

**HIYAR (*Cucumis sativus* L.) BİTKİSİNDE ARITILMIŞ SU  
KULLANILARAK YAPILAN KISINTILI SULAMA  
UYGULAMALARININ VERİM, KALİTE VE AĞIR  
METAL İÇERİKLERİ ÜZERİNE OLAN ETKİLERİ**

**Ufuk Tan DURAN**



T.C.  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**HIYAR (*Cucumis sativus* L.) BİTKİSİNDE ARITILMIŞ SU KULLANILARAK  
YAPILAN KISINTILI SULAMA UYGULAMALARININ VERİM, KALİTE VE  
AĞIR METAL İÇERİKLERİ ÜZERİNE OLAN ETKİLERİ**

Ufuk Tan DURAN  
0000-0002-1329-5982

Prof. Dr. Nuray AKBUDAK  
0000-0003-2669-5667  
(Danışman)

DOKTORA TEZİ  
BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2023  
Her Hakkı Saklıdır

## TEZ ONAYI

Ufuk Tan DURAN tarafından hazırlanan “HIYAR (*Cucumis sativus* L.) BİTKİSİNDE ARITILMIŞ SU KULLANILARAK YAPILAN KISINTILI SULAMA UYGULAMALARININ VERİM, KALİTE VE AĞIR METAL İÇERİKLERİ ÜZERİNE OLAN ETKİLERİ” adlı tez çalışması aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı’nda **DOKTORA TEZİ** olarak kabul edilmiştir.

**Danışman:** Prof. Dr. Nuray AKBUDAK

- Başkan** : Prof. Dr. Nuray AKBUDAK  
0000-0003-2669-5667  
Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi,  
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı  
İmza
- Üye** : Doç. Dr. Mehmet ÖZGÜR  
0000-0001-6507-4885  
Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi,  
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı  
İmza
- Üye** : Prof. Dr. Hayrettin KUŞCU  
0000-0001-9600-7685  
Bursa Uludağ Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi,  
Arazi ve Su Kaynakları Anabilim Dalı  
İmza
- Üye** : Prof. Dr. Mustafa Ercan ÖZZAMBAK  
0000-0002-3597-0539  
Ege Üniversitesi,  
Ziraat Fakültesi,  
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı  
İmza
- Üye** : Prof. Dr. Mustafa DEMİRKAYA  
000-0001-7725-3952  
Kayseri Üniversitesi,  
Safiye Çıkrıkçıoğlu Meslek Yüksekokulu,  
Bitkisel ve Hayvansal Üretim Bölümü  
Bahçe Tarımı Programı  
İmza

**Yukarıdaki sonucu onaylarım**

**Prof. Dr. Hüseyin Aksel EREN**  
**Enstitü Müdürü**  
.././.....

**B.U.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kurallarına uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada;**

- tez içindeki bütün bilgi ve belgeleri akademik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi,
- görsel, işitsel ve yazılı tüm bilgi ve sonuçları bilimsel ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu,
- başkalarının eserlerinden yararlanılması durumunda ilgili eserlere bilimsel normlara uygun olarak atıfta bulunduğumu,
- atıfta bulunduğum eserlerin tümünü kaynak olarak gösterdiğimi,
- kullanılan verilerde herhangi bir tahrifat yapmadığımı,
- ve bu tezin herhangi bir bölümünü bu üniversite veya başka bir üniversitede başka bir tez çalışması olarak sunmadığımı

**beyan ederim.**

.../.../.....

**Ufuk Tan DURAN**

## TEZ YAYINLANMA FİKRİ MÜLKİYET HAKLARI BEYANI

Enstitü tarafından onaylanan lisansüstü tezin/raporun tamamını veya herhangi bir kısmını, basılı (kâğıt) ve elektronik formatta arşivleme ve aşağıda verilen koşullarla kullanıma açma izni Bursa Uludağ Üniversitesi'ne aittir. Bu izinle Üniversiteye verilen kullanım hakları dışındaki tüm fikri mülkiyet hakları ile tezin tamamının ya da bir bölümünün gelecekteki çalışmalarda (makale, kitap, lisans ve patent vb.) kullanım hakları tarafımıza ait olacaktır. Tezde yer alan telif hakkı bulunan ve sahiplerinden yazılı izin alınarak kullanılması zorunlu metinlerin yazılı izin alınarak kullandığımı ve istenildiğinde suretlerini Üniversiteye teslim etmeyi taahhüt ederiz.

Yükseköğretim Kurulu tarafından yayınlanan “**Lisansüstü Tezlerin Elektronik Ortamda Toplanması, Düzenlenmesi ve Erişime Açılmasına İlişkin Yönerge**” kapsamında, yönerge tarafından belirtilen kısıtlamalar olmadığı takdirde tezin YÖK Ulusal Tez Merkezi / B.U.Ü. Kütüphanesi Açık Erişim Sistemi ve üye olunan diğer veri tabanlarının (Proquest veri tabanı gibi) erişimine açılması uygundur.

Prof. Dr. Nuray AKBUDAK  
Tarih

Ufuk Tan DURAN  
Tarih

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum  
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

İmza

Bu bölüme kişinin kendi el yazısı ile okudum  
anladım yazmalı ve imzalanmalıdır.

## ÖZET

Doktora Tezi

HIYAR (*Cucumis sativus* L.) BİTKİSİNDE ARITILMIŞ SU KULLANILARAK YAPILAN KISINTILI SULAMA UYGULAMALARININ VERİM, KALİTE VE AĞIR METAL İÇERİKLERİ ÜZERİNE OLAN ETKİLERİ

**Ufuk Tan DURAN**

Bursa Uludağ Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı

**Danışman:** Prof. Dr. Nuray AKBUDAK

Hıyar (*Cucumis sativus* L.) gibi su tüketimi fazla olan sebze türlerinin üretiminde çevre dostu sulama yöntemlerinin kullanılması ve alternatif su kaynaklarının kullanım olanaklarının araştırılması büyük önem taşımaktadır. Bu çalışmada, farklı kalitede su kullanılarak farklı seviyelerde yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri ile ağır metal içerikleri üzerine olan etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, iki farklı hıyar çeşidinde (Elzem F1 ve MH-102 F1); şebeke suyu (ŞS), arıtılmış atık su (AAS) ve aktif çamur suyu (AÇS) olmak üzere üç farklı su kalitesinde; %100 ETc (S100), %75 ETc (S75) ve %50 ETc (S50) olmak üzere üç farklı sulama seviyesinde sulama uygulamaları yapılmıştır. Hıyar bitkilerinde kadmiyum (Cd), krom (Cr), nikel (Ni) ve kurşun (Pb) gibi bazı ağır metallerin kalıntı miktarları incelenmiştir. Ayrıca, hıyar meyvelerinin gıda güvenilirliği açısından insan sağlığı üzerine etkilerinin belirlenmesi amacıyla mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, kısıntılı sulama uygulamaları içerisinde en iyi sonuç S75 uygulamalarından elde edilmiştir. AAS uygulamaları ile Elzem F1 ve MH-102 F1 çeşitleri için sırası ile %32,07 ve %39,6 oranlarında verim artışı ile erkencilik sağlanmıştır. AAS ve AÇS uygulamalarının bitki boyu, yaprak oransal su kapsamı, yaprak rengi ve klorofil miktarı açısından bitki gelişimini olumlu yönde etkilediği belirlenmiştir. Ağır metal analizleri sonucunda, AAS uygulamalarına ait hıyar meyvelerindeki ağır metal seviyelerinin ulusal ve uluslararası yönetmeliklere göre belirlenen limitlerin altında olduğu ortaya çıkmıştır. Ancak; AÇS uygulamalarına ait meyvelerde Cd ve Cr içeriklerinin yüksek olduğu tespit edilmiştir. Bitkilerde ağır metallerin birikim yeri kök>yaprak>meyve olarak sıralanmıştır. Ayrıca, mikrobiyolojik analiz sonuçlarına göre, tüm uygulamalara ait hıyar meyvelerinin insan sağlığı açısından risk oluşturmadığı belirlenmiştir. Tüm parametrelerden elde edilen sonuçlar birlikte değerlendirildiğinde ise; Elzem F1 ve MH-102 F1 hıyar çeşitlerinde, AAS-S75 uygulamasının kullanımı önerilmektedir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, arıtılmış atık sular ile sulanan bitkilerde ağır metal ve mikrobiyolojik analizlerin yapılması gerektiğini vurgulamıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Ağır metal, atık su, *Cucumis sativus* L., kısıntılı sulama, mikrobiyolojik analiz

**2023, x + 150 sayfa.**

## ABSTRACT

PhD Thesis

THE EFFECTS OF DEFICIT IRRIGATION APPLICATIONS ON YIELD, QUALITY AND HEAVY METAL CONTENTS OF CUCUMBER (*Cucumis sativus* L.) PLANT USING RECLAIMED WATER

**Ufuk Tan DURAN**

Bursa Uludağ University  
Graduate School of Natural and Applied Sciences  
Department of Horticulture

**Supervisor:** Prof. Dr. Nuray AKBUDAK

It is crucial to use environmentally friendly irrigation methods in the production of vegetable species such as cucumber (*Cucumis sativus* L.) with high water consumption and to investigate the possibilities of using alternative water sources in agriculture. In this study, it was aimed to determine the effects of deficit irrigation applications at different levels using different quality water resources on yield and quality parameters and heavy metal contents of cucumber plants. In the study, three different water qualities such as tap water (C), treated wastewater (T) and activated sludge water (U) were applied at three different irrigation levels as 100% ET<sub>c</sub> (S100), 75% ET<sub>c</sub> (S75) and 50% ET<sub>c</sub> (S50) in two different cucumber varieties (Elzem F1 and MH-102 F1). The residual amounts of some heavy metals including cadmium (Cd), chromium (Cr), nickel (Ni) and lead (Pb) in cucumber plants were investigated. In addition, microbiological analyzes were carried out to determine the effects of cucumber fruits on human health in terms of food safety. In the study, the best results were obtained from the applications of “S75” among the deficit irrigation applications. With applications of “T”, fruit earliness and yield increases of 32,07% and 39,6% were obtained for cucumber cvs. Elzem F1 and MH-102 F1, respectively. It was determined that applications of “T” and “U” affected plant growth positively in terms of plant height, leaf relative water content, leaf color and chlorophyll amount. As a result of heavy metal analysis, it was revealed that the heavy metal levels in cucumber fruits belonging to applications of “T” were below the limits according to national and international regulations. However; It was determined that the Cd and Cr contents of the fruits belonging to applications of “U” were high. The accumulation of heavy metals on plants was root>leaf>fruit, respectively. Additionally, it was revealed that the cucumber fruits of all applications did not pose a risk to human health. When the results obtained from all parameters are evaluated together; application of “T-S75” is recommended for cucumber cvs. Elzem F1 and MH-102 F1. The findings of this study highlighted the requirement for microbiological and heavy metal analyses in plants receiving irrigation from treated wastewater.

**Key Words:** *Cucumis sativus* L., deficit irrigation, heavy metal, microbiological analysis, wastewater

**2023, x + 150 pages.**

## TEŞEKKÜR

“Hıyar (*Cucumis sativus* L.) Bitkisinde Arıtılmış Su Kullanılarak Yapılan Kısıntılı Sulama Uygulamalarının Verim, Kalite ve Ağır Metal İçerikleri Üzerine Olan Etkileri” başlıklı bu çalışma Bursa Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak hazırlanmıştır.

Bu çalışma, YÖK 100/2000 Doktora Burs Programı kapsamında yürütülmüş olup; Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi tarafından “Hıyar (*Cucumis sativus* L.) Bitkisinde Arıtılmış Su Kullanılarak Yapılan Kısıntılı Sulama Uygulamalarının Verim, Kalite ve Ağır Metal İçerikleri Üzerine Olan Etkileri” proje başlığı ve FGA-2022-806 proje numarası ile desteklenmiştir.

Tez çalışmam sırasında değerli bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım, bana her zaman yol gösteren ve destek veren saygıdeğer Danışman Hocam Sayın Prof.Dr. Nuray AKBUDAK’a teşekkür ediyorum ve saygılarımı sunuyorum.

Bu günlere gelmemde bana sağladıkları olanaklar bir yana, kendilerinden edindiğim bilgiler nedeniyle değerli hocalarım, Anabilim Dalı Başkanımız Sayın Prof. Dr. Ümran ERTÜRK’e ve değerli Hocam Sayın Prof.Dr. Ahmet İPEK’e teşekkürlerimi sunuyorum. Doktora tezim boyunca yardım, bilgi ve deneyimleriyle sürekli yanımda yer alan Tez İzleme Komitesi’ndeki değerli hocalarım, Sayın Prof. Dr. Hayrettin KUŞÇU’ya ve Sayın Doç.Dr. Mehmet ÖZGÜR’e; Tez Savunma Sınavı Jüri Üyesi Hocalarım, Sayın Prof.Dr. Mustafa Ercan ÖZZAMBAK’a ve Sayın Prof.Dr. Mustafa DEMİRKAYA’ya teşekkürü bir borç bilirim.

Beni her zaman yüreklendiren eşimin değerli ailesine ve özellikle annem Suna TEOMAN’a ve babam Hasan TEOMAN’a sevgilerimi ve teşekkürlerimi en içten duygularla sunuyorum.

Hayatımın her döneminde olduğu gibi doktora tezimin çalışmaları boyunca da tüm destekleriyle beni yalnız bırakmayan sevgili babam Tacettin DURAN’a ve sevgili annem Hayriye DURAN’a yaşam dolusu teşekkürlerimi sunuyorum.

Özellikle; doktora eğitimim boyunca sonsuz özveri ve sabır göstererek en büyük destekçim olan, yanımda duran, her konuda bilgisine ve düşüncelerine güvendiğim meslektaşım, eşim Sayın Dr. Öğr. Üyesi Sevin TEOMAN DURAN’a; bana baba sevgisini yaşatan, çalışmalarına güç veren biricik kızım Derin Su DURAN’a sonsuz sevgi duyuyor ve teşekkürler ediyorum. Bu çalışmayı eşime ve kızıma ithaf ediyorum.

Ufuk Tan DURAN  
11/06/2023



## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
İÇİNDEKİLER.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	7
2.1. Atık Su ile Yapılan Sulama Uygulamalarının Sebzelerde Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri.....	7
2.2. Atık Su ile Yapılan Sulama Uygulamalarının Sebzelerde Ağır Metal İçerikleri Üzerine Etkileri.....	10
2.3. Atık Su ile Yapılan Sulama Uygulamalarının Sebzelerde Mikrobiyolojik Yük Üzerine Etkileri.....	14
2.4. Kısıntılı Sulama Uygulamalarının Sebzelerde Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri.....	16
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	25
3.1. Materyal.....	25
3.1.1. Bitki Özellikleri.....	25
3.1.2. Sulama Suyu Özellikleri.....	25
3.2. Yöntem.....	27
3.2.1. Bitki Yetiştiriciliği.....	27
3.2.2. Sulama Uygulamaları.....	30
3.2.3. Fenolojik Gözlemler.....	31
3.2.4. Verim ve Kalite Ölçümleri.....	32
3.2.5. Bitkisel Ölçümler.....	36
3.2.6. Ağır Metal Analizleri.....	38
3.2.7. Mikrobiyolojik Analizler.....	39
3.2.8. Verilerin Değerlendirilmesi.....	39
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	40
4.1. Fenolojik Gözlem Sonuçları.....	40
4.2. Verim ve Kalite Parametrelerinden Elde Edilen Sonuçlar.....	44
4.2.1. Ortalama Meyve Sayısı.....	44
4.2.2. Ortalama Verim.....	46
4.2.3. Meyve Boy ve Çap Uzunluğu.....	48
4.2.4. Meyve Şekil İndeksi.....	50
4.2.5. Meyve Kabuk Rengi.....	51
4.2.6. Meyve Eti Sertliği.....	54
4.2.7. Toplam Kuru Madde (TKM) Miktarı.....	57
4.2.8. Suda Çözünebilir Kuru Madde (SÇKM) Miktarı.....	58
4.2.9. Titre Edilebilir Asit (TEA) Miktarı.....	60
4.2.10. pH Miktarı.....	61
4.2.11. Elektriksel İletkenlik (EC).....	61
4.2.12. Fenolik Madde Miktarı.....	62
4.2.13. Meyve Klorofil Miktarı.....	64
4.3. Bitkisel Ölçüm Sonuçları.....	79

4.3.1. Bitki Boy Uzunluğu.....	79
4.3.2. Yaprak Sayısı.....	80
4.3.3. Yaprak En Boy ve Sap Uzunlukları.....	82
4.3.4. Yaprak Oransal Su Kapsamı (YOSK) .....	85
4.3.5. Yaprak Klorofil Miktarı.....	86
4.3.6. Yaprak Rengi.....	88
4.3.7. Bitki Yaş ve Kuru Ağırlıkları.....	98
4.4. Ağır Metal Analizlerinden Elde Edilen Sonuçlar.....	109
4.4.1. Cd Kalıntı Miktarı.....	109
4.4.2. Cr Kalıntı Miktarı.....	111
4.4.3. Ni Kalıntı Miktarı.....	114
4.4.4. Pb Kalıntı Miktarı.....	115
4.5. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları.....	120
4.6. Yetiştirme Ortamlarında Yapılan Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları...	124
5. SONUÇ.....	129
KAYNAKLAR.....	134
ÖZGEÇMİŞ.....	149

## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

### Simgeler

%	Yüzde
°C	Santigrat derece
pH	Hidrojen konsantrasyonunun eksi logaritması
µS	Mikrosiemens

### Kısaltmalar

Kısaltmalar	Açıklama
ABD	Amerika Birleşik Devletleri
BUSKİ	Bursa Büyükşehir Belediyesi Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu
TGK	Türk Gıda Kodeksi
TÜİK	Türkiye İstatistik Kurumu
WHO	Dünya Sağlık Örgütü
E.Coli	Escherichia coli
cm	Santimetre
cm <sup>3</sup>	Santimetreküp
g	Gram
ha	Hektar
hm <sup>2</sup>	Hektometrekare
kg	Kilogram
kob	Koloni oluşturan birim
km <sup>3</sup>	Kilometreküp
m <sup>2</sup>	Metrekare
m <sup>3</sup>	Metreküp
mm	Milimetre
Ag	Gümüş
Al	Alüminyum
As	Arsenik
B	Bor
Cd	Kadmiyum
Co	Kobalt
Cr	Krom
Cu	Bakır
Fe	Demir
Hg	Civa
Mn	Mangan
Ni	Nikel
Pb	Kurşun
Sb	Antimon
Se	Selenyum
Sn	Kalay
Zn	Çinko
CO <sub>2</sub>	Karbondioksit

EC	Electrical conductivity
ETc	Mevsimlik bitki su tüketimi
K <sub>2</sub> O	Dipotasyun oksit
K <sub>p</sub>	Buharlaşma kabı katsayısı
LSD	En küçük önemli fark
mL	Mililitre
mM	Mikromol
N	Toplam azot
Na <sub>2</sub> CO <sub>3</sub>	Sodyum karbonat
NAOH	Sodyum hidroksit
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	Fosfor Pentoksit
SÇKM	Suda Çözünebilir Kuru Madde
T.E.	Tespit edilemedi
TEA	Titre Edilebilir Asit
TKM	Toplam Kuru Madde

## ŞEKİLLER DİZİNİ

		<b>Sayfa</b>
Şekil 1.1.	Türkiye’de kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı.....	2
Şekil 3.1.	Fide dikimi aşamasından sonra seranın genel görünümü.....	28
Şekil 3.2.	Hıyar bitkilerine ait genel görünüm.....	29
Şekil 4.1.	Elzem F1 çeşidinde farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının 2020 yılındaki ilk çiçeklenme, ilk meyve tutum ve ilk hasat tarihleri üzerine etkileri .....	42
Şekil 4.2.	Elzem F1 çeşidinde farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının 2022 yılındaki ilk çiçeklenme, ilk meyve tutum ve ilk hasat tarihleri üzerine etkileri .....	43
Şekil 4.3.	MH-102 F1 çeşidinde farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının 2020 yılındaki ilk çiçeklenme, ilk meyve tutum ve ilk hasat tarihleri üzerine etkileri .....	43
Şekil 4.4.	MH-102 F1 çeşidinde farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının 2022 yılındaki ilk çiçeklenme, ilk meyve tutum ve ilk hasat tarihleri üzerine etkileri .....	44

## ÇİZELGELER DİZİNİ

	<b>Sayfa</b>
Çizelge 3.1. Denemede kullanılan sulama sularına ait kalite analiz sonuçları...	26
Çizelge 3.1. Denemede kullanılan sulama sularına ait kalite analiz sonuçları (devam).....	27
Çizelge 3.2. Denemede yetiştirme ortamı olarak kullanılan karışımın özellikleri.....	29
Çizelge 3.3. Deneme kurulan seranın 2020 ve 2022 yıllarına ait aylık ortalama sıcaklık (°C) ve ortalama nispi nem (%) verileri.....	30
Çizelge 3.4. Sebzelerde izin verilen ağır metal sınır değerleri (mg/kg).....	38
Çizelge 4.1. Farklı su kalitelerinde yapılan sulama uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri.....	67
Çizelge 4.1. Farklı su kalitelerinde yapılan sulama uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri (devam).....	68
Çizelge 4.2. Farklı sulama seviyelerinin Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri.....	69
Çizelge 4.2. Farklı sulama seviyelerinin Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri (devam).....	70
Çizelge 4.3. Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri.....	71
Çizelge 4.3. Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri (devam).....	72
Çizelge 4.4. Farklı su kalitelerinde yapılan sulama uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri.....	73
Çizelge 4.4. Farklı su kalitelerinde yapılan sulama uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri (devam).....	74
Çizelge 4.5. Farklı sulama seviyelerinin MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri.....	75
Çizelge 4.5. Farklı sulama seviyelerinin MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri (devam).....	76
Çizelge 4.6. Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri.....	77
Çizelge 4.6. Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri (devam).....	78
Çizelge 4.7. Farklı su kalitelerinde yapılan sulama uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde bitkisel özellik parametreleri üzerine etkileri.....	92

Çizelge 4.8.	Farklı sulama seviyelerinin Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde bitkisel özellik parametreleri üzerine etkileri.....	93
Çizelge 4.9.	Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde bitkisel özellik parametreleri üzerine etkileri.....	94
Çizelge 4.10.	Farklı su kalitelerinde yapılan sulama uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde bitkisel özellik parametreleri üzerine etkileri.....	95
Çizelge 4.11.	Farklı sulama seviyelerinin MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde bitkisel özellik parametreleri üzerine etkileri.....	96
Çizelge 4.12.	Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde bitkisel özellik parametreleri üzerine etkileri.....	97
Çizelge 4.13.	Farklı su kalitelerinde yapılan sulama uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde yaş ve kuru ağırlıklar üzerine etkileri üzerine etkileri.....	103
Çizelge 4.14.	Farklı sulama seviyelerinin Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde yaş ve kuru ağırlıklar üzerine etkileri üzerine etkileri.....	104
Çizelge 4.15.	Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde yaş ve kuru ağırlıklar üzerine etkileri üzerine etkileri.....	105
Çizelge 4.16.	Farklı su kalitelerinde yapılan sulama uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde yaş ve kuru ağırlıklar üzerine etkileri üzerine etkileri.....	106
Çizelge 4.17.	Farklı sulama seviyelerinin MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde yaş ve kuru ağırlıklar üzerine etkileri üzerine etkileri.....	107
Çizelge 4.18.	Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde yaş ve kuru ağırlıklar üzerine etkileri üzerine etkileri.....	108
Çizelge 4.19.	Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde Cd, Cr, Ni ve Pb birikimi üzerine etkileri.....	118
Çizelge 4.20.	Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde Cd, Cr, Ni ve Pb birikimi üzerine etkileri...	119
Çizelge 4.21.	Elzem F1 ve MH-102 F1 çeşitlerine ait hıyar meyvelerinde yapılan mikrobiyolojik analiz sonuçları.....	123
Çizelge 4.22.	Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamaları sonucunda yetiştirme ortamlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri .....	127
Çizelge 4.22.	Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamaları sonucunda yetiştirme ortamlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri (devam)....	128

## 1. GİRİŞ

Dünya nüfusundaki artışa paralel olarak ortalama insan ömrünün giderek uzaması ile birlikte su kaynaklarının kullanımında artış olduğu görülmektedir. Dünya'daki su kaynakları kısıtlı olmasına rağmen su tüketimi hızlı ve bilinçsiz şekilde devam etmektedir. Dünya nüfusunun 2050 yılında yaklaşık %34 oranında artış göstererek 9,1 milyar olacağı ve bu tarihte 2 milyar insanın içilebilir suya ulaşamayacağı öngörülmektedir (Anonim, 2015). Bu nedenle, doğadaki su varlığının sınırlı olması insanları yeni su yönetim modelleri aramaya yönlendirmiştir.

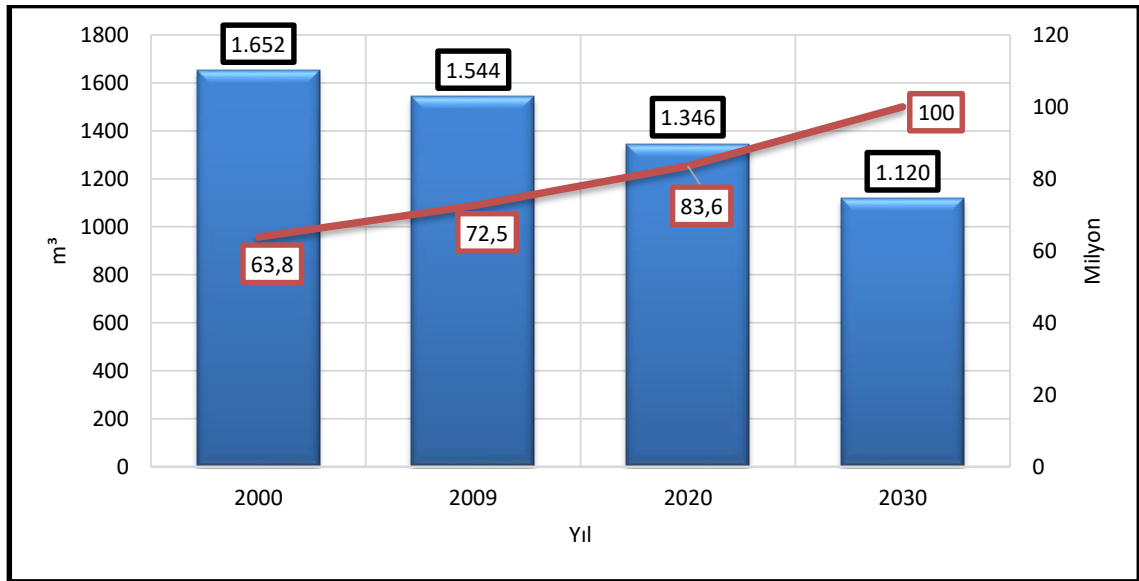
Su varlığına göre ülkeler; su fakiri, su sıkıntısı bulunan, ihtiyaçları karşılayan ve su zengini olmak üzere dört kategoride yer almaktadır. Ülkemizde kişi başına düşen yıllık kullanılabilir su miktarının 1.500 m<sup>3</sup> civarında olması ülkemizin su azlığı yaşayan bir ülke konumunda olduğunu açıkça göstermektedir (Anonim, 2014). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), 2030 yılı için nüfusumuzun 100 milyon olacağını öngörmektedir. Bu durumda, 2030 yılı için kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 1,120 m<sup>3</sup>/yıl civarında olacağı söylenmektedir (Şekil 1) (Anonim, 2016).

Dünya üzerinde bulunan toplam su varlığı 1,4 milyar km<sup>3</sup>'tür. Bu suların; %97,5'i okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak; %2,5'i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır. Bu kadar az olan tatlı su kaynaklarının da %90'ının kutuplarda ve yeraltında bulunması, insanoğlunun kolaylıkla yararlanabileceği elverişli tatlı su miktarının ne kadar az olduğunu göstermektedir (Anonim, 2014).

Tatlı su esas olarak tarım, endüstri ve konutlar olmak üzere üç alanda kullanılmaktadır. Bu kullanım alanlarından tarım, %72'lik bir oranla ilk sırada yer almaktadır. Dünyada tarım için kullanılan suyun payı ülke gelir düzeyi arttıkça azalmaktadır. Düşük gelirli ülkelerde kullanılan su miktarı %87 iken, orta gelirli ülkelerde %74 ve gelişmiş ülkelerde %30'dur. Türkiye'de ise tarımda kullanılan suyun oranı %70 olarak belirlenmiştir (FAO, 2015). Türkiye'nin 78 milyon hektar olan yüzölçümünün yaklaşık olarak üçte birini oluşturan 24 milyon hektar alan ekilebilir tarım arazisi olup, bunun da ekonomik olarak sulanabilir miktarı 8,5 milyon hektar olarak tespit edilmiştir (Anonim, 2020).



Tarım alanları suyun büyük küresel tüketicisi haline gelmiştir. Tarım alanlarının yaklaşık %18'i sulanmaktadır ancak bu sulanan alanlardan üretilen ürünler küresel gıda üretiminin yaklaşık %40'ını oluşturmaktadır (Gleick, 2002). Hızlı nüfus artışının yanı sıra tüketim alışkanlıklarının değişmesi, sanayi ve tarımda su ihtiyacının artması sınırlı bir kaynak olan suyun hızla tükenmesine neden olmaktadır. Bu durumun farkında olan birçok ülke, mevcut su kaynakları ve kalitesinin korunması için oluşan atık suların yeniden kullanımına imkân vermekte ve dolayısıyla atık su arıtma teknolojilerini kullanmaktadırlar. Ülkemizde de atık su arıtımına önem verilmekte ve arıtma tesisi projelerinin ülke genelinde yaygınlaşması devam etmektedir (Adalı ve Yalılı Kılıç, 2020). Türkiye’de 2020 yılındaki atık su arıtma tesisi sayısı 1 068’dir. Bu tesislerden arıtılan atık su miktarı 435 827 km<sup>3</sup>’tür. Atık su arıtma tesisleri fiziksel, biyolojik, gelişmiş ve doğal olarak 4 farklı su arıtma yöntemi kullanılmaktadır. Gelişmiş arıtma tesisi kapasitesi 2 872 523 bin m<sup>3</sup>/yıl ve biyolojik arıtma tesisi kapasitesi 1 777 699 bin m<sup>3</sup>/yıl’dır (TÜİK, 2022a).



**Şekil 1.1.** Türkiye’de kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı (m<sup>3</sup>)

Ülkemizde arıtılmış suların tarımda kullanımı yeni olmasına rağmen su kaynaklarının azalması nedeni ile Dünya’da kullanımı hızla artmaktadır. Dünya’da işlenmiş veya işlenmemiş atık sular çiftçiler tarafından tercih edilmektedir. Çünkü bu sular belirli sınırlar içinde kalmak koşuluyla bitki büyümesi ve gelişmesi için zengin bir besin kaynağı

oluşturmaktadır. Atık suların tarımda kullanımı, çoğu bitkinin verim potansiyelini arttırmakta, gübre ihtiyacı karşılanarak çiftçilerin üretim maliyetini düşürmekte ve böylece ekonomiye katkı sağlamaktadır (Polat, 2013). Ayrıca su tasarrufu sağlamakta, kurak bölgelerde alternatif su kaynağı oluşturmakta ve kanallar ile yüzeysel su kaynaklarının kirliliğini azaltmaktadır (Katip, 2018). Dünya genelinde, arıtılmış atık su kullanım alanının en fazla olduğu ülke 200 000 ha'lık alan ile Çin'dir. Ayrıca, ABD-Kaliforniya'da tarım alanlarının yaklaşık olarak %48'inin atık su ile sulandığı (Anonim, 2004); İtalya'da atık sular ile sulanan tarımsal alanın yaklaşık 20 000 ha; İsrail ve Güney Amerika ülkelerinde ise 50 000-150 000 ha arasında olduğu belirtilmiştir (Jaramillo ve Restrepo, 2017).

Arıtılmış atık su kullanımı insan ve bitki sağlığı açısından incelendiğinde, ağır metal içerebilmeleri ile mikrobiyolojik yük taşıyabilmeleri en çok üzerinde durulan iki konu olarak bilinmektedir. Ağır metal; genel olarak atom numarası 20'den büyük ve yoğunluğu 5 g/cm<sup>3</sup> ten fazla olan metallerdir. En yaygın olarak bilinen ağır metaller; kadmiyum (Cd), bakır (Cu), nikel (Ni), kurşun (Pb), çinko (Zn), cıva (Hg), kobalt (Co) ve arseniktir (As) (Kahvecioğlu ve diğerleri, 2003).

