

CİLT: 1 SAYI: 1 2021

Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi

ISSN: 2822-4167



NECMETTİN ERBAKAN
ÜNİVERSİTESİ
EREĞLİ ZİRAAT
FAKÜLTESİ



NEÜ
PRESS

EREĞLİ TARIM BİLİMLERİ DERGİSİ

Eregli Journal of Agricultural Sciences (EJAS)

Cilt/Volume: 1, Sayı / Issue: 1 (Aralık / December 2021)

Ulusal Hakemli Dergi / National Peer Reviewed Journal

Sahibi / Owner

Necmettin Erbakan Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dekanlığı Adına /
On Behalf of Necmettin Erbakan University The Faculty of Agriculture
Prof. Dr. Önder TÜRKMEN

Baş Editör / Editor-in-Chief

Doç. Dr. Çeknas ERDİNÇ
Dr. Öğr. Üyesi Hasan CAN
Dr. Öğr. Üyesi Çetin PALTA

Yayın Türü / Publication Type

Ulusal Süreli Yayın / National Periodical

Yayın Periyodu / Publication Period

Yılda iki kez (Mart ve Eylül) yayınlanır / Published second-annual (March and September)

Baskı Tarihi / Print Date

Eylül/ September 2021

Yazışma Adresi / Correspondence Address

Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Orhaniye Mah. Üniversite Cad. no: 15 PK: 42310
Ereğli/KONYA

Tel / Phone: 0332 777 00 30

Web: <http://ereglitarimbilimleri.com>

E-posta / E-mail: info@ereglitarimbilimleri.com

Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi yılda iki kez yayınlanan ulusal hakemli bir dergidir /
Eregli Journal of Agricultural Sciences - EJASS is a national peer reviewed second-annual journal

E- ISSN: 2822-4167

YAYIN KURULU

Prof. Dr. Adem AKSOY
Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Tarım Ekonomisi Bölümü
aaksoy@atauni.edu.tr

Prof. Dr. Atilla DURSUN
Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Bahçe Bitkileri Bölümü
atilladursun@atauni.edu.tr

Prof. Dr. Babak Abdollahi MANDOULAKANI
Urmia University, Faculty of Agriculture and Natural Resources
Department of Plant Production and Genetics, Urmia, Iran
b.abdollahi@urmia.ac.ir

Prof. Dr. Hossein Shahsavand HASSANI
Shiraz University, College of Agriculture
Department of Agronomy and Plant Breeding, Iran
Shahsavand@shirazu.ac.ir

Prof. Dr. Nermin BİLGİÇLİ
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Mühendislik ve Mimarlık Fakültesi
Gıda Mühendisliği Bölümü
nerminbilgicli@erbakan.edu.tr

Prof. Dr. Yusuf UÇAR
Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü,
yusufucar@isparta.edu.tr

Doç. Dr. Ali Tefrik UNCU
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Fakültesi
Moleküler Biyoloji ve Genetik Bölümü
atuncu@erbakan.edu.tr

Doç. Dr. Emre DEMİRER DURAK
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Bitki Koruma Bölümü
emredemirer@yyu.edu.tr

Doç. Dr. Neşe OKUT
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Tarla Bitkileri Bölümü
neseokut@yyu.edu.tr

Doç. Dr. Serhat KARACA
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Zootekni Bölümü
skaraca@yyu.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Gamze PEKBAY
Yozgat Bozok Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Bitki Koruma Bölümü
gamze.pekbay@yobu.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Gonca ÖZMEN ÖZBAKIR
Harran Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Zootehni Bölümü
gozmenozbakir@harran.edu.tr

Dr. Öğr. Üyesi Mustafa TERİN
Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi
Tarım Ekonomisi Bölümü
mustafaterin@yyu.edu.tr

Dr. Kazım GÜR
Bahri Dağdaş Uluslararası Tarımsal Araştırma Enstitüsü
Bitki Yetiştirme Teknikleri Bölümü
kazimgurl@yahoo.com

Yabancı Dil Editörü / Foreign Language Editor

Dr. Öğr. Üyesi Zeliha ÜSTÜN ARGON
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Konya/Türkiye
ustun.zeliha@gmail.com

Yazım ve Dil Editörleri / Spelling and Language Editors

Araş. Gör. Muhammet İslam IŞIK
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Konya/Türkiye
Muhammetisik33@gmail.com

Mizanpaj Editörü/Layout Editor

Dr. Öğr. Üyesi Aras TÜRKÖĞLU
Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Konya/Türkiye
arash8643@gmail.com

Sayı Hakemleri / Reviewers of The Issue

Prof. Dr. Hacer Handan ALTINOK (Erciyes Üniversitesi)
Prof. Dr. Mustafa PAKSOY (Selçuk Üniversitesi)
Doç. Dr. Aytakin EKİNCİALP (Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi)
Doç. Dr. Emre DEMİRER DURAK (Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi)
Doç. Dr. Musa SEYMEN (Selçuk Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Azize DOĞAN DEMİR (Bingöl Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Halil İbrahim ÖZTÜRK (Erzincan Binali Yıldırım Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Hasan CAN (Necmettin Erbakan Üniversitesi)
Dr. Öğr. Üyesi Pelin ALABOZ (Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi)
Dr. Bestenur YALÇIN (Bahçeşehir Üniversitesi)
Dr. Faruk KARAHAN (Hatay Mustafa Kemal Üniversitesi)

İÇİNDEKİLER/CONTENTS

Araştırma Makalesi/Research Article

<i>Bazı Kavun Genotiplerinin Morfolojik ve Pomolojik Özelliklerinin Belirlenmesi</i> Necibe KAYA, Önder TÜRKMEN.....	1
<i>Erciş Üzüm Çeşidinde Bağ Küllemesi Hastalığına (Erysiphe necator Schwein) Karşı Mücadele Olanakları</i> Esra YILDIRIM, Semra DEMİR, Gökhan BOYNO.....	20
<i>Farklı Düzeylerde Su Kısıntısı Uygulamalarının Kinoa Bitkisinin Bazı Verim Parametreleri Üzerine Etkisi</i> Şefik TÜFENKÇİ.....	27
<i>Determination of Genetic Diversity and Screening of BCMV and BCMNV Resistance in Some Bean Genotypes Using Molecular Markers</i> Ayşe Nur ÇETİN, Ali Tefvik UNCU, Önder TÜRKMEN.....	38
<u>Derleme Makalesi/Review Article</u>	
<i>Tarım Topraklarında Ağır Metaller; Kökenleri, Yayılışları ve Etkileri</i> İbrahim İlker ÖZYİĞİT.....	46

Bazı Kavun Genotiplerinin Morfolojik ve Pomolojik Özelliklerinin Belirlenmesi

Necibe KAYA^{1,a} Önder Türkmen^{1,2,*},^b

¹Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Konya, Türkiye

²Necmettin Erbakan Üniversitesi, Ereğli Ziraat Fakültesi, Konya, Türkiye

*Sorumlu Yazar e-mail: turkmenonder@hotmail.com

^aORCID: (<https://orcid.org/0000-0003-3218-6551>), ^bORCID: (<https://orcid.org/0000-0001-7104-8544>)

Makale Bilgileri	ÖZ
Makale Geçmişi Geliş: 12.11.2021 Kabul: 29.12.2021 Yayın: 31.12.2021	
Anahtar Kelimeler: Kavun (<i>Cucumis melo</i> L.), Genetik kaynaklar, Morfolojik özellikler.	<p>Bu çalışmada Beta Tarım A.Ş.'nin genetik havuzundaki 305 adet kavun genotipi kullanılmış olup kendilemeleri yapılmış ve kademe ilerlemesi (S1) gerçekleştirilmiştir. Çalışmada amacımıza uygun olarak belirlenen ölçüm ve gözlemler UPOV parametrelerinden yararlanılarak yapılmıştır (UPOV, 2006). Elde edilen ölçüm ve gözlemler sonucunda yaprak şekli; %20,98 üç loblu, % 0,98 derin üç loblu, %46,5 derin beş loblu, %17,3 beş lob, %13,44 tam, %0,65 diğer olarak bulunurken, yaprak rengi %19,7 koyu yeşil, %79,9 yeşil olarak saptanmıştır. Yaprak ayasında loblarn gelişimi % 53,6 derin, % 31,2 orta ve %15,1 yüzeysel bulunmuştur. Yaprak ayası uzunluğu; %79,78 geniş ve %20,2 orta ve yaprak ayası genişliği %59,2 orta, %15,6 geniş ve % 25,17 dar olarak saptanmıştır. Yaprak sap uzunluğu %60,6 orta, %20,2 kısa ve %19,1 uzun olarak tespit edilmiştir. Kendilemeler sonucunda 277 genotipte meyve tutumu gerçekleşmiş ve bunlar ile ilgili yapılan gözlemlerden meyve şeklinin %64,1 yuvarlak, %32,6 oval, %2,5 uzun olarak tespit edilmiştir. Baskın meyve kabuk rengi; %1,8 koyu yeşil, %1,8 yeşil, %2,1 soluk yeşil, %6,1 siyah yeşil, %14,8 açık sarı, %22,3 turuncu ve %50,18 koyu sarı; kabuktaki ikincil renk dağılımı %2,8 siyah yeşil, %1,4 açık sarı %40 yeşil ve %54,8 koyu yeşil olarak saptanmıştır. İkincil meyve kabuk rengi deseni %9,3 yok ve %89,5 benekli; meyve yüzeyi %1,8 damarlı, %2,5 az ağı, %3,2 düz, %4,3 çok ağı, %15,1 yüzeysel dalgalı ve %72,5 yüzeysel buruşuk olarak tespit edilmiştir. Meyve ucu şekli %48,7 yuvarlak ve %51,2 sivri olarak saptanmıştır. Çalışmamızda meyve boy, meyve çapı, meyve et kalınlığı, çekirdek evi büyüklüğü ve SÇKM, pH oranları ortalama olarak sırasıyla 13,25 cm, 12,53 cm, 26,10 mm, 70,68 mm, 9,05 brix° ve 5,79 olarak tespit edilmiştir. Deneme sonucunda genotiplerin morfolojik özelliklerine bakıldığında genetik çeşitliliğin yeterli olabileceği düşünülmektedir.</p>

Determination Morphological Characteristics of Some Melon Genotypes

Article Info	ABSTRACT
Article History Received: 12.11.2021 Accepted: 29.12.2021 Published: 31.12.2021	
Keywords: Melon, Genetic resources, Morphological features.	<p>This study was carried out to examine some morphological and pomological features of 305 melon genotypes (<i>Cucumis melo</i> L.) in the genetic pool of Beta Agriculture Inc. were used and they were selfing and progressed (S1). Measurements and observations determined in accordance with our purpose in the study were made by using UPOV parameters (UPOV, 2006). As a result of the measurements and observations obtained, the leaf shape is 20.98% three-lobed, 0.98% deep three-lobed, 46.5% deep five-lobed, 17.3% five-lobed, 13.44% full, 0.65% other the leaf color is 19.7% dark green, 66.4% green. The development of the lobes in the leaf blade was 53.6% strong, 31.2% medium and 15.1% weak. Leaf blade length; 79.78% wide and 20.2% medium and leaf blade width 59.2% medium, 15.6% wide and 25.17% narrow. The petiole length was determined as 60.6% medium, 20.2% short and 19.1% long. As a result of the self-breeding 277 genotype fruit attitudes, the observations on these were found to be 64.13% round, 32.6% oval, 2.5% long in the shape of the fruit. The dominant fruit shell color is 1.8% dark green, 1.8% green, 2.1% pale green, 6.1% black green, 14.8% light yellow, 22.3% orange and 50.18% dark yellow; the secondary color distribution in the shell is 2.8% black green, 1.4% light yellow 40% green and 54.8% dark green. The secondary fruit shell color pattern is 9.3% absent and is 89.5% speckled spotted; the fruit surface is 1.8% veiled, 2.5% low net, 3.2% flat, 4.3% multi-web, 15.1% superficial wavy and 72.5% superficial wrinkled. The shape of the fruit tip is 48.7% round and 51.2% pointed. In our study, fruit size, fruit width, fruit meat thickness, seed house size and, TSS, pH rates were determined on average 13,25 cm, 12,53 cm, 26,10 mm, 70,68 mm, 9,05 brix° and 5,79 respectively. As a result of the trial, the morphological properties of genotypes are considered to be sufficient for genetic diversity.</p>



GİRİŞ

Türkiye, pek çok bitki türünün ya birincil ya da ikincil gen merkezidir. Bunun yanında da kültüre alınmış pek çok türde zengin genetik çeşitlilik ile dikkat çeken bir durumdadır (Sarı ve ark., 2008). Kavunun gen merkezi hakkında kesin bir bilgi olmamakla birlikte Afrika olarak kabul edilmekte olup, Anadolu kavunun ikincil gen merkezidir (Şensoy ve ark., 2007). Doğu Anadolu bölgesinin ve özellikle Van yöresinin önemli bir mikro gen merkezi olduğu da bildirilmiştir (Robinson ve Decker-Walters, 1997). Ülkemizde 1.753.942 ton kavun üretimi yapılmaktadır (FAO, 2018). Türkiye’de; Adana ili 202.233 ton, Konya ili 148.026 ton, Antalya ili 110.064 ton, Ankara ili 109.625 ton ve Manisa ili 99.637 ton ile en fazla kavun yetiştiriciliği yapılan iller arasındadır (TÜİK, 2018). Türkiye sahip olduğu iklim koşulları nedeniyle her bölgesinde kavun yetiştiriciliğinin yapılması mümkündür. Kavun yetiştiriciliği genellikle açık arazide yapılmakla birlikte Akdeniz Bölgesi’nde çoğunlukla örtü altı tarımı şeklinde de yapılmaktadır.

Farklı coğrafik bölgelerden tanımlanmış yabani ve kültüre alınmış birçok kavun tipi bulunmaktadır (Pitrat ve ark., 2000). Bu tipler içinde yaprak, bitki ve meyve karakterleri bakımından yüksek düzeyde morfolojik çeşitlilik vardır. Morfolojik varyasyonlar bitki ıslahı çalışmalarında büyük bir öneme sahiptir. Çünkü yetiştirilen türler içerisinde bulunan varyasyonların bilinmesi ve bu varyasyonun dağılışı durumu ıslah programlarının uygulanması açısından çok önemlidir (Bliss, 1981). Ülkemizde *Cucurbitaceae* familyasına giren farklı türlerde meyve özelliklerine göre çeşit tanımlamaları yapılmış ve mevcut morfolojik varyasyonlar ayrıntılı olarak ortaya konulmuştur (Mısır, 2012; Dal ve ark., 2016; Ermiş ve Aras, 2017; Kayak ve ark., 2020). Yapılan bir çalışmada 64 adet kavun çeşitinde morfolojik tanımlama çalışması yapılmış ve çeşitler arasında büyük bir varyasyonun olduğunu tespit etmişlerdir (Ermiş ve Aras, 2017). Farklı bölgelerden temin edilen 43 kavun populasyonunda morfolojik çeşitliliğinin belirlenmesi amacıyla yapılan bir çalışmada morfolojik ve fenolojik veriler ışığında önemli bir varyasyonun olduğu belirtilmiştir (Mısır, 2012). Başka bir çalışmada ise kavun genetik kaynaklarından seçilen 68 genotipte ortalama bitki boyu, ana gövde çapı, ana gövde de boğum sayısı, meyve ağırlığı, meyvede mühür büyüklüğü, meyve eti kalınlığı, meyvede kabuk kalınlığı, meyvede SÇKM ve pH sırası ile; 77.31 cm, 4.58 mm, 6.35 adet/bitki, 673.29 g, 8.06 mm, 12.66 mm, 6.68 mm, %6.98, 5.85 olarak bulmuşlardır (Dal ve ark., 2016). 83 kavun melez hattının bazı morfolojik ve agronomik özelliklerini UPOV parametrelerine göre incelemişler. Çalışma sonucunda, yaprak, çiçek meyve ve tohumlardaki morfolojik özellikler bakımından bazı farklılıklar oluşmuş (Kayak ve ark., 2020)

Çalışmamızda 305 adet kavun genotipinde kendilemeleri yapılmış ve kademe ilerlemesi (S1) gerçekleştirilmiş olup bazı morfolojik ve pomolojik özellikleri saptanmıştır ve ıslah çalışmalarına basamak olması amaçlanmıştır.

MATERYAL ve YÖNTEM

Beta Ziraat ve Ticaret A.Ş.’ye ait 4700 hat 2018 yılında firma olanakları ile arazi koşullarında ön gözlemleri alınmış ve 1200’e indirgenmiştir. Bu materyallerde yapılan ölçüm ve gözlemler doğrultusunda ön çalışmalarda ümitvar bulunan 305 genotipte çalışmaya başlanılmıştır. Araştırma, Konya Gıda Tarım Üniversitesi’ne ait Çumra’da bulunan araştırma ve uygulama serasında 2019 yılında yürütülmüştür. Çalışmaya serada viyollere 23.03.2019 tarihinde tohum ekimi ile başlanmıştır. Serada toprak hazırlıkları tamamlandıktan sonra 23.04.2019 tarihinde viyollerde fide haline getirilen bitkilerin dikim işlemleri sabah saatlerinde, 90x50cm mesafelerle her

genotipten 10 adet olacak şekilde damlatıcıların yanına dikilmişlerdir. Dikimlerden 7-10 gün sonra 1. çapalama, ilk çapadan bir hafta sonra 2. çapalama işlemi yapılmıştır. Dikimlerden üç hafta sonra ip atma ve bağlama işlemleri yapılmıştır. İp bağlama işlemi ile birlikte gövde üzerindeki sürgünler temizlenerek (budama) ve ipe dolama işlemi yapılmıştır. Çalışmada amacımıza uygun olarak belirlenmiş, 26 adet UPOV parametrelerinden yararlanılarak ölçüm ve gözlemler yapılmıştır (UPOV, 2006). Bu ölçüm ve gözlemler; bitki boğum sayısı, boğum arası uzunluk, yaprak şekli, yaprak rengi, yaprak lobluluğu, yaprak ayası uzunluğu, yaprak ayası genişliği, yaprak sapı uzunluğu, yaprak sapı tüylülüğü, çiçek tipi, dişi çiçek/erkek çiçek oranı, meyve şekli, meyve büyüklüğü, baskın meyve kabuk rengi, kabuktaki ikincil renk dağılımı, kabuk desen rengi (ikincil kabuk rengi), meyvede ağlanma durumu, meyve sapı uzunluğu, meyve taban şekli, meyve ucu şekli, mühür büyüklüğü, meyve eti kalınlığı, kabuk kalınlığı, meyve eti rengi, meyvede SÇKM ve pH'dır. Morfolojik ve pomolojik özelliklere ait kriterlerin dağılım oranları tüm genotiplerde yüzde (%) şeklinde verilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Morfolojik karakterizasyon çalışmaları, amacımıza uygun olarak belirlenmiş UPOV kriterlerine göre 26 özellik bakımından yapılmıştır. Morfolojik özelliklere ait kriterlerin dağılım oranları tüm genotiplerde yüzde (%) şeklinde verilmiştir.

Tablo1. *S1 Kademesindeki Genotiplerden Alınan Bitki ve Yaprak Gözlemleri*

Genoti P	A	B	C	D	E	F	G	H	I
G1	Orta	Kısa-Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G2	Az	Kısa	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G3	Az	Kısa	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G4	Orta	Kısa	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G5	Orta	Kısa	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G6	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G7	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G8	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G9	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Yüzeysel	Orta	Orta	Kısa	Tüylü
G10	Az	Kısa	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G11	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G12	Çok	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G13	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Kısa	Tüylü
G14	Çok	Uzun	Üç lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G15	Az	Kısa	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G16	Orta	Uzun	Üç lob	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G17	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Orta	Geniş	Orta	Tüylü
G18	Orta	Kısa	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G19	Az	Uzun	Üç lob	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G20	Orta	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G21	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G22	Orta	Kısa-Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G23	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Kısa	Tüylü
G24	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G25	Orta	Kısa-Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Orta	Orta	Kısa	Tüylü
G26	Orta	Kısa	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Orta	Orta	Kısa	Tüylü
G27	Çok	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G28	Az	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G29	Orta	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Orta	Orta	Kısa	Tüylü
G30	Orta	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G31	Az	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G32	Az	Kısa	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G33	Çok	Uzun	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G34	Çok	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G35	Çok	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G36	Çok	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü

Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi

G37	Orta	Uzun	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G38	Az	Orta	Üç lob	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G39	Az	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G40	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G41	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G42	Orta	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G43	Orta	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G44	Orta	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G45	Çok	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G46	Çok	Uzun	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G47	Çok	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G48	Orta	Kısa-Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G49	Az	Kısa-Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G50	Orta	Kısa-Orta	Üç lob	Yeşil	Yüzeysel	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G51	Az	Kısa	Üç lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G52	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G53	Az	Kısa	Üç lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G54	Çok	Uzun	Üç lob	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G55	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G56	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G57	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G58	Çok	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G59	Çok	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G60	Çok	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G61	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G62	Orta	Orta	Tam	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G63	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G64	Az	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Orta	Geniş	Orta	Tüylü
G65	Çok	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G66	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Derin	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G67	Az	Kısa	Üç lob	Yeşil	Derin	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G68	Orta	Kısa	Üç lob	Yeşil	Derin	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G69	Az	Kısa	Üç lob	Yeşil	Derin	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G70	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G71	Orta	Orta	Tam	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G72	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G73	Az	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Orta	Geniş	Orta	Tüylü
G74	Çok	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G75	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Derin	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G76	Orta	Kısa-Orta	Derin üç lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G77	Orta	Orta	Derin üç lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G78	Çok	Orta	Üç lob	Yeşil	Derin	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G79	Orta	Kısa-Orta	Üç lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G80	Az	Kısa	Derin üç lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G81	Orta	Uzun	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G82	Az	Uzun	Tam	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G83	Az	Kısa	Üç lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G84	Orta	Uzun	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G85	Orta	Uzun	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Orta	Orta	Uzun	Tüylü
G86	Orta	Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G87	Orta	Kısa-Orta	Üç lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G88	Çok	Uzun	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G89	Çok	Uzun	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G90	Çok	Orta	Diğer	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G91	Çok	Uzun	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G92	Orta	Uzun	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G93	Orta	Orta	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G94	Orta	Kısa	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G95	Orta	Uzun	Beş loblu	Yeşil	Orta	Geniş	Geni	Orta	Tüylü
G96	Orta	Orta	Beş loblu	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G97	Az	Kısa	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G98	Orta	Kısa-Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G99	Orta	Uzun	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü

Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi

G100	Çok	Orta	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G101	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G102	Çok	Uzun	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G103	Çok	Orta	Beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G104	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G105	Orta	Uzun	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G106	Orta	Uzun	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G107	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G108	Az	Kısa	Beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G109	Orta	Uzun	Derin beş lob	Açık Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G110	Orta	Orta	Beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G111	Orta	Orta	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G112	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G113	Çok	Orta	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G114	Çok	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G115	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G116	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G117	Orta	Orta	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G118	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G119	Orta	Kısa-Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G120	Az	Kısa	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G121	Orta	Kısa-Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G122	Orta	Uzun	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G123	Orta	Kısa-Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G124	Çok	Kısa-Orta	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G125	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G126	Orta	Orta	Beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G127	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G128	Çok	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G129	Az	Orta	Beş lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G130	Orta	Orta	Beş lob	Yeşil	Yüzeysel	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G131	Az	Kısa	Beş lob	Yeşil	Orta	Orta	Dar	Kısa	Tüylü
G132	Az	Kısa	Beş lob	Yeşil	Orta	Orta	Dar	Kısa	Tüylü
G133	Az	Kısa	Beş lob	Yeşil	Derin	Orta	Dar	Kısa	Tüylü
G134	Az	Orta	Beş lob	Yeşil	Orta	Orta	Dar	Orta	Tüylü
G135	Orta	Orta	Beş lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G136	Az	Kısa	Beş lob	Yeşil	Orta	Orta	Dar	Kısa	Tüylü
G137	Az	Kısa	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G138	Orta	Orta	Beş lob	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G139	Orta	Kısa	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G140	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G141	Orta	Uzun	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G142	Orta	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G143	Orta	Uzun	Beş lob	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G144	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G145	Az	Kısa	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G146	Orta	Uzun	Diğer	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G147	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G148	Orta	Uzun	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G149	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G150	Orta	Uzun	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G151	Çok	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G152	Çok	Uzun	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G153	Çok	Orta	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G154	Çok	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G155	Az	Kısa-Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G156	Orta	Orta	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G157	Orta	Orta	Tam	Açık Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G158	Orta	Orta	Beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G159	Orta	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G160	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G161	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G162	Çok	Uzun	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü

Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi

G163	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G164	Çok	Uzun	Beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G165	Çok	Kısa-Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G166	Orta	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Orta	Geniş	Orta	Tüylü
G167	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G168	Orta	Orta	Tam	Açık Yeşil	Yüzeysel	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G169	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G170	Az	Kısa-Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G171	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G172	Orta	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G173	Orta	Kısa-Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G174	Çok	Orta	Beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G175	Çok	Uzun	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G176	Çok	Uzun	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G177	Çok	Uzun	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G178	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G180	Çok	Uzun	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G181	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G183	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G184	Çok	Kısa-Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G185	Orta	Kısa	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G188	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G189	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G190	Çok	Kısa	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G191	Çok	Uzun	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G192	Orta	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G193	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G194	Çok	Orta	Beş lob	Koyu Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G195	Orta	Kısa-Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G196	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G197	Çok	Orta	Beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G198	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G199	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G200	Çok	Uzun	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G201	Orta	Kısa-Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Orta	Dar	Kısa	Tüylü
G202	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G203	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G204	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G205	Orta	Uzun	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G206	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G207	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G208	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G209	Çok	Uzun	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Orta	Tüylü
G210	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G211	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G212	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G213	Çok	Orta	Beş Loblu	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G214	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G215	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G216	Orta	Kısa	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G217	Çok	Orta	Beş Loblu	Yeşil	Derin	Geniş		Uzun	Tüylü
G218	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G219	Orta	Uzun	Tam	Koyu Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G220	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Uzun	Tüylü
G221	Çok	Uzun	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G222	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G223	Orta	Uzun	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G224	Orta	Kısa	Beş lob	Yeşil	Orta	Orta	Dar	Orta	Tüylü
G225	Çok	Uzun	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G226	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G227	Orta	Kısa	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G228	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G229	Orta	Kısa	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G230	Orta	Kısa	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü

Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi

G231	Çok	Uzun	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G232	Orta	Orta	Beş lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G233	Az	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G234	Az	Orta	Beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G235	Az	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G236	Az	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G237	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G238	Orta	Kısa-Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G239	Orta	Kısa-Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G240	Çok	Kısa-Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G241	Çok	Uzun	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G242	Orta	Uzun	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Uzun	Tüylü
G243	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G244	Az	Kısa	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Dar	Dar	Kısa	Tüylü
G245	Az	Kısa-Orta	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G246	Orta	Orta	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G247	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G248	Orta	Uzun	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G249	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G250	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G251	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G252	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G253	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G255	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G256	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G257	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G258	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G259	Orta	Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Orta	Orta	Kısa	Tüylü
G260	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G261	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G262	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G263	Orta	Kısa	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Orta	Dar	Orta	Tüylü
G264	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Orta	Dar	Orta	Tüylü
G265	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G266	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G267	Çok	Kısa-Orta	Derin beş lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G268	Çok	Kısa-Orta	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G269	Çok	Kısa-Orta	Beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G270	Orta	Orta	Tam	Koyu Yeşil	Yüzeysel	Orta	Orta	Kısa	Tüylü
G271	Orta	Kısa-Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Orta	Dar	Kısa	Tüylü
G272	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G273	Orta	Orta	Tam	Koyu Yeşil	Yüzeysel	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G274	Çok	Kısa-Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Uzun	Tüylü
G275	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G276	Çok	Kısa-Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G277	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G278	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G279	Çok	Uzun	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G280	Çok	Uzun	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G281	Orta	Kısa-Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G282	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G283	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G284	Orta	Kısa	Tam	Yeşil	Yüzeysel	Orta	Orta	Kısa	Tüylü
G285	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G286	Çok	Uzun	Beş lob	Yeşil	Orta	Geniş	Geniş		Tüylü
G287	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G288	Çok	Kısa-Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Kısa	Tüylü
G289	Çok	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G290	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Kısa	Tüylü
G291	Orta	Orta	Beş lob	Koyu Yeşil	Orta	Orta	Orta	Kısa	Tüylü
G292	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G293	Çok	Kısa-Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G294	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Dar	Orta	Tüylü
G295	Orta	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Orta	Orta	Kısa	Tüylü

G296	Orta	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Orta	Orta	Kısa	Tüylü
G297	Orta	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Orta	Orta	Kısa	Tüylü
G298	Orta	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Orta	Orta	Kısa	Tüylü
G299	Orta	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Orta	Orta	Kısa	Tüylü
G300	Orta	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Orta	Orta	Kısa	Tüylü
G301	Çok	Orta	Beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G302	Çok	Uzun	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G303	Orta	Kısa-Orta	Beş lob	Yeşil	Orta	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G304	Çok	Orta	Derin beş lob	Koyu Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Uzun	Tüylü
G305	Çok	Orta	Beş lob	Yeşil	Derin	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G306	Çok	Orta	Beş lob	Koyu Yeşil	Orta	Orta	Orta	Uzun	Tüylü
G307	Çok	Orta	Beş lob	Koyu Yeşil	Orta	Geniş	Geniş	Uzun	Tüylü
G308	Orta	Orta	Derin beş lob	Yeşil	Derin	Orta	Orta	Orta	Tüylü
G309	Orta	Uzun	Beş lob	Koyu Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü
G310	Orta	Uzun	Beş lob	Koyu Yeşil	Orta	Geniş	Orta	Orta	Tüylü

Açıklamalar: A: Bitki Boğum Sayısı, B: Bitki Boğum Arası Uzunluk, C: Yaprak Şekli, D: Yaprak Rengi, E: Yaprak Lobluluğu, F: Yaprak Ayası Uzunluğu, G: Yaprak Ayası Genişliği, H: Yaprak Sapı Uzunluğu, I: Yaprak Sapı Tüylülüğü

Yukarıda Tablo 1 incelendiğinde, yaprak şekli; %20,98 üç loblu, % 0,98 derin üç loblu, %46,5 derin beş loblu, %17,3 beş lob, %13,44 tam, %0,65 diğer ve yaprak rengi %19,7 koyu yeşil, %79,9 yeşil, %0,98 açık yeşil olarak tespit edilmiştir. Yaprak ayasında lobların gelişimi, % 53,6 derin, % 31,2 orta ve %15,1 yüzeysel olarak bulunmuştur. Yaprak ayası uzunluğu; %79,78 geniş ve %20,2 orta ve yaprak ayası genişliği %59,2 orta, %15,6 geniş ve % 25.17 dar olarak saptanmıştır. Yaprak sap uzunluğu tüm genotiplerde; %60,6 orta %20,2 kısa ve %19,1 uzun olarak tespit edilmiştir. Yaprak sapı tüylülüğü tüm genotiplerde tüylü olarak saptanmıştır. Çiçek yapısının tamamının andromonoik ve taç yaprak renginin de tamamının canlı sarı olduğu saptanmıştır.

Konya ilinin Çumra bölgesinde yapılan bir çalışmada; 83 adet kavun melez hattında morfolojik ölçümler sonucunda; yaprak karakteri %29,06 tekli, %34,88 beşli, %36,04 üçlü ve yaprak lobluluğu %56,97 orta, %25,58 sığ, %17,44 derin olarak saptamışlardır. Yaprak rengi incelendiğinde %89,53 koyu yeşil ve yaprak sapı rengi %63,95 koyu yeşil, %22,09 açık yeşil, %13,95 yeşil tespit etmişlerdir (Kayak ve ark., 2020). Bizim çalışmamızda yaprak şekli % 66,1 derin beş loblu ve derin olarak tespit edilmiş, Kayak vd, 2020'nin yaptığı çalışmayla farklılık görülmektedir. Bu farklı değerlerin genetik yapıdan kaynaklanacağı düşünülmektedir. 75 adet hat ve 3 adet ticari çeşit ile yapılan başka bir çalışmada; hibrit bireyler bitki gücü bakımından genel olarak %45 oran ile "Güçlü", %35 oran ile "Çok güçlü" olduğunu belirlemişlerdir. Yapılan gözlemler sonucunda hibritlerde ve kontrol grubu olan ticari çeşitler arasında belirgin yaprak rengi bakımından bir farklılık bulunmamış, tüm bitkilerde yaprak renginin "Yeşil" olduğunu belirlenmişlerdir (Seçim, 2019). 43 adet kavun popülasyonunda yapılan başka bir çalışmada gövde rengi açık yeşil; yaprak sapı duruşu dik; yaprak sapı rengi yeşil; dişi çiçek sayısı/erkek çiçek sayısı oranı çoğunlukla erkek; çiçek rengi sarı olarak tespit etmişlerdir (Mısır, 2012). Bizim araştırmamızda da çiçek rengi tüm örneklerde sarı olarak saptanarak Mısır ile paralel bir sonuç elde edilmiştir.

Araştırmaya konu olan kavun genotiplerinde yapılan kendilemeler sonucunda 277 genotipte meyve tutumu gerçekleşmiş; meyve şekli %64,13 yuvarlak, %32,6 oval, %2,5 uzun olarak tespit edilmiştir. Baskın meyve kabuk rengi; %1,8 koyu yeşil, %1,8 yeşil, %2,1 soluk yeşil, %6,1 siyah yeşil, %14,8 açık sarı, %22,3 turuncu ve %50.18 koyu sarı ve kabuktaki ikincil renk dağılımı %2,8 siyah yeşil, %1,4 açık sarı %40 yeşil ve %54,8 koyu yeşil olarak saptanmıştır (Tablo 2). İkincil meyve kabuk rengi deseni; %9,3 yok ve %89,5 benekli olarak tespit edilmiştir. Meyve yüzeyi %1,8 damarlı, %2,5 az ağılı, %3,2 düz, %4,3 çok ağılı, %15,1 yüzeysel dalgalı ve %72.5 yüzeysel buruşuk ve meyve ucu şekli %48.7 yuvarlak ve %51.2 sivri olarak saptanmıştır. Çiçek izi şekli tüm genotiplerde yuvarlak bulunmuştur (Tablo 2).

Bahçivancı (2012),17 adet yerel kavun genotipinde meyvelerde boyuna kesidinin şekli %

47,1’inde obovat, % 29,4’ünde kutupları yassılaşımiş ve % 11,8’inde orta eliptik, % 5,9’unda geniş eliptik, % 5,9’unda ise dörtgen şeklinde olduğunu belirtmiştir. Yapılan başka bir çalışmada ise meyve boyuna kesit %41,6 yuvarlak, %26,1 eliptik, %11,9 basık, %10,7 geniş eliptik, %3,5 yumurtamsı, %2,3 ters yumurta ve baskın meyve yüzey ana rengini %83,3 yeşil olarak saptamışlardır (Kayak ve ark., 2020). (Seçim, 2019), çalışmasında saf hat, hibrit ve ticari çeşitlerde meyveler üzerinde yapılan gözlem ve ölçüm sonucunda meyvede olgunluk öncesi kabuk rengi %100 yeşil ve meyvede ikincil renk dağılımı %100 koyu yeşil olarak tespit etmiştir. Hibritlerde meyve taban şekli 13 genotipte ve ticari kontrol çeşitlerinin tamamında “Yuvarlak”, 7 genotipte ise “Düz” olduğu belirlenmişlerdir. Saf hatlarda meyve taban şeklinin 14 hatta “Yuvarlak”, 7 hatta ise “Düz” olduğu tespit etmiştir. Dal vd., (2016) çalışmalarında kabuktaki ikincil renk dağılımı %18.8’i yok, %28.30’u benekli, %30.18’i lekeli, %13.20’si bantlı ve %9.43’ü çizgili olup kabuk desen rengi; %92.4’ünde yeşil, %7.5’inde sarı olarak bulunurken olgunluk öncesi meyve kabuk zemin rengi % 3.7’sinde sarı, %5.6’sında gri yeşil, %90.5’inde yeşil olarak bulunmuştur. Bizim çalışmamızla diğer çalışmalar arasında farklılıklar görülmektedir. Bu farklı değerlerin genetik yapıdan kaynaklanacağı düşünülmektedir.

