kışlık kolza çeşitleri kışa rozet formunda girdikleri takdirde kar örtüsü olmadan -15°C'ye kadar dayanabilmektedir. Bu da, kışları çok sert geçmeyen illerimizde yetiştirilebileceğini göstermektedir. Kışa rozet formunda girmesini sağlamanın iki yolu vardır. Ekim yapılacak alanın, ya Eylül ayı son haftasından başlayan ve Ekim ayında aralıklı ve yeterli miktarda yağış alması gerekir ya da ekimden sonra sulama yapılması gerekir. Sulanmayan alanlarda kolzanın ekim nöbetine girebileceği alanlar belirlenirken hem Eylül-Ekim ayı yağışları hem de en düşük sıcaklık değerleri dikkate alınmıştır. Şartları sağlayan iller; Antalya, Aydın, Balıkesir, Bitlis, Bolu, Bursa, Çanakkale, Edirne, Giresun, İstanbul, İzmir, Kırklareli, Kocaeli, Manisa, K.Maraş, Muğla, Muş, Sakarya, Samsun, Siirt, Sinop, Tekirdağ, Zonguldak, Bartın, Yalova, Osmaniye ve Düzce'dir.

Ayçiçeği bitkisinin soğuğa toleransı oldukça düşüktür ve sıfır altındaki sıcaklıklardan zarar görmektedir. Ülkemizin tüm bölgelerinde ilkbaharda ekilmek zorundadır ve vejetasyon süresi de uzundur. Sulanmayan alanlarda ayçiçeği ekimi tavsiyesi yapılırken ilkbahar ve yaz aylarında yeterli düzeyde yağış alan alanlar seçilmiştir. Şartları sağlayan iller; Bartın, Bolu, Düzce, Edirne, Giresun, Kastamonu, Kırklareli, Kocaeli, Sakarya, Samsun, Sinop, Tekirdağ,

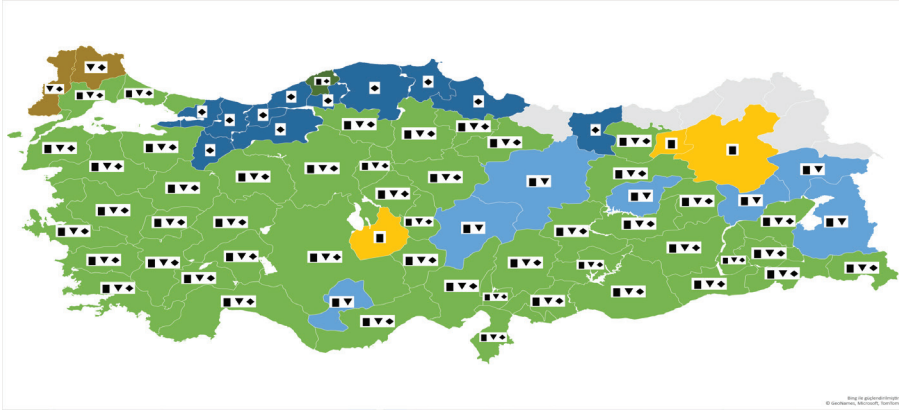
Yalova, Zonguldak ve İstanbul'dur. İl sayısı diğer bitkilere kıyasla daha azdır. İllere dikkat ettiğimizde genel olarak Marmara ve Karadeniz bölgesinde olduklarını görmekteyiz.



Ayçiçeği: *, Aspirin: ▼, Peleminir: ■, Ketencik: ◆, Kolza: ◇

Şekil 3. Seçilen yağ bitkilerinin sulanmayan alanlarda ekim nöbetine girebileceği iller

Ülkemizin 10.253.0571 da'lık sulanmayan ama her yıl üretim yapılan tarla arazisinde, alternatif yağ bitkileri ekim nöbetine girebilmektedir (Şekil 3). İlgili harita incelendiğinde (Şekil 3) ayçiçeği, soya ve kolza bitkilerinin su ihtiyacı göstermelerinden dolayı giremediği bazı illerimize peleminir, ketencik ve aspirin girdiğini görmekteyiz. Bu üç bitki de, yıllık yağışın ön bitkiye yeterli geldiği 500 mm ve üzeri yağış alan yerlerde hiçbir şekilde sulama ihtiyacı göstermeden tatmin edici veya maksimum verim değerlerine ulaşabilmektedir. Bu bitkiler yıllık yağışın 500 mm ve üzeri olan yerlerde abiyotik çevre faktörlerinin baskısı altında kalmadıkları sürece ortalama 200 kg/da verim değerine ulaşabilecek potansiyele sahiptir. Bu arazilerde alternatif yağ bitkileri ekim nöbetinde iki yılda bir ekildiklerinde yıllık yaklaşık 1.000.000 ton ürün, üç yılda bir ekildiklerinde ise 600.000 ton yağlı tohum almak mümkündür. Bitkilerin yağ oranları ketencik minimum %35, aspirin minimum %30 ve peleminir minimum %20 yağ oranına sahiptir. En düşük yağ oranından tahminde bulunacak olursak yıllık 200.000 ton ham yağ ve 800.000 ton yağlı tohum küspesi veya 120.000 ton ham yağ, 480.000 ton yağlı tohum küspesi üretimi yapılabilir.



Aspir: ▼, Pelemir: ■, Ketencik: ◆

Şekil 4. Seçilen yağ bitkilerinin nadas sisteminde ekim nöbetine girebileceği iller

Nadas alanlarında alternatif yağ bitkilerinin üretim modelini Ön Bitki → Yağ Bitkisi → Nadas şeklinde önerilmektedir. Nadas alanlarında yıllık yağış miktarı genellikle ön bitkinin ihtiyacını karşılayacak miktarda olmadığı için iki yıllık su birikimi sağlanmaktadır. Alternatif yağ bitkilerinden özellikle ketencik ve pelemirin yıllık yağış ihtiyacı hem çok fazla değildir hem de sonbaharda ekildikleri için kış ve ilkbahar yağışlarından yüksek oranda faydalanabilmektedirler. Ketencik tarlayı bölgedeki buğday ekininden 15 ila 20 gün önce, pelemir ise buğdayla aynı tarihlerde terk etmektedir. Her ikisi de buğday biçerdöveriyle hasat edilebildiği için de bölgeye gelen biçerdöverle bu bitkiler de hasat edilebilmektedir. Bitkiler, yıllık yağışın 300 ila 400 mm olduğu yerlerde tatmin edici düzeyde verim değerlerine ulaşabilmektedirler. İllerin uzun yıllar yağış ortalamaları incelendiğinde Iğdır ili hariç yıllık yağışı 300 mm'nin altında olan ilimiz yoktur (Anonim, 2023b). Aspir ise ilkbaharda ekildiği için daha çok ilkbahar ve yaz aylarında düşen yağışlara bağımlı olmaktadır. Ayrıca aspir bitkisinin su tüketimi pelemir ve ketencik bitkisine kıyasla daha fazladır. Vejetasyon süresi daha uzundur. Mecbur kalınmadıkça aspir yerine pelemir veya ketencik tercih edilmelidir.

Nadas üretim sisteminde, toplam 36.115.478 da arazi alternatif yağ bitkisi yetiştirilecek durumdadır (Şekil 4). Bu alanlarda seçilen yağ bitkileri nadaslı ekim nöbetine girdiği takdirde yıllık yaklaşık 12 milyon dekar arazide yağ bitkisi yetiştirilebilecektir. Dekara verimleri ortalama 100 kg kabul edilirse bu alanlardan yıllık 1.200.000 ton yağlı tohum elde edilebilecektir. Bitkilerin yağ oranları ketencik minimum %35, aspir minimum %30 ve pelemir minimum %20 yağ oranına sahiptir. En düşük yağ oranından tahminde bulunacak olursak yıllık 240.000 ton ham yağ ve 960.000 ton yağlı tohum küspesi üretimi yapılacak demektir.