Ağır metallerin insan, bitki ve toprak üzerinde zararlı etkileri olabilmektedir. Atık sularda bazen eser miktarda, bazen de yüksek derişimde ağır metal bulunması canlı sağlığı için tehlikeli olabilmektedir. Ağız, solunum ve deri yolu ile vücuduna alınan ağır metallerin çeşitli dokularda birikime uğraması sonucu birçok hücrel bozukluğun oluşumu gözlenebilmektedir. Su kirliliği ile ilgili sağlık sorunları arasında; böbrek, üreme, karaciğer, beyin ve merkezi sinir sistemi işlev bozuklukları, mutajenez, kromozomal kırıklar, solunum toksisitesi, cilt ve dermatit tahrişleri, egzama ve ülser oluşumu, kaşıntı, sulu gözler ve astım semptomları yer almaktadır (Acar ve Acar, 2022). Toprağın uzun yıllar boyunca ağır metallere maruz kalması ile toprakta ağır metal birikimi meydana gelmektedir. Böylece, toprak pH'sı düşmekte, toprakta yaşayan mikroorganizmalar zarar görmekte, toprağın enzim aktiviteleri ile organik madde birikimini olumsuz yönde etkilenmekte ve kation değişim kapasitesi azalmaktadır. Ağır metaller bitkiye kökler aracılığı ile ulaşmakta olup, ksilem yardımı ile taşınmaktadır (Peng ve ark., 2005). Ayrıca, atmosferde bulunan ağır metallerin toz partikülleri aracılığı ile bitki bünyesine geçişiyle de bitkilerde ağır metal birikimi söz konusu olabilmektedir. Bitki bünyesine

geçen ağır metallere, bitkinin fizyolojik aktivitelerini engellemekte ve ilerleyen aşamalarda bitkinin ölümüne neden olabilmektedir. Ağır metal birikimi bitkilerde verim ve kaliteyi azaltan önemli bir etmendir. Ağır metal birikiminin bitki bünyesinde oluşturacağı toksik etki nedeni tohum çimlenmesi, bitki su alımı, stoma iletkenliği, transpirasyon ve fotosentez mekanizmaları başta olmak üzere bitkinin tüm yaşamsal faaliyetleri zarar görebilmektedir (Yerli ve ark., 2020). Ülkemizde Türk Gıda Kodeksi Gıda Maddelerindeki Bulaşanların Maksimum Limitleri Hakkında Tebliğ ile gıda maddelerindeki ağır metal limitleri belirlenmiştir. Bu sayede, arıtılmış atık sular ile sulanan sebzelerin, tüketimden önce ağır metal analizleri yapılarak, limitin üzerinde içeriğe sahip olanların tüketilmesi önlenmektedir (Anonim, 2011b).

Arıtılmış atık suların tarımda kullanılması ile sebzelere mikrobiyal yük taşınabileceği üzerinde durulan diğer bir konudur. Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği'nde "mikrobiyolojik kriter"; bir gıdanın, bir gıda partisinin veya işlemin kabul edilebilirliğini belirlemede esas alınan; mikroorganizmaların varlığının/yokluğunun veya sayısının veya bunların toksinlerinin ve metabolitlerinin miktarının kütle, hacim, alan, parti veya birim başına belirlendiği kriter olarak tanımlanmaktadır. Ayrıca, Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği'nde gıdaların *E. Coli*, *Salmonella* ve *Listeria monocytogenes* içerikleri ile ilgili limit değerler yer almaktadır. Buna göre; arıtılmış atık suların ve arıtılmış atık sular ile sulanan tarım ürünlerinin mikrobiyolojik yük analizleri yapılarak, Yönetmelikte belirtilen limitlere göre karşılaştırmaları yapılabilmektedir (Anonim, 2022).

Yakın gelecekte, bitkisel üretimde su kaynaklarının yetersizliğinden dolayı su temininin zorlaşması genel bir durum olarak karşımıza çıkacaktır. Birim alandan alınan verimin artırılması için gerekli su miktarının sağlanması için su yönetimine gidilmesi gerektiği bildirilmektedir (Anonim, 2018). Özellikle, kurak ve yarı kurak bölgelerde tarımsal sulamanın planlanması ve sulama yönteminin değiştirilmesi zorunlu hale gelmektedir. Bitki yetiştiriciliğinde kullanılan sulama yönteminin ürün verimi ve kalitesi üzerindeki önemi çok büyüktür. Su varlığının kısıtlı olduğu günümüzde alternatif sulama yöntemlerine başvurulmaktadır. Bu yöntemlerden biri de kısıntılı sulama uygulamalarıdır. Tam sulama; bitkinin sulama gereksiniminin tümü karşılandığında en yüksek ürünün alınmasını hedeflemektedir. Kısıntılı sulama ise bitkinin tam su

gereksiniminden (evapotranspirasyon) daha az su uygulanması olarak tanımlanmaktadır (Feres ve Soriano, 2007). Kısıntılı sulama uygulamalarında bitkiye verilecek su miktarındaki azalma, yetiştirilecek bitkiye bağlıdır ve su kullanım etkinliği artırılarak en az miktarda verim kaybının sağlanması amaçlanır (Ahmadi ve ark., 2010).

Günümüzde tam sulamanın, su kaynaklarının sınırlı olduğu alanlarda suyun kullanımı açısından lüks olduğu düşünülmektedir. Kısıntılı sulama uygulamaları ile verimde az miktarda bir kayıp ile veya hiç verim kaybı olmadan kullanılan sulama suyunda tasarruf sağlanabileceği savunulmaktadır. Ayrıca, kısıntılı sulama uygulamaları ile gereğinden fazla sulama ortadan kalkmakta ve bitki su kullanım etkinliği artmaktadır. Aynı zamanda, fazla sulamadan dolayı meydana gelen kök çürüklüğü vb. pek çok hastalık azaltılabilmekte, meyve çatlama gibi bazı fizyolojik zararlanmalar önlenilmekte ve yabancı ot problemi ile mücadele edilebilmektedir (Özbek ve Kaman, 2017).

Hıyar (*Cucumis sativus* L.), anavatanı Hindistan olan ve *Cucurbitaceae* familyasına ait tek yıllık, yazlık bir sebzedir (Eşiyok, 2012). Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü 2020 yılı verilerine göre; Dünya'nın en büyük hıyar üreticisi ülke 72 867 557 tonluk üretim ile Çin'dir. İkinci sırada 1 886 239 tonluk üretim ile Türkiye, üçüncü sırada ise 1 686 975 tonluk üretim ile Rusya Federasyonu yer almaktadır (FAO, 2022). Türkiye İstatistik Kurumu 2021 yılı verilerine göre; Türkiye'de toplam hıyar üretim miktarı 1 890 160 tondur ve hıyar en fazla üretimi yapılan beşinci sebzedir. Bu üretimin %89,7'sini 1 696 520 tonluk üretim ile sofralık hıyar üretimi oluşturmaktadır Türkiye'de toplam örtüaltı sebze üretiminde de 1 170 041 tonluk üretim ile hıyar domatesten sonra en çok yetiştirilen ikinci üründür. Ülkemizde hıyar sofralık ve turşuluk olmak üzere iki farklı şekilde tüketilmektedir ve 17,6 kg'lık kişi başı tüketim miktarı ile hıyar, domates ve karpuzdan sonra en çok tüketilen üçüncü sebzedir (TÜİK, 2022b).

Hıyar bitkisinin yıllık su tüketimi 400-650 mm'dir. Köklerinin az su alma özelliğinin yanında, bol ve iri yapraklarının bulunması nedeniyle hıyar bitkisi bol su tüketen bir sebzedir. Özellikle topraktaki su oranı %50'nin altına düşerse bitkilerin günün sıcak olduğu devrelerde pörsümeye başlamaktadır (Eşiyok, 2012). Hıyar bitkisinin su düzeninin bozulması durumunda, hıyarda en önemli kalite kayıplarından biri olan

acılaşma meydana gelmektedir. Bu nedenle, hıyar bitkisinin susuzluğa karşı çok hassas olduğu ve susuz yetiştiriciliğinin mümkün olmadığı bilinmektedir (Günay, 2005).

Dünya'daki su varlığının her geçen gün azalması, hıyar bitkisi gibi ekonomik değeri yüksek olan ve suyu çok seven sebze türlerinin sulanmaları ile ilgili yeni stratejilerin geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır. Arıtılmış su ve kısıntılı sulama uygulamalarını ayrı ayrı kapsayan çok sayıda bilimsel çalışma olmasına rağmen, bu uygulamaların kombinasyonlarının, *Cucurbitaceae* familyasına ait sebze türlerinde kullanımının da araştırılması önem arz etmektedir. Ayrıca, doğal su kaynaklarının korunmasına yönelik böyle çalışmaların planlanması ve yapılması, tarımda sürdürülebilirlik açısından da önem taşımaktadır.

Bu çalışmada, iki farklı hıyar çeşidinde, farklı su kalitesi ve sulama seviyelerinin kombinasyonlu olarak uygulanmasının verim ve kalite parametreleri ile ağır metal içerikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda, bitkilerde mikrobiyolojik analizlerinden elde edilen sonuçlar incelenerek, her iki çeşit için ayrı ayrı en uygun protokolün ortaya konması hedeflenmiştir.

## **2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ARAŞTIRMASI**

### **2.1. Atık Su ile Yapılan Sulama Uygulamalarının Sebzelere Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri**

Bitkisel üretimde atık suların sulama suyu olarak kullanılabilmesi için, bitkilerde çeşitli fizyolojik ve morfolojik ölçümler yapılarak verim ve kalite parametrelerinde meydana gelecek değişimlerin incelenmesi büyük önem arz etmektedir. Bitkisel üretimde, sürdürülebilir tarım tekniklerini benimseyen üretim yapılırken, birim alandan alınan verimin de artırılmasını sağlayan uygulamalar üzerinde durulmaktadır. Bu bölümde, atık su ile yapılan sulama uygulamalarının farklı sebze türlerinde verim ve kalite parametreleri üzerine olan etkilerini konu alan çeşitli yerli ve yabancı çalışmalara yer verilmiştir.

Kızıloğlu vd. (2008), tarafından yapılan bir çalışmada kırmızı lahana ve karnabaharda şebeke suyu ve atık suların verim ve kalite parametreleri üzerine olan etkileri incelenmiştir. Verim ve kalite açısından, şebeke suyuna kıyasla atık su uygulamalarının daha iyi sonuçlar verdiği belirtilmiştir. Ancak, atık su ile sulama yapıldığında, toprağın pH ve EC içeriğinde de artış meydana geldiği görülmüştür.

Wu vd. (2010), şebeke suyu ve arıtılmış suların sebzelerde verim parametreleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Buna göre; şebeke suyu uygulamalarına kıyasla, arıtılmış su uygulanan domateslerde %15,1, hıyarlarda %23,6 ve patlıcanlarda %60,7 oranında verim artışı sağlandığı bildirmişlerdir.

Cirelli vd. (2012), patlıcan ve domates bitkisini iki farklı su kalitesi (arıtılmış su ve şebeke suyu) ile yetiştirmişlerdir. Sulamalar yüzey ve toprak altı damlama sistemi ile yapılmıştır. Her iki sebze türünde de arıtılmış su ile sulanan bitkiler şebeke suyuna kıyasla %20 verim artışı sağlamıştır. Domates yetiştiriciliğinde toprak altı damlama sulama sistemi daha iyi sonuç verirken, patlıcan su stresine daha hassas olduğu için yüzey damlama sistemi önerilmiştir. Sonuç olarak, arıtılmış atık suların kontrollü olarak sulamalarda kullanılabileceği ve verim artışı sağlanabileceği tespit edilmiştir.

Chen ve Liu (2015), arıtılmış atık su ve kanal suyu kullanarak hıyar bitkisinde verim ve kalite özelliklerini belirlemeye çalışmışlardır. Yapılan analizler sonucunda, verim, uzunluk, ağırlık ve meyve çapı gibi kalite parametrelerinin arıtılmış atık su uygulamalarında daha yüksek bulunduğu tespit edilmiştir.

Iqbal vd. (2015), Şili biberinin iki çeşidinde (G4 ve Pusa Jawala) iki farklı su kalitesi (atık su ve şebeke suyu) ve üç farklı azot gübresi dozunu (0, 30 ve 60 kg/ha) kombinasyonlu olarak denemişlerdir. Atık su uygulamalarının, her iki çeşitte de sürgün ve kök uzunluğu, taze ağırlık, kuru ağırlık, yaprak sayısı ve alanı, net fotosentez oranı, stoma iletkenliği, su kullanım verimliliği, klorofil içeriği ve verimi arttırdığını tespit etmişlerdir. Atık su ile birlikte 30 kg/ha azot uygulamasının en iyi sonucu verdiği; şebeke suyu ile 60 kg/ha azot uygulamasının da önerilebilir olduğu sonucuna varılmıştır. Çeşitlere bağlı olarak, kalite parametrelerinde değişiklik olsa da, atık suların sulamalarda kullanılabileceği; bu sayede fazla gübre kullanımından da tasarruf edilebileceği belirtilmiştir.

Zafar vd. (2016), farklı arıtılmış su konsantrasyonlarının (%100 ve %50) domates, bamyaya ve bal kabağının fizyolojik, biyokimyasal ve büyüme özellikleri üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. %100'lük konsantrasyonda arıtılmış su ile sulanan tüm türlerde bitki yaş ağırlığının azaldığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, su seviyelerine bağlı kalmaksızın, enzim aktiviteleri kontrol grubuna kıyasla tüm uygulamalarda arttığını ve konsantrasyon miktarı fazla olan grupta artışın daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Ancak, klorofil a, klorofil b ve karatonoid miktarlarının %100'lük arıtılmış su uygulaması ile azaldığı da görülmüştür. Bu nedenle, arıtılmış su uygulamalarının su kısıntısı olan bölgelerde kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Iqbal vd. (2017), yaptıkları bir başka çalışmada Şili biberinin iki çeşidinde (Pusa ve Sadabahar) yapmış oldukları çalışmada üç farklı su kalitesi (şebeke suyu, %100 atık su ve %50 arıtılmış su) ile beş farklı potasyum dozunu (0, 25, 50, 75 ve 100 kg/ha) kombinasyonlu olarak denemişlerdir. Azot ve fosfor dozları sabit tutulmuştur. Çalışmada özellikle, büyüme, verim, fotosentez ve antioksidan aktivitesi parametreleri üzerinde incelemeler yapılmıştır. %100'lük atık su uygulaması büyüme, verim, fotosentetik aktiviteler, askorbik asit miktarı ve oplam klorofil miktarı açısından en iyi sonucu vermiş;

atık su miktarı azaldıkça belirtilen parametrelerin değerlerinde de azalmalar olduğu görülmüştür. Tüm sonuçlar incelendiğinde; bitkilere 50 kg/ha dozunda potasyum uygulandığında en iyi sonucun ortaya çıktığı bulunmuştur. Bunun yanı sıra; 25 kg/ha'lık potasyum uygulamasının yetersiz ve 100 kg/ha uygulamasının ise doz olarak bitkilere fazla geldiği tespit edilmiştir. Atık su ve 25 kg/ha potasyumun birlikte uygulanması ile, sadece 50 kg/ha potasyum uygulamasının incelenen parametreler bazında aynı sonucu ortaya koyduğu görülmüştür. Böylece, atık suların içerisindeki besin elementleri sayesinde bitkileri besleyici özelliğinin de bulunduğu vurgulanmıştır.

Ali vd. (2019), kişniş, semizotu ve marulda beş farklı atık su kalitesinde (%100, 80, 60, 40 ve 20) sulama uygulamaları yapmışlardır. Marulda, uygulanan atık su miktarı arttıkça, vejetatif gelişmenin de arttığı tespit edilmiştir. Bu durumun, atık suların besin elementi içeriklerinin yüksek olmasından kaynaklandığı belirtilmiştir.

Singh vd. (2020), karnabahar bitkisinde arıtılmış suların ve yer altı sularının verim ve kaliteye olan etkilerini belirlemek istemişlerdir. Çalışmada damlama sulama sistemi kullanılmış olup damlama uzunlukları arasında da farklar bırakılmıştır. Sonuçta arıtılmış suların karnabaharda verim ve kalite üzerine olumlu etkilerinin olduğu, özellikle bitkilerde taç büyüklüğünü arttırdığını tespit etmişlerdir.

Akbudak ve Üstün (2022), turşuluk hıyar bitkisinde arıtılmış, arıtılmamış ve şebeke suyu ile yapılan sulama uygulamalarının meyve verim ve kalite parametreleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Bu çalışmada, arıtılmamış su ile sulanan bitkilerde boy uzunluğu ve verimin %40,9; arıtılmış su uygulamaları ile ise %4,39 oranında arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, arıtılmamış su uygulamasının bitkilerde diğer uygulamalara göre beş gün erkencilik sağladığını; C vitamini, fenolik madde miktarını ve antioksidan kapasitesini de arttırdığını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak, arıtılmış ve arıtılmamış su uygulamalarının turşuluk hıyar yetiştiriciliğinde kullanılabilir olduğunu bildirmişlerdir.



## 2.2. Atık Su ile Yapılan Sulama Uygulamalarının Sebzelere Ağır Metal İçerikleri Üzerine Etkileri

Tarımsal üretimde arıtılmış ve arıtılmamış atık suların sulama suyu olarak kullanılması ile ilgili üzerinde durulması gereken önemli bir konu ise; toprak ve bitkilerdeki ağır metal içeriklerinin araştırılması gerektiğidir. Çünkü ağır metal içeren atık sular ile bilinçsizce yapılan sulama uygulamaları, bitkilerde ve toprakta ağır metal birikime neden olmakta ve uzun vadede çevre ile insan sağlığını olumsuz yönde etkileyebilecek sonuçlar ortaya koyabilmektedir. Bitkilerde ağır metal birikimi, büyüme ve gelişme faaliyetlerinde yavaşlama, enzim aktivitelerinde bozulma, kök ve gövdede zararlanma, fotosentez aktivitesinde gerileme ve bitki besin elementlerinin alımında yavaşlama gibi zararlara yol açtığı bilinmektedir (Yağdı ve diğerleri, 2000). Yüksek dozlarda kadmiyum (Cd) ve kurşun (Pb) alınımının bitkilerde tohum çimlenmesinde gerileme, kök ve gövde uzamalarında yavaşlama ve kuru ağırlıklarda azalmalara yol açtığı ve verim kaybına neden olduğu saptanmıştır (Kıran ve Şahin, 2005). Bununla ilgili olarak; sebzelerde yapılmış çeşitli çalışmalarda ağır metal içerikleri tespit edilerek; aynı zamanda bu sebzelerin tüketiminin insan sağlığı açısından risk oluşturup oluşturmadığı üzerinde durulmuştur. Bu bölümde, atık suların sebze yetiştiriciliğinde kullanımının ağır metal birikimine olan etkilerini araştıran çalışmalara yer verilmiştir.

Najafi (2006), domates bitkisinde şebeke suyu ile karık sulama, atık su ile yüzey üstü damla sulama, atık su ile 15 cm derinlikte yüzey altı damla sulama, atık su ile 30 cm derinlikte yüzey altı damla sulama ve atık su ile karık sulama olmak üzere beş farklı sulama stratejisi belirlemiştir. En yüksek verim, atık su ile yüzey üstü damla sulama uygulamasından elde edilmiştir. Ağır metal içerikleri karşılaştırıldığında ise, en fazla birikimin atık su ile karık sulama uygulamasında olduğunu tespit etmişlerdir.

Al-Lahham vd. (2007), tarafından yürütülen bir çalışmada farklı atık su kombinasyonları deneyerek domates yetiştiriciliği yapılmıştır. Çalışmada sulama uygulamaları, %100'lük atık su ile başlamıştır. Farklı su kaliteleri atık suyun içerisine şebeke suyunun ilave edilmesi ile elde edilmiştir. Bu uygulamalar; %100:%0 (1:0, kontrol); %25: %75 (1:3); %50: %50 (1:1); %0: %100 (0:1) olarak gösterilmiştir. Çalışmanın sonucunda, atık su oranı fazlaştıkça toprağın elektriksel iletkenlik (EC) ve pH değerlerinin de yükseldiği

tespit edilmiştir. Benzer şekilde, ağır metal birikiminde de aynı sonuca erişilmiştir. Ancak, topraktaki ağır metal birikimlerinin “Ürdün” ülkesi tarafından belirlenen limitlerin altında kaldığı ve böylece atık suların tarımda kullanılabilceği belirtilmiştir.

Li vd. (2007), domates yetiştiriciliğinde dört su kalitesi (yer altı suyu, işlenmiş atık su, işlenmiş ve filtrelenmiş atık su ve işlenmiş, filtrelenmiş ve klorlanmış atık su), iki sulama yöntemi (damlama ve karık sulama) ve iki sulama uygulamasını (tam sulama ve kısmi kök kuruluğu tekniği (%70)) kombinasyonlu olarak denemişlerdir. Damla sulama-kısmi kök kuruluğu tekniği ile filtrelenmiş atık su ve klorlu atık su uygulamalarından elde edilen verimin yer altı suyu uygulamasından daha fazla olduğunu ortaya koymuşlardır. Ayrıca, atık suyun bitkide ve meyvelerde kurşun miktarını arttırdığını tespit etmişlerdir. Buna göre; çalışma sonucunda atık suların bitki verimini arttırdığını, ancak arıtma yöntemine göre bitkilerde ağır metal miktarının değiştiğini bildirmişlerdir.

Thapliyal vd. (2013), biber bitkisinde yapmış oldukları bir çalışmada arıtılmış ve arıtılmamış suların bitki ve meyve üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Arıtılmamış su uygulamalarının, arıtılmış su uygulamalarına kıyasla klorofil a, klorofil b ve karoten içeriğini arttırdığını belirtmişlerdir.

Tunç (2013), yapmış olduğu bir çalışmada atık su kombinasyonları ile karnabahar ve kırmızı lahana yetiştirmiştir. Çalışmasında temiz su (normal sulama suyu), filtre edilmiş atıksu, filtre edilmiş ve havalandırılmış atıksu; filtre edilmiş 1:1 oranında temiz su ile seyreltilmiş atıksu kullanmıştır. Denemeler sonunda, atık su uygulamalarının verimi arttırdığını, bununla birlikte ağır metal içeriklerinde de artış meydana getirdiğini tespit etmiştir. Ancak, filtre edilmiş ve filtre edilip havalandırılmış atık suların kısa vadede, seyreltilmiş atık suların ise uzun vadede herhangi bir probleme neden olmadan kullanılabilceği sonucuna varılmıştır.

Cherfi vd. (2015), tarafından yapılan bir araştırmada, arıtılmış atık su ile sulanan sebzelerin ağır metal içeriği insan sağlığı açısından değerlendirilmiştir. Araştırma sonucunda, arıtılmış sularla sulanan hıyar, domates ve patates meyvelerinin, herhangi bir marketten satın alınanlara kıyasla daha az ağır metal içerdiği tespit edilmiştir.

Tunç ve Şahin (2016), yaptıkları bir çalışmada atık suların kırmızı lahanada verim, büyüme, ağır metal, su kullanım etkinliği ve toprak özelliklerine olan etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada üç farklı su kalitesi [(birincil, ikincil, birincil:temiz su (1:1)] kullanılmıştır. Lahanada en yüksek verim birincil ve ikincil sulama sularından elde edilmiştir. Ağır metal içerikleri açısından birincil su uygulamasının Cd içeriği açısından belirlenen limitlerin üzerinde bulunduğu; birincil ve ikincil sularında ağır metal içeriklerini arttırdığı tespit edilmiştir. Sonuç olarak birincil:temiz su 1:1 kullanılması önerilmektedir.

Benzer olarak, Tunç ve Şahin (2017), tarafından yapılan başka bir çalışmada ise; üç farklı arıtılmış su kalitesinin (filtrelenmiş, havalandırılmış ve seyreltilmiş) ile karnabaharda büyüme, verim ve ağır metal içerikleri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu çalışmada, filtrelenmiş atık su ile sulanan ürünlerde yaprak sayısı, bitki uzunluğu, taç çapı ve yüksekliği, ağırlık ve taç verimi diğer uygulama gruplarına kıyasla daha yüksek bulunmuştur; ancak ağır metal içerikleri açısından da en yüksek değerlerin bu uygulama ile ortaya çıktığı tespit edilmiştir. Ayrıca, filtrelenmiş ve havalandırılmış atık suların toprakta organik madde ve toplam azot (N), dipotasyum oksit (K<sub>2</sub>O) ve fosfor pentoksit (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) içeriklerini arttırmış olsa da, tuzluluğu da yoğun bir şekilde arttırdığı görülmüştür. Sonuç olarak, seyreltilmiş atık suların dikkatli bir şekilde kullanılabilceği vurgulanmıştır.

Leblebici ve Özyürek (2017), dört farklı bitki türünü (domates, biber, soğan ve fasulye) farklı su kaynaklarından (kuyu, ırmak, kanal, dere) faydalanarak sulamışlardır. Domates sebzesinde ağır metal birikiminin çoktan aza doğru kök, gövde, yaprak ve meyvelerde bulunduğunu tespit etmişlerdir.

Cheshmazar vd. (2018), yeraltı suyu ve atık sularla sulanan bazı sebzelerde (marul, ıspanak, lahanada, soğan, patates, domates ve yeşil biber) ve toprakta ağır metal kalıntısının (Cd, Pb, Mn, Zn, Cu, Cr) olup olmadığını araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda, sebzelerde tespit edilen Cd ve Pb metal içeriklerinin, Avrupa Birliği'nin belirlediği standartların üzerinde çıkmıştır. Bu nedenle, sebzelerin sulanmasında atık sular

kullanılırken, ağır metal birikimine yol açmayacak uygulamaların yapılması gerektiği tespit edilmiştir.

Gatta vd. (2018), tarafından yürütülen bir çalışmada enginar bitkisi ikinci ve üçüncül derecede arıtılan atık sular ile sulanarak yetiştirilmiştir. Bunun sonucunda, toprakta ve bitkideki Al, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, Ni, Pb, Zn ve Mn içerikleri araştırılmıştır. Atık su ile sulanıp, hasat edilen enginar başlarındaki ağır metal içeriklerinin, uluslararası eşik değerinin altında çıktığı belirlenmiştir. Özellikle, enginar başlarının tüketimi için belirlenen zarar indeksi, yetişkin ve çocuklar için <1.0 mg olarak bulunmuştur. Böylece, başların tüketilmesinin insan sağlığı açısından olumsuz bir etkisinin bulunmadığı ortaya konmuştur.

Hussain vd. (2019), havuç, turp ve ıspanakta atık sular ile sulamanın ağır metal kalıntıları üzerine yaptıkları bir çalışmada, ağır metallerin sırasıyla en fazla kökte, yaprakta ve meyvede biriktiğini tespit etmişlerdir. Yapraklarda tespit edilen Cd, Co, Cu, Mn ve Zn konsantrasyonlarının, literatürde belirtilen toksik limit değerlerinin altında çıktığı tespit edilmiştir. Ayrıca, yetişkinlerde günlük Cu, Fe, Zn ve Mn alım limitlerinin sırası ile 1,2-3.0 mg, 10 mg ve 10 mg olarak belirlendiğini ve bu çalışmanın sonuçlarına dayanarak arıtılmış atık su ve musluk suyu ile yetiştirilen bitkilerin tüketilmesinin neredeyse risksiz olduğunu ortaya koymuşlardır.

Akbudak ve Biçen (2020), iki farklı marul çeşidinde şebeke suyu ve arıtılmış su uygulamalarının verim ve kalite parametreleri üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Arıtılmış su uygulamalarının marul bitkilerinde pazarlanabilir verim, bitki başına yaprak sayısı, bitki boyu, çapı, kök uzunluğu, toplam klorofil miktarı parametreleri bazında kontrol grubuna kıyasla artış sağladığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, arıtılmış su ile sulanan marulların nitrat içeriğinin yüksek olduğunu ve çeşitler arasında ağır metal içerikleri bakımında da önemli farklılıklar bulunduğunu belirtmişlerdir. Sürdürülebilir tarım uygulamalarında uzun vadede su tasarrufu sağlayabilmek için ağır metallerle toleranslı marul çeşitlerinin kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

*Brassicaceae* familyasına ait olan dört tür olan *B. campestris*, *B. juncea*, *B. napus* ve *B. Nigra*'da üç farklı su kalitesi (%100 atık su, %50 arıtılmış su, şebeke suyu) ile büyüme parametreleri ve ağır metal birikimleri incelenmiştir. %100 atık su ve %50 arıtılmış su uygulamalarında bitkilerin yaş ve kuru ağırlıklarında artış olduğu görülmüştür. Tohumlarda yapraklara kıyasla daha fazla ağır metal bulunmuştur. Ayrıca, bitkilerde sulamalar sonrasında tespit edilen Ni, Pb ve Cu konsantrasyonlarının sınır değerlerin üzerinde olduğu ve tüketilmesinin sağlık açısından tehlikeli olabileceği belirtilmiştir (Sahay vd., 2020).

Hayat vd. (2021), farklı sebze türlerini (ıspanak, şalgam, patlıcan, lahana, bal kabağı, kişniş ve turp) kırk yıldır atık su ile sulanan arazide yetiştirmişler ve sebzelerdeki ağır metal (Cu, Pb, Cd, Fe, Mn, Zn ve Ni) miktarlarını tespit etmeye çalışmışlardır. Çalışmanın sonucunda, toprak altı organları tüketilen sebzelerdeki ağır metal içeriğinin diğerlerine göre daha fazla olduğu ortaya çıkmıştır. Ayrıca, meyvesi tüketilen sebzelerdeki ağır metal birikiminin, yaprakları tüketilenlere göre daha az olduğu tespit edilmiştir.

Zambi ve Akbudak (2022), yaptıkları çalışmada iki farklı biber çeşidinde arıtılmış ve arıtılmamış atık su ile şebeke suyunun verim ve kalite parametreleri üzerine etkilerini incelemişlerdir. Yapılan çalışmada, arıtılmamış atık su ile sulanan bitkilerin toplam verim bakımından diğer uygulama gruplarından daha üstün sonuçlar verdiğini belirtmişlerdir. Ayrıca, kalite parametreleri, bakımından da diğer gruplar arasında önemli derecede farklılıklar ortaya çıkmıştır. Arıtılmış ve arıtılmamış atık sularla sulanan biberlerde, ağır metal birikiminin olmadığını ve incelenen biber çeşitlerinin sulanmasında atık suların kullanılabilmesini belirtmişlerdir.

### **2.3. Atık Su ile Yapılan Sulama Uygulamalarının Sebzelerde Mikrobiyolojik Yük Üzerine Etkileri**

Atık suların sebze yetiştiriciliğinde değerlendirilmesi için üzerinde durulması gereken önemli bir konu, suların mikrobiyolojik yük içeriklerinin tespit edilmesi gerektiğidir. Özellikle atık sular ile yetiştirilen kök, yaprak ve meyveleri tüketilen sebzeler ile *E. Coli*, *Salmonella* ve *Listeria monocytogenes* gibi bakterilerin insanlara bulaşabileceği ve beraberinde sağlık sorunlarını ortaya çıkabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle, yapılan

çalışmalarda, atık sular ile sulanan sebzelerin tüketilen organlarının mikrobiyal yük içerikleri yapılan analizler ile belirlenmeye başlanmıştır. Bu bölümde, atık su ile yapılan sulama uygulamalarının sebzelerde mikrobiyolojik yük riskine neden olup olmadığı ile ilgili literatürde yer alan çalışmalardan bahsedilmiştir.

Forslund vd. (2012), yaptıkları bir çalışmada, domates yetiştiriciliğinde yüzey ve toprakaltı damlama sulama yöntemi ile şebeke suyu ve arıtılmış su uygulamalarını kombinasyonlu olarak denemişlerdir. çalışmanın sonucunda ise; hasat edilen domates meyvelerinde *Escherichia coli* analizi yapmışlardır. Buna göre; domatesin arıtılmış su ile sulanmasında, *Escherichia coli* açısından herhangi bir risk bulunmadığı ve meyvelerin tüketilebileceğini ortaya koymuşlardır.