Tablo 2. S1 Kademesinde Kendilenmiş Genotiplerden Alınan Meyve Gözlemleri

Genotip	A	B	C	D	E	F	G
G1	Oval	Açık sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G3	Uzun	Koyu sarı	Açık sarı	Yok	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G4	Oval	Kahverengi	Yeşil	Yok	Çok ağılı	Yuvarlak	Yuvarlak
G5	Oval	Koyu sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G6	Oval	Koyu yeşil	Koyu yeşil	Yok	Çok ağılı	Yuvarlak	Yuvarlak
G7	Uzun	Koyu sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G8	Oval	Açık sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G9	Uzun	Koyu sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G10	Oval	Kahverengi	Yeşil	Benekli	Çok Ağılı	Sivri	Yuvarlak
G11	Oval	Yeşil	Koyu yeşil	Yok	Çok Ağılı	Yuvarlak	Yuvarlak
G12	Yuvarlak	Yeşil	Koyu yeşil	Yok	Çok Ağılı	Yuvarlak	Yuvarlak
G13	Armudi	Koyu sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G14	Uzun	Koyu sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G15	Yuvarlak	Koyu sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G16	Oval	Koyu sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G19	Oval	Soluk yeşil	Yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G20	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G21	Oval	Koyu sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G22	Yuvarlak	Koyu sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G23	Yuvarlak	Açık sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G24	Yuvarlak	Açık sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G25	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G26	Yuvarlak	Koyu sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G27	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G28	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G29	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G30	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G31	Oval	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G32	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G33	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G34	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G35	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G36	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G37	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G38	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G39	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G40	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G41	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G42	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G43	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G44	Oval	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G45	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak

Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi

G47	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G48	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G49	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G50	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G52	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G53	Oval	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G54	Yuvarlak	Açık Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G56	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G57	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G59	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G60	Oval	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G61	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G62	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G63	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G64	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G65	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G66	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G67	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Yok	Damarlı	Sivri	Yuvarlak
G68	Yuvarlak	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G69	Yuvarlak	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G70	Oval	Açık Sarı	Açık Sarı	Yok	Çok Ağlı	Yuvarlak	Yuvarlak
G71	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Düz	Yuvarlak	Yuvarlak
G72	Yuvarlak	Açık Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G73	Oval	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G74	Oval	Siyah Yeşil	Koyu yeşil	Yok	Damarlı	Sivri	Yuvarlak
G75	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G76	Oval	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G77	Yuvarlak	Koyu Yeşil	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G78	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G79	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G80	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G81	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Düz	Sivri	Yuvarlak
G82	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G83	Oval	Siyah Yeşil	Koyu yeşil	Kısa Çizgili	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G84	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G85	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G86	Uzun	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G87	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G88	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G89	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G90	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G91	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G92	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Düz	Yuvarlak	Yuvarlak
G93	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G94	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel Buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G95	Yuvarlak	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G96	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G97	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G98	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G99	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Çok Ağlı	Sivri	Yuvarlak
G100	Yuvarlak	Yeşil	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G102	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G103	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G104	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G105	Oval	Açık Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G107	Oval	Siyah Yeşil	Siyah Yeşil	Yok	Damarlı	Sivri	Yuvarlak
G108	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G109	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G110	Oval	Siyah Yeşil	Siyah Yeşil	Yok	Damarlı	Yuvarlak	Yuvarlak
G111	Oval	Siyah Yeşil	Siyah Yeşil	Yok	Az Ağlı	Sivri	Yuvarlak
G112	Yuvarlak	Açık Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G113	Oval	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G114	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G115	Oval	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak

Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi

G116	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G117	Oval	Açık Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G118	Oval	Açık Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G119	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G120	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G121	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G122	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Az Ağlı	Sivri	Yuvarlak
G123	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel Buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G124	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G125	Yuvarlak	Soluk Yeşil	Yeşil	Yok	Çok Ağlı	Yuvarlak	Yuvarlak
G127	Yuvarlak	Koyu Yeşil	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G130	Oval	Soluk Yeşil	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G131	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G132	Yuvarlak	Koyu Sarı	Açık Sarı	Yok	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G133	Yuvarlak	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G134	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G136	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G137	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G138	Oval	Açık Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G139	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G140	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G141	Yuvarlak	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G142	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G143	Oval	Soluk Yeşil	Koyu yeşil	Benekli	Diğer	Sivri	Yuvarlak
G144	Yuvarlak	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G145	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G146	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G147	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G148	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G149	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G150	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G151	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G152	Oval	Yeşil	Yeşil	Benekli	Düz	Yuvarlak	Yuvarlak
G154	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Az Ağlı	Sivri	Yuvarlak
G155	Oval	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G156	Yuvarlak	Siyah Yeşil	Yeşil	Yok	Düz	Sivri	Yuvarlak
G157	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G158	Eliptik	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Düz	Sivri	Yuvarlak
G159	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G160	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G161	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G162	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G163	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G165	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G166	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G167	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G168	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G169	Oval	Siyah Yeşil	Yeşil	Kısa çizgili	Çok Ağlı	Sivri	Yuvarlak
G170	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G171	Oval	Siyah Yeşil	Koyu yeşil	Yok	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G172	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G173	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G174	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G175	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G176	Oval	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G177	Oval	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G178	Oval	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G179	Yuvarlak	Koyu Sarı	Siyah Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G180	Oval	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G181	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Düz	Yuvarlak	Yuvarlak
G184	Oval	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak

Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi

G185	Oval	Soluk Yeşil	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G188	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G190	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G191	Oval	Soluk Yeşil	Soluk Yeşil	Yok	Çok Ağlı	Yuvarlak	Yuvarlak
G192	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G193	Oval	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G194	Uzun	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G195	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G196	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G198	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G199	Oval	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G200	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G201	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G203	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G204	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G205	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G206	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G208	Oval	Siyah Yeşil	Yeşil	Yok	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G211	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G212	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G213	Oval	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G214	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G215	Yuvarlak	Açık Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G216	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G217	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G218	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G219	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G220	Oval	Yeşil	Yeşil	Yok	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G221	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G222	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G226	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G227	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G228	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G229	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G230	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G231	Oval	Açık Sarı	Açık Sarı	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G232	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G233	Yuvarlak	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G234	Yuvarlak	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G235	Yuvarlak	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G236	Oval	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G237	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G238	Oval	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G239	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G240	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G241	Oval	Siyah Yeşil	Siyah Yeşil	Yok	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G242	Oval	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G243	Oval	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G245	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G246	Oval	Siyah Yeşil	Siyah Yeşil	Yok	Az Ağlı	Sivri	Yuvarlak
G247	Yuvarlak	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G248	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G249	Oval	Siyah Yeşil	Koyu yeşil	Yok	Çok Ağlı	Yuvarlak	Yuvarlak
G250	Oval	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G251	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G252	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G255	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G256	Oval	Siyah Yeşil	Siyah Yeşil	Yok	Az Ağlı	Sivri	Yuvarlak
G257	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G258	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G259	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G260	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak

Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi

G261	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G262	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G263	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G264	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G265	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G267	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G268	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G269	Oval	Siyah Yeşil	Koyu yeşil	Yok	Az Ağlı	Sivri	Yuvarlak
G270	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G271	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G272	Oval	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G273	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G274	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G275	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G276	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G277	Armutdi	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G278	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G279	Oval	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G280	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G282	Oval	Siyah Yeşil	Yeşil	Yok	Düz	Yuvarlak	Yuvarlak
G283	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G284	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G285	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G286	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G287	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G288	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G289	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G290	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Yuvarlak	Yuvarlak
G291	Oval	Siyah Yeşil	Yeşil	Yok	Düz	Sivri	Yuvarlak
G292	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G293	Oval	Siyah Yeşil	Siyah Yeşil	Yok	Az Ağlı	Yuvarlak	Yuvarlak
G294	Oval	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G295	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Noktalı	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G296	Yuvarlak	Koyu Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G300	Oval	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G301	Oval	Koyu Yeşil	Soluk yeşil	Benekli	Damarlı	Sivri	Yuvarlak
G302	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G303	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G304	Oval	Koyu Yeşil	Koyu yeşil	Benekli	Çok Ağlı	Sivri	Yuvarlak
G305	Yuvarlak	Turuncu	Yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Yuvarlak	Yuvarlak
G306	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G307	Yuvarlak	Turuncu	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G308	Yuvarlak	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel dalgalı	Sivri	Yuvarlak
G309	Uzun	Açık Sarı	Yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak
G310	Oval	Koyu Sarı	Koyu yeşil	Benekli	Yüzeysel buruşuk	Sivri	Yuvarlak

Açıklamalar: Meyve Şekli (A), Meyve Zemin Rengi (B), İkincil Meyve Kabuk Rengi (C), İkincil Meyve Kabuk Rengi Deseni (D), Meyve Yüzeyi (E), Meyve Ucu Şekli (F), Çiçek İzi Şekli (G)

Çalışmamızda meyve boy, meyve çap, meyve et kalınlığı, çekirdek evi büyüklüğü, SÇKM ve pH oranları ortalama olarak sırasıyla 13,25 cm, 12,53 cm, 26,10 mm, 70,68 mm, 9,05 brix° ve 5,79 olarak tespit edilmiştir (Tablo 3). Yapılan bir çalışmada; meyve boyu, çapı, meyve et kalınlığı, suda çözünebilir kuru madde oranı ise en az ve en yüksek değerleri sırası ile; 22,64-48,10 cm, 15,15-19,56 cm, 24,92-36,54 cm ve 10,09-13 brix° olarak saptamışlardır (Nasrabadi ve ark., 2012). Yapılan başka bir çalışmada 49 farklı kavun genotipinde; meyve uzunluğu ve meyve çapı, meyve kabuk kalınlığı, SÇKM en düşük ve en yüksek değerleri 10-34,25 cm, 8,75-16,25 cm, 1,69-4,15 cm ve 4,25-8,25% brix° olarak tespit edilmiş (Rad ve ark., 2010). Bulgaristan'da yetiştirilen 206 kavun genotipinden 138'inde meyve ağırlığının 3,6-5,5 kg, 151'inde kabuk kalınlığının 0,6-1,5 cm olarak belirlemişlerdir (Krasteva, 2002). Diyarbakır merkez köyleri, Çermik ilçe ve köylerinden toplanan 8 kişilik kavun genotipinde meyve uzunluğu 39,70-20,45 cm aralığında ve meyve çapı 29,13-20,00 cm aralığında değiştiği tespit edilmiştir (Tatar ve Şensoy, 2020). Yapılan çalışmalarda kavun genotiplerinin

morfolojik ve agronomik olarak farklılıkların olduğu görülmektedir.

Tablo 3. *S1 Kademesinde Kendilenmiş Genotiplerden Alınan Meyve Gözlemleri*

Genotip	A	B	C	D	E	F	G	H	I
G1	Soluk Yeşil	Duz sıkı	Orta	13,5	13	30,63	67,5	8	5,7
G3	Soluk Yeşil	Liflijelatimsi	Orta	16,25	12,37	25,77	56,51	8,5	5,6
G4	Krem	Yumuşak	Orta	19	12	33,89	62,9	14,05	6,1
G5	Soluk Yeşil	Yumuşak	Orta	13	11,5	17,52	71,41	8,5	5,8
G6	Yeşil	Duzsıkı	Orta	14	12,5	34,07	52,47	10,5	6
G7	Krem	Duzsıkı	Orta	18	14	30,58	69,93	13	6,1
G8	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	12,5	10,5	21,69	49,63	11	6,05
G9	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Tatsız	12	10	34,14	43,77	9,5	6,3
G10	Soluk Yeşil	Yumuşak	Orta	16,5	12,3	33,2	62,66	7	5,6
G11	Soluk Yeşil	Yumuşak	Orta	16	14	33,43	23,32	8,5	5,9
G12	Yeşil	Yumuşak	Orta	17,5	13,7	34,76	59,02	8	6,6
G13	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	21,5	13,5	30,58	65,79	8,5	5,8
G14	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	14	11	25,4	50,68	9,5	6,06
G15	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Tatsız	11	11	22,84	50,27	9,5	5,7
G16	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Tatsız	16,5	16	38,02	79,06	10	6,1
G19	Krem	Duzsıkı	Tatlı	15,5	14	26,91	69,35	11	5,6
G20	Soluk Yeşil	Yumuşak	Orta	12	12	23,05	70,67	9	5,8
G21	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	13	14	14,89	60,89	7	5,8
G22	Soluk Yeşil	Yumuşak	Orta	10,5	11	8,54	74,37	9	6,3
G23	Soluk Yeşil	Yumuşak	Tatsız	11	11,4	22,4	65,17	7	6,1
G24	Soluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	13	14	43,57	70,07	9,5	5,8
G25	Krem	Yumuşak	Tatlı	14,5	13	21,6	68,16	9	5,9
G26	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	11,3	11	26,56	57,58	11	5,8
G27	Soluk turuncu	Yumuşak	Tatlı	15,2	14,6	31,56	72,4	9,5	5,9
G28	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	14	13,5	28,44	76,8	11,5	5,7
G29	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	12	12	17,76	73,71	9	5,9
G30	Soluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	18	15	24,76	86,32	10	6
G31	Soluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	12	11	28,66	56,11	11	6
G32	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Tatsız	15	12	26,53	59,8	10	5,7
G33	Soluk Yeşil	Yumuşak	Orta	12	13	24,79	70,33	12,5	5,3
G34	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	15,5	13,5	27,76	77,04	9	5,9
G35	Krem	Yumuşak	Orta	11,5	12	25,44	66,27	11,5	5,9
G36	Soluk Yeşil	Yumuşak	Orta	12	12	24,35	65,41	9	5,9
G37	Soluk Yeşil	Yumuşak	Orta	14	14	28,01	78,08	11	5,9
G38	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Tatsız	11,5	10	59,88	31,19	9	5
G39	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	11,5	10,5	24,37	54,68	9	5,6
G40	Soluk Yeşil	Yumuşak	Orta	11,5	11,5	27,42	60,65	8	60,65
G41	Soluk Yeşil	Yumuşak	Orta	14	12	24,99	70,2	9	6
G42	Soluk Yeşil	Yumuşak	Orta	12	12	19,01	71,38	8	5,8
G43	Soluk Yeşil	Yumuşak	Orta	11,5	12	25,96	72,12	12	6,1
G44	Soluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	16	14	26,22	61,64	10,5	5,8
G45	Soluk Yeşil	Yumuşak	Orta	11	12	27,51	57,8	11,5	5,7
G47	Soluk Yeşil	Yumuşak	Tatsız	13	12	25,34	60,46	12,5	5,9
G48	Soluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	14	13	33,79	57,03	9,5	5,7
G49	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	12	12,7	28,91	78,24	10	5,9
G50	Krem	Duzsıkı	Tatlı	14	12,5	11,11	58,88	9	5,3
G52	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	13	12	26,4	60,61	7,5	5,8
G53	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	11	8,5	17,67	60,4	7,5	9,5
G54	Soluk Yeşil	Yumuşak	Orta	17	13,5	37,31	63,64	11	5,5
G56	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Tatsız	11	12	25,11	67,8	9	6
G57	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	12,5	12	26,94	67,74	10	5,1
G59	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Tatsız	12	12	27,79	58,06	9	5,7
G60	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	15	12,5	24,87	62,64	9	5,9
G61	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	12,4	11,5	24,25	68,31	7,5	5,6
G62	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	11,6	11	31,69	89,62	8	5,8
G63	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Tatsız	13	12	31,96	49,78	9	6
G64	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	13,5	12	24,81	57,53	8	5,8
G65	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	12	12	25,68	54,6	6	5,8
G66	Soluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	12	12,5	28,94	61,49	5,7	5,7

Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi

G67	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	14,5	11	29	46,25	8	5,8
G68	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	11,5	13	26,67	72,62	8	5,8
G69	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	14,13	14	27,61	66,39	10	5,9
G70	Yeşil	Yumuşak	Orta	9,4	8	15,34	37,97	10	5,7
G71	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	10,3	10,3	20,13	66,32	6,2	5,5
G72	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	13	13,5	25,11	25,11	10,5	6,2
G73	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	15	13,5	39,76	81,89	11	6
G74	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	12	10,7	27,19	65,26	9	5,6
G75	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	12,5	11,1	25,29	56,68	8	5,8
G76	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	12,5	11,2	20,23	57,62	10,5	5,7
G77	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	15	12,5	21,09	65,47	10	5,8
G78	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	12	11	28,08	56,45	9	5,4
G79	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	14	12	25,6	61,34	7	5,3
G80	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Tatsız	13,5	12	24,15	62,84	7	5,5
G81	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	12,9	13	25,85	78,64	7	5,4
G82	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	13	13	23,59	77,3	10	5,8
G83	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	13,7	12,9	26,42	72,72	8	5,8
G84	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	12	13	20,25	83,46	10	5,4
G85	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	13	13	20,82	85,34	9,5	6,1
G86	Suluk Yeşil	Liflijelatimsi	Orta	14	12	20,16	61,26	10	5,8
G87	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	12,5	12,5	24,22	58,84	9,5	5,5
G88	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	15	12,5	20,36	71,95	10	5,9
G89	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	13,5	14	28,05	81,72	10,5	5,9
G90	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	15	12,5	23,16	65,49	9	5,7
G91	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	14,5	16	36,24	83,79	11	6
G92	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Tatsız	13	12,5	18,53	61,88	7,5	5,8
G93	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	14,5	14,5	24,3	83,7	10,5	5,6
G94	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Tatlı	11	11,5	10,71	33,27	9	5,7
G95	Krem	Duzsıkı	Tatsız	16,7	15,4	40,92	78,88	6	5,5
G96	Krem	Duzsıkı	Tatlı	13	12	21,92	70,33	9	5,8
G97	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	12,5	13	29,18	70,25	10	5,7
G98	Suluk Yeşil	Liflijelatimsi	Tatlı	13,5	13	26,95	58,12	10,5	5,8
G99	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	12,5	13,2	22,02	86,3	10	5,6
G100	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	12	12,5	26,58	65,78	11,5	5,9
G102	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Tatsız	17	14	20,97	55,94	11	6
G103	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	13	12,5	23,76	59,34	7,5	5,7
G104	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	13	12	20,95	69,34	10	5,6
G105	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	16,5	14	28,99	72,61	9	5,4
G107	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Tatlı	13,5	12	22,2	65,36	9	5,8
G108	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Tatlı	12,5	13	22,8	64,82	8,5	5,7
G109	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	14	13,5	28,56	69,65	9,5	5,6
G110	Yeşil	Duzsıkı	Tatsız	12	12	21,27	49,99	8	6
G111	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	16	12	25,76	60,57	8	5,6
G112	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Tatsız	14	12	18,97	66,74	6,1	6,1
G113	Krem	Yumuşak	Orta	16,5	13,5	16,86	73,94	7,5	5,3
G114	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	11	13,5	76,32	22,4	8,5	6,1
G115	Krem	Duzsıkı	Tatlı	13	10,5	24,63	47,06	9	5,7
G116	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	12,7	12,7	29,45	71,7	8	5,5
G117	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	11	12	21,7	69,32	10	6
G118	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	15	15,3	37,5	84,16	5,5	5,6
G119	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	17	11,7	26,5	62,75	10	5,7
G120	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	15,5	16,4	31,15	97,85	7	5,4
G121	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	14	12	23,32	54,6	5	5,4
G122	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	13	12	16,55	85,38	10	5,8
G123	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	12	13,6	19,1	72,49	8,5	5,8
G124	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Tatsız	13,1	13,1	27,99	81	6	5,5
G125	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	11	12,2	26,25	61,14	9	6,1
G127	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	11	12,2	26,25	61,14	9	6,1
G130	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	15	14	24,35	85,12	9	5,3
G131	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	13	13	24,38	78,98	9,5	5,8
G132	Suluk Yeşil	Liflijelatimsi	Tatsız	12,5	13	25,99	77,52	7,5	6
G133	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	12,9	12,9	29,32	69,58	8	5,6
G134	Krem	Yumuşak	Tatlı	13,5	14	23,44	74,1	10	5,9
G135	Suluk Yeşil	Liflikuru	Tatsız	13	12	27,22	58,86	6	5,8

Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi

G136	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	17	14	27,61	73,6	10	5,4
G137	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	11,8	14,5	19,77	69,36	7	6
G138	Krem	Duzsıkı	Tatlı	16	17	31,3	61,71	8	6,1
G139	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Tatsız	12	12	31,02	60,45	9	6,1
G140	Krem	Duzsıkı	Orta	16	15	27,49	62,19	10	6
G141	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	17	12	37,62	74,55	7	5,6
G142	Krem	Yumuşak	Orta	11,2	13	22,36	85,1	9	6
G143	Suluk Yeşil	Kuru	Tatsız	18	15	32,25	66,53	6	5,2
G144	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Tatlı	13	11,5	21	59,54	10	6
G145	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	10	10,5	17,95	17,95	9,5	5,9
G146	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	13	13	25,85	53,4	12	5,9
G147	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	9,5	13	20,3	56,77	9	5,9
G148	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	11,5	13	28,62	70,17	10,5	5,7
G149	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	12	13	25,18/	62,17	11	6
G150	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatsız	10	11	20,17	67,99	10	5,67
G151	Beyaz	Yumuşak	Tatlı	11,7	13,5	27,61	80,72	9	5,8
G152	Krem	Duzsıkı	Orta	18	16	38,76	37,15	7	5,7
G154	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	11	12	29,62	68,2	9,4	5,6
G155	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Tatlı	14,5	12,5	23,77	76,26	10,5	5,7
G156	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	13,7	12,5	18,92	64,6	8	5,5
G157	Krem	Yumuşak	Tatlı	12,5	14	22,66	73,08	10	5,9
G158	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	12	11,5	26,27	57,46	9	6,1
G159	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	11	12	16,15	75,91	9	5,6
G160	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	11	12,5	30,94	64,93	9	5,5
G161	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	12	12	21,62	72,38	9	5,8
G162	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	17	14,5	25,74	75,24	9	6
G163	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	13	13	25,22	66,11	12	5,7
G165	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	11	10,5	22,25	55,82	7,5	5,5
G166	Krem	Yumuşak	Tatlı	14,5	10	27,26	78,2	10	5,3
G167	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatsız	11	11	22,02	61,38	14,5	6
G168	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	14	13	26,85	56,45	10,5	5,8
G169	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	14	13	26,85	56,45	10,5	5,8
G170	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	11	12	29,52	64,21	9,5	5,8
G171	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Tatsız	15	12	25,91	66,08	10,5	5,9
G172	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	13	11	28,74	58,62	10	5,5
G173	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	12	12	24,68	68,79	9,5	5,8
G174	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	15	14	26,15	62,32	8,5	5,8
G175	Krem	Duzsıkı	Orta	18	15	31,18	77,66	9,5	5,7
G176	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	13,4	11,5	25,12	58,26	10	5,8
G177	Suluk Yeşil	Kumlu-Sıkı	Tatsız	13,5	12	26,29	59,24	8	5,8
G178	Suluk turuncu	Yumuşak	Orta	12,5	13	29,64	66,71	7,5	6,2
G179	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	16	13	26,8	65,42	10	5,7
G180	Krem	Yumuşak	Tatlı	10,5	12,5	22,58	75,23	11	5,3
G181	Krem	Duzsıkı	Orta	16	14	27,1	76,82	10	10
G184	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatsız	19	13	28,25	63,84	11	5,4
G185	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatsız	19	13	28,25	63,84	11	5,4
G188	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	21,5	13,5	30,58	65,79	8,5	5,8
G190	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	10,5	10	17,76	56,71	7,5	6,2
G191	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	12,5	11	24,49	48,76	9	6,5
G192	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	13	13	22	67,21	10	5,9
G193	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	13	12	21,84	69,48	12	5,7
G194	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Tatlı	15,2	12,9	28,99	80,6	9	5,5
G195	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	11	12	28,88	67	8	6
G196	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	13	13	29,91	67,02	9	5,8
G198	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	13,5	12,5	19,76	70,25	10	5,3
G199	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	13	13	27,37	68	12	6
G200	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	13	13	26,05	70,34	11,5	5,6
G201	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Tatlı	13	11	27,09	56,85	8,5	5,7
G203	Krem	Yumuşak	Orta	13,8	14,2	28,64	77	10	5,6
G204	Krem	Yumuşak	Tatlı	12	12	24,76	75,8	10	5,9
G205	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Tatlı	12,5	11	25,43	65,21	11	5,9
G206	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	11,5	12	26,64	77,2	7	5,9
G208	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	17	14	29,38	67,92	9,5	5,5
G211	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	12	12	28,56	63,11	10	5,8

Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi

G212	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	17,7	11,4	19,76	56,75	8	5,4
G213	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	22	14,5	28,56	57,67	5	5,4
G214	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	13,3	11,5	29,08	49,82	8,5	5,8
G215	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	13	12,5	27,9	60,22	11,5	5,7
G216	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	16	11	33,46	56,31	8	5,7
G217	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	14	11	18,38	56,39	6	6,1
G218	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	14	12	29,84	61,84	9	6
G219	Krem	Duzsıki	Orta	11,5	14	20,86	86,67	10	5,5
G220	Krem	Duzsıki	Orta	18	16	39,76	72,56	8	5,7
G221	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	15	16	34,21	34,21	11	5,8
G222	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	13,5	12,6	22,85	69,98	6	5,5
G224	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	13	12	16,96	72,49	9,5	6
G226	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	10	12	26,23	50,3	9	5,9
G227	Suluk Yeşil	Kumlu-Siki	Orta	11	11	20,56	68,71	10	6,5
G228	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	15	15	31,64	81,52	11	5,6
G229	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	12	13	24,73	62,88	8	5,7
G230	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	12	12	24,59	56,74	9,5	5,8
G231	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	19	11,5	22,22	75,78	10,2	5,9
G232	Krem	Yumuşak	Tatlı	14	14	22,35	72,99	10	5,8
G233	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	13	11,5	57,57	57,7	10,6	6,1
G234	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	16,5	13,5	29,65	63,17	9,5	5,5
G235	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	12,5	12	27,22	62,65	8	5,5
G236	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	13	12	22,66	62,44	8	6
G237	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	11	12	24,32	50,3	9,5	5,9
G238	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	14	13	25,42	70,9	10,5	5,8
G239	Suluk Yeşil	Duzsıki	Tatsız	14	13	24,33	72,02	9	5,9
G240	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	15	12,5	29,54	68,9	8	5,8
G241	Yeşil	Duzsıki	Orta	14	13,5	33,25	64,06	9	6
G242	Suluk Yeşil	Duzsıki	Tatsız	17	16	31,68	84,7	7,5	5,7
G243	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	15	13,5	28,62	65,4	9,5	6
G245	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	13	13	26,86	66,08	7,5	5,8
G246	Yeşil	Duzsıki	Tatlı	13,5	14	20,9	68/70	8	5,7
G247	Suluk Yeşil	Duzsıki	Tatsız	13,5	13	22,8	75,2	9	5,7
G248	Yeşil	Duzsıki	Orta	13	13	24,12	64,22	8,5	6,5
G249	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	15	12,5	26,35	70,95	9,5	5,6
G250	Suluk Yeşil	Duzsıki	Tatlı	13,5	12	26,99	57,13	10	5,9
G251	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	15	12	18	62,87	6,5	5,8
G252	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	15	12	18	62,87	6,5	5,8
G255	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	12	13	26,12	65,9	7	5,8
G256	Yeşil	Yumuşak	Orta	16	14	30,64	78,63	9	5,5
G257	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	14	14	27,9	64,46	8	5,5
G258	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	16	14,5	33,39	73,65	11	5
G259	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	14	14	27,97	75,11	11	5,7
G260	Krem	Yumuşak	Tatlı	14	14,5	28,09	89	9	5,9
G261	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	16	11	25,87	63,3	7	5,7
G262	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	15	15	27,18	59,15	9	5,6
G263	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	12	10	24,35	70,6	10	5,5
G264	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	14	12	24,99	60,54	10	5,8
G265	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	12,5	11	24,69	63,56	8	5,8
G266	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	12	12	20,68	68,9	9	5,8
G267	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	12	12	23,62	71,07	10	5,8
G268	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	12	13	22,2	70,87	7,5	5,6
G269	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	14	13	19,78	83	9	5,8
G270	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	16	13,5	20,83	81,85	9	5,8
G271	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	11	12,5	22,59	62,32	11	5,5
G272	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	12	10	20,25	59,3	12	5,9
G273	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	11	12,5	34,09	78,73	9	6
G274	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	15	12	28,3	51,86	8	5,4
G275	Suluk Yeşil	Duzsıki	Orta	12	11,5	26,27	57,46	9	6,1
G276	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	12	13	22,05	66,4	10	5,7
G277	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	13,3	14,3	25,6	80,7	8,5	5,7
G278	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	12	10,5	20,43	54,54	10,5	3,9
G279	Suluk Yeşil	Duzsıki	Tatsız	18	15,5	38,48	70,9	9,5	5,8
G280	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	10	13,5	24,64	55,99	9,5	5,6

G281	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	11,5	13	22,72	56,64	10,5	5,9
G282	Yeşil	Yumuşak	Orta	16	13,5	24,88	78,7	9	5,8
G283	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatsız	15	12,5	25,11	66	9	5,3
G284	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	12	12,5	20,08	77,93	9	5,4
G285	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	11	12	23,97	69,73	10	5,5
G286	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	12,5	14	33,05	78,81	9	5,7
G287	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	13	13	29,91	67,02	9	5,8
G288	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	12,5	11,5	24,13	63,81	9	5,7
G289	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	13	11,5	29,55	62,58	8,5	5,7
G290	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	12	11	24,67	58,75	8,5	5,5
G291	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	13	12	21,61	60,8	7,5	5,6
G292	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	14	12,5	24,04	70,31	9,5	5,3
G293	Yeşil	Yumuşak	Orta	10	12	24,02	66,73	9	5,8
G294	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	19,5	10	24,8	44,44	9	5,7
G295	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	12	12	18,96	68,83	11,5	5,9
G296	Krem	Duzsıkı	Tatlı	13,5	10	31,96	63,17	10,3	5,3
G300	Krem	Yumuşak	Orta	20	17,5	24,96	70,76	10	5,9
G301	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatsız	10	10,5	29,27	60,12	7,5	6,1
G302	Krem	Duzsıkı	Tatlı	13,5	10	31,96	63,17	10,3	5,3
G303	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	13	12,5	22,86	85,89	11,5	5,6
G304	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	16	14	32,85	73,78	8,5	5,4
G305	Suluk Yeşil	Yumuşak	Orta	18	13,5	26,15	81,36	8	5,4
G306	Krem	Yumuşak	Orta	19	17	48,16	74,76	7,5	5,5
G307	Suluk Yeşil	Yumuşak	Tatlı	11	11,5	23,1	78,75	10,5	5,8
G308	Krem	Duzsıkı	Tatlı	12	14	17,96	69,08	7,5	5,6
G309	Yeşil	Yumuşak	Orta	14	10,5	24,98	57,08	9	5,8
G310	Suluk Yeşil	Duzsıkı	Orta	19,5	10	24,8	44,44	9	5,7
Ortalama	-	-	-	13,25	12,53	26,10	70,68	9,05	5,79

Açıklamalar: A: Meyve Rengi, B: Meyve Yapısı, C: Meyve Tat, D: Meyve Boy (cm), E: Meyve Çapı (cm), F: Meyve Et Kalınlığı (mm), G: Çekirdek Evi Büyüklüğü (mm), H: SÇKM (%), I: pH

Türkmen ve ark. (2008), 53 genotipte yapılan seleksiyon çalışmaları sonucunda; meyve et kalınlığının en yüksek olduğu genotiplerin sırasıyla 65 ER 07(37,34 mm), 65 ER 06 (34,48 mm) ve 65 ER 08 (34,23 mm) olduğunu tespit etmişlerdir. En düşük meyve eti kalınlığının ise 65 MER 03 (15.84mm), 65 ERÇ 02 (16,53mm) ve 65 ERÇ 03 (18,30 mm) genotipleri olduğunu saptamışlardır. Suda çözünebilir kuru madde içeriğinde en yüksek ortalama 65 ER 13 (9,81 brix°), 65 ER 03 (9,06 brix°) ve 65 EDR 03 (8,99 brix°) numaralı genotiplerde ortaya çıkmıştır. En düşük SÇKM'nin ise 65 ER 14 (3,80 brix°), 65 ERÇ 04 (4,30 brix°) ve 65 MER 04 (5,20 brix°) nolu genotipler olarak tespit etmişlerdir. Tatar ve Şensoy (2020) çalışmalarında, meyve uzunluğunda DK03 (39,70 cm), DK11 (35,67 cm) ve DK02 (34,90 cm) nolu genotiplerini en yüksek ve DK01 (20,45 cm), DK10 (25,44 cm) ve DK07 (29,54 cm) nolu genotipleri ise en düşük bulmuşlardır. DK07 (29,13 cm), DK11 (26,89 cm) ve DK14 (27,43 cm) nolu genotiplerde meyve çapı en yüksek ve DK01 (20,32 cm), DK10 (20,00 cm) ve DK03 (22,78 cm) nolu genotiplerde ise en düşük olduğunu belirtmişlerdir. Kışlık genotiplerde DK01, DK07, DK10 nolu genotiplerin yuvarlak, DK03 ve DK14 nolu genotiplerin sivri, DK02 ve DK11 nolu genotiplerde uzun meyve şekline sahip olduğunu tespit etmişlerdir. Kabuk rengi yeşil, yeşilimsi sarı, koyu sarı, sarı turuncu ve yeşilimsi turuncu renklerin olduğu, meyve et renginin ise yeşilimsi beyaz, beyaz, sarı ve sarımsı, renkte ve kabukta dilimli/dilimsiz olduğunu belirtmişlerdir.

SONUÇ

Üzerinde çalışılan genotiplerin morfolojik özelliklerine bakıldığında genetik çeşitliliğin yeterli olabileceği düşünülmektedir. Moleküler desteklemelerin yapılması şartı ile elde var olan materyallerle ıslah programının oluşturabileceği öngörülmektedir.

Teşekkür

Bu çalışma Necibe Kayak'ın doktora tez çalışmasından üretilmiştir. Çalışma aynı zamanda Selçuk Üniversitesi BAP Ofisi tarafından 19201064 nolu proje ile desteklenmiştir. Ayrıca BETA tohum A.Ş tarafından yürütülen ve TÜBİTAK-TEYDEB tarafından desteklenen 3190164 proje

kapsamında da destek alınmıştır. Yazar Necibe Kayak, Sürdürülebilir Tarım alanında 100/2000 Yükseköğretim Kurulu Doktora Bursludur.

KAYNAKÇA

- Bahçivancı, N. (2012). *Diyarbakırda yetiştirilen bazı yerli kavun genotiplerinin karakterizasyonu* (MSc.). Dicle University, Institute of Natural and Applied Science Diyarbakır, Turkey.
- Bliss, F. A. (1981). Utilization of Vegetable Germplasm, *Hortscience*, 16, 129-132.
- Dal, Y., Kayak, N., Kal, Ü., Seymen, M., & Türkmen, Ö. (2016). *Yerel Kavun (Cucumis melo L.) Genotiplerinin Bazı Morfolojik Özellikleri*. 11. Sebze Tarımı Sempozyumu, Ordu.
- Ermış, S., & Aras, V. (2017). Kavun (*Cucumis melo L.*) çeşitlerinin morfolojik karakterizasyonu ve akrabalık derecelerinin belirlenmesi, *Akademik Ziraat Dergisi*, 6, 171-178.
- FAO, (2018). Food and Agriculture Organization Statistic Database. <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC>
- Kayak, N., Dal, Y., Kal, Ü., Yaşar, A., Kıymacı, G., Türkmen, Ö., & Seymen, M. (2020). *Determination of Morphological and Agronomic Properties of Some F1 Melon Potential Variety Candidates*. IV. International Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress, Online.
- Krasteva, L. (2002). *Evaluation, use and conservation of the Cucumis melo L. collection in Bulgaria*. Ad hoc meeting, Adana..
- Mısır, Ü. (2012). *Yerel kavun (Cucumis melo L.) varyetelerinde karakterizasyon çalışması*. (MSc.), Adnan Menderes Üniversitesi, Institute of Natural and Applied Science Aydın, Turkey.
- Nasrabadi, H. N., Nemati, H., Sobhani, A., & Sharifi, M. (2012). Study on morphologic variation of different Iranian melon cultivars (*Cucumis melo L.*). *African Journal of Agricultural Research*, 7 (18), 2764-2769.
- Pitrat, M., Hanelt, P., & Hammer, K. (2000). *Some comments on infraspecific classification of cultivars of melon*, VII Eucarpia Meeting on Cucurbit Genetics and Breeding, Israel.
- Rad, M. N., Allahdoo, M., & Fanaei, H. (2010). Study of some yield traits relationship in melon (*Cucumis melo L.*) germplasm gene bank of Iran by correlation and factor analysis. *Trakia J. Sci*, 8 (1), 27-32.
- Robinson, R. W., & Decker-Walters, D. S. (1997). Cucurbits In: Crop Production Science in Horticultures. In R. W. Robinson (Eds.), CABI Press.
- Sarı, N., Tan, A., Yanmaz, R., Yetişir, H., Balkaya, A., Solmaz, İ., & Aykas, L. (2008). *General status of cucurbit genetic resources in Turkey*. Proceedings of the IXth Eucarpia Meeting on Genetics and Breeding of Cucurbitaceae, Avignon, France.
- Seçim, A. (2019). *Bazı saf hat Kırkağaç kavun (Cucumis melo L.) genotipleri ve hibritlerinin Fusarium oxysporum F. sp. melonis' e dayanım, morfolojik karakterizasyon ve raf ömrü bakımından incelenmesi*. (PhD.), Akdeniz University, Institute of Natural and Applied Science Antalya, Turkey.
- Şensoy, S., Büyükalaca, S., & Abak, K. (2007). Evaluation of genetic diversity in Turkish melons (*Cucumis melo L.*) based on phenotypic characters and RAPD markers. *Genetic Resources and Crop Evolution*, 54, 1351-1365.
- Tatar, M., & Şensoy, S. (2020). Diyarbakır İli Bazı Yerel Kavun Genotiplerinin Meyve Özellikleri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 25(2), 56-63.
- TÜİK (2018). Türkiye İstatistik Kurumu. <https://www.tuik.gov.tr/>, (Access date: 10.12.2021).
- Türkmen, Ö., Şensoy, S., & Erdinç, Ç. (2008). Van Gölü Havzası'ndan Toplanan Bazı Kavun Genotiplerinin Verim ve Verim Özelliklerin Belirlenmesi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 22 (44), 64-70.
- UPOV, (2006) *Cucumis melo L., International Union For The Protection of New Varieties of Plants*.

Erciş Üzüm Çeşidinde Bağ Küllemesi Hastalığına (*Erysiphe necator* Schwein) Karşı Mücadele Olanakları¹

Esra YILDIRIM^{1,a} Semra DEMİR^{1,*},^b Gökhan BOYNO^{1,c}

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bitki Koruma Bölümü, Van, Türkiye

* Sorumlu Yazar Email: semrademir@yyu.edu.tr

^aORCID: orcid.org/0000-0002-4298-0188, ^bORCID: orcid.org/0000-0002-0177-7677,

^cORCID: orcid.org/0000-0003-3195-0749

Makale Bilgileri

ÖZ

Makale Geçmişi

Geliş: 16.11.2021

Kabul: 29.12.2021

Yayın: 31.12.2021

Anahtar Kelimeler:

Üzüm,
Bağ Küllemesi,
Kimyasal Mücadele,
Kükürt,
Sodyum Bikarbonat,
Triadimenol.

Bu çalışma, 2019 yılı vejetasyon periyodunda Erciş ilçesinde yetiştirilen 4 yaşındaki yerel Erciş üzüm çeşidinde (*Vitis vinifera*) gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, bağ küllemesi hastalığı (*Erysiphe necator* Schwein) kontrolü için 3 farklı uygulama yapılarak (Sodyum bikarbonat, % 80 WP Kükürt ve 50 g/l Triadimenol), hem Erciş üzüm çeşidinde bazı verim ve kalite kriterlerine hem de hastalık kontrolüne olan etkileri araştırılmıştır. Deneme Van'ın Erciş ilçesinde bulunan bağcılık yetiştiriciliği yapılan alanlarda yürütülmüştür. Asma kontrolleri; bağların dane tutumundan önce başlayıp hasada kadar olan vejetasyon periyodunda değişik büyüme ve gelişme dönemlerinde Mayıs-Eylül ayları arasında yirmişer gün aralıklarla yapılmıştır. Söz konusu aylarda asmalar, düzenlenen programa göre 3 kez ilaçlanmıştır. Sezon sonunda deneme sonlandırılarak, salkım sayısı, salkım ağırlığı, ortalama verim, toplam klorofil yoğunluğu, suda çözünabilir kuru madde miktarı, pH, titre edilebilir asitlik (%) gibi kriterler incelenmiştir. Yapılan analizler sonucunda pH, SÇKM, TA (%) uygulama grupları ve verim değerleri arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. Çalışmada uygulama gruplarının hem yaprakta hem de salkımda skala değerlerine göre hastalık şiddeti arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Bu çerçevede tüm uygulamalar hastalık şiddetini düşürdüğü; özellikle %80 WP Kükürt ve Sodyum bikarbonatın 50 g/l Triadimenol uygulamasına göre daha etkili olduğu belirlenmiştir. Sonuç olarak fungusitlere karşı sodyum bikarbonatın alternatif olarak kullanılabilirliği düşünülmektedir.

Control Possibilities Against Powdery Mildew Disease (*Erysiphe necator* Schwein) in Erciş Grapevine

Article Info

ABSTRACT

Article History

Received: 16.11.2021

Accepted: 29.12.2021

Published: 31.12.2021

Keywords:

Grape,
Vineyard Powdery
Mildew,
Chemical Control,
Sulfur,
Sodium Bicarbonate,
Triadimenol.

This study was carried out on a 4 year old local grape variety (*Vitis vinifera*) grown in Erciş district during the vegetation period of 2019. In this study, three different treatments (Sodyum bikarbonat, % 80 WP Kükürt and 50 g/l Triadimenol) were used for control of powdery mildew disease (*Erysiphe necator* Schwein), and some of the yield and quality criteria of Erciş grape cultivars and their effects on disease control were investigated. The experiment was carried out in the fields where viticulture is made in Erciş district of Van. Grapevine controls were carried out at 20-day intervals between May and September at different growth and development periods during the vegetation period starting from the grain attitude of the vineyards until the harvest. The grapevines were sprayed 3 times according to the program. The criteria such as number of clusters, weight of clusters, average yield, total chlorophyll density, amount of water soluble dry matter, pH, titratable acidity (%) were examined. As a result of the analyzes, the difference between the application groups of pH, SÇKM, TA (%) and yield values were found insignificant. In the study, the difference between disease severity according to the scale values of the application groups in both leaf and cluster was found to be statistically significant. In this context, all treatments reduce the severity of the disease; it was determined that especially 80% WP Sulfur and Sodium bicarbonate was more effective than 50 g/l Triadimenol treatment. As a result, it is thought that sodium bicarbonate can be used as an alternative to fungicides.

¹ Bu çalışma yüksek lisans tezinden üretilmiştir.



Atıf/Citation: Yıldırım, E., Demir, S. & Boyno, G. (2021). Control Possibilities Against Powdery Mildew Disease (*Erysiphe necator* Schwein) in Erciş Grapevine, *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 1(1), 20-26.