Her iki üretim şeklini birlikte değerlendirdiğimizde yıllık 560.000 ton ham yağ ve 2.240.000 ton yağlı tohum küspesi veya 440.000 ton ham yağ ve 1.760.000 ton yağlı tohum küspesi üretilebileceği görülmektedir.

Sonuç ve Öneriler

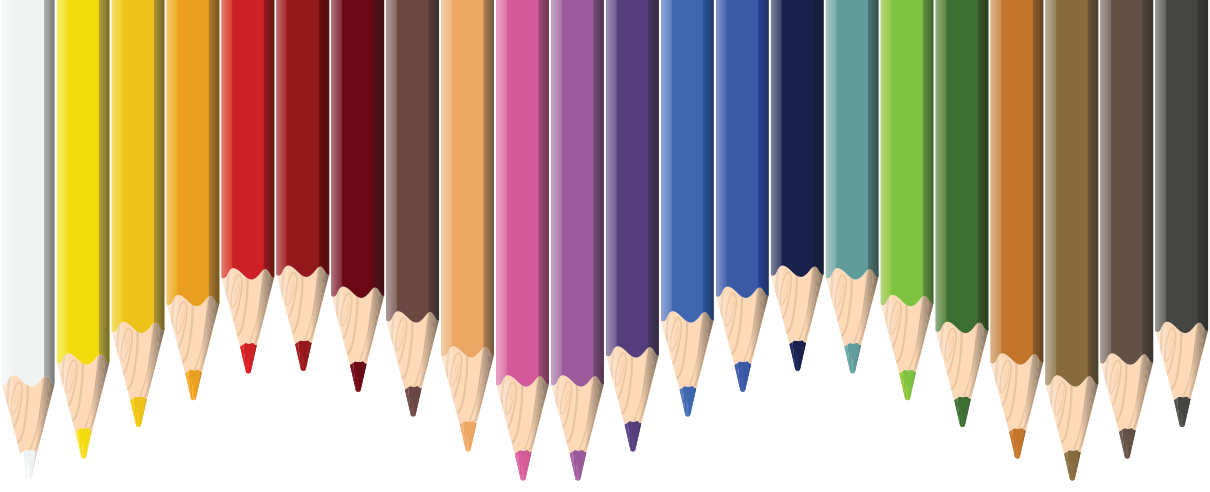
Ülkemizin artan nüfusuna karşılık ekilebilen arazilerinde kayıplar yaşanmaktadır. 1988 yılında toplam tarla alanı 24,8 milyon hektar iken 2021 yılında bu alan 19,9 milyon hektara gerilemiştir. Son 35 yıl içerisinde 2,3 milyon hektar arazi tarla bitkileri üretimi dışında kalmıştır. Bu miktarın yaklaşık olarak 70 bin hektarı bahçe bitkileri üretimine kaymış ama geri kalan kısmı tamamen tarımsal faaliyetlerden uzaklaştırılmıştır. Ülkemizin yağış miktarı genel olarak yeterli değildir. Tarım arazilerimiz alan olarak yeterli olmadığı gibi organik maddece fakir ve büyük bir kısmı da kireçlidir. Buna rağmen alanda çalışan teknik elemanlarımızın ve çiftçilerimizin yoğun gayreti sayesinde bir çok tarım ürününde dekara verimde dünya ortalamasının üzerinde verim değerlerine ulaşılmaktadır. Yağ bitkileri özelinde konuşmak gerekirse, yapılan ıslah çalışmaları ve agronomik çalışmalar birçok tarla bitkisinde olduğu gibi dekara tohum verimini artırmış ancak, ham yağ ve yağlı tohum küspesi açığımız günümüze kadar artarak gelmiştir. Konuyla ilgili yeni yaklaşımlar benimsenmediği takdirde artmaya da devam edecek gibi görünmektedir. Çevresel ve ekonomik sebeplerden dolayı, açığın kapatılması mevcut yağ bitkileriyle (Ayçiçeği, kolza ve soya) olası gözükmemektedir. Bu çalışma kapsamındaki öneriler uygulamaya geçirilse dahi açığın kapanması mümkün olmayacaktır. Ancak, gerek ham yağ açığımız gerekse de yağlı tohum küspesi açığımız yaklaşık ciddi oranda azalacaktır. Yağlı tohumlular sadece ham yağ kaynağı değildir. Aynı zamanda hayvancılığın en önemli ve pahalı bir girdisi olan kesif yemlerin bir bileşeni olan yağlı tohumlu küspesinin de kaynağıdır. Karar vericilerin, yağlı tohumlu bitkilerin üretimine yönelik desteklemeleri, gıda amaçlı veya biyodizel hammaddesi ayırımı yapmaksızın tüm yağlı tohumlu bitkileri kapsayacak şekilde düzenlemeleri gerekmektedir. Kolza, ketencik, pelemir veya siyah hardal gibi biyodizel amaçlı üretilen bitkilerin tohumlarından yağ alındıktan sonra en az %60'ından proteince zengin küspe elde edilmektedir. Yağlı tohum küspeleri kesif yemlerin vazgeçilmez bileşenlerinden biridir ve kırmızı et, beyaz et, yumurta, süt ve süt ürünlerinin üretimi kesif yemle yapılmaktadır. Kesif yem üretimi bu nedenlerden dolayı ülkemiz için oldukça stratejiktir.

Kaynaklar

1. Anonim, 2021. Şeker Sektör Raporu, 2021. (https://www.turkseker.gov.tr/data/dokumanlar/2021_Sektor_Raporu.pdf).
2. Anonim, 2023a. Ürün Masaları Ocak Ayı Bülteni. (<https://www.tarimorman.gov.tr/BUGEM/Duyuru/125/Urun-Masalari-Ocak-Ayi-Bultenleri-Yayimlandi>).
3. Anonim, 2023b. <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=H&m=KIRKLARELI>
4. Arslan, Y., Subaşı, İ., Katar, D., Kodaş, R., & Keyvanoğlu, H. (2014a). Farklı azot ve fosfor dozlarının ketencik bitkisi (*Camelina sativa* (L.) Crantz)'nin bazı bitkisel özellikleri üzerine olan etkisinin belirlenmesi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(3), 231-239.
5. Arslan, Y., Subaşı, İ., Kodaş, R., & Katar, D. (2014b). Farklı azot ve fosfor seviyelerinin kuru şartlarda yetiştirilen pelemir (*Cephalaria syriaca* L.) bitkisinin verim ve verim özellikleri üzerine etkisi. *Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 33-41.
6. Arslan, Y., Subaşı, İ., Hatipoğlu, H., Abrak, S., & İşler, B. (2022). Study on correlation of agromorphologic properties in some camelina (*Camelina sativa* (L.) CRANTZ.) genotypes. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences*, 32(4), 835-842.
7. BÜGEM, 2022. Ürün masaları
8. Katar, D., Arslan, Y., & Subaşı, İ. (2012a). Ankara ekolojik koşullarında farklı ekim zamanlarının ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz) bitkisinin yağ oranı ve bileşimi üzerine olan etkisinin belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(3), 84-90.
9. Katar, D., Arslan, Y., & Subaşı, İ. (2012b). Genotypic variations on yield, yield components and oil quality in some Camelina (*Camelina sativa* (L.) Crantz) genotypes. *Turkish Journal of Field Crops*, 17(2), 105-110.
10. Katar, D., Arslan, Y., & Subaşı, İ. (2012c). Kışlık farklı ekim zamanlarının ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz) bitkisinin verim ve verim öğelerine etkisi. *GOÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 29(1), 105-112.
11. Köse, A., Bilir, Ö., Katar, D., & Arslan, Y. (2018). Bazı ketencik (*Camelina sativa* (L.) Crantz) genotiplerinin agronomik özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(1), 101-111.
12. Subaşı, İ., Arslan, Y., Eryiğit, T., Çiftçi, V., & Çamlıca, M. (2022). Determination of some seed characteristics of false flax (*Camelina sativa* L. Crantz) genotypes grown under semi-temperate conditions. *The Philippine Agricultural Scientist*, 105(4), 341-348.
13. Szabó, Z. (1940). *Cephalaria-genusz monografiaja*. Budapest, Hungary: Kiadja A Magyar Tudományos Akademia Press (in Hungarian)
14. ŞAHİN, A. U., 2019. Hedefimiz sulanabilir tarım alanlarının tamamını suy-

la buluşturmak. Türk Tarım ve Orman Dergisi. (<http://www.turktarim.gov.tr/Haber/251/hedefimiz-sulanabilir-tarim-alanlarinin-tamamini-suyla-bulusturmak>).