Castro vd. (2013), atık su ve içilebilir su ile sulanan marul bitkilerinde, mikrobiyal aktivite yoğunluğunu araştırmışlardır. Buna göre; atık sular ile sulanan marul yapraklarında toplam koliform, fekal koliform, fekal streptokok ve clostridium bulaşımının içme suyu ile sulanana bitki yapraklarına göre daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir. çalışmanın sonucunda, atık sular ile sulamanın kontrollü olarak yapılması gerektiğini ve aksi takdirde tarımda atık su kullanılmasının önemli problemlere yol açabileceğini vurgulamışlardır.

Quansafi vd. (2021), tarafından yapılan bir çalışmada, atık su uygulamalarının patlıcan meyvelerindeki enzim aktivitesi ve mikrobiyolojik özellikler üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, içme suyu, arıtılmamış atık su ve arıtılmış atık su olmak üzere 3 farklı sulama suyu kullanılmıştır. çalışma sonuçları incelendiğinde, atık su uygulamalarının verimi arttırdığı tespit edilmiştir. Patlıcan meyvelerinin mikrobiyal içerikleri incelendiğinde ise; hiçbir uygulama grubunda, *Vibrio cholerae*, *Salmonella enterica* ve *faecal streptococcus* bakterilerine rastlanmadığı belirtilmiştir.

Saab vd. (2021), patlıcan bitkisinde yapmış oldukları bir çalışmada iki farklı su kaynağı (şebeke ve arıtılmış su) ile iki farklı tarımsal uygulamayı (malçlı ve malçsız yetiştiricilik) denemişlerdir. çalışma sonucunda, meyvelerde *Fecal streptococci*, *Salmonella* veya *E. Coli* tespit edilmediğı ortaya konmuştur. Ayrıca, Dünya Sağlık Örgütü Yönergeleri

izlenerek, damla sulama, ürün yıkama, dezenfeksiyon ve ürün soyma gibi yöntemler ile ürünlerde bulunabilecek mikrobiyolojik tehlikelerin azaltılabileceğini belirtmişlerdir.

Saab vd. (2022), yaptıkları başka bir çalışmada ise dört farklı sebze (turp, maydanoz, soğan ve marul), üç farklı su kalitesi (şebeke suyu, nehir suyu ve arıtılmış atık su) ve üç farklı sulama yöntemi ile (damlama, yağmurlama ve salma) bitki yetiştiriciliği yapmışlardır. Çalışma kapsamında, sebzelerde *Escherichia coli* ve *Salmonella* varlığını incelemişlerdir. Buna göre; arıtılmış atık su uygulamalarının sebzelerde diğer su kaynaklarına kıyasla olumsuz bir etkiye sahip olmadığı tespit edilmiştir. Arıtılmış atık su ile sulanan maydanoz ve marulun güvenle tüketilebileceği; soğan ve turp ise kontrollü koşullarda, analizleri yapılarak tüketilebileceği belirlenmiştir.

#### **2.4. Kısıntılı Sulama Uygulamalarının Sebzelerde Verim ve Kalite Parametreleri Üzerine Etkileri**

Sürdürülebilir tarım gelecekte olumsuz çevre koşullarını azaltarak ve doğal kaynakları en etkin biçimde kullanarak üretim yapılmasını amaçlayan bir üretim şekli olmakla birlikte; aynı zamanda bitkisel üretimde verim artışını da hedeflemektedir. Dünya'daki doğal su kaynaklarının kısıtlılığının artması ile birlikte; yaşamın vazgeçilmez kaynağı olan suyun, kullanım alanlarında da artışlar meydana gelmesi, su tasarrufu yapılmasının gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır. Bu amaçla, suyun bitkisel üretimde de kontrollü şekilde kullanılarak; gereksiz su kullanımının önüne geçen kısıntılı sulama uygulamaları gibi alternatif sulama yöntemlerine önem verilmelidir. Bu bölümde, kısıntılı sulama uygulamalarının sebze yetiştiriciliğinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkilerini araştıran çalışmalara yer verilmiştir.

Cemek vd. (2005), tarafından yapılan bir çalışmada hıyar bitkisinin sulama suyu miktarının büyüme, gelişme ve verime etkisinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Söz konusu çalışmada, sulama suyu miktarı A sınıfı buharlaşma kabından faydalanılarak dört farklı sulama düzeyinde ( $Kp1= 0,60$ ,  $Kp2=0,80$ ,  $Kp3=1,00$ ,  $Kp4=1,20$ ) ve nem açığına göre günde bir kez sulama yapılmıştır. Konulara ilişkin ortalama mevsimlik sulama suyunun, bitki su tüketimi ve verim sırasıyla 478-1108 mm, 498-1316 mm ve 82-132.5 kg/m değerleri arasında değiştiği bildirilmiştir. Araştırma sonucunda, hıyarın sera koşullarında

buharlaşma kabı katsayısının 1,0 alınarak sulanabileceği ifade edilmiştir. İlave olarak araştırmada, sulama suyu ve bitki su tüketimine bağlı olarak bitki büyüme parametrelerinde (bitki boyu, gövde çapı) önemli değişimlerin gözlemlendiği bildirilmiştir.

Şimşek vd. (2005), açıkta hıyar yetiştiriciliğinde dört farklı sulama programını (%50 ETc, %75 ETc, %100 ETc ve %125 ETc) çalışmışlardır. Yetiştiricilik sonrasında yapılan kalite analizlerinde, hıyarın fazla suya hassasiyet gösterdiği ve bu nedenle %125 ETc uygulamasının kullanılmaması gerektiği belirtilmiştir. Ayrıca, verim açısından en iyi sonucu veren uygulamanın %100 ETc olduğu; ancak kurak bölgeler için ise %75 ETc uygulamasının da kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Yıldırım vd. (2009), Ankara koşullarında yürüttükleri bir çalışmada, Kırkağaç çeşidi kavun bitkisinde farklı kısıntılı sulama programlarını, damla sulama yöntemi kullanarak uygulamışlardır. Buna göre; uygulamaların bitki verim ve kalitesi üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Sonuç olarak, Kırkağaç çeşidi kavun bitkilerine tam sulama suyu miktarının %75'i kadar su verilerek yapılan sulama uygulamasının, verim açısından en faydalı sonucu verdiğini bildirmişlerdir.

Al-Omran ve Louki (2011), tarafından yürütülen bir çalışmada hıyar bitkisinde damlama sulama sistemi ile %100 ETc, %80 ETc, %60 ETc ve %40 ETc seviyelerinde sulama uygulamaları yapılmıştır. Buna göre; %100 ETc uygulamasından en yüksek verim alınmıştır. Ancak, %80 ETc uygulaması ile verimde çok az düşüş meydana gelse de; su kullanımı, ilaçlama ve gübreleme giderlerinde tasarruf sağlaması nedeni ile bu uygulamanın da kullanılabilir olduğu belirtilmiştir.

Patanea vd. (2011), domates bitkisinde yapmış oldukları bir başka çalışmada ise hiç sulanmayan (V0), tam sulama (V100), %50 ETc (V50) ve çiçeklenmeye kadar %100 ETc, sonrasında %50 ETc (V100-50) olacak şekilde 4 farklı sulama rejimi geliştirmişlerdir. Çalışma sonucunda pazarlanabilir verim açısından, parseller arasında önemli ölçüde farklılık ortaya çıkmazken; V100-50'de %30,4 ve V50'de %46,2 oranında sulama suyu tasarrufu sağlanmıştır. V0 uygulaması ile bitkilerin su kıtlığından fazlaca etkilendiği ve %44'ün üzerinde meyve kaybı oluştuğunu belirtmişlerdir. Genel olarak,



uygulanan kısıntılı sulama rejimlerinin meyve verimini arttırdığını; meyvelerin toplam çözünür katı içeriği, titre edilebilir asitlik oranı ve C vitamini içeriklerini de arttırarak meyve kalitesini olumlu yönde etkilediğini tespit etmişlerdir.

Xu ve Leskovar (2014), Pennant ve Rio Grande lahanası çeşitlerinde yapmış oldukları çalışmada, %50 ve %75 ETc kısıntılı sulama uygulamalarını çalışmışlardır. Çalışmanın sonucunda, %50 ETc uygulaması ile iki çeşitte de baş taze ağırlık, boyut, pazarlanabilir ve toplam verim, bitki yaprak alanı, yaprak oransal su kapsamında düşüşler yaşandığı tespit edilmiştir. Ancak; %75 ETc uygulamasında bitki boyutu, ağırlığı ve pazarlanabilir ürün miktarı azalsa da klorofil ve karatoneid miktarının arttığını belirtmişlerdir. Lahana baş kuru ağırlığı ise kısıntılı sulama uygulamalarından etkilenmediğini bildirmişlerdir. %75 ETc uygulaması ile lahanaların baş boyutunda %12 oranında düşüş yaşansa da; bu uygulama ile %16 oranında su tasarrufu sağlaması nedeni ile de uygulamanın kullanılabilir olduğu sonucuna varılmıştır.

Alrajhi vd. (2015), domates bitkisinde atık su, şebeke suyu ve yağmur suyu olmak üzere üç farklı su kalitesi ile tam sulama (%100 ETc), kısmi kök kuruluğu %75 ve %50, kısıntılı sulama %75 ve %50 olacak şekilde beş farklı sulama seviyesini birlikte uygulamışlardır. Kısmi kök kuruluğu %75 uygulaması ile en düşük toprak tuzluluk oranı elde edilmiştir. Sulama seviyeleri karşılaştırıldığında, sodyum absorpsiyon oranı (SAR) önemli bir fark yaratmazken, atık su uygulaması SAR miktarını arttırmıştır.

Demir (2016), domates bitkisinde yaptığı bir araştırmada, Bingöl Atık Su Arıtma Tesisi'nden alınmış arıtılmış atık su ve Gayt Barajı'ndan açık sulama kanalına bırakılan sulama suyu olmak üzere iki farklı su kaynağını kullanmıştır. Çalışma kapsamında, beş farklı sulama rejimini %100 (tam sulama), %75 D, %50 D (D; kısıntılı sulama); %75 PRD ve %50 PRD (PRD kısmi kök kuruluğu) denemiştir. Çalışmada, suların uygunluk kriterlerine bakılmasının yanı sıra su tüketimleri, su kullanım etkinlikleri de incelenmiştir. Sonuç olarak, arıtılmış atık sular ile verim artışının daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Tam sulama uygulamalarında da verim artışı sağlanırken; PRD ve D uygulamalarında verim açısından benzer değerler ortaya çıkmıştır.

Abd Elkareem vd. (2017), hıyar bitkisinde farklı sulama seviyeleri (%100 ETc, %90 ETc, %80 ETc ve %70 ETc) ve farklı gübreler çeşitlerini (kimyasal, hümik ve deniz yosunu) kombinasyonlu olarak denemişlerdir. Çalışmanın sonuçları, toplam verim, etkin su kullanımı ve net gelir açısından değerlendirdiğinde; deniz yosunu gübresi ile %30 oranında yapılan kısıntılı sulamanın, kimyasal gübre kullanarak %100 ETc oranında yapılan sulamadan daha verimli olduğunu tespit etmişlerdir.

Bozkurt ve Mansuroğlu (2017), serada yapılan hıyar yetiştiriciliğinde üç farklı damla sulama lateral derinliği (D0, D10 ve D20) ve altı sulama suyu düzeyi (I20, I40, I60, I80, I100 ve I120) konularında çalışmışlardır. Sonuç olarak; toprakaltı damla sulama yönteminin uygun lateraller seçilerek, serada hıyar yetiştiriciliğinde kullanılabileceği; özellikle D10 uygulamasının en iyi sonucu verdiği tespit edilmiştir. Kısıntılı sulama uygulamalarında ise en yüksek verimin I80 uygulamasından elde edildiği belirlenmiştir. Ancak, su sıkıntısı yaşanan bölgelerde DI60 uygulaması ile meydana gelen verimdeki düşüşün kabul edilebilir olduğu ve bu uygulamaların kullanılabileceği ortaya konmuştur.

Çolak vd. (2017), patlıcan bitkisinde en yüksek verim ve kaliteyi bulmak için iki farklı sulama aralığı üç gün (SA3) ve altı gün (SA6) ile dört farklı sulama düzeyi (%100 ETc, kısıntılı sulama; %50 ETc, %75 ETc, KS75 ve kısmi kök kuruluğu, PRD50) denemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, su sıkıntısının olmadığı koşullarda, üç gün sulama aralığında, %100 ETc uygulaması önerilmiştir. Suyun kısıtlı olması durumunda ise üç gün sulama aralığında %75 ETc uygulamasının önerilebileceği belirlenmiştir.

Hossain vd. (2017), tarafından domates ve hıyar bitkisinde yapılan bir çalışmada %100 ETc, %85 ETc, %75 ETc ve %65 ETc olmak üzere 4 farklı sulama seviyesi belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda; hıyar bitkisinde en yüksek verim 11,16 kg/m<sup>2</sup> ile %85 ETc uygulamasından elde edilirken; verim parametresi açısından %65 ETc uygulaması hariç diğer uygulamalar arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark bulunmadığı saptanmıştır.

Kaman vd. (2017), hıyar bitkisinde yapmış oldukları bir çalışmada, kontrol grubu hariç olmak üzere yedi farklı sulama konusunu ele almışlardır. Bunlar arasında, kısıntı

yapılmayan tam sulama konusu K100 olarak belirtilmiştir. KS75 ve KS50, %25 ve %50 kısıntılı sulama konularını ifade etmektedir. Yarı ıslatmalı sulama (YIS) konularının sayısı ise dört olup; AYIS75 ve AYIS50 sırasıyla %25 ve %50 kısıntı yapılan ve her sulamada ıslak ve kuru kısımların yer değiştiği sulama konuları olarak denemiştir. Çalışma sonucunda, sulama suyunun kısıntı düzeyi artıkça verimde azalma meydana geldiği saptanmıştır. Sonuç olarak, hıyar yetiştiriciliğinde, eğer %25 su kısıntısı yapılırsa, sulamaların sabit yarı ıslatmalı sulama (SYIS75) tekniği ile yapılması gerektiği önerilmiştir.

Kuşçu (2017), Bursa ilinde yürüttüğü bir çalışmada, kavun bitkisinde farklı sulama uygulamalarını deneyerek, uygulamaların ekonomik analizlerini yapmıştır. Fide döneminden hasada kadar olan dönemde, hesaplanan bitki su tüketimi (ETc) miktarına göre; farklı sulama suyu düzeyleri (S1: %125 ETc, S2: %100 ETc, S3: %75 ETc, S4:%50 ETc ve S5: %25 ETc) belirlemiştir. Ayrıca, çiçeklenme, verim oluşumu ve olgunlaşma dönemlerinin başlangıcına kadar %100 ETc bu dönemlerden sonra ise %50 ETc (sırasıyla S6, S7 ve S8) düzeyinde olacak şekilde bir sulama programı oluşturmuştur. Çalışmanın sonucunda, tüm göstergeler (verim, ekonomik su etkinliği, maliyet hesaplaması) birlikte dikkate alındığında, meyve olgunlaşma döneminin başlangıcına kadar %100 ETc, sonraki dönemde ise %50 ETc düzeyinde sulama suyu kullanımının faydalı sonuçlar verdiğini tespit etmiştir.

Zhang vd. (2017), domates bitkisini farklı sulama düzeyleri kullanarak (%40 ETc, 50, 60, 70, 80 ve 100) yetiştirmişlerdir. Verim açısından, en iyi sonucun % 80 ETc uygulaması ile elde edildiğini bildirmişlerdir.

Barzegar vd. (2018), kavun bitkisinde yaptıkları bir çalışmada, ilk yıl, %100, 66 ve 33 ETc; ikinci yıl ise %100, 70 ve 40 ETc sulama seviyelerini denemişlerdir. Her iki yılda da en yüksek verim %100 ETc uygulamasından elde edilirken, %33 ve 40 ETc uygulamalarında bitki boyu ve yaprak alanının azaldığı tespit edilmiştir. Kısıntılı sulama uygulamalarının yaprak oransal su kapsamı, C vitamini ve meyve sertliğini azalttığını; antioksidan enzim aktivitesini, prolin ve suda çözünebilir kuru madde miktarını arttırdığını belirtmişlerdir. Ancak, su stresinin yaşandığı bölgelerde, %70 ve %66 ETc

uygulamalarının verimi sırasıyla %28,5 ve 38,2 oranında düşürse de kullanılabilir nitelikte olduğunu bildirmişlerdir.

El-Mageeda vd. (2018) tarafından hıyar bitkisinde yapılan bir çalışmada, iki farklı üretim zamanı (yaz ve sonbahar) ve dört farklı sulama konusu araştırılmıştır (%100, 80 60 ve 40 ETc). Çalışmanın sonucunda, sonbahar yetiştiriciliğinde su kullanım miktarının %64 arttığı belirlenmiştir. Verim ve kalite parametreleri açısından ise; %80 ETc uygulaması ile tam sulama uygulaması arasında önemli bir fark bulunmadığı ve su kısıntısının bulunduğu bölgelerde %80 ETc uygulaması önerilmiştir.

Najafabadi vd. (2018), altı farklı karpuz çeşidinde (TN-94-766, TN-94-769, TN-94-545, TN-94-485, Crimson Sweet ve yabancı tür karpuzda) yaptıkları bir araştırmada, bitkileri 4 farklı sulama seviyesinde (%100, 80, 60 ve 40 ETc) yetiştirmişlerdir. Sulama uygulamaları sonucunda, %40 ETc uygulaması ile tüm çeşitlerin yaprak alanı ve sürgün uzunluğunun azaldığını ve kök uzunluğunun ise arttığını bulmuşlardır. Ayrıca, yabancı karpuz türünün, su stresine diğer çeşitlere kıyasla en dayanıklı olduğunu ve en yüksek askorbat peroksidaz seviyesini içerdiğini tespit etmişlerdir. TN-94-766 çeşidinde ise; %60 ETc uygulamasının diğer uygulamalara kıyasla daha yüksek katalaz ve guaiakol peroksidaz aktivitesi içerdiğini ve en yüksek meyve verimi ile daha uzun kök uzunluğu meydana getirdiğini belirtmişlerdir.

Hossain vd. (2018), tarafından hıyar bitkisinde yürütülen bir başka çalışmada ise, farklı sulama seviyeleri ve gübre uygulamaları denenmiştir. Bu amaçla, %65 ETc, %75 ETc ve %85 ETc sulama seviyeleri ile N1-K1 (285-305 kg/hm<sup>2</sup>), N2-K2 (420-435 kg/hm<sup>2</sup>) ve N3-K3 (530-565 kg/hm<sup>2</sup>) gübre uygulamaları belirlenmiştir. Ayrıca, çalışma çiftçi koşullarında da denenerek, %100 ETc ve NPK gübresi kullanılmıştır. Sonuç olarak, en yüksek verim 129.99 ton/hm<sup>2</sup> ile %85 ETc, N2 ve K1 uygulamalarının kombinasyonlarından elde edilmiştir. %85 ETc uygulaması diğer kısıntılı sulama uygulamalarına kıyasla yaklaşık %10 oranında daha fazla verim sağlamıştır. Ayrıca, kısıntılı sulamanın farklı gübre kombinasyonları ile birlikte denendiğinde, verim ve kalitede kayıplara neden olmadan uygulanabileceği belirlenmiştir.

Abdelkhalika vd. (2019), karpuz bitkisinde yapmış oldukları bir çalışmada, iki yıl boyunca farklı sulama stratejilerini denemişlerdir. İlk yıl %100 ETc, %75 ETc ve %50 ETc uygulamalarını; ikinci yıl ise vejetatif büyüme, meyve gelişimi ve meyve olgunlaşma aşamalarında aynı sulama kombinasyonlarını denemişlerdir. Sonuç olarak kısıntılı sulama uygulamalarının kuru biyokütle, toplam ve pazarlanabilir verim, ortalama meyve ağırlığı, meyve sayısı, hasat indeksi ve pazarlanabilir meyve kalitesinde azalmaya yol açtığı tespit edilse de sulama suyunun kısıtlı olduğu bölgelerde kısıntılı sulama uygulamalarının kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Campia vd. (2019) tarafından iki çeşit kuşkonmaz bitkisinde (Grande ve Italo) yapılan bir çalışmada, çeşitli sulama uygulamaları incelenmiştir. Tam sulama olan %100 ETc ve %50 ETc, uygulamaları ile ilk yıl sulama yapıp, ikinci yıl sulama yapılmadan dört farklı uygulama kombinasyonu denenmiştir. Yapılan uygulamalar arasında en yüksek verim tam sulama uygulamasından alınmıştır (6,4 ton/ha). %50 ETc uygulaması ile %13 oranında verim düşüşü (5,6 ton/ha) meydana gelmiştir. Çalışma sonucunda, %50 ETc uygulamasının az miktarda verimde düşüşe sebep olduğu belirlense de, %34 oranında su tasarrufu sağladığı bildirilmiştir.

Omotade ve Babalola (2019), yaptıkları bir çalışmada damlama sulama sistemi kullanarak dört farklı sulama seviyesi (%100 ETc, %80 ETc, %60 ETc ve %40 ETc) belirlemişlerdir. %100 ETc uygulamasında bitki boyu ve yaprak sayısı diğer uygulama gruplarına göre daha fazla çıkarken, en yüksek verim (1059,3 kg/ha), en yüksek meyve uzunluğu ve meyve çapı %80 ETc uygulamasından elde edilmiştir. En düşük verim (85,2 kg/ha) ise %40 ETc uygulamasından elde edilmiştir. Çalışmanın sonucunda, damla sulama sistemi ile birlikte, %80 ETc uygulamasının kullanılabileceği belirtilmiştir.

Singh vd. (2019), tam sulama, kısıntılı sulama ve kısmi kök bölgesi kuruluğu konularını ele alarak derlediği bir çalışmada; kısıntılı sulama ve kısmi kök bölgesi kuruluğu uygulamalarının su tasarrufu sağlaması nedeni ile sürdürülebilir tarım için önerilebilir olduğunu belirtmiştir. Ayrıca, kısıntılı sulama konuları ile ilgili yürüttüğü 134 çalışmanın %52'sinde, verim açısından tam sulama uygulamaları ile kısıntılı sulama uygulamaları arasında istatistiksel olarak fark çıkmadığını vurgulamıştır. Benzer olarak hıyar bitkisinde

yaptığı sekiz kısıntılı sulama çalışmasının %25'inde de, %100 sulama uygulaması ile kısıntılı sulama uygulamaları arasında verim açısından istatistiksel olarak önemli bir farkın bulunmadığını açıklamıştır.

Abdelraouf vd. (2020), örtüaltında hıyar yaptıkları hıyar yetiştiriciliğinde, iki farklı sulama yöntemi (manuel ve otomatik) ve üç farklı sulama seviyesini (%100 ETc, %80 ETc ve %60 ETc) kullanmışlardır. Çalışmanın sonucunda, en yüksek verim %100 ETc uygulamasından elde edildiğini; ancak %80 ETc uygulaması ile arasında istatistiksel olarak önemli bir fark bulunmadığını belirtmişlerdir. Böylece, verimde kayıp meydana getirilmeden; %20 oranında su tasarrufu sağlanması nedeni ile bu çalışmanın sonuçlarının kullanılabilir olduğunu bildirmişlerdir.

Nikbakht vd. (2020), hıyar yetiştiriciliğinde farklı su seviyeleri ile (%100 ETc, %80 ETc ve %60 ETc) ve farklı salisilik asit kombinasyonlarını (3.0, 1.5 ve 0.0 mM) birlikte denemişlerdir. Kontrol bitkisi olarak; %100 ETc ve 0 mM salisilik asit uygulamasını temel almışlardır. Buna göre; %100 ETc ve 3.0 mM salisilik asit uygulaması ile hıyar meyvelerinde klorofil miktarının %32 oranında arttığını tespit etmişlerdir. Sonuç olarak; bitki başına düşen meyve sayısı, toplam verim ve su kullanım etkinliği de değerlendirildiğinde; %80 ETc ve 3.0 mM salisilik asit uygulamasının önerilebileceğini belirtmişlerdir.

Valcárcela vd. (2020), domates bitkisinde iki yıl boyunca yapmış oldukları çalışmada, üç farklı sulama seviyesinde yaptıkları sulama uygulamalarının, bitkinin farklı gelişim periyotları üzerindeki etkilerini incelemişlerdir. Sulama seviyeleri olarak %100 ETc, %75 ETc ve %50 ETc belirleyerek; meyve tutumu sonrasında kısıntılı sulama uygulamalarını gerçekleştirmişlerdir. Kısıntılı sulama uygulamaları ile meyvelerde suda çözünebilir kuru madde içeriği artarken; fruktoz, glikoz, sitrik asit, glutamik asit ve malik asit seviyelerinde azalma meydana gelmiştir. Bunun yanı sıra; %75 ETc uygulaması ile %26,1 oranında su tasarrufu sağlanmış, ancak verimde %10,7 oranında azalma meydana gelmiştir. Tüm parametreler birlikte dikkate alındığında; %75 ETc uygulamasının önerilebileceği sonucuna varılmıştır.

Parkash vd. (2021), iki farklı hıyar çeşitinde (Poinsett 76 ve Marketmore 76) iki yıl tekrarlamalı olarak yaptıkları bir çalışmada dört farklı sulama seviyesini (%100 ETc, %80 ETc, %60 ETc, ve %40 ETc) kombinasyonlu olarak kullanmış ve kısıntılı sulamanın hıyarda verim, bitki büyüme ve gelişme parametreleri ile fizyolojik özellikler üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. Çalışma kapsamında; stoma iletkenliği, terleme ve fotosentez hızı, hücreler arası CO<sub>2</sub> konsantrasyonu ve yaprak alanının su kullanım etkinliği ile toplam meyve verimi parametreleri incelendiğinde; her iki çeşit için de %80 ETc uygulamasının kullanılabilir olduğunu belirlemişlerdir.

### **3. MATERYAL ve YÖNTEM**

Bu araştırma, Nisan 2020 – Eylül 2022 tarihleri arasında Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Örtüaltı Araştırma ve Uygulama Serası ile Hasatsonu Fizyoloji Laboratuvarı'nda yürütülmüştür.

#### **3.1. Materyal**

##### **3.1.1. Bitki Özellikleri**

Bu çalışmada, bitkisel materyal olarak; Dikmen Tarım Ltd. Şti. firmasından temin edilen iki farklı hıyar (*Cucumis sativus* L.) çeşiti (Elzem F1 ve MH-102 F1) kullanılmıştır. Denemede kullanılan hıyar çeşitleri açıkta ve örtüaltı yetiştiriciliğine uygun olup; güçlü bitki yapısına sahip ve boğum araları kısadır. Meyveleri pürüzsüz yapıda olup; badem tipindedir ve taze tüketimde değerlendirilmektedir (Anonim, 2023). Elzem F1 ve MH-102 F1 hıyar çeşitlerine ait tohumlar denemelerde kullanılmaya kadar hermetik olarak kapatılmış cam kavanozlarda ve buzdolabında  $4\pm 1^{\circ}\text{C}$ 'de muhafaza edilmiştir.

##### **3.1.2. Sulama Suyu Özellikleri**

Araştırmada sulama suyu olarak; şebeke suyu, arıtılmış atık su ve aktif çamur suyu olmak üzere üç farklı kalitede su kullanılmıştır. Sulama suyu olarak kullanılan arıtılmış sular, Bursa Büyükşehir Belediyesi, Bursa Su ve Kanalizasyon İdaresi Genel Müdürlüğü'ne (BUSKİ) bağlı Batı Atıksu Arıtma Tesisi'nden temin edilmiştir. Denemede kullanılan aktif çamur suyu (AÇS), tesise gelen atık suların ön arıtma ve biyolojik arıtma (biyolojik fosfor, biyolojik azot ve karbon giderimi ve son çöktürme) işlemlerinden sonra, çamurun havalandırılması sırasında elde edilen sudur. Arıtılmış atık su (AAS), biyolojik arıtma işlemini takiben oluşan arıtma çamurunun giderilmesi ile son çökeltim sonrası elde edilen deşarj suyudur. Şebeke suyu (ŞS) ise; Bursa Dobruca İçme Suyu Arıtma Tesisi'nde tüm arıtma işlemleri tamamlanarak, Avrupa Topluluğu İçme Suyu Standartları'na getirilerek çıkan ve şehire sunulan musluk suyudur (TÜİK, 2022a). Denemede kullanılan suların,



yapılan kalite ve ağır metal analizleri sonucunda Su Kirliliği Kontrol Yönetmeliği ve Avrupa Birliği Standartları'na göre belirlenen içerikleri Çizelge 3.1'de gösterilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Denemede kullanılan sulama sularına ait kalite analizi sonuçları

Parametreler	Kullanılan Sulama Sularına Ait Değerler		
	Şebeke Suyu	Arıtılmış Atık Su	Aktif Çamur Suyu
Renk (Pt-co)	2,7	53,0	56,0
pH	7.2	7.6	7.7
Toplam Askıda Katı Madde (mg/L)	0	8,5	4465
Toplam Organik Karbon (mg/L)	1,8	11,3	17,5
Kimyasal Oksijen İhtiyacı (mg/L)	-	48	3120
Uçucu Askıda Katı Madde	0	0	3600
Elektriksel İletkenlik (µS/cm)	428	1568	1611
Toplam N	-	9,4	92
Amonyum Azotu (NH <sub>4</sub> -N)* (mg/L)	0,056	4,43	31,60
Nitrat Azotu (NO <sub>3</sub> -N) (mg/L)	1,843	2,26	<0,20
Nitrit Azotu (NO <sub>2</sub> --N) (mg/L)	0,017	0,407	<0,20
Sülfat (SO <sub>4</sub> ) (mg/L)	16,143	67	90
Siyanür (CN-) (mg/L)	<10	0,004	0,140
Klorür (Cl-) (mg/L)	12,808	144	192
Fenol (mg/L)	-	0,005	<0,002
Sour (mg O <sub>2</sub> /g MLVSS.saat)	-	2,32	1,79
Yağ-Gres (mg/L)	-	0	126
Sülfür (mg/L)	-	0,116	2,278
Ag	-	<0,010	<0,010
Al (mg/L)	8,000	0,065	23,014
As (mg/L)	1,830	0	0,053
Cd (mg/L)	0	0	-

**Çizelge 3.1.** Denemede kullanılan sulama sularına ait kalite analizi sonuçları (devam)

Parametreler	Kullanılan Sulama Sularına Ait Değerler		
	Şebeke Suyu	Arıtılmış Atık Su	Aktif Çamur Suyu
B (mg/L)	0,050	0,660	0,980
Cr (mg/L)	1,420	0,012	0,908
Cu (mg/L)	0,620	0	1,018
Fe (mg/L)	0,007	0,091	39,76
Mn (mg/L)	0,003	0,084	3,127
Ni (mg/L)	1,820	0,038	0,458
Pb (mg/L)	0	0	0,204
Sb (mg/L)	0	0	0,046
Sn (mg/L)	0	0	0,108
Zn (mg/L)	0,001	0,070	11,64
Se (mg/L)	0	0,015	<0,025
Toplam Fosfor (mg/L)	-	0,400	72,75

## 3.2. Yöntem

### 3.2.1. Bitki Yetiştiriciliği

Bu araştırma, iki faktörlü faktöriyel tesadüf parselleri deneme desenine göre; her tekerrürde 6 adet bitki yer alacak şekilde 3 tekerrürlü olarak kurulmuştur. Hıyar tohumları 2020 yılında 16 Nisan ve 2022 yılında ise 18 Nisan tarihlerinde olacak şekilde; içerisinde torf ve perlit karışımı bulunan 45 gözlü viyollere, her göze bir adet tohum denk gelecek şekilde ekilmiştir. Fide yetiştiriciliği ısıtılmalı sera koşullarında; sera içi sıcaklığı 20-25°C

seviyelerinde tutularak yapılmıştır. 2-3 gerçek yapraklı aşamaya gelen sağlıklı hıyar fideleri her iki yıl için de 19 Mayıs tarihinde, içerisinde 2:1:1 oranlarına göre toprak, torf ve perlit karışımı bulunan, 33 litre hacimli ve eşit ağırlıktaki saksılara dikilmiştir (Çizelge 3.2; Şekil 3.1). Her saksıda 1 adet bitki yer almıştır. Sulamaların kontrollü olarak yapılabilmesi için hıyar bitkileri; 28x8 m<sup>2</sup>'lik alana sahip, ışığı homojen bir şekilde geçirebilen, üzeri plastik sera örtüsü ile kapalı ve kenarları açık, ısıtmasız sera koşullarında yetiştirilmiştir (Çizelge 3.3; Şekil 3.2). Yetiştiricilik periyodu boyunca hastalık ve zararlılarla mücadele gibi kültürel işlemler gerçekleştirilmiştir.