GİRİŞ

Asma, dünyada kültürü yapılan en eski bitkilerden birisi olup, geniş bir yayılış alanına sahiptir. Ülkeler bazında yaklaşık 13 milyon tondan fazla üzüm üretimi ile Çin ilk sırada iken, 4 milyon tondan fazla yıllık üretim yapan Türkiye ise 6. sırada yer almaktadır (FAO, 2019). Ülkemizin hemen hemen tüm bölgelerinde yetiştiriciliği yapılan bağcılık yıllardır ticari amaçla yetiştirilmektedir. Yüksek rakıma rağmen, etrafının yüksek dağlarla çevrili olması ve gölün ıslanlaştırıcı etkisi, Van ilini ve Van Gölü Havzasını mikro-klima alanı haline getirmektedir. Özellikle de Van'da üzüm üretimin en fazla olduğu yerler arasında Erciş ilçesi bulunmaktadır. Bu nedenle adını bulunduğu yerden alan Erciş üzüm çeşidi bu bölgede en fazla yetiştiriciliği yapılan üründür. Bu çeşit morumsu siyah renkte, yuvarlak tanelere sahip oldukça sıkı salkımlı olan genotipe sahiptir. Meyveler eylül ayı ortalarında olgunlaşmakta ve tanenin saptan ayrılması orta kuvvettedir. Salkımda ortalama bir kanat bulunup, tanelerinde ortalama iki adet çekirdek vardır (Şensoy ve Balta, 2008).

Bağ yetiştiriciliği yapılan tüm ülkelerde gün geçtikçe önemi artan, ekonomik boyutlara ulaşan zararı ile üzüm üretimini sınırlandıran fungal hastalıklar önemli bir yer tutmaktadır (Göktaş, 2008). Özellikle de *Erysiphe necator* (Sch.) bağ küllemesi hastalığının etmeni olup, hem dünya çapında hem de ülkemizde çok ciddi zararlara sebep olmaktadır (Arı ve ark., 1995). Bu fungus, obligat bir parazit olup miselyumu bölmelidir. Konidioforları üzerinde zincir şeklinde dizilmiş, şeffaf ve fiçi biçiminde konidiosporları vardır. Bu patojen kışı bitki üzerinde kleistotesyum ve gözlerde miselyum halinde geçirir.

E. necator'ın neden olduğu hastalık omcanın tüm yeşil organlarında (yaprak, sap, sürgün, çiçek ve salkım) görülebilmektedir. İlk dönemde hastalık genç yapraklarda güç fark edilse de, genelde yaprakların üst yüzeyinde yağ lekesine benzeyen sarımsı veya parlak lekeler şeklinde simptomlara neden olur. Yaprak yaşlandıkça parlaklığı gider, kalınlaşır ve gevrekleşerek kenardan içe doğru kıvrılır. İleri dönemde yapraklar kirli-beyaz renkte kül serpilmiş gibi bir görünüm alır. Misellerin çiçek, sülük ve salkım saplarında da aynı şekilde bir simptom oluşturur. Hastalığa erken yakalanan danelerin küçük kalırken, olgunlaşmadan hemen önce yakalanan danelerin ise sapı doğrultusunda çatladığı, meyve eti ve çekirdeklerin dışa fırladığı görülmektedir (Austin ve Wilcox, 2011; 2012).

E. necator'ın neden olduğu hastalık ile mücadelede kültürel önlemler önem taşımaktadır. Ancak çoğu zaman tek başına yapılan kültürel önlemler ile hastalık kontrol altına alınmamaktadır. Bu nedenle birçok üretici kimyasal mücadeleyi de dahil ederek hastalığı kontrol altına almayı başarmıştır (Hallenn ve Crous, 2006). Fakat yoğun kullanılan pestisitler insan ve doğaya olan zararı artık daha iyi anlaşıldığı için araştırmacılar hastalıklarla mücadelede alternatif yollara odaklanmışlardır. Bu çerçevede yapılan bazı araştırmalarda yemek sodası, fosfat tuzları ve silikatlar gibi doğal kökenli maddeler alternatif mücadele programlarına dahil edilebileceği gösterilmiştir (Belanger, 1998; Demir ve ark., 1997; Horst ve Kawamoto, 1992; Yıldırım ve ark., 2002).

Külleme hastalığına karşı yoğun olarak kullanılan farklı etken maddelere sahip fungusitleri azaltmaya yönelik yapılan çalışmalar son zamanlarda büyük önem arz etmektedir. Bu nedenle yapılan araştırmamızda; Erciş üzüm çeşidinde bağcılığın önemli sorunlarından biri olan külleme hastalığının (*E. necator*) kontrolüne yönelik alternatif mücadele programları dahil edilmesiyle, hem hastalık etmeni üzerine hem de ürün kalitesi ve verimine yansıyan etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

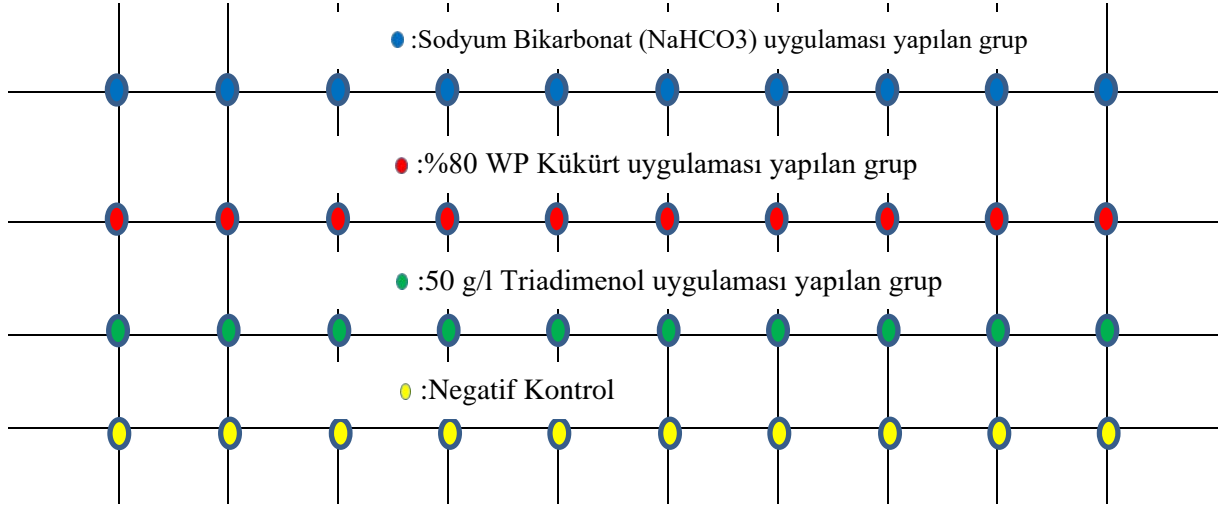
MATERYAL ve METOT

Denemenin Yürütüldüğü Parsel ve Test Materyalleri

Daha önceki senelerde yapılan rutin hastalık kontrolleri ve külleme hastalığı için uygun koşullar gösterdiği için seçilen deneme parseli, bölgeyi temsil etmek üzere 880 m²'lik bir alana kurulmuştur. Bu parselin koordinatları X: 38.957982, Y: 43.206406 ve Van'ın Erciş ilçesine bağlıdır. Bu alan damlama sulama sistemi ile sulanmakta ve 4 x 4 m sıra aralıklı mesafelere dikilmiş 4 yaşındaki Erciş çeşidi asmalarında yürütülmüştür. Yapılan çalışmada test materyalleri olarak, özel şirketlerden temin edilen % 80 WP Kükürt (Tarkim Bitki Koruma A.Ş.), 50 g/l Triadimenol etken maddeli fungusit (Koruma Şirketler Grubu) ve Sodyum bikarbonat (NaHCO₃) (Acar Kimya ve Gıda San. Tic. Ltd. Şti.) kullanılmıştır.

Test Materyallerinin Uygulanması

Deneme 4 gruba ayrılmış olup, her grupta 10 asma olacak şekilde toplamda 40 asma üzerinde yürütülmüştür (Şekil 1). Sezon boyunca Sodyum bikarbonat, % 80 WP Kükürt ve 50 g/l Triadimenol uygulamaları etiketlerinde belirtilen dozlara göre hazırlanarak 3 defa uygulanmıştır. İlk uygulamalar asma sürgünleri 20-25 cm uzunluğa ulaştığında, ikinci uygulama çiçeklenme döneminden sonra taneler saçma iriliğine ulaştığında ve son uygulama ise tanelere ben düştüğü zaman yapılmıştır. İlaçlama dönemlerinin tümünde Sodyum Bikarbonat 1000 g / 100 L, % 80 WP Kükürt 400 g/ 100 L ve 50 g/l Triadimenol 100 ml / 100 L olacak şekilde süspansiyonlar hazırlanarak, asmalara püskürtme şeklinde uygulanmıştır. Kontrol uygulamasına ise ilaçlama dönemlerinde sadece su uygulaması yapılmıştır. Deneme, meyveler olgunlaştıktan sonra hasat edilerek sonlandırılmıştır. Ayrıca her bir grubun başında ve sonunda bulunan asmalar ise değerlendirmeye alınmamıştır.



Şekil 1. Uygulama gruplarının deneme parseline göre dağılımını gösteren diyagram.

Hastalık Şiddetinin Değerlendirilmesi

Üzüm meyveleri hasat olgunluğuna eriştiği dönemde hastalık şiddetini belirlemek için iki farklı skala kullanılmıştır: meyveler için 0-4 skalası, yapraklar için 0-3 skalası kullanılmıştır (Delen ve ark.,1987) (Çizelge 1). Bu skalalar daha sonra Townsed-Heuberger formülü* yardımı ile (Townsend, 1943) yüzde (%) olarak hastalık şiddeti (HŞ) değerlerine dönüştürülmüştür.

$$**HŞ (\%) = [\sum(S \times L) \div (M \times S_{max})] \times 100 \quad (1)$$

Bu formülde, S = scalea değeri, L = skalada değerlendirilen bitki sayısı, M = toplam bitki sayısı ve S_{max} = en yüksek skala değeridir.

Tablo 1. Yaprak ve meyveler için hastalık şiddeti değerlendirme skalaları

Yapraklar için 0-3 skalası	Meyveler için 0-4 skalası
0=Yaprakta hiç leke yok	0=Hastalık yok
1=Yaprakta 1-2 leke var	1=%25'i hastalıkla bulaşık
2=Yaprakta 3-10 leke var	2=%50'si hastalıkla bulaşık
3=Yaprakta 10'dan fazla leke var	3=%75'i hastalıkla bulaşık
	4=%75'den fazlası hastalıkla bulaşık

Erciş Üzüm Çeşidinin Pomolojik Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Hasat edilen salkımlar gruplara göre tesadüfi olarak seçilmiştir. Seçilen salkımların üst, orta ve alt kısmından 2-2-2 olmak üzere dane örneği alınıp, sırası çıkarılarak değerlendirmeye alınmıştır (Kuşaksız ve ark., 2003). Alınan üzüm örneklerinin ezilmesi sonucu elde edilen şıradan SÇKM (suda çözünür kuru madde) oranı dijital bir refraktometre (Atago Pal-3 Dijital Refraktometre 0-93 Brix) ile, pH değeri ise bir pH metre (Adwa Ad12) ile ölçülmüştür. Ayrıca elde edilen üzüm şırasından 10 ml alınarak 20 ml saf su ilave edilmiş ve daha sonra 0.1 N

NaOH ile pH metrede pH'ı 8.1 oluncaya kadar titre edilmiştir. Harcanan NaOH miktarı kullanılarak titrasyon asitliği (TA) yüzde (%) olarak aşağıdaki formülle hesaplanmıştır.

$$TA (\%) = V \times F \times E \times 100 \div M \quad (2)$$

Bu formülde, V=Harcanan 0.1- n NAOH miktarı (ml), F=Titrasyonda kullanılan baz (normalitesi F= 1'dir), E=1 ml 0.1-n NAOH'in eşdeğeri asit miktarı (Tartarik Asit= 0.0075) ve M= Titre edilen örneğin gerçek miktarıdır (ml veya g).

Erciş Üzüm Çeşidinin Verim Özelliklerinin Değerlendirilmesi

Asmaların hasat zamanı geldiğinde her bir grubun üzerinde bulunan saklımlar sayılarak adet olarak saptanmıştır. Daha sonra bu salkımlar hasat edilerek salkım ağırlıkları (g) belirlenerek, omca başına düşen verim (kg/omca) hesaplanmıştır. Asmaların klorofil içeriği ise SPAD (502-Plus, Konica Minolta, Japan) ile belirlenmiştir (Fischer, 2001).

İstatistiksel Analiz

Çalışma kapsamında elde edilen tüm verilerin istatistiksel analizleri SPSS bilgisayar programı ile yapılmış ve Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılarak da ortalamalar karşılaştırılmıştır.

BULGULAR

Uygulamaların Hastalık Şiddetine Etkisi

Sodyum bikarbonat, % 80 WP Kükürt ve 50g/l Triadimenol uygulamaları arasında hem yaprakta hem de meyvede hastalık şiddeti üzerinde ki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p<0.05$). Bu çerçevede uygulamalarının yapraktaki hastalık şiddetleri incelendiğinde; % 80 WP Kükürtün % 4.86 en düşük hastalık şiddeti oranına sahip olduğu, bunu % 21.53 ile ve Sodyum bikarbonat % 61.12 ile 50 g/l Triadimenol uygulamalarının takip ettiği görülmektedir. En yüksek hastalık şiddeti oranı ise kontrol uygulamasında gözlenmiştir (Çizelge 2).

Uygulamaların meyvedeki hastalık şiddetleri incelendiğinde, yaprakta ki hastalık şiddeti oranlarına göre paralellik gösterdiği tespit edilmiştir. Yine meyvede de % 80 WP kükürtün % 3.09 ile en düşük hastalık şiddeti oranına sahip olduğu, bunu Sodyum bikarbonat ve 50 g/l Triadimenol uygulaması sırasıyla % 11.82 ve %18.23 hastalık şiddeti oranları ile takip ettiği belirlenmiştir. En yüksek hastalık şiddeti oranı ise ilaçsız kontrolde gözlenmiştir (% 38.92) (Çizelge 2).

Tablo 2. Uygulamaların yaprak ve meyvede ki hastalık şiddeti üzerine etkisi

Uygulamalar	Yaprakta Hastalık Şiddeti (%)	Meyvede Hastalık Şiddeti (%)
50 g/l Triadimenol	61.12±12.60 ^{b*}	18.23±5.24 ^b
Sodyum Bikarbonat	21.53±10.48 ^c	11.82±3.90 ^{bc}
% 80 WP Kükürt	4.86±0.46 ^d	3.09±0.43 ^c
Kontrol	100.00±0.00 ^a	38.92±12.23 ^a

*Her sütunda aynı harfe sahip değerler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre önemli ölçüde farklı değildir ($p<0.05$), Tablodaki veriler hastalık şiddeti ortalaması ± SS (%) anlamına gelmektedir.

Uygulamaların Erciş Üzüm Çeşidinin Pomolojik Özelliklerine Etkisi

Sodyum bikarbonat, % 80 WP Kükürt ve 50 g/l Triadimenol uygulamaları arasında asmanın pomolojik özellikleri (pH, SÇKM ve TA) üzerinde ki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Bu çerçevede Sodyum bikarbonat uygulaması istatistiki fark önemsiz olmakla beraber pH değeri 3.12 ile en yüksek değerde seyrederken, SÇKM ve TA değerleri sırasıyla % 18.50 ve % 0.53 ile en düşük oranlara sahiptir. Genel olarak bakıldığında ise uygulamaların pH değerleri 2.99-3.12, SÇKM değerleri % 18.50-20.07 ve TA oranları ise % 0.53-0.69 aralığında değişiklik göstermektedir.

Tablo 3. Uygulamaların Erciş üzüm çeşidinin pomolojik özelliklerine etkisi

Uygulamalar	pH	SÇKM (%)	TA (%)
50 g/l Triadimenol	3.09±0.09 ^{öd*}	19.70±0.71 ^{öd}	0.63±0.05 ^{öd}
% 80 WP Kükürt	2.99±0.20	20.07±1.32	0.67±0.07
Sodyum Bikarbonat	3.12±0.16	18.50±0.84	0.53±0.01
Kontrol	3.03±0.12	20.05±3.30	0.69±0.07

SÇKM: Suda çözünür kuru madde, TA: Titrasyon asitliği

*öd: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre gruplar arasında ki farklar önemsizdir (p<0.05),

Tablodaki veriler pH, SÇKM ve TA değerlerinin ortalaması ± SS (%) anlamına gelmektedir.

Uygulamaların Erciş Üzüm Çeşidinin Verimine Etkisi

Sodyum bikarbonat, % 80 WP Kükürt ve 50 g/l Triadimenol uygulamaları arasında asmanın salkım sayısı değerleri üzerinde ki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, salkım ağırlığı, omca başına verim ve toplam klorofil yoğunluğu üzerinde ki farklar ise önemli bulunmuştur (p<0.05). Uygulamalar kontrole göre irdelendiğinde, salkım sayısında önemli bir değişiklik görülmemiştir. Ancak salkım ağırlığında ve omca başına verimde en yüksek etki 50 g/l Triadimenol uygulamasında olup; sodyum bikarbonat ve % 80 WP Kükürt uygulamalarının etkili olmadığı tespit edilmiştir. Toplam klorofil yoğunluğunda ise uygulama grupları karşılaştırıldığında Sodyum bikarbonat uygulaması 43.10 ile en iyi etkiyi göstermiştir.

Tablo 4. Uygulamaların Erciş üzüm çeşidinin verimine ve toplam klorofil yoğunluğuna etkisi

Uygulamalar	Salkım Sayısı (adet)	Salkım Ağırlığı (g)	Omca Başına Verim (g/omca)	Toplam Klorofil Yoğunluğu
50 g/l Triadimenol	12.63±1.01 ^{öd*}	0.34±0.03 ^{a**}	30±0.80 ^a	35.74±4.67 ^b
% 80 WP Kükürt	9.38±0.30	0.19±0.01 ^{ab}	20±0.50 ^b	40.12±5.89 ^{ab}
Sodyum Bikarbonat	5.50±0.85	0.08±0.01 ^b	20±0.10 ^b	43.10±5.64 ^a
Kontrol	5.88±0.33	0.11±0.08 ^b	20±0.30 ^b	36.30±3.04 ^b

*öd: Duncan çoklu karşılaştırma testine göre gruplar arasında ki farklar önemsizdir (p<0.05),

**Her sütunda aynı harfe sahip değerler Duncan çoklu karşılaştırma testine göre önemli ölçüde farklı değildir (p<0.05),

Tablodaki veriler verim ve toplam klorofil yoğunluğu değerlerinin ortalaması ± SS (%) anlamına gelmektedir.

TARTIŞMA ve SONUÇ

Araştırmamızda Erciş üzüm çeşidinde önemli problemlerinden birisi olan külleme hastalığının (*E. necator*) kontrolüne yönelik olarak % 80 WP Kükürt uygulamasının diğer diğer uygulamalara (Sodyum bikarbonat ve 50g/l Triadimenol) göre daha etkili olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 2). Ancak kontrol gruplarına göre tüm uygulamalar hastalık şiddetini düşürdüğü belirlenmiştir (Çizelge 2). Çetinkaya ve Ateş (2016) Sultani Çekirdeksiz üzüm çeşitleri üzerinde yaptıkları benzer bir araştırmada da kükürt uygulamasının yanı sıra Sodyum bikarbonatın da külleme hastalığına karşı etkili olduğunu rapor etmiştir. Ayrıca farklı araştırmalarda da Sodyum bikarbonat ve Kükürt uygulamalarının limon ve portakalda *Penicillium digitatum* ve *P. italicum* (Smilanick ve ark., 1999) ve domateste *Fusarium oxysporum* (Hang ve Woodams, 2003) etmenlerine karşı etkili olduğu rapor edilmiştir. Ek olarak bu uygulamaların başta kırmızı örümcek olmak üzere bazı zararlılara karşı da etkili olduğu belirlenmiştir (Madanlar ve ark., 2000). 50 g/l Triadimenol uygulaması ise hastalığa en az etki gösteren uygulama olmuştur (Çizelge 2). Bunun en önemli nedenlerinden birisi fungusitlerin yoğun olarak kullanılmasından dolayı hastalıkların dayanıklılık kazanmasıdır (Deising ve ark., 2008; Lucas ve ark., 2015).

Van'ın Erciş ilçesinde Erciş çeşidi üzümlerinin külleme hastalığına (*E. necator*) karşı 3 farklı uygulama yapıldıktan sonra pomolojik özellikleri incelenmiştir. Bu özellikler üzüm meyvesinde dikkate alınan tat metabolitleri arasında, SÇKM ve titrasyon asitliğinin ölçümü ile pH'ı vardır (Balbaba ve Bağcı, 2020;2021; Ergönül ve ark., 2021). SÇKM oranı Türk Standartları Enstitüsü, TS101 Sofralık üzüm standardına göre en az % 13 olması gerektiğini bildirmektedir. Araştırmamızda da SÇKM oranı % 18.50-20.07 arasında olduğu belirlenmiştir (Çizelge 3). Ayrıca araştırmamızda pH ve titrasyon asitliği sırasıyla % 0.53-0.69 ve 2.99-3.12 aralığında değişiklik göstermiştir (Çizelge 3). Nitekim tadı etkileyen SÇKM ile birlikte pH ve titrasyon asitliğide olgunlaşmanın bir

göstergesidir (Balbaba ve Bağcı, 2021; Ergönül ve ark., 2021). Bu çerçevede tat ve kalite çalışmalarında da pH ve titrasyon asitliğinin araştırmamızın bulgularıyla benzer oranlarda olduğu rapor edilmiştir (Balbaba ve Bağcı, 2020; 2021; Ergönül ve ark., 2021). Sonuç olarak hastalığa karşı yaptığımız uygulamaların Erciş çeşidi üzümünde tat ve kalitesi üzerine olumsuz bir etkisinin olmadığı söylenebilir.

Araştırmamızda bağda külleme hastalığına (*E. necator*) karşı yapılan uygulamaların verim kriterleri üzerindeki etkisine bakılmıştır. 50g/l Triadimenol uygulamasının diğer uygulamalara göre salkım ağırlığında ve omca başına verimde daha etkili olduğu tespit edilirken, salkım sayısında değişiklik olmadığı; klorofil yoğunluğunu ise Sodyum bikarbonat uygulamasının arttırdığı görülmüştür (Çizelge 4). Farklı üzüm çeşitleri üzerinde yürütülen önceki çalışmalarda da organik yetiştiricilikte, kimyasal uygulamalara göre verimde ciddi bir artışın olmadığı rapor edilmiştir (Karaturhan ve Boyacı, 2001; Çetinkaya ve Onoğur, 2006;). Ayrıca, *E. necator*'un neden olduğu hastalık şiddeti ile toplam klorofil yoğunluğu arasında ise negatif bir ilişki olduğu söylenebilir (Pearson ve Goheen, 1988; Gopi ve ark., 2005; 2007). Araştırmamızda % 80 WP Kükürt ve Sodyum bikarbonat uygulamalarının hastalığı baskılamak, toplam klorofil yoğunluğunu arttırdığı belirlenmiştir (Çizelge 2 ve 4). Bunun en büyük nedeni ise *Erysiphe necator*'un ektoparazitik bir patojen olması ve miselleri ile yaprak alanını kapatmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Bakış 2013; Austin ve Wilcox, 2011; 2012; Yang ve ark., 2021).

Sonuç olarak Erciş üzüm çeşitlerinde *E. necator* önemli derece de hastalık şiddetine neden olmaktadır. Bu çerçevede de % 80 WP Kükürt ve Sodyum bikarbonat uygulamaları hastalık şiddetini 50g/l Triadimenol'e göre önemli derecede baskıladığı görülmüştür. Ayrıca bu üzüm çeşidinin pomolojik özellikleri bazında uygulamaların üzüm tadını ve kalitesini koruduğu belirlenmiştir. Verimde ise 50g/l Triadimenol uygulamasının ön plana çıktığı görülse de, toplam klorofil yoğunluğunu hastalığı baskıladığı için de % 80 WP Kükürt ve Sodyum bikarbonatın arttırdığı tespit edilmiştir. Tarafımızdan yapılan araştırmada *E. necator* ile alternatif mücadele programları ümitvar sonuçlar gösterse de, gelecekte ki benzer çalışmaların birkaç yıl tekrarlı olması, daha faydalı olacaktır.

KAYNAKLAR

- Abbott, W. S. (1925). A method of computing the effectiveness of an insecticide. *Journal of Economic Entomology*, 18(2), 265-267.
- Arı, M., Kapkın, A., & Öz, S. (1995). Ege bölgesi bağ fidanlıklarında görülen fungal hastalıklar üzerinde araştırmalar. *Zirai Mücadele Araştırma Yıllığı*, (26-27), 1991-1992.
- Austin, C. N., & Wilcox, W. F. (2011). Effects of fruit-zone leaf removal, training systems, and irrigation on the development of grapevine powdery mildew. *American Journal of Enology and Viticulture*, 62(2), 193-198.
- Austin, C. N., & Wilcox, W. F. (2012). Effects of sunlight exposure on grapevine powdery mildew development. *Phytopathology*, 102(9), 857-866.
- Bakış, Ö. (2013). *Sodyum silikatin bağ küllemesi (Erysiphe necator Schwein) hastalığına karşı etkinliğinin belirlenmesi*. (MSc.). Gaziosmanpaşa University, Institute of Natural and Applied Science Tokat, Turkey.
- Balbaba, N., & Bağcı, S. (2020). Bertiz Kabarcık Üzümünde Bazı Kalite Özellikleri ile Toplam Fenol Bileşikleri ve Antioksidan Kapasitesinin Belirlenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 23(6), 1414-1421.
- Balbaba, N., & Bağcı, S. (2021). Besni Üzüm Çeşidinin Salkım, Tane ve Bazı Fitokimyasal Özelliklerinin İncelenmesi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(4), 784-794.
- Bélanger, R. R., Dik, A. J., & Menzies, J. G. (1998). Powdery mildews: recent advances toward integrated control. *Plant-microbe interactions and biological control*, Marcel Dekker Inc., New York, USA.
- Çetinkaya, N., & Ateş, F., (2016). Effect of Leaf Removal and Foliar Applications on Powdery Mildew and Yield/Quality of Grape in Organic Viticulture. *The Journal of Turkish Phytopathology*, 45(2-3), 73-87.
- Çetinkaya, N., & Onoğur, E. (2006). Organik yetiştiricilik yapılan yuvarlak çekirdeksiz üzüm bağlarında farklı gübreleme uygulamalarının külleme hastalığı gelişimi ve verime etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 43(1), 33-44.
- Deising, H. B., Reimann, S., & Pascholati, S. F. (2008). Mechanisms and significance of fungicide resistance. *Brazilian Journal of Microbiology*, 39, 286-295.
- Demir, S., Gül, A., & Onoğur, E. (1997). *Investigation on the effectiveness of sodium bicarbonate against powdery mildew on tomato grown in greenhouse*. ISHS symposium on greenhouse management for better yield and

quality in mild winter climates, Antalya.

- Ergönül, O., Aydın, S., Özer, C., Özalp, Z. O., Yaşasın, A. S., Gülcü, M., & Korkutal, İ. (2021). Italia Üzüm Çeşidinde Salkımlarda Torbalama Uygulamalarının Olgunluk, Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 24(1), 83-89.
- FAO, (2019). FAOSTAT, <http://www.fao.org/faostat/en/#home>. (Erişim tarihi:15 Kasım 2019)
- Fischer, R. A. (2001). Selection traits for improving yield potential. *Application of physiology in wheat breeding*, 13, 148-159.
- Gopi, R., Jaleel, C. A., Sairam, R., Lakshmanan, G. M. A., Gomathinayagam, M., & Panneerselvam, R. (2007). Differential effects of hexaconazole and paclobutrazol on biomass, electrolyte leakage, lipid peroxidation and antioxidant potential of *Daucus carota* L. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 60(2), 180-186.
- Gopi, R., Sridharan, R., Somasundaram, R., Lakshmanan, G. A., & Panneerselvam, R. (2005). Growth and photosynthetic characteristics as affected by triazoles in *Amorphophallus campanulatus* Blume. *General and Applied Plant Physiology*, 31(3-4), 171-180.
- Göktaş, A. (2008). *Üzüm yetiştiriciliği*. Isparta, Türkiye; Eğirdir Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Yayın No: 18.
- Hallenn, F., & Crous, P. W. (2006). A review of black foot disease of grapevine. *A Review of Black Foot Disease of Grapevine*, 1000-1013.
- Hang, Y.D., & Woodams, E.E. (2003). Control of bybaking soda. *Lwt - Food Science and Technology*, 36, 803-805.
- Horst, R. K., Kawamoto, S. O., & Porter, L. L. (1992). Effect of sodium bicarbonate and oils on the control of powdery mildew and black spot of roses. *Plant Disease*, 76(3), 247-251.
- Karaturhan, B. ve Boyacı, M. (2001) Ekolojik Tarımda Tarımsal Yayımın İşlevi Üzerine Bir Araştırma, Türkiye 1. Ekolojik Tarım Sempozyumu, İzmir.
- Kuşaksız, E., Kuşaksız, T., & İşçi, B. (2003). Manisa-Alaşehir Koşullarında Yetiştirilen Üzümlerde Bazı Hasat Olgunluk Kriterlerinin Değişimi Üzerinde Bir Araştırma. *MANİSA: Celal Bayar Üniversitesi*.
- Lucas, J. A., Hawkins, N. J., & Fraaije, B. A. (2015). The evolution of fungicide resistance. *Advances in applied microbiology*, 90, 29-92.
- Madanlar, N., Yoldas, Z., & Durmusoglu, E. (2000). Laboratory investigations on some natural pesticides for use against pests in vegetable greenhouses. *Laboratory investigations on some natural pesticides for use against pests in vegetable greenhouses*, 23(1), 281-288.
- Pearson, R. C., & Goheen, A. C. (1988). *Compendium of grape diseases*, Amer Phytopathological Society Press,.
- Smilanick, J. L., Margosan, D. A., Mlikota, F., Usall, J., & Michael, I. F. (1999). Control of citrus green mold by carbonate and bicarbonate salts and the influence of commercial postharvest practices on their efficacy. *Plant disease*, 83(2), 139-145.
- Şensoy, R. İ. G., & Balta, F. (2010). Bazı üzüm çeşitlerinin Van ekolojik şartlarına adaptasyonu. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(3), 159-170.
- Townsend, G. R. (1943). Methods for estimating losses caused by diseases in fungicide experiments. *Plant Disease Reporter*, 27, 340-343.

Farklı Düzeylerde Su Kısıntısı Uygulamalarının Kinoa Bitkisinin Bazı Verim Parametreleri Üzerine Etkisi

Şefik TÜFENKÇİ^{1,*},^a

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Biyosistem Mühendisliği, Van, Türkiye

*Sorumlu Yazar e-mail: sefiktufenkci@yyu.edu.tr

^aORCID: (<https://orcid.org/0000-0002-3350-1085>)

Makale Bilgileri

ÖZ

Makale Geçmişi

Geliş: 11.11.2021

Kabul: 29.12.2021

Yayın: 31.12.2021

Anahtar Kelimeler:

Van,
Kinoa,
Kısıntılı sulama.

Kinoa yetiştiriciliği Peru, Ekvator ve Bolivya bölgelerinde uzun yıllardan beridir yapılmaktadır. 2013 yılının FAO tarafından "Dünya kinoa yılı" ilan edilmesi ile beraber kinoa'nın üzerindeki ilgi bir anda artış göstermiştir. Bu çalışmada, 5 farklı sulama suyu düzeyinin (tam sulama, %25 kısıt, %50 kısıt, %75 kısıt ve sulanmayan) kinoa bitkisinin bazı verim parametreleri (bitki boyu, dal sayısı, salkım verimi, sap verimi, tohum verimi ve hasat indeksi) üzerine etkileri araştırılmıştır. Çalışma sonucunda, bitki boyunun 36.9-66.2 cm, dal sayısının 12.0-19.7 adet/bitki, salkım oranının %81.2-84.2, sap veriminin 330.3-673.3 kg/da, tohum veriminin 153.0-466.7 kg/da ve hasat indeksinin %29.8-41.0 arasında değişiklik gösterdiği belirlenmiştir. Sulama suyu kısıntısının kinoa bitkisinin bitki boyu, dal sayısı, sap verimi, tohum verimi ve hasat indeksi üzerine etkisi önemli bulunurken, salkım oranı üzerine etkisi ise önemsiz bulunmuştur. Bütün verim parametrelerinde en yüksek değerler, tam sulama uygulamalarından elde edilirken, sulama suyu kısıntısı arttıkça verim parametrelerindeki değerlerde önemli düzeyde azalışlar görülmüştür. Sonuç olarak kurak ve yarı kurak bölgelerde kinoa yetiştiriciliğinde yüksek verim elde etmek için sulamanın zorunlu olduğu kanaatine varılmıştır.

The Effect of Different Levels of Water Deficit on Some Yield Parameters of Quinoa

Article Info

ABSTRACT

Article History

Received: 11.11.2021

Accepted: 29.12.2021

Published: 31.12.2021

Keywords:

Van,
Quinoa,
Deficit irrigation.

Quinoa cultivation was practiced for many years in Peru, Ecuador and Bolivia. With the declaration of 2013 as the "World Year of Quinoa" by FAO, the interest in quinoa suddenly increased. In this study, the effects of 5 different irrigation water levels (full irrigation, 25% deficit, 50% deficit, 75% deficit and unirrigated) on some yield parameters (plant height, number of branches, raceme yield, stem yield, seed yield and harvest index) of quinoa plants were investigated. End of the study, the plant height was 36.9-66.2 cm, the number of branches was 12.0-19.7 pieces/plant, the raceme rate was 81.2-84.2%, the stem yield was 330.3-673.3 kg/ha, the seed yield was 153.0-466.7 kg/ha and the harvest index was 29.8-41.0% varied between. While plant height, number of branches, stem yield, seed yield and harvest index of quinoa plant the were decreased progressively subject to deficit water stress, raceme ratio was not significantly affected. While the highest value in all yield parameters was obtained from full irrigation applications, significant decreases were observed in the values of yield parameters as the irrigation water deficit increased. As a result, it was concluded that irrigation is essential to obtain high efficiency in quinoa cultivation in arid and semi-arid regions.



Atıf/Citation: Tufenkci, S. (2021). The Effect of Different Levels of Water Deficit on Some Yield Parameters of Quinoa, Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi, 1(1), 27-37.

"This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) (CC BY-NC 4.0)"

GİRİŞ

Su ne kadar yenilenebilir özelliğe sahip olsa da sınırlı ve kıt bir kaynaktır (Yerli ve ark., 2019a). Ayrıca bu kaynak nüfus miktarındaki artış, çarpık kentleşme ve kontrolsüz sanayileşme, fosil yakıt tüketimindeki artış ve küresel ısınma gibi başlıca nedenlerden dolayı gün geçtikçe kirlenmekte ve azalmaktadır (Alaboz ve ark., 2017; Yerli ve ark., 2022). Buna bağlı olarak tarım başta olmak üzere tüm sektörlerin su talebi, bir yandan suyu daha verimli kullanmaya, diğer yandan da daha fazla gıda üretmeyi zorunlu kılmaktadır. Bu nedenle tarım sektöründe mevcut su kaynaklarının planlanması ve yönetiminde stratejilerin belirlenmesi küresel bir öncelik haline gelmiştir (de Fraiture ve Wichelns 2010; Kızıloğlu ve ark., 2018). Sulamanın tarımsal verimliliği artırmada önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Buna bağlı olarak, sulu tarım, küresel tatlı su tüketiminin ortalama olarak %70'i ile halihazırda en büyük su tüketicisi konumundadır.

İklim değişikliği ve küresel ısınmanın etkileri, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde sınırlı tatlı su kaynakları için daha fazla tehdit oluşturmaktadır (Coban ve ark., 2018; Jbawi ve ark., 2018; Yerli ve ark., 2019b). Bu nedenle su kaynaklarının kıt olduğu bölgelerde kısıntılı sulama uygulamaları ön plana çıkmaktadır. Kısıntılı sulama, daha iyi verim elde etmek için gelecek vaat eden sulama stratejilerinden birisi olarak kabul görmektedir (Geerts et al. 2008). Kısıntılı (kısıtlı) sulama, kurak ve yarı kurak bölgelerde sulama suyunda tasarruf sağlanması ve su kullanım etkinliğini artırması bakımından oldukça önemlidir (Sahin ve ark., 2016; Cakmakci ve ark., 2017; Biçer ve ark., 2020). Kısıntılı sulamayla, bitkiye gerektiğinden daha az sulama suyu sağlanarak mevcut su kaynakları ile daha fazla alanın sulanması amaçlanmaktadır.

Van ilinin uzun yıllar iklim verilerine göre yetiştirme sezonunda (Haziran, Temmuz ve Ağustos) toplam ortalama yağış miktarı 30.9 mm'dir. Bu rakam verimli bir yetiştiricilik için oldukça azdır (Çakmakci ve ark., 2016). Bu sebeple yarı kurak ve kurak bölgelerde mevcut verimi artırmak için özellikle yetiştirme döneminde sulama yapmak zorunlu hala gelmektedir (Sensoy ve ark., 2007).

Anavatanı Güney Amerika'nın And Bölgesi (Bolivya, Arjantin, Kolombiya, Peru ve Şili) olan kinoa bitkisi C3 (karbon-3) bitkiler grubunda olup, tek yıllık bir bitkidir. Kinoa, yüksek protein içeriği, çok çeşitli mineral ve vitamin kaynağı nedeniyle ekonomik önemi ve besin değeri yüksek olan bir bitkisel üründür (Repo-Carrasco ve ark. 2003; Stikic ve ark. 2012). Dünya Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) tarafından 2013 yılının "Dünya Kinoa Yılı" ilan edilmesi, kinoa bitkisinin ön plana çıkmasını sağlamıştır. Kinoa, tarımsal üretim için kuraklık dahil olmak üzere farklı abiyotik streslerin ana kısıtlamalarının olduğu alanlarda ikame ürün olarak yetiştirme yeteneğine sahip olan özel bir bitkisel üründür (Fita ve ark, 2015; Bazile ve ark., 2016).

Geerts ve ark. (2008), kinoada tam sulama altında elde edilen maksimum verimin kısıntılı sulamaya benzer şekilde 2.01 t/ha ile 2.04 t/ha aralığında olduğunu, yağmurlu koşullarda ise 1.68 t/ha seviyelerine kadar düştüğünü bildirmişlerdir. Shams (2012), Mısır'da kuru iklim koşullarında yaptığı çalışmada, yağmurlu geçen yılda verim değerinin 1.87 t/ha, yağış olmayan yılda ise verim değerinin 1.57 t/ha olduğunu belirtmiştir. Kaya İnce (2010), Akdeniz bölgesi koşullarında kinoa bitkisinin geleneksel sulama yöntemiyle kısıntılı sulama veya yarı ıslatmalı PRD sulama tekniğiyle sulama koşullarında, tam sulama yapılan sulamaya kıyasla %50 oranında daha az sulama suyu uygulamasının istatistiksel olarak verimde kayıplara yol açmadığını bildirmişlerdir. Ayrıca Kaya İnce ve Yazar (2014), %50 daha az sulama suyu sağlayan kısıntılı sulama veya PRD uygulamalarının kinoa verimini etkilemediğini fakat tam sulama ile kısıntılı sulama arasında değişen seviyelerde farklılıkların ortaya çıktığını ve sulama suyunun %25, %33, %50, %67 ve %75 oranında sınırlandırılmasının tam sulamaya göre %14-40 civarında verim kayıplarına neden olduğunu bildirmişlerdir.

Ülkemizde son yıllarda ön plana çıkan kinoa bitkisi ile yapılan çalışma sayısı oldukça azdır. Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde, bu çalışmaların çoğunlukla yurt dışında yapıldığı, ülkemizde yapılan çalışmaların ise akdeniz iklimi etkisinde olan Antalya ilinde ve mikro klima özelliği gösteren Iğdır ilinde yürütüldüğü görülmektedir. Bu sebeple yarı kurak iklime sahip ve ülkemizin doğusunda yer alan Van ilinde kinoa bitkisinin verim parametrelerindeki değişim etkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL ve YÖNTEM

Deneme alanı ve iklim koşulları

Çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesine ait deneme alanında 2018 yılında yürütülmüştür. Deneme alanı, Türkiye'nin doğusunda deniz seviyesinden 1680 m yükseklikte bulunmaktadır (Şekil 1).