15. Piravi-vanak, Z., Azadmard-Damirchi, S., Kahrizi, D., Mooraki, N., Ercisli, S., Savage, G. P., & Martinez, F. (2022). Physicochemical properties of oil extracted from camelina (*Camelina sativa*) seeds as a new source of vegetable oil in different regions of Iran. *Journal of Molecular Liquids*, 345, 117043.
16. TÜİK, 2022. TÜİK Tarımsal İstatistikler.
17. Vollmann, J., & Eynck, C. (2015). Camelina as a sustainable oilseed crop: Contributions of plant breeding and genetic engineering. *Biotechnology Journal*, 10(4), 525-535.



Bölüm 14

FONKSİYONEL BİR GIDA OLARAK KARABUĞDAY (*Fagopyrum esculentum*)

*Birol TAŞ*¹

¹ Prof. Dr. Birol TAŞ, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, ORCID:
0000-0003-4975-0278

Karabuğdayın Tarihçesi

“Karabuğday” ismi Anglo-Sakson dilindeki boc (kayın) ve wheat (buğday) kelimelerinden gelmektedir, çünkü tohumu küçük bir kayın cevzine benzemektedir. Karabuğday tohumları bitkinin meyveleridir. Ohnishi ve Matsuoka (1996) tarafından yapılan tohum toplama ve sınıflandırma çalışmaları sonucunda Karabuğdayın 14 türü bulunmuştur.

Karabuğdayın Botanik Özellikleri

Alem : Plantae

Bölüm : Magnoliophyta

Sınıf : Magnoliopsida

Takım : Caryophyllales

Familya: Polygonaceae

Cins : Fagopyrum



Şekil 1. Karabuğday (*Fagopyrum esculentum*)

Karabuğday tahıl familyasına (*Poaceae* = *Gramineae*) ait olmayıp *Polygonaceae* familyasına mensuptur (Wijngaard ve ark. 2005). Buğday, pirinç ve arpa gibi ziraati fazla yapılan tahıllardan farklı bir bitki olan karabuğday, tahıllarla hem benzerlik hem de farklılıklar gösteren pseudo-cereal (tahıl benzeri) grubuna dahildir.

Karabuğdayın gen merkezi konusunda iki farklı hipotez bulunmaktadır: Bunlardan birincisi DeCandolle'ün, karabuğdayın Kuzey Çin ya da Sibirya'da ortaya çıktığına dair hipotez, ikincisi ise Nakao'nun güneybatı Çin'in Himalaya Dağı'na kadar olan bölgesinde ortaya çıktığına dair hipotezdir. Çin antik kitaplarının ve arkeolojik alanlarının incelenmesi sonucunda, karabuğdayın 2000 yıl önce Çin'de yetiştirildiği ve bunun dünyada yetiştirilen en eski bitkilerden biri olduğu belirtilmiştir (Lin 1994). Çin'in Yunnan eyaletinde yabani *F. Esculentum*'un keşfi ve Çin'in Yunnan eya-

letinde karabuğday üzerine yapılan araştırmalar Nakao'nun hipotezlerini desteklemektedir (Lin 1994). Sonuç olarak, karabuğdayın güneybatı Çin'de ortaya çıktığı görüşü çoğu bilim insanı tarafından kabul görmüştür.

Kökeni Asya'dan gelen ve Avrupa'ya 15. yüzyılda giren karabuğday ekimi, Kanada, Amerika Birleşik Devletleri, Afrika ile Latin Amerika'nın belirli bölgelerinde, Nepal, Butan ve Hindistan dağlarının 3000 metrenin üzerindeki yüksek rakımlarında yapılabilmektedir (Li ve Zhang 2001, Koyama ve ark. 2013).

Bu bitkiyi tahıllardan ayıran temel yapısal farklılık; tek çenekli (monokotiledonik) olmayıp, çift çenekli (dikotiledonik) bir bitki olmasıdır (Mazza 1988). Karabuğday tarlada hızla büyüyen, geniş yapraklı, tek yıllık bir bitkidir. Mart sonunda veya Nisan başında 20-25 cm ara ile ekilen ve tohumları Eylül- Ekim aylarında hasat edilen karabuğday bitkisinin boyu yetiştirme koşullarına göre 60-120 cm arasında değişir. Bitkiler tek köke sahip olup üzerinde daha küçük dallar bulunur. Yapraklar düz olmayan üçgen şeklinde bir görünüme sahiptir. Çiçekler genellikle çanak yaprakların veya braktelerin rengi nedeniyle gösterişli kümeler halinde beyaz, pembe veya kırmızı renklidir (Şekil 1). Çiçekleri kokuludur ve bal arılarının nektar toplaması için çok caziptir. Karabuğdaydan üretilen bal koyu renklidir ve güçlü bir tat ihtiva eder. Çiçeklerde taç yaprağı bulunmaz. Bitkinin tohumları üç kenarlı ve üçgen şeklindedir. Bu tohumların ebatları 4mm x 6mm veya 2mm x 4mm şeklindedir. Tohum rengi siyah, gri ve kahverengi olabilir. Tahıl grubundan diğer bir farkı da embriyonun bulunduğu yerdir. Tahıllarda embriyo tanenin uç tarafında bulunurken Karabuğday'da endospermin tam orta noktasında bulunmaktadır.



Şekil 2. Karabuğday (*Fagopyrum esculantum*) Tohumları

Gövdelerin içi boştur. Bu nedenle şiddetli rüzgarlarda kırılma yaşanabilir. Dolu nedeniyle de çok zarar görürler. Ancak dolu, bitkiler nispeten olgunlaşmamışken meydana gelirse, bitki alt yaprak boğumlarından dal-

lanarak dolu hasarını telafi edebilir. Bitkiler kısa bir kazık köke ve ince yan köklere sahip olup toplam bitki ağırlığının yaklaşık %3-4'ü kadar bir kök sistemi oluştururlar. Bu nedenle bitkiler aşırı kuraklık koşullarından zarar görebilir ve bu da genellikle olgunlaşmanın gecikmesine neden olur. Olgunlaşmadan önce gövde ve dallar yeşilden kırmızıya kadar değişir. Olgunlukta kırmızımsı kahverengi olurlar (Mazza ve Oomah 2005).

Karabuğday tohumları yenilebilir ve nişastalı olmayan bir aleuron tabakasına sahiptir (Bonafaccia ve ark. 2003).