**Şekil 3.1.** Fide dikimi aşamasından sonra seranın genel görünümü



**Şekil 3.2.** Seradaki hıyar bitkilerine ait genel görünüm

**Çizelge 3.2.** Denemede yetiştirme ortamı olarak kullanılan karışımın özellikleri

<b>Analiz Adı</b>	<b>Değerler</b>	<b>Derecesi</b>
Toplam Azot (%)	0,36	Çok Yüksek
Alınabilir Demir (mg/kg Fe)	26,6	Çok Fazla
Alınabilir Bakır (mg/kg Cu)	3,86	Çok Fazla
Alınabilir Çinko (mg/kg Zn)	17,26	Çok Fazla
Alınabilir Mangan (mg/kg Mn)	53,06	Fazla
Alınabilir Kalsiyum(Ca) (ppm)	6726	Yüksek
Alınabilir Magnezyum (Mg) (ppm)	775,1	Yüksek
Saturasyon (%)	76,78	Killi
pH	6,74	Nötr
ToplamTuz (%)	0,51	Orta Tuzlu
Kireç (%)	3,72	Kireçli
Organik Madde (%)	3,78	İyi
Alınabilir Fosfor P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/da)	106,04	Çok Yüksek (kg/da)
Alınabilir Potasyum K <sub>2</sub> O (kg/da)	558,9	Yüksek (kg/da)

**Çizelge 3.3.** Deneme kurulan seranın 2020 ve 2022 yıllarına ait aylık ortalama sıcaklık (°C) ve ortalama nispi nem (%) verileri

Yıllar	2020		2022	
	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Nispi Nem (%)	Ortalama Sıcaklık (°C)	Ortalama Nispi Nem (%)
Nisan	17,0	65,2	12,3	73,7
Mayıs	24,5	68,8	25,6	67,1
Haziran	32,7	67,9	34,1	73,0
Temmuz	33,8	64,1	33,2	66,1
Ağustos	35,7	62,0	36,9	60,6
Eylül	26,0	67,3	20,3	64,5

### 3.2.2. Sulama Uygulamaları

Sulama uygulamaları fidelerin saksılara şaşırılması ile başlamış ve son hasat tarihinde sonlandırılmıştır. Fidelerin saksılara aktarımından önce, homojen olarak hazırlanan yetiştirme ortamı ile dolu saksılar su ile doyurulmuş ve buharlaşmayı önlemek amacıyla üstleri kapatılmıştır. Drenajın sona ermesinden sonra, her bir saksının ağırlığı tartılmış ve bu ağırlık tarla kapasitesi olarak kabul edilmiştir. Buna göre; her sulamada saksılara verilecek sulama suyu miktarı, saksının su içeriğini tarla kapasitesine getirmeye yönelik olarak tartılarak belirlenmiştir. Ardışık iki sulama arasında kısa bir süre olduğu için bitki biyokütlesindeki artış ihmal edilmiştir (Ullah ve ark., 2017).

Sulama suyu miktarını belirlemek amacıyla, her çeşit için üç tekerrürlü olacak şekilde kontrol grubu bitkileri seçilmiştir. Kontrol grubunun her tekerrürü için iki sulama arasındaki bitki su tüketimi gün aşırı olarak ve aşağıdaki su bütçesi eşitliği (ağırlık esaslı) formülü kullanılarak hesaplanmıştır (Kurunç ve Ünlükara, 2009; Ullah ve ark., 2017):

$$ETc(K) = I + (W_n - W_{n+1})$$

Eşitlikte, “ETc(K)” kontrol grubunun bitki su tüketimini; “I” uygulanan suyun miktarını (Litre) ve “Wn” ile “Wn+1” ise sırasıyla n. ve n+1. sulama öncesi saksı ağırlığını (gram) ifade etmektedir. ETc(K) bir sonraki sulama için kontrol grubuna uygulanmış olan tam sulama miktarını (%100 ETc) belirtmektedir. Diğer deneme gruplarına uygulanacak sulama suyu miktarı kontrol grubunun tekerrürlerinden elde edilen ortalama ETc(K)’ye belirtilen yüzdeler uygulanarak sulanmıştır. Buna göre; kısıntılı sulama uygulamaları olan %75 ETc ve %50 ETc, tam sulama değerlerinin (%100 ETc) yüzde değerlerine göre hesaplanmıştır. Böylece, denemede kullanılan sulama seviyeleri %100 ETc (S100), %75 ETc (S75) ve %50 ETc (S50) olarak belirlenmiştir.

Denemede sulama uygulamaları üç farklı kalitede (ŞS, AAS ve AÇS) sulama suyu kullanılarak üç farklı sulama seviyesinde (S100, S75 ve S50) kombinasyonlu olacak şekilde gerçekleştirilmiştir. Çalışmada kullanılan farklı kalitedeki sular, tesisten haftada 2-3 kez (sulama ihtiyacına bağlı olarak) alınmış ve bekletilmeden sulama yapılmıştır. Sulama aralıkları, tarla kapasitesi ile solma noktası arasında kalan yarayışlı nem miktarının %50’nin altına düşmesini önleyecek şekilde belirlenmiştir. Yapılan ön denemeler sonucunda, sulama aralığı 3 günden daha uzun tutulduğunda, bu değer %50’nin altına düştüğü tespit edilmiştir. Bu nedenle, ideal sulama aralığı 2 gün olarak belirlenmiştir. Sulamalar hacim esasına dayalı şekilde ve ölçülü sulama kabı kullanılarak yapılmıştır. Drenaj suyu, tam sulamadan fazla sulama yapılan uygulama grubu bulunmadığı için belirlenememiştir (Kuşçu ve Çaygaracı, 2019).

### **3.2.3. Fenolojik Gözlemler**

Farklı kalitelerde sulama suyu kullanılarak yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının iki farklı hıyar çeşidine ait bitkilerin erkencilik etkilerini belirlemek amacıyla fenolojik gözlemler yapılmıştır. Bu amaçla, bitkilerin ilk çiçeklenme, ilk meyve tutum, ilk ve son hasat tarihleri belirlenmiştir.

### **3.2.4. Verim ve Kalite Ölçümleri**

Farklı su kaliteleri ile yapılan yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının hıyar bitkilerinin verim ve kalite parametrelerine olan etkilerini belirlemek amacı ile hıyar bitkilerinde aşağıda belirtilen ölçüm ve analizler gerçekleştirilmiştir:

#### **Ortalama meyve sayısının belirlenmesi:**

Hasattan sonra uygulama içerisinde, her tekerrürde yetiştirilen bitkilerin meyve sayılarının toplanıp, bitki sayısına bölünmesi ile bitki başına düşen ortalama meyve sayısı (adet/bitki) hesaplanmıştır.

#### **Ortalama verimin belirlenmesi:**

Her hasat zamanında, uygulamalar içerisinde her tekerrürdeki bitkilerden alınan pazarlanabilir özellikteki meyveler tartılmış ve toplam meyve ağırlığının meyve sayısına bölünmesi ile bitki başına düşen ortalama verim miktarı (kg/adet) belirlenmiştir.

#### **Meyve Boy ve Çap Uzunluğunun Belirlenmesi:**

Her tekerrürde hasat edilen beşer meyvenin boy ve çap uzunlukları Mesem 150 mm (6'') markalı dijital kumpas ile ölçülmüştür. Boy uzunluğu (cm), meyvenin sap kısmı ile çiçek burnu arasındaki mesafe ölçülerek belirlenmiştir. Çap uzunluğu (cm) ise, meyvenin tam ortasından olacak şekilde ölçülmüştür.

#### **Meyve Şekil İndeksi**

Meyve şekil indeksi, meyve örneklerinde meyve boy uzunluğu (cm) değerinin meyve çap uzunluğu (cm) değerine bölünmesiyle hesaplanmıştır.

### **Meyve Kabuk Renginin Belirlenmesi**

Her tekerrürde hasat edilen genç, sağlıklı ve semptomsuz olduğu belirlenen beşer meyve belirlenerek meyvelerin üç farklı bölgesinden Minolta CR 400 (Konica-Minolta, Osoka, Japan) marka renk cihazı ile Kolorimetrik (CIELab yöntemi) yöntemine göre okuma yapılmıştır. Kolorimetrik (CIE Lab yöntemi) yönteminde renk 3 farklı skalada (L\*, a\*, b\*) sayısal değerler ile karakterize edilmektedir. Bu yöntemde renk 3 farklı skalada (L\*, a\*, b\*) sayısal değerler ile karakterize edilmektedir. Bu skalada “L\*” değerleri rengin parlaklığı (beyaz=100) veya koyuluğunu (siyah=0); “a\*” değerleri kırmızılık (+a\*) ve yeşillik (-a\*), “b” değerleri sarılık (+b\*) ve mavilik (-b\*) renklerini tanımlamaktadır (Barrett, 2002; Fan vd., 2017).

### **Meyve Eti Sertliğinin Belirlenmesi**

Her tekerrürde hasat edilen beşer meyve üzerinde baş, orta ve uç kısımdan 3 cm içerden olmak üzere üç bölgede el penetrometresi (Loyka GY-3) ile ölçüm yapılmış ve sonuçlar Newton (N) birimden belirlenmiştir.

### **Toplam Kuru Madde Miktarının (TKM) Belirlenmesi**

Her tekerrürden hasat edilen hastaliksız ve zarar görmemiş beşer adet meyve örneği darası alınmış kaplara konularak hassas terazide ayrı ayrı tartılmış ve yaş ağırlıkları alındıktan sonra 65°C sıcaklıkta çalışan etüvde (Binder) kurumaya bırakılmıştır. Örnekler sabit ağırlığa gelene kadar tutulduktan sonra kuru ağırlıkları hassas terazide ölçülmüştür. Hıyar meyvelerinin toplam kuru madde miktarı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmış ve “%” olarak ifade edilmiştir (Kaçar ve İnal, 2010).

$$\text{Toplam Kuru Madde (\%)} = \frac{\text{Meyve Kuru Ağırlığı (gr)}}{\text{Meyve Yaş Ağırlığı (gr)}} \times 100$$



### **Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarının (SÇKM) Belirlenmesi**

Her tekerrürden alınan hastaliksız ve zarar görmemiş beşer meyveden elde edilen meyve suyundan 4-5 damla örnek alınarak Mettler Toledo QuickBrix60 Brix Meter marka dijital el refraktometresi (MettlerToledo International Inc., Ohio, USA) kullanılarak ölçülmüş ve “°Brix” değeri ile ifade edilmiştir (Cemeroğlu, 2010).

### **Titre Edilebilir Asit (TEA) Miktarının Belirlenmesi**

Her tekerrürden alınan hastaliksız ve zarar görmemiş beşer meyvenin suyu elde edildikten sonra 10 mL meyve suyuna 40 mL saf su eklenmiştir. Daha sonra dijital pH metre (Inolab, Weilheim, Germany) ve 50 mL kapasiteli dijital büret (Brand Titrette®, Wertheim, Germany) yardımıyla, pH değeri 8,1’e ulaşana kadar 0,1 N NaOH çözeltisi ile titre edilmiştir. Bu işlemin ardından, harcanan NaOH değeri, formülde yerine koyularak, malik asit cinsinden TA değeri hesaplanmıştır (Regnel, 1976):

$$TA(\%) = [(S \times N \times F \times E) / C] \times 100$$

TA: Titre edilebilir asit miktarı (g/100 mL meyve suyu)

S= Kullanılan NaOH miktarı (mL)

N= Kullanılan NaOH’ın normalitesi

F= Kullanılan NaOH’ın faktörü

E= İlgili asitin equivalent değeri (Malik asit= 0,0067 g)

C= Alınan örnek miktarı (mL)

### **pH Miktarının Belirlenmesi**

Her tekerrürden alınan hastaliksız ve zarar görmemiş beşer meyveden elde edilen meyve sularından örnek alınarak Mettler Toledo Seven Easy marka pH metre ile ölçüm yapılmıştır.

## Elektriksel iletkenlik (EC) Değerinin Belirlenmesi

Her tekerrürden alınan hastaliksız ve zarar görmemiş beşer meyveden elde edilen meyve sularından örnek alınmış ve İnoLab Cond Level 1 marka EC metre ile meyve suyunun elektriksel iletkenlik (EC) değerleri  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  cinsinden ölçülmüştür.

## Fenolik Madde Miktarı

Fenolik madde miktarı, Folin-Ciocalteu yöntemine göre gallik asit eşdeğeri olarak hesaplanmıştır (Slinkard ve Singleton, 1977). Ekstrakte edilmiş meyve posasından 1 gr alınmış ve 10 mL metanolde çözüldürülmüştür. Çözünmesi için 2 gün metanolde bekletilen örneklerden uygun derişimi bulmak için ayrı ayrı 100  $\mu\text{l}$ , 200  $\mu\text{l}$ , 400  $\mu\text{l}$ , 600  $\mu\text{l}$ , 800  $\mu\text{l}$ , 1000  $\mu\text{l}$  vb.miktarlar alınmıştır. Falkon tüplerine son hacmi 4600  $\mu\text{l}$  oluncaya kadar saf su ilave edilmiştir. Saf su ile hazırlanan çözelti üzerine %2'lik  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ 'dan 300  $\mu\text{l}$  ilave edilmiş ve üzerine 100  $\mu\text{l}$  folin reaktifi ilave edilmiştir. Hazırlanan örnekler uygun derişimi belirlemek için 2 saat karanlık ortamda bekletilmiştir. Daha sonra örnekler vortex (Nüve NM 110) ile karıştırılmış ve spektrofotometrede (Thermo Scientific Genesys 10s UV-Vis Spectrophotometer) 760 nm dalga boyunda okuma yapılmıştır. Buna göre, spektrofotometrede 0,1-0,9 arasında okunan değerler hangi derişime karşılık geliyorsa, o derişim miktarı kabul edilmiş ve absorbans değerleri kaydedilmiştir. Gallik asit denklemi ise aşağıda belirtilmiştir:

$$X = (y+0,0017) / 1,018$$

Denklemdede “y” değeri yerine absorbans değerleri yazılmıştır. Gallik asit eş değer fenolik madde miktarı ise aşağıdaki formüle göre hesaplanmıştır:

$$\text{Fenolik Madde Miktarı (mg/100 g YA)} = \frac{X \text{ değeri} \times \text{Çözünen örnek mL} \times 100000}{\text{Örnek miktarı} \times \text{Hazırlanan Çözelti } \mu\text{l}}$$

### **Meyve Klorofil Miktarının Belirlenmesi**

Her tekerrürden alınan hastaliksız ve zarar görmemiş beş meyveden alınan 4 gram katı madde %90'lık 35 mL aseton içerisinde 1 gün süre ile bekletilmiş ve süzülmesi sağlanmıştır. Daha sonra elde edilen süzütünün içerisinde %90'lık aseton eklenerek 50 ml'ye tamamlanması sağlanmıştır. Spektrofotometrede 645, 652 ve 663 nm dalga boylarında okuma yapılmış, okunan değerler ile aşağıda belirtilen formüller kullanılarak klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil değerleri ( $\text{mg}/\text{gr}^{-1}$ ) elde edilmiştir (Helrich, 1990):

$$\text{Klorofil a} = (12,7 \times A_{663}) - (2,7 \times A_{645})$$

$$\text{Klorofil b} = (22,9 \times A_{645}) - (4,7 \times A_{663})$$

$$\text{Toplam Klorofil} = 27,8 \times A_{652}$$

### **3.2.5. Bitkisel Ölçümler**

Deneme kapsamında yapılan farklı kalitede ve farklı seviyelerde yapılan sulama uygulamalarının hıyar bitkilerinin vegetasyon süresince gelişimi üzerine olan etkilerini belirlemek amacı aşağıda belirtilen bitkisel ölçümler gerçekleştirilmiştir:

#### **Bitki Boy Uzunluğunun Belirlenmesi**

Her tekerrürden alınan beşer bitki hasat edildikten sonra, kök boğazı ve sürgün ucu arasındaki mesafe şerit metre ile ölçülerek "cm" cinsinden belirlenmiştir.

#### **Yaprak Sayısının Belirlenmesi**

Her tekerrürden alınan beşer bitki hasat edildikten sonra, bitki başına düşen yaprak sayıları "adet/bitki" cinsinden belirlenmiştir.

## **Yaprak En, Boy ve Sap Uzunluklarının Ölçülmesi**

Her tekerrürden alınan beşer bitki hasat edildikten sonra, yaprak uzunlukları Mesem 150 mm (6'') markalı dijital kumpas ile ölçülerek "cm" cinsinden belirlenmiştir.

## **Yaprak Oransal Su Kapsamının (YOSK) Belirlenmesi**

Yaprak örnekleri yaş ağırlıkları alındıktan sonra 4°C'de 18 saat karanlıkta saf su içerisinde bekletilmiştir. Örnekler tekrar tartılmış [Turgor Ağırlıkları (YA)] ve daha sonra kuru ağırlıkları (KA) bulunmuştur (Nejadsahebi vd., 2010).

Yaprak oransal su kapsamı aşağıdaki formül kullanılarak hesaplanmıştır:

$$YOSK = 100 * [(YA - KA) / (YA - KA)]$$

## **Yaprak Klorofil Miktarının Belirlenmesi**

Genç, sağlıklı ve semptomsuz yapraklardaki klorofil miktarı yaprakların üç farklı yerinden Minolta SPAD-502 (Konica-Minolta, Osoka, Japan) marka klorofilmetre ile ölçülerek "mg/100 mL" cinsinden belirlenmiştir.

## **Yaprak Renginin Belirlenmesi**

Genç, sağlıklı ve semptomsuz yapraklarda Minolta CR 400 (Konica-Minolta, Osoka, Japan) marka renk cihazı ile okuma yapılarak yaprak rengi Kolorimetrik (CIELab yöntemi) yöntemine göre belirlenmiştir. Bu yöntemine göre; renk 3 farklı skalada (L\*, a\*, b\*) sayısal değerler ile karakterize edilmektedir. Bu skalada "L\*" değerleri rengin parlaklığı (beyaz=100) veya koyuluğunu (siyah=0); "a\*" değerleri kırmızılık (+a\*) ve yeşillik (-a\*), "b" değerleri sarılık (+b\*) ve mavilik (-b\*) renklerini tanımlamaktadır (Barrett, 2002; Fan vd., 2017).

### Bitki Yaş ve Kuru Ağırlıklarının Belirlenmesi

Her tekerrürden alınan beşer bitki kök boğazından kesilerek, kök ve gövde olarak iki kısma ayrılmıştır. Bitkilerin kök ve gövde yaş ağırlıkları, hassas terazi (0,01 g hassasiyet, Radwag PS 3500/C/1, Radom, Poland) ile ölçülmüştür. Kök ve sürgün kuru ağırlıklarını (KA) belirlemek amacıyla, kesilen bitki örnekleri Binder markalı etüvde 80°C’de 48 saat süre ile kurutulmuş ve kuru ağırlıklar (gr) hassas terazi ile ölçülmüştür.

### 3.2.6. Ağır Metal Analizleri

Denemeler sonrasında hıyar bitkilerinden alınan kök, yaprak ve meyve örneklerinin ağır metal analizleri Perla Fruit Gıda Sanayi ve Ticaret A.Ş bünyesinde bulunan Analiz Laboratuvarı tarafından hizmet alımı şeklinde yapılmıştır. Ağır metal analizleri kapsamında, bitki organlarının kadmiyum (Cd), krom (Cr), nikel (Ni), ve kurşun (Pb) elementi içerikleri, Yaş Yakma (Nitrik- Perklorik Asit Karışımı) yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Kacar ve İnal, 2008). Analiz sonuçları Ağır metal analizi sonuçları Tük Gıda Kodeksi Bulaşanlar Yönetmeliği (TGK) EK-1’de yer alan Gıdalardaki Bulaşanların Maksimum Limitleri; Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) ile Dünya Sağlık Örgütü (WHO) ve Avrupa Komisyonu (EC) tarafından belirlenen limit değerler ile karşılaştırılmıştır.

**Çizelge 3.4.** Sebzelere izin verilen ağır metal sınır değerleri (mg/kg)

Ağır Metaller	FAO/WHO Sınır Değerleri (mg/kg)	EC Sınır Değerleri (mg/kg)	TGK Sınır Değerleri (mg/kg)
Cd	0,05	0,10	0,05
Cr	0,10	0,10	-
Ni	1,50	1,50	1,00
Pb	0,10	0,10	0,30

### 3.2.7. Mikrobiyolojik Analizler

Araştırmada kullanılan sulama sularının kalitelerinde farklılık bulunmaktadır. Mikrobiyolojik analizler, denemede kullanılan sularda hastalık yapan mikroorganizmaların var olup olmadığının belirlenmesi ve bu bağlamda hasat edilecek hıyar meyvelerinin insan tüketimi için herhangi bir zarar teşkil edip etmediğinin tespit edilmesi amacıyla yapılmıştır. Denemeler sonrasında, hıyar bitkilerinden alınacak meyve örneklerinin mikrobiyolojik analizleri NARYA Bursa Merkez Özel Gıda Kontrol Laboratuvarı'nda yaptırılmıştır. Mikrobiyolojik analizler kapsamında *Salmonella* (Andrews, 1993), *Listeria monocytogenes* (Gray ve Killinger, 1966) ve *E. coli* O157:H7 (Mead ve Griffin, 1998) analizleri gerçekleştirilmiştir. Meyve örneklerinde küçük veya hasadı geçmiş meyveler kullanılmamıştır.

### 3.2.8. Verilerin Değerlendirilmesi

Yapılan denemeler sonrasında, tüm parametreler bazında elde edilen verilerin varyans analizleri JMP 17.0 istatistik programı kullanılarak, tesadüf parsellerinde iki faktörlü faktöriyel deneme desenine uygun olacak şekilde yapılmıştır. Ortalamalar arası farklılıklar da aynı istatistik programında, 0.05 önemlilik seviyesinde LSD testi ile değerlendirilmiştir.

## 4. BULGULAR ve TARTIŞMA

### 4.1. Fenolojik Gözlem Sonuçları

Farklı kalitelerde sulama suyu kullanılarak yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının, Elzem F1 ve MH-102 F1 çeşitlerinde fenolojik gelişim safhaları üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla; bitkilerin ilk çiçeklenme, ilk meyve tutum, ilk ve son hasat tarihleri ayrı ayrı incelenmiştir. Buna göre; 2020 ve 2022 yıllarında yapılan fenolojik gözlemlerde çeşitlerin partenokarpik olması nedeni ile, ilk çiçeklenme ve ilk meyve tutum tarihleri birlikte değerlendirilmiştir. Son hasat tarihleri, Elzem F1 çeşidi için 2020 yılında fide dikiminden 105 gün sonra (01.09.2020); 2022 yılında ise 107 gün sonra (03.09.2022) olarak belirlenmiştir. MH-102 F1 çeşiti ise 2020 yılında fide dikiminden 98 gün sonra (25.08.2020), 2022 yılında ise 100 gün sonra (27.08.2022) hasat edilmiştir.

Elzem F1 çeşidine ait fenolojik gözlem sonuçları Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’de verilmiştir. Buna göre; kontrol grubu olarak değerlendirilen ŞS-S100 uygulamasında, ilk çiçeklenme ve ilk meyve tutumu birinci yıl fide dikiminden 20 gün sonra (8 Haziran); ikinci yıl ise 23 gün sonra (11 Haziran) meydana gelmiştir. İlk hasat tarihleri, birinci ve ikinci yıl için sırasıyla 12 ve 15 Haziran olarak kayıt edilmiştir. ŞS-S75, AAS-S100, AAS-S75, AÇS-S100, AÇS-S75 ve AÇS-S50 uygulamalarına ait bitkiler, her iki yılda da ŞS-S100 uygulamasına kıyasla daha erken çiçeklenip, meyve bağlamış ve hasat edilmişlerdir. Ancak; AÇS-S75 uygulamasında ilk çiçeklenme ve meyve tutumu, diğer uygulama gruplarından da önce olarak, birinci yıl fide dikiminden 6 gün sonra (25 Mayıs); ikinci yıl ise 10 gün sonra (29 Mayıs) başlamıştır. İlk hasatlar ise, birinci yıl kontrol grubuna kıyasla 10 gün erkencilik sağlayarak 2 Haziran; ikinci yıl ise 12 gün erkencilik sağlayarak 3 Haziran tarihlerinde gerçekleşmiştir. Buna karşın; AAS-S50 uygulamasının ilk çiçeklenme ve meyve tutumu ile ilk hasatları, her iki yılda da ŞS-S100 uygulaması ile paralel zamanlarda gerçekleşmiştir. ŞS-50 uygulamasında ise, çiçeklenme ve meyve tutumu birinci yıl fide dikiminden 22 gün sonra (10 Haziran); ikinci yıl ise 25 gün sonra (13 Haziran) başlayarak kontrol grubunun gerisinde kalmıştır. Bununla birlikte, ilk hasatlar da kontrol grubuna kıyasla 3’er gün gecikme ile 15 ve 18 Haziran tarihlerinde başlamıştır.

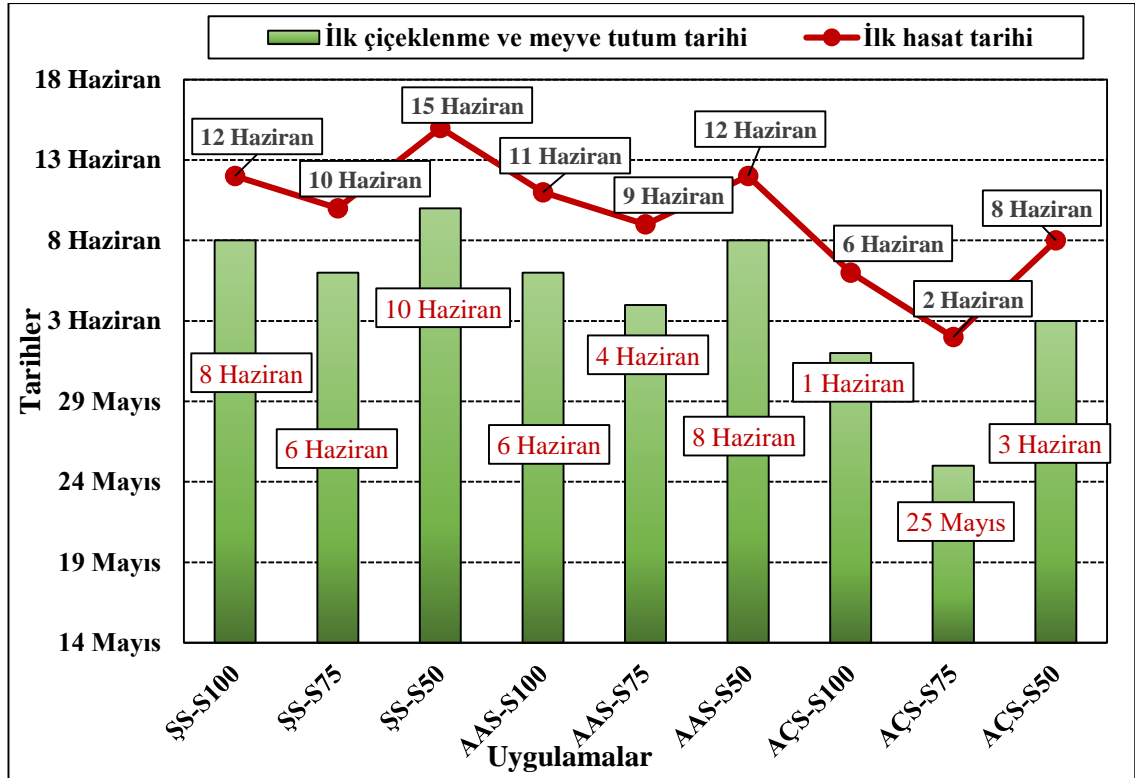
MH-102 F1 çeşidine ait fenolojik gözlem verileri ise Şekil 4.3 ve Şekil 4.4'te gösterilmiştir. Buna göre; ŞS-100 uygulamasında ilk çiçeklenme ve meyve tutumu birinci yıl fide dikiminden 23 gün sonra (11 Haziran); ikinci yıl da 26 gün sonra (14 Haziran) meydana gelmiştir. İlk hasat tarihleri ise 17 ve 20 Haziran olarak kayıt edilmiştir. Her iki yılda da; ŞS-S75, ÇS-S100, ÇS-S75, AÇS-S100, AÇS-S75 ve AÇS-S50 uygulamaları ile ilk çiçeklenme ve meyve tutum ile ilk hasat tarihleri bakımından, ŞS-S100 uygulamasına kıyasla erkencilik sağlanmıştır. Ancak, AÇS-S75 uygulaması, diğer uygulama gruplarından erken olarak, birinci yıl fide dikiminden 13 gün sonra (1 Haziran); ikinci yıl ise 14 gün sonra (2 Haziran) çiçeklenmeye ve meyve tutmaya başlamıştır. Böylece, ilk hasatlar da, kontrol grubuna kıyasla 11 ve 12'şer gün önceye denk gelmiştir (6 ve 8 Haziran). AAS-S50 uygulamasında ise, ilk çiçeklenme ve meyve tutum ile ilk hasat tarihleri kontrol grubu ile paralellik göstermiştir. Ancak, ŞS-S50 uygulamasında ilk çiçeklenme ve meyve tutumlarının birinci yıl fide dikiminden 26 gün sonra (14 Haziran); ikinci yıl ise 28 gün sonra (16 Haziran) başladığı görülmüştür. Bununla ilişkili olarak ilk hasatlar da 20 ve 22 Haziran tarihlerinde başlayarak, her iki yılda da kontrol grubunun gerisinde kalmıştır.

Her iki çeşit için, 2020 ve 2022 yıllarında elde edilen fenolojik veriler birlikte değerlendirildiğinde; aktif çamur suyunun tüm sulama seviyeleri ile AAS-S100, AAS-S75 ve ŞS-S75 uygulamalarının ŞS-S100 uygulamalarından daha önce çiçeklenmeye başladığı, meyve bağladığı ve hasat edildiği görülmüştür. Bitkilere verilen su seviyelerinin azaltılması ile birlikte, %75 ETc seviyesinde yapılan kısıntılı sulama uygulamaları, bitkilerin ilk çiçeklenme ve meyve tutumu ile ilk hasat tarihlerinde herhangi bir gecikmeye neden olmamıştır. Özellikle, her iki çeşitte de en fazla erkenciliğin AÇS-S75 uygulaması ile sağlandığı görülmüştür. Arıtılmış atık sular ile %50 ETc seviyesinde yapılan sulama uygulamaları arasında, AAS-S50 uygulaması da kontrol grubu ile paralellik göstermiş ve bitkilere verilen su seviyesinin azaltılması ile çiçeklenme, meyve tutumu ve ilk hasat tarihlerinde gecikmeye neden olmamıştır. Bunun sebebi olarak arıtılmış atık suların besin elementlerince zengin olması gösterilebilmektedir (Khan ve diğerleri, 2011). Bu sayede, arıtılmış atık sular ile kısıntılı olarak sulanan hıyar bitkileri su stresi çekmeden fenolojik gelişimlerine devam edebilmiştir. Aktif çamur suyunun arıtılmış atık suya oranla daha yüksek miktarda besin

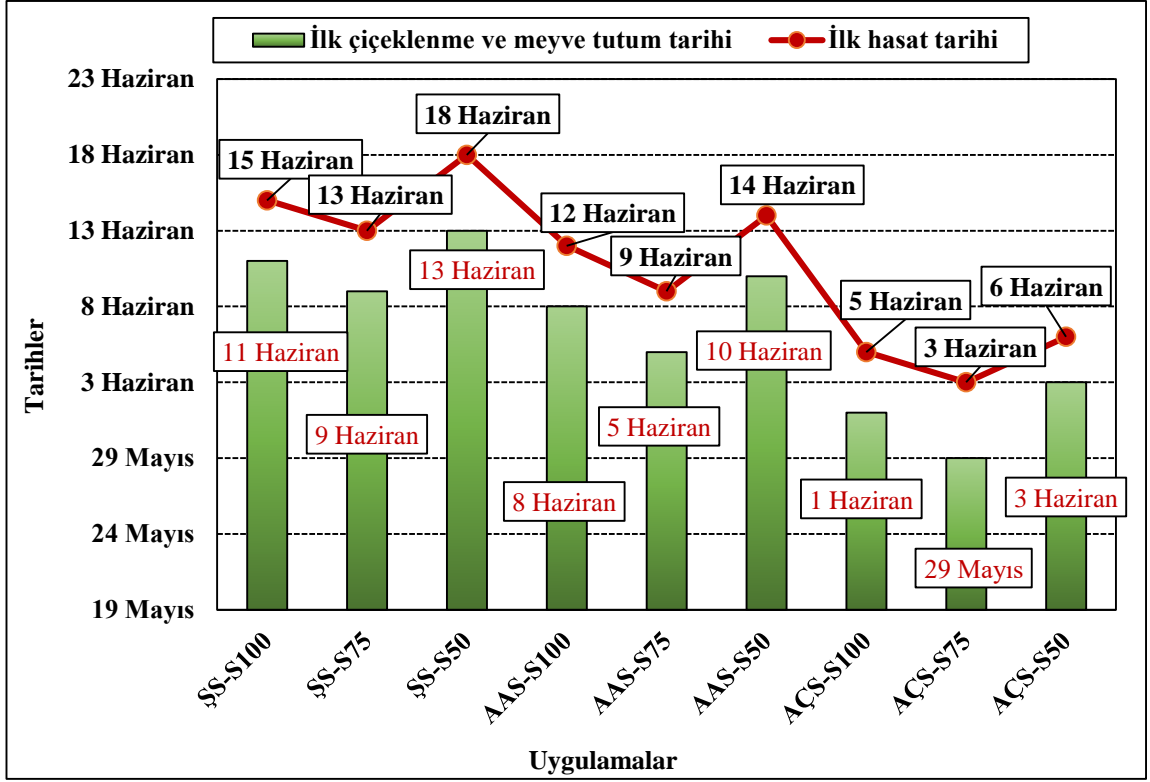


elementi içermesi nedeni ile %50 ETC seviyesinde yapılan sulamalar ile bile erkencilik sağlanabilmiştir. ŞS-S50 uygulamasının ise, her iki üretim yılında ve her iki çeşitte de en geç çiçeklenen, meyve bağlayan ve hasat edilen grup olması, şebeke suyu ile yapılan sulamaların aynı etkiyi sağlamadığını ortaya çıkarmıştır.