Şekil 1. Deneme alanı

Deneme alanı karasal iklim kuşağı içinde olmasına rağmen yakınında küçük bir deniz özelliği gösteren Van Gölü sayesinde iklimi daha yumuşak geçmektedir. Kinoa bitkisinin vejetasyon dönemi (Mayıs – Eylül) boyunca en yüksek ortalama sıcaklık 32.8 °C ile Temmuz ayında, ortalama en düşük sıcaklık ise Mayıs ayında 11.6 °C olarak belirlenmiştir. İklim verileri deneme alanının hemen yanında kurulu olan meteoroloji istasyonundan (İMETOS) alınmıştır (Tablo 1.).

Tablo 1. Van İli Uzun Yıllar (Anonim 2018) ve Deneme Alanının 2018 Yılına Ait İklim Verileri

Yıllar	Parametreler	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
2018	Ortalama sıcaklık (°C)	16.8	21.1	25.2	24.9	19.9
	Ort. en yüksek sıcaklık (°C)	21.1	27.7	32.8	32.5	27.4
	Ort. en düşük sıcaklık (°C)	11.6	14.4	17.5	17.6	14.6
	Yağış (mm)	33.5	21.7	4.5	0.6	12.6
	Rüzgâr hızı (m / s)	2.0	2.1	2.3	2.2	2.2
	Bağıl nem (%)	49.3	41.4	33.5	38.6	42.8
Uzun yıllar (1970-2017)	Ortalama sıcaklık (°C)	13.1	18.2	22.3	22.2	17.8
	Ort. en yüksek sıcaklık (°C)	18.5	24.0	28.2	28.5	24.4
	Ort. en düşük sıcaklık (°C)	7.1	10.8	14.6	14.6	10.7
	Yağış (mm)	45.7	18.6	6.4	5.9	15.6
	Rüzgâr hızı (m / s)	2.0	2.0	2.1	2.1	2.2
	Bağıl nem (%)	52.6	48.3	44.8	42.7	44.5

Deneme alanının toprak özellikleri

Deneme öncesi deneme alanından kinoa bitkisinin etkili kök derinliği dikkate alınarak (60 cm) 0-30 cm ve 30-60 cm tabakaları şeklinde bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmış ve toprağın bazı fiziksel (toprak bünyesi, hacim ağırlığı), hidrolik (tarla kapasitesi, devamlı solma noktası, su tutma kapasitesi) ve kimyasal özellikleri (elektriksel iletkenlik, pH, CaCO₃, organik madde) belirlenmiştir (Tablo 2 ve 3). Toprak bünyesi; Gee and Bauder (1986), toprak reaksiyonu; Kacar (2009), elektriksel iletkenlik; Richards (1954), kireç; Kacar (2009), organik madde; Walkley (1947) metodlarına göre belirlenmiş olup, tarla kapasitesi ve devamlı solma noktası ise basınçlı membran aleti yardımıyla tespit edilmiştir (Klute, 1986).

Tablo 2. Deneme Alanının Bazı Fiziksel ve Hidrolik Toprak Özellikleri

Derinlik (cm)	Tane büyüklük dağılımı (%)			Bünye sınıfı	Tarla kapasitesi (%)	Devamlı solma noktası (%)	Yarayışlı su (mm)	Hacim ağırlığı (g/cm ³)
	Kum	Silt	Kil					
0-30	47.4	22.1	26.5	Kumlu killi tn	32.2	17.1	62.1	1.37
30-60	49.2	23.5	27.3	Kumlu killi tn	33.0	17.8	63.4	1.39

Tablo 3. Deneme Alanının Bazı Kimyasal Toprak Özellikleri

Derinlik (cm)	EC dS/m	pH	Organik madde (%)	CaCO ₃ (%)
0-30	0.275	8.05	0.98	9.7
30-60	0.341	8.13	0.91	11.4

Deneme planı ve uygulamalar

Deneme, tesadüf blokları deneme deseni yöntemine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Parseller 5 m uzunluğunda ve her parsel 35 cm sıra aralıklı, 4 bitki sırası olmak üzere 7 m² (1.4 x 5 m) alana sahip şekilde tasarlanmıştır.

Denemede 5 farklı sulama düzeyi (K0, K1, K2, K3 ve K4) damla sulama yöntemiyle uygulanmıştır. Konular (sulama düzeyleri), K0: su kısıtı uygulanmayan (mevcut nemi tarla kapasitesi seviyesine tamamlayacak şekilde %100 sulama), K1: K0 konusuna verilen su miktarının %75'i, K2: K0 konusuna verilen su miktarının %50'si, K3: K0 konusuna verilen su miktarının %25'i, K4: Sadece çimlenme aşamasında sulama suyu uygulanmış sonrasında ise hiç sulama suyu uygulanmayan parsel olarak planlanmıştır.

Sulamalar, deneme alanında bulunan meteoroloji istasyonundan elde edilen günlük iklim verilerinin CROPWAT (8.0) programında değerlendirilmesi ile elde edilen referans ETo değerinin 50±5 mm seviyesine ulaştığı zaman yapılmıştır. Uygulamalara uygulanacak sulama suyu miktarları ve hacimleri aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır (Güngör ve Yıldırım 1989).

$$I = (TK - MN) / 100 \times \gamma t \times D \quad (1)$$

$$V = I \times A \times P \quad (2)$$

Eşitlikte;

I: Her sulama başına uygulanacak olan su miktarı (mm), TK: Tarla kapasitesinde olan topraktaki su miktarı (% Pw), MN: sulama öncesi topraktaki nem içeriği (Pw), γ : toprağın hacim ağırlığı (g/cm^3), D: etkili kök derinliği (mm), V: Her sulamada uygulanacak sulama suyu hacmi (L), A: parsel alanı m^2 , P: Islatma oranı (%)’dır.

Tarımsal uygulamalar

Mayıs ayının yaklaşık olarak ortasında, sıra üzerine tohum ekimleri sık bir şekilde yapılmış, kinoa bitkisinin kotiledon yapraklar çıktıktan sonra seyreltmeyle sıra üzerinde yaklaşık her 14 cm’de bir bitki bırakılmıştır. Bitki boyları yaklaşık 10-15 cm olduğunda ara çapalama yapılmıştır. Kısıntılı sulamalara başlanmadan önceki süreçte bütün parsellere eşit miktarda sulama suyu sağlanmıştır. Bitki boyları ortalama olarak 15 cm olduktan sonra kısıntılı sulamalara başlanmış ve hasada kadar devam edilmiştir. Eylül ayının sonunda bitkiler hasat edilmiş ve gerekli ölçümler yapılmıştır.

Ölçümler

Tohum hasadı öncesi her parselden kenar tesiri dışında kalan alandan rastgele seçilen 5 bitkinin boyu (cm), dal sayısı (adet), salkım oranı (%) belirlenmiştir. Ayrıca parselleri temsil edecek şekilde hasat edilen bitkilerde tohum ve sap verimleri (kg/da) ile hasat indeksi (%) değerleri de hesaplanmıştır.

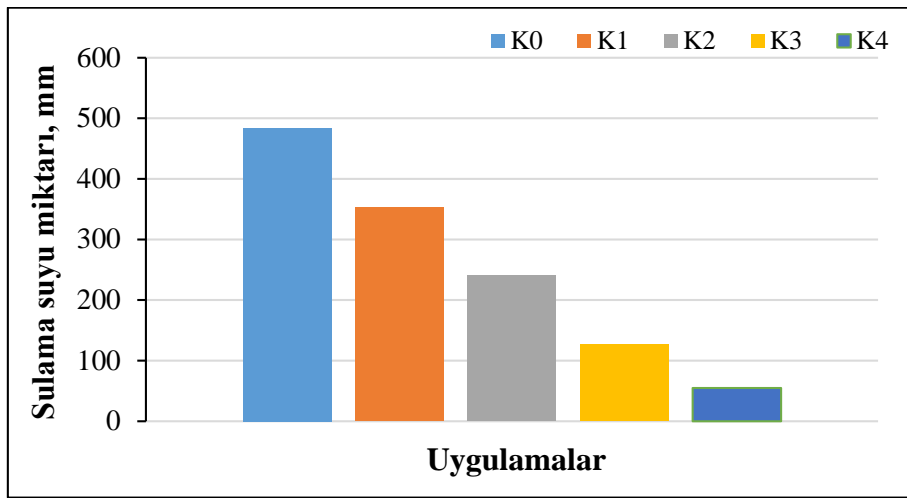
İstatistiksel analiz

Araştırma sonucunda elde edilen verilere, SPSS (22.0) istatistik paket programı yardımıyla One-Way Anova Varyans Analizi uygulanmış ve gruplar arasındaki farklılığın belirlenmesinde Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (Duncan, 1965).

BULGULAR ve TARTIŞMA

Sulama suyu miktarı

Çalışmada farklı uygulamalar için uygulanan sezonluk sulama suyu miktarları Şekil 2’de verilmiştir. Çalışmada en yüksek sulama suyu uygulaması 484 mm ile herhangi bir kısıt uygulanmayan K0 (tam sulama) uygulamasında, en düşük sulama suyu miktarı ise 55 mm ile sadece çimlenme aşamasına kadar sulama suyu uygulanan K4 uygulamasında gerçekleşmiştir.



Şekil 2. Mevsimsel uygulanmış sulama suyu değerleri

Bitki boyu

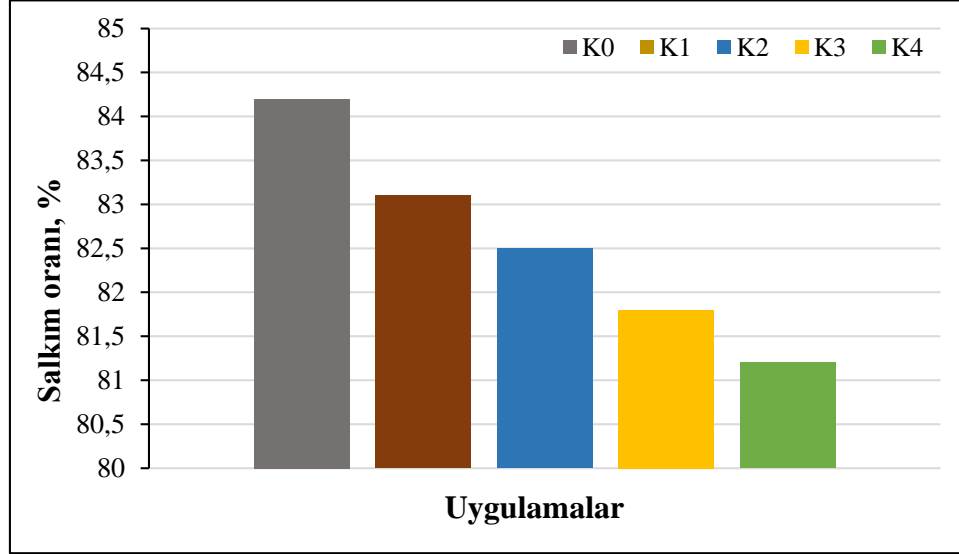
Bitki boyu, sulama suyunun azalmasından önemli derecede ($p<0.01$) etkilenmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarlarına göre bitki boyları incelendiğinde, en yüksek bitki boyu %100 sulama yapılan K0 konusunda belirlenmiştir (Tablo 4). K1, K2 ve K3 konularında bitki boyları K0 konusuna göre azalmış olmasına rağmen fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. K4 konusunda ise bitkiye sadece çimlenme aşamasında sulama suyu verildiği için, planlı sulamalar başladıktan sonra suyun bitki kökleri tarafından alınamamasından dolayı bitki boyunun en düşük belirlenmesi de beklenen bir sonuçtur. Her ne kadar bitkilerde bitki boyu bitkinin çeşidi, çevresel koşullar, iklim özellikleri vb. durumlar etkilese de bitkilerde büyümenin olması için hücre bölünmesinin gerçekleşmesi gerekir. Bunun için de mevcut suyun hücreler içerisine girmesi gerekmektedir (Gençtan, 2012). Sulama suyu miktarının bitki boyu ile doğrudan ilişkili olduğu söylenebilir. Geren ve ark (2015) ve Kır (2016), yaptıkları çalışmalarda sulu şartlarda, kuru şartlara oranla daha yüksek bitki boyunun olduğu bildirmişlerdir.

Dal sayısı

Bitki boyuna benzer bir şekilde dal sayısı da K0 uygulamasında en yüksek değeri vermiş ve uygulanan sulama kısıntısının etkisi de önemli bulunmuştur. Sulama suyunun %50'den daha fazla azaldığı uygulamalarda dal sayısında istatistiksel olarak bir farklılık olmadığı tespit edilmiştir. Bitki başına düşen dal sayılarındaki farklılıkların sulama suyunun miktarı ve boylanma ile de ilişkili olduğu düşünülmektedir. Bitki sulama suyu stresi ile gelişimini yavaşlatma veya tamamen durdurmaktadır. Su stresi ile birlikte bitkilerde vejetatif gelişim azalmakta ve buna bağlı olarak da dal sayısı düşmektedir. Bitki başına düşen dal sayısı için farklı araştırma sonuçları bulunmaktadır. Curti ve ark. (2012), yaptıkları çalışma sonunda bitki başına düşen dal sayısının uygulamalara göre değişmekle birlikte ortalama 8.7 adet, Kır (2016), çalışmasında bitki başına düşen dal sayısının 18 adet olduğunu bildirmişlerdir. Elde edilen verilerin bu çalışmalarla uyumlu olduğu görülmektedir. Ayrıca Munir (2011), yaptığı çalışma sonunda bitki genotipleri arasında da bitki dal sayısında farklılıkların olabileceğini belirtmiştir.

Salkım oranı

Farklı sulama suyu seviyelerinin salkım oranları üzerine etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Tablo 4). Çalışmada en yüksek salkım oranı %84.2 oranıyla K0 konusunda tespit edilmiştir. Şekil 3. incelendiğinde en düşük salkım oranı da sulama suyu uygulanmayan konuda (K4) hesaplanmıştır. Farklı ekolojik ortamlar, bitkinin büyüme sezonu, bölgenin iklimsel özellikleri, ekim-dikim zamanı bitkinin gelişiminde ve büyümesinde etkili olmaktadır. Kır ve Temel (2017), yaptığı çalışmada Titicaca çeşidinde kuru şartlarda %55.30, sulu koşullarda %69.18 oranında salkım oranları elde ettiğini, kuru koşullarda bitki gelişiminin daha erken sürede tamamlandığını, salkımlarında daha kısa yetiştirme süresinde tamamlandığı için düşük oranda olduğunu bildirmişlerdir. Yapılan çalışmanın tersine bu çalışmada da dikim zamanının mayıs ortasında olması bitkinin erken sıcaklıklar ile karşılaşması erken salkım oluşturmaya sebep olabileceği düşünülmektedir.



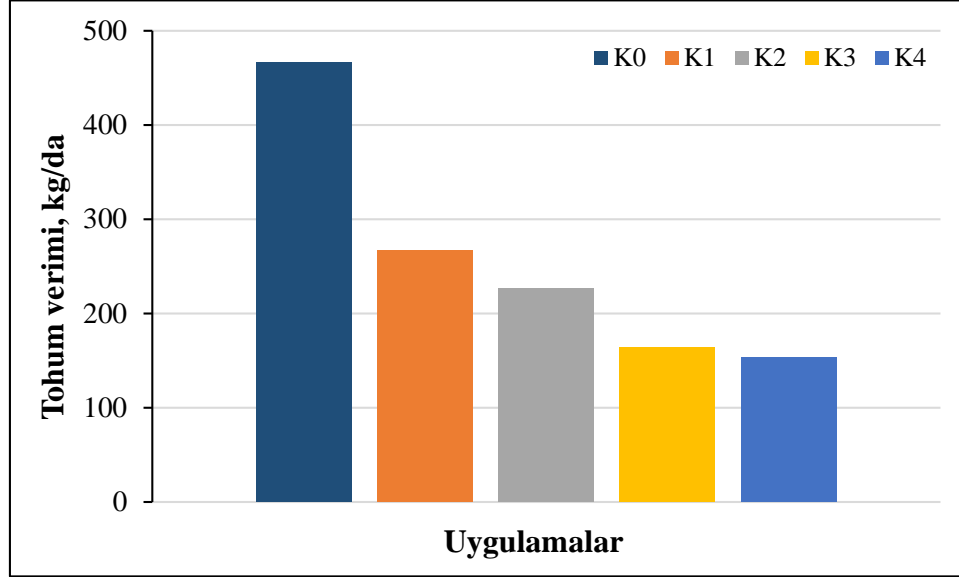
Şekil 3. Farklı su kısıntısı uygulamalarına ait bitki başına ortalama salkım oranları

Sap verimi

Çalışmada su kısıntısının sap verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli belirlenmiştir (Tablo 4). En yüksek değer 673.3 kg /da ile K0 konusunda belirlenmiştir. Su kısıntısı arttıkça sap veriminde de azalmalar olmuş ve en düşük sap verimi yine sulama suyu uygulanmayan K4 konusunda gerçekleşmiştir. Tam sulanan K0 uygulamasında K1, K2 ve K3 uygulamalarına kıyasla yaklaşık %60, %61 ve %74 oranla sap verim artışı görülmüştür. Tam sulamada sap veriminin yüksek bulunmasının bitki kök bölgesinde sürekli nemin olması ve buna bağlı olarak bitkinin ihtiyacı olan suya sürekli erişebilmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Sanchez ve ark. (2003), kinoa bitkisinde yaptığı çalışmada su stresi koşullarında verimde düşüş olabileceğini bildirmişlerdir. Birsin (1998), yaptığı çalışmada bitki dal sayısı, bitki boyu, sap kalınlığı gibi parametrelerin bitkide sap verimi ile önemli ve pozitif bir ilişki içerisinde olduğunu bildirmiştir. Çalışmada da bitki boyu ve dal sayısı özelliklerinde olduğu gibi sap veriminde de su kısıntısı uygulamalarında daha düşük değerler elde edilmiştir.

Tohum verimi

Çalışmada kısıntılı sulama suyu uygulamalarının tohum verimi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Tablo 4). Çalışmada en yüksek tohum verimi kısıt uygulanmayan K0 uygulamasından elde edilmiştir (Şekil 4). Özellikle %50 ve %75 oranlarında sulama suyu kısıntısı uygulanmış olan K2 ve K3 uygulamalarında tohum verimi, K0 uygulamasına kıyasla %50'den daha fazla düşük belirlenmiştir. Sulama suyunun yetersizliği tohum veriminin düşmesine neden olduğu görülmektedir. Benzer şekilde Geerts ve ark. (2008), Kaya İnce (2010) ve Kır (2016), yaptıkları çalışmalarda sulu koşullarda daha fazla tohum verimi aldıklarını bildirmişlerdir.



Şekil 4. Farklı su kısıntısı uygulamalarında bitki tohum verimleri

Hasat indeksi

Çalışmada en yüksek hasat indeksi K0 uygulamasında %41.0 olarak belirlenmiştir. En düşük hasat indeksi ise %75 su kısıtı uygulanan K3 uygulamasında %29.8 olarak hesaplanmıştır (Tablo 4). Yapılan varyans analizi sonuçlarına göre kısıntılı sulama suyu uygulamalarının hasat indeksi üzerinde istatistiksel olarak önemli etkisinin olduğu belirlenmiştir. Su kısıntısının artmasına bağlı olarak hasat indeksi de düşüş göstermiştir. Geerts ve ark. (2008), yaptıkları çalışmada tam sulama konusunda %49, kuru koşullarda ise %48 hasat indeksi bulduklarını belirtmiştir. Hirich ve ark. (2013), tam sulama koşullarında kinoa bitkisinde yaptıkları çalışma sonunda hasat indeksini %56 olarak bulduklarını bildirmişlerdir. Pulvento ve ark. (2010), kinoa bitkisinde hasat indeksini %31-%57 arasında bulduklarını belirtmişlerdir. Yapılan çalışmalarda incelendiğinde hasat indeksi için kesin bir sonuç olmadığı ve bu sonucun bitkinin yetiştirilen bölgeye, coğrafyaya, iklim ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişiklik göstereceği düşünülmektedir.

Tablo 4. Farklı Sulama Suyu Kısıntısının Kinoa Bitkisinin Bazı Verim Parametreleri Üzerine Etkisi

	Bitki Boyu, cm	Dal sayısı (adet/bitki)	Salkım oranı	Sap verimi	Tohum verimi	Hasat indeksi
K0	66.2 a	19.7 a	84.2	673.3 a	466.7 a	41.0 a
K1	55.5 b	14.6 b	83.1	419.3 b	266.6 b	38.9 ab
K2	50.9 b	12.3 c	82.5	418.7 b	226.1 c	35.1 bc
K3	48.3 b	12.0 c	81.8	386.0 bc	163.7 d	29.8 d
K4	36.9 c	13.0c	81.2	330.3 c	153.0 d	31.7 cd
ORT	51.6	14.3	82.5	445.5	255.2	35.3
P	0.001	0.000	0.893	0.000	0.000	0.002

SONUÇ

Orta ve daha yüksek seviyede (%50, %75 ve %100) uygulanan sulama suyu stresi, kinoa bitkisinde bitki boyu, dal sayısı, sap verimi ve tohum verimi değerlerinin önemli seviyede düşmesine neden olurken salkım oranında önemli bir düşüş gerçekleşmemiştir. Salkım oranı bütün uygulamalarda birbirine yakın sonuçlar vermiştir. Tam sulama uygulaması, bütün parametrelerde en yüksek değeri vermiştir.

Bu çalışmadan elde edilen veriler ile daha önceden yapılmış olan çalışmalar arasında bazı parametrelerde farklılıklar olduğu gözlemlenmiştir. Bunun temel nedeninin bölgenin, iklim koşullarının, toprak özelliklerinin, yükseltinin olduğu düşünülmektedir. Bu etmenlere rağmen tam sulama koşullarında bitki gelişiminin en iyi şekilde olduğu ve su kısıntısı olması halinde orta derecede kayıpların olacağı görülmüştür. Bu nedenle kinoa yetiştiriciliğinde yüksek verim elde etmek için Van gibi yüksek rakımlı (1680 m) yazları kurak ve yarı kurak iklime sahip bölgelerde sulama yapılmasının zorunlu olduğu sonucuna varılmıştır.

Teşekkür

Bu çalışmaya FYL-2017-5909 proje kodu ile maddi destek sağlayan Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi'ne teşekkür ederim.

KAYNAKLAR

- Alaboz, P., Işıldar, A. A., Müjdecı, M., & Şenol, H. (2017). Effects of different vermicompost and soil moisture levels on pepper (*Capsicum annuum*) grown and some soil properties. *Yuzuncu Yil University Journal of Agricultural Sciences*, 27, 30-36.
- Anonim, (2018). <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?m=VAN> (Erşim tarihi: 20.09.2021)
- Bazile, D., Jacobsen, S. E., & Verniau, A. (2016). The global expansion of quinoa: trends and limits. *Frontiers in Plant Science*, 7, 622.
- Biçer, Ş., Erdinç, Ç., & Çömlekçioğlu, N. (2020). The effects of root bacteria (PGPR) and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation on plant growth and yield properties at different irrigation levels in cucumber. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 6(1), 8-20.
- Birsin, M. A. (1998). Makarnalık Buğdayda Ana Sap Verimi ve Bazı Verim Ögelerinin Korelasyonu ve Path Analizi. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 7(2), 40-44.
- Cakmakci, O., Cakmakci, T., Durak, E. D., Demir, S., & Sensoy, S. (2017). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi in melon (*Cucumis melo* L.) seedling under deficit irrigation. *Fresenius Environmental Bulletin*, 26(12), 7513-7520.
- Çakmakcı, T., Şahin, Ü., Kuşlu, Y., Kızıloğlu, F. M., Tüfenkçi, Ş., & Okuroğlu, M. (2016). Van ili tarım alanlarında temiz ve atık su kaynaklarının yönetimi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 26(4), 662-667.
- Coban, F., Ozer, H., Ors, S., Sahin, U., Yildiz, G., & Cakmakci, T. (2018). Effects of deficit irrigation on essential oil composition and yield of fennel (*Foeniculum vulgare* Mill) in a high-altitude environment. *Journal of Essential Oil Research*, 30(6), 457-463.
- Curti, R. N., Andrade, A. J., Bramardi, S., Velásquez, B., & Daniel Bertero, H. (2012). Ecogeographic structure of phenotypic diversity in cultivated populations of quinoa from Northwest Argentina. *Annals of Applied Biology*, 160(2), 114-125.
- de Fraiture, C., & Wichelns, D. (2010). Satisfying future water demands for agriculture. *Agricultural Water Management*, 97(4):502-511.
- Duncan, D. B. (1955). Multiple range and multiple F test. *Biometrics*, 11(1), 1-42.
- Fita, A., Rodríguez-Burruezo, A., Boscaiu, M., Prohens, J., & Vicente, O. (2015). Breeding and domesticating crops adapted to drought and salinity: a new paradigm for increasing food production. *Frontiers in Plant Science*, 6, 978.
- Gee, G. W., & Bauder, J. W., (1986). Particle Size Analysis. In: Methods of Soil Analysis, Part A. Klute (ed.). 2 Ed., Vol. 9 nd., Am. Soc. Agron., Madison, WI, 383-411.

- Geerts, S., Raes, D., Garcia, M., Condori, O., Mamani, J., Miranda, R., Cusicanqui, J., Taboada, C., Yucra, E., & Vacher, J. (2008). Could deficit irrigation be a sustainable practice for quinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) in the Southern Bolivian Altiplano. *Agric Water Management*, 95(8):909–917.
- Gençtan, T. (2012). *Tarımsal Ekoloji*. Namık Kemal Üniversitesi Genel Yayın No: 6, Tekirdağ.
- Geren, H., Kavut, Y.T., & Altınbaş, M. (2015). Bornova ekolojik koşullarında farklı sıra arası uzaklıkların kinoa (*Chenopodium quinoa* willd.)'da tane verimi ve bazı verim özellikleri üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 52(1), 69-78.
- Güngör, Y., & Yıldırım, O. (1989). *Tarla Sulama Sistemleri*. Ankara üniversitesi ziraat fakultesi, Ankara.
- Hirich, A., El Omari, H., Lamaddelana, N., Hamdy, A., Jacobsen, S. E., Jelloul, A., & Choukr-Allah, R. (2013). *Quinoa and Chickpea Responses to Irrigation Water Salinity*. SWUP-MED Project Final Conference. Morocco. Proceeding eBook. 417-440.
- Kaya İnce, Ç. (2010). *Akdeniz bölgesinde damla sistemiyle tatlı ve tuzlu su kullanılarak uygulanan farklı sulama stratejilerinin quinoa bitkisinin verimiyle toprakta tuz birikimine etkileri ve saltmed modelinin test edilmesi*. (MSc.), Çukurova University, Institute of Natural and Applied Science Adana, Turkey.
- Kaya İnce, Ç., & Yazar, A. (2014, Mayıs). *SALTMED modeli performansının farklı tuz düzeyleri ve sulama suyu stratejileri kullanılarak sulanan quinoa (Chenopodium quinoa willd.) bitkisi için değerlendirilmesi*. 12. Ulusal Kültürteknik Sempozyumu, Tekirdağ.
- Jbawi, E. A., Danoura, R., & Yaacoub, A. (2018). Effect of deficit irrigation and manure fertilizer on improving growth and yield of quinoa in Syria. *Journal of Agricultural Research*: (01).
- Kacar, B., (2009). *Toprak Analizleri*, Genişletilmiş 2. Baskı. Nobel Yayın No: 1387, Ankara.
- Kır, A. E. (2016). *Iğdır ekolojik koşullarında farklı kinoa (Chenopodium quinoa Willd.) çeşit ve populasyonlarının tohum verimi ve bazı özelliklerinin belirlenmesi* (Yüksek lisans). Iğdır University, Institute of Natural and Applied Science Iğdır, Turkey.
- Kır, A. E., & Temel, S. (2017). Sulu koşullarda farklı kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) genotiplerinin tohum verimi ile bazı tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. *Journal of Institute of Science and Technology*, 7(1), 353-361.
- Kızıloğlu, F. M., Şahin, Ü., Diler, S., Çakmakçı, T., & Öztaşkın, S. (2018). Aşağı Pasinler Ovası sulama şebekesinin performansının (2012-2016) değerlendirilmesi. *Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 28(4), 466-472.
- Klute, A., (1986). Water retention: Laboratory methods. In: Klute, A., Ed., *Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods*, ASA and SSSA, Madison.
- Munir, H. (2011). *Introduction and assessment for quinoa (Chenopodium quinoa Willd.) as a potential climate proof grain crop*. (Ph D), University of Agriculture. Faisalabad.
- Pulvento, C., Riccardi, M., Lavini, A., d'Andria, R., Iafelice, G., & Marconi, E. (2010). Field trial evaluation of two chenopodium quinoa genotypes grown under rain-fed conditions in a typical mediterranean environment in South Italy. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 196(6), 407-411.
- Repo-Carrasco, R., Espinoza, C., & Jacobsen, S. E. (2003). Nutritional value and use of the Andean crops quinoa (*Chenopodium quinoa*) and kañiwa (*Chenopodium pallidicaule*). *Food Reviews International*, 19:179–189.
- Richards, L. A. (1954). *Diagnosis and Improvements Salina and Alkali Soils*. U.S. Dep. Agr. Handbook 60, Stroudsburg, U.S.A.
- Sahin, U., Kuslu, Y., Kiziloglu, F. M., & Cakmakci, T. (2016). Growth, yield, water use and crop quality responses of lettuce to different irrigation quantities in a semi-arid region of high altitude. *Journal of Applied Horticulture*, 18(3): 195-202.
- Sanchez, B., Lemeur, H., Van Damme, P. and Jacobsen, & S.E. (2003). Ecophysiological analysis of drought and salinity stress of quinoa (*Chenopodium quinoa* willd.). *Food Reviews International*, 19:111-119.

- Shams, A. S. (2012). *Response of Quinoa to Nitrogen Fertilizer Rates Under Sandy Soil Conditions*, Proc. 13th International Conference Agronomy. Benha Univ., Egypt.
- Stikic, R., Glamoclija, D., Demin, M., Vucelic-Radovic, B., Jovanovic, Z., Milojkovic-Opsenica, D., Jacobsen, S. E., & Milovanovic, M. (2012). Agronomical and nutritional evaluation of quinoa seeds (*Chenopodium quinoa* Willd.) as an ingredient in bread formulations. *The Journal of Cereal Science*, 55(2):132–138.
- Sensoy, S., Ertek, A., Gedik, I., & Kucukyumuk, C. (2007). Irrigation frequency and amount affect yield and quality of field-grown melon (*Cucumis melo* L.). *Agricultural Water Manag.*, 88(1), 269-274.
- Yerli, C., & Sahin, U. (2022). An assessment of the urban water footprint and blue water scarcity: A case study for Van (Turkey). *Brazilian Journal of Biology*, 82, e249745.
- Yerli, C., Şahin, Ü., Kızıloğlu, F.M., Tüfenkçi, Ş., & Örs, S. (2019a). Van ilinde silajlık mısır, patates, şeker pancarı ve yoncanın su ayak izi. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29(2), 195-203.
- Yerli, C., Şahin, Ü., Çakmakçı, T., & Tüfenkçi, Ş. (2019b). Tarımsal uygulamaların CO₂ salımına etkileri ve azaltılmasının yolları. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 7(9), 1446-1456.
- Walkley, A. (1947). A critical examination of a rapid method for determining organic carbon in soils: effect of variations in digestion conditions and inorganic soil constituents. *Soil Science*, 63, 251-263.

Determination of Genetic Diversity and Screening of BCMV and BCMNV Resistance in Some Bean Genotypes Using Molecular Markers

Ayşe Nur ÇETİN^{1,*}, Ali Tevfik UNCU^{2,b}, Önder TÜRKMEN^{3,4,c}

¹Agriculture and Geothermal Project Coordinator, Kırşehir Ahi Evran University, Kırşehir, Turkey

²Department of Molecular Biology and Genetics, Faculty of Science, Necmettin Erbakan University, Konya, Turkey

³Department of Horticulture, Faculty of Agriculture, Selçuk University, Konya, Turkey

⁴Faculty of Agriculture, Necmettin Erbakan University, Konya, Turkey

*Corresponding author Email: ayse.cetin@ahievran.edu.tr

^aORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0826-1243>, ^bORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4729-5750>,

^cORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3218-6551>

Article Info

ABSTRACT

Article History

Received: 09.12.2021

Accepted: 30.12.2021

Published: 31.12.2021

Keywords:

BCMV,
BCMNV,
Bean,
Resistance,
SCAR,
SSR.

Fresh bean (*Phaseolus vulgaris* L.) is an important legume crop in Turkey used as a major source of protein in the human diet. The total fresh bean production of Turkey is estimated at 651,094 tons. Bean production shows a decreasing factor due to various abiotic and biotic factors in Turkey. Among the viruses that infect beans, Bean common mosaic virus (BCMV) and Bean common mosaic necrosis virus (BCMNV) are the most widespread destructive agents. The main objective of this study was to carry out a diagnostic survey for Bean common mosaic disease (BCMD) in beans, characterize its causal agent, and evaluate host resistance to BCMV and BCMNV. In addition to this, genotypes were tested for the levels of genetic diversity by 58 SSR markers. A total of 123 alleles with a PIC value of ≥ 0.2 were obtained from 75 bean genotypes. The unweighted NJ dendrogram was created using the scoring data, which demonstrated the molecular genetic relationships among the bean genotypes. SCAR (Sequence Characterized Amplified Region) markers were used to determine the resistant genotypes to BCMV and BCMNV. According to the result, 21 out of 75 genotypes have resistance alleles to both pathogens.



Atıf/Citation: Çetin, A., Uncu, A.T. & Turkmen, O. (2021). Determination of Genetic Diversity and BCMV and BCMNV Tolerance with Molecular Methods on Some Bean Genotypes, *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 1(1), 38-45.

*This article is licensed under a [Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License](https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/) (CC BY-NC 4.0)

INTRODUCTION

Common bean (*P. vulgaris*) belongs to the Leguminosae genus, which originated from Middle American and South American countries (Şalk *et al.*, 2008). It has two gene sources; Mesoamerican and Andean (Duran *et al.*, 2005; Erdinç, 2012). The researchers reported that the introduction of beans to Anatolia was about 250–300 years ago (Şalk *et al.*, 2008). While the world's total fresh bean production is 23,595,714 tons, the total fresh bean production is 651,094 tons in Turkey (Faostat, 2017). One of the most important vegetables for healthy nutrition, the fresh bean is a rich dietary source of calcium, iron, phosphorus elements, and B1, B2, A, E vitamins. These data prove that the bean is essential for human nutrition and significant for its agricultural potential (Madakbaş, 2007).

Even though the bean genus originated from America, both natural selection and breeders' selection led to many regional varieties over time in many regions in Anatolia (Ergün, 2005). Due to the potential of integration into the breeding program, local populations should be well defined and need to be protected for their valuable gene

pools (Ulutaş, 2016). In this regard, it is critical to determine the genetic diversity among the local bean populations.

Biodiversity can be defined in detail in genetic materials using biochemical and molecular techniques. DNA samples from inanimate materials are essential for the identification of genetic diversity. RFLP and PCR (ISSR, SSR, RAPD, etc.), which are commonly employed techniques, can be utilized for this purpose. Thanks to these methods, it is possible to protect and define the diversity of the samples at the gene level in a short time (Özgen *et al.*, 2000; Balkaya and Yanmaz, 2001). In this respect, numerous researchers have carried out studies for molecular description using this marker system to determine the genetic diversity of the population (Ergün, 2005; Duran *et al.*, 2005; Blair *et al.*, 2006; Sarıkamış *et al.*, 2009; Ulukapı, 2009; Erdinç, 2012; Ulutaş, 2016).

In addition to the identification and protection of genetic resources, studies should be conducted that increase yield and quality properties. In Turkey, susceptible varieties, biotic and abiotic factors, disease, and pathogen problems cause severe yield losses in bean production (Ulutaş, 2016). Bean common mosaic virus (BCMV) and Bean common mosaic necrosis virus (BCMNV) are among the most critical pathogen problems causing yield loss in beans (Kumar *et al.*, 1994). BCMV and BCMNV are seed-borne and aphid-borne viruses that infect bean plants (Hongying *et al.*, 2002). Depending on the common bean cultivar and the stage of development, the seed transmission rate varies from less than 1% to 50% (Hong-Soo Choi *et al.*, 2006). In susceptible common bean genotypes, symptoms can appear at typical growing temperatures (26–28°C) such as a severe mosaic, curling of the leaves, vein banding, and mottled and malformed pods (A. Muute *et al.*, 2021). The systemic necrosis appears in beans at elevated temperatures (above 30°C). The emerging symptoms depend on the type of infection (either seed-borne or vector transmitted), cultivar type, the strain of the virus, and the age of the plant at infection. Symptoms of BCMV are mosaic, systemic necrosis (black root) or local lesions, or leaf malformation. It is extremely difficult to control the spread of the disease and to provide effective protection against these viruses. The use of resistant cultivars, clean production materials, and control against vectors are essential in the struggle against these diseases. The lack of resistant cultivars and an effective chemical control increases the significance of the disease (Kılıç *et al.*, 2013; Kılıç and Yardımcı, 2014). To find a solution, a number of studies have been conducted with regard to the molecular description to determine the resistance against the two diseases (Kumar *et al.*, 1994; Strausbaugh *et al.*, 1999; Madakbaş, 2007; Deligöz, 2007; Petrović *et al.*, 2010; Deligöz and Sökmen, 2013; Kılıç *et al.*, 2013; Johary *et al.*, 2016; Martin *et al.*, 2016; Wani *et al.*, 2017).

This study aims to screen for resistance to BCMV and BCMNV and determine the genetic diversity among bean varieties/lines using DNA SCAR and SSR markers.

MATERIALS and METHODS

Plant Samples

The experimental plants were grown in a greenhouse in Antalya. Molecular studies were carried out on 75 common beans (*P. vulgaris* L.) genotypes. The leaf samples for DNA extraction were taken from five plants per genotype. DNA extraction was performed according to the EURX (Gene Matrix Plant-Fungi DNA Kit) procedure.

Research Design

SSR Analyses for Molecular Diversity

As shown in Table 1, 58 SSR markers (Müller *et al.*, 2015) were used for molecular genetic diversity analysis among the common bean genotypes. A PCR reaction mixture with a total volume of 20 µL was prepared using 2 µL AmplitaqGold® PCR buffer, 1.5 µL MgCl₂, 0.5 µL dNTP (Promega), 1 µL Primer F and Primer R, 0.25 µL AmplitaqGold® polymerase, 1 µL DNA, and 12.75 µL distilled deionized water. The following heat protocol was applied on the bean samples to amplify SSR: 10 min at 95°C for the initial denaturation, then 35 cycles at 95°C (30 sec), 30 sec at 60°C for annealing, and 30 sec at 72°C for extension, and the final extension at 72°C (10 min).