Karabuğday çeşitleri

Üç tür karabuğday vardır: Bunlar: Cymosum (yabani), Tartaricum (tartary) ve Esculentum (common)'dur.

a. *Fagopyrum cymosum*



Şekil 3. *Fagopyrum cymosum*

Ilıman Himalayalar'da yabani olarak yetişen ve genellikle yerleşim alanları ve çiftliklerin çevresinde bulunan tetraploid çok yıllık karabuğdaydır. Bazı bölgelerde yem olarak ve aynı zamanda tıbbi bir bitki olarak kullanılır. Bu türün dağılımı güneye doğru Çin'in Yarımadası'nın kuzeyine, Çin'in güneyine ve batıya doğru Nepal ve Hindistan'ın Himalaya bölgesine, Karakoram ve Hindukuş'a kadar uzanır. Tibet'in doğu kesiminde de bulunur. Çiçeklenme deseni *F. esculentum*'a benzer, çünkü her ikisi de heterostyle çaprazlama türleridir ve beyaz çiçekli pin ve thrum şeklinde çiçekler üretirler. Ancak *F. cymosum* sitolojik ve morfolojik olarak farklıdır ve ayrı bir takson olarak öne çıkar (Kim ve ark. 2002).

b. *Fagopyrum tataricum*



Şekil 4. *Fagopyrum tataricum*

Tek yıllık, 1 m'ye kadar boylanabilen, dallı veya dalsız, gövdesi çizgili, dalcıklarında her zaman papillat bulunan bir bitkidir. Yapraklar saplıdır, çoğu bıçak üçgen şeklindedir, genişlik uzunluğa eşittir, 2-8 cm ve tabanlar kordat veya hastat'tır. Çiçek salkımları sık salkımlı veya şemsiye şeklindedir. Çiçekler sarı-yeşil, 2,5 mm çapında, pediseller parçalı değildir; periantlar 2 mm uzunluğundadır; nektarları sarıdır, stamenler homostyly olup, stigmalar kapitattır. *F. tataricum*'un bitkileri genellikle daha az kabarıktır ve daha dallıdır ve yaprakları daha ok şeklindedir. Daha küçük çiçeklerin göze çarpmayan yeşilimsi beyaz çanak yaprakları vardır ve böcekler için çekici görünmezler. Çiçekler homomorfik, kendine döllen ve çiçek açılmadan önce gerçekleşen tozlaşma ile kleistogamdır (Pomeranz 1983, Ohnishi ve Matsuka 1996)

c. *Fagopyrum esculentum* Moench



Şekil 5. *Fagopyrum esculentum*

Tek yıllık, 1 m'ye kadar boylanabilen, dallı ve tüsüz bir bitkidir. Yapraklar saplı, üçgenimsi, 2-8 cm uzunluğunda, uçları akuminat, tabanları kordat veya hastat, üst yapraklar daha küçük ve sapsızdır. Çiçek salkımları terminal ve yardımcıdır, yoğun şemsiye veya paniculate simme şeklinde dallanır. Çiçekler beyaz veya pembe, 6 mm çapında, pedisel 2-3 mm uzunluğunda, eklemli, periantlar 3 mm uzunluğunda, nektaryumları sarı, stamenler heterostyly ve kapitat stigma ile dönüşümlüdür. Aken triquetrous, dar açılı, 5 mm'den uzun, kalıcı periantların uzunluğunun iki katından fazla, kahverengi veya siyah-kahverengi, berraktır. Bu tür kuzey ve bir dereceye kadar güney yarımkürede yaygın olarak yetiştirilir (Biacs ve ark., 2002).

Son zamanlarda keşfedilen yeni yabancı türler, çeşit gelişimini ilerletmek için değerli genetik materyal sağlamıştır. Bu çeşitlerin en dikkat çeken *Fagopyrum homotropicum*'dur. Bu tür kendi kendine tozlaşır ve *F. esculentum*'a benzer birçok özelliğe sahiptir, böylece bitki ıslahçıların arzu edilen üretim ve tüketim özelliklerine sahip yeni çeşitleri iyileştirmelerine ve geliştirmelerine olanak sağlar.

Karabuğdayın Kimyasal Bileşimi

a. Şeker İçeriği

Karabuğday bitkisinde bulunan nişastanın yaklaşık yarısını (% 45'ini) dirençli nişasta oluşturur. Karabuğdayda önemli düzeyde bulunan dirençli nişasta miktarı, sağlık ve beslenme açısından önemlidir. Karabuğdaya uygulanan işlemler dirençli nişasta miktarını etkiler. Dirençli nişasta, yararlı bakterilerin büyümesini ve aktivitesini uyarma, kısa zincirli yağ asitleri üretme gibi fonksiyonel özellikleri nedeni ile prebiyotik olarak kabul edilmektedir.

Monosakkaritler, glukoz ve fruktoz çoğunlukla karabuğdayın perikarp ve tohum kabuğunda bulunur. Sakkaroz birikimindeki artışlar hasad dönemlerine doğru embriyoda en yüksek seviyesine ulaşır. Sakkaroz tohum kabuğu ve nusellus dokularında bol miktarda bulunur ve daha sonra gelişen embriyoda birikir. Embriyo dokularındaki yüksek sakkaroz konsantrasyonu birçok yağlı tohumda tipiktir (Duffus ve Binnie 1990). Nişastalı endosperm sadece düşük geçici seviyelerde sakkaroz biriktirir.

b. D-chiro-inositol

D-chiro-inositol (DCI), karabuğday tohumlarında nispeten yüksek seviyelerde bulunan bir inositol izomeridir ve ana aktif besin bileşenidir (Steadman ve ark. 2000). DCI, insülinin etkisini artırarak ve kan basıncını, plazma trigliseritlerini ve glikoz konsantrasyonlarını azaltarak insülin metabolizmasının düzenlenmesinde aktif rol oynar (Prakash ve ark. 2015, Fonteles ve ark. 2000, Ueda ve ark. 2005). Karabuğdayın, yüksek düzey-

de anjiyotensin I-dönüştürücü enzim (ACE) inhibitör aktivitesine sahip olduğu bulunmuştur. ACE, renin-anjiyotensin (RA) kan basıncını kontrol sisteminde bir baskı hormonu olan anjiyotensin I'i II'ye dönüştürür (Higasa ve ark. 2011). Bu dönüşümün yüksek düzeyde E vitamini alımı, kardiyovasküler hastalıklarda azalma, Alzheimer hastalığı ve yaşa bağlı maküler dejenerasyonun geciktirilmesini sağladığına dair araştırma sonuçları vardır (Kalinova ve ark. 2006)

c. Nişasta

Karabuğday nişastasının kendine has özellikleri vardır; bazı özellikler yumru nişastalarına (yüksek viskozite değerleri) karşılık gelirken diğerleri daha çok tahıl nişastalarına (şekil ve bileşim) karşılık gelir. Karabuğday nişastası yüksek düzeyde ham yağ ve amilaz içerir. Nişastasının granül boyutları 2,9- 9,3 µm olup ortalama boyut 5,8 µm'dir, yuvarlak veya çokgen şeklindedir (Li ve ark. 1997). Karabuğday nişasta granülünün görünümü pürüzsüzdür (Li ve ark. 1997).

d. Nişastadaki amilazlar

Tahıl amilazları, ek gıdalar, bira fabrikaları ve nişasta sakkarifikasyonunda biyoteknolojik uygulamalara uygunlukları nedeniyle önem kazanmıştır (Mazza, 1993). Tahıl α-amilazları, gelişmekte olan ve çimlenmekte olan tahıllarda nişasta metabolizmasında çok önemli bir rol oynamaktadır. Yüksek oranda ifade edilen bu enzimler gibberellik asit (GA3) gibi bitki büyüme hormonlarının etkisi altında sentezlenir ve çoklu formlarda bulunurlar (MacGregor 1952). Tahıl amilazları kimyasal, fiziksel ve immünokimyasal özelliklerine göre iki gruba ayrılabilir. Amilaz sentez bölgesinin ya aleurone tabakasında ya da scutellum'da olduğu bildirilmiştir. Nişasta parçalayan amilolitik enzimler gıda, fermantasyon, tekstil ve kağıt endüstrileri gibi biyoteknolojik uygulamalarda büyük bir ticari değere sahiptir (Bewley ve Black 1985). Tahıl tanesi amilazı malt üretiminde anahtar rol oynar. Birçok mikrop da hücre dışı nişastaları parçalamak için amilaz üretir. Hayvan dokuları β- amilaz içermez, ancak sindirim sisteminde bulunan mikroorganizmalarda mevcut olabilir. Yüksek oranda dirençli nişasta (RS) içeren gıdalar genellikle düşük GI değerine sahiptir ve diyabetik kontrolün iyileştirilmesinde çoğu sağlıklı yetişkin için genellikle avantajlıdır ve kan şekeri değerlerine göre sıralanabilir yükseltme potansiyeli, yani glisemik indeks (Skrabanja ve ark. 2001). Karabuğday unu ekstraktı, insan tükürük amilazına karşı etki edebilen ve sindirilebilir nişasta seviyesini etkileyebilen tanenler, fitik asit ve proteinli inhibitörler gibi bileşikler içerir. Toplam nişasta içeriği %73,5 olan ham karabuğday kabuğu çıkarılmış tane ununun %33,5'i RS'dir (Skrabanja ve ark. 2004).