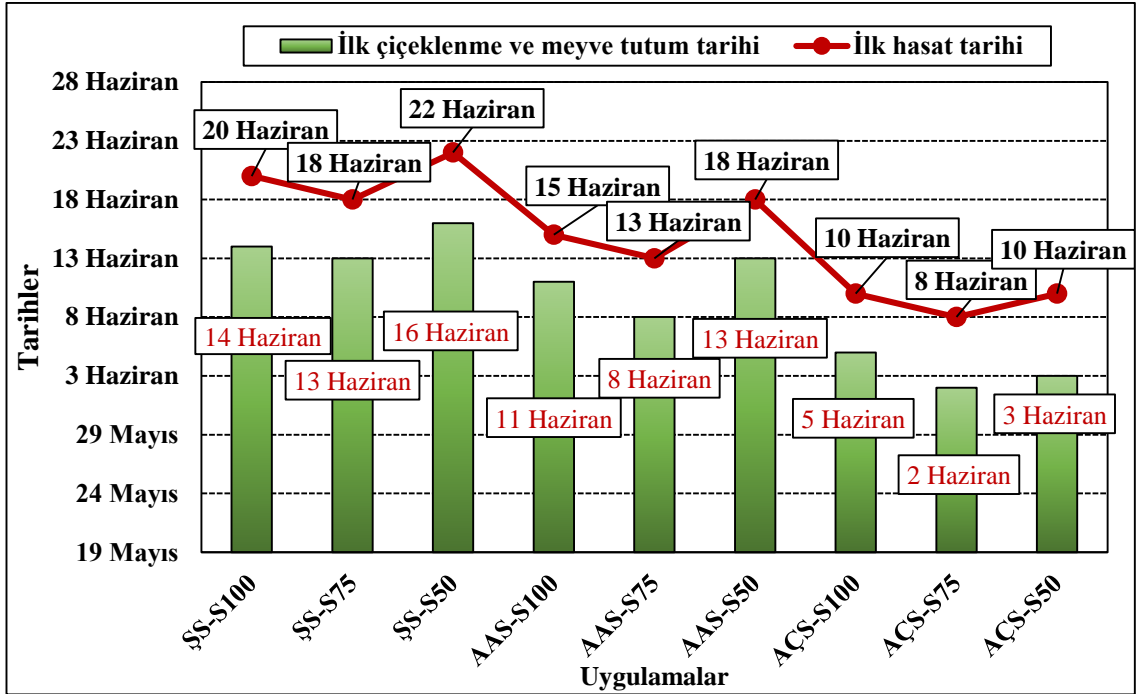
Farklı turşuluk hıyar çeşitlerinde şebeke suyu, atık su ve arıtılmış atık su ile sulama uygulamalarının yapıldığı bir çalışmada, en erken çiçeklenen bitkiler atık su ile yapılan sulama uygulamalarından elde edilmiştir. Bunu arıtılmış atık su ve şebeke suyu uygulamaları takip etmiştir (Akbudak ve Üstün, 2022). Farklı biber ve patlıcan çeşitleri ile yapılan bir başka çalışmada da benzer olarak, atık su ile sulanan bitkilerin arıtılmış atık su ve şebeke suları ile sulanan bitkilere kıyasla daha erken çiçeklendiği ve hasat edildiği tespit edilmiştir. Özellikle, bu çalışmada atık suların arıtılmış atık su ve şebeke suyuna kıyasla daha fazla besin maddesi içerdiği vurgulanmıştır (Zambi ve Akbudak, 2022).



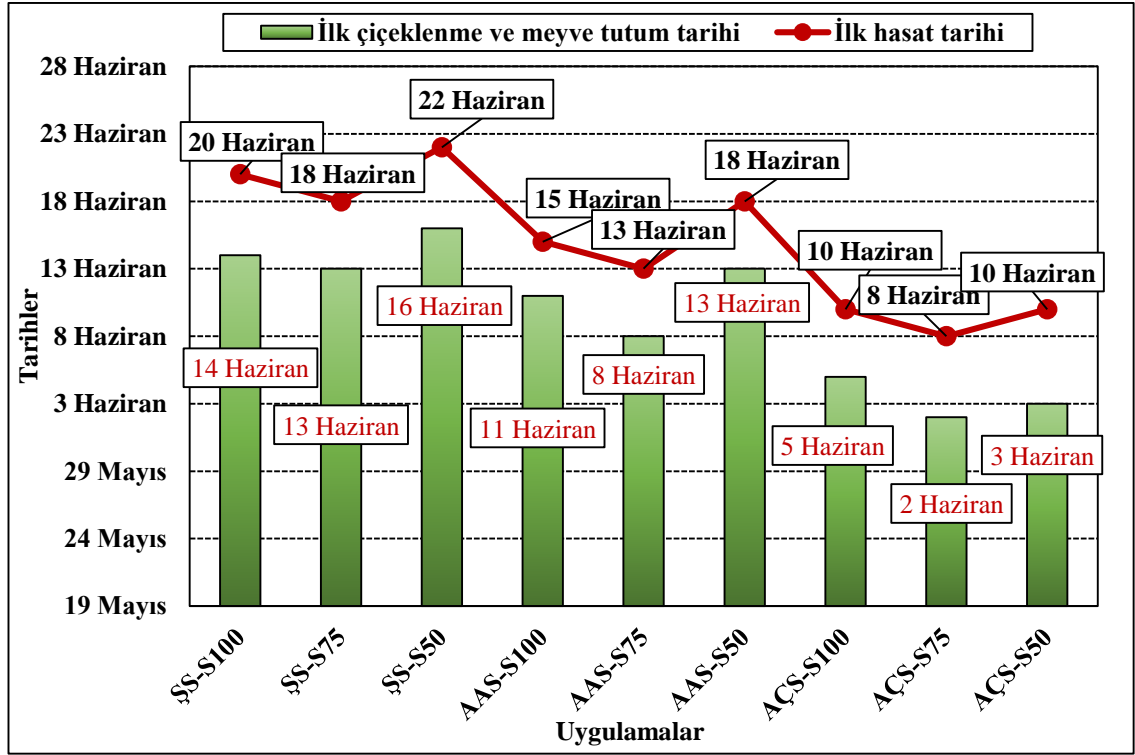
**Şekil 4.1.** Elzem F1 çeşidinde farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının 2020 yılındaki ilk çiçeklenme, ilk meyve tutum ve ilk hasat tarihleri üzerine etkileri



Şekil 4.2. Elzem F1 çeşidinde farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının 2022 yılındaki ilk çiçeklenme, ilk meyve tutum ve ilk hasat tarihleri üzerine etkileri



Şekil 4.3. MH-102 F1 çeşidinde farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının 2020 yılındaki ilk çiçeklenme, ilk meyve tutum ve ilk hasat tarihleri üzerine etkileri



Şekil 4.4. MH-102 F1 çeşidinde farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının 2022 yılındaki ilk çiçeklenme, ilk meyve tutum ve ilk hasat tarihleri üzerine etkileri

## 4.2. Verim ve Kalite Parametrelerinden Elde Edilen Sonuçlar

### 4.2.1. Ortalama Meyve Sayısı

Elzem F1 ve MH-102 F1 çeşitlerinde farklı su kaliteleri, kısıntılı sulama uygulamaları ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun ortalama meyve sayısı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Elzem F1 çeşidinde, farklı su kalitelerinin etkilerine göre AÇS (32,67 adet/bitki) ve AAS (31,93 adet/bitki) uygulamalarının şebeke suyuna (23,89 adet/bitki) kıyasla ortalama meyve sayısında artış sağladığı belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Sulama seviyelerindeki farklılıkların etkilerine bakıldığında, en fazla ortalama meyve sayısı S100 (33,47 adet/bitki); en düşük ortalama S50 (23,92 adet/bitki) uygulamalarından elde edilmiştir sulama seviyelerindeki azalmaya bağlı olarak ortalama meyve sayılarında azalma olduğu görülmüştür (Çizelge 4.2). Su kalitesi ve sulama seviyesi interaksyonunun etkilerine göre; en iyi sonucu veren uygulamalar sırası ile AAS-S100 (36,44 adet/bitki), AÇS-S100 (36,18 adet/bitki), AÇS-

S75 (35,22 adet/bitki) olarak belirlenmiştir. En düşük ortalama meyve sayısı ise ŞS-S50 (20,55/bitki) uygulamasından elde edilmiştir. Ayrıca, AAS-S75 (34,74 adet/bitki) uygulaması da kontrol grubu olarak değerlendirilen ŞS-S100 (27,79 adet/bitki) uygulamasına göre ortalama meyve sayısı bakımından artış meydana getirmiştir (Çizelge 4.3). MH-102 F1 çeşidinde, su kalitelerinin ortalama meyve sayısı üzerine etkileri incelendiğinde; atık su uygulamalarının her ikisi de ŞS (23,54 adet/bitki) uygulamasına göre ortalama meyve sayısı değerinde artış meydana getirmiştir. Ancak; en iyi sonuç AÇS (31,72 adet/bitki) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.4). Sadece sulama seviyelerinin etkileri incelendiğinde ise; Elzem F1 çeşidinden elde edilen sonuca benzer olarak, bitkilere verilen su miktarı azaldıkça, ortalama meyve sayılarında da azalış meydana gelmiştir. Buna göre; ortalama meyve sayısı en fazla S100 (31,10 adet/bitki); en az ise S50 (23,46 adet/bitki) uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.5). Su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının etkileri birlikte ele alındığında ise; AÇS-S100 (34,91 adet/bitki), AÇS-S75 (34,00 adet/bitki), AAS-S100 (34,00 adet/bitki) uygulamalarının ŞS-S100 (24,39 adet/bitki), uygulamasına kıyasla ortalama meyve sayısını arttırdığı tespit edilmiştir. ŞS-S50 (21,66 adet/bitki) uygulaması ile kontrol grubuna göre meyve sayılarında azalma meydana getirmiştir (Çizelge 4.6).

Farklı sebze türlerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamaları çalışmalarında da, benzer olarak sulama seviyelerindeki azalmaya bağlı olarak bitki başına düşen ortalama meyve sayılarında azalmalar meydana geldiği bulunmuştur (Bozkurt ve Mansuroğlu, 2017; Demir ve diğerleri, 2006; Najarian ve diğerleri, 2018; Sezen ve diğerleri, 2008). Ayrıca, Thapliyal vd. (2013), tarafından biber bitkisinde yapılan bir çalışmada atık su çalışmasında, bitkiler tarafından temizlenmiş atık su ve yağmur suyu kullanılmıştır. Buna göre; ortalama meyve sayısı en fazla atık su uygulamasından (18 adet); en az yağmur suyu uygulamasından (4 adet) elde edilmiştir. El-Mageed vd. (2018), ise hıyar bitkisinde yapmış oldukları bir çalışmada, sulama seviyesinin azalması ile birlikte bitki başına düşen meyve sayısının da azaldığını bildirmişlerdir. Demir (2016), domateste farklı su kaliteleri ve sulama seviyelerinde yapmış olduğu çalışmada, %100 arıtılmış su uygulaması ile şebeke suyuna kıyasla bitki başına düşen ortalama meyve sayılarında artış olduğunu; bitki başına düşen meyve veriminde de %2,8 oranında artış sağlandığını bildirmiştir. Yine aynı

çalışmada sulama seviyesinin %50 oranında azalması ile ortalama verimde de azalmalar meydana geldiği belirtilmiştir.

#### 4.2.2. Ortalama Verim

Elzem F1 ve MH-102 F1 çeşitlerinde farklı su kaliteleri, kısıntılı sulama uygulamaları ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonunun ortalama verim parametresi üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ).

Elzem F1 çeşidinde, AAS (4,47 kg/bitki) ve AÇS (4,44 kg/bitki) uygulamalarının ŞS (3,20 kg/bitki) uygulamasına kıyasla ortalama verim değerlerini sırası ile %39,6 ve %38,75 oranlarında arttırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Kısıntılı sulama uygulamalarının etkilerine bakıldığında; sulama seviyesindeki %25,0 oranındaki azalmanın verimi doğrudan etkilemediği; ancak su miktarının %50,0 oranında azaltılması ile birlikte ortalama verimin %19,0 oranında azaldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonuna göre ise; AÇS-S100 (4,86 kg/bitki), AAS-S100 (4,80 kg/bitki), AÇS-S75 (4,75 kg/bitki) ve AAS-S75 (4,75 kg/bitki) uygulamalarının ŞS-S100 (3,40 kg/bitki) uygulamasına göre bitki başına düşen ortalama meyve verimini arttırdığı belirlenmiştir. Verimde meydana gelen bu artışlar sırası ile %42,9, %41,17, %39,7 ve %39,7 olarak tespit edilmiştir. Ayrıca arıtılmış atık su ve aktif çamur suyunun %50,0 ETC seviyesinde uygulanması da şebeke suyunun tüm sulama seviyelerindeki uygulamalarına göre ortalama meyve veriminde artışlar meydana getirmiştir (Çizelge 4.3).

MH-102 F1 çeşidinde, ŞS (2,65 kg/bitki) uygulaması ile karşılaştırıldığında, tüm atık su uygulamalarının bitkilerde verim artışı sağladığı görülmüştür. Ancak en yüksek verim ortalaması %53,9 oranındaki artışla AÇS (4,08 kg/bitki) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.4). Sadece kısıntılı sulama uygulamalarının ortalama meyve verimi üzerine etkileri değerlendirildiğinde; sulama seviyelerindeki azalma ile ilişkili olarak verimde de kayıplar meydana geldiği gözlenmiştir. S100 (3,75 kg/bitki) uygulamasına kıyasla, verim ortalamalarında S75 (3,51 kg/bitki) ve S50 (2,97 kg/bitki) uygulamaları sonucunda sırası ile %6,4 ve %20,8 oranlarında kayıplar meydana geldiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

Farklı su kalitelerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamalarına göre ise; ŞS-S100 (2,85 kg/bitki) uygulamasına kıyasla AAS-S100 (4,20 kg/bitki), AÇS-S100 (4,19 kg/bitki) ve AÇS-S75 (4,12 kg/bitki) uygulamaları ile en yüksek ortalama meyve verimi sağlanmıştır. Bu artışlar sırası ile %47,4, %47,1 ve %44,6 olarak belirlenmiştir. Öte yandan, şebeke suyu ile yapılan kısıntılı sulama uygulamaları sonucunda meydana gelen verim azalmalarının %75 ETc sulama seviyeleri ile birlikte başladığı görülmüştür ve artırılmış atık su uygulamaları ile de benzer sonuçlar elde edilmiştir. Ancak; aktif çamur suyu uygulamaları içerisinde verim kayıplarının %50 ETc sulama seviyesi ile birlikte başladığı belirlenmiştir. Tüm uygulamalar arasında en düşük ortalama verim değeri, %12,6'lık azalma ile birlikte ŞS-S50 (2,49 kg/bitki) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.6).

Özkan (2019), hıyar bitkisinde atık su uygulamalarının verim ve kalite parametreleri üzerine etkilerini araştırdığı bir çalışmada; atık sular ile yapılan sulama uygulamaları ile denemede kullanılan tüm hıyar çeşitlerinde %81,23'e kadar varan verim artışı meydana geldiğini vurgulamıştır. Tunç (2013) ise karnabaharda atık su kullanılarak yapılan sulama uygulamalarının, şebeke suyuna kıyasla yıllara, bağlı değişmekle birlikte verimi %35,7 ve 46,2 oranında arttırdığını tespit etmiştir. Gatta ve diğerleri (2015) de atık sularda sulanan bitkilerde pazarlanabilir toplam domates miktarının şebeke suyuna kıyasla %4,9 oranında daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Ispanak, turp ve havuçta farklı konsantrasyonlarda atık su uygulamalarının denendiği bir çalışmada, %100 atık su uygulamalarının diğer uygulamalara kıyasla verim ve kalite parametrelerini daha fazla arttırdığı tespit edilmiştir (Hussain ve diğerleri, 2019). Atık su uygulamaları sayesinde sebzelerde verim artışı sağlandığı yapılan başka çalışma sonuçları ile de desteklenmektedir (Chen ve Lui, 2015; Iqbal ve diğerleri, 2017).

Hıyar bitkisinde yapılan bir başka kısıntılı uygulama çalışmasında, %100 ve %70 ETc sulama uygulamaları sonucunda verim açısından uygulamalar arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmadığı tespit edilmiştir (Rahil ve Qanadillo, 2015). Omotade ve Babalola (2019), ise dört farklı sulama seviyesinde (%100 ETc, %80 ETc, %60 ETc, %40 ETc) örtüaltında hıyar yetiştiriciliği yapmışlardır. En yüksek verimin (105.93 kg/ha) en yüksek su kullanım etkinliği sağlayan %80 oranında yapılan kısıntılı sulama uygulaması ile elde edildiği belirtilmiştir. Benzer olarak; Parkash vd. (2021), %100 ETc, 80% ETc, %60 ETc

ve %40 ETc sulama seviyelerinde yaptıkları hıyar yetiştiriciliğinde, %80 ETc uygulamasının verimde kayıp meydana getirmedeğini ve üretimde su tasarrufu sağladığı için kullanılabileceğini vurgulamışlardır. Pakyürek ve Söylemez (2004), baş salatada; Şimşek vd. (2005), Kaman vd. (2017), Karaca Bilgen vd. (2018), ise hıyarda yaptıkları çalışmalarda sulama düzeylerinin azalması ile verimin azaldığını bildirmişlerdir.

#### **4.2.3. Meyve Boy ve Çap Uzunluğu**

Elzem F1 ve MH-102 F1 çeşitlerinde, farklı su kalitesi, sulama seviyesi ile su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun meyve boy ve çap uzunluğu parametreleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ).

Elzem F1 çeşidinde su kalitesindeki değişimlerin meyve boy uzunluğu üzerine etkileri incelendiğinde; arıtılmış atık su (14,07 cm) ve aktif çamur suyu (14,00 cm) uygulamalarının şebeke suyu (11,89 cm) uygulamasına göre meyve boy uzunluğu değerlerini arttırdığı gözlenmiştir (Çizelge 4.1.). Sulama seviyelerindeki azalmalara bağlı olarak ise meyve boylarında kısalmalar meydana gelmiştir. Buna göre; tam sulama (14,08 cm) yapılan uygulamaların en yüksek; %50 ETc (12,29 cm) sulama seviyesi uygulamalarının ise en düşük boy uzunluğu ortalamasına sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Ancak, kısıntılı sulama uygulamaları atık su uygulamaları ile birlikte yapıldığında; AAS ve AÇS uygulamalarının tüm sulama seviyelerinde şebeke suyu uygulamalarına göre meyve boy uzunluğu değerlerinde artış görülmüştür. Buna göre; meyve boy uzunluğu bakımından en iyi sonuçlar AÇS-S100 (14,87 cm), AAS-S100 (14,74 cm) ve AAS-S75 (14,70 cm) uygulamalarından; en düşük sonuçlar ise ŞS-S75 (11,44 cm) ve ŞS-S50 (11,62 cm) uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

Elzem F1 çeşidinde meyve çap uzunluğu parametresindeki değişimler su kalitesindeki farklılıklar açısından incelendiğinde; AAS (4,03 cm) ve AÇS (3,99 cm) uygulamaları ile şebeke suyu uygulamalarına (3,70 cm) göre artış sağlandığı görülmüştür (Çizelge 4.1). Farklı sulama seviyelerinin etkileri değerlendirildiğinde ise; sulama seviyesindeki azalmaya bağlı olarak meyve çapı ortalamalarının da azaldığı ve meyve çapı ortalama değerlerinin 4,10 cm (S100) - 3,63 cm (S50) arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge

4.2). Hem sulama seviyesi hem de su kalitesindeki değişimlerin etkileri birlikte değerlendirildiğinde; en iyi sonucu veren uygulamanın AÇS-S100 (4,31 cm); en düşük sonucu veren uygulamaların ise ŞS-S75 (3,67 cm) ŞS-S50 (3,64 cm) ve AÇS-S50 (3,49 cm) olduğu görülmüştür (Çizelge 4.3).

MH-102 F1 hıyar çeşidinde, sulamalarda aktif çamur suyu kullanılması ile birlikte meyve boy ve çap uzunluğu ortalamalarında artışlar meydana geldiği saptanmıştır. En yüksek meyve boy ve çap uzunluğu ortalamaları sırası ile 13,50 cm ve 3,92 cm olarak aktif çamur suyu uygulamaları sonucunda ölçülmüştür. En kısa meyve boy ve çap uzunluğu ortalama değerleri ise şebeke suyu uygulamaları sonrasında elde edilmiştir ve bu değerler sırası ile 13,19 cm ve 3,58 cm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Bunun yanı sıra; Elzem F1 çeşidi ile benzer olarak, sulama seviyelerinin azalması ile birlikte, meyve boy ve çap uzunluğu değerlerinde de azalmalar meydana gelmiştir. S100 uygulamaları sonrasında, meyve boy ve çap uzunluğu ortalama değerleri sırası ile 13,53 cm ve 3,88 cm olarak ölçülmüştür. Sulama seviyesinin %50 oranında azaltılması ile birlikte, elde edilen meyve boy uzunluğu ve meyve çapı ortalama değerleri sırası ile 13,10 cm ve 3,56 cm olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Su kalitesi ve sulama seviyelerinin ortak etkileri değerlendirildiğinde; AAS ve AÇS uygulamaları ile %25 oranında kısıntılı sulama yapıldığında meyve boy uzunluğu değerlerinde azalma olmadığı ve elde edilen bu değerlerin şebeke suyu uygulamalarının %50 ETc düzeyinde uygulanması ile benzer olduğu tespit edilmiştir. Tüm bu sonuçlara göre; AÇS-S100 (13,61 cm) uygulamasının en iyi; ŞS-S50 (12,88 cm) uygulamasının ise en düşük sonucu verdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

Sonuç olarak; iki hıyar çeşidinde de şebeke suyu ile birlikte yapılan kısıntılı sulama uygulamaları ile meyve boy ve çap uzunluklarında azalmalar meydana geldiği belirlenmiştir. Parkash vd. (2021), hıyar bitkisinde yapmış oldukları bir çalışmada sulama seviyesinin azalması ile birlikte meyve uzunluğu değerlerinin azaldığını belirtmişlerdir. Ancak, Şimşek vd. (2005), hıyar bitkisinde %100 ETc, %75 ETc ve %50 ETc sulama seviyelerinde meyve boy ve çap uzunluğu değerlerinde herhangi bir değişme olmadığını tespit etmişlerdir.



Elzem F1 çeşidinde arıtılmış atık su ve MH-102 F1 çeşidinde ise özellikle aktif çamur suyu uygulamaları ile birlikte %25 oranında kısıntılı sulama yapıldığında, meyve boy ve çap uzunluğu değerlerinde azalma olmadığı görülmüştür. Böylece, arıtılmış atık su ve aktif çamur suyu uygulamaları sayesinde, hıyar bitkilerine verilen su miktarındaki %25 oranındaki azalmaya rağmen, meyvelerde büyüme ve gelişme süreci devam edebilmiştir. Bu durum atık su uygulamalarının içerisindeki bitki besin elementlerinin meyve gelişimi üzerine faydalı etkilerinin olduğunu göstermektedir. Aynı şekilde, her iki çeşitte de meydana gelen verim artışının boy ve çap uzunluğu değerlerindeki artışlar ile orantılı olması bu durum ile ilişkilendirilebilmektedir. Makhadmeh vd. (2021), tarafından yapılan bir çalışmada da, kabak bitkisinde sulama suyu olarak şebeke suyu ve arıtılmış atık su kullanılmıştır. Şebeke suyunda 20,7 cm boy ve 8,8 cm olarak ölçülen çap uzunluğu ortalamaları; arıtılmış atık su uygulamaları ile 25,0 cm ve 10,2 cm'e yükselmiştir. Benzer olarak, Al-Lahham vd. (2003), domates bitkisinde de arıtılmış su uygulamalarının meyve boy ve çap uzunluğunu arttırdığını bildirmişlerdir. Naz vd. (2021), tarafından domates ve bamyada yapılan bir başka çalışmada ise sulama suyu olarak filtrelenmiş ve filtrelenmemiş atık sular kullanılmıştır. Filtrelenmemiş atık suların meyvelerde boy ve çap uzunluğunu arttırarak verim artışı sağladığını belirtmişlerdir.

#### **4.2.4. Meyve Şekil İndeksi**

Meyve şekil indeksi parametresi hıyar meyvelerinde pazarlanabilir meyve kalitesini gösteren önemli bir parametredir. Hıyar meyvelerinde bu değer genellikle 3,0 civarında olması veya bu değere yakın değerler alması ürün kalitesi ve standardizasyonunun belirlenmesi açısından istenmektedir (Tokatlı ve Özgür, 1999). Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde, farklı su kalitelerinin ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonunun etkilerinin istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0,05$ ); sulama seviyelerindeki değişimin etkilerinin ise önemsiz olduğu tespit edilmiştir ( $P > 0,05$ ). Buna göre; su kalitelerindeki farklılıklar bakımından ŞS (3,20) uygulaması sonucunda en iyi meyve şekil indeksi değeri elde edilmiştir (Çizelge 4.1). Kısıntılı sulama uygulamaları ile birlikte ise meyve şekil indeksi değerlerinin 3,38 (S50)-3,42 (S100) arasında değiştiği gözlenmiştir (Çizelge 4.2). Su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonu açısından en iyi sonucu veren uygulamalar ise ŞS-S75 (3,11) ve ŞS-S50 (3,19); en düşük sonucu veren uygulamalar ise AÇS-S50 (3,57),

AÇS-S75 (3,52), AAS-S75 (3,55) ve AAS-S100 (3,51) olarak tespit edilmiştir. Arıtılmış atık su ve aktif çamur suyu uygulamalarının Elzem F1 çeşidinde hıyar meyvelerinin boy uzunluğunu arttırması nedeni ile meyve şekil indeksi değerleri şebeke suyu ile sulanan meyvelerde 3,0 değerine daha yakın değerler almıştır (Çizelge 4.3).

MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde farklı su kalitelerinin, sulama seviyelerinin ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun meyve şekil indeksi üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0,05$ ) bulunmuştur. Su kalitesindeki farklılıklar bakımından meyve şekil indeksi parametresindeki değişimler incelendiğinde; AÇS uygulamaları (3,44) ile en iyi sonuç elde edilmiştir (Çizelge 4.4). Sulama düzeylerinin azalması ile birlikte meyve şekil indeksi ortalama değerlerinin arttığı; bu nedenle en iyi sonucun S100 (3,49) ve S75 (3,54) uygulamalarından elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.5). Şebeke suyu ile yapılan kısıntılı sulama uygulamaları ile meyve şekil indeksi değerlerinde azalma olmadığı; sayısal olarak en yüksek değer ŞS-S100 (3.70) uygulamasından elde edildiği bulunmuştur. Ancak; AÇS-S100 (3,33) ve AÇS-S75 (3,35) uygulamaları ile hıyar meyveleri için ideal meyve şekil indeksi değeri olan 3,0 değerine daha yakın sonuçlar ortaya çıkmıştır (Çizelge 4.6). MH-102 F1 çeşidi ile benzer olarak; Akbudak ve Üstündağ (2022), arıtılmış ve arıtılmamış atık su uygulamaları sonucunda turşuluk hıyar meyvelerinin meyve şekil indeksi değerlerini 2,90 ve 3,27 olarak; kontrol grubu olan şebeke suyu uygulamaları sonucunda ise 3,40 olarak bulmuşlardır.

#### **4.2.5. Meyve Kabuk Rengi**

Hıyar meyvelerinin kalitesini, hasat ve pazarlanabilme özelliğini ölçen önemli parametrelerden biri meyve kabuk renginin belirlenmesidir. Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde; farklı su kalitesi, sulama seviyesi ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun “L” değeri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz ( $P > 0,05$ ); “a” ve “b” değerleri üzerindeki etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Elzem çeşidinde, meyve parlaklığını ifade eden “L” değeri ortalamaları su kalitesinin etkilerine göre 35,98 (AÇS)-36,67(AAS); sulama seviyelerinin etkilerine göre 36,13 (S100, S50)-36,45 (S75); su kalitesi ile sulama seviyesinin ortak etkilerine göre ise 35,32 (ŞS-S100)-37,05 (AAS-S100) arasında değişmiştir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3).

Elzem F1 çeşidinde, renk parametrelerinden kırmızılık-yeşillik renklerini ifade eden "a" değerleri incelendiğinde; elde edilen tüm değerlerin yeşil rengi ifade eden negatif okumalardan oluştuğu görülmüştür. Buna göre; farklı su kalitelerinin etkilerine göre; a değerleri -10,47 (AAS) ile -12,17 (ŞS); sulama seviyelerinin etkilerine göre -10,76 (S100) ile -11,68 (S50) arasında değişmiştir. Atık sular ile sulanan meyvelerin kabuk renginin koyu yeşil olduğu belirlenmiştir. Sulama seviyesinin azalması ile birlikte meyvelerin yeşil rengini kaybetmeye başladığı ve koyu yeşilden açık yeşile doğru değişim gösterdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2). Su kalitesi ve sulama seviyelerindeki değişimlerin a parametresi üzerine olan etkileri birlikte değerlendirildiğinde; -10,24 (AAS-S75) ile -12,77 (ŞS-S50) arasında değiştiği görülmüştür. Özellikle arıtılmış atık su uygulamaları ve aktif çamur suyu kullanılarak %75 ETc düzeylerinde yapılan sulama uygulamalarının, meyvelerde yeşil rengini arttırdığı belirlenmiştir. Şebeke suyu ile sulanan bitkilerde meyvelerin daha açık yeşil renkte olduğu görülmüştür (Çizelge 4.3).