Table 1: The SSR Markers Used for Molecular Diversity

Locus	Forward Primer (5'>3')	Reverse Primer (5'>3')
PV25	GAGCTTCTCCGTCCTGTGT	CGAACTGAATCAGAAAAGGAA
BM114	AGCCTGGTGAAAGCTCATAG	CAGCTTGTGCCTACTCTCT
PV35	TCTACGCGTTCCCTCTGTCT	AGTGGATGTGGGGAAAAGC
BM202	AGCGAAAGAGGAACATCG	CTTTACCCACACGCCTTC
PV272	CAGAACAGAAGAAGAAACAGAAAATG	GCGTGTTCCTCTGTGTGTGT
BM154	TCTTGCGACCGAGCTTCTCC	CTGAATCTGAGGAACGATGACCAG
PV13	TGAGAAAGTTGATGGGATTG	ACGCTGTTGAAGGCTCTAC
BM183	CTCAAATCTATTCACTGGTCAGC	TCTTACAGCCTTGCAGACATC
PV163	TGAGAGTGGAGAAGGAGAGAGA	TGACAACACTGCAAACACCA
BM143	GGGAAATGAACAGAGGAAA	ATGTTGGGAACCTTTTAGTGTG
PV169	TGGAAAGTCGGAGGAGAAGA	AAAAGGGTCCCAACCAAAC
PV5*	ATTAGACGCTGATGACAGAG	AGCAGAATCCTTTGAGTGTG
BM155*	GTTTCATGTTTGTGTTGACAGTTCA	CAGAAGTTAGTGTGGTTTGATACA
BM187	TTTCTCCAACACTACTCCTTTCC	TGTGTTTGTGTTCCGAATTATGA
PV11*	AAACTCAAAGTCGTTGTTCC	CCACTGACTCTAGCTCCTCC
PV251*	TGAAGTTGCAGCTAGGTTGG	GGTTGTGCTTGTGTTGTTGG
BM164*	CCACCACAAGGAGAAGCAAC	ACCATTCAGGCCGATACTCC
BM138	TGTCCCTAAGAACGAATATGGAATC	GAATCAAGCAACCTTGGATCATAAC
BM189	CTCCCCTCTCACCTCACT	GCGCCAAGTGAAACTAAGTAGA
BM210*	ACCACTGCAATCCTCATCTTTG	CCCTCATCCTCCATTCTTATCG
PV113	TGCATTCTTCTCCCATCTT	TTGATTTGATTTGATCAGTGGTG
PV87	CTCATTGCGTCTACCAGTGC	CCTAGGTTCCGCAGCATGT
BM181*	ATGCTGCGAGTTAATGATCG	TGAGGAGCAAACAGATGAGG
BM201*	TGGTGCTACAGACTTGATGG	TGTCACCTCTCTCCTCCAAT
PvComp4	TCTTCACCACTTTGAAAACACG	TCAGATAAATGTTGGTATTGGCA
PvPenta4	AGCAACTTTCGGTCTGGTAAAGT	TGAATCATTGCTCCTAACCCTT
PvPenta5	AACTGTTCTTGTGGGTTCAAT	GCCCAAGGAGTAATTAACAATAAAA
PvComp9	TGAATGCAACATCTAATACTAACTCAC	TGTTCTAGGTCTAAAGGCCACA
PvPenta8	AAGAGCATGTTTACTTCACTCATTTT	TGGGGATGGTGTGTTGTTTT
PvTetra47*	TGGAATGGAGAAGAGACATCCT	CAAACCATGTTTCCAGCATCTA
PvPenta14*	GAAACTATTACGGAACAAGCC	AGGAGTGGTGGAGGCAGTATAA
PvTetra65*	TCTGAATCAAACATGTCCTCAGA	GGCCAACTTGTTTAAGGTGAG
PvComp2	CTCCGAATCAGAAACCCTATTG	GTGGATGAAGAGAAAGGCCAAG
PvTetra25	CACTTTCCTTATGCCTTCACAG	TAATTTGACCAATGCCAAACAC
PvTri6*	CGAATGGGAGAAGAAGGTTATG	GACATTCTTGTGTCGTTTCCAA
PvHexa20*	GTGTCTTCTATAGGTGTCCCG	GAGTATTTCAAAGCTTGGCCTT
PvTri5	AGAAAATCATGCAGGTTGAGGT	TCCAGCTAAATAGATGATACGTAATTG
PvPenta10	GTTCTTCTATTTTCCATCTATC	AATATACATAAGAGTCACTTCTT
PvTetra50	TAACATGGTTAGGCCTTTTGAA	TCGTACGGATCCAAGTATTAATTT
PvComp21*	ACGAGTTATTGTTCCAGATGGG	TTATCCTTCTTATGCGGAGACC
PvHexa39	TTAATGCCTCCACTTGTGTTG	CATGAGGCCCAAGTCAAAA
PvPenta19	TTAGGTCTTCAAAGAGATTTGG	TGTGGTAGTAGATGTTAAAGTCATTT
PvHexa10	AACTTGTTTATCGCATCCAGAA	ATGCAATCAAGGAATGCTCATA
PvTri8	CAATGTGGAACAAACTGAGGTG	AAGCAAAGTGTCTGAATTGCTG
PvTetra32	ATTCTTGCCACTAACGAAGTGT	CTAAAGGCCTAGCAGATTGCAT
PvComp10	AAATTCTATGATCAACCCGTGG	TGATCCCTTGTAGAGGAATCTCA
PvTetra49	TGGGTAGAGCTTGGTCTTCATT	AGTTTGTGAGTGATGTGATGGG
PvHexa36	TCACTTTGGCACCTCCTTATTT	AGGATTGTTTGCCTAAACCAGA
PvPenta16	ACATTTGGTTTTGGTTTTGGTC	TCTAAAATGGTCTCGAATTTATTAC
PvComp27*	CAAGATGAACATCACCATTCCT	AAAAGAACATTTGTCACGTCCA
PvHexa12	TGCTAAATAGCCAAAGCAACAA	CATCACCACAGCACCAAGTATT
PvHexa15	CCAAACGAACCGACTATTTCTC	TTTGACCTCCCTTATGTICT
PvHexa19	TGCTTCTCTGTCGTAATTGGAA	AATTACAAGCCTGAAGCTGCTC
PvComp8	TCACTATGTGAAATTGAACCCA	TTCCTACCTAACTTACTTGTACCCTT
PvPenta13*	ACTGAAGAAAGTACTAGAAACCTTACA	CCCCTTTAATCAGAGAATTTTA
PvTetra57	ATCAACTATGGCGGATTGACTT	GAAAACAAATCCTTTTGACCCA
PvTetra73	TGGTATCGAAGCATTAGGTTCA	GTAAGTGGGTAACGGGTGTGAAT
PvTetra76	TACTCAAGCTTCTTCTGCAC	TGAAATATATGTTGCGGAAT

Genetic Diversity Analyses

In order to determine the similarity coefficient, the polymorphic SSR marker bands scored as absence/presence (0–1).

This data was used to calculate Nei's genetic similarity index (Nei and Li, 1979). DARwin (6) was employed to explore genetic diversity among the studied beans. The principal component analysis (PCA) based on genetic diversity was performed to identify the patterns of the common bean variation.

Determination of BCMV and BCMNV-Resistant Common Bean Genotypes Using DNA Markers

SCAR (Sequence Characterized Amplified Region) markers (SW13, SBD5, ROC11) were used to determine the genotypes resistant to BCMV and BCMNV (Miklas et al., 2000; Haley et al., 1994; Johnson et al., 1997). Table 2 presents the details of these markers.

Table 2: The Markers Used to Determine Resistant Genotypes

Gene Name	Marker	Forward Primer (5'>3')	Reverse Primer (5'>3')	Allel length
I	SW13	CACAGCGACTAATTTTCCTTC	CACAGCGACAGGAGGAGTTTA	690 bp
bc-1 ²	SBD5	GTGCGGAGAGGCCATCCATTGTG	GTGCGGAGAGTTTCAGTGTTAA	1300 bp
bc-3	ROC11	CCAATTCTCTTTCACCTTGTAACC	GCATGTTCCAGCAAACC	420 bp

The markers given in Table 2 were performed under appropriate PCR conditions, and these marker bands were visualized by Qiaxcel Fragment Analyzer (Qiagen Sample & Assay Technologies) capillary electrophoresis system. The data were evaluated manually.

RESULTS AND DISCUSSION

The study started with seed sowing in the vegetation period of 2017. The samples were taken from young and healthy plant leaves for molecular studies. The present study performed the molecular diversity analysis and the screening of resistance against two diseases (BCMV and BCMNV) among bean genotypes.

Molecular Characterization by SSR Method

In common beans, gene-based markers are particularly effective for the separation of diversity among genotypes. Therefore, Blair et al. (2006) reported that it would be useful for diversity analysis and comparative and transcript mapping. The polymorphism information content (PIC) value of each microsatellite marker is a measure of marker diversity. The PIC value provides an estimation of the discriminatory power of a locus by taking into account not only the number of alleles expressed but also the relative frequency of those alleles (Wani *et al.*, 2017). In this study, a total of 123 SSR alleles with a PIC value ≥ 0.2 were obtained from 75 common bean genotypes. Another study was conducted to investigate the genetic relationships among 28 fresh bean genotypes collected from Erciş and Gevaş, two districts of the province of Van in Turkey. The study revealed 45 polymorphic bands using 10 SSR markers out of 12 SSR primers (Sarikamış *et al.*, 2009). The highest PIC value was calculated as 0.5 at pv25 and pv13 from polymorphic SSR markers, while the minimum value was calculated as 0.254 at bm201 and bm181 primers. The polymorphic information content (PIC) scores ranged from 0.254 to 0.5. The polymorphism observed in SSR markers among common bean genotypes in the present study demonstrated that this method could effectively identify the genetic variation. All the SSR markers were highly informative in revealing the genetic diversity. Our results are parallel with the results of previous studies (Burle *et al.*, 2010; Wani *et al.*, 2017). The unweight NJ dendrogram (Figure 1) and the PCA graphic (Figure 2) were created based on the scoring data.

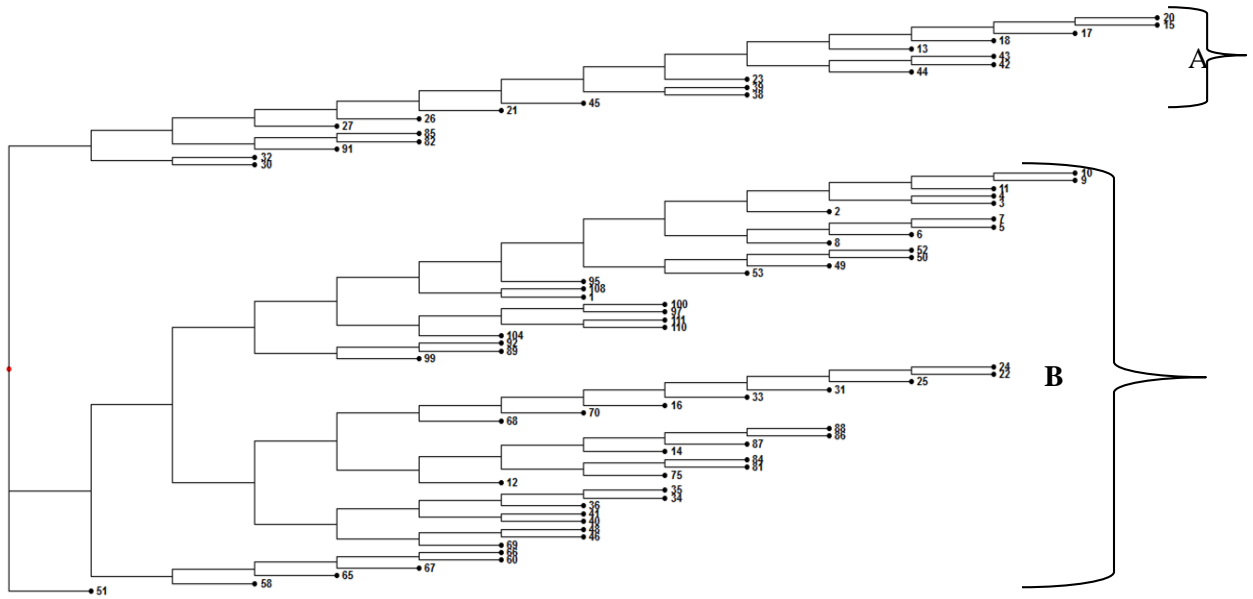


Figure 1: The unweight NJ dendrogram

The unweighted neighbor-joining (NJ) dendrogram shows the molecular genetic relationships among bean genotypes. As a result of the diversity analysis, the bean genotypes were separated into three main groups and clustered into two large groups. Most of the genotypes were clustered in the B group (49 genotypes). As a result of the mantel test, the R-value was found 0.9773, which is an indication that the genotypes analyzed are highly similar to each other.

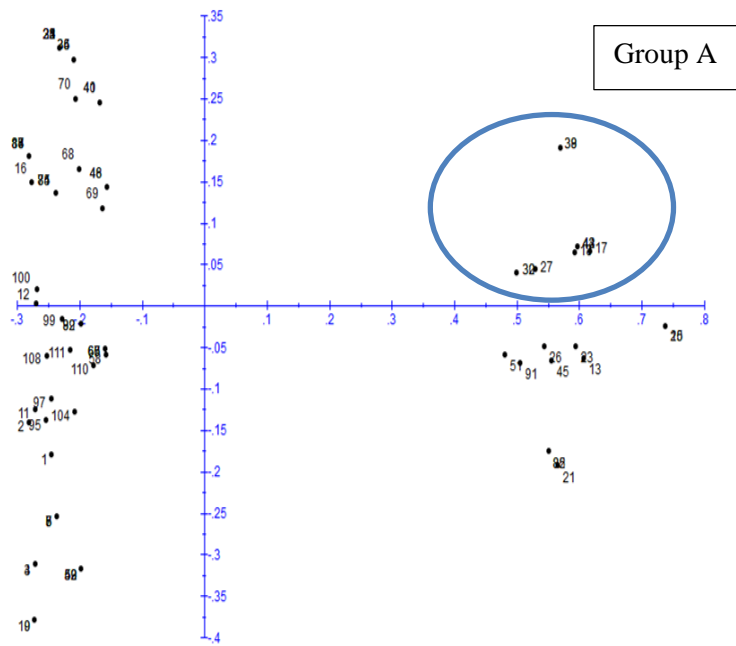


Figure 2: The Principal Component Analysis graphic

In a PCA analysis, when genotypes in the coordinate plane are all in one place or close to each other, there is less genetic variation among the lines. According to Figure 2, 38 genotypes are located differently from Group A, which suggests that these genotypes are genetically distant from each other. Our results are parallel with the results of previous studies (Ulukapı, 2009).

Determination of Resistance to BCMV and BCMNV Diseases

Disease-resistant genotypes were determined according to the resistance allele of SW13 SBD5 and ROC11 markers and a sample electropherogram displays for resistant allele for ROC11 SCAR marker (Figure 3).

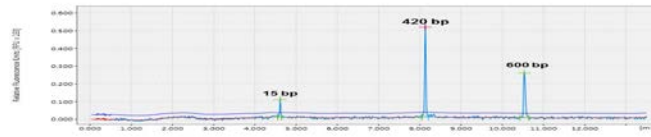


Figure 3: Electropherogram appearance of genotypes showing resistance to Roc11 marker

The determination of disease-resistant genotypes showed that 21 out of 75 genotypes possessed resistance alleles against both pathogens (both BCMV and BCMNV).

Deligöz (2007) reported that no study was conducted in Turkey on viral pathogens that cause disease in bean cultivation until 2007. Therefore, no bean genotypes resistant to these two viral diseases have been found. In a study conducted in Turkey, 41 breeding lines and 31 commercial cultivars were tested for resistance levels against BCMV. The study results showed that 29 breeding lines and 24 commercial cultivars were resistant to BCMV. This study suggested that the resistant breeding lines can be registered as cultivars after evaluating their yield and quality criteria. Also, the resistant commercial cultivars might be used as breeding material (Deligöz *et al.*, 2015). An evaluation of the results of our study indicates that our genotypes can be used as genetic material in breeding studies and the field of infection. The results of the present study show parallelism with previous studies (Strausbaugh *et al.*, 1999; Madakbaş, 2007; Deligöz, 2007; Burle *et al.*, 2010; Petrović *et al.*, 2010; Deligöz and Sökmen, 2013; Deligöz *et al.*, 2015; Kılıç *et al.*, 2013; Johary *et al.* 2016; Martin *et al.* 2016; Wani *et al.* 2017).

In addition, the results of the diversity analysis show that 21 genotypes with resistance to more than one pathogen are clustered together in the same group in the dendrogram. Therefore, the results of this study demonstrated a strong correlation between allelic composition and resistance/susceptibility to the two viral diseases.

RECOMMENDATIONS

Studies on resistance to these two pathogens in beans are limited in Turkey, and bean cultivation areas should be screened as a priority. As a result of these studies, resistant gene sources can be determined in the number of genotypes. Thus, it is thought that I and bc-3 genes, which provide resistance to BCMV and BCMNV, can be transferred to green bean genotypes. Additionally, it is thought that genetic relationships calculated based on molecular genetic data will provide valuable information for future breeding programs by determining the genetic diversity within the population, and it will be beneficial for breeding programs to be planned.

Acknowledgments

This study was produced from the master thesis conducted by Ayşe Nur ÇETİN with the code 489333. Also, the study was supported by Selcuk University Project Unit BAP with the code 17201030.

REFERENCES

- A Muute, N., Muli, B., & Charles, O. (2021). Evaluation of bean common mosaic disease and associated aphid vector, *aphis fabae* l., on common bean (*phaseolus vulgaris* l.) production in lower eastern Kenya. *International Journal of Pathogen Research*, 8(3): 1-18.
- Balkaya, A., & Yanmaz, R. (2001). Bitki Genetik Kaynaklarının Muhafaza İmkanları ve Tohum Gen Bankalarının Çalışma Sistemleri. *Ekoloji Çevre Dergisi*, 10 (39), 25-30.
- Blair, M. W., Giraldo, M., Buendia, H., Tovar, E., Duque, M., & Beebe, S. E. (2006). Microsatellite Marker Diversity In Common Bean (*Phaseolus Vulgaris* L.). *Theoretical and Applied Genetics*, 113 (1), 100-109.

- Burle, M. L., Fonseca J. R., Kami J. A., & Gepts, P. (2010). Microsatellite diversity and genetic structure among common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) landraces in Brazil, a secondary center of diversity. *Theoretical and Applied Genetics*, 121: 801-813.
- Deligöz, İ. (2007). *Samsun İlinde Fasulye (Phaseolus vulgaris L.) Alanlarında Enfeksiyon Oluşturan Bean common mosaic virus (BCMV) ve Bean common mosaic necrosis virus (BCMNV) 'un Irklarının Belirlenmesi ve Bazı Fasulye Çeşitlerinin BCMV ve BCMNV'ye Karşı Dayanıklılık Düzeylerinin Araştırılması* (MSc.), Ondokuz Mayıs University, Institute of Natural and Applied Science Samsun, Turkey.
- Deligöz, İ., & Sökmen, M.A. (2013). Bazı Fasulye Genotiplerinin *Bean Common Mosaic Virus* (BCMV) ve *Bean Common Mosaic Necrosis Virus* (BCMNV)'A Dayanıklılık Durumlarının Kalitatif, Kantitatif ve Moleküler Yöntemlerle Belirlenmesi. *Bitki Koruma Bülteni*, 53(2), 101-113.
- Deligöz, İ., Sarı, S., & Karaağaç, O. (2015). Determination of fresh bean breeding lines improved by Black Sea Agricultural Research Institute and some commercial cultivars for resistance to Bean common mosaic virus (BCMV). *Derim (Turkey)*, 32:1.
- Duran, L. A., Blair, M. W., Giraldo, M., Macchiavelli, R., Prophète, E., Nin, J. C. & Beaver, J. S. (2005). Morphological And Molecular Characterization Of Common Bean Landraces and Cultivars From The Caribbean. *Crop Science*, 45 (4), 1320-1328.
- Erdinç, Ç. (2012). *Türkiye'deki Bazı Fasulye Genotipleri Arasındaki Genetik Çeşitliliğin ve Antraknoz Hastalığına (Colletotrichum Lindemuthianum (Sacc. & Magn.) Lambs. Scrib.) Dayanıklılığın Fenotipik ve Moleküler Yöntemlerle Belirlenmesi* (PhD.), Yüzüncü Yıl University, Institute of Natural and Applied Science Van, Turkey.
- Ergün, A. (2005). Samsun İlindeki Barbunya Fasulye Gen Kaynaklarının Karakterizasyonu ve Morfolojik Varyabilitesinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma (MSc.), Ondokuz Mayıs University, Institute of Natural and Applied Science Samsun, Turkey.
- Faostat, (2017). Statistic Database. <https://www.fao.org/faostat/en/> (accessed 10.11.21).
- Haley, S. D., Afanador, L., & Kelly, J. D. (1994). Identification and application of a random amplified polymorphic DNA marker for the I gene (potyvirus resistance) in common bean. *Phytopathology*, 84(2), 157-160.
- Hongying, Z., Jiong, C., Jianping, C., Michael, J.A., & Qingshang, L.T. (2002). BCMV isolates causing different symptoms in Asparagus bean in China differ greatly in the 5 parts of their genomes. *Archives of Virology*, 147:1257-1262.
- Hong-Soo, C.H., Mi-Kyeong, K., JinWoo, P., Jeong-Soo, K., Were, H.K., Jang-Kyung, C.H., & Takanami, Y. (2006). Occurrence of Bean common mosaic virus infecting peanut in Korea. *Plant Path.*, 22(1), 97-102.
- Johary, T., Dizadji, A., & Naderpour, M. (2016). Biological and Molecular Characteristics of Bean Common Mosaic Virus Isolates Circulating in Common Bean in Iran. *Journal of Plant Pathology*, 98 (2), 301-310.
- Johnson, W. C., Guzmán, P., Mandala, D., Mkandawire, A. B., Temple, S., Gilbertson, R. L., & Gepts, P. (1997). Molecular tagging of the bc-3 gene for introgression into Andean common bean. *Crop Science*, 37(1), 248-254.
- Kılıç, H. Ç., Yardımcı, N. & Ürgen, G. (2013). Muğla ili Fethiye İlçesinde Fasulye Alanlarında Önemli Bazı Virüs Hastalıklarının Araştırılması. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27 (1).
- Kılıç, H. Ç. & Yardımcı, N. (2014). Burdur İli Fasulye Üretim Alanlarında Fasulye Adi Mozayik Virüsü'nün Serolojik ve Moleküler Yöntemlerle Belirlenmesi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri*, 1 (2), 289-294.
- Kumar, C., Khetarpal, R., Parakh, D., Singh, S., & Nath, R. (1994). Check List on Seed Transmitted Viruses: Leguminous Hosts. *National Bureau of Plant Genetic Resources, New Delhi*.
- Madakbaş, S. Y. (2007). *Fasulye Antraknozu (Colletotrichum lindemuthianum (Sacc & Magnus) Lambs. Scrib) Hastalığına Dayanıklılığın Kalıtımı Üzerine Araştırmalar* (PhD.), Ankara University, Institute of Natural and Applied Science Ankara, Turkey.
- Martin, K., Singh, J., Hill, J.H., Whitham S.A., & Cannon, S. B. (2016). Dynamic Transcriptome Profiling of *Bean Common Mosaic Virus* (BCMV) Infection in Common Bean (*Phaseolus Vulgaris* L). *BMC Genomics*, 17, 613.
- Miklas, P. N., Larsen, R. C., Riley, R., & Kelly, J. D. (2000). Potential marker-assisted selection for bc-1 2 resistance to bean common mosaic potyvirus in common bean. *Euphytica*, 116(3), 211-219.

- Müller, B. S., Pappas, G. J., Valdissler, P. A., Coelho, G. R., de Menezes, I. P., Abreu, A. G., Borba, T. C., Sakamoto, T., Brondani, C., & Barros, E. G. (2015). An Operational SNP Panel Integrated to SSR Marker for the Assessment of Genetic Diversity and Population Structure of the Common Bean. *Plant molecular biology reporter*, 33 (6), 1697-1711.
- Nei, M., & Li, W. H. (1979). Mathematical Model for Studying Genetic Variation in Terms of Restriction Endonucleases. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 76 (10), 5269-5273.
- Özgen, M., Adak, M., Söylemezoğlu, G., & Ulukan, H. (2000). *Bitkisel Gen Kaynaklarının Korunma ve Kullanımında Yeni Yaklaşımlar*. V. Türkiye Ziraat Mühendisliği Kongresi, Ankara.
- Petrović, D., Ignjatov, M., Nikolić, Z., Vujaković, M., Vasić, M., Milošević, M., & Taški-Ajduković, K. (2010). Occurrence and Distribution of Viruses Infecting the Bean in Serbia. *Archives of Biological Sciences*, 62 (3), 595-601.
- Strausbaugh, C. A., Myers, J.R., & Forster, R.L. (1999). Bc-1 and Bc-u—Two Loci Controlling *Bean Common Mosaic Virus* Resistance in Common Bean are Linked. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 124(6), 644–648.
- Şalk, A., Arın, L., Devenci, M., & Polat, S. (2008). *Özel sebzeçilik*. Tekirdağ, Türkiye.
- Sarıkamış, G., Yaşar, F., Bakır, M., Kazan, K., & Ergül, A. (2009). Genetic Characterization of Green Bean (*Phaseolus Vulgaris*) Genotypes from Eastern Turkey. *Genetics and Molecular Research*, 8 (3), 880-887.
- Ulukapı, K. (2009). *Selekte Edilmiş Bazı Fasulye (Phaseolus vulgaris L.) Hat ve Çeşitlerinin Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyonu* (PhD.), Akdeniz University, Institute of Natural and Applied Science Antalya, Turkey..
- Ulutaş, H. (2016). *Bazı Ümitvar Taze Fasulye (Phaseolus Vulgaris L.) Çeşit Adaylarının Morfolojik ve Moleküler Karakterizasyonu* (MSc), Selçuk University, Institute of Natural and Applied Science, Konya, Turkey.
- Wani, A. B., Bhat, M. A., Husaini, A. M., & Sidiqi, I. (2017). Screening of Important Bean Genotypes/Collections for Resistance Against *Common Bean Mosaic Virus* Using Molecular Markers. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 6(4), 343-347.

Tarım Topraklarında Ağır Metaller; Kökenleri, Yayılışları ve Etkileri

İbrahim İlker ÖZYİĞİT^{1,2,*},^a

¹Marmara Üniversitesi, Fen-Edebiyat Fakültesi, Biyoloji Bölümü, İstanbul, Türkiye

²Kırgızistan-Türkiye Manas Üniversitesi, Fen Fakültesi, Biyoloji Bölümü, Bişkek, Kırgızistan

*Sorumlu Yazar e-mail: ilkozyigit@manas.edu.kg and ilkozyigit@gmail.com

^aORCID: (<https://orcid.org/0000-0002-0825-5951>)

Makale Bilgileri

ÖZ

Makale Geçmişi

Geliş: 28.11.2021

Kabul: 28.12.2021

Yayın: 31.12.2021

Anahtar Kelimeler:

Akümülyasyon,

Bitkiler,

Fitoremediasyon,

Kirlilik,

Stres,

Su,

Toksisite,

Toprak.

Ağır metaller yer kabuğunun doğal bileşenlerinden olup, miktar ve dağılımları bölgeden bölgeye farklılık gösterebilmektedir. Doğal yollardan ya da insan kökenli faaliyetlerle deşarj edildiklerinde, yüksek çözünürlüklerinden dolayı son derece toksik kirleticilere dönüşebilmekte ve hava, toprak ve sulara yaşayan canlıları olumsuz etkileyebilmektedirler. Bazı ağır metaller, metabolik aktiviteleri ile ilgili olarak canlı organizmalar açısından eser miktarlarda çok önemliken bazılarının düşük konsantrasyonları bile canlılarda toksik etkilere sebep olmaktadır. Her ne kadar ağır metallerin çevre ve canlılar üzerine etkileri ağır metalin türüne ve konsantrasyonuna göre değişiklik gösterse de özellikle tarım toprakları ve bitkiler yolu ile besin zincirine girdiklerinde, insanların ve diğer canlıların sağlığı için büyük bir tehdit oluşturmaktadır. Günümüzde ağır metal kirliliğine maruz kalmış toprakların tespit edilmesi ve uygun iyileştirme önlemlerinin geliştirilmesi ile ilgili bazı çalışmalar vardır. Ancak önemli olan konu kirlenmiş alanların temizlenmesi değil, kirliliğin önlenmesi ya da kirlenme hızının minimum seviyeye düşürülmesidir. Ayrıca ağır metallerin çevre ve canlılar üzerindeki etkilerinin iyi anlaşılması gerekmektedir. Bu nedenlerle ağır metallerin tarım toprakları ve sulama suları ile etkileşimlerine ek olarak bitki ve insan sağlığı üzerindeki etkilerinin doğru bir şekilde anlaşılması gerekmektedir. Bu çalışmada; ağır metallerin kaynakları, tarım toprakları ve sulama sularına bulaşma şekilleri, toprak su ve bitkiler üzerindeki etkileri hakkında en son literatürlerden yararlanılarak bilgiler verilmiştir.

Heavy Metals in Agricultural Soils; Origins, Distribution and Effects

Article Info

ABSTRACT

Article History

Received: 28.11.2021

Accepted:

Published:

Keywords:

Accumulation,

Phytoremediation,

Plants,

Pollution,

Soil,

Stress,

Toxicity,

Water.

Heavy metals are natural components of the earth's crust and their concentration and distribution may differ from one region to another. Due to their high solubility, when discharged to the air, soil and water, they can turn into highly toxic pollutants and adversely affect living organisms. While some heavy metals are very important in trace amounts for living organisms regarding their metabolic activities, some of them cause toxic effects even at low concentrations. Although the effects of heavy metals on the environment and living things vary according to their type and concentrations, they pose a great threat for the people's health and other living organisms, especially when they enter the food chain through agricultural soils and plants. Nowadays, there are some studies on identifying soils exposed to heavy metal pollution and developing appropriate remediation measures. However, the important point is not to clean the polluted areas, but to prevent pollution or reduce the rate of pollution to a minimum level. In addition, the effects of heavy metals on the environment and living organisms should be well understood. Therefore, in addition to their interactions with agricultural soils and irrigation waters, it is necessary to understand the effects of heavy metals on plant and human health properly. In this study, information about the sources of heavy metals, the way they contaminate agricultural lands and irrigation waters, their effects on soil, water and plants are given by using the latest literature.



Atıf/Citation: Ozyigit, I. I. (2021). Heavy Metals in Agricultural Soils; Origins, Distribution and Effects, *Ereğli Tarım Bilimleri Dergisi*, 1(1), 46-71

GİRİŞ

Toprak, litosferin üst tabakasını kaplayan, kayaçların ve organik maddelerin ayrışmasıyla oluşan ürünlerin farklı oranlarda karışması sonucu şekillenen, su, mineraller ve organik maddelerle birlikte çözünebilir tuzlar ve iyonları içeren ve canlıların üzerinde hayatlarını sürdürebileceği bir ortam sağlayan doğal ve dinamik bir yapıdır (Yıldıztekin ve ark., 2019; Khomiakov, 2020; Yadav ve ark., 2021). Bu yüzden toprak, biyolojik sistemlerde büyüme, gelişme ve dayanıklılık ile ilgili temel bileşenleri içeren önemli bir malzeme ve yaşam ortamı olarak kabul edilir (Qayyum ve ark., 2020). Ancak bu önemli yapı doğal (geojenik/litojenik) ya da insan kökenli (antropojenik) sebeplerden ötürü kirlenip kendisinden yararlanan canlılar için zararlı hale gelebilmektedir.

Hızlı sanayileşmeye ek olarak özellikle yirminci yüzyılın başından itibaren modern tarıma geçilmesi dünya genelinde çevre kirliliğinin artmasına neden olmuştur. Şehirleşme ve endüstrileşme sürecine bağlı olarak artan çevre kirliliği sebebiyle topraktaki kirlilik miktarı da artmış ve günümüzde canlılar için tehlikeli boyutlara ulaşmıştır (Ozturk ve ark., 2017; Turan ve ark., 2020; Yılmaz ve ark., 2021a). Toprak kirliliğinden özellikle besin zinciri yoluyla pek çok farklı organizmanın olumsuz etkileniyor olması, bu problemin ne kadar büyük olduğunu açık şekilde ortaya koymaktadır (Ozyigit ve ark., 2021a). Çevre ve toprak kirlenmesinin en önemli sebeplerinden bir tanesi ağır metallerdir.

Genel olarak topraklardaki ağır metal kirliliği, fosil yakıtların yanması, termik santraller, tarım topraklarında atık veya kirli suların, gübre ve pestisitlerin kullanımı, madencilik atıkları ve çöp sahası filtreleme gibi insan kökenli uygulamalardan kaynaklanabileceği gibi, minerallerin doğal ayrışma süreci, erozyon, orman yangınları ve volkanik aktiviteler gibi sebeplerden de kaynaklanabilir (Osma ve ark., 2012; Hu ve Cheng, 2016; Sumiahadi ve Acar, 2018).

Dünya genelinde son yıllarda doğal yollardan atmosfere salınan ağır metallerin miktarlarına bakıldığında bu değerlerin As (arsenik), Cd (kadmiyum), Cu (bakır), Ni (nikel), Pb (kurşun) ve Zn (çinko) için sırasıyla yıllık 12,0, 1,3, 28,0, 30,0, 12,0 45,0 bin ton olduğu, aynı ağır metallerin insan kökenli salınan miktarlarının ise sırası ile yıllık 18,0, 7,6, 35,0, 56,0, 332,0 ve 132,0 bin ton olduğu görülmekte ve bu değerlerin insan kökenli kaynaklar yönünde yıldan yıla daha fazla arttığı bilinmektedir (Yadav ve ark., 2017).

Günümüzde özellikle tarım topraklarındaki ağır metal kirliliği, tarımsal ürünlerin güvenliğine yönelik artan endişeden dolayı kamuoyunun büyük ölçüde dikkatini çeken dünya genelinde bir çevre sorunu haline gelmiştir (Hu ve ark., 2017). Bugün, dünya üzerinde 5 milyon farklı bölgede, yaklaşık 500 milyon hektarlık alan kaplayan ağır metal ve metaloit kökenli toprak kirliliği mevcuttur. Dünya genelinde tarım topraklarındaki ağır metal kirliliği, telafi edilebilir bir ekolojik problem olmaktan çıkmış, hem dünya çapında bir sağlık sorunu hem de yılda 10 milyar ABD dolarını aşan bir ekonomik kayıp haline gelmiştir (Li ve ark., 2019). Toprak kirliliğini dolaylı olarak etkileyen unsurlardan bir tanesi de tatlı suların, özellikle de tarımda kullanılan sulama sularının kirliliğidir. Tatlı su kirliliğinin başlıca kaynakları, arıtılmamış endüstriyel atıkların ve tarım alanlarından gelen akışın tatlı sulara karışmasıdır. Atık suların içme ve kullanma sularına karışan ağır metaller, diğer toksik kimyasallar ile birlikte hem karıştıkları sularda yaşayan organizmalar için, hem de bu suların içme suyu ya da sulama suyu olarak kullanılması durumunda insanlar ve diğer canlılar için zararlı olabilmektedir (Fu ve Xi, 2020; Sall ve ark., 2020). Günümüzde, gelişmekte olan ülkelerde kirlilik kökenli çevre sorunlarının %70-80'ini doğrudan ya da dolaylı olarak kirli sular oluşturmaktadır (Vardhan ve ark., 2019).

Ağır metallerin özellikle insan sağlığı üzerindeki etkileri daha iyi bilinmeye başlandıkça, kullanımları daha kısıtlı hale gelmiştir. Örneğin dünya genelinde pek çok ülkede, çok özel uygulamalar dışında Hg (cıva) ve Pb kullanımı yasaklanmış ve salınımları izlenmeye başlamıştır. Ekosistemlerin toksik elementlere maruz kalmasını en aza indirmek için devlet kurumları özellikle içme ve sulama sularındaki ağır metal konsantrasyonlarına mevzuatlar ile sınırlar

getirmiştir. Ancak, tüm hükümetler bu konuyla ilgili aynı düzeyde kaygı taşımamaktadır ve bu nedenle farklı ülkelerde farklı kriterleri esas alan mevzuatlar yürürlüktedir (Vareda ve ark., 2019).

Ağır metal kirliliği organik kirleticilerin aksine, örtülü, kalıcı ve geri döndürülemez nitelikte olup, yalnızca atmosfer, toprak ve su kütlelerinin kalitesini düşürmekle kalmaz, aynı zamanda besin zincirinde birikim yoluyla insanların ve diğer canlıların sağlığı için de büyük bir tehdit oluşturur. (Li ve ark., 2019; Turksoy ve ark., 2021). Ağır metaller ayrıca organik kirleticilerin biyobozunurluğunu etkileyerek onları daha az parçalanabilir hale getirir ve böylece çevreyi kirletme etkilerinin daha da artmasına sebep olur. Toprakta bulunan ağır metaller biyosferin geneli için risk oluşturur ve toprağın pH, renk, gözeneklilik ve doğal kimyası gibi özelliklerini değiştirerek toprağın kalitesini olumsuz yönde etkiler (Muchuweti ve ark., 2006; Gupta ve ark., 2012). Ağır metallerin hareketi, sıcaklığa, yüzey sularının hareket hızına ve yönüne, hava kütlelerinin dolaşımına ve rüzgâr hızına bağlıdır. Bunların dışında bu kirleticilerin dağılımını ve hareketini etkileyen polarite, basınç ve moleküler kararlılık gibi başka faktörler de vardır (Briffa ve ark., 2020).

Özellikle son yıllarda tarım topraklarının atık su kullanarak sulanması, çamur uygulaması ve endüstriyel atık suların karışması gibi insan kökenli ağır metal kaynakları tarafından kirletilmesi gıda güvenliğini olumsuz etkilemektedir (Sumiahadi ve Acar, 2018; Can ve ark., 2021a). Gıda güvenliği insan sağlığı için küresel bir öncelik ve günümüz şartlarında ağır tehdit altındadır. Ayrıca, kirli topraklarda yetişen bitkiler de kirlilikten olumsuz etkilenmekte ve bu durum ürün verimini olumsuz etkilemektedir (Rai ve ark., 2019). Ayrıca yapılan çalışmalar, tarım bitkilerinin kontrollü bir şekilde kapalı alanlarda yetiştirilmesinin de ağır metal kontaminasyonu ve gıda güvenliği açısından mutlak bir çözüm olmadığını göstermiştir. Seralarda yetiştirilen sebzelerin de çoğunlukla insan kökenli kirlilik kaynakları ile kontamine olabildiği görülmüştür (Acosta ve ark., 2011; Xu ve ark., 2015; Fan ve ark., 2017).

Tarım topraklarının ağır metallerden temizlenmesi, toprak-ekin sisteminde ağır metallerin transferini önleyebilmektedir. Günümüzde ağır metallerin topraktan ekinlere geçiş mekanizmaları iyi anlaşılmıştır (Ozyigit ve ark., 2021a). İyileştirme çabaları, öncelikli olarak ekinlere sonradan geçişi en aza indirmek için topraktaki metal konsantrasyonlarını azaltmaya yönelik olmalıdır (Zou ve ark., 2017). Toprağın ağır metaller bakımından iyileştirilmesi fiziksel, biyolojik, ekolojik ve kimyasal yaklaşımlarla gerçekleştirilebilmekle birlikte uygulanacak teknolojiler çevre dostu, hızlı ve uygun maliyetli olmalıdır (Ozyigit ve Dogan, 2014; Malik ve ark., 2019; Dhaliwal ve ark., 2020). Ayrıca, yerel yönetimlerin de tarım alanlarını endüstriyel ağır metal kaynaklarından uzakta konumlandırmak için uygun arazi kullanım politikaları ile arazi kullanım değişiklikleri yapması gerekmektedir (Rock ve ark., 2017).

Bu çalışmada öncelikle metal ve ağır metal terimleri üzerinde durulmuş, sonrasında sırası ile tarım topraklarında ve sulama sularındaki ağır metaller, bunların kaynakları ve toprak ve sulara etkilerine ek olarak bitkilere alınma mekanizmaları ve bitkilerdeki etkilerinden bahsedilmiştir.

METALLER

Metaller, fiziksel anlamda metalik parlaklığa sahip, dövülebilen, tel ve levha haline getirilebilen, ısı ve elektriği iletebilen, yüksek mukavemet değeri olan, kimyasal anlamda kısa mesafeli düzenli atom dizilişine sahip, katyon oluşturan ve bazik oksitleri olan elementler olarak tanımlanır (Atkins ve Jones, 1997; Smith ve Nordberg, 2015; Hanawa 2019). Bilinen tüm elementlerin %75'inden fazlası metalik özellik gösterir. Metaller yoğunluklarına göre hafif metaller ve ağır metaller olarak iki gruba ayrılırlar (Morkunas ve ark., 2018).