e. Dirençli nişasta (RS)

Nişasta, in vitro sindirim hızına ve derecesine bağlı olarak üç gruba ayrılabilir:

- Hızlı sindirilebilir nişasta,
- Yavaş sindirilebilir nişasta
- Dirençli nişasta (RS).

Nişastanın sindirilebilirliğini, nişastanın fiziksel formu, retrogradasyon derecesi, amilaz/amilopektin oranı ve nişastalı olmayan inhibitör bileşenleri etkiler (Skrabanja ve ark. 2001). Sindirilmemiş nişasta olumlu besinsel etkilere yol açabilir (Skrabanja ve ark. 2001, 2004). Yüksek oranda dirençli nişasta içeren gıdalar genellikle düşük GI değerine sahiptir ve diyabetik kontrolün iyileştirilmesinde çoğu sağlıklı yetişkin için genellikle avantajlıdır ve kan şekeri değerlerine göre sıralanabilir. Karabuğday unu ekstraktı, insan tükürük amilazına karşı etki edebilen ve sindirilebilir nişasta seviyesini etkileyebilen tanenler, fitik asit ve proteinli inhibitörler gibi bileşikleri içerir. Toplam nişasta içeriği %73,5 olan ham karabuğdaydan elde edilen ununun %33,5'i RS'dir (Skrabanja ve ark. 2004).

f. Lipidler

Lipitler, depolanmış tohumların veya unların bozulmasına neden oldukları için gıda kalitesinde önemli bir fizyolojik role sahip olan tahılların ve yalancı tahılların küçük bir bölümünü oluşturur (Chapkin 2000). Hem *F. esculentum* hem de tartar karabuğdayında lipitler ortalama % 6,5 yağ içeren embriyoda yoğunlaşırken, endosperm < %0,4 yağ içerir (Dorrell 1971).

Karabuğdayda 18 yağ asidi tanımlanmıştır ve bunların 14'ü tüm tohum dokularında görülür. Sekiz ana asit (oleik, linoleik, palmitik, linolenik, lignoserik, stearik, behenik ve araşidik) toplam yağ asitlerinin % 93'ünü temsil eder (Dorrell, 1971). Embriyo doymamış yağ asitlerinin çoğunu içerir (Dorrell 1971). Linoleik asit ve linolenik asit gibi bazı yağ asitleri çoklu doymamıştır ve bu esansiyel yağ asitleri insan vücudu tarafından üretilemez (Chapkin 2000). Bu esansiyel yağ asitlerinden biri olan linoleik asit karabuğdayda bulunan başlıca yağ asididir ve linoleik asit seviyesi özellikle tohum kabuğunda yüksektir (Dorrell 1971, Taira ve ark. 1986, Mazza 1988). Bazı yağ asitlerinin seviyeleri çimlenme ile arttırılabilir (Kim ve ark. 2002).

g. Aminoasitler

Karabuğday proteini çok çeşitli amino asitler içerir ancak çok az prolamın içerir veya hiç içermez (Pomeranz ve Robbins 1972). Proteinlerin çoğunluğunu ise globulinler ve albüminler oluşturur. Karabuğday protei-

ni yüksek düzeyde lizin (geri kazanılan 100 g amino asitin %6,1'i), arginin (%9,7), aspartik asit (%11,3) ve düşük düzeyde prolin (%3,9) ve glutamik asit (%18,6) içerir (Pomeranz ve Robbins 1972). Karabuğday proteini, iyi dengelenmiş amino asit yapısı nedeniyle yüksek biyolojik değer gösterir. Kan kolesterolünü düşürme, safra taşını küçültme, tümör büyümelerini engelleme ve baskılama, anjiyotensin I-dönüştürücü enziminin engellenmesi, 7, 12-dimetilbenzenin neden olduğu meme kanserini önlemek gibi birçok benzersiz fizyolojik fonksiyona sahiptir. (Prakash ve ark. 2015; Tomotake ve ark. 2006, Prakash ve Deshwal 2013).

Tablo 2. Karabuğdaydaki ortalama amino asit konsantrasyonları (%).

Amino asit	Tohumda	Çıplak tanede	Proteinde	Amino asit	Tohumda	Çıplak tanede	Proteinde
Glutamik asit	1.99	2.72	18.02	Alanin	0.45	0.61	4.03
Arginin	1.47	2.01	13.27	Threonine	0.43	0.58	3.87
Aspartik asit	1.20	1.64	10.86	Proline	0.41	0.55	3.66
Valin	0.85	1.17	7.71	İzolösin	0.39	0.53	3.48
Lösin	0.75	1.02	6.75	Tirozin	0.23	0.32	2.12
Lizin	0.66	0.90	5.99	Histidin	0.23	0.32	2.11
Glisin	0.61	0.83	5.52	Sistein	0.18	0.25	1.66
Fenilalanin	0.46	0.63	4.17	Metiyonin	0.15	0.21	1.37
Serin	0.46	0.62	4.12	Triptofan	0.14	0.19	1.29

Kaynak:Robinson (1980)

h. Lifler

Karabuğday tohumları %27,38 oranında Diyet lifi (DF) içerir ve bu oran esas olarak tohum kabuğu ve kabuk gibi dış tohum kaplamalarında bulunurken (Bonafaccia ve ark. 2003), karabuğday kabuğu çıkarılmış tane tohumlarında DF oranı \approx %7'dir (Steadman ve ark. 2000; Bonafaccia ve ark. 2003). Diyet lifi (DF) potansiyel olarak bazı hastalıklara karşı koruyucudur. DF, çözünmeyen diyet lifi (IDF) ve çözünebilir diyet lifi (SDF) olarak ikiye ayrılabilir. IDF, genellikle lignin ve selüloz içerirken, SDF pektin ve zamkaları içerir. SDF özellikle kan kolesterol seviyelerini düşürerek insan sağlığına olumlu katkıda bulunabilir (Steadman ve ark. 2000). Buna ek olarak, DF proteinleri ve mineralleri bağlayabildiği, sindirim enzimlerini inhibe edebildiği ve böylece sindirilebilirliği veya emilimi azaltabildiği için olumsuz bir role de sahip olabilir (Ikeda 2002; Steadman ve ark. 2000).