Elzem F1 çeşidinde, meyve kabuğu renk parametrelerinden "b" değerlerinin pozitif okumalardan oluşması sarı rengin bulunmasını ifade etmektedir. Meyve kabuk rengine ait "b" değerlerinin su kalitesindeki değişimlere bağlı olarak 14,19 (AAS)-15,86 (ŞS) arasında değerler aldığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.1). Renk parametrelerinden "b" değerinin pozitif yönde artması, meyve kabuğu renginde sarı renginin ve meyvelerde sarılık oranının arttığını göstermektedir. Hıyar yetiştiriciliğinde ve pazarlanmasında meyvenin sararması istenmeyen bir durumdur. Bu durum, bitkilere verilen su miktarının azaltılması ile birlikte ortaya çıkmıştır. Kısıntılı sulama uygulamaları arttıkça, sarı rengin yoğunluğu da artmıştır. Buna göre, "b" değeri ortalamaları 116,39 (S100)-146,uuuuuuuuuuuuio89 (S50) arasında değişmiştir (Çizelge 4.2). Su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonuna göre ise; en yüksek "b" değeri 16,39 ile ŞS-S50 uygulamasından; en düşük "b" değerleri ise 13,45 ile AÇS-S100 ve 13,65 ile AAS-S100 uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

MH-102 F1 çeşidine ait hıyar bitkilerinde farklı su kalitesi, sulama seviyesi ile su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonunun "a" ve "b" parametreleri üzerine olan etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Ancak; kabuk renginin parlaklık

göstergesi olan “L” değeri üzerinde yapılan uygulamaların önemli bir etkisi olmadığı tespit edilmiştir ( $P>0,05$ ). Buna göre; ortalama “L” değerlerinin su kalitelerinin etkilerine göre 34,14 (ŞS)-35,08 (AÇS); sulama seviyesinin etkilerine göre 34,36 (S50)-34,88 (S100); su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonunun etkilerine göre ise 33,80 (ŞS-S75)-35,53 (AÇS-S100) arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4, Çizelge 5 ve Çizelge 6).

MH-102 F1 çeşidinde, su kalitelerindeki farklılığın “a” değeri ortalamaları üzerine etkileri incelendiğinde; tüm değerlerin negatif okumalardan oluştuğu belirlenmiştir.

Ayrıca, arıtılmış atık su ve aktif çamur suyu uygulamalarının her ikisi de kontrol grubu olan ŞS (-11,13) uygulamasına kıyasla meyve kabuk renginin koyulaşmasını sağlamıştır. Ancak en iyi sonuç -9,39 değeri ile AÇS uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.4). Sadece sulama seviyelerinin etkileri incelendiğinde; Elzem F1 çeşidinden elde edilen sonuca benzer olarak, sulama düzeylerinin azalması ile birlikte meyve kabuğunda renk açılımı olmuştur. “a” değerlerine ait ortalamalar tam sulama uygulamaları ile -9,64; %50 ETC seviyesinde yapılan sulama uygulamaları ile -10,86 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Farklı su kalitelerinde ve farklı seviyelerde yapılan sulama uygulamalarının etkileri değerlendirildiğinde; AAS-S100 uygulamasının -9.09 ile en yüksek “a” değerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bunu sırası ile -9,28 ile AÇS-S100 ve -9,29 ile AÇS-S75 uygulamaları takip etmiştir. En düşük “a” değeri ise -12,45 ile ŞS-S50 uygulamasından elde edilmiştir. Arıtılmış atık su ve aktif çamur suyu uygulamaları ile tüm sulama seviyelerinde sulama yapıldığında meyve kabuğu renginde koyulaşma olduğu tespit edilmiştir. Sadece şebeke suyu kullanıldığında, sulama seviyelerinin azalması ile birlikte meyve renginde sararmalar meydana gelmiştir. Ancak, arıtılmış atık su ve aktif çamur suyu uygulamaları ile renk açılmaları %50 Etc sulama seviyeleri ile birlikte görülmeye başlamıştır (Çizelge 4.6).

MH-102 F1 çeşidinde, tüm “b” değerlerinin pozitif okumalardan oluştuğu belirlenmiştir. Su kalitelerindeki farklılıklara bağlı olarak ortalama “b” değerlerindeki değişimler incelendiğinde; “b” değeri ortalamalarının 11.22 (AÇS)-13,35 (ŞS) arasında değiştiği belirlenmiştir. Özellikle arıtılmış atık su ve aktif çamur suyu uygulamaları ile ortalama “b” değerlerinde düşüşler meydana gelmiştir ve meyve renginde koyu yeşil sağladığını ve meyve renginde koyulaşma meydana getirdiğini vurgulanmıştır (Çizelge 4.4). Buna

göre; su kalitelerindeki değişime bağlı olarak b değerlerindeki değişimler değerlendirildiğinde; üzerine tüm uygulamaların etkileri incelendiğinde; sulama seviyelerindeki farklılıkların etkilerine göre, b değerlerindeki değişimler Elzem çeşidi ile benzer olarak meydana gelmiştir ve b değerleri 11.17 (S100)-13,24 (S50) arasında değişmiştir. ‘b’ değerinin artması, meyve kabuğu renginde açılmalar meydana geldiğini göstermiştir (Çizelge 4.5). Su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonuna göre ise, 10,20 (AÇS-S100) ile 13,76 (ŞS-S50) arasında değişmiştir. Meyve renklerinde, şebeke suyu uygulamaları içerisinde, %75 ETc sulama seviyesi ile birlikte başlayan renk açılmaları, diğer uygulama gruplarında %50 ETc seviyelerinde başlamıştır. Özellikle aktif çamur suyu uygulamaları sonucunda meyvelerde kabuk renginin diğer gruplara göre daha canlı ve koyu yeşil renkte olduğu görülmüştür (Çizelge 4.6).

Akbudak ve Üstün (2022); iki farklı turşuluk hıyar çeşidinde; şebeke suyu, atık su ve arıtılmış atık su uygulamaları sonucunda meyve kabuk rengi açısından farklı sulama kalitelerini karşılaştırmışlardır. Meyve renk parametrelerinden L, a, b değerleri arasında uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılığın bulunmadığını tespit etmişlerdir. Benzer olarak, Akinwole vd. (2020), bir balık tesisinden temin ettikleri atık su ve şebeke suyu ile suladıkları hıyar bitkilerinin meyvelerinde meyve kabuk rengi analizi yaptıklarında, uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmadığını bildirmişlerdir. Farklı patlıcan ve biber çeşitlerinde atık su, arıtılmış atık su ve şebeke su ile yapılan sulama uygulamalarının denendiği bir başka çalışmada da L, a ve b değerleri açısından istatistiksel olarak bir farklılığın bulunmadığı ortaya konmuştur. Ancak, Ancak meyve et rengi bakımından atık su ile sulanan meyvelerin daha koyu renkli olduğunu tespit etmişlerdir (Zambi ve Akbudak, 2022).

#### **4.2.6. Meyve Eti Sertliği**

Elzem F1 ve MH-102 F1 hıyar çeşitlerinde farklı su kalitelerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamaları sonucunda meyve eti sertliği değerleri bakımından istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Elzem F1 çeşidinde, AAS ve AÇS uygulamaları ile meyve eti sertliğinin arttığı tespit edilmiştir. Meyve eti sertliği ortalamaları bakımından en yüksek sonuçlar AAS (9.47 N) uygulamalarından elde

edilirken, bunu AÇS (9,33 N) ve ŞS (9,00 N) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.1). Sulama seviyelerindeki değişimlere göre meyve eti sertliği ortalamaları 10,31 N (S100)- 7,29 N (S50) arasında değerler almıştır. Sulama suyunun seviyelerinin %25 oranında azaltılması ile sertlik değerlerinde önemli bir değişiklik meydana gelmezken; %50 oranında kısıntılı sulama yapıldığında meyvelerin yumuşamaya başladığı görülmüştür (Çizelge 4.2). Farklı su kalitelerinde kısıntılı sulama yapıldığında, meyve eti sertliği bakımından en yüksek sonuçlar sırası ile AÇS-S100 (10,60 N), AAS-S100 (10,58 N), AAS-S75 (10,55 N) ve AÇS-S75 (10,43 N) uygulamalarından; en düşük sonuç ise AÇS-S50 (6,95 N) uygulamasından elde edilmiştir. Tüm atık su ve şebeke suyu uygulamalarında sulama seviyelerinin %25 oranında azaltılması meyve eti sertliği değerlerinde önemli değişikliklere yol açmamıştır. Ancak, %50 oranında kısıntılı sulama yapıldığında tüm uygulama gruplarında meyve eti sertliğinin azaldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

MH-102 F1 çeşidinde sadece su kalitesindeki farklılıklar incelendiğinde; AÇS (11,09 N) uygulamasının AAS (10,42 N) ve ŞS (10,25 N) uygulamalarına göre daha yüksek sonuç verdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.4). Ayrıca sulama seviyelerindeki azalmalar ile doğru orantılı olarak meyve eti sertliğinin de azaldığı tespit edilmiştir. Buna göre; ortalama meyve eti sertliği değerleri 11,16 N (S100)- 10,11 N (S50) arasında değişmiştir (Çizelge 4.5). Hem su kaliteleri hem de sulama seviyelerindeki farklılıklar birlikte ele alındığında; AÇS-S100 (11,37 N), AÇS-S75 (11,30 N) ve AAS-S100 (S100) uygulamalarının en iyi; ŞS-S50 (9,46 N) ve AAS-S50 (9,71 N) en düşük sertlik değerlerine sahip olduğu belirlenmiştir. Bu durumda, AÇS ile %100 ve %75 ETc seviyelerinde sulama yapıldığında, meyvelerde sertlik değerlerinde olumsuz bir etki ortaya çıkmadığı sonucuna varılabilir. AAS uygulamaları ile ise %75 ETc seviyesinden itibaren meyvelerin sertlik bakımından kalitesini kaybetmeye başladığı görülmüştür (Çizelge 4.6). Meyvelerde atık su uygulamalarının yumuşamaya neden olması içeriğindeki atık suların içerisindeki azot miktarının fazla olması ile ilişkilendirilebilmektedir. Ünlü ve Padem (2009), domates yetiştiriciliğinde araziye uyguladıkları çiftlik gübresi miktarındaki artışla birlikte meyve eti sertliğinde azalmalar meydana geldiğini belirtmişlerdir.

Hıyar meyvelerinde meyve eti sertliği pazarlama ve nakliye konuları için önemli bir parametredir. Meyvenin sert olması, tarladan sofraya kadar yumuşamaması hem üretici hem de tüketici için istenen bir özelliktir. Sebzelerde atık su uygulamalarının meyve eti sertliği üzerindeki etkileri birçok çalışmada ve farklı sebze türlerinde de incelenmiş olup, ortaya çıkan sonuçlarda farklılıklar bulunduğu görülmüştür. El-Garawany ve Albaloushi (2015), hıyar bitkisinde beş farklı seviyede [(%100 ETc, %70ETc, %70 ETC (vegetatif gelişme döneminden itibaren); %70 ETc (Çiçeklenme döneminden itibaren); %70 ETc (İlk hasattan itibaren)] kısıntılı sulama uygulamaları yapmışlardır. Buna göre; su miktarındaki azalmanın meyve eti sertliği üzerinde herhangi bir etkisinin bulunmadığını belirtmişlerdir. Akbudak ve Üsündağ (2022), turşuluk hıyar bitkilerinde yaptıkları bir çalışmada; şebeke suyu, arıtılmış atık su ve atık su uygulamaları sonucunda meyve eti sertliği bakımından istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmadığını belirtmişlerdir. Domates bitkisinde yapılan bir çalışmada, arıtılmış su uygulamalarını meyvelerde yumuşamaya neden olarak, sertlik oranını düşürdüğü bildirilirken Demir (2016) bir başka çalışmada ise şebeke suyu ve arıtılmış su kullanılarak yapılan sulama uygulamaları sonucunda, su kalitelerindeki farklılığın meyve eti sertliğini etkilemediği belirtilmiştir (Al-Lahham ve diğerleri, 2003). Dagianta vd. (2014), tarafından biber bitkisinde yapılan bir çalışmada dört farklı su kalitesinde (şebeke suyu, şebeke suyu+fertigasyon, arıtılmış atık su, arıtılmış atık su+fertigasyon) yapılan sulama uygulamaları sonucunda atık su kullanımı ile meyve sertliğinin azaltıldığını tespit etmişlerdir. Sulama seviyelerindeki azalmaların meyve eti sertliği üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmalarda da farklı sonuçlar ortaya konmuştur. Bang vd. (2004), karpuz bitkisinde %50 ETc sulama seviyesinde yapılan sulama uygulamaları sonucunda karpuz meyvelerinin sertleştini ve meyve eti sertliğinin çeşide bağlı bir özellik olarak da değiştini vurgulamışlardır. Bu çalışma ile benzer olarak, Agbemafle vd. (2014), domates bitkisinde farklı sulama seviyelerinde (%100 ETc, %90 ETc, %80 ETc ve %70 ETc) sulama uygulamaları deneyerek, sulama seviyesinin azalması ile meyve eti sertliğinin arttığını tespit etmişlerdir. Buna karşın; domates bitkisinde iki farklı sulama aralığı (4 ve 8 gün) ve dört farklı sulama seviyesinin (%100 ETc, %80 ETc, %60 ETc ve %40 ETc) uygulandığı bir çalışmada, sulama sıklığı ve seviyelerinin sertlik üzerinde önemli bir etkisinin bulunmadığını belirtmişlerdir.

#### 4.2.7. Toplam Kuru Madde Miktarı (TKM)

Elzem F1 ve MH-102 F1 hıyar çeşitlerinde farklı su kalitelerinin, sulama seviyelerinin ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonunun meyvede toplam kuru madde miktarı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ).

Elzem F1 çeşidinde; sadece su kalitelerinin etkileri değerlendirildiğinde; en yüksek kuru madde miktarı %4,28 (AAS)-%3,46 (ŞS) arasında değişmiştir (Çizelge 4.1). Sulama seviyesinin azalması ile birlikte meyvelerin kuru madde oranında da artışlar meydana gelmiştir. Bu nedenle, en yüksek kuru madde ortalaması %4,27 ile S50; en düşük ortalama ise %3,32 ile S100 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Su kalitesi ve sulama seviyesi interaksiyonu bakımından ise; en yüksek değer AÇS-S50 (%4,97) ; en düşük değerler ise AAS-S100 (%3,24), ŞS-S100 (%3,28), ŞS-S75 (%3,34) ve AÇS-S100 (%3,43) uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

MH-102 F1 çeşidinde de Elzem F1 çeşidi ile benzer olarak atık su uygulamalarının kuru madde içeriğini arttırdığı belirlenmiştir. Böylece en yüksek kuru madde değerleri %5,60 ile AAS ve %5,59 ile AÇS uygulamalarından; en düşük ortalama ise %4,34 ile ŞS uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.4). Sulama seviyelerinin azalması ile birlikte kuru madde miktarlarında da artışlar meydana gelmiştir. Buna göre; kuru madde ortalamaları %4,56 (S100)-%5,56 (S50) arasında değişmiştir (Çizelge 4.5). Su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonu bakımından inceleme yapıldığında ise; AÇS-S50 (%6,07) ve AAS-S50 (%6,04) uygulamalarının yüksek sonuçları verdiği; AÇS-S75 (%5,96) uygulamasının da ikinci sırada yer aldığı belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Makhadmeh vd. (2021), kabak bitkisinde yapmış oldukları çalışmada şebeke suyu ve arıtılmış suyu ile sulama uygulamaları yapmışlardır. Arıtılmış atık su uygulaması sonucunda meyvelerde toplam kuru madde miktarı 41,9 gr; şebeke suyu uygulamaları sonucunda ise 27,5 gram olarak bulunmuştur. Tzortzakis vd. (2020), domates bitkisinde yapmış oldukları çalışmada farklı atık su ve gübre kombinasyonlarını denemişlerdir. Atık



su uygulamalarının meyvelerde toplam kuru madde miktarını arttırdığını bildirmişlerdir. Zegbe-Dominguez vd. (2004), tarafından domates bitkisinde yapılan bir çalışmada ise kısıntılı sulama, yarı ıslatmalı sulama ve tam sulama uygulamaları denenmiştir. Ancak yapılan farklı sulama uygulamalarının meyve kuru ağırlığında istatistiksel olarak bir fark ortaya koymadığı belirtilmiştir. Benzer olarak; Dorji vd. (2005), biber bitkisinde yapmış oldukları kısıntılı sulama, yarı ıslatmalı sulama ve tam sulama uygulamalarında meyve kuru ağırlığında istatistiksel olarak önemli bir farklılık bulunmadığını vurgulamışlardır. Mendonça vd. (2020), salkım domateste farklı sulama seviyeleri (%100 ETc, %75 ETc ve %50 ETc) uygulamışlardır. Sulama seviyesinin azalması ile meyve kuru madde miktarının arttığını tespit etmişlerdir. Rahil ve Qanadillo (2015), hıyar bitkisinde farklı kısıntılı sulama rejimlerini denemişlerdir; %70 ETc seviyesinde yapılan sulamaların meyve kuru madde içeriğini arttırdığını belirtmişlerdir.

#### **4.2.8. Suda Çözünebilir Kuru Madde (SÇKM) Miktarı**

Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde, atık sular ile yapılan sulamaların meyvelerde SÇKM oranını arttırdığı; özellikle suların arıtılma derecesi arttıkça SÇKM'nin de arttığı tespit edilmiş ve meydana gelen bu artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Buna göre; SÇKM değerlerinin 4,10 (AAS)- 3,60 (ŞS) arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Sulama düzeylerinin %50 oranında azalması ile SÇKM değerinde artışlar meydana gelmiştir ve bu değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Buna göre; SÇKM değerlerine ait ortalama değerlerin 4,05 (S50 ve S75)-3,66 (S100) arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.2). Farklı su kalitelerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamaları sonucunda da SÇKM değerlerinde istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Buna göre; AÇS-S50 (4,26) ve AAS-S50 (4,22) ile AÇS-S75 (4,19) ve AAS-S75 (4,15) uygulamaları sonucunda, tüm şebeke suyu uygulamalarına kıyasla SÇKM değerlerinde artış meydana gelmiştir (Çizelge 4.3). MH-102 F1 çeşidinde atık su kullanımının meyvelerde SÇKM değeri üzerine önemli bir etkisi olmadığı ( $P > 0,05$ ) ve SÇKM ortalama değerlerinin 3,54 (AAS)-3,63 (ŞS) arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.4). Buna karşın; sulama seviyelerinin azalması ile SÇKM değerlerinde de önemli artışlar meydana geldiği; bu artışların ise özellikle %50 ETc seviyelerinde kısıntılı sulama yapılmasıyla birlikte ortaya çıktığı tespit edilmiştir

(( $P \leq 0,05$ ). Buna göre; değerlerin 4,10 (S50) -3,60 (S100) arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.5). Farklı su kalitelerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının ortak etkilerinin de SÇKM değerleri üzerindeki etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P > 0,05$ ). Bu durumda SÇKM değerlerinin 3,25 ile (ŞS-S100 ve AAS-S100) ile 3,81 (AÇS-S75) arasında değiştiği bulunmuştur (Çizelge 4.6).

Suda çözünebilir kuru madde miktarı meyve kalitesini gösteren ve hıyar meyvelerinde pazar değerini arttıran önemli parametrelerden biridir. Tzortzakakis vd. (2020), arıtılmış atık su uygulamalarının, temiz su uygulamalarına göre SÇKM miktarını arttırdığını tespit etmişlerdir. Cantore ve diğerleri (2016), kiraz domates yetiştiriciliğinde üç farklı sulama seviyesi (%100 ETc, %50 ETc ve %0 ETc (yağmur suyu ile beslenen)) belirlemiştir. %0 ETc ve %50 ETc uygulamaları aynı istatistiksel gruba girerken %100 ETc uygulaması diğerlerinden farklı grupta yer alıp SÇKM daha az olduğu belirlenmiştir. Gatta vd. (2015), Domates bitkisinde şebeke suyu ve arıtılmış su kullandığı çalışmada su kaliteleri arasında SÇKM bakımından istatistiksel bir fark belirlenmemiştir. Cirelli vd. (2012), domates bitkisinde arıtılmış su ve şebeke suyu ile suladıkları çalışmada SÇKM arasında istatistiksel anlamda önemli bir fark bulunamamıştır. Elmas (2021), domates bitkisinde iki farklı sulama aralığı (4 ve 8 gün) ve dört farklı sulama seviyesi (%100 ETc, %80 ETc, %60 ETc ve %40 ETc) belirlemiştir. Sulama seviyesinin azalması ile birlikte SÇKM arttığı tespit edilmiştir. Kuşçu vd. (2014), Bursa koşullarında yapmış olduğu çalışmada mevsimsel sulama ihtiyacının artırılmasının SÇKM azalttığını ve su stresi yaşayan bitkilerde SÇKM daha fazla olduğunu belirtmiştir. Suzan vd. (2021), domates bitkisinde dört farklı sulama seviyesinde (%125 ETc, %100 ETc, %75 ETc ve %50 ETc) yaptıkları çalışmada SÇKM su oranının azalması ile arttığını ve en yüksek brix oranının %50 ETc'den elde edilmiştir. Özkan (2019), şebeke suyu ile sulanan Titanik F1 çeşidi hıyar meyvelerinin SÇKM değerlerinin; arıtılmış ve arıtılmamış atık su ile sulanan meyvelere göre daha yüksek olduğunu bildirmiştir. Najarian vd. (2018), hıyarda yaptıkları çalışmalarda sulama düzeylerinin azalması ile SÇKM miktarının arttığını bildirmişlerdir. Domateste yapılan bir başka çalışmada ise, atık su uygulamaları, atık su uygulamaları+fertigasyon, şebeke suyu, şebeke suyu+ fertigasyon uygulamalarını denemişlerdir. Buna göre kontrol uygulamalarına kıyasla, atık su uygulamaları, atık su uygulamaları+fertigasyon uygulamaları ile %40 ve %40 oranında kuru madde oranının

kontrol grubuna kıyasla artış meydana geldiği görülmüştür (Tzortzakakis ve diğerleri, 2020).

#### **4.2.9 Titre Edilebilir Asit (TEA) Miktarı**

Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde farklı su kaliteleri ile yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun, malik asit cinsinden ölçülen TEA miktarı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). En yüksek TEA ortalama değeri 0,21 ile şebeke suyu ile sulanan meyvelerden; en düşük değerler ise 0,18 ile hem arıtılmış hem de arıtılmamış atık su uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.1). Bunun yanı sıra; sulama seviyelerinin azalmasının ise TEA değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin olmadığı ortaya konmuştur ( $P > 0,05$ ). TEA değerlerinin 0,17 (S100) - 0,22 (S50) arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.2). Farklı su kalitelerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının sonucunda ise, TEA değerlerinin 0,25 (AAS-S100) - 0,16 (AÇS-S50 ve AAS-S50) arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.3). Atık su uygulamalarının meyvelerin TEA miktarını düşürdüğünü ve kısıntılı sulama uygulamalarının TEA değerleri üzerinde önemli bir etkisinin bulunmadığı tespit edilmiştir.

MH-102 F1 çeşidinde ise, farklı su kalitelerine, sulama seviyelerine ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonuna göre meyvelerin TEA miktarlarında meydana gelen değişimlerin istatistiksel olarak önemsiz bulunduğu tespit edilmiştir ( $P > 0,05$ ). Buna göre; TEA değerleri su kalitelerinin etkilerine göre 0,24 (ŞS, AS) - 0,25 (AÇS) değişmiştir (Çizelge 4.4). Su seviyelerinin etkilerine göre ise tüm uygulamalar sonucunda TEA değerleri 0,24 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.5). Su kalitesi ve sulama seviyesi interaksyonuna göre ise 0,22 (ŞS-S75) - 0,26 (ŞS-S50) arasında değişmiştir (Çizelge 4.6). Bunun yanı sıra; SÇKM ile TEA arasında ters orantılı bir ilişkinin olduğu belirlenmiştir. Özellikle atık su kullanımının meyvelerde SÇKM içeriğini arttırdığı; TEA değerlerini ise azalttığı tespit edilmiştir. Biberde yapılan bir başka çalışmada da benzer olarak arıtılmış atık su uygulamalarının şebeke suyu uygulamalarına kıyasla göre titre edilebilir asitlik miktarını azalttığı tespit edilmiştir (Dagianta ve diğerleri, 2014). Hashem vd. (2018), ise domates bitkisinde yüzeyaltı sulama yöntemi, tam sulama, kısmi kök

kuruluğu ve kısıntılı sulama yöntemlerini %70 ETC sulama seviyesinde olacak şekilde kullanmışlardır. Kısmı kök kuruluğu ve kısıntılı sulama uygulamaları sonucunda TEA miktarının arttığını bildirmişlerdir. Buna karşın; MH-102 F1 çeşidinden elde edilen sonuçlara benzer olarak Christou vd. (2017), de domates bitkisinde iki su kalitesi (şebeke suyu ve arıtılmış su) ve üç farklı sulama yöntemi (damlama, yağmurlama ve malç altı damlama sistemi) kullanmışlardır. Ancak, TEA bakımından istatistiksel bir fark ortaya çıkmadığını vurgulamışlardır.

#### **4.2.10. pH Miktarı**

Farklı su kalitelerinin, sulama seviyelerinin ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun Elzem F1 ve MH-102 F1 çeşidi hıyar meyvelerinin pH değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli etkisinin bulunmadığı ortaya konmuştur ( $P>0.05$ ). Elzem çeşidinde; pH değerlerinin, su kalitelerinin etkisi ile 5,43 (ŞS) - 5,52 (AÇS); sulama seviyelerinin etkisi ile 5,39 (S75) - 5,57 (S100); su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun etkisi ile ise 5,31 (AÇS-S75) - 5,84 (AÇS-S100) arasında değiştiği bulunmuştur (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3). MH-102 F1 çeşidinde pH değerlerinin, su kalitelerinin etkisi ile 5,32 (AAS) - 5,40 (ŞS); sulama seviyelerinin etkisi ile 5,35 (S75) - 5,37 (S100 ve S50); su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun etkisi ile ise 5,30 (AAS-S100) - 5,45 (ŞS-S100) arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.4, Çizelge 4.5 ve Çizelge 4.6). Bu sonuçlar ile benzer olarak; domateste yapılan bazı kısıntılı sulama çalışmalarında (Cantore ve diğerleri, 2016; Elmas, 2021) ve şebeke suyu ile arıtılmış su uygulamalarının denendiği çalışmalarda (Al-Lahham ve diğerleri, 2003; Christou ve diğerleri, 2017) yapılan uygulamaların pH değerlerini istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilemediği bildirilmiştir.

#### **4.2.11. Elektriksel İletkenlik (EC)**

Farklı su kalitelerinin, sulama seviyelerinin ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun Elzem F1 çeşidi hıyar meyvelerinin EC değerleri üzerine istatistiksel olarak önemli bir etkisinin bulunmadığı ortaya konmuştur ( $P>0.05$ ). EC değerlerine ait ortalamaların farklı su kalitelerine göre 4,85 (ŞS)-4,90 (AÇS); farklı sulama seviyelerine

göre 4,81  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  (S50) - 4,95  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  (S75); ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonuna göre 4,76  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  (AAS-S50)-5,11  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  (AÇS-S75) arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3). Buna karşın; MH-102 F1 çeşidinde, farklı su kalitelerinin, sulama seviyelerinin ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun etkilerinin istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir ( $P \leq 0,05$ ). Buna göre; EC değerleri su kalitesinin etkilerine göre 4,87  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  (şS) - 5,41  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  (AÇS); sulama seviyelerine göre 4,84  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  (S100) - 5,39  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  (S50) arasında değişmiştir (Çizelge 4.4, Çizelge 4.5). Farklı su kalitelerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının etkilerine göre ise en düşük EC değerleri 4,74  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  ile AAS-S100; 4,76  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  ile AÇS-S100; 4,82  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  ile AÇS-S75 uygulamalarından ölçölmüştür. EC değerinin en fazla çıktığı uygulama ise 5,80  $\mu\text{S}/\text{cm}^2$  ile şS-S50 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.6). Buna göre, MH-102 F1 çeşidinde kısıntılı sulama uygulamalarının EC değerlerini arttırdığı görölmüştür. Atık su uygulamalarının ise tam sulama seviyesinde benzer etkiye sahip olduğu ortaya çıkmıştır. Ancak atık su ile yapılan kısıntılı sulama uygulamaları ile EC değerlerinin şebeke suyu uygulamalarından daha düşük sonuçlar verdiği bulunmuştur. Elzem F1 çeşidi ile benzer olarak domates bitkisinde yapılan bir çalışmada da, atık su kullanılarak yapılan kısıntılı sulama uygulamaları sonucunda, EC değerlerinde istatistiksel olarak önemli bir farkın bulunmadığı bildirilmiştir (Demir, 2016).

#### **4.2.12. Fenolik Madde Miktarı**

Farklı su kalitelerinin, sulama seviyelerinin ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun Elzem F1 ve MH-102 F1 hıyar çeşitlerinde fenolik madde içerikleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Sadece farklı su kalitelerinin etkileri incelendiğinde; en yüksek değerler 136,53 mg 100g<sup>-1</sup>YA (AÇS) ve 135,26 mg 100g<sup>-1</sup>YA (AAS); en düşük değer ise 120,36 mg 100g<sup>-1</sup>YA (şS) uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.1). Sadece kısıntılı sulama uygulamalarının etkileri değerlendirildiğinde ise; en yüksek değer 146,89 mg 100g<sup>-1</sup>YA (S100); en düşük değer ise 116,39 mg 100g<sup>-1</sup>YA (S50) uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun etkilerine göre ise en yüksek değer 168,99 mg 100g<sup>-1</sup>YA ile AÇS-S100; en düşük değerler ise 112,44 mg 100g<sup>-1</sup>YA ile AAS-S50 ve

113,44 mg 100g<sup>-1</sup>YA ile ŞS-S50 uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.3). Bu doğrultuda, Elzem F1 çeşidinde atık su uygulamalarının meyvelerin toplam fenol içeriğini arttırdığı ortaya çıkmıştır. Atık suların arıtılma derecesi arttıkça fenolik bileşiklerin miktarında azalma meydana geldiği tespit edilmiştir. Fenolik maddeler bitkilerin bünyesinde bulunan önemli antioksidanlar olup; insan sağlığı için faydalı olan bileşiklerdir (Olszowy, 2019). Öte yandan; sulama düzeylerindeki azalma ile paralel olarak hıyar meyvelerindeki fenol miktarlarının da azaldığı belirlenmiştir. %50 ETc seviyesinde Kısıntılı sulama yapıldığında, arıtılmış atık su kullanımı ile meyvelerde fenol birikiminin azaltılabileceği ortaya konmuştur. Aktif çamur suyu uygulaması ile %25 ETc ve %50 ETc seviyelerinde kısıntılı sulama yapıldığında ise, elde edilen değerlerin arıtılmış atık su uygulamalarından fazla olduğu tespit edilmiştir. Ayrıca, AÇS ve AAS uygulamaları ile %25 oranında kısıntılı sulama yapıldığında bile hıyar meyvelerinin fenolik madde içeriklerinin ŞS uygulamalarından daha fazla olduğu görülmüştür.

MH-102 F1 çeşidinde, fenolik madde içerikleri su kalitelerinin etkilerine göre 133,76 mg 100g<sup>-1</sup>YA (AÇS) - 106,26 mg 100g<sup>-1</sup>YA (ŞS); sulama seviyelerinin etkilerine göre 103,00 mg 100g<sup>-1</sup>YA (S50) - 136,33 mg 100g<sup>-1</sup>YA (S100) arasında değişmiştir (Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5). Tüm uygulamaların sonuçları birlikte değerlendirildiğinde; en yüksek değer 158,27 mg 100g<sup>-1</sup>YA ile AÇS-S100; en düşük değer ise 107,40 mg 100g<sup>-1</sup>YA (S75) uygulamasından elde edilmiştir. MH-102 F1 çeşidinde Elzem F1 çeşidi ile benzer olarak; atık suların sulama suyu olarak kullanılması meyvelerde fenol artışı sağlamıştır (Çizelge 4.6).

Hıyar bitkisinde yapılan bir çalışmada ise 73 adet fenolik bileşik tespit edilmiştir ve bu durum hıyar bitkisinin fenolik bileşikler bakımından zengin bir sebze olduğunu göstermektedir (Ripol ve diğerleri, 2016). Bu çalışmada özellikle atık su kullanımı ike her iki hıyar çeşidinde de fenolik madde miktarının arttığı vurgulanmıştır. Hıyar bitkisinde yapılan başka bir çalışmada da benzer olarak, arıtılmış atık su uygulamalarının kontrol grubu ve arıtılmış atık su uygulamalarına kıyasla meyvelerde fenolik madde miktarını arttırdığı bildirilmiştir (Akbudak ve Üstün, 2022). Tzortzakis vd. (2020), tarafından domates bitkisinde yapılan bir çalışmada arıtılmış atık suların domates meyvelerinde fenol içeriğini arttırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca Zambı (2022) de biber ve

patlıcan çeşitlerinde atık su uygulamaları sonucunda benzer sonuçları elde etmiştir. Bu çalışmada kısıntılı sulama uygulamaları ile her iki çeşitte de fenolik madde içeriğinin azaldığı belirlenmiştir. Ancak domates bitkisinde yapılan bir başka çalışmada, kısmi kök kuruluğu (%50 ETc), kısıntılı sulama (%50 ETc) ve tam sulama (%100 ETc) uygulamaları sonucunda, fenolik bileşiklerin kısmi kök kuruluğu uygulamasında %180, kısıntılı sulama uygulamalarında ise %228 arttığı tespit edilmiştir. Bogale vd. (2016), de domateste iki farklı çeşitte, tam sulama (%100 ETc), kısmi kök kuruluğu (%50 ETc) ve kısıntılı sulama uygulaması (%50 ETc) programları ile sulama yapılmıştır. Cochoro çeşidinde tam sulama uygulamasına kıyasla kısmi kök kuruluğunda %83,3, kısıntılı sulama uygulamasında %88; Matina çeşidinde ise kısmi kök kuruluğunda %19,3, kısıntılı sulama uygulamasında %6,8 oranlarında fenolik madde artışı meydana gelmiştir.