Biyoloji ve çevre bilimleri ile ilgili çalışmalarda, metallerle ilgili olarak kullanılan terimler; metal, yarı metal/metaloit, hafif metal, ağır metal, esansiyel metal, faydalı metal, toksik metal, bol metal, eser metal, kullanılabilir metal ve mikro besindir (Duffus, 2002). Bazı metaller biyolojik sistemlerde kritik öneme sahiptirler ve organizmadaki belli başlı biyomoleküllerin bir parçası olarak fizyolojik ve biyokimyasal süreçlerde yer alırlar. Bu sebeple yaşam için mutlak gereklidirler ve bunların eksikliği veya fazlalığı metabolik bozukluklara ve buna bağlı çeşitli hastalıklara yol

açabilir. Bu yüzden organizmada mutlaka belli bir konsantrasyon aralığında var olmak zorundadırlar (Ali ve ark., 2019; Can ve ark., 2021b; Karahan ve ark., 2020).

Metaller biyolojik olarak ya da başka yollarla parçalanamazlar. Organizmalar, kendilerini metallerin toksik etkilerinden (1) metalleri inaktif formda bir proteine bağlayarak, (2) hücre içindeki granüllerde çözünmez formda uzun süreli depolayarak veya (3) organizmadan bazı salgılarıyla birlikte dışarı atarak koruyabilmektedir. Ağır metaller de diğer metaller gibi organizmaya alındığında biyolojik olarak birikirler. Bu biyobirikim ağır metalin cinsine ve konsantrasyonuna bağlı olarak komplikasyonlara neden olabilmektedir (Chalkiadaki ve ark., 2014; Dubey ve ark., 2018; Briffa ve ark., 2020). Bu sebeplerden dolayı özellikle mutlak toksik olan metallerin organizmaya girişi engellenmelidir.

Ağır Metaller

Yukarıda bahsedilen çeşitli metal gruplarından biri olan ağır metallerin günümüze kadar pek çok farklı tanımları yapılmıştır. Bunlar arasında en geçerli olan birkaçı aşağıda verilmiştir. Buna göre, Csuros ve Csuros (2016) ağır metalleri, “yoğunluğu (özgül ağırlığı) 5 g cm^{-3} ’ten büyük olan herhangi bir metal” olarak tanımlamıştır. Bu tanıma uygun olan bazı ağır metaller Ag (gümüş), Au (altın), Cd, Co (kobalt), Cr (krom), Cu, Fe (demir), Hg, Mn (manganez), Mo (molibden), Ni, Sn (kalay), Pb, Pt (platin), Va (vanadyum) ve Zn’dir. Son dönemlerde kabul gören bir diğer tanıma göre de ağır metaller üç önemli kritere sahip olmalıdır. Buna göre ağır metaller; (1) atom numarası (bağlı atom kütlesi) 20’den, (2) yoğunluğu da 5 g cm^{-3} ’ten büyük olan ve (3) doğal olarak oluşan metallerdir.

Duffus (2002)’a göre ise “ağır metal” terimi genellikle kontaminasyon, potansiyel toksisite veya ekotoksisite ile ilişkilendirilen metal ve metaloitler için bir grup adı olarak da kullanılır. Duffus (2002)’un tanımına uygun olarak günümüzde pek çok bilimsel literatürde ağır metaller toksisite ve kirlilik ile ilişkilendirilen elementler için kullanıldığından aslında yoğunluğa göre yapılan tanıma uygun olmayan pek çok metal ya da metaloit karşımıza ağır metal olarak çıkmaktadır (Nassouhi ve ark., 2018).

Bu sebeple uluslararası indekslerce (WOS) taranan pek çok kabul görmüş dergilerdeki bazı çalışmalarda Al (alüminyum), As, Ba (baryum), Cs (sezyum), Sb (antimon) ve Sr (stronsiyum) gibi elementler ağır metal kategorisinde sunulmuştur. Al yoğunluğu $2,70 \text{ g cm}^{-3}$ olan bir metalken As sıvı haldeki yoğunluğu $2,267 \text{ g cm}^{-3}$ olan bir metaloitir. Ba ise periyodik tablonun 2. grubunun bir alkali toprak metalidir ve yoğunluğu $3,510 \text{ g cm}^{-3}$ ’tür. Cs ve Sr, sırasıyla $1,843 \text{ g cm}^{-3}$ (sıvı halde) ve $2,640 \text{ g cm}^{-3}$ element yoğunluklarına sahip alkali ve toprak alkali metallerdir (Fu ve ark., 2008; Ali ve ark., 2013; Fang ve ark., 2016).

Hubner ve ark., (2010) “ağır metaller” teriminin kullanımı konusunu ciddi şekilde ele almış, tanımlama ve sınıflandırma adına sorunun çözümüne odaklanmışlardır. Bu yazarlar, Duffus (2002) makalesinde verilen “ağır metal” teriminin 40 farklı tanımını gözüne alarak tanımların çoğunun elementlerin çeşitli kimyasal ve fiziksel özelliklerine, özellikle yoğunluk ve bağlı atom kütlesine dayandığını açıklamışlardır. Ayrıca bu tanımlarda eşik seviyeleri olarak geniş yoğunluk aralıklarını ($3,5-7,0 \text{ g cm}^{-3}$) ve atom ağırlığını (23-40) tercih etmişlerdir.

Çevresel ve biyolojik anlamda tehlikeli ve toksik ağır metaller

Hemen hemen her ağır metal ve metaloit, miktarına ve maruz kalma süresine göre toksik olabilmektedir. Çevresel ve biyolojik anlamda toksik kabul edilen ağır metaller ve metaloitler arasında As, Cd, Cr, Cu, Hg, Ni, Pb ve Zn sayılmaktadır (Ali ve ark., 2019; Ashraf ve ark., 2019). Biyolojik sistemlerdeki rollerine göre ağır metaller esansiyel (temel/gerekli) ve esansiyel olmayan ağır metaller olarak nitelendirilirler (Can ve ark., 2021b). Esansiyel ağır metaller yaşam için önemlidirler ve organizmada oldukça düşük konsantrasyonlarda bulunmalıdırlar. Esansiyel olmayan ağır metallerin canlı organizmalar için bilinen biyolojik rolleri yoktur (Hocaoglu-Ozyigit ve Genc, 2020). Esansiyel ağır metaller arasında Co, Cu, Fe, Mn, Mo ve Zn sayılabilirken, As, Cd, Hg ve Pb biyolojik olarak toksiktir ve esansiyel

olmayan ağır metaller olarak kabul edilirler (Karahan ve ark., 2020; Ozyigit ve ark., 2021a, Yilmaz ve ark., 2021b). Yine Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni ve Zn bitkiler için mikro besinler veya eser elementler olarak nitelendirilirler. Bunlar büyüme, gelişme ve strese karşı dayanıklılık gibi farklı olaylarda olduğu kadar, karbonhidratlar, bazı enzimler, hormonlar, klorofil, nükleik asitler ve sekonder metabolitler gibi biyomoleküllerin biyosentez ve işlevleri için de gereklidirler (Akguc ve ark., 2010; Osma ve ark., 2012; Ozyigit ve ark., 2018; Ali ve ark., 2019; Briffa ve ark., 2020). Bir ağır metalin zararlılığı, oksidasyon basamağına bağlıdır. Örneğin, Cr(VI) Cr'nin en zehirli türü olarak görülür ve kimyasal olarak, kromat (CrO_4^{2-}) veya dikromat ($Cr_2O_7^{2-}$) şeklinde oksijene bağlı bulunur. Toprakta ve sucul sistemlerde yaygın olarak organik moleküller içerisinde yer alan Cr(III) ise daha az taşınabilir daha az zararlıdır (Vardhan ve ark., 2019).

Esansiyel bir ağır metalin eksikliği veya fazlalığı hastalıklara veya yetersizlik semptomları denilen anormal durumlara yol açabilmektedir. Esansiyel ağır metallerin toksik etkileri belli bir konsantrasyonu aştıktan sonra başlar. Esansiyel olmayan ağır metaller düşük konsantrasyonlarda bile toksisiteye neden olabilirler (Edelstein ve Ben-Hur, 2018; Ozyigit ve ark., 2018; Karahan ve ark., 2020). Bununla birlikte, esansiyel ağır metaller, bitkiler, hayvanlar ve bakteriler gibi farklı organizma grupları için farklı olabilir (Chalkiadaki ve ark., 2014). Örneğin Cr elementi bitkiler için toksik iken insanlarda glukoz metabolizması için gerekli olduğu son yıllardaki çalışmalarda gösterilmiştir (Sharma ve ark., 2020; Zhang ve ark., 2020).

Tablo 1. Bazı Ağır Metallerin Çevresel ve Biyolojik Olarak Sınıflandırılması (Yerli ve ark., 2020'den) * Özgül Ağırlığa Göre Yapılan Tanıma Uymamaktadır

Element	Özgül Ağırlık (g cm ⁻³)	Canlılar İçin Gerekliği		Kirleticilik Durumu
As*	2,3		X	✓
Cd	8,5		X	✓
Co	8,9		✓	✓
Cr	7,2	Bitkiler X	Hayvanlar ✓	✓
Cu	8,9		✓	✓
Fe	7,9		✓	✓
Hg	13,6		X	✓
Mn	7,4		✓	X
Mo	10,2		✓	✓
Ni	8,9		✓	✓
Pb	11,3		X	✓
Zn	7,1		✓	✓

Yarılanma ömürleri oldukça uzun olan ağır metaller doğada parçalanmamaktadır. Ayrıca, toprakta, suda, sedimentte ve canlı dokularında birikebildiklerinden direkt olarak çevreden, ya da dolaylı olarak besin zinciri yoluyla alındığında insan sağlığı açısından tehdit oluşturabilmektedirler (Li ve ark. 2019; Turksoy ve ark., 2021). Tablo 1'de çevresel ve biyolojik anlamda bazı ağır metallerin sınıflandırılması yapılmıştır.

TARIM SAHALARINDA AĞIR METALLER

Tarım Topraklarında Ağır Metaller

Tarım topraklarındaki ağır metaller, tıpkı dünyadaki diğer ortamlarda olduğu gibi doğal yollardan ve insan kökenli olarak çevreye yayılmaktadır. Normal şartlarda, topraklardaki ağır metallerin birincil kaynağı, oluştukları ana malzemedir. Yer kabuğunun yaklaşık %95'i magmatik kayalardan ve %5'i tortul kayalardan oluşur (Sarwar ve ark., 2016). Genel olarak bazaltik magmatik kayaçlar Cd, Co, Cu ve Ni gibi ağır metaller açısından zengin, silt ve kil içeren tortul kayalar büyük miktarlarda Cd, Cu, Mn, Pb ve Zn içerir (Muradoğlu ve ark., 2015; Mishra ve

ark., 2019). Doğal yoldan metallerin çevreye yayılmaları genellikle orman yangınları ve bitkilerden salınım gibi biyolojik kökenli ya da biyolojik olmayan kayaların aşınması, volkanik patlamalar ve erozyon gibi olaylar ile olurken, insan kökenli temel kaynak dünya genelindeki şehirleşme ve endüstrileşmedir (Muradoglu ve ark., 2015; Ozturk ve ark., 2017; Kapahi ve Sachdeva, 2019; Can ve ark., 2021a).

Yapılan bazı çalışmalar As, Cr ve Ni'nin esas olarak ayrılmış kayalar tarafından doğaya salındığını, buna karşın Hg ve Pb gibi metalik kirleticilerin endüstriler, taşıt dumanları, partiküller ve sulama için atık suyun yeniden kullanımı yoluyla çevreye karıştığını göstermektedir (Yan-Li ve ark., 2012; Khatri ve Tyagi, 2015; Yerli ve ark., 2020). Bu sebeple, toprak kirleticilerinin ve kaynaklarının belirlenmesi, insan sağlığı bakımından oldukça önemlidir. Günümüze kadar yapılan çalışmalar özellikle tarım topraklarında insan kökenli ağır metal kirliliği payının doğal yolla olandan çok daha fazla olduğunu göstermektedir (Osma ve ark., 2012; Shifaw, 2018; Kumar ve ark., 2019; Rai ve ark., 2019).

Çevre genelindeki insan kökenli ağır metal kaynakları büyük ölçüde madencilik, endüstriyel ve tarımsal faaliyetleri içerir. Ağır metaller, madencilikte ilgili cevherlerinden farklı elementlerin çıkarılması sırasında serbest bırakılır. Madencilik, eritme ve diğer endüstriyel işlemler sırasında atmosfere salınan ağır metaller kuru ve ıslak çökeltme yoluyla toprağa geri döner (Ali ve ark., 2019). Bugün madencilik sektörünün, özellikle Avrupa'da toplam ağır metal kirliliğinde %48'lik bir payla ön sıralarda olduğu bilinmektedir (Vareda ve ark., 2019). Yine çeşitli ürünlerin imalatındaki geniş uygulamalar için metallerin madencilik alanlarından çeşitli endüstrilere taşınması da çevre için önemli bir metal kontaminasyonu kaynağıdır (Mishra ve ark., 2019). Bunlara ek olarak, endüstriyel ve evsel kanalizasyon suları gibi atık suların deşarjı da ağır metallerin çevreye salınımına sebep olmaktadır. Kimyasal gübrelerin uygulanması ve fosil yakıtların yakılması da ağır metallerin insan kökenli olarak çevreye yayılmasına katkıda bulunur. Ticari olarak üretilen ve satılan kimyasal gübrelerdeki ağır metallerin içeriği ile ilgili olarak, fosfatlı gübreler özellikle ağır metal kirliliğinde önem taşımaktadır (Osma ve ark., 2014; Ali ve ark., 2019). Her ne kadar bazı gübreler, bitkilerin sağlıklı ve verimli bir şekilde büyümesinde hayati rol oynayan Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni ve Zn gibi ağır metalleri önemli miktarda içerse de bu tür metallerin aşırı konsantrasyonları uygulandıkları tarım topraklarını ve su kaynaklarını kontamine ederek organizmalar için zararlı hale gelmelerine neden olabilmektedirler (Mishra ve ark., 2019).

Genel olarak fosfatlı gübreler, fosfat kayalarından asitleme ile üretilir. Tek süperfosfatın asitlenmesinde sülfürik asit, üçlü süperfosfatın asitlenmesinde ise fosforik asit kullanılır. Böylece elde edilen son ürün, fosfat kayasında bileşen olarak bulunan tüm ağır metalleri içerir (Mortvedt, 1996; Dissanayake ve Chandrajith, 2009). Ticari inorganik gübreler ve özellikle fosfatlı gübreler potansiyel olarak ağır metallerin küresel anlamda taşınmasına da katkıda bulunabilirler (Carnelo ve ark., 1997). İnorganik gübreler yoluyla tarım topraklarına eklenen ağır metaller, yeraltı sularına sızabilir ve onları kontamine edebilirler. Ne yazık ki fosfatlı gübreler de toksik ağır metaller açısından zengin olabilmektedirler. Fosfatlı gübrelerden insan vücuduna toksik ağır metallerin transferinde iki ana yol görülmektedir (Dissanayake ve Chandrajith, 2009; Ali ve ark., 2019). Buna göre ağır metaller fosfatlı gübreler aracılığı ile (1) Fosfatlı kayalar → gübre → toprak → bitki → gıda → insan vücudu ve (2) Fosfatlı kayalar → gübre → su → insan vücudu şeklinde taşınmaktadır.

Yukarıda da belirtildiği gibi, fosil yakıtların endüstrilerde, evlerde ve taşımacılıkta kullanımı, insan kökenli ağır metallerin yayılması için en önemli kaynaklardandır. Yine, özellikle son yıllarda otoyolların kenarlarındaki tarım toprakları yoğun araç trafiği yüzünden ağır metallere etkilenmiş ve bu tip tarım arazilerinde Cd, Cr, Pb ve Zn konsantrasyonları önemli ölçüde artmıştır (Seven ve ark., 2018). Kentsel ve metropol alanlardaki yollar boyunca yer alan tarım topraklarında yetişen bitkilerde çevresel açıdan önemli ağır metallerin yüksek konsantrasyonları yapılan pek çok çalışmada rapor edilmiştir (Osma ve ark., 2012; Yalcin ve ark., 2020; Al-Taani ve ark., 2021; Hu ve ark., 2021). Son dönemlerde hızla gelişen tekstil, boya ve kağıt endüstrileri, galvanik kaplama, boyama, tabaklama gibi endüstriyel

aktiviteler de dünya genelinde ağır metal kirliliğinin artmasında önemli rol oynamaktadır (Seven ve ark., 2018; Mishra ve ark., 2019).

Arıtma çamuru, tarımda toprak düzenleyici olarak büyük miktarlarda toplanmakta ve pek çok ülkede yaygın bir şekilde kullanılmaktadır. Son dönem verilerine bakıldığında Japonya'da 70, Çin'de 30 ve ABD'de 6 milyon ton kadar yıllık kullanımı olan ve ağır metal içerebilen arıtma çamurlarının belirsiz veya kısmen arıtılmış atık su ve kanalizasyon çamuru şeklinde kullanılmasının halk sağlığı ve çevresel koşullar için olumsuz yansımaları bildirilmiştir (Toth ve ark., 2016; El-Kady ve Abdel-Vahhab, 2018; Rai ve ark., 2019).

Ağır metallerin hem tarım topraklarına, hem de diğer ortamlara yayılmasında kaynaktan çevreye yayılan metalin miktarı ve kaynağın türü önemli iki kriterdir. Ağır metal taşınması hava yolu ile bile olsa hem topraklar, hem de sular bundan etkilenir. Toprakta farklı fraksiyonlarda, hareketli ve hareketsiz formda bulunan ve kanyonlar ile reaksiyona girebilen bazı bileşenler olduğundan ağır metal değerleri havada, suda ve sedimentlerde farklı olabilirler (Vareda ve ark., 2019; Turan ve ark., 2020). Bazı otoriteler tarım topraklarında ağır metallerin hareketliliğini azaltmak, ve canlılara, özellikle de bitkilere geçebilirlik seviyesini düşürmek için tarım topraklarına kompost, talaş, ağaç kabuğu ve granüle ya da toz haline getirilmiş linyit gibi organik bileşenler açısından zengin malzemelerin eklenmesini sıklıkla önerirler (Brown ve ark., 2012; Attanayake ve ark., 2014, 2015).

Ağır metallerin insan kökenli kaynakları ile ilgili olarak özellikle kömür yanmasından ve diğer yanma süreçlerinden kaynaklanan salınımlar çok önemlidir (Merian, 1984). Şehirlere ya da endüstriyel alanlara yakın bulunan tarlalarda kömürün yanması sırasında açığa çıkan kısmen uçucu olan As, Cd, Pb ve tamamen uçucu özellikte olan Hg tarım toprakları için büyük riskler oluşturmaktadır (Tian ve ark., 2013).

Avrupa Birliği'nin tarım topraklarındaki ağır metaller ilgili mevzuatı vardır. Tarım topraklarındaki ağır metal konsantrasyonu için sınır değerler, kabul edilen maksimum konsantrasyonlar ve AB direktifine ilişkin bir revizyon önerisi Tablo 2'de özetlenmiştir. Tarım topraklarındaki ağır metaller için maksimum limitler, tarım bitkilerinin yetiştirilebilmesi, ürünlerin bu kirleticileri aşırı miktarda içermemesi ve dolayısıyla yenilebilir kalmasını sağlamak amacıyla yönelik olarak hazırlanmıştır (Vareda ve ark., 2019).

Tablo 2. Tarım Topraklarında Ağır Metal Konsantrasyonları İçin $mg\ kg^{-1}$ Kuru Ağırlık Bazında Sınır Değerler (Avrupa Birliği Komisyonu, 1986; Gawlik ve Bidoglio, 2006; Vareda ve ark., 2019).

Ağır Metal	AB, Mevcut Değer (Toprak pH'ı: $6 \leq pH < 7$)	AB, Teklif Edilen (Toprak pH'ı: $6 \leq pH < 7$)
Cd	1-3	1
Cr	-	75
Cu	50-140	50
Pb	50-300	70
Hg	1-1,5	0,5
Ni	30-75	50
Zn	150-300	150

Tarım Topraklarında Ağır Metallerin Etkileri

Tarım topraklarında ağır metallerin sebep olduğu kirlilik sadece ürün verimi ve kalitesini etkilemekle kalmaz, aynı zamanda mikrobiyal floranın bileşimini, boyutunu ve aktivitesini de değiştirir (Yao ve ark., 2003). Bu nedenle, ağır metaller toprak bozulmasının birincil kaynağı olarak kabul edilir. Toprak kirliliği, temel olarak organik madde, pH ve kil içeriğinin yanı sıra toprak biyolojisi ve biyokimyası üzerinde büyük etkisi olan Cd, Cr, Cu, Ni, Pb ve Zn ağır metallerinden kaynaklanmaktadır (Speir, 1999; Akguc ve ark., 2008; Jaiswal ve ark., 2018).

Topraktaki ağır metaller genellikle toprak taneciklerine bağlı olarak bulunurlar. Bunun yanında bazı organik bileşiklerin yapısına katılabilir, minerallere bağlanarak, şelatlı bileşiklerin yapısında, katı halde ya da iyon halinde çözültü içerisinde yer alabilirler. Yer kürede ise karbonat, silikat ve sülfür halinde stabil bileşikler olarak ya da silikatlar

içinde bağlanmış halde bulunabilirler (Yerli ve ark., 2020). Asit yağmurlarının etkisindeki tarım topraklarında pH'nın düşmesi, bu topraklarda ağır metal hareketliliğinde artışa sebep olur. Bunun sonucunda bitkiler tarafından ağır metallerin (Mo hariç) alınması artar ve böylece ağır metaller bitkileri olumsuz yönden etkilemeye başlar (Seven ve ark., 2018).

Ağır metaller, dolaylı olarak enzimlerin sentezine yardımcı olan mikrobiyal popülasyonu etkileyerek toprağın enzimatik performansını değiştirirler (Huang ve ark., 2009). Ayrıca önemli mikrobiyal süreçleri değiştirerek ve biyotik aktiviteyi azaltarak toprak biyotasına zarar verebilirler (Jaiswal ve ark., 2018). Her ne kadar toprak, tamponlama özelliği sayesinde belli bir dereceye kadar kirliliğin canlılarda oluşabilecek olumsuz etkilerini azaltabilse de bu durum belli bir dereceden sonra toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik anlamda gelişiminin engellenmesi veya değişimi ile sonuçlanabilir (Yerli ve ark., 2020). Toprak mikroorganizmaları, bitki besinlerinin geri dönüştürülmesinde, toprak yapısının korunmasında, toksik kimyasalların detoksifiye edilmesinde ve zararlıların kontrolünde önemli rol oynar (Wang ve ark., 2007; Ozyigit ve Dogan, 2014). Ağır metallerin tarım topraklarındaki uzun vadeli etkileri, metallere maruz kalan bakteri ve mantar popülasyonlarının bu metallere karşı toleranslarındaki değişiklikler şeklinde karşımıza çıkar. Ağır metaller bakteri türlerinde azalma, bakteri topluluklarında hem biyokütle hem de çeşitlilik bakımından azalmaya neden olabilmektedir (Chen ve ark., 2010). Tarım topraklarındaki ağır metaller, özellikle tarımsal üretim için yararlı olabilen toprak böceklerini, omurgasızları, büyük ve küçük memelileri olumsuz etkiler ve böylece ürün verimi de dolaylı yoldan etkilenir (Rai ve ark., 2019).

Toprak sistemindeki enzimler, kimyasal afiniteleri nedeniyle çeşitli metallere etkilenir. Tarım topraklarında Cd ve Pb'nin enzimler üzerine etkileri karşılaştırıldığında, Pb'nin daha az hareketli olması ve toprak kolloidleri ile bağlanmak için artan afinitesi nedeniyle enzimleri Cd'ye kıyasla daha az etkilediği görülmektedir. Pb, β -glukozidaz aktivitesini selülaz aktivitesinden daha fazla inhibe eder. Ayrıca, katalaz, üreaz, asit fosfataz ve invertaz aktivitelerini önemli ölçüde azaltır. Sülfataz ve fosfataz, genellikle As tarafından inhibe edilir. Cr, üreaz, alkalın fosfataz, proteaz ve arilsülfataz aktivitesi üzerinde aktiviteyi azaltıcı yönde bir etkiye sahipken invertaz aktivitesi üzerindeki etkisi önemsizdir. Toprak enzimleri, farklı ağır metallere karşı farklı duyarlılık gösterir. Ağır metallere bazıları sırası ile Cr>Cd>Zn>Mn>Pb şeklinde üreaz aktivitesini inhibe edebilme özelliğine sahiptirler (Jaiswal ve ark., 2018).

Cr genellikle toprakta Cr(III) ve Cr(VI) olarak bulunur ve bunlar belirli kimyasal özellikleri ve toksisiteleri ile ayırt edilir. Cr(VI) güçlü bir oksitleyici ajandır ve bu nedenle oldukça toksiktir, ancak Cr(III) 10 ila 100 kat daha az toksik, tehlikesiz bir ağır metaldir. Cr(VI)'nın toprak mikrobiyal topluluklarının organizasyonunu değiştirdiği ve yüksek konsantrasyonlarda mikrobiyal hücre metabolizması üzerinde ciddi etkileri olduğu bilinmektedir (Huang ve ark., 2009). Toprak mikroorganizmaları üzerindeki bu toksik etkiler, popülasyon büyüklüğünün, çeşitliliğinin ve genel aktivitenin değişmesi şeklinde karşımıza çıkar (Jaiswal ve ark., 2018).

Cd, Cr ve Zn ağır metallerinin mikroorganizmaları metabolik anlamda olumsuz etkilediği ve özellikle mikroorganizmalardaki solunum hızı ve enzim aktivitesindeki azalmaların toprak kirliliğinin etkili göstergeleri arasında olduğu bilinmektedir (Ashraf ve ark., 2007).

Tarımda Kullanılan Sular ve Ağır Metaller

Yukarıda da belirtildiği gibi özellikle volkanik patlamalar ve farklı endüstriyel faaliyetler ile atmosfere salınan ağır metaller nihayetinde toprağa geri dönerek suların ve toprağın kirlenmesine sebep olur (Kapahi ve Sachdeva, 2019; Can ve ark., 2021a; Yılmaz ve ark., 2021a). Ağır metaller çevrede kalıcı oldukları için ya biyotada birikirler ya da yer altı sularına sızarlar. Biyota ve yer altı sularının potansiyel olarak toksik ağır metallerle kontaminasyonu insan sağlığı için önemli etkilere sahiptir. Bu elementlerin konsantrasyonlarını ve dağılımlarını araştırarak su ekosistemlerindeki ağır metal kirliliğinin derecesini değerlendirmek önemlidir (Yılmaz ve ark., 2015; Islam ve ark., 2018).

Kirleticiler yüzey sularında çözelti veya süspansiyon şeklinde bulunabilirler. Partiküller, parçacık halinde dibe inebileceği gibi, su yoluyla geniş bir alana da yayılabilir. Nehirlerde kat edilen mesafe, kirleticinin kimyasal kararlılığı ve fiziksel durumuna bağlıdır. Denize ve okyanuslara ulaştığında, rüzgâr ve akıntılar kirleticiyi daha da ileri taşır. Deniz suyunun yoğunluğundaki, tuz konsantrasyonundaki ve sıcaklıktaki farklar kirleticilerin taşınmasını etkileyen faktörlerdendir. Metallerin çözünürlüğü çoğunlukla suyun pH'ına bağlıdır. Özellikle ağır metaller gibi kalıcı kirleticiler balıklar gibi deniz canlıları yoluyla besin zincirine girebilir ve daha sonra bu balıkları tüketen diğer balıklar, göçmen kuşlar ve insanlara geçerek farklı ekosistemlerdeki tüm bu canlıları etkileyebilir (Beasley ve Levengood, 2012; Briffa ve ark., 2020; Yılmaz ve ark., 2021a).

Su evrensel bir çözücü olduğu için farklı organik ve inorganik kimyasalları ve çevre kirleticilerini çözer. Hem tatlı su hem de deniz suyu ekosistemleri kirliliğe karşı oldukça hassastır (Rezania ve ark., 2016). Su kütlelerinin, özellikle tarımda kullanılan sulama sularının ağır metallerle kirlenmesi, ağır metallerin çevresel kalıcılık, biyobirikim ve besin zincirlerinde biyomagnifikasyon özellikleri ve toksisiteleri nedeniyle dünya çapında önemli bir sorundur (Rajaei ve ark., 2012; Szykowska ve ark., 2018; Ali ve ark., 2019).

Su kaynaklarının ağır metallerle kirlenmesi ve özellikle kirli suların tarımda kullanılması bitki, hayvan ve insan sağlığını olumsuz yönde etkileyen kritik bir çevre sorunudur. Sucul ekosistemler, farklı kaynaklardan gelen ağır metallerle kirlenir. Tarım alanındaki herbisit, pestisit, böcek ilacı, gübre vb. ağır metal içeren kimyasalların kullanımı da sulardaki kirliliğin önemli kaynaklarından (Briffa ve ark., 2020; Kaya ve ark., 2020).

Su ekosistemlerindeki ağır metal kaynaklarından bir diğeri de madencilik işlemlerinden çıkan atıklardır (Zhuang ve ark., 2013). Ağır metal kaynaklı su kirliliğinin diğer sebepleri farklı endüstriyel ve evsel atık sulardır. Endüstriyel atıkların arıtılmadan dereler, göller ve nehirler gibi tatlı su kütlelerine salınması, ya da kontamine olmuş topraktan yüzey ve yeraltına süzülerek ulaşması sonucunda kirlenen suların tarım topraklarında kullanılması hem ekosistemi hem de insan sağlığını önemli ölçüde etkilemektedir (Afzal ve ark., 2018).

Tarımda kullanılan sulama suları ile ilgili dünya genelinde mevzuata bakıldığında; Avrupa Birliği tarafından sulama sularında ağır metallerin miktarları için tanımlanmış herhangi bir direktif bulunmadığı görülmektedir. Öte yandan, FAO ve birkaç ülke tarafından bazı değerler tanımlanmıştır. Ancak bu değerler de sadece kılavuz niteliğindedir ve yasal bağlayıcılıkları yoktur (Pescod, 1992; Ministério do Ambiente, 1998; Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi, 1999; Varela ve ark., 2019). FAO, Kanada ve Portekiz tarafından sulama suyundaki ağır metal konsantrasyonları için önerilen maksimum değerler Tablo 3'te verilmiştir.

Tablo 3. Sulama Sularında Ağır Metal Konsantrasyonları İçin $\mu\text{g L}^{-1}$ Bazında Tavsiye Edilen Maksimum Değerler (Pescod, 1992; Ministério do Ambiente, 1998; Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi, 1999; Varela ve ark., 2019).

Ağır Metal	FAO	Portekiz	Kanada
As	100	100	100
Cd	10	10	5
Cr	100	100	8 Cr(VI), 5 Cr(III)
Cu	200	200	200
Pb	5000	5000	200
Ni	200	500	200
Zn	2000	2000	1000 pH< 6,5

Sucul Ekosistemlerde Ağır Metallerin Etkileri

Sucul ekosistemlerdeki ağır metallerin özellikle bu sistemlerde yaşayan organizmalar üzerinde ciddi etkileri vardır. Ağır metaller, kararlı yapılarından dolayı sucul ekosistemlerde az miktarda dahi oldukça zararlıdır ve su canlılarında aşırı oksidatif aktivite oluşturur. Bu nedenle ekotoksikolojik açıdan oldukça önemlidirler. Ayrıca, biyolojik olarak parçalanamaz olduklarından sucul ekosistemlerde kalıcıdır (Woo ve ark., 2009; Yılmaz ve ark., 2015).

Nehirlerin özellikle toksik ağır metallere kirlenmesi sucul sistemlerin dengesine zarar verir ve sudaki organizma çeşitliliği kirliliğin artan boyutuyla birlikte hızla azalır (Ayandiran ve ark., 2009).

Sucul ekosistemlere salınan ağır metallere genellikle partiküllerle sınırlıdır ve sonuçta sedimentlere gömülürler. Yüzeysel sedimentleri sucul sistemlerde ağır metallere ve diğer pek çok toksik maddelerin rezervuarları olarak görev yaparlar ve belirli dönemlerde sudaki bazı organizmalar ve sucul makrofitler tarafından işgal edilebilirler (Peng ve ark., 2008). Sucul sistemlere giren ağır metallere daha büyük kısmı aşağı sedimentlerde bulunur ve buradaki mikroorganizmalar ağır metallere olumsuz yönde etkilenirler (Gurrieri ve ark., 1998).

Özellikle, nehirlerde artan ağır metallere ve diğer kirlenmelerin bu ekosistemlerdeki diatomların sayılarını olumsuz yönde değiştirdiği bilinmektedir (De Jonge ve ark., 2008). Ağır metallere balıklara beş yoldan girer. Bunlar; (1) solungaçlar, (2) yiyecekler, (3) yiyecek olmayan parçacıklar, (4) su ve (5) deri. Vücuda giren ağır metallere kan yolu ile kemik ve karaciğere taşınır ve bu organlarda depo edilirler. Karaciğere ulaşanlar yağ dokularında depolanabilirler, ya da karaciğer tarafından safra yoluna, ya da böbrekler ve solungaçlar tarafından atılmak üzere kan dolaşımına geri verilebilirler (Ayandiran ve ark., 2009). Atılmayan ağır metallere ise direkt veya dolaylı yollardan hücresel toksisite, nekroz ve daha sonra doku ölümü olarak ortaya çıkan olaylara sebep olduğu görülmektedir (Bailey, 1996; Jaiswal ve ark., 2018). Ağır metallere kirlenmiş sularda yaşayan canlılar besin zinciri yolu ile tüketildiklerinde, dolaylı yoldan insan ve hayvan vücuduna girip toksik etkiye neden olabilirler. Ayrıca bu sular tarım topraklarına sulama amaçlı ulaştıklarında ise burada yetiştirilen bitkiler ve toprakta doğal olarak bulunan yararlı mikroorganizmalar gibi canlıların bünyelerine girip olumsuz etkiler oluştururlar (Can ve ark., 2021b).

Bitkiler ve Ağır Metaller

Bitkilerde ağır metallere bitkiye genellikle bitki yaşadığı ortamdan su alırken su ile birlikte girerler. Daha seyrek olarak da atmosferde partikül halinde bulunan ağır metallere yapraklar aracılığı ile alınır (Ozyigit ve ark., 2021a). Bitki kökleri, redoks reaksiyonları, bitki kaynaklı pH ayarlamaları ve bitki kaynaklı şelatlama ajanları yardımıyla, topraktaki nispeten çözünmeyen çökeltilerden bile metallere çok düşük seviyelerde alabilme kabiliyetine sahiptir. Bitkiler ayrıca bu elementlerin yerini değiştirmek ve depolamak için özel işlevler geliştirmiştir. Amino asitler ve organik asitler sıklıkla metal iyonlarının ksilem yoluyla hareketini kolaylaştıran metal şelatlayıcılar olarak görev alırlar (Kananke ve ark., 2018).

Bitki bünyesine giren ağır metallere, bitkilerde fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri olumsuz anlamda etkileyerek toksisiteye sebep olmakta ve bu durum uzun vadede bitkinin ölümü ile sonuçlanabilmektedir. Böylelikle bitkilerdeki ağır metal birikimi bitkide verim ve kaliteyi azaltıcı unsurların başında yer almaktadır (Yerli ve ark., 2020; Ozyigit ve ark., 2021b).

Ağır metallere, Kaspari şeritleri tarafından bloke edilmeleri veya köklerin hücre duvarları tarafından yakalanmaları nedeniyle genellikle kök hücrelerde birikir (Shahid ve ark., 2015; Ozyigit ve ark., 2021c). Ağır metallere bitkiye girdiklerinde diğer yararlı besin elementlerinin alınımını belirgin ölçüde azaltarak temel besin element eksikliğine sebep olurlar. Bu durum kök, gövde ve yapraklar gibi bitki organlarında büyüme ve gelişme bozuklukları olarak ortaya çıkar (Ozyigit ve ark., 2016; Ghori ve ark., 2019; Ozyigit ve ark., 2019). Bazı ağır metallere bu etkiyi bitkinin kök hücrelerinin yapılarını bozarak, ya da hücre bölünmesini olumsuz etkileyerek gösterirken bazıları besin element alımı ile yarışarak gösterir (Dubey ve ark., 2018; Kim ve ark., 2019; Can ve ark., 2021a; Ozyigit ve ark., 2021b).

Ağır metallere, çimlenme aşamasından başlayarak büyüme ve gelişmeyi, su ve mineral madde alımı ve taşınmasını, stoma hareketlerini, terleme, fotosentez, solunum ve embriyo gelişimi gibi fizyolojik olayları, klorofil, karotenoid, protein ve enzim sentezi gibi biyokimyasal süreçleri olumsuz etkiler (Hocaoglu-Ozyigit ve Genc, 2020; Ozyigit ve ark., 2021d). Ayrıca bitkilerdeki süperoksit (O_2^-) ve hidroksil radikali (OH^-) ile hidrojen peroksit (H_2O_2)

gibi reaktif oksijen türleri (ROS)'nin üretimini uyarır (Hossain ve ark., 2012). Metilglioksal adı verilen başka bir sitotoksik bileşiğin de ağır metal stresi sırasında arttığı bildirilmiştir (Kharbech ve ark., 2020).

Bu oldukça reaktif bileşikler, özellikle lipid peroksidasyonuna yol açar. Hücre zarlarının sızıntı yapmasına, biyomoleküllerin zarar görmesine ve topluca oksidatif stres olarak bilinen strese sebep olur. Bunun sonucunda bitki hücrelerinde DNA, RNA ve protein düzeyinde değişiklikler oluşur (Ghori ve ark., 2019). DNA düzeyinde değişiklikler genellikle mutasyonlar şeklinde görülür ve bunlar da özellikle moleküler marker teknikleri ile yapılan çalışmalarda kontrol grubuna kıyasla deney gruplarının DNA bantlarında intensite (yoğunluk) değişiklikleri, yeni bant oluşumları ya da var olan bantlarda kaybolma şeklinde kendini gösterir (Ozyigit ve ark., 2016; Ozyigit ve ark., 2021b).

Ağır metaller fotosentez olayının gerçekleştiği yer olan kloroplastlarda yapısal değişimlere sebep olurlar ve bu durum bitkide genellikle klorofil miktarında azalma şeklinde görülür. Ancak yapılan bazı çalışmalar, ağır metalin çeşidine ve bitkideki konsantrasyonuna bağlı olarak klorofil miktarının bazı bitkilerde azalırken bazılarında strese bir yanıt olarak artabildiğini göstermektedir (Ozyigit ve ark., 2016; Ozyigit ve ark., 2021a). Yine ağır metaller, bitkilerin stoma iletkenliğini etkilemek yoluyla fotosentezin devamlılığını engeller. Bitkinin su tüketiminde de azalmaya yol açarak özellikle tarla bitkilerinde verim ve kaliteyi azaltabilirler (Yerli ve ark., 2020). Bitkiler ile *in vitro* koşullarda yapılan pek çok çalışmada, özellikle düşük konsantrasyonda uygulanan ağır metallerin bitkide bazı büyüme ve gelişme parametrelerini ve spesifik bazı mineral elementlerin alımını olumlu yönde etkilediği, ancak konsantrasyon arttıkça bu parametrelerde kontrol grubu bitkilere kıyasla bozulmaların olduğu bildirilmiştir (Ozyigit ve ark., 2016; Ozyigit ve ark., 2021c; Ozyigit ve ark., 2021d). Bu durum pek çok bitkinin düşük derecelerdeki ağır metal stresi ile baş edebildiğini, hatta düşük streslere karşı bitkilerin verdiği savunma yanıtlarının büyüme ve gelişmeyi olumlu etkileyebileceğini düşündürmektedir.

Bitkiler, ağır metal stresinin üstesinden gelebilmek için karmaşık biyokimyasal ve genomik süreçleri de içeren çeşitli moleküler ve fizyolojik mekanizmalara sahiptir. Bitkiler, toprakta bulunan ağır metallere kaçınacak ya da tolerans sağlayacak çeşitli mekanizmalar kullanırlar. Bazı mekanizmalar özeldir ve yalnızca belirli bir metalin oluşturduğu toksisiteyle karşılaşıldığında etkinleştirilir (Krzyszowska 2011; Ozyigit ve ark., 2021a).