Kabuğu çıkarılmış karabuğday tanesinde bulunan IDF ve SDF, yulaf ve buğday gibi tahıllarla benzerlik göstermektedir.

i. Mineraller

Mineraller insan vücudundaki çeşitli fizyolojik işlevler için önemlidir. İnsan vücudu her bir ana mineralden (Na, Mg, K, Ca, P, S ve Cl) günde 100 mg'dan fazla ve eser elementlerden (Cr, Mn, Fe, Co, Cu, Zn, Se, Mo ve I) günde 100 mg'dan daha azına ihtiyaç duyar. Karabuğday bitkisi, pirinç, sorgum, darı ve mısır gibi birçok tahıldan daha zengin bir mineral kaynağıdır (Ca hariç). Özellikle Mg, Zn, K, P, Cu ve Mn seviyeleri diğer tahıllarla karşılaştırıldığında daha yüksektir (Mazza 1988; Steadman ve ark. 2000). Mg, Zn, K, P ve Co esas olarak protein gövdelerinde fitat olarak depolanır (Elpidina ve ark. 1990, Steadman ve ark. 2000). Çimlenme sırasında fitin hidrolize olur ve metal iyonları çözülür (Bewley ve Black 1985). Karabuğday 10.0 mg/g fitik asit ve 2.17 µmol inorganik fosfat/dk/g açığa çıkaran fitaz enzimi içerir (Englyst ve ark., 1990). Proteinler bitkinin gövde (ve dolayısıyla Mg, Zn, K, P ve Co), embriyo ve aleuron tabakasında bulunur (Steadman ve ark. 2000). Fe, Zn, Mn, Cu, Mo, Ni ve Al gibi mineraller öncelikle hem tohumda hem de tohum kabuğunda lokalize olmuştur. Ca ve B kabuk fraksiyonlarında bulunur (Steadman ve ark. 2000; Bonafaccia ve ark. 2003; Skrabanja ve ark. 2004).

j. Fitokimyasallar

Fitokimyasallar, sağlığı destekleyebilen ancak yaşam için gerekli olmayan bitkisel maddelerdir. Vücutta serbest oksijen radikallerini serbest bırakan oksidatif stres, kardiyovasküler bozukluklar, katarakt, kanserler ve romatizma dahil olmak üzere bir dizi rahatsızlıkla ilişkilendirilmiştir. Meyve ve sebzelerde bulunan fitokimyasallar, serbest radikalleri temizleyerek ve hücreyi kurtararak antioksidan görevi görebilir (Kreft ve ark. 1996).

k. Flavonoidler

Karabuğdayın sağlıklı bir gıda olması içeriğindeki, hiperin, quersitrin ve quercetin gibi diğer fenolik bileşikler ve flavonlar gibi çeşitli doğal antioksidanlara sahip olmasından kaynaklanmaktadır (Dietrych-Szostak ve Oleszek 1999). Flavonoidler çoğu bitkide her yerde bulunur ve genellikle glikozidik formlarda bulunurlar (Rice-Evans ve ark. 1997). Son zamanlarda, flavonoidler gibi polifenolik bileşikler de antioksidan etkileri nedeniyle ilgi çekmiştir. En yaygın olarak bilinen antioksidanlar A, C ve E vitaminleridir. Rutin ve quercetin karabuğdayda bulunan antioksidan aktiviteye sahip ana polifenollerdir (Oomah ve Mazza 1996, Kreft ve ark. 1996, Steadman ve ark. 2000). Quercetin, quercetin bir glikozidi olan rutinden daha yüksek bir antioksidan aktivite gösterir. Karabuğdaydaki rutin ve quercetin seviyeleri büyük ölçüde yetiştirme yeri ve çeşide bağlıdır (Oomah ve Mazza 1996, Steadman ve ark. 2000).

Kabuğu çıkarılmış karabuğdayda rutin ve quercetin seviyeleri sırasıyla $\approx 0,20$ mg/g ve $0,001$ mg/g'dır. Karabuğdayın gövdesinde ise daha yüksek seviyelerde rutin ($0.84-4.41$ mg/g) ve quercetin ($0.009-0.029$ mg/g) içermektedir (Oomah ve Mazza 1996). Rutin (quercetin-3-O- β -rutinoside), düz kaslar üzerinde rahatlatıcı etkileri olan, kılcal damar felci ve retinal kanamayı önlemede etkili olan, yüksek tansiyonu düşüren, antioksidan ve lipid peroksidasyon özellikler gösteren, flavonol quercetin'den türetilen en iyi bilinen glikozittir. Aynı zamanda diyetteki kolesterolün emilimini azaltarak plazma ve hepatik kolesterolü düşürerek lipit düşürücü aktiviteye de sahiptir (Jiang 2007; Prakash ve ark. 2015).

Tartar karabuğdayı mükemmel bir rutin kaynağıdır. Çünkü kabuğu soyulmuş tartar karabuğdayı 80.94 mg/g rutin seviyeleri göstermiştir.

I. Vitaminler

Vitaminler, insan vücudunun normal işleyişi için çok küçük miktarlarda gerekli olan bir grup organik bileşiktir. Kimyasal ve fizyolojik işlevleri bakımından büyük çeşitlilik gösterirler ve doğal gıda kaynaklarında geniş bir dağılım gösterirler (Belozersky ve ark. 1999). Tiaminin (B1 vitamini) karabuğday tohumlarındaki tiamin bağlayıcı proteinlerine güçlü bir şekilde yapıştığı bilinmektedir. Genel olarak, tartar karabuğdayı yaygın karabuğdaydan daha yüksek B vitamini seviyelerine sahiptir (Bonafaccia ve ark. 2003). C vitamini ve B1 ve B6 vitamini toplamı seviyeleri karabuğdayın çimlendirilmesiyle artırılabilir. C vitamini seviyesi karabuğday filizlerinde 25 mg/100 g'a kadar yükselebilir (Lintschinger ve ark., 1997; Kim ve ark., 2002). E vitamini doğal olarak oluşan tüm tokoferoller ve tokotrienoller içerir, ancak karabuğdayda tokotrienol tespit edilmemiştir (Zielinski ve ark. 2001). Tokoferoller doğal olarak oluşan antioksidanlardır (Dietrych- Szostak ve Oleszek 1999) ve α -, β - γ - ve δ - formlarında bulunurlar (Burton ve Traber 1990). Farklılıklar, karabuğdayın farklı çeşitlerine atfedilmiştir (Zielinski ve ark. 2001; Kim ve ark. 2002). Tartar karabuğdayı, *F. esculantum*'dan daha yüksek seviyelerde tokoferol içerir (Kim ve ark. 2002).

Karabuğdayın Fonksiyonel Özellikleri

Karabuğday protein ürünleri (BWP) çeşitli fonksiyonel özelliklere sahiptir. BWP, %65,8 w/w protein, %22,0 w/w lipid, %5,9 w/w lif olmayan karbonhidrat ve %3,1 w/w sudan oluşmaktadır. Yağı alınmış BWP, fonksiyonel bir bileşen olarak kullanılmaya uygun değildir (Tomotake ve ark. 2002). BWP'nin, yüksek kolesterolü diyetle beslenen sıçanlarda hipokolesterolemik aktivite ve vücut yağının baskılanması (Kim ve ark. 2002) ve indüklenmiş kolon karsinogenezinin baskılanması (Liu ve ark. 2001) gibi çeşitli fonksiyonel özellikler sergilediği iddia edilmiştir. BWP geniş bir pH aralığında çözünebilir ve bu nedenle fonksiyonel içeceklerde kullanılabilir (Tomotake ve ark. 2002).

Tablo 3. *Karabuğday tanesi ve karabuğday ürünlerinin yüzde bileşimi*

Tahıl veya yan ürün	Nem (%)	Protein (%)	Yağ (%)	Lif (%)	N içermeyen ekstrakt (%)	Kül (%)
Tam tahıl	10.0	11.2	2.4	10.7	64.0	1.7
Un, hafif	12.1	7.8	1.5	0.7	76.7	1.2
Un, koyu	11.7	15.0	2.8	1.1	67.7	1.7
Kabuksuz Tane	10.6	11.2	2.4	0.6	73.7	1.5
Gövde	8.0	4.5	0.9	47.6	36.8	2.2
Kabuklu Tane	10.7	27.2	7.0	11.4	39.1	4.6
İrmik	12.0	2.7	0.4	0.4	83.0	0.5

Karabuğdayın Tıbbi Önemi

- Karabuğday içerdiği diyet lifleri, vitamin ve mineraller ve dirençli nişastası ile kolon karsinogenezinin baskılanması ve serum estradiolünü düşürerek meme karsinogenezinin baskılanmasını sağlamıştır (Tomotake ve ark. 2000, Liu ve ark. 2001, Prakash ve Deshwal 2013, Prakash ve ark. 2015).