#### **4.2.13. Meyve Klorofil Miktarı**

Elzem F1 ve MH-102 F1 hıyar çeşitlerinde farklı su kalitelerinin, sulama seviyelerinin ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun meyve klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil içerikleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ).

Elzem F1 çeşidinde, klorofil a miktarı atık su ile sulanan meyvelerde şebeke suyu ile sulanan meyvelere göre daha yüksek bulunmuştur. Buna göre; klorofil a ortalama değerleri 3,45 (mg/g-1) (ŞS) - 5,57 (mg/g) (AÇS) arasında değişmiştir (Çizelge 4.1). Sulama düzeylerinin klorofil a içeriği üzerine etkileri incelendiğinde; en yüksek klorofil a içeriği S75 (5,14 mg/g); en düşük ise S50 (4,05 mg/g) uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Farklı su kaliteleri ve sulama düzeylerinin etkileri birlikte değerlendirildiğinde; en yüksek klorofil a miktarı 6,11 mg/g ile AAS-S75; en düşük ise 3,32 mg/g<sup>-1</sup> ŞS-S50 uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.3).

Elzem F1 çeşidinde, su kalitelerindeki farklılıklara göre klorofil b değerleri incelendiğinde; AAS uygulamasına ait meyvelerin 5,76 mg/g ortalama ile en yüksek; ŞS uygulamasına ait meyvelerin ise 2,95 mg/g ile en düşük değerlere sahip olduğu bulunmuştur (Çizelge 4.1). Kısıntılı sulama uygulamalarına göre değerlendirme yapıldığında; en yüksek ortalama değerler 5,09 mg/g ile S100 ve 5,07 mg/g ile S75

uygulamalarından; en düşük 3,30 mg/g ile S50 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Farklı su kaliteleri kullanılarak farklı sulama seviyelerinde sulama yapıldığında ise; AAS-S75 (6,24 mg/g) ve AAS-S100 (6,15 mg/g) uygulamalarının en yüksek; ŞS-S50 (2,34 mg/g) uygulamasının ise en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

Elzem F1 çeşidinde atık su ile sulanan meyvelerde şebeke suyu ile sulanan meyvelere göre daha klorofil a ve klorofil b değerleri daha yüksek bulunmuştur. Sulama seviyesinin %25 oranında azaltılması AAS ve AÇS uygulamaları içerisinde klorofil b içeriği bakımından herhangi bir kayıp meydana getirmemiştir. Ancak, bitkilere verilen sulama suyunun %50 oranında azaltılması ile tüm uygulamalar içerisinde klorofil değerlerinde azalmalar olduğu görülmüştür.

Elzem F1 çeşidinde, meyvelerin toplam klorofil içerikleri incelendiğinde; sadece farklı su kalitelerinde sulama yapıldığında AAS uygulaması 11,34 mg/g ile en yüksek; ŞS uygulaması ise 6,41 mg/g ile en düşük ortalamaya sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.1). Sadece kısıntılı sulama uygulamaları bakımından ise; klorofil b içeriğindeki sonuçlar ile paralel olarak S75 uygulaması ile toplam klorofil içeriğinde herhangi bir kayıp meydana gelmemiş olup; en yüksek ortalama değerler 10,16 mg/g<sup>-1</sup> ile S75 ve 10,09 mg/g ile S100 uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük ortalama değer ise 7,35 ile S50 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.2). Farklı su kalitelerinde ve farklı sulama seviyelerinde sulama yapıldığında; klorofil b miktarındaki değişimler ile benzer olarak AAS-S75 (12,35 mg/g) ve AAS-S100 (12,05 mg/g) uygulamalarının en yüksek; ŞS-S50 (5,66 mg/g) uygulamasının ise en düşük değere sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.3).

MH-102 F1 çeşidinde, atık suların arıtılma düzeyi azaldıkça meyvelerde klorofil a ve b miktarının azaldığı görülmüştür. Buna göre; klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarına ait en yüksek ortalama değerler sırası ile 4,35 mg/g, 5,48 mg/g ve 9,83 mg/g olarak AÇS; en düşük ortalama değerler ise 3,53 mg/g, 3,22 mg/g ve 6,75 mg/g ile ŞS uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.4). Sulama seviyelerindeki azalma ile paralel olarak meyvelerin klorofil içeriğinde de azalmalar meydana gelmiştir. Buna göre; klorofil a, klorofil b ve toplam klorofil miktarlarına ait en yüksek ortalama değerler sırası ile 4,28



mg/g, 4,83 mg/g ve 9,11 mg/g olarak S100; en düşük ortalama değerler ise 3,70 mg/g, 3,50 mg/g ve 7,20 mg/g ile S-50 uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.5). Farklı su kalitelerinde ve farklı sulama seviyelerinde sulama yapıldığında; en yüksek değerler klorofil a içeriği bakımından 4,62 mg/g ile AÇS-S100 ve 4,57 mg/g ile AÇS-S75 uygulamalarından elde edilmiştir. En yüksek klorofil b değerleri ise 5,51 mg/g ile AÇS-S100 ve AÇS-S75; 5,47 mg/g ile AAS-S100 ve 5,42 mg/g ile AÇS-S50 uygulamalarından sağlanmıştır. Toplam klorofil içeriği bakımından ise; 10,13 mg/g ile AÇS-S100; 10,08 mg/g ile AÇS-S75 ve 10,07 mg/g ile AAS-S100 uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük değerler ise klorofil a içeriği bakımından 3,51 mg/g ile şS-S75; 3,44 mg/g ile şS-S50; klorofil b içeriği bakımından 2,71 mg/g ile şS-S50; toplam klorofil içeriği bakımından ise 6,15 mg/g ile AAS-S50 ve 6,16 mg/g ile şS-S50 uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.6).

Turşuluk hıyarda yapılan atık su çalışmasında, Atık F1 çeşidinde klorofil a değeri en yüksek 12,10 mg/g ile arıtılmış atık su ile sulanan meyvelerden elde edilmiştir. Titanik F1 çeşidinde ise atık su uygulamalarının klorofil b miktarını önemli derecede arttırdığı tespit edilmiştir. Toplam klorofil miktarları değerlendirildiğinde ise Atık F1 çeşidinde atık ve arıtılmış su uygulamaları şebeke suyuna kıyasla istatistiksel olarak önemli bulunurken; Titanik F1 çeşidinde su kaliteleri arasında önemli bir fark bulunamamıştır. Arıtılmış atık su ile sulanan marullarda klorofil içeriğinin şebeke suyu ile sulananlara kıyasla daha yüksek klorofil içerdiği tespit edilmiştir (Akbulak ve Üstün, 2022). Marulda yapılan bir çalışmada ise şebeke suyu ve farklı konsantrasyonlarda atık su (%100, 75, 50 ve 25) ile sulama uygulamaları denemiştir. Çalışmanın sonunda, klorofil a, b ve toplam klorofil içerikleri bakımından şebeke suyuna kıyasla istatistiksel bir fark bulunamamıştır (Bozan, 2017). Zambı ve Akbulak (2022), ise biber bitkisinde farklı su kalitelerinde (şebeke suyu, fiziksel arıtma, biyolojik arıtma) sulama uygulamaları yapmışlardır. Buna göre; su kalitesinin azalması ile klorofil a miktarının arttığını; klorofil b ve toplam klorofil miktarlarının da şebeke suyu uygulamalarına göre atık su uygulamalarında daha fazla olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.1.** Farklı su kalitelerinde yapılan sulama uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri

<b>Su Kalitesi</b>	<b>Ortalama Meyve Sayısı (adet/bitki)</b>	<b>Ortalama Verim (kg/bitki)</b>	<b>Meyve Boy Uzunluğu (cm)</b>	<b>Meyve Çap Uzunluğu (cm)</b>	<b>Meyve Şekil İndeksi</b>	<b>Meyve Kabuk Rengi "L"</b>	<b>Meyve Kabuk Rengi "a"</b>	<b>Meyve Kabuk Rengi "b"</b>
<b>Şebeke suyu</b>	23,89 b*	3,20 b	11,89 b	3,70 b	3,20 b	36,07	-12,17 c	15,86 a
<b>Aritılmış atık su</b>	31,93 a	4,47 a	14,07 a	4,03 a	3,48 a	36,67	-10,47 a	14,19 c
<b>Aktif çamur suyu</b>	32,67 a	4,44 a	14,00 a	3,99 a	3,51 a	35,98	-10,92 b	14,53 b
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	0,83	0,19	0,11	0,05	0,05	öd	0,29	0,11

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P \leq 0.05$ ) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.1.** Farklı su kalitelerinde yapılan sulama uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri (devam)

<b>Su Kalitesi</b>	<b>Sertlik (N)</b>	<b>TKM (%)</b>	<b>SÇKM (°Brix)</b>	<b>TEA (%)</b>	<b>pH</b>	<b>EC (µS/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fenolik Madde Miktarı (mg 100g<sup>-1</sup>YA)</b>	<b>Meyve Klorofil a (mg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Meyve Klorofil b (mg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Toplam Klorofil Miktarı (mg g<sup>-1</sup>)</b>
<b>Şebeke suyu</b>	9,00 b*	3,46 c	3,60 c	0,21 a	5,43	4,85	120,36 b	3,45 c	2,95 c	6,41 c
<b>Arıtılmış atık su</b>	9,47 a	4,28 a	4,10 a	0,18 b	5,45	4,86	135,26 a	5,15 b	5,76 a	11,34 a
<b>Aktif çamur suyu</b>	9,33 a	3,83 b	3,97 b	0,18 b	5,52	4,90	136,53 a	5,57 a	4,69 b	9,85 b
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	0,29	0,14	0,07	0,01	öd	öd	2,11	0,14	0,09	0,19

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (P ≤0.05) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.2.** Farklı sulama seviyelerinin Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri

<b>Sulama Seviyesi (%)</b>	<b>Ortalama Meyve Sayısı (adet/bitki)</b>	<b>Ortalama Verim (kg/bitki)</b>	<b>Meyve Boy Uzunluğu (cm)</b>	<b>Meyve Çap Uzunluğu (cm)</b>	<b>Meyve Şekil İndeksi</b>	<b>Meyve Kabuk Rengi "L"</b>	<b>Meyve Kabuk Rengi "a"</b>	<b>Meyve Kabuk Rengi "b"</b>
<b>100</b>	33,47 a*	4,35 a	14,08 a	4,10 a	3,42	36,13	-10,76 a	14,20 c
<b>75</b>	31,10 b	4,24 a	13,60 b	3,99 b	3,39	36,45	-11,13 b	14,67 b
<b>50</b>	23,92 c	3,52 b	12,29 c	3,63 c	3,38	36,13	-11,68 c	15,70 a
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	0,83	0,19	0,11	0,05	öd	öd	0,29	0,11

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P \leq 0.05$ ) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.2.** Farklı sulama seviyelerinin Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri (devam)

<b>Sulama Seviyesi (%)</b>	<b>Sertlik (N)</b>	<b>TKM (%)</b>	<b>SÇKM (°Brix)</b>	<b>TEA (%)</b>	<b>pH</b>	<b>EC (<math>\mu\text{S}/\text{cm}^2</math>)</b>	<b>Fenolik Madde Miktarı (<math>\text{mg } 100\text{g}^{-1} \text{YA}</math>)</b>	<b>Meyve Klorofil a (<math>\text{mg g}^{-1}</math>)</b>	<b>Meyve Klorofil b (<math>\text{mg g}^{-1}</math>)</b>	<b>Toplam Klorofil Miktarı (<math>\text{mg g}^{-1}</math>)</b>
<b>100</b>	10,31 a*	3,32 c	3,66 b	0,17	5,57	4,92	146,89 a	4,99 b	5,09 a	10,09 a
<b>75</b>	10,19 a	3,99 b	4,05 a	0,20	5,39	4,95	128,87 b	5,14 a	5,02 a	10,16 a
<b>50</b>	7,29 b	4,27 a	4,05 a	0,22	5,44	4,81	116,39 c	4,05 c	3,30 b	7,35 b
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	0,29	0,14	0,07	öd	öd	öd	2,11	0,14	0,09	0,19

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P \leq 0.05$ ) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.3.** Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri

Su Kalitesi	Sulama Seviyesi (%)	Ortalama Meyve Sayısı (adet/bitki)	Ortalama Verim (kg/bitki)	Meyve Boy Uzunluğu (cm)	Meyve Çap Uzunluğu (cm)	Meyve Şekil İndeksi	Meyve Kabuk Rengi "L"	Meyve Kabuk Rengi "a"	Meyve Kabuk Rengi "b"
Şebeke suyu	100	27,79 c*	3,40 c	12,62 cd	3,81 c	3,31 d	35,32	-11,52 c	15,51 c
	75	23,33 d	3,24 cd	11,44 e	3,67 d	3,11 e	36,78	-12,77 e	15,67 c
	50	20,55 e	2,96 d	11,62 e	3,64 d	3,19 e	36,10	-12,22 d	16,39 a
Arıtılmış atık su	100	36,44 a	4,80 a	14,74 ab	4,19 b	3,51 ab	37,05	-10,36 ab	13,65 f
	75	34,74 b	4,75 a	14,70 ab	4,14 b	3,55 a	36,54	-10,24 a	14,11 e
	50	24,61 d	3,88 b	12,78 c	3,78 c	3,38 bc	36,41	-10,81 b	14,82 d
Aktif çamur suyu	100	36,18 ab	4,86 a	14,87 a	4,31 a	3,45 bc	36,03	-10,39 ab	13,45 f
	75	35,22 ab	4,75 a	14,66 b	4,16 b	3,52 a	36,03	-10,37 ab	14,24 e
	50	26,60 c	3,75 b	12,47 d	3,49 e	3,57 a	35,89	-12,01 cd	15,89 b
LSD <sub>0.05</sub>		1,44	0,32	0,19	0,09	0,09	-	0,51	0,20
Su Kalitesi (A)		*	*	*	*	*	öd	*	*
Sulama Seviyesi (B)		*	*	*	*	öd	öd	*	*
A X B		*	*	*	*	*	öd	*	*

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (P ≤0.05) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.3.** Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri (devam)

Su Kalitesi	Sulama Seviyesi (%)	Sertlik (N)	TKM (%)	SÇKM (°Brix)	TEA (%)	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ )	Fenolik Madde Miktarı ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1} \text{YA}$ )	Meyve Klorofil a ( $\text{mg g}^{-1}$ )	Meyve Klorofil b ( $\text{mg g}^{-1}$ )	Toplam Klorofil Miktarı ( $\text{mg g}^{-1}$ )
Şebeke suyu	100	9,75 b*	3,28 e	3,66 d	0,21 bc	5,41	4,85	127,55 d	3,33 g	3,21 e	6,54 f
	75	9,60 b	3,34 e	3,56 de	0,18 d	5,45	4,82	121,09 e	3,70 f	3,32 e	7,03 e
	50	7,64 c	3,76 d	3,80 c	0,19 d	5,44	4,87	113,44 f	3,32 g	2,34 g	5,66 g
Arıtılmış atık su	100	10,58 a	3,24 e	3,94 b	0,25 a	5,46	4,92	144,12 b	5,89 ab	6,15 a	12,05 a
	75	10,55 a	4,09 c	4,15 a	0,22 b	5,42	4,91	127,17 d	6,11 a	6,24 a	12,35 a
	50	7,29 cd	4,17 c	4,22 a	0,16 e	5,47	4,76	112,44 f	4,73 d	4,89 d	9,62 d
Aktif çamur suyu	100	10,60 a	3,43 e	3,47 e	0,20 cd	5,84	4,98	168,99 a	5,74 bc	5,92 b	11,67 b
	75	10,43 a	4,44 b	4,19 a	0,19 d	5,31	5,11	138,35 c	5,60 c	5,50 c	11,10 c
	50	6,95 d	4,97 a	4,26 a	0,16 e	5,42	4,81	123,30 e	4,11 e	2,66 f	6,78 ef
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>		0,51	0,25	0,12	0,01	-	0,16	3,66	0,24	0,17	0,34
<b>Su Kalitesi (A) Sulama Seviyesi (B) A X B</b>		*	*	*	*	öd	öd	*	*	*	*
		*	*	*	öd	öd	öd	*	*	*	*
		*	*	*	*	*	öd	öd	*	*	*

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P \leq 0.05$ ) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.4.** Farklı su kalitelerinde yapılan sulama uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri

<b>Su Kalitesi</b>	<b>Ortalama Meyve Sayısı (adet/bitki)</b>	<b>Ortalama Verim (kg/bitki)</b>	<b>Meyve Boy Uzunluğu (cm)</b>	<b>Meyve Çap Uzunluğu (cm)</b>	<b>Meyve Şekil İndeksi</b>	<b>Meyve Kabuk Rengi "L"</b>	<b>Meyve Kabuk Rengi "a"</b>	<b>Meyve Kabuk Rengi "b"</b>
<b>Şebeke suyu</b>	23,54 c*	2,65 c	13,19 c	3,58 c	3,68 a	34,14	-11,13 c	13,35 a
<b>Arıtılmış atık su</b>	28,54 b	3,50 b	13,34 b	3,72 b	3,58 b	34,71	-9,73 b	11,68 b
<b>Aktif çamur suyu</b>	31,72 a	4,08 a	13,50 a	3,92 a	3,44 c	35,08	-9,39 a	11,22 c
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	1,48	0,05	0,12	0,04	0,05	öd	0,22	0,12

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (P ≤0.05) (öd: önemli değil)



**Çizelge 4.4.** Farklı su kalitelerinde yapılan sulama uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri (devam)

<b>Su Kalitesi</b>	<b>Sertlik (N)</b>	<b>TKM (%)</b>	<b>SÇKM (°Brix)</b>	<b>TEA (%)</b>	<b>pH</b>	<b>EC (µS/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fenolik Madde (mg 100g<sup>-1</sup>YA)</b>	<b>Meyve Klorofil a (mg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Meyve Klorofil b (mg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Meyve Toplam Klorofil (mg g<sup>-1</sup>)</b>
<b>Şebeke suyu</b>	10,25 b*	4,34 b	3,63	0,24	5,40	4,87 c	106,26 c	3,53 c	3,22 c	6,75 c
<b>Arıtılmış atık su</b>	10,42 b	5,60 a	3,54	0,24	5,32	5,01 b	113,93 b	4,26 b	4,16 b	8,43 b
<b>Aktif çamur suyu</b>	11,09 a	5,59 a	3,61	0,25	5,37	5,41 a	133,76 a	4,35 a	5,48 a	9,83 a
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	0,22	0,07	öd	öd	öd	0,05	2,18	0,06	0,09	0,10

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (P ≤0.05) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.5.** Farklı sulama seviyelerinin MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri

<b>Sulama Seviyesi</b>	<b>Ortalama Meyve Sayısı (adet/bitki)</b>	<b>Ortalama Verim (kg/bitki)</b>	<b>Meyve Boy Uzunluğu (cm)</b>	<b>Meyve Çap Uzunluğu (cm)</b>	<b>Meyve Şekil İndeksi</b>	<b>Meyve Kabuk Rengi “L”</b>	<b>Meyve Kabuk Rengi “a”</b>	<b>Meyve Kabuk Rengi “b”</b>
<b>100</b>	31,10 a*	3,75 a	13,53 a	3,88 a	3,49 b	34,88	-9,64 a	11,17 c
<b>75</b>	29,24 b	3,51 b	13,39 b	3,79 b	3,54 b	34,69	-9,75 a	11,85 b
<b>50</b>	23,46 c	2,97 c	13,10 c	3,56 c	3,67 a	34,36	-10,86 b	13,24 a
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	1,48	0,05	0,12	0,04	0,05	öd	0,22	0,12

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (P ≤0.05) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.5.** Farklı sulama seviyelerinin MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri (devam)

<b>Sulama Seviyesi</b>	<b>Sertlik (N)</b>	<b>TKM (%)</b>	<b>SÇKM (°Brix)</b>	<b>TEA (%)</b>	<b>pH</b>	<b>EC (µS/cm<sup>2</sup>)</b>	<b>Fenolik Madde (mg 100g<sup>-1</sup>YA)</b>	<b>Meyve Klorofil a (mg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Meyve Klorofil b (mg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Meyve Toplam Klorofil (mg g<sup>-1</sup>)</b>
<b>100</b>	11,16 a*	4,56 c	3,60 b	0,24	5,37	4,84 c	136,33 a	4,28 a	4,83 a	9,11 a
<b>75</b>	10,49 b	5,42 b	4,05 a	0,24	5,35	4,96 b	114,63 b	4,16 b	4,53 b	8,70 b
<b>50</b>	10,11 c	5,56 a	4,10 a	0,24	5,37	5,39 a	103,00 c	3,70 c	3,50 c	7,20 c
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	0,22	0,07	0,20	öd	öd	0,05	2,18	0,06	0,06	0,10

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (P ≤0.05) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.6.** Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri

Su Kalitesi	Sulama Seviyesi (%)	Ortalama Meyve Sayısı (adet/bitki)	Ortalama Verim (kg/bitki)	Meyve Boy Uzunluğu (cm)	Meyve Çap Uzunluğu (cm)	Meyve Şekil İndeksi	Meyve Kabuk Rengi "L"	Meyve Kabuk Rengi "a"	Meyve Kabuk Rengi "b"
Şebeke Suyu	100	24,39 cd*	2,85 d	13,51 ab	3,64 d	3,70 a	34,23	-10,54 c	12,69 d
	75	24,58 cd	2,63 e	13,18 cd	3,60 de	3,65 ab	33,80	-11,40 d	13,61 ab
	50	21,66 e	2,49 g	12,88 e	3,51 f	3,66 ab	34,38	-12,45 e	13,76 a
Arıtılmış Atık Su	100	34,00 a	4,20 a	13,48 ab	3,92 b	3,43 c	34,87	-9,09 a	10,61 f
	75	29,16 b	3,80 c	13,48 ab	3,73 c	3,61 b	35,40	-9,56 b	10,97 e
	50	22,48 cd	2,49 f	13,07 de	3,53 ef	3,69 ab	33,86	-10,54 c	13,40 c
Aktif Çamur Suyu	100	34,91 a	4,19 a	13,61 a	4,07 a	3,33 d	35,53	-9,28 ab	10,20 g
	75	34,00 a	4,12 a	13,53 ab	4,03 a	3,35 cd	34,87	-9,29 ab	10,97 e
	50	26,26 c	3,93 b	13,36 bc	3,65 cd	3,65 ab	34,84	-9,59 b	12,50 d
<b>LSD<sub>0.05</sub></b>		2,57	0,09	0,20	0,07	0,08	-	0,38	0,20
<b>Su Kalitesi (A)</b>		*	*	*	*	*	öd	*	*
<b>Sulama Seviyesi (B)</b>		*	*	*	*	*	öd	*	*
<b>A X B</b>		*	*	*	*	*	öd	*	*

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (P ≤0.05) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.6.** Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde verim ve kalite parametreleri üzerine etkileri (devam)

Su Kalitesi	Sulama Seviyesi (%)	Sertlik (N)	TKM (%)	SÇKM (°Brix)	TEA (%)	pH	EC ( $\mu\text{S}/\text{cm}^2$ )	Fenolik Madde ( $\text{mg } 100\text{g}^{-1}\text{YA}$ )	Meyve Klorofil a ( $\text{mg g}^{-1}$ )	Meyve Klorofil b ( $\text{mg g}^{-1}$ )	Meyve Toplam Klorofil ( $\text{mg g}^{-1}$ )
Şebeke Suyu	100	10,83 bc*	4,08 g	3,25	0,24	5,45	5,02 d	122,28 c	3,64 d	3,51 c	7,15 d
	75	10,47 cd	4,38 f	3,52	0,22	5,34	5,12 c	107,40 e	3,51 e	3,45 c	6,96 e
	50	9,46 e	4,56 e	3,54	0,26	5,40	5,80 a	89,11 g	3,44 e	2,71 d	6,16 f
Arıtılmış Atık Su	100	11,28 a	4,87 c	3,25	0,23	5,30	4,74 e	128,42 b	4,60 a	5,47 a	10,07 a
	75	10,28 d	5,90 b	3,60	0,25	5,31	4,95 d	114,09 d	4,42 b	4,65 b	9,07 c
	50	9,71 e	6,04 a	3,76	0,23	5,36	5,33 b	99,27 f	3,78 c	2,36 e	6,15 f
Aktif Çamur Suyu	100	11,37 a	4,73 d	3,47	0,25	5,35	4,76 e	158,27 a	4,62 a	5,51 a	10,13 a
	75	11,30 a	5,96 ab	3,81	0,24	5,39	4,82 e	122,40 c	4,57 a	5,51 a	10,08 a
	50	11,16 ab	6,07 a	3,56	0,24	5,36	5,04 c	120,61 c	3,88 c	5,42 a	9,30 b
LSD <sub>0.05</sub>		0,39	0.13	-	-	-	0,08	3,78	0,11	0,17	0,18
Su Kalitesi (A)		*	*	öd	öd	öd	*	*	*	*	*
Sulama Seviyesi (B)		*	*	öd	öd	öd	*	*	*	*	*
A X B		*	*	öd	öd	öd	*	*	*	*	*

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P \leq 0.05$ ) (öd: önemli değil)

### 4.3. Bitkisel Ölçüm Sonuçları

Farklı kalitelerde sulama suyu kullanılarak yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde bitkisel özellikler üzerine etkileri Çizelge 4.7, Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9'da; MH-102 F1 çeşidi üzerine etkileri Çizelge 4.10, Çizelge 4.11 ve Çizelge 4.12'de verilmiştir.

#### 4.3.1. Bitki Boy Uzunluğu

Elzem F1 ve MH-102 F1 hıyar çeşitlerinde, farklı su kalitesi, sulama seviyesi ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonunun bitki boy uzunluğu üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuştur.

Elzem F1 çeşidinde, farklı su kalitelerinin bitki boyu üzerine etkileri incelendiğinde; en yüksek bitki boyu ortalaması çıkış suyu (203,36 cm) uygulamalarından elde edilmiştir. Bunu sırası ile aktif çamur suyu (196,76 cm) ve şebeke suyu (179,85 cm) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.7). Farklı sulama seviyelerine göre bitki boyundaki değişimler değerlendirildiğinde; en yüksek bitki boyu ortalamasının S100 (207,41 cm) uygulamasından elde edildiği; bunu sırası ile S75 (191,62cm) ve S50 (180,94 cm) uygulamalarının takip ettiği görülmüştür (Çizelge 4.8). Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi interaksiyonunun bitki boyu üzerine etkilerine bakıldığında ise en yüksek bitki boyunun 209,16 cm ile AAS-S100 uygulamasından elde edildiği belirlenmiştir. Bunu sırası ile 207,83 cm ile ŞS-S100, 205,33 cm ile AAS-S75 ve 205,25 cm ile AÇS-S100 uygulamaları takip etmiştir. En düşük bitki boyu ise 157,99 cm ile ŞS-S50 uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.9).

Farklı su kalitelerinin MH-102 F1 çeşidinde bitki boyu ortalamaları üzerine etkileri incelendiğinde; en yüksek bitki boyu değeri AÇS (264,13 cm) uygulamasından elde edilmiştir. Bunu sırası ile AAS (256,14 cm) ve ŞS (220,87 cm) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.10). Kısıntılı sulama uygulamalarının bitki boyu üzerine etkileri değerlendirildiğinde, en yüksek bitki boyu ortalamasının S100 (267,50 cm) uygulamasından elde edildiği görülmüştür. Bunu sırası ile S75 (241,40 cm) ve S50

(232,25 cm) uygulamaları takip etmiştir (Çizelge 4.11). Su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonunun bitki boy uzunluğuna olan etkilerine göre ise bitki boy uzunluğu değerleri 296,00 cm (AÇS-S100)-214,94 cm (ŞS-S50) arasında değişmiştir (Çizelge 4.12).

Bu sonuçlara göre; kısıntılı sulama uygulamaları kapsamında bitkilere verilen su miktarı azaldıkça, her iki çeşitte de bitki boy uzunluğunun azaldığı tespit edilmiştir. Fasulyede yapılan bir çalışmada, farklı seviyelerde (%100 ETc, %75 ETc, %50 ETc, %25 ETc ve %0 ETc) sulama uygulamaları denenmiş ve sulama seviyesi azaldıkça bitkilerde boy uzunluğunun azaldığını vurgulamıştır (Yarış, 2018). Hıyar bitkisinde yapılan bir başka çalışmada, farklı su kalitelerine göre bitki boyları değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda atık su ile yapılan sulama uygulamalarının bitki boyunu arttırdığı tespit edilmiştir (Chen ve Liu, 2015). Demir (2016), domateste yapmış olduğu bir çalışmada ise, artırılmış su ile sulanan bitkilerin boyunun, şebeke suyu ile sulanan bitkilere kıyasla daha uzun olduğunu belirtmiştir. Turşuluk hıyar çeşitlerinde yapılan bir çalışmada da atık su ile sulanan bitkilerin boy uzunluğunun, artırılmış atık su ve şebeke suyu ile sulanan bitkilerden daha fazla olduğu bildirilmiştir (Özkan, 2019). Atık suların bitki boyunu arttırıcı etkiye sahip olması; bitki gelişimi için gerekli olan makro ve mikro besin elementi içeriklerinin yüksek olması ile ilişkilendirilmektedir (Khan ve diğerleri, 2011).

#### **4.3.2. Yaprak Sayısı**

Elzem F1 ve MH-102 F1 hıyar çeşitlerinde, farklı su kalitelerinin, sulama seviyelerinin ve sulama kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonunun bitkilerdeki yaprak sayısı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuştur.

Elzem F1 çeşidinde, farklı su kalitelerinin yaprak sayısı üzerine etkileri dikkate alındığında; en fazla yaprak sayısı ortalaması 35,12 adet/bitki ile AÇS uygulamasından elde edilmiştir. Bunu sırası ile 33,22 adet/bitki ile AAS ve 32,19 adet/bitki ile ŞS uygulamaları izlemiştir (Çizelge 4.7). Farklı su seviyelerine göre yaprak sayılarında meydana gelen değişimler incelendiğinde; S100 uygulama grubundaki bitkilerin en fazla; S50 uygulama grubundakilerin ise en az yaprak sayısı ortalamasına sahip olduğu

belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Farklı su kaliteleri ve kısıntılı sulama uygulamalarının ortak etkilerine bakıldığında ise; en fazla yaprak sayısının 39,55 adet/bitki ile AÇS-S100; en az yaprak sayısı ise 27,50 aadet/bitki ile AAS-S50 uygulamasından elde edildiği gözlenmiştir (Çizelge 4.9).

MH-102 F1 çeşidinde, su kalitelerindeki farklılığa göre en fazla yaprak sayısı AÇS (47,12 adet/bitki) ; en az yaprak sayısı (34,31 adet/bitki) da şebeke suyu uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.10). Kısıntılı sulama uygulamalarının etkilerine bakıldığında ise; Elzem F1 çeşidi ile benzer olarak en fazla yaprak sayısı S100 (46,72 adet/bitki); en az yaprak sayısı ise S50 (33,31 adet/bitki) uygulamasında görülmüştür (Çizelge 4.11). Farklı kalitedeki sular ile yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının yaprak sayıları üzerindeki etkileri değerlendirildiğinde; en fazla yaprak sayısı AÇS-S100 (51,94 adet/bitki) uygulamasından elde edilmiştir. Bu uygulama ile AAS-S100 (51,05 adet/bitki) ve AÇS-S75 (50,61 adet/bitki) uygulamaları takip etmiştir. En az yaprak sayısı ise AAS-S50 (29,33 adet/bitki) ile ŞS-S50 (31,77 adet/bitki) uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.12).