Ağır metallere maruz kalan bitkilerdeki ilk savunma hattı, kök hücrelerinin sızıntıları yardımıyla metal alımını azaltmaktır. Bu sızıntılar, hücre duvarlarına akışı veya biyosorpsiyonu artırarak metallere hücreye girmesini kısıtlar ve kaçınma mekanizması olarak adlandırılır. Yine pek çok bitki belli başlı ağır metallere karşı tolerans mekanizması olarak isimlendirilen bazı özel mekanizmalara sahiptir. Bu mekanizmalar ile metal iyonları, hücrelerin hassas bileşenlerini metal etkileşimlerinden koruyan bölmelerde tutulur. Bu tür mekanizmalarda bazı amino asitler, glutatyon, fitoşelatinler, metalotiyoneinler gibi özel bileşikler ile süperoksit dismutaz ve peroksit gibi enzimler yer almaktadır (Hossain ve ark. 2012; Filiz ve ark., 2019a; Filiz ve ark., 2019b).

Bununla birlikte, bir hücre sürekli olarak ağır metal stresi ile karşı karşıya kaldığında, rutin savunma tepkilerinin tükenebileceği de unutulmamalıdır. Bu zamanlarda hayatta kalmak için bitkiler, metallere bitkinin vakuolünde şelatlanabileceği, taşınabileceği, tutulabileceği veya detoksifiye edilebileceği detoksifikasyon işlemleri için çeşitli özel mekanizmaları harekete geçirir. Bitkinin bu sistemlerden herhangi birini aktive etmesi gerektiğinde, strese bağlı proteinlerin ve hormonların, antioksidanların, ısı şoku proteinlerini içeren sinyal moleküllerinin sentezi başlatılır (Ghori ve ark., 2019; Can ve ark., 2021b; Ozyigit ve ark., 2021a). Stres altındaki bitkiler ayrıca, metalleri rizosferde biriktiren ve bunların bitki için kullanılabilirliğini engelleyen mikorizal mantarlar gibi diğer organizmalarla simbiyotik ilişkilere sahip olarak da ağır metal stresi ile baş etmeye çalışırlar. Bu da, zor zamanlarda gelişebilmek için başka bir stratejidir (Ozyigit ve Dogan, 2014; Ghori ve ark., 2019).

Yukarıdaki bilgilerden anlaşılacağı üzere, bitkiler aslında ağır metaller için iyi akümülatörlerdir. Bunun yanında bazı bitkiler vardır ki, onlar bazı ağır metallere herhangi bir toksisite semptomu göstermeden yer üstü organlarında

oldukça yüksek konsantrasyonlarda biriktirebilirler. Bu özelliğe sahip bitkiler hiperakümülatör bitkiler olarak adlandırılırlar (Ozyigit ve ark., 2021a; Ozyigit ve ark., 2021b). Herhangi bir hiperakümülatör bitki, aynı koşullar altında yaygın hiperakümülatör yapmayan diğer türlerden 100 kat daha fazla metal biriktirebilir (Rascio ve Navari-Izzo, 2011). Herhangi bir bitkinin hiperakümülatör olabilmesi için aşağıdaki kriterleri karşılaması gerekmektedir. Buna göre; (1) ağır metal konsantrasyonunun sürgün/kök oranı 1'den büyük olmalıdır, bu durum metalleri köklerden sürgünlere taşımada etkin bir yeteneğin işaretidir, (2) ağır metal konsantrasyonunun sürgün/toprak oranı da 1'den büyük olmalıdır, bu da ağır metalleri topraktan alma kapasitesinin daha yüksek olduğunu gösterir, ve (3) sürgündeki metal konsantrasyonunun Hg için 10 mg kg^{-1} , Cd ve Se için 100 mg kg^{-1} , Co, Cu, Cr, Ni ve Pb için 1.000 mg kg^{-1} ve Mn ve Zn için $10.000 \text{ mg kg}^{-1}$ 'den yüksek olması gerekmektedir (Van der Ent ve ark., 2013; Ozyigit ve Dogan, 2014; Li ve ark., 2019). Son yıllarda, bu kriterlere yeterli miktarda ağır metal akümüle eden hiperakümülatör bitkilerde DNA düzeyinde yüksek genomik kararlılık göstergesinin de eklenmesi önerilmiştir (Ozyigit ve ark., 2021b).

Günümüzde yaklaşık 450 kadar bitki türü ağır metaller için hiperakümülatör olarak bilinmektedir ve bu sayı bazı yeni bitkilerin de bu özelliklerinin keşfedilmesi ile günden güne artmaktadır (Ozyigit ve Dogan, 2014). Ağır metallerden Ni, pek çok hiperakümülatör bitki tarafından en çok akümüle edilen ağır metaldir. Günümüze kadar 300 kadar farklı bitki türünün Ni elementini hiperakümülatör derecesinde bünyesine aldığı belirlenmiştir. Bazı iyi bilinen hiperakümülatör türler ve akümüle ettikleri ağır metal/metaloitler şu şekilde özetlenebilir; *Alyssum bertolonii* ve *A. murale* (Ni), *Arabidopsis thaliana* (Cu, Mn, Pb ve Zn), *A. halleri* (Cd ve Zn), *Astragalus racemosus* ve *A. bisulcatus* (Se), *Azolla pinnata* (Cd), *Bidens pilosa* (Cd), *Cardaminopsis halleri* (Cd ve Zn), *Clerodendrum infortunatum* (Cu), *Euphorbia cheiradenia* (Pb), *Haumaniastrum katangense* (Cu), *Pteris vittata* (As, Cr ve Se), *Rorippa globosa* (Cd), *Sedum alfredii* (Cd, Pb ve Zn), *Sonchus asper* (Pb ve Zn), *Thlaspi caerulescens* (Cd, Ni ve Zn) ve *Viola baoshanensis* (Cd) (Ozyigit ve Dogan, 2014; Morkunas ve ark., 2018; Muthusaravanan ve ark., 2018; Ashraf ve ark., 2019).

Hiperakümülatör pek çok bitki, özellikle ağır metaller ile kirletilmiş karasal ve sucül ekosistemlerin temizlenmesinde (fitoremediasyon) kullanılabilir. Tarla bitkilerinden ağır metallerin fitoremediasyonu amacıyla kullanılabilen belli başlı türler arasında; *Allium schoenoprasum* (Cd, Co ve Ni) *Brassica juncea* ve *B. napus* (Cd, Cu, Pb ve Zn), *B. oleracea* (Cd), *Cajanus cajan* (As ve Cd) *Cicer arietinum* (Cd, Cr, Cu ve Pb), *Helianthus annuus* (Cd, Cr ve Ni), *Jatropha curcas* (Al, As, Cr, Cu, Fe, Hg, Mn ve Zn), *Lactuca sativa* (As, Cd, Co, Cu, Fe, Mn, Ni, Pb ve Zn), *Lantana camara* ve *Lens culinaris* (Pb), *Lepidium sativum* (As, Cd, Fe, Hg ve Pb), *Medicago sativa* (Cd), *Oryza sativa* (Cu ve Cd), *Pisum sativum* (As, Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn), *Raphanus sativus* (As, Cd, Cu Fe ve Pb), *Spinacia oleracea* (Cd, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb ve Zn), *Solanum nigrum* ve *S. photeinocarpum* (Cd), *Sorghum bicolor* (Cd, Cu, Fe ve Zn) ve *Zea mays* (Cd, Cu, Pb ve Zn) sayılabilmektedir (Ozyigit ve Dogan, 2014; Dubey ve ark., 2018; Muthusaravanan ve ark., 2018; Sumiahadi ve Acar, 2018; Dhaliwal ve ark., 2020). Ancak bu bitkiler fitoremediasyon amaçlı kullanıldıktan sonra asla besin zincirine yeniden katılmamalı ve canlılar tarafından asla tüketilmemelidir. Ayrıca, bu bitkiler bazı ağır metaller için iyi birer akümülatör, hatta hiperakümülatör olduklarından, bu bitkilerin kirli ortamlarda yetişen bireylerinin tüketilmesi de canlılar üzerinde ciddi toksik etkiler oluşturabilmektedir.

Aynı durum tıbbi bitkiler için de geçerlidir. Özellikle sarı kantaron gibi bazı tıbbi bitkilerin bazı ağır metaller için iyi akümülatör ya da hiperakümülatör olmaları, normal sınırlarda ya da az üstünde ağır metal içeren topraklarda dahi yetişmeleri durumunda bünyelerinde yüksek miktarda ağır metal biriktirebileceklerinden, tüketildiklerinde kısa veya uzun vadeli toksik etkilerin oluşabileceği bilinmelidir (Ozyigit ve ark., 2018).

Belli Başlı Ağır Metallerin Kökenleri ve Bitkilerde Etkileri

Arsenik

Esansiyel olmayan ve toksik olarak bilinen As yarı metalik bir elementtir. As, ağırlıklı olarak tekstil, duvar kâğıdı ve oyuncak yapım endüstrilerinde renklendirici olarak kullanılır. Ayrıca keresteyi termitlerden ve sıçanlardan korumak ve saklanmak için böcek ilacı ve sıçan öldürücü olarak da kullanılır ve tarım topraklarına ulaştığında canlılar için toksik etkiler gösterebilir (Singh ve ark., 2007).

İnorganik As bileşikleri, diğerlerine kıyasla en toksik olanlardır (Ghori ve ark., 2019). As, fosfata benzer olduğundan, bitkilerin plazma zarında bulunan aynı taşıyıcılar için rekabet eder (Hasanuzzaman ve ark., 2015). As(V) ve As(III), bitki kökünün hücreleri tarafından kolayca emilir. Hücre içinde As(V), bitki metabolizmasını bozan daha toksik bir form olan As(III)'e kolaylıkla dönüştürülebilir (Yan ve ark., 2020). Fosfat bağımlı metabolizma, As(V)'in kimyasal olarak fosfatlara benzer olmasıyla kesintiye uğrayabilir ve ayrıca fosfat taşıyıcıları tarafından hücresel membranlar boyunca hareket ederek fosfat arzında dengesizliklere neden olabilir. As, yine fosforilasyon reaksiyonları sırasında fosfat ile rekabet edebilir ve ATP sentezi sırasında fosfatın yerini alarak oksidatif fosforilasyonu engeller (Finnegan ve Chen 2012). As(III), sistein veya ditiol kofaktörleri içeren enzimleri potansiyel olarak inhibe eder (Meharg ve Hartley-Whitaker 2002). As bitkilerde metabolik süreçlere müdahale eder ve bitkinin üreme kapasitesini olumsuz etkiler. Ayrıca kök uzaması ve çoğalmasıyla birlikte biyokütle üretimini ciddi şekilde engelleyerek bitki büyüme ve gelişmesinde gerilemeye sebep olur (Garg ve Singla, 2011). As'ye maruz kalan bitkilerde genellikle oksidatif strese yol açabilen reaktif oksijen türlerinin üretimi indüklenir. Bağlayıcı As(III)'ün proteinlere bağlanması, onların katlanması üzerinde derin etkilere sahip olabilir. As(III)'ü bağladığı bilinen proteinler arasında transkripsiyon faktörleri, sinyal transdüksiyon proteinleri, bazı metabolik enzimler, redoks proteinleri ve yapısal proteinler bulunur (Cline ve ark., 2003; Ramadan ve ark., 2007). As, ayrıca kloroplast membranına zarar vererek fotosentez kalitesini de düşürür (Miteva ve Merakchiyska, 2002).

Bakır

Bir mikro besin olarak tüm canlı organizmaların büyüme, gelişme ve metabolik süreç devamlılığı için gerekli olan ağır metallerden biri Cu'dur ve doğada kayalarda, suda ve havada bulunur (Osma ve ark., 2014). Bu ağır metal Cu ve diğer metallerin madenciliğinden ve metalik Cu ve Cu bileşikleri üreten ya da kullanan endüstriler sebebiyle çevreye yayılabilir. Sanayide ise genellikle elektrik santrallerinde, elektronik çiplerde, pillerde, cep telefonlarında, yarı iletkenlerde, basınçlı sistemlerde, su borularında, vanalarda, gübre, otomotiv, boya, kağıt hamuru ve kağıt endüstrilerinde, katalizörlerde ve metal işleme ürünlerinde kullanılır ve bu sanayiler tarafından çevreye salınır (Akguc ve ark., 2010; Seven ve ark., 2018; Vardhan ve ark., 2019). Cu ayrıca tarımda (bitki besini olarak, böcek ilaçları ve mantar öldürücülerde), ahşap koruma ve tıbbi uygulamalarda da kullanılan bir ağır metaldir (Kanoun-Boule ve ark., 2008; Osma ve ark., 2012).

Cu, bitkilerde düşük miktarları ile yetersizlik semptomları ortaya çıkarırken, yüksek miktarıyla toksik etki oluşturmaktadır (Kumar ve ark., 2021). Aşırı Cu yüklenmesi bitkilerde oksidatif strese sebep olarak membranlara ve makromoleküllere zarar verebilmektedir. Bu durumdan dolayı olarak farklı biyokimyasal yollar ve DNA olumsuz etkilenir (Yadav 2010). Bitkilerde yüksek miktarlardaki Cu'dan, protein sentezi, fotosentez ve solunum metabolizmaları da olumsuz olarak etkilenir. Cu ayrıca kloroplast yapısının değişmesine ve klorofil miktarının azalmasına paralel olarak bitkide kloroza sebep olur. Yüksek Cu miktarlarına maruz kalan bitkilerin kökleri de bu elementten olumsuz etkilenir ve bitkide su dengesizliği, iyon sızıntısı, mineral beslenme problemleri ve gecikmiş kök büyümesi gibi farklı semptomlar görülebilir (Alaoui-Sossé ve ark., 2004; Braz, 2005; Bouazizi ve ark., 2010; Yerli ve ark., 2020).

Cıva

Canlılar için toksik olan Hg, bromdan sonra standart basınç ve sıcaklık koşullarında sıvı halde bulunan tek ağır metaldir ve dünya genelinde, çoğunlukla zinober (cıva sülfür) olarak tortularda bulunur (Wang ve ark., 2012). Genellikle termometreler, barometreler, kan basıncını ölçmek için kullanılan aletler gibi bilimsel araç ve gereçlerde sıklıkla kullanılan Hg, diş dolgularında kullanılan amalgamda, floresan aydınlatmada, kostik soda üretiminde, nükleer reaktörlerde ve farmasötik ürünler ile ahşap işleme için antifungal ajanların korunmasında kullanılır (Tchounwou 2003; Martinez-Finley ve Aschner; 2014; Pratush ve ark., 2018). Klor (Cl) üretiminin elektrokimyasal sürecinde ve klor-alkali endüstrisinde elektrot olarak da büyük ölçüde yer alan Hg, tarım toprakları için tehlikeli ağır metallere dendir (Tchounwou 2003).

Bitki tarafından alınan elementel haldeki Hg'nin, kısmen oksitlenmesi sonucu ortaya çıkan inorganik tuzlar, ortamdaki alkali bileşikler ve proteinlerle birleşerek, protoplazmayı toksik olarak etkileyip bitkilerin ölümüne neden olabilmektedir (Messer ve ark., 2005; Yerli ve ark., 2020). Ayrıca Hg, bitkinin O₂ temini ile ilgili mekanizmaları da bloke ederek O₂'ye bağlı pek çok yaşamsal faaliyetini engelleyebilmektedir (Zhou ve ark., 2006; Yerli ve ark., 2020). Hg toksisitesi, etkilediği alana bağlı olarak gözle görülür semptomlara sebep olur. Su yoluyla giren Hg, su kanalı proteinlerine bağlanıp suyun bitkilere akışını engeller. Elektron taşıma zincirine müdahale ederek bitkide oksidatif strese sebep olur ve böylece mitokondri ve kloroplast aktivitesini olumsuz yönde etkiler, ayrıca membran bozunmasına ve biyomoleküllerin oksidasyonuna sebep olur (Nagajyoti ve ark. 2010). Hg ile muamele edilen bitkilerde Hg iyonlarının hücresel fonksiyonları bozduğu, DNA'nın genomik kararlılığının olumsuz etkilendiği ve bitkide normal büyüme ve gelişmenin gerilediği görülmüştür (Malar ve ark., 2015).

Çinko

Genel olarak, temel bir mikro besin elementi olan Zn diğer ağır metaller ile kıyaslandığında daha az tehlikeli bir metaldir ve canlılardaki toksisitesi ancak belli bir konsantrasyonu aştıktan sonra ortaya çıkar (Ozyigit ve ark., 2018; Karahan ve ark., 2020). Zn'nin endüstriyel kullanımı, kimyasal ve metalürjik özelliklerinden kaynaklanmaktadır. Zn'nin en büyük kullanım alanı demir ve çelik ürünlerin galvanizlenmesidir. Farklı endüstrilerde yaygın şekilde kullanılan Zn, çinko oksit halinde kozmetik endüstrisinde, fotokopi kağıdı, tarım ürünleri, boyalar ve tıbbi ürünlerin eldesinde kullanılır (Osma ve ark., 2012; Vardhan ve ark., 2019). Zn sanayide, katot arıtımı uygulayan soğutma sistemlerinde ve çelik üretim tesislerinde işlem sonrası deşarj edilen proses atık suları ile çevreye salınır (Seven ve ark., 2018). Zn'nin sanayideki diğer kullanım alanları ise otomotiv endüstrisi, ipek ipliği ve lif, cam, vernik, mürekkep, karbon ve parşömen kağıtları, kuru pil ve elektrik ekipmanları, kauçuk, silgi, muşamba ve televizyon ekranlarının üretimidir (Osma ve ark., 2014; Seven ve ark., 2018). Metalin ince şekilde izole edilmiş bir türü olan Zn tozu, Ag ve Au'nun siyanür çözeltisinden ayrılmasında, tekstil malzemelerinin renklendirilmesinde ve yağların saflaştırılmasında kullanılmaktadır. Zn oksit ve Zn tozu açısından zengin, iklim koşullarına karşı dayanıklı boyalar, dış yüzeylerde en iyi ve güçlü kaplamalar arasında öne çıkmaktadır (Vardhan ve ark., 2019). Zn ayrıca, madencilik, kömür yakma ve atık yakma işlemlerini içeren endüstriler tarafından da çevreye deşarj edilebilmektedir (Alebrahim ve ark., 2017; Antoniadis ve ark., 2018).

Daha önce de belirtildiği gibi, Zn tüm canlı organizmalar için mutlak gerekli olan bir elementtir ve bitkilerdeki bazı proteinlerin, enzimlerin ve oksin türü bitki büyüme düzenleyicilerinin biyosentezinde önemli bir rol oynar (Castillo-González ve ark., 2018). Zn yüksek derecede fitotoksik metal olarak kabul edilmez, ancak çevredeki kontamine topraklarda bulunan Zn konsantrasyonu bitkiler için normal sınırları aşabilir ve fitotoksositeye neden olabilir (Kabata-Pendias ve Pendias, 1992).

Çeşitli bitki türlerinde Zn toksisitesinin ana belirtileri, bitkinin kök, gövde ve sürgün büyümesinde ve gelişmesinde azalma, köklerde mitoz bölünmenin engellenmesi, klorofil sentezinin olumsuz etkilenmesi, genç

yapraklarda kloroz, metabolizma süreçlerinde değişiklik ve oksidatif hasarın indüklenmesi şeklinde görülür (Asati ve ark., 2006; Chen ve ark., 2017; Versieren ve ark., 2017; Ackova, 2018).

Toprakta yüksek konsantrasyonlarda bulunan Zn, bitkinin mevcut Fe'den yararlanmasını engelleyerek dolaylı olarak klorofil sentezini olumsuz etkiler. Bu durum bitkide fotosentez kalitesinin düşmesine neden olabilmektedir (Asati ve ark., 2006; Yerli ve ark., 2020). Zn toksisitesi ayrıca kök ve sürgünde Cu ve Mn gibi diğer ağır metallerin birikmesine neden olabilmektedir (Nagajyoti ve ark. 2010). Zn toksisitesinin bir diğer belirtisi de morumsu kırmızı renkli yaprakların ortaya çıkması ile görülen P eksikliğidir (Lee ve ark. 1996).

Kadmiyum

Neredeyse tüm canlı türleri için toksik olan Cd'nin doğal kaynakları volkanik hareketler ve kayaların aşınmasıdır. İnsan kökenli önemli bir kaynak ise demir dışı metal madenciliği, özellikle Pb-Zn cevherlerinin işlenmesidir (Hutton, 1983). Kimyasal gübrelerin aşırı uygulanması tarım topraklarındaki Cd kirliliğinin en önemli nedenlerindedir. Yine küresel anlamda, kömür ve kanalizasyon çamurunun yakılması da tarım topraklarındaki Cd kaynaklarından (Wang ve ark., 2015; Hocaoglu-Ozyigit ve Genc, 2020). Özellikle fosfatlı gübreler Cd içerirler. Bu tip gübrelerdeki kadmiyum miktarları kuru ağırlık bazında eser miktardan 300 ppm'e kadar değişen konsantrasyonlarda olabilmektedir (Grant ve Sheppard, 2008). Cd'nin diğer kaynaklarına bakıldığında; endüstride Ni-Cd pillerin üretimi ve korozyonu önleme amaçlı yapılan galvanik kaplama uygulamalarına ek olarak Cd'nin plastik üretiminde, cam endüstrisinde, seramik yapımında ve bir stabilizatör olarak boya üretiminde kullanılmasıdır (Akguc ve ark., 2008; Osma vd., 2012; Hocaoglu-Ozyigit ve Genc, 2020; Yilmaz ve ark., 2021a). Yukarıda verilen bu endüstriyel alanların dışında Cd ayrıca otomobil ve kamyon lastikleri, tarım aletleri, uçak parçaları, cıvata, vida, somun ve çivi gibi bazı endüstriyel ve evsel gereçlerin üretiminde ve fotoğrafçılıkta yaygın olarak kullanılmaktadır (Awual ve ark., 2018; Ishchenko, 2018; Hocaoglu-Ozyigit ve Genc, 2020).

Bitkiler hayvanlara kıyasla düşük miktarlardaki Cd'den daha az etkilenecek metabolizmalarını düzenleyebilmelerine rağmen, Cd'nin aşırı miktarı bitkiler üzerinde olumsuz etkilere neden olabilmektedir (Ozyigit ve ark., 2021c). Yüksek düzeyde Cd'ye maruz kalan bitkiler, büyüme inhibisyonu, kloroz ve köklerin esmerleşmesi gibi gözle görülür toksisite semptomlarına ilaveten anatomik olarak da hücre ve dokularda küçülmeler, stoma ve epidermal tüy sayılarında azalma gibi olumsuz değişiklikler gösterebilmekte ve bu değişiklikler uzun vadede bitkinin ölümüne yol açabilmektedir (Yli-Pirilä ve ark., 2007; Hocaoglu-Ozyigit ve Genc, 2020; Almuwayhi, 2021; Ozyigit ve ark., 2021c). Cd, sürgünlerde kök Fe(III) redüktaz ve gövde nitrat redüktaz aktivitesi ile CO₂ fiksasyonunda yer alan enzimlerin aktivitelerini inhibe eder (Ackova, 2018). Cd ayrıca Ca, K, Mg, P ve su alımını olumsuz etkileyerek nitrat translokasyonunu ve emilimini azaltır. Cd'nin bitkilerde su dengesi bozukluğuna da sebep olduğu bilinmektedir (Nagajyoti ve ark. 2010). Yüksek Cd seviyeleri nukleusa zarar verir ve bu da kromozomal parçalanma ve aberasyona yol açar. Cd etkisi ile mitokondrilerin yapılarının bozulması da bitkilerde solunumu büyük ölçüde engeller. Cd, çeşitli yapısal proteinlerin kükürt içeren sülfhidril gruplarına bağlanıp bunların yanlış katlanmasına, yani tersiyer ve kuaterner protein yapısında bozuklulara ve dolayısıyla enzimatik aktivitenin azalması ya da durmasına yol açabilir. Bu durum da özellikle elektron taşıma zincirinde redoks reaksiyonlarının işleyişini etkiler (Ghori ve ark., 2019).

Yine yüksek konsantrasyonlarda Cd'ye maruz kalan bitkiler, ROS oluşumu ile sonuçlanan lipid peroksidasyonu, enzim inaktivasyonu ve DNA hasarı ile birlikte azalmış fotosentez, solunum inhibisyonu gibi toksisite semptomları gösterirler. Yukarıdaki etkilerinden dolayı Cd, özellikle tarla bitkilerinde verim ve kalitenin düşmesine sebep olur (Ozyigit ve ark., 2021d).

Krom

Özellikle bitkiler için toksik etki gösteren, ancak insanlarda glukoz metabolizması için gerekli olan Cr'nin doğal kaynakları Cr içeren kayaların aşınması ve toprak sızıntılarıdır (Khatrı ve Tyagi, 2015). Küresel anlamda Cr'nin odun,

kömür ve çöp yakma işlemlerinden yüksek oranda dünya geneline ve doğal olarak tarım topraklarına salındığı bilinmektedir. Tarım toprakları için bir diğer tehlike de uygulanan pek çok gübre çeşidinin yüksek konsantrasyonda Cr içermesidir (Kruger ve ark., 2017). Cr'nin insan kökenli kaynakları arasında tekstil ve demir-çelik endüstrileri, metal işleri ve dökümhaneler, elektrokaplama endüstrileri, kâğıt endüstrisi ve kimya sanayi bulunmaktadır (Akguc ve ark., 2008; Osma ve ark., 2012; Kruger ve ark., 2017). Yine deri tabaklama, giysi ve kürk boyama gibi bazı faaliyetlerin atık suları ile de çevreye Cr deşarjı olabilmektedir (Seven ve ark., 2018).

Cr elementine maruz kalan bitkilerde büyüme ve gelişme parametrelerinde olumsuz değişiklikler, yapı bozuklukları, bazı membranlar, doku ve organlarda bozulmalar, fotosentez pigmentlerinin bozulması ve enzim aktivitelerinde değişiklikler görülmektedir. Cr stresi ile özellikle köklerde meydana gelen bozulmalar, besin ve su temin mekanizmasının aksamasına yol açar ve mineral beslenme ile ilgili dengesizliklere sebep olur (Sharma ve ark., 2020; Zhang ve ark., 2020). Cr toksisitesi, gözle görünür bir şekilde bitkilerde kloroz, büyüme geriliği, tepede solma ve köklerin yaralanmasına neden olabilmektedir (Kimbrough ve ark., 1999). Cr'ye maruz kalan bitkilerde stres yanıtı olarak ortaya çıkan reaktif oksijen türlerinin, DNA, protein ve lipidlerin oksidatif olarak hasar görmesine neden olabildiği bilinmektedir (Vajpayee ve ark., 2006; Yadav 2010; Yerli ve ark., 2021).

Cr'nin bitkilerde amilaz aktivitesini ve dolayısıyla şekerlerin embriyo eksenlerine taşınmasını baskıladığı gözlemlenmiştir (Zeid, 2001). Cr ayrıca fotosentez gibi temel fizyolojik süreçleri etkiler ve mineral ve su dengesinde bozukluklara sebep olur. Bununla birlikte, Cr'nin kloroplastın yapısını etkileyip etkilemediği, elektron taşıma zincirini mi yoksa karbon fiksasyonu için enzimleri mi inhibe ettiği tam olarak bilinmemektedir (Ghori ve ark., 2019).

Cr bitkileri fizyolojik ve biyokimyasal olarak 3 şekilde etkiler. Bunlar (1) antosiyanin dahil olmak üzere temel bitki pigmentlerinin sentezinin negatif yönde etkilenmesi (Boonyapookana ve ark., 2002), (2) glutatyon ve askorbik asit gibi metabolitlerin üretimini artırması (Shanker ve ark., 2003) ve (3) fitoşelatinler ve histidin gibi stres toleransına katkıda bulunan alternatif metabolitlerin üretimini indüklenmesi şeklinde karşımıza çıkar (Filiz ve ark., 2019a; Ghori ve ark., 2019).

Kurşun

Toksik bir ağır metal olan Pb'nin saf metal olarak doğada varlığı çok nadirdir. Pb çoğunlukla Ag, Cu ve Zn cevherleri ile ilişkilidir ve bu metallerin ekstraksiyonu ile birlikte ekstrakte edilir (Osma ve ark., 2012; Pratush ve ark., 2018). Pb'nin çevreye salınımına bakıldığında asit pilleri, eski tip sıhhi tesisat sistemleri ve avcılıkta kullanılan kurşunlar (tüfeklerde saçma, balıkçılıkta ağırlık) gibi farklı kaynaklar karşımıza çıkmaktadır. Bu ağır metalin sanayideki bazı kullanım alanları ise boyalar, kablolar, seramikler, lehimler, yapı malzemeleri ve pas önleyicilerdir (kırmızı kurşun/kurşun oksit) (Ozyigit ve ark., 2016; Osma ve ark., 2012). Bazı kimyasal gübreler de Pb içermektedir (Osma ve ark., 2014).

Küresel anlamda, özellikle eski dönemlerde kurşunlu benzinin yanması da önemli bir Pb kaynağı olmuştur. Günümüzde tetraetil kurşunun benzinde bir darbe önleyici madde olarak kullanılması yasaklanmış olmasına rağmen, bu bileşik dünyanın bazı gelişmekte olan bölgelerinde hala kullanılmaktadır (Ali ve ark., 2019). Bunlara ek olarak Pb elde etme fırınları, alkil kurşun sentezleyen fabrikalar, kurşun oksit ve pirinç üreten tesisler de partikül halinde Pb bileşiklerinin salınımına sebep olan endüstrilerdir (Seven ve ark., 2018).

Pb, bitkilerde uzun zamandan beri fitotoksositeye sebep olduğu bilinen ve esansiyel olmayan bir elementtir (Ozyigit ve ark., 2016). Bitkilerdeki morfolojik, anatomik, tohum çimlenmesi, fide büyümesi, su içeriği, besin alımı, fotosentez ve enzimatik aktiviteler üzerindeki olumsuz etkileri neredeyse tüm bitki türleri için doğrulanmıştır (An, 2006; Ozyigit ve ark., 2016; Chen ve ark., 2017). Pb'nin birincil toksik etkisi, enzim aktivitesinin inhibisyonuna sebep olan sülfhidril grupları ile geniş reaksiyonu ve oksidatif strese sebep olan ROS üretimi üzerindeki indüksiyon etkisidir (Patra ve ark., 2004; Reddy ve ark., 2005). Pb toksisitesinin spesifik olmayan semptomları bodur büyüme, kloroz ve

azalan kök uzunluklarıdır. Pb hücreye girdikten sonra hücre zarı geçirgenliğinin ve mineral beslenmesinin bozulması, hormonal değişiklikler ve su içeriğinin azalması gibi durumlar da ortaya çıkabilmektedir (Sharma ve Dubey 2005; Ozyigit ve ark., 2016).

Pb'nin bitkilerdeki olumsuz etkileri konsantrasyon ve maruz kalma süresi uzadıkça daha da artmaktadır. Yüksek miktarda Pb'ye maruz kalan bitkilerin protein içeriğinde, biyokütlesinde, gövde uzunluğu ve yaprak sayısında azalmalar görülmektedir (Kabir ve ark., 2009; Hussain ve ark., 2013). Ayrıca Pb, hücre turgorunda bozulmalara ve yaprak alanında küçülmelere sebep olur (Asri ve Sönmez, 2006; Verma ve Dubey, 2003; Yerli ve ark., 2020).

Fidelerde Pb toksisitesi büyümeyi geciktirir ve çimlenmeyi engeller. Pb toksisitesi ile karşı karşıya kalan bitkilerde kloroplastın ultrastrüktürel yapısının bozulduğu ve plastokinona ek olarak klorofil ve karotenoidler gibi temel pigmentlerin sentezinin de engellendiği görülmüştür. Bu durum fotosentetik yolları da olumsuz yönde etkilemektedir. Pb, ayrıca Calvin döngüsünü ve elektron taşıma zincirini bloke eder, stomaların kapanmasına ve böylece karbondioksit eksikliğine neden olur (Sharma ve Dubey 2005; Ghori ve ark., 2019).

Nikel

Bazı bitkiler için gerekli, bazıları için ise faydalı olarak kabul edilen Ni, mineral maddece zengin killi topraklarda yüksek miktarda bulunur. Doğada Ni'nin asıl kaynağının volkanik kökenli kayalar olduğu bilinmektedir (Yerli ve ark., 2020). Küresel olarak, kömür yanması insan kökenli Ni kaynakları arasında büyük yer tutmaktadır. Kömür yanınca Ni'nin büyük bir kısmı kül içinde kalır. Bu külün özellikle rüzgâr ile dağılması ve sulara ulaşip su aracılığı ile çevreye yayılması tarım topraklarına ulaşmasında en önemli yollardandır (Merian, 1984). Atmosferik Ni kaynakları çoğunlukla benzin ve dizel yakıtla çalışan araçlardır (Akguc ve ark., 2010). Endüstride paslanmaz çelik, Cu-Ni alaşımlarının ve diğer korozyona dayanıklı alaşımların üretimi Ni'nin kullanım alanları arasında başta yer alır (Seven ve ark., 2018). Ayrıca Ni ve Ni bileşikleri madeni paralar, mücevherler, Ni-Cd piller, bazı boyalar ve seramikler, manyetik bantlar, elektrotlar, bilgisayar bileşenleri, elektrik fişleri, makine parçaları, paslanmaz çelik içeren ürünler (lavabo, mutfak gereçleri, çatal bıçak takımı) ve tıbbi protezlerde kullanılmaktadır (Akguc ve ark., 2010. Mishra ve ark., 2019; Briffa ve ark., 2020; Ozyigit ve ark., 2021b).

Ni'nin yüksek miktarları toksik etki göstererek, bitkilerde fizyolojik ve biyokimyasal süreçleri olumsuz etkileyebilir (Can ve ark., 2021b; Ozyigit ve ark., 2021e). Yüksek konsantrasyonlardaki Ni klorofillerin, karotenoidlerin ve toplam pigment konsantrasyonunun azalması ve besin eksikliğine bağlı semptomların ortaya çıkmasına sebep olur (Zengin ve Munzuroglu 2005; Asri ve Sönmez, 2006; Yerli ve ark., 2020). Toksik seviyede Ni konsantrasyonuna sahip topraklarda yetişen bitkilerde kloroz, nekroz, hücre zarının işlev bozukluğu belirtileri görülür. Ni stresi bitkinin su dengesini bozar ve hem monokotil, hem de dikotil bitkilerin su içeriğinde azalmaya sebep olur (Yadav 2010). Ni toksisitesi ayrıca oksidatif stresi indükler, azot metabolizmasını, enzimatik ve mitotik aktiviteleri inhibe eder ve diğer metallerin alımını etkiler (Ghori ve ark., 2019).

TARTIŞMA VE ÖNERİ

Bilindiği gibi verim ve ürün kalitesi, tarımsal süreçler için vazgeçilmez unsurlardır. Ancak ağır metaller ile kirlenmiş tarım topraklarında kalite ve verim azalır. Kirli tarım topraklarından sulara sızan ağır metaller hem suların kirlenmesine, hem de bu sular ile sulanan tarlaların tekrardan kontamine olarak kirliliğin artmasına sebep olur ve böylece bir kısır döngü oluşur. Ağır metaller kolayca bitkilere ve diğer canlılara geçebildiklerinden kirli topraklarda yetişen ürünlerin besin zincirinde kullanılması sonucu insanlara ulaşırlar ve insanlarda sağlık sorunlarının oluşmasına neden olabilirler. Hava, su, toprak, mikroorganizmalar, bitkiler, hayvanlar ve insanlar arasında sürekli yer değiştiren ağır metallerin bu döngü dâhilinde minimize edilmesi ve zararsız hale getirilmesi oldukça önemli ancak sanayileşen ve sürekli doğaya ağır metal salınımının arttığı dünyamız için de zor bir iştir. Bu sebepten gerek dünya genelinde, gerekse yerel yönetimlerce insan sağlığını korumak için kara ve su ekosistemlerdeki ağır metal kirliliğini en aza

indirmek için bazı önlemlerin alınması gerekmektedir. Ağır metaller büyük ölçüde insan kökenli kaynaklar tarafından çevreye yayıldıkları için çevre bilinci insanlara çocuk yaşlarda aşılmalıdır. Endüstrilerden kaynaklanan atık sular, doğal su kütlelerine deşarj edilmeden önce etkin bir şekilde arıtılmalıdır. Üretimde, ilaçların ve kimyasal gübrelerin kullanımı minimuma indirilmeli, bunun yerine daha doğal yollara başvurulmalıdır. Her ne kadar ağır metallere tolerans gösteren transgenik bitkilerin ekilmesi modern bir çözüm gibi görülse de bu uzun vadede temizliğe yönelik değil kontaminasyonu artırıcı bir süreç olacaktır. Tarlalara ağır metal fitoremediasyonu yapabilme kabiliyeti olan hiperakümülatör bitkilerin ekilmesi ile kirlenmiş toprakların temizlenmesi çevre dostu, kolay, pratik ve ekonomik bir yöntem olarak karşımıza çıkmaktadır. Yine genel olarak çöplerin herhangi bir ön işlemden geçirilmeden büyük arazilerde depolanması yerine, atıklar ileri teknoloji geri dönüşüm sistemlerinden geçirilmeli ve zararları en aza indirilmelidir. Maden sahaları, nükleer tesisler ve tıbbi merkezlerden çıkan atıklar titizlikle arıtılmalı ve doğrudan doğaya bırakılmamalıdır. Şehirlerde kömür ve petrol gibi fosil yakıtlar ile ısınma minimuma indirilmeli, elektrik ve doğal gaz kullanılan taşıtlar yaygınlaştırılmalıdır. Ayrıca, yerel yönetimler tarım alanlarını şehir merkezlerinden ve endüstriyel alanlardan uzakta konumlandırmak için arazi kullanım politikası değişiklikleri uygulamalıdır. Tüm bahsi geçen önlemler yasal zorunluluklarla sağlanmalı, yapılacak hukuki düzenlemeler ve verilecek cezalar caydırıcı nitelikte olmalıdır. Son olarak asıl görevimizin kirli ortamların temizlenmesi değil, temiz ortamların kirlenmemesi olduğu unutulmamalıdır.

KAYNAKLAR

- Acosta, J. A., Faz, A., Martínez-Martínez, S., Zornoza, R., Carmona, D. M., & Kabas, S. (2011). Multivariate statistical and GIS-based approach to evaluate heavy metals behavior in mine sites for future reclamation. *Journal of Geochemical Exploration*, 109(1-3), 8-17.
- Afzal, M. S., Ashraf, A., & Nabeel, M. (2018). Characterization of industrial effluents and groundwater of Hattar industrial estate, Haripur. *Advances in Agriculture and Environmental Science: Open Access (AAEOA)*, 1(2), 70-77.
- Akguc, N., Ozyigit, I. I., & Yarci, C. (2008). *Pyracantha coccinea* Roem. (Rosaceae) as a biomonitor for Cd, Pb and Zn in Mugla province (Turkey). *Pakistan Journal of Botany*, 40(4), 1767-1776.
- Akguc, N., Ozyigit, I., Yasar, U., Leblebici, Z., & Yarci, C. (2010). Use of *Pyracantha coccinea* Roem. as a possible biomonitor for the selected heavy metals. *International Journal of Environmental Science & Technology*, 7(3), 427-434.
- Alaoui-Sossé, B., Genet, P., Vinit-Dunand, F., Toussaint, M. L., Epron, D., & Badot, P. M. (2004). Effect of copper on growth in cucumber plants (*Cucumis sativus*) and its relationships with carbohydrate accumulation and changes in ion contents. *Plant Science*, 166(5), 1213-1218.
- Alebrahim, M. F., Khatat, I. A., Cai, Q., & Sanduk, M. (2017). Practical study on the electrochemical simultaneous removal of copper and zinc from simulated binary-metallic industrial wastewater using a packed-bed cathode. *Egyptian Journal of Petroleum*, 26(2), 225-234.
- Ali, H., E. Khan, and M. A. Sajad. (2013). Phytoremediation of heavy metals – concepts and applications. *Chemosphere*, 91(7): 869-881.
- Ali, H., Khan, E., & Ilahi, I. (2019). Environmental chemistry and ecotoxicology of hazardous heavy metals: environmental persistence, toxicity, and bioaccumulation. *Journal of Chemistry*, 1-14.
- Almuwayhi, M. A. (2021). Effect of cadmium on the molecular and morpho-physiological traits of *Pisum sativum* L. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 35(1), 1374-1384.
- Al-Taani, A. A., Nazzal, Y., Howari, F. M., Iqbal, J., Bou Orm, N., Xavier, C. M., ... & Dumitriu, C. S. (2021). Contamination assessment of heavy metals in agricultural soil, in the Liwa Area (UAE). *Toxics*, 9(3), 53.
- An, Y. J. (2006). Assessment of comparative toxicities of lead and copper using plant assay. *Chemosphere*, 62(8), 1359-1365.