- Karabuğday proteinleri özütü, hipertansiyon, obezite, alkolizm, çöl-yak hastalığı ve kabızlığı tedavi etmek için potansiyel bir gıda katkı maddesi olarak kullanılabilir (Kato ve ark. 2001).

- D-chiro-inositol, Tip II diyabet ve Polikistik over sendromunda (PCOS) eksik olduğu tespit edilen insülin sinyal iletimi için ikincil haberci yolunun bir parçasıdır (Horbowicz ve ark. 1998, Prakash ve ark. 2015).

- Nişasta, lif, linoleik asitler gibi yüksek düzeyde çoklu doymamış temel yağ asitleri, vitaminler (B1, C ve E), mineraller, iyi dengelenmiş aminoasit ve düşük prolamin içeriği gastrointestinal sistem hastalıklarında profilaktik role sahiptir (Kreft ve ark. 1996).

- Karabuğday proteinleri güçlü bir kolesterol düşürücü etki gösterebilir ve yüksek bir biyolojik değere sahiptir. Karabuğday proteinlerindeki düşük Lys/Arg ve Met/Arg oranları kan kolesterol seviyesini düşürebilmektedir (Huff ve Carroll 1980, Wojciki 1995, Tomotake ve ark. 2000, Yoshimoto ve ark. 2004, Krkoškova 2005).

- Yüksek oranda dirençli nişasta içeren gıdalar genellikle düşük glicemik indekse (GI) sahiptir ve düşük GI'li gıdalar diyabetik kontrolün iyileştirilmesinde önemlidir ve kan glikozunu yükseltme potansiyellerine göre kullanılabilirler (Lerer ve ark. 1996).

- Karabuğdayda bulunan bor minerali kemiklerin sertleşmesine yardımcı olur ve osteoporozu karşı koruyucu etkiye sahiptir (Radovic ve ark. 1996).

- Karabuğdaydaki antioksidanlar olan rutin ve quercetin adlı glukozit, kılcal damar duvarlarını güçlendiren, yüksek tansiyonu olan kişilerde kanamayı azaltan ve kronik venöz yetmezliği olan kişilerde mikrosirkülasyonu artıran tıbbi bir kimyasal olarak, kronik venöz yetmezlik tedavisinde bahsedilmiştir (Prakash ve Deshwal 2013, Abascal ve Yarnell 2007)

Karabuğdayın Tarım ve Hayvancılık Yönünden Önemi

Karabuğday en çok yeşil gübre bitkisi olarak toprağı örtmek için veya bahçelerde veya küçük tarlalarda düzleştirici ürün olarak kullanılır. Yeşil gübre bitkisi olarak karabuğday sadece mütevazı bir biyokütle üretir, ancak hızlı büyüme sağlar, toprak eğimini iyileştirir ve fosforu daha kullanılabilir hale getirir, bu da kendine özgü bir tada sahip koyu renkli bir bal üretir. Bir dönüm karabuğday, 150 kiloya kadar bal üreten bir arı kovanını destekleyebilir. Geçerli hava koşulları iyi nektar üretimi için uygundur (bildirildiğine göre, güneşli günler ve serin geceler en iyisidir).

Karabuğday uzun zamandır çiftlik hayvanları ve kümes hayvanları yemi olarak kullanılmaktadır. Tahılın ana değeri, çoğu tahılın eksik olduğu temel bir amino asit olan lizin bakımından yüksek olmasıdır. Çeşitli araştırma raporları, karabuğdayın en iyi karma yem rasyonunda, genellikle toplam karışımın üçte birinden fazla olmayacak şekilde kullanıldığını göstermektedir (Ikeda 2002).

REFERANSLAR

- Abascal, K., Yarnell, E. (2007). Botanicals for chronic venous insufficiency. *J. Altern. Complement. Ther.*, 213, 304-311.
- Bewley, J. D., Black, M. (1985). *Seeds: Physiology of Development and Germination*. Plenum Press, New York.
- Biacs, P., Aubrecht, E., Léder, I., Lajos, J. (2002). Buckwheat. In: *Pseudocereals and Less Common Cereals* (eds.: Belton, P., Taylor, J.). Springer Verlag, Berlin, 123-151.
- Bonafaccia, G., Gambelli, L., Fabjan, N., Kreft, I. (2003). Trace elements in flour and bran from common and tartary buckwheat. *Food Chem.*, 83, 1-5.
- Burton, G W , Traber, M G .(1990)Vitamin E: antioxidant activity, biokinetics, and bioavailability *Annu Rev Nutr.* 10:357-382.
- Chapkin, R. S. (2000). Reappraisal of the essential fatty acids. In: *Fatty Acids in Foods and Their Health Implications*. 2 nd Edn. (Ed.: Chow, C. K.). Marcel Dekker, New York. 557-568.
- Dietrych-Szostak, D., Oleszek, W. (1999). Effect of processing on the flavonoid content in buckwheat (*Fagopyrum esculentum* Möench) grain. *J. Agric. Food Chem.* 47 (10), 4384-4387.
- Dorrel, D. G. (1971). Fatty acid composition of buckwheat seed. *J. Am. Oil Chem. Soc.*, 48, 693-696.
- Duffus, C.M., Binnie, J. (1990). Sucrose relationships during endosperm and embryo development in wheat. *Plant Physiol. Biochem.*, 28, 161-165
- Elpidina, E. N., Dunaevsky, Y. E., Belozersky, M. A. (1990). Protein bodies from buckwheat seed cotyledons: Isolation and characteristics. *J. Exp. Bot.*, 41, 969-977.
- Fonteles, M.C., Almeida, M.Q., Larner, J. (2000). Antihyperglycemic effects of 3-methyl-D- chiro-inositol and Dchiro- inositol associated with manganese in streptozotocin diabetic rats. *Hormone and Metabolic Res.*, 32, 129-132.
- Higasa, S., Fujihara, S., Hayashi. A., Kimoto K., Aoyagi, Y. (2011). Distribution of a novel angiotensin I-converting enzyme inhibitory substance (2''-hydroxynicotianamine) in the flour, plant parts, and processed products of buckwheat. *Food Chem.*, 125, 607-613.
- Horbowicz, M., Brenac, P., Obendorf, R.L. (1998). Fagopyritol B1, 0- α -d-galactopyranosyl-(1 \rightarrow 2)-d-chiro-inositol, a galactosyl cyclitol in maturing buckwheat seeds associated with desiccation tolerance. *Planta*, 205, 1-11.
- Huff, M.W., Carroll, K.K. (1980). Effects of dietary protein on turnover, oxidation, and absorption of cholesterol, and on steroid excretion in rabbits. *J. Lipid Res.*, 21, 546-548.