- Antoniadis, V., Shaheen, S. M., Tsadilas, C. D., Selim, M. H., & Rinklebe, J. (2018). Zinc sorption by different soils as affected by selective removal of carbonates and hydrous oxides. *Applied Geochemistry*, 88, 49-58.
- Asati, A., Pichhode, M., & Nikhil, K. (2016). Effect of heavy metals on plants: an overview. *International Journal of Application or Innovation in Engineering & Management*, 5(3), 56-66.
- Ashraf, R., & Ali, T. A. (2007). Effect of heavy metals on soil microbial community and mung beans seed germination. *Pakistan Journal of Botany*, 39(2), 629.
- Ashraf, S., Ali, Q., Zahir, Z. A., Ashraf, S., & Asghar, H. N. (2019). Phytoremediation: Environmentally sustainable way for reclamation of heavy metal polluted soils. *Ecotoxicology and environmental safety*, 174, 714-727.
- Asri, F. Ö. & Sönmez F. (2006). Ağır metal toksisitesinin bitki metabolizması üzerine etkileri. *Derim*, 23(2):36-45.
- Atkins, P. & Jones, L. (1997). *Chemistry-Molecules, Matter and Change*, W. H. Freeman, New York, NY, USA, 3rd edition.
- Attanayake, C. P., Hettiarachchi, G. M., Harms, A., Presley, D. R., Martin, S. E., & Pierzynski, G. M. (2014). Field evaluations on soil plant transfer of lead from an urban garden soil. *Journal of Environmental Quality*, 43(2), 475-487.
- Attanayake, C. P., Hettiarachchi, G. M., Martin, S., & Pierzynski, G. M. (2015). Potential bioavailability of lead, arsenic, and polycyclic aromatic hydrocarbons in compost-amended urban soils. *Journal of Environmental Quality*, 44(3), 930-944.
- Avrupa Birliği Komisyonu, 1986. Council Directive of 12 June 1986 on the Protection of the Environment, and in Particular of the Soil, when Sewage Sludge Is Used in Agriculture. Brussels. 86/278/EEC.
- Awual, M. R., Khraisheh, M., Alharthi, N. H., Luqman, M., Islam, A., Karim, M. R., ... & Khaleque, M. A. (2018). Efficient detection and adsorption of cadmium (II) ions using innovative nano-composite materials. *Chemical Engineering Journal*, 343, 118-127.
- Ayandiran, T. A., Fawole, O. O., Adewoye, S. O., & Ogundiran, M. A. (2009). Bioconcentration of metals in the body muscle and gut of *Clarias gariepinus* exposed to sublethal concentrations of soap and detergent effluent. *Journal of Cell and Animal Biology*. 3(8), 113-118.
- Bailey, G. S., Williams, D. E., & Hendricks, J. D. (1996). Fish models for environmental carcinogenesis: the rainbow trout. *Environmental Health Perspectives*, 104(suppl 1), 5-21.
- Beasley, V. R., & Levengood, J. M. (2012). Principles of ecotoxicology. In *Veterinary Toxicology* (pp. 831-855). Elsevier Inc.
- Boonyapookana, B., Upatham, E. S., Kruatrachue, M., Pokethitiyook, P., & Singhakaew, S. (2002). Phytoaccumulation and phytotoxicity of cadmium and chromium in duckweed *Wolffia globosa*. *International Journal of Phytoremediation*, 4(2), 87-100.
- Bouazizi, H., Jouili, H., Geitmann, A., & El Ferjani, E. (2010). Copper toxicity in expanding leaves of *Phaseolus vulgaris* L.: antioxidant enzyme response and nutrient element uptake. *Ecotoxicology and environmental safety*, 73(6), 1304-1308.
- Braz, J. (2005). Copper in plants. *Brazilian Journal of Plant Physiology*, 17: 145-146.
- Briffa, J., Sinagra, E., & Blundell, R. (2020). Heavy metal pollution in the environment and their toxicological effects on humans. *Heliyon*, 6(9), e04691.
- Brown, S. L., Clausen, I., Chappell, M. A., Scheckel, K. G., Newville, M., & Hettiarachchi, G. M. (2012). High-iron biosolids compost-induced changes in lead and arsenic speciation and bioaccessibility in co-contaminated soils. *Journal of Environmental Quality*, 41(5), 1612-1622.
- Bucher, A. S., & Schenk, M. K. (2000). Toxicity level for phytoavailable zinc in compost-peat substrates. *Scientia Horticulturae*, 83(3-4), 339-352.

- Can, H., Ozyigit, I. I., Can, M., Hocaoglu-Ozyigit, A., & Yalcin, I. E. (2021a). Multidimensional scaling of the mineral nutrient status and health risk assessment of commonly consumed fruity vegetables marketed in Kyrgyzstan. *Biological Trace Element Research*, 1-15.
- Can, H., Ozyigit, I. I., Can, M., Hocaoglu-Ozyigit, A., & Yalcin, I. E. (2021b). Environment-based impairment in mineral nutrient status and heavy metal contents of commonly consumed leafy vegetables marketed in Kyrgyzstan: a case study for health risk assessment. *Biological Trace Element Research*, 199(3), 1123-1144.
- Carnelo, L. G. L., de Miguez, S. R., & Marbán, L. (1997). Heavy metals input with phosphate fertilizers used in Argentina. *Science of the Total Environment*, 204(3), 245-250.
- Castillo-González, J., Ojeda-Barrios, D., Hernández-Rodríguez, A., González-Franco, A. C., Robles-Hernández, L., & López-Ochoa, G. R. (2018). Zinc metalloenzymes in plants. *Interciencia*, 43(4), 242-248.
- Chalkiadaki, O., Dassenakis, M., & Lydakis-Simantiris, N. (2014). Bioconcentration of Cd and Ni in various tissues of two marine bivalves living in different habitats and exposed to heavily polluted seawater. *Chemistry and Ecology*, 30(8), 726-742.
- Chen, G. Q., Chen, Y., Zeng, G. M., Zhang, J. C., Chen, Y. N., Wang, L., & Zhang, W. J. (2010). Speciation of cadmium and changes in bacterial communities in red soil following application of cadmium-polluted compost. *Environmental engineering science*, 27(12), 1019-1026.
- Chen, Q., Zhang, X., Liu, Y., Wei, J., Shen, W., Shen, Z., & Cui, J. (2017). Hemin-mediated alleviation of zinc, lead and chromium toxicity is associated with elevated photosynthesis, antioxidative capacity; suppressed metal uptake and oxidative stress in rice seedlings. *Plant Growth Regulation*, 81(2), 253-264.
- Cline, D. J., Thorpe, C., & Schneider, J. P. (2003). Effects of As (III) binding on α -helical structure. *Journal of the American Chemical Society*, 125(10), 2923-2929.
- Csuros, M., & Csuros, C. (2016). *Environmental Sampling and Analysis for Metals*. CRC Press.
- De Jonge, M., Van de Vijver, B., Blust, R., & Bervoets, L. (2008). Responses of aquatic organisms to metal pollution in a lowland river in Flanders: a comparison of diatoms and macroinvertebrates. *Science of the Total Environment*, 407(1), 615-629.
- Dhaliwal, S. S., Singh, J., Taneja, P. K., & Mandal, A. (2020). Remediation techniques for removal of heavy metals from the soil contaminated through different sources: a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27(2), 1319-1333.
- Dissanayake, C. B., & Chandrajith, R. (2009). Phosphate mineral fertilizers, trace metals and human health. *Journal of the National Science Foundation of Sri Lanka*, 37(3), 153-165.
- Dubey, S., Shri, M., Gupta, A., Rani, V., & Chakrabarty, D. (2018). Toxicity and detoxification of heavy metals during plant growth and metabolism. *Environmental Chemistry Letters*, 16(4), 1169-1192.
- Duffus, J. H. (2002). Heavy metals a meaningless term? (IUPAC Technical Report). *Pure and applied chemistry*, 74(5), 793-807.
- Edelstein, M., & Ben-Hur, M. (2018). Heavy metals and metalloids: Sources, risks and strategies to reduce their accumulation in horticultural crops. *Scientia Horticulturae*, 234, 431-444.
- El-Kady, A. A., & Abdel-Wahhab, M. A. (2018). Occurrence of trace metals in foodstuffs and their health impact. *Trends in Food Science & Technology*, 75, 36-45.
- Fan, Y., Li, H., Xue, Z., Zhang, Q., & Cheng, F. (2017). Accumulation characteristics and potential risk of heavy metals in soil-vegetable system under greenhouse cultivation condition in Northern China. *Ecological Engineering*, 102, 367-373.
- Fang, H., Huang, L., Wang, J., He, G., & Reible, D. (2016). Environmental assessment of heavy metal transport and transformation in the Hangzhou Bay, China. *Journal of Hazardous Materials*, 302, 447-457.

- Filiz, E., Ozyigit, I. I., Saracoglu, I. A., Uras, M. E., Sen, U., & Yalcin, B. (2019a). Abiotic stress-induced regulation of antioxidant genes in different Arabidopsis ecotypes: Microarray data evaluation. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 33(1), 128-143.
- Filiz, E., Saracoglu, I. A., Ozyigit, I. I., & Yalcin, B. (2019b). Comparative analyses of phytochelatin synthase (PCS) genes in higher plants. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 33(1), 178-194.
- Finnegan, P., & Chen, W. (2012). Arsenic toxicity: the effects on plant metabolism. *Frontiers in physiology*, 3, 182.
- Fu, J., Zhou, Q., Liu, J., Liu, W., Wang, T., Zhang, Q., & Jiang, G. (2008). High levels of heavy metals in rice (*Oryza sativa* L.) from a typical E-waste recycling area in southeast China and its potential risk to human health. *Chemosphere*, 71(7), 1269-1275.
- Fu, Z., & Xi, S. (2020). The effects of heavy metals on human metabolism. *Toxicology Mechanisms and Methods*, 30(3), 167-176.
- Garg, N., & Singla, P. (2011). Arsenic toxicity in crop plants: physiological effects and tolerance mechanisms. *Environmental Chemistry Letters*, 9(3), 303-321.
- Gawlik, B., & Bidoglio, G. (2006). Background values in European soils and sewage sludges. *Brussels: European Commission*.
- Ghori, N. H., Ghori, T., Hayat, M. Q., Imadi, S. R., Gul, A., Altay, V., & Ozturk, M. (2019). Heavy metal stress and responses in plants. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 16(3), 1807-1828.
- Grant, C. A., & Sheppard, S. C. (2008). Fertilizer impacts on cadmium availability in agricultural soils and crops. *Human and Ecological Risk Assessment*, 14(2), 210-228.
- Gupta, N., Khan, D. K., & Santra, S. C. (2012). Heavy metal accumulation in vegetables grown in a long-term wastewater-irrigated agricultural land of tropical India. *Environmental Monitoring and Assessment*, 184(11), 6673-6682.
- Gurrieri, J. T. (1998). Distribution of metals in water and sediment and effects on aquatic biota in the upper Stillwater River basin, Montana. *Journal of Geochemical Exploration*, 64(1-3), 83-100.
- Hanawa, T. (2019). Overview of metals and applications. In *Metals for Biomedical Devices* (pp. 3-29). Woodhead Publishing.
- Hasanuzzaman, M., Nahar, K., & Fujita, M. (2015). Arsenic toxicity in plants and possible remediation. *Soil remediation and plants: Prospects and Challenges*, 433-501.
- Hocaoglu-Ozyigit, A., & Genc, B. N. (2020). Cadmium in plants, humans and the environment. *Frontiers in Life Sciences and Related Technologies*, 1(1), 12-21.
- Hossain, M. A., Piyatida, P., da Silva, J. A. T., & Fujita, M. (2012). Molecular mechanism of heavy metal toxicity and tolerance in plants: central role of glutathione in detoxification of reactive oxygen species and methylglyoxal and in heavy metal chelation. *Journal of Botany*, 2012.
- Hu, B., Chen, S., Hu, J., Xia, F., Xu, J., Li, Y., & Shi, Z. (2017). Application of portable XRF and VNIR sensors for rapid assessment of soil heavy metal pollution. *PLoS One*, 12(2), e0172438.
- Hu, H., Han, L., Li, L., Wang, H., & Xu, T. (2021). Soil heavy metal pollution source analysis based on the land use type in Fengdong District of Xi'an, China. *Environmental Monitoring and Assessment*, 193(10), 1-14.
- Hu, Y., & Cheng, H. (2016). A method for apportionment of natural and anthropogenic contributions to heavy metal loadings in the surface soils across large-scale regions. *Environmental Pollution*, 214, 400-409.
- Huang, S. H., Bing, P. E. N. G., Yang, Z. H., Chai, L. Y., & Zhou, L. C. (2009). Chromium accumulation, microorganism population and enzyme activities in soils around chromium-containing slag heap of steel alloy factory. *Transactions of Nonferrous Metals Society of China*, 19(1), 241-248.
- Hubner, R., Astin, K. B., & Herbert, R. J. (2010). 'Heavy metal'-time to move on from semantics to pragmatics? *Journal of Environmental Monitoring*, 12(8), 1511-1514.

- Hussain, A., Abbas, N., Arshad, F., Akram, M., Khan, Z. I., Ahmad, K., ... & Mirzaei, F. (2013). Effects of diverse doses of Lead (Pb) on different growth attributes of *Zea mays* L.. *Agricultural Sciences*, 4(5), 262-265.
- Hutton, M. (1983). Sources of cadmium in the environment. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 7(1), 9-24.
- Ishchenko, V. A. (2018). Environment contamination with heavy metals contained in waste. *Environmental Problems*, 3(1), 21-24.
- Islam, M. S., Proshad, R., & Ahmed, S. (2018). Ecological risk of heavy metals in sediment of an urban river in Bangladesh. *Human and Ecological Risk Assessment: An International Journal*, 24(3), 699-720.
- Jaiswal, A., Verma, A., & Jaiswal, P. (2018). Detrimental effects of heavy metals in soil, plants, and aquatic ecosystems and in humans. *Journal of Environmental Pathology, Toxicology and Oncology*, 37(3).
- Kabata-Pendias, A., & Pendias, H. (1992). Trace elements in soils and plants. 2nd ed. Boca Raton, Florida, USA: CRC Press Inc.
- Kabir, M., Iqbal, M. Z., & Shafiq, M. (2009). Effects of lead on seedling growth of *Thespesia populnea* L. *Advances in Environmental Biology*, 184-191.
- Kanada Çevre Bakanlığı Konseyi. (1999). Canadian Water Quality Guidelines for the Protection of Agricultural Water Uses - Summary Table.
- Kananke, T. C., Wansapala, J., & Gunaratne, A. (2018). Estimation of bioaccumulation, translocation and distribution patterns of cadmium and lead in commonly consumed green leafy vegetables in Colombo district, Sri Lanka. *International Journal of Science and Technology*, 4(2), 93-112.
- Kanoun-Boule, M., De Albuquerque, M. B., Nabais, C., & Freitas, H. (2008). Copper as an environmental contaminant: phytotoxicity and human health implications. *Trace Elements as Contaminants and Nutrients: Consequences in Ecosystems and Human Health*, 653-678.
- Kapahi, M., & Sachdeva, S. (2019). Bioremediation options for heavy metal pollution. *Journal of Health and Pollution*, 9(24).
- Karahan, F., Ozyigit, I. I., Saracoglu, I. A., Yalcin, I. E., Ozyigit, A. H., & Ilcim, A. (2020). Heavy metal levels and mineral nutrient status in different parts of various medicinal plants collected from eastern Mediterranean region of Turkey. *Biological Trace Element Research*, 197(1), 316-329.
- Kharbech, O., Massoud, M. B., Sakouhi, L., Djebali, W., Mur, L. A. J., & Chaoui, A. (2020). Exogenous application of hydrogen sulfide reduces chromium toxicity in maize seedlings by suppressing NADPH oxidase activities and methylglyoxal accumulation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 154, 646-656.
- Kaya, Y., Aksoy, H. M., Edbeib, M. F., Wahab, R. A., Ozyigit, I. I., Hamid, A. A. A., ... & Aslan, A. (2020). *Agrobacterium*-mediated transformation of Turkish upland rice (*Oryza sativa* L.) for Dalapon herbicide tolerance. *Indian Journal of Biotechnology*, 19, 237-243.
- Khatri, N., & Tyagi, S. (2015). Influences of natural and anthropogenic factors on surface and groundwater quality in rural and urban areas. *Frontiers in Life Science*, 8(1), 23-39.
- Khomiakov, D. M. (2020). Soil is an essential component of the biosphere and the global food system (Critical assessment of the situation). *Moscow University Soil Science Bulletin*, 75(4), 147-158.
- Kim, J. J., Kim, Y. S., & Kumar, V. (2019). Heavy metal toxicity: An update of chelating therapeutic strategies. *Journal of Trace elements in Medicine and Biology*, 54, 226-231.
- Kimbrough, D. E., Cohen, Y., Winer, A. M., Creelman, L., & Mabuni, C. (1999). A critical assessment of chromium in the environment. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 29(1), 1-46.
- Kruger, O., Fiedler, F., Adam, C., Vogel, C., & Senz, R. (2017). Determination of chromium (VI) in primary and secondary fertilizer and their respective precursors. *Chemosphere*, 182, 48-53.
- Kumar, S., Prasad, S., Yadav, K. K., Shrivastava, M., Gupta, N., Nagar, S., ... & Malav, L. C. (2019). Hazardous heavy metals contamination of vegetables and food chain: Role of sustainable remediation approaches-A review. *Environmental Research*, 179, 108792.

- Lee, C. W., Choi, J. M., & Pak, C. H. (1996). Micronutrient toxicity in seed geranium (*Pelargonium× hortorum* Bailey). *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 121(1), 77-82.
- Li, C., Zhou, K., Qin, W., Tian, C., Qi, M., Yan, X., & Han, W. (2019). A review on heavy metals contamination in soil: effects, sources, and remediation techniques. *Soil and Sediment Contamination: An International Journal*, 28(4), 380-394.
- Malar, S., Sahi, S. V., Favas, P. J., & Venkatachalam, P. (2015). Mercury heavy-metal-induced physiochemical changes and genotoxic alterations in water hyacinths [*Eichhornia crassipes* (Mart.)]. *Environmental Science and Pollution Research*, 22(6), 4597-4608.
- Malik, L. A., Bashir, A., Qureashi, A., & Pandith, A. H. (2019). Detection and removal of heavy metal ions: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 17(4), 1495-1521.
- Martinez-Finley, E. J., & Aschner, M. (2014). Recent advances in mercury research. *Current Environmental Health Reports* 1: 163-171.
- Meharg, A. A., & Hartley-Whitaker, J. (2002). Arsenic uptake and metabolism in arsenic resistant and nonresistant plant species. *New Phytologist*, 154(1), 29-43.
- Merian, E. (1984). Introduction on environmental chemistry and global cycles of chromium, nickel, cobalt beryllium, arsenic, cadmium and selenium, and their derivatives. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 8(1): 9–38.
- Messer, R. L., Lockwood, P. E., Tseng, W. Y., Edwards, K., Shaw, M., Caughman, G. B., ... & Wataha, J. C. (2005). Mercury (II) alters mitochondrial activity of monocytes at sublethal doses via oxidative stress mechanisms. *Journal of Biomedical Materials Research Part B: Applied Biomaterials: An Official Journal of The Society for Biomaterials, The Japanese Society for Biomaterials, and The Australian Society for Biomaterials and the Korean Society for Biomaterials*, 75(2), 257-263.
- Ministério do Ambiente. (1998). Decreto-Lei n.o 236/98 de 1 de Agosto, Diário da República - I Série-A N.o 176.
- Mishra, S., Bharagava, R. N., More, N., Yadav, A., Zainith, S., Mani, S., & Chowdhary, P. (2019). Heavy metal contamination: an alarming threat to environment and human health. In *Environmental Biotechnology: For Sustainable Future* (pp. 103-125). Springer, Singapore.
- Miteva, E., & Merakchiyska, M. (2002). Response of chloroplasts and photosynthetic mechanism of bean plants to excess arsenic in soil. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 8(2): 151-156.
- Morkunas, I., Woźniak, A., Mai, V. C., Rucińska-Sobkowiak, R., & Jeandet, P. (2018). The role of heavy metals in plant response to biotic stress. *Molecules*, 23(9), 2320.
- Mortvedt, J. J. (1996). Heavy metal contaminants in inorganic and organic fertilizers. In *Fertilizers and Environment* (pp. 5-11). Springer, Dordrecht.
- Muchuweti, M., Birkett, J. W., Chinyanga, E., Zvauya, R., Scrimshaw, M. D., & Lester, J. N. (2006). Heavy metal content of vegetables irrigated with mixtures of wastewater and sewage sludge in Zimbabwe: implications for human health. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 112(1), 41-48.
- Muradoglu, F., Gundogdu, M., Ercisli, S., Encu, T., Balta, F., Jaafar, H. Z., & Zia-Ul-Haq, M. (2015). Cadmium toxicity affects chlorophyll a and b content, antioxidant enzyme activities and mineral nutrient accumulation in strawberry. *Biological Research*, 48, 1-7.
- Muthusarayanan, S., Sivarajasekar, N., Vivek, J. S., Paramasivan, T., Naushad, M., Prakashmaran, J., ... & Al-Duaij, O. K. (2018). Phytoremediation of heavy metals: mechanisms, methods and enhancements. *Environmental Chemistry Letters*, 16(4), 1339-1359.
- Nagajyoti, P. C., Lee, K. D., & Sreekanth, T. V. M. (2010). Heavy metals, occurrence and toxicity for plants: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 8(3), 199-216.
- Nassouhi, D., Ergönül, M. B., Fikirdeşici, Ş., Karacakaya, P., & Atasağun, S. (2018). Ağır metal kirliliğinin biyoremediasyonunda sucul makrofitlerin kullanımı. *Süleyman Demirel Üniversitesi Eğirdir Su Ürünleri Fakültesi Dergisi*, 14(2), 148-165.

- Osma, E., Ozyigit, I. I., Demir, G., & Yasar, U. (2014). Assessment of some heavy metals in wild type and cultivated purslane (*Portulaca oleracea* L.) and soils in Istanbul, Turkey. *Fresenius Environmental Bulletin*, 23(9), 2181-2189.
- Osma, E., Ozyigit, I. I., Leblebici, Z., Demir, G., & Serin, M. (2012). Determination of heavy metal concentrations in tomato (*Lycopersicon esculentum* Miller) grown in different station types. *Romanian Biotechnological Letters*, 17(1), 6963.
- Ozturk, A., Yarci, C., & Ozyigit, I. I. (2017). Assessment of heavy metal pollution in Istanbul using plant (*Celtis australis* L.) and soil assays. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 31(5), 948-954.
- Ozyigit I. I., Dogan, I. (2014). Plant-Microbe Interactions in Phytoremediation, K. Rehman Hakeem et al. (Eds.), *Soil Remediation and Plants-Prospects & Challenges*, 255-285, Elsevier B.V. Amsterdam.
- Ozyigit, I. I., Dogan, I., Igdelioglu, S., Filiz, E., Karadeniz, S., & Uzunova, Z. (2016). Screening of damage induced by lead (Pb) in rye (*Secale cereale* L.)—a genetic and physiological approach. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 30(3), 489-496.
- Ozyigit, I. I., Yalcin, B., Turan, S., Saracoglu, I. A., Karadeniz, S., Yalcin, I. E., & Demir, G. (2018). Investigation of heavy metal level and mineral nutrient status in widely used medicinal plants' leaves in Turkey: Insights into health implications. *Biological Trace Element Research*, 182(2), 387-406.
- Ozyigit, I. I., Can, H., & Dogan, I. (2021a). Phytoremediation using genetically engineered plants to remove metals: a review. *Environmental Chemistry Letters*, 19(1), 669-698.
- Ozyigit, I. I., Arda, L., Yalcin, B., Yalcin, I. E., Ucar, B., & Hocaoglu-Ozyigit, A. (2021b). *Lemna minor*, a hyperaccumulator shows elevated levels of Cd accumulation and genomic template stability in binary application of Cd and Ni: a physiological and genetic approach. *International Journal of Phytoremediation*, (23)12, 1255-1269.
- Ozyigit I. I., Abakirova, A., Hocaoglu-Ozyigit, A., Kurmanbekova, G., Chekirov, K., Yalcin, B., & Yalcin, I. E. (2021c). Cadmium stress in barley seedlings: Accumulation, growth, anatomy and physiology. *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 4(2), 186-205.
- Ozyigit, I. I., Baktibekova, D., Hocaoglu-Ozyigit, A., Kurmanbekova, G., Chekirov, K., & Yalcin, I. E. (2021d). The effects of cadmium on growth, some anatomical and physiological parameters of wheat (*Triticum aestivum* L.). *International Journal of Life Sciences and Biotechnology*, 4(2), 217-235.
- Ozyigit, I. I., Dogan, I., Karadeniz, S., Severoglu, Z., Demir, G., Yalcin, I. E., & Yarci, C. (2021e). Mineral nutrient compositions of field-grown weed and maize (*Zea mays* L.) plants in terms of competition. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 58(1): 115-123.
- Patra, M., Bhowmik, N., Bandopadhyay, B., & Sharma, A. (2004). Comparison of mercury, lead and arsenic with respect to genotoxic effects on plant systems and the development of genetic tolerance. *Environmental and Experimental Botany*, 52(3), 199-223.
- Peng, K., Luo, C., Lou, L., Li, X., & Shen, Z. (2008). Bioaccumulation of heavy metals by the aquatic plants *Potamogeton pectinatus* L. and *Potamogeton malaianus* Miq. and their potential use for contamination indicators and in wastewater treatment. *Science of the Total Environment*, 392(1), 22-29.
- Pescod, M. B. (1992). Wastewater Treatment and Use in Agriculture - FAO Irrigation and Drainage Paper 47. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome.
- Pratish, A., Kumar, A., & Hu, Z. (2018). Adverse effect of heavy metals (As, Pb, Hg, and Cr) on health and their bioremediation strategies: a review. *International Microbiology*, 21(3), 97-106.
- Qayyum, S., Khan, I., Meng, K., Zhao, Y., & Peng, C. (2020). A review on remediation technologies for heavy metals contaminated soil. *Central Asian Journal of Environmental Science and Technology Innovation*, 1(1), 21-29.
- Rai, P. K., Lee, S. S., Zhang, M., Tsang, Y. F., & Kim, K. H. (2019). Heavy metals in food crops: Health risks, fate, mechanisms, and management. *Environment International*, 125, 365-385.

- Rajaei, G., Mansouri, B., Jahantigh, H., & Hamidian, A. H. (2012). Metal concentrations in the water of Chah nimeh reservoirs in Zabol, Iran. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 89(3), 495-500.
- Ramadan, D., Cline, D. J., Bai, S., Thorpe, C., & Schneider, J. P. (2007). Effects of As (III) binding on β -hairpin structure. *Journal of the American Chemical Society*, 129(10), 2981-2988.
- Rascio, N., & Navariizzo, F. (2011). Heavy metal hyperaccumulating plants: How and why do they do it, and what makes them so interesting. *Plant Science*, 18, 169-181.
- Reddy, A. M., Kumar, S. G., Jyothsnakumari, G., Thimmanaik, S., & Sudhakar, C. (2005). Lead induced changes in antioxidant metabolism of horsegram (*Macrotyloma uniflorum* (Lam.) Verdc.) and bengalgram (*Cicer arietinum* L.). *Chemosphere*, 60(1), 97-104.
- Rezania, S., Taib, S. M., Din, M. F. M., Dahalan, F. A., & Kamyab, H. (2016). Comprehensive review on phytotechnology: heavy metals removal by diverse aquatic plants species from wastewater. *Journal of Hazardous Materials*, 318, 587-599.
- Rock, B., Suriyan, J., Vijay, B., Thalha, N., Elango, S., & Rajajeyakumar, M. (2017). Organic food and health: a systematic review. *Journal of Community Medicine and Health Education*, 7, 2161-2711.
- Sall, M. L., Diaw, A. K. D., Ngingue-Sall, D., Efremova Aaron, S., & Aaron, J. J. (2020). Toxic heavy metals: impact on the environment and human health, and treatment with conducting organic polymers, a review. *Environmental Science and Pollution Research*, 27, 29927-29942.
- Seven, T., Darende, B. N., & Sevda, O. C. A. K. (2018). Hava ve toprakta ağır metal kirliliği. *Ulusal Çevre Bilimleri Araştırma Dergisi*, 1(2), 91-103.
- Shahid, M., Khalid, S., Abbas, G., Shahid, N., Nadeem, M., Sabir, M., ... & Dumat, C. (2015). Heavy metal stress and crop productivity. In *Crop Production and Global Environmental Issues* (pp. 1-25). Springer, Cham.
- Shanker, A. K., Djanaguiraman, M., Pathmanabhan, G., Sudhagar, R., & Avudainayagam, S. (2003). Uptake and phytoaccumulation of chromium by selected tree species. In (Eds.) V. P. Singh, R. N. Yadava. *Wastewater Treatment and Waste Management: Proceedings of the International*. (pp: 9-13) Allied Publishers. India.
- Sharma, A., Kapoor, D., Wang, J., Shahzad, B., Kumar, V., Bali, A. S., ... & Yan, D. (2020). Chromium bioaccumulation and its impacts on plants: an overview. *Plants*, 9(1), 100.
- Shifaw, E. (2018). Review of heavy metals pollution in China in agricultural and urban soils. *Journal of Health and Pollution*, 8(18).
- Singh, N., Kumar, D., & Sahu, A. (2007). Arsenic in the environment: Effects on human health and possible prevention. *Journal of Environmental Biology*, 28(2), 359-365.
- Smith, D. R., & Nordberg, M. (2015). General chemistry, sampling, analytical methods, and speciation. In *Handbook on the Toxicology of Metals* (pp. 15-44). Academic Press.
- Speir, T. W., Kettlesb, H. A. (1999). Percivalc HJ, Parshotam A. Is soil acidification the cause of biochemical responses when soils are amended with heavy metal salts? *Soil Biology and Biochemistry*, 31: 1953-1961.
- Sumiahadi, A., & Acar, R. (2018). A review of phytoremediation technology: heavy metals uptake by plants. In *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science* (Vol. 142, No. 1, p. 012023). IOP Publishing.
- Szynkowska, M.I., Pawlaczyk, A., Maćkiewicz, E. (2018). Bioaccumulation and biomagnification of trace elements in the environment. In: Chojnacka, K., Saeid, A. (Eds.), *Recent Advances in Trace Elements*. John Wiley & Sons Ltd, New Jersey, pp. 251-276.
- Tchounwou, P. B., Patlolla, A. K., & Centeno, J. A. (2003). Carcinogenic and systemic health effects associated with arsenic exposure-a critical review. *Toxicologic Pathology*, 31(6), 575-588.
- Tian, H. Z., Lu, L., Hao, J. M., Gao, J. J., Cheng, K., Liu, K. Y., ... & Zhu, C. Y. (2013). A review of key hazardous trace elements in Chinese coals: abundance, occurrence, behavior during coal combustion and their environmental impacts. *Energy & fuels*, 27(2), 601-614.

- Toth, G., Hermann, T., Da Silva, M. R., & Montanarella, L. (2016). Heavy metals in agricultural soils of the European Union with implications for food safety. *Environment International*, 88, 299-309.
- Turan, O., Ozdemir, H., & Demir, G. (2020). Deposition of heavy metals on coniferous tree leaves and soils near heavy urban traffic. *Frontiers in Life Sciences and Related Technologies*, 1(1), 35-41.
- Turksoy, R., Terzioglu, G., Yalcin, I. E., Turksoy Terzioglu, O., & Demir, G. (2021). Removal of heavy metals from textile industry wastewater. *Frontiers in Life Sciences and Related Technologies*, 2(2), 44-50
- Vajpayee, P., Rai, U. N., Ali, M. B., Tripathi, R. D., Yadav, V., Sinha, S., & Singh, S. N. (2001). Chromium-induced physiologic changes in *Vallisneria spiralis* L. and its role in phytoremediation of tannery effluent. *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology*, 67(2), 246.
- Van der Ent, A., Alan J. M., Baker, R. D., Reeves, A. Joseph Pollard, and Henk Schat (2013). Hyperaccumulators of metal and metalloid trace elements: facts and fiction. *Plant and Soil*, 362(1), 319-334.
- Vardhan, K. H., Kumar, P. S., & Panda, R. C. (2019). A review on heavy metal pollution, toxicity and remedial measures: Current trends and future perspectives. *Journal of Molecular Liquids*, 290, 111197.
- Vareda, J. P., Valente, A. J., & Durães, L. (2019). Assessment of heavy metal pollution from anthropogenic activities and remediation strategies: A review. *Journal of Environmental Management*, 246, 101-118.
- Verma, S., & Dubey, R. S. (2003). Lead toxicity induces lipid peroxidation and alters the activities of antioxidant enzymes in growing rice plants. *Plant Science*, 164(4), 645-655.
- Versieren, L., Evers, S., AbdElgawad, H., Asard, H., & Smolders, E. (2017). Mixture toxicity of copper, cadmium, and zinc to barley seedlings is not explained by antioxidant and oxidative stress biomarkers. *Environmental Toxicology and Chemistry*, 36(1), 220-230.
- Wang, D., Dang, Z., Feng, H., & Wang, R. (2015). Distribution of anthropogenic cadmium and arsenic in arable land soils of Hainan, China. *Toxicological & Environmental Chemistry*, 97(3-4), 402-408.
- Wang, J., Feng, X., Anderson, C. W., Xing, Y., & Shang, L. (2012). Remediation of mercury contaminated sites—a review. *Journal of Hazardous Materials*, 221, 1-18.
- Wang, Y., Shi, J., Wang, H., Lin, Q., Chen, X., & Chen, Y. (2007). The influence of soil heavy metals pollution on soil microbial biomass, enzyme activity, and community composition near a copper smelter. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 67(1), 75-81.
- Woo, S., Yum, S., Park, H. S., Lee, T. K., & Ryu, J. C. (2009). Effects of heavy metals on antioxidants and stress-responsive gene expression in Javanese medaka (*Oryzias javanicus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology*, 149(3), 289-299.
- Xu, L., Lu, A., Wang, J., Ma, Z., Pan, L., Feng, X., & Luan, Y. (2015). Accumulation status, sources and phytoavailability of metals in greenhouse vegetable production systems in Beijing, China. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 122, 214-220.
- Yadav, S. K. (2010). Heavy metals toxicity in plants: an overview on the role of glutathione and phytochelatins in heavy metal stress tolerance of plants. *South African Journal of Botany*, 76(2), 167-179.
- Yadav, K. K., Gupta, N., Kumar, V., & Singh, J. K. (2017). Bioremediation of heavy metals from contaminated sites using potential species: a review. *Indian Journal of Environmental Protection*, 37(1), 65.
- Yadav, M., & Kumar, D. (2021). Parameters of Soil Chemistry. *Applied Soil Chemistry*, 197-214.
- Yalcin, E., Ozyigit, I. I., Dogan, I., Demir, G., & Yarci, C. (2020). Using the Turkish red pine tree to monitor heavy metal pollution. *Polish Journal of Environmental Studies*, 29(5): 3881-3889.
- Yan-Li, L. I. U., & Ying, X. U. (2012). Absorption and metabolism mechanisms of inorganic arsenic in plants: A review. *Yingyong Shengtai Xuebao*, 23(3), 842-848.
- Yan, A., Wang, Y., Tan, S. N., Mohd Yusof, M. L., Ghosh, S., & Chen, Z. (2020). Phytoremediation: a promising approach for revegetation of heavy metal-polluted land. *Frontiers in Plant Science*, 11, 359.

- Yao, H., Xu, J., & Huang, C. (2003). Substrate utilization pattern, biomass and activity of microbial communities in a sequence of heavy metal-polluted paddy soils. *Geoderma*, 115(1-2), 139-148.
- Yerli, C., Çakmakçı, T., Sahin, U., & Tüfenkçi, Ş. (2020). Ağır metallerin toprak, bitki, su ve insan sağlığına etkileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(Özel Sayı), 103-114.
- Yildiztekin, M., Ulusoy, H., & Tuna, A. L. (2019). Ağır metallerle kirlenmiş toprakların iyileştirilmesinde fitoremediasyon yöntemi: tıbbi ve aromatik bitkilerin uygunluğu. *SETSCI Conference Proceedings 4* (6), 477-480.
- Yilmaz, N., Ozyigit, I. I., Demir, H., & Yalcin, I. E. (2015). Determination of phytoplankton density, some nutrients and heavy metals in the surface water of Riva Stream; one of the water resources of Istanbul, Turkey. *Desalination and Water Treatment*, 55(3), 810-820.
- Yilmaz, N., Ozyigit, I. I., Demir, H., & Yalcin, I. E. (2021a). Assessment on phytoplankton composition and heavy metal pollution in a drinking water resource: Lake Terkos (Istanbul, Turkey). *Desalination and Water Treatment*, 225: 265-274.
- Yilmaz, N., Ozyigit, I. Dogan, I. I., Demir, G., & Yalcin, I. E. (2021b). A case study performed in Küçükçekmece Lagoon channel/Istanbul, Turkey: how the heavy metal contamination and the seasonal variations on phytoplankton composition influence water quality. *Desalination and Water Treatment*, 239: 126-136.
- Yli-Pirilä, T., Huttunen, K., Nevalainen, A., Seuri, M., & Hirvonen, M. R. (2007). Effects of co-culture of amoebae with indoor microbes on their cytotoxic and proinflammatory potential. *Environmental Toxicology: An International Journal*, 22(4), 357-367.
- Zeid, I. M. (2001). Responses of *Phaseolus vulgaris* chromium and cobalt treatments. *Biologia Plantarum*, 44(1), 111-115.
- Zengin, F. K., & Munzuroglu, O. (2005). Effects of some heavy metals on content of chlorophyll, proline and some antioxidant chemicals in bean (*Phaseolus vulgaris* L.) seedlings. *Acta Biologica Cracoviensia Series Botanica*, 47(2), 157-164.
- Zhang, W., Chen, H., Ding, Y., Xiang, Q., Zhao, J., Feng, W., & Yang, L. (2020). Effect of chromium citrate on the mechanism of glucose transport and insulin resistance in Buffalo rat liver cells. *Indian Journal of Pharmacology*, 52(1), 31-38.
- Zhou, Z. S., Huang, S. Q., Guo, K., Mehta, S. K., Zhang, P. C., & Yang, Z. M. (2007). Metabolic adaptations to mercury-induced oxidative stress in roots of *Medicago sativa* L. *Journal of Inorganic Biochemistry*, 101(1), 1-9.
- Zhuang, P., Li, Z. A., McBride, M. B., Zou, B., & Wang, G. (2013). Health risk assessment for consumption of fish originating from ponds near Dabaoshan mine, South China. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(8), 5844-5854.
- Zou, B., Jiang, X., Duan, X., Zhao, X., Zhang, J., Tang, J., & Sun, G. (2017). An integrated hg scheme identifying areas for soil remediation and primary heavy metal contributors: A risk perspective. *Scientific Reports*, 7(1), 1-11.