- Ikeda, K. (2002). Buckwheat: Composition, chemistry, and processing. *Adv. Food Nutr. Res.*, 44, 395-434.
- Jiang, P., Campbell, F.C.B., Pierce, G.J., Austria, A., Briggs, C.J. (2007). Rutin and flavonoid contents in three buckwheat species *Fagopyrum esculentum*, *F. tataricum*, and *F. homotropicum* and their protective effects against lipid peroxidation. *Food Res. Int.*, 3, 356-367.
- Kim, S. L., Kim, S. K., Park, C. H. (2002). Comparisons of lipid, fatty acids and tocopherols of different buckwheat species. *Food Sci. Biotechnol.*, 11, 332-336.
- Koyama, M., Nakamura, C., Nakamura, K. (2013). Changes in phenols contents from buckwheat sprouts during growth stage. *J. Food Sci. Tech.*, 50(1), 86-93.
- Kreft, I., Srabanja, V., Ikeda, S., Bonafaccia, G. (1996). Dietary value of buckwheat. *Research Reports Biotechnical Faculty of the University of Ljubljana*. 67, 73-78.
- Krkoškova, B., Mrazova, Z. (2005). Prophylactic components of buckwheat. *Food Res. Int.*, 38, 561-568.
- Lerer, M.M., Rizkalla, S.W., Luo, J., et al. (1996). Effects of longterm low-glycaemic index starchy food on plasma glucose and lipid concentrations and adipose tissue cellularity in normal and diabetic rats. *Brit. J. Nutr.*, 75, 723-732.
- Li, S., Zhang, Q. H. (2001). Advances in the development of functional foods from buckwheat. *Crit. Rev. Food Sci.*, 41, 451-464.
- Li, W., Lin, R., Corke, H. (1997). Physicochemical properties of common and tartary buckwheat starch. *Cereal Chem.*, 74(1), 79-82.
- Lin, RF. (1994). *Buckwheat in China* Peking, China: Agricultural Publishing House.97-105.
- Lintschinger, J., Fuchs, N., Moser, H., Jäger, R., Hlbeina, T., Markolin, G., Gössler, W. (1997). Uptake of various trace elements during germination of wheat, buckwheat and quinoa. *Plant Foods Hum. Nutr.*, 50, 223-237.
- Liu, Z., Ishikawa, W., Huang, X., Tomotake, H., Watanabe, H., Kato, N. (2001). Buckwheat protein product suppresses 1,2- dimethylhydrazine-induced colon carcinogenesis in rats by reducing cell proliferation. *J. Nutr.*, 131(6), 1850-1853.
- Mazza G. (1988). Lipid content and fatty acid composition of buckwheat seed. *Cereal Chem*, 65 (2) 122-126
- Mazza, G., 1993. Storage, processing, and quality aspects of buckwheat seed. In: *New Crops* (Janick, J., Simon, J. E.). Wiley, New York. pp.251-254.
- Mazza, G., Oomah, B. D., 2005. Buckwheat as a food and feed. In: *Speciality Grains for Food and Feed* (Abdel-Aal, E., Wood, P.). AACC International, St. Paul, MN. pp.375-393.

- McGregor, W. G., McKillican, M.E., 1952. Rutin content of varieties of buckwheat. *Sci. Agric.* 32, 48-51.
- Ohnishi O. 1993. Population genetics of cultivated common buck wheat, *F. esculentum* 11:510
- Ohnishi, O., Matsuoka, Y., 1996. Search for the wild ancestor of buckwheat II. Taxonomy of *Fagopyrum* (Polygonaceae) species based on morphology, isozymes and cpDNA variability. *Genes Genet. Syst.* 71, 383-390.
- Oomah, B. D. Mazza, G. (1996). Flavonoids and Antioxidative Activities in Buckwheat. *J. Agric. Food Chem.* 1996, 44, 7, 1746–1750
- Pomeranz, Y., 1983. Buckwheat: Structure, composition, and utilization. *CRC Crit. Rev. Food Sci. Nutr.* 19, 213-258.
- Pomeranz, Y., Robbins, G.S., 1972. Amino acid composition of buckwheat. *J. Agric. Food Chem.* 20, 270-274.
- Prakash, S., Deshwal, S., 2013. Alpha and Beta amylase activity of *Fagopyrum esculentum* (Buckwheat): A medicinal plant. *Janaki Med. Coll. J. Med. Sci.* 1(1), 53- 58.
- Prakash, S., Sharma, S., Yadav, K., Yadav, R., 2015. Biochemical analysis of amylases during germination of buckwheat (*Fagopyrum esculentum*) seeds: A pharmaceutical plant. *Int. J. Sci. Res. Method.* 2(1), 31-46.
- Radovic, S. R., Maksimovic, V. R., Varkonji-Gasic, E. I., 1996. Characterization of buckwheat seed storage proteins. *J. Agric. Food Chem.* 44(4), 972-974.
- Rice-Evans, C. A., Miller, N. J., Paganga, G., 1997. Antioxidant properties of phenolic compounds. *Trends Plant Sci.* 2, 152.
- Skerritt JH. 1986. Molecular comparison of alcohol-soluble wheat and buckwheat proteins. *Cereal Chem*, 63 (4) 365-369 Skerritt JH. 1986. Molecular comparison of alcohol-soluble wheat and buckwheat proteins. *Cereal Chem*, 63 (4) 365-369
- Skrabanja, V., Elmstahl, H.G.M.L., Kreft, I., Bjorck, I.M.E., 2001. Nutritional properties of starch in buckwheat products: Studies in vitro and in vivo. *J. Agric. Food Chem.* 49(1), 490-496.
- Skrabanja, V., Kreft, I., Golob, T., Modic, M., Ikeda, S., Ikeda, K., Kreft, S., Bonafaccia, G., Knapp, M., Kosmelj, K., 2004. Nutrient content in buckwheat milling fractions. *Cereal Chem.* 81, 172-176.
- Steadman, K. J., Burgoon, M. S., Scuster, R. L., Lewis, B. A., Edwardson, S. E., Obendorf, R. L., 2000. Fagopyritols, D-chiro-inositol, and other soluble carbohydrates in buckwheat seed milling fractions. *J. Agric. Food Chem.* 48, 2843-2847.
- Taira, H., Akimoto, A., Miyahara, T., 1986. Effect of seeding time on lipid content and fatty acid composition of buckwheat grains. *J. Agric. Food Chem.* 34, 14-17.

- Tomotake, H., Shimaoka, I., Kayashita, J., Koyama, F., Nakajoh, M., Kato, N. (2000). A buckwheat protein product suppresses gallstone formation and plasma cholesterol more strongly than soy protein isolate in hamsters. *J. Nutr.* 130, 1670-1674.
- Tomotake, H., Shimaoka, I., Kayashita, J., Nakajoh, M., Kato, N. (2002). Physicochemical and functional properties of buckwheat protein product *J Agric Food Chem.* 27;50(7):2125-9
- Tomotake, H., Yamamoto, N., Yanaka, N., Ohinata, H., Yamazaki, R., Kayashita, J., Kato, N., 2006. High protein flour suppresses hypercholesterolemia in rats and gallstone formation in mice by hypercholesterolemic diet and body fat in rats because of its low protein digestibility. *Nutrition.* 22, 166-173.
- Ueda, T., Coseo, M. P., Harrell, T.J., 2005. A multifunctional galactinol synthase catalyzes the synthesis of fagopyritol A1 and fagopyritol B1 in buckwheat seed. *Plant Sci.* 168, 681-690.
- Wieslander, G., 1996. Review on buckwheat allergy. *Allergy.* 51, 661-665.
- Wijngaard, H. H., Ulmer, H. M., Neumann, M., Arendt, E. K., 2005. The effect of steeping time on the final malt quality of buckwheat. *J. Inst. Brew.* 111(3), 275-281.
- Wojciki, J., Barcew, W.B., Samochowiec, L., Rozewicka, L., 1995. Extractum fagopyri reduces atherosclerosis in highfat diet fed rabbits. *Die Pharmazie.* 50, 560-562.
- Yoshimoto, Y., Egashira, T., Hanashiro, L., Qhinata, H., Takase, Y., 2004. Molecular structure and some physicochemical properties of buckwheat starches. *Cereal Chem.* 81, 515-520.
- Zielinski, H., Ciska, E., Kozłowska, H., 2001. The cereal grains: Focus on vitamin E. *Czech J. Food Sci.* 19, 182-188.