Çalışma kapsamında hıyar bitkilerine verilen su miktarının azalması ile bitki başına düşen yaprak sayısında da azalmalar meydana geldiği açıkça görülmüştür. Bu çalışma ile benzer olarak; Enchalew ve diğerleri (2016) soğan bitkisinde farklı sulama seviyelerini (%100, %90 ETc, %80 ETc, %70 ETc, %60 ETc ve %50 ETc) denemişlerdir. Yaprak sayısı %100 ETc uygulamasında 7,33 adet; %50 ETc uygulamasında ise 6,67 olarak tespit edilmiştir. Kuşlu ve diğerleri (2008) ise kıvrıcık marul bitkisinde farklı seviyelerde (%100 ETc, %80 ETc, %60 ETc, %40 ETc ve %20 ETc) sulama uygulamaları yapmışlardır. Buna göre; en fazla yaprak sayısı 57,83 adet ile %100 ETc uygulamasından; en az yaprak sayısı 50,17 adet ile %20 ETc uygulamasından elde edilmiştir. Bunun yanı sıra; atık su uygulamaları her iki çeşitte de kontrol grubuna (ŞS-S100) kıyasla yaprak sayısını arttırmıştır. Özellikle MH-102 F1 çeşidinde, aktif çamur suyu ile tam sulama seviyesinde yapılan sulamalara kıyasla, %75 ETc düzeyinde yapılan sulamalar sonucunda yaprak sayısında herhangi bir azalma meydana gelmemiştir. Bu sonuçlar, arıtılmış atık suların bitkilerde yaprak sayısını arttırdığını vurgulayan çalışmaların sonuçları ile paralellik göstermiştir (Abegunrin ve diğerleri 2016; Ali ve diğerleri, 2019; Demir, 2016).



### 4.3.3. Yaprak En, Boy ve Sap Uzunlukları

Farklı su kalitelerinin, kısıntılı sulama uygulamalarının ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun, Elzem F1 ve MH-102 F1 hıyar çeşitlerinde yaprak en ve boy uzunlukları üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ( $P \leq 0.05$ ) bulunmuştur.

Elzem F1 çeşidinde, farklı su kalitelerinin yaprak eni üzerindeki etkilerine göre; yaprak en uzunluğu ortalaması en fazla olan uygulama AAS (28,94 cm); en az olan uygulama ise ŞS (24,29 cm) olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Sadece sulama seviyelerinin etkilerine bakıldığında ise; en yüksek değerler S100 (27,50 cm) ve S75 (27,22 cm) uygulamalarından elde edilmiştir. Özellikle %50 ETc sulama seviyesi ile birlikte yaprak eninde azalmalar meydana gelmiştir (25,44 cm) (Çizelge 4.8). Farklı su kalitesi ve farklı sulama düzeylerinin yaprak enine olan etkileri birlikte değerlendirildiğinde; en uzun yaprak eni ŞS-S100 (24,20 cm) uygulamasına kıyasla AAS-S100 (32,22 cm) uygulama grubunda bulunmuştur. En dar yapraklı bitkiler ise şebeke suyunun tüm sulama seviyeleri ile AAS-S50 ve AÇS-S50 uygulamalarında tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

MH-102 F1 çeşidinde, farklı su kalitelerinin yaprak en uzunluğu ortalamaları üzerine etkileri incelendiğinde; 26,54 cm ile AÇS uygulamasının birinci sırada yer aldığı; bunu 22,91 cm ile AAS ve 21,71 cm ile ŞS uygulamalarının izlediği belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Yaprak en uzunluğu ortalamaları kısıntılı sulama düzeyleri açısından değerlendirildiğinde; 25,92 cm ile S100 uygulamasının birinci sırada yer aldığı; bunu sırası ile S75 (24,68 cm) ve S50 (20,57 cm) uygulamalarının takip ettiği görülmüştür (Çizelge 4.11). Su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun etkilerine göre ise; en yüksek değerler AÇS-S100 (29,46 cm) ve AÇS-S75 (28,11 cm) uygulamalarından; en düşük değer ise ŞS-S50 uygulamasından (18,18 cm) elde edilmiştir (Çizelge 4.6). Çalışmada kullanılan hıyar çeşitlerinde, sulama seviyesi azaldıkça yaprak en uzunluğunun azaldığı görülmüştür. Özellikle, %50 ETc seviyesinde yapılan sulamaların yaprak eninde belirgin şekilde daralmalar meydana getirdiği tespit edilmiştir. Buna karşın; her iki çeşitte de atık su uygulamaları şebeke suyu uygulamalarına kıyasla yaprak eninde artışlar sağlamıştır. Özellikle aktif çamur suyu uygulaması sayesinde, MH-102 F1

çeşidinde sulama suyu %25 düzeyinde azaltılsa da (S75) yaprak eninde herhangi bir azalma meydana gelmemiştir.

Elzem F1 çeşidinde yaprak boy uzunluğu parametresindeki değişimlere bakıldığında; ŞS (20,38 cm) ile sulanan bitkilerin atık su ile sulanan bitkilere kıyasla daha kısa yapraklara sahip olduğu görülmüştür. AAS uygulamasının (23,73 cm) yaprak boyunda en fazla artış sağlayan uygulama olduğu görülmüştür (Çizelge 4.7). Sulama seviyelerindeki değişimlerin yaprak boyu üzerindeki etkilerine göre; en yüksek yaprak boy uzunluğu değeri S100 uygulamasından (23,14 cm) elde edilmiştir. S75 uygulaması (22,19 cm) ile S100 uygulaması arasında istatistiki anlamda bir farklılık meydana gelmemiştir. En düşük ortalama ise S50 uygulamasından (21,19 cm) elde edilmiştir (Çizelge 4.8). Su kalitesi ve sulama seviyesi interaksyonunun yaprak boy uzunluğu üzerindeki etkileri dikkate alındığında; en uzun yapraklı bitkilerin 24,24 cm ile AÇS-S100; 24,20 cm ile AAS-S75; 23,94 cm ile AAS-S100 ve 23,02 cm ile AAS-S50 uygulamalarında yer aldığı belirlenmiştir. Yaprak uzunluğu en kısa olan bitkiler ise 19,26 cm ile ŞS-S50 uygulama grubunda tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

MH-102 F1 çeşidinde; su kalitesindeki farklılıklar bakımından en yüksek yaprak boy uzunluğu ortalaması AÇS (20,91 cm) ve çıkış suyu (20,17 cm) uygulamaları; en düşük ise ŞS (17,98 cm) uygulamalarında tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). Sadece sulama seviyelerindeki farklılıklar dikkate alındığında; en yüksek yaprak boy uzunluğu ortalamasına sahip uygulamanın S100 (20,93 cm) olduğu; S75 (19,21 cm) ile S50 (18,90 cm) uygulamalarının geride kalarak, aralarında istatistiki anlamda bir farklılık bulunmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun etkileri değerlendirildiğinde; AÇS-S100 (22,93 cm) uygulamasının yaprak uzunluğu bakımından en iyi sonucu verdiği; bunu 21,43 cm ile AAS-S100 uygulamasının takip ettiği belirlenmiştir. Ayrıca, aktif çamur suyu ve çıkış suyunun %75 ve %50 ETC seviyelerinde yapılan sulama uygulamaları ile yaprak boy uzunluğunun; şebeke suyuna kıyasla daha fazla olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.12).

Elzem F1 çeşidinde, farklı su kalitelerinin ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun yaprak sap uzunluğu üzerindeki etkileri istatistiksel olarak önemli

bulunmuştur ( $P \leq 0.05$ ). Ancak; sulama seviyelerine ilişkin ortalama değerler incelendiğinde istatistiksel olarak önemli bir farklılığın bulunmadığı görülmüştür ( $P > 0.05$ ). Buna göre; farklı su kalitelerinin etkilerine göre en uzun yaprak sap uzunluğu ortalaması 18,72 cm ile AAS; en kısa ortalama ise 14,93 cm ile AÇS uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.7). Kısıntılı sulama uygulamalarının etkilerine göre ise yaprak sap uzunluğu ortalamaları 16,71 cm -17,03 cm arasında değişmiştir (Çizelge 4.8). Farklı su kalitelerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamalarına ait sonuçlara bakıldığında; en yüksek değer 19,35 cm ile AAS-S100 uygulamasından elde edilmiştir. Bunu 19,00 cm ile AAS-S75 uygulaması takip etmiştir. En düşük yaprak sap uzunluğu değeri ise AÇS-S50 (14,23 cm) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.9).

MH-102 F1 çeşidinde; farklı su kalitelerinin, sulama seviyelerinin ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonunun, yaprak sap uzunluğu ortalamaları üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0.05$ ). Su kalitelerindeki farklılıklara bağlı olarak meydana gelen değişimlere göre; en yüksek ortalama değer 17,70 cm ile AAS uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.10). Kısıntılı sulama uygulamalarına göre ise S100 (18,31 cm) uygulamasının en yüksek; S50 (15,80 cm) uygulamasının ise en düşük yaprak sap uzunluğu ortalamasına sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Hem sulama kalitesi hem de sulama seviyelerindeki farklılıklar birlikte ele alındığında ise; en yüksek değer AAS-S75 (19,10 cm) ve AAS-S100 (18,75 cm); en düşük değer ise AAS-S50 (15,16 cm), AÇS-S50 (15,99 cm) ve ŞS-S50 (16,27 cm) uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.12).

Çalışmada kullanılan hıyar çeşitlerinde, atık sular ile yapılan sulama uygulamaları ile yaprak boy, en ve sap uzunluğu ölçülerinde şebeke suyu ile sulanan bitkilere kıyasla artış sağlandığı tespit edilmiştir. Özellikle; artırlmış atık suyun Elzem F1 çeşidinde; aktif çamur suyunun ise MH-102 F1 çeşidinde bitkinin vegetatif gelişimine katkı sağladığı yaprak ölçülerindeki artış ile açıklanmaktadır. Atık suların bitkilerde vejetatif gelişmeyi teşvik eden azot, fosfor gibi elementlerce zengin olması sayesinde, bitkinin vejetatif organı olan yapraklardaki gelişimin hızlı olduğu görülmüştür. Özellikle atık su uygulamalarında ile şebeke suyu ile sulanan bitkilere göre, gelişimin daha hızlı olduğu dikkat çekmiştir. Ayrıca, Elzem F1 çeşidinde, %25 sulama düzeyinde yapılan kısıntılı

sulama uygulamaları ile arıtılmış atık su kullanıldığında yaprak boy ve sap uzunluklarında kısımla meydana gelmemiştir. Hıyar suyu seven bir bitki olduğu için, kısımlı sulama yapıldığında bitkilerin yaprak ölçülerinde azalmalar meydana gelmiştir. Ancak; kısımlı sulama uygulamaları ile birlikte atık su ile sulama yapıldığında; su seviyesi %25 oranında azaltılsa da bitkiler vejetatif gelişmelerine devam edebilmiştir. Bu çalışma ile benzer olarak; Abegunrin vd. (2016), patlıcan ve ıspanakta arıtılmış su uygulamalarının yağmur suyu ve şebeke suyuna kıyasla yaprak boy ve en uzunluğunu arttırdığını rapor etmişlerdir. Hıyarda yapılan bir başka çalışmada da, bu çalışmanın sonuçları ile paralel olarak bitkiye verilen su miktarının azaltılması ile yaprak boy, en, yaprak alanı ve yaprak sap uzunluğu değerlerinin azaldığı belirtilmiştir (Parkash, 2021). Xu ve Leskovar (2014), ise lahana bitkisinde benzer sulama seviyelerini deneyerek, yaprak alanının %100 ETc uygulamasında 4,859 cm<sup>2</sup> iken; %50 ETc uygulamasında 4,147 cm<sup>2</sup> olarak ölçüldüğünü ve yaprak alanındaki bu azalmanın istatistiksel derecede önemli olduğunu bildirmişlerdir.

#### **4.3.4. Yaprak Oransal Su Kapsamı (YOSK)**

Bitkilerde su stresinin ve toprakta bulunan su seviyesinin belirlenmesinde kullanılan en önemli yöntemlerden biri yaprak oransal su kapsamının belirlenmesidir. Sulama ihtiyacı yüksek olan sebze türlerinde su stresinin YOSK'da azalmaya neden olduğu bilinmektedir (Kırnak ve Demirtaş, 2002). Elzem F1 ve MH-102 F1 hıyar çeşitlerinde, farklı su kalitelerinin, sulama seviyelerinin ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun YOSK üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (P≤0.05).

Elzem F1 çeşidinde, farklı su kalitelerine göre yaprak oransal su kapsamında meydana gelen değişimler dikkate alındığında; YOSK ortalaması en yüksek ŞS (%51,63), en düşük olan uygulama ise aktif çamur suyu (%45,29) olarak bulunmuştur (Çizelge 4.7). Kısımlı sulama uygulamaları ile meydana gelen değişimler incelendiğinde; YOSK ortalaması en yüksek olan ortalama S100 (%54,61); en düşük olan uygulama ise S50 (%39,90) olarak bulunmuştur (Çizelge 4.8). Su kalitesi ve sulama seviyelerinin etkileri birlikte incelendiğinde ise; En yüksek YOSK değerleri AÇS-S100 (%55,34) ve AAS-S100 (%55,25) uygulamalarından; en düşük ise AÇS-S50 (%29,82) uygulamasından elde

edilmiştir. ŞS-S100 uygulamasının YOSK değeri ise %53,30 olarak bulunmuştur (Çizelge 4.9).

MH-102 F1 çeşidine ait YOSK değerlerine bakıldığında; atık su uygulamalarının YOSK'ta artış meydana getirdiği ve en fazla artışın AÇS uygulamasından (%53,07) elde edildiği belirlenmiştir. ŞS uygulamalarının (%41,73) ise en düşük YOSK değerine sahip olduğu tespit edilmiştir (Çizelge 4.10). Bunun yanı sıra, en yüksek YOSK değeri ortalaması S100 uygulamasında %54,28 olarak bulunmuştur. Kısıntılı sulama uygulamaları ile YOSK'ta azalmalar meydana geldiği ve en düşük ortalama değer %40,44 ile S50 uygulamasından elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.11). Farklı su kalitelerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamaları ile en yüksek YOSK değeri AÇS-S100 (%58,55), AAS-100 (%57,61) ve AÇS-75 (%56,66); en düşük değer ise ŞS-S50 (%36,76) uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.12).

Hıyar bitkilerinde kısıntılı sulama uygulamaları sonucunda YOSK değerlerinde düşüşler meydana geldiği tespit edilmiştir. MH-102 F1 çeşidinde; bitkilere verilen suyun tam sulama seviyesinden %25 oranında azaltılması ile tam sulama yapılması arasında YOSK bakımından bir fark ortaya çıkmamıştır. Ancak, her iki çeşitte de suyun %50 oranında azaltılması ile tüm su kalitelerinde YOSK değerlerinde belirgin düşüşler meydana gelmiştir. Ayrıca, MH-102 F1 çeşidinde atık su ile sulanan gruplardaki YOSK değerleri şebeke suyu ile sulanan gruplara göre daha yüksek olarak bulunmuştur. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, Jalapeno çeşidi biberde (Pıtır, 2015); dolmalık biberde (Çolak, 2021); hıyarda (Ghahremani ve diğerleri, 2021) yapılan çalışmaların sonuçları ile benzerlik göstermiştir.

#### **4.3.5. Yaprak Klorofil Miktarı**

Elzem F1 ve MH-102 F1 hıyar çeşitlerinde farklı su kalitelerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının yaprak klorofil miktarı üzerine etkileri incelendiğinde, uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar bulunmuştur ( $P \leq 0.05$ ). Elzem F1 çeşidinde, farklı su kalitelerinin meydana getirdiği değişimler değerlendirildiğinde; yaprak klorofil miktarlarının  $50,28 \text{ mg g}^{-1}$  (AAS)- $44,46 \text{ mg g}^{-1}$  (ŞS) arasında değiştiği

belirlenmiştir (Çizelge 4.7). Sulama seviyelerindeki azalmaya bağlı olarak ise yaprak klorofil miktarlarında da azalmalar meydana gelmiştir. En yüksek ortalama değer S100 uygulamasından ( $50,28 \text{ mg g}^{-1}$ ); en düşük ortalama değer ise sulama seviyesinin %50 oranında azaltılması S50 ( $44,80 \text{ mg g}^{-1}$ ) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.8). Su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonunun yapraklardaki toplam klorofil miktarlarına olan etkilerine bakıldığında; en yüksek değer  $55,56 \text{ mg g}^{-1}$  ile AÇS-S100 uygulamasından elde edilmiştir. Yapraklardaki toplam klorofil miktarının en az olduğu uygulamalar ise ŞS-S50 ( $42,26 \text{ mg g}^{-1}$ ) ve AÇS-S50 ( $42,72 \text{ mg g}^{-1}$ ) olarak tespit edilmiştir. Ayrıca arıtılmış atık su ile yapılan tüm uygulamalar ile AÇS-S100 seviyelerindeki uygulamalarının tüm şebeke suyu uygulamalarından daha iyi sonuç verdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

MH-102 F1 çeşidinde, farklı su kalitelerine göre yaprak toplam klorofil miktarındaki değişimlere bakıldığında, AÇS ( $53,92 \text{ mg g}^{-1}$ ) uygulamasının en yüksek ortalama değere sahip olduğu tespit edilmiştir. İkinci sırayı ise AAS ( $50,61 \text{ mg g}^{-1}$ ) ve ŞS ( $50,38 \text{ mg g}^{-1}$ ) uygulamaları almıştır (Çizelge 4.10). Kısıntılı sulama uygulamalarının etkileri açısından değerlendirildiğinde ise; en yüksek ortalama S100 ( $55,63 \text{ mg g}^{-1}$ ); en düşük ortalama ise S50 ( $48,17 \text{ mg g}^{-1}$ ); uygulamasından elde edilmiştir. Ayrıca, sulama seviyelerindeki azalmaya paralel olarak uygulamaların yaprak toplam klorofil miktarlarında da azalmalar olduğu görülmüştür (Çizelge 4.11). Su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonuna göre; en yüksek değer  $58,01 \text{ mg g}^{-1}$ ; ile AAS-S100;  $56,36 \text{ mg g}^{-1}$  ile AÇS-S100 ve  $56,08 \text{ mg g}^{-1}$  ile AÇS-S75 uygulamalarından elde edilmiştir. Tüm su kalitelerinde, sulama seviyesinin %50 oranında azaltılması ile klorofil miktarında da belirgin düzeyde azalmalar meydana gelmiştir. En düşük değerler ise AAS-S75 ( $46,65 \text{ mg g}^{-1}$ ), AAS-S50 ( $47,17 \text{ mg g}^{-1}$ ) ve ŞS- S50 ( $48,00 \text{ mg g}^{-1}$ ) uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.12).

Her iki çeşitte de %75 ETc seviyesinde yapılan sulamalar yaprakların klorofil içeriğini olumsuz yönde etkilememiştir. Yaprğa yeşil rengini veren klorofilin yapısında bulunan azot, bitkiye dışarıdan uygulandığında bitkilerde magnezyum emilimini destekleyerek klorofil sentezini arttırmakta ve fotosentez mekanizmasını güçlendirmektedir (Özer ve diğerleri, 1997). Atık su ile yapılan sulama uygulamalarının yapraklardaki klorofil miktarındaki değişimler üzerine etkilerinin incelendiği bir çalışmada, tere ve yabancı

turpta atık su uygulamalarının şebeke suyuna kıyasla yaprak klorofil miktarını arttırdığı belirtilmiştir (Al-Mamoori ve diğerleri, 2018). Naaz ve Pandey (2010), ise marul bitkilerini, farklı atık su konsantrasyonlarında (%100 atık su, %50 arıtılmış su ve %25 arıtılmış su) ve şebeke suyu ile sulamışlardır. Bunun sonucunda, %50 ve %25 konsantrasyonlarında atık su ile yapılan sulama uygulamalarının yaprak klorofil a ve b değerlerini arttırdığını bildirmişlerdir. Bu çalışmada da benzer olarak, sulamada kullanılan atık suların şebeke suyuna kıyasla azot ve demir içeriklerinin daha yüksek olması bitkiye dışarıdan azot desteği sağlayarak, yapraklardaki klorofil miktarını arttırmıştır. Ayrıca, su stresi bitkilerde klorofil parçalanmalarına ve klorofil sentezinde azalmalara neden olmaktadır (Yüksel ve Aksoy, 2017). Bu çalışmada, %75 ETc seviyesinde yapılan sulamaların yaprakların klorofil içeriğini olumsuz yönde etkilemediği görülmüştür. Ancak; %50 ETc sulama seviyesinde yapılan kısıntılı sulamalar ile bitkilerin su stresine girdiği ve beraberinde yaprak klorofil miktarında azalmalar meydana geldiği tespit edilmiştir.

#### **4.3.6. Yaprak Rengi**

Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde, farklı su kalitesi ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonunun yapraklardaki parlaklığı ifade eden “L” değeri üzerindeki etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Ancak, yaprak parlaklığındaki değişimlerin sulama seviyeleri ile ilişkili olmadığı tespit edilmiştir ( $P > 0,05$ ). “L” değeri parametresi üzerine sadece su kalitelerinin etkileri incelendiğinde; ŞS (34,19) ve AÇS uygulamalarının (34,14), AAS uygulamalarına (31,91) göre daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür (Çizelge 4.7). Farklı su seviyelerine göre, “L” değerlerinin 32,93 (S100)-33,69 (S50) arasında değiştiği görülmüştür (Çizelge 4.8). Su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonuna göre; “L” değeri en yüksek olan uygulamalar 35,06 ile ŞS-S75, 34,56 ile AÇS-S75, 34,22 ile AÇS-S100 ve 34,07 ile ŞS-S100 olarak belirlenmiştir. “L” değeri en az olan uygulama ise 30,51 ile AAS-S100 olarak belirlenmiştir (Çizelge 4.9).

Elzem F1 çeşidinde yaprak renginin kırmızılık-yeşillik göstergesi olan “a” ve mavilik-sarılık göstergesi olan “b” değerleri üzerine su kalitesi, sulama seviyeleri ve bunların interaksiyonunun etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). “a” parametresi

incelendiğinde; çalışmadan elde edilen tüm değerler negatif okumalardan oluştuğu görülmüştür. Negatif değerler yeşil rengi ifade etmektedir. Sulama kalitelerine göre elde edilen ortalamalar değerlendirildiğinde; AAS (-10,04) ve AÇS (-10,53) uygulamalarının ŞS uygulamasına (-11,60) göre daha iyi sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Buna göre; atık su ile sulanan bitkilerin yapraklarının daha yeşil olduğu (Çizelge 4.7). Sulama seviyelerine göre “a” değerleri incelendiğinde; sulama seviyesinin azalması ile birlikte yaprakların yeşil rengini kaybetmeye başladığı anlaşılmıştır. Buna göre; en iyi sonucun S100 (-9,21); en düşük sonucun ise S50 (-12,01) uygulamasından elde edildiği görülmüştür (Çizelge 4.8). Su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonuna göre ise; en iyi sonuçlar AAS-S100 (-8,52) ve AÇS-S100 (-8,57) uygulamalarından elde edilmiştir. Böylece, atık su ile yapılan sulamaların diğer uygulamalara göre yapraktaki yeşil rengi arttırdığı ortaya çıkmıştır. Ancak, azalan sulama seviyelerine bağlı olarak yaprakların yeşil renginin de azalmaya başladığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

Yaprak rengi parametrelerinden “b” değerlerine ait ortalamalar incelendiğinde; su kalitelerindeki farklılıkların etkilerine göre sonuçların 10,54 (AAS)-13,79 (ŞS) arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.7). Sulama seviyelerine göre ise; ortalamaların 10,61 (S100)-13,92 (S50) arasında değiştiği belirlenmiştir (Çizelge 4.8). Su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonuna bakıldığında, en iyi sonucu veren uygulamaların AÇS-S100 (10,00) ve AAS-S75 (10,25) olduğu görülmüştür. Bu uygulamaları ise AAS-S100 (10,38), AÇS-S75 (10,52) ve AAS-S50 (11,03) uygulamaları takip etmiştir. En düşük sonucu veren uygulama ise ŞS-S50 (16,42) olarak belirlenmiştir. Kısıntılı sulama seviyesinin artması ile birlikte yapraklarda sararmaların meydana geldiği ve buna bağlı olarak “b” değerlerinin de yükseldiği görülmüştür. Atık su uygulamaları ile birlikte kısıntılı sulama yapıldığında, şebeke suyu uygulamalarında meydana gelen yaprak sararmalarının önlenebildiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.9).

MH-102 F1 çeşidinde, farklı su kaliteleri ve sulama seviyeleri ile su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonunun “L” parametresi üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P>0.05$ ). Buna göre; “L” ortalama değerleri su kalitelerinin etkilerine göre 32,16 (AAS)-32,31 (ŞS); sulama düzeylerinin etkilerinde göre ise 31,86 (S100)-31,92 (S50) arasında değerler almıştır (Çizelge 4.10 ve Çizelge 4.11). Su kalitesi x sulama



seviyesine interaksiyonuna göre ise 30,81 (ŞS-S100) ile 33,20 (ŞS-S75) arasında değişmiştir (Çizelge 4.12).

MH-102 F1 çeşidinde, farklı su kaliteleri ve sulama seviyeleri ile su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonunun “a” ve “b” parametreleri üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Farklı su kalitelerine göre “a” parametresine ait ortalamalar incelendiğinde; en iyi sonucun AÇS (-9,17); en düşük sonucun ise ŞS (-10,99) uygulamalarından elde edildiği belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Sadece sulama seviyelerinin etkileri değerlendirildiğinde; S100 (-9,30) uygulamasının en iyi; S50 (-10,82) uygulamasının ise en düşük sonucu verdiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.11). Farklı sulama kalitesinde ve sulama seviyelerinde yapılan sulama uygulamalarının etkileri birlikte ele alındığında ise; en iyi sonuçların AÇS-S100 (-8,72) ve AÇS-S75 (-9,22) uygulamalarından elde edildiği görülmüştür. Bu uygulamaları AAS-S100 (-9,56), AÇS-S50 (-9,57) ve ŞS-S100 (-9,62) uygulamaları takip etmiştir. Uygulamalar arasında yaprak renginin en açık yeşil olduğu uygulama -12,45 değeri ile ŞS-S100 uygulaması olarak gözlenmiştir. Sulama seviyesinin azalması ile birlikte yaprak renginin de koyu yeşilden açık yeşile doğru ilerlediği görülmüştür. Ancak, aktif çamur suyu ile yapılan sulama uygulamaları ile yapraklardaki yeşil tonunun arttığı ve yaprak renginin şebeke suyu uygulamalarına göre koyu yeşil olarak görüldüğü belirlenmiştir. Özellikle şebeke suyu ve arıtılmış atık su ile %75 ETc seviyesinde yapılan sulama uygulamaları ile yaprakların yeşil renginde açılmalar meydana gelmeye başlamıştır. Ancak; bu renk açılmaları aktif çamur suyu ile sulanan bitkilerde, %50 ETc sulama seviyesi ile birlikte başlamıştır (Çizelge 4.12).

Yaprak rengi “b” parametresine ait ortalama değerler incelendiğinde; sadece su kalitelerine göre AÇS (9,69) uygulamasının AAS (11,84) ve ŞS (12,04) uygulamalarına göre daha iyi sonuç verdiği belirlenmiştir (Çizelge 4.10). Sulama seviyeleri bakımından ise “b” değeri ortalamalarının 9,86 (S100)-12,75 (S50) arasında değiştiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.11). Su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonuna göre ise; en iyi sonuçların AÇS-S100 (9,25), AÇS-S75 (9,28) ve ŞS-S100 (9,74) uygulamalarından; en düşük sonuçların ise ŞS-S50 (14,44) uygulamasından elde edildiği bulunmuştur. Buna göre; kısıntılı sulama uygulamaları ile meydana gelen yaprak sararmalarının, şebeke suyu ve

artırılmış atık su uygulamaları ile %75 ETc; aktif çamur suyu uygulaması ile %50 ETc sulama seviyelerinden itibaren başladığı görülmüştür (Çizelge 4.12).

Bitkilerde kuraklık stresine bağlı olarak yaprak klorofil miktarında azalma ve sentezinde yavaşlamalar görülmektedir. Bu çalışmada da yaprak klorofil miktarındaki değişimlere bağlı olarak kısıntılı sulama uygulamaları ile birlikte yaprak renginde açılmalar ve özellikle sararmalar meydana gelmiştir. Yaprak rengi parametreleri bakımından bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, daha önceden Demir vd. (2022), tarafından yapılan bir çalışmanın sonuçları ile paralellik göstermiştir. Bu araştırmada, farklı sulama seviyelerinde (geleneksel sulama; buharlaşma kabına göre %125 ETc, %100 ETc, %75 ETc ve %50 ETc; yarı ıslatmalı sulama %125 ETc, %100 ETc, %75 ETc ve %50 ETc) kıvırcık salata ve göbekli marul yetiştiriciliği yapılmıştır. Sulama uygulamalarının yaprak renginin L, chroma ve Hue açısı üzerine etkileri incelenmiştir. Buna göre; bitkilerde su seviyesinin azalması ile L ve hue açısı değerlerinin artarken, chorma değerinin ise azaldığı bulunmuştur. Soureshjani vd. (2019), de benzer olarak, iki farklı fasulye çeşidinde yaptıkları farklı sulama seviyesindeki (kuraklık stresi uygulanmayan, orta kuraklık stresi uygulanan ve çok kuraklık stresi uygulanan) uygulamalar ile orta ve çok kuraklık stresine maruz kalan bitkilerde yaprakların yeşil renginde azalmalar olduğunu bildirmişlerdir.

**Çizelge 4.7.** Farklı su kalitelerinde yapılan sulama uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde bitkisel özellik parametreleri üzerine etkileri

<b>Su Kalitesi</b>	<b>Bitki Boy Uzunluğu (cm)</b>	<b>Yaprak Sayısı (adet/bitki)</b>	<b>Yaprak En Uzunluğu (cm)</b>	<b>Yaprak Boy Uzunluğu (cm)</b>	<b>Yaprak Sap Uzunluğu (cm)</b>	<b>YOSK (%)</b>	<b>Yaprak Klorofil Miktarı (mg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Yaprak Rengi "L"</b>	<b>Yaprak Rengi "a"</b>	<b>Yaprak Rengi "b"</b>
<b>Şebeke Suyu</b>	179,85 c*	32,19 a	24,29 c	20,38 c	16,87 b	51,63 a	44,46 c	34,19 a	-11,60 b	13,79 a
<b>Arıtılmış Atık Su</b>	203,36 a	33,22 b	28,94 a	23,73 a	18,72 a	49,68 b	50,28 a	31,91 b	-10,04 a	10,54 c
<b>Aktif Çamur Suyu</b>	196,76 b	35,12 a	26,94 b	22,42 b	14,93 c	45,29 c	48,92 b	34,14 a	-10,53 a	11,61 b
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	2,29	1,35	1,09	0,98	0,54	0,96	1,04	1,36	0,80	0,70

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (P ≤0.05) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.8.** Farklı sulama seviyelerinin Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde bitkisel özellik parametreleri üzerine etkileri

Sulama Seviyesi (%)	Bitki Boy Uzunluğu (cm)	Yaprak Sayısı (adet/bitki)	Yaprak En Uzunluğu (cm)	Yaprak Boy Uzunluğu (cm)	Yaprak Sap Uzunluğu (cm)	YOSK (%)	Yaprak Klorofil Miktarı (mg g <sup>-1</sup> )	Yaprak Rengi "L"	Yaprak Rengi "a"	Yaprak Rengi "b"
100	207,41 a*	36,12 a	27,50 a	23,14 a	17,03	54,61 a	50,28 a	32,93	-9,21 a	10,61 c
75	191,62 b	34,55 b	27,22 a	22,19 a	16,71	52,08 b	48,58 b	33,69	-10,95 b	11,41 b
50	180,94 c	29,86 c	25,44 b	21,19 b	16,78	39,90 c	44,80 c	33,62	-12,01 c	13,92 a
LSD <sub>0,05</sub>	2,29	1,35	1,09	0,98	öd	0,96	1,04	öd	0,80	0,70

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (P ≤0.05) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.9.** Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde bitkisel özellik parametreleri üzerine etkileri

Su Kalitesi	Sulama Seviyesi (%)	Bitki Boy Uzunluğu (cm)	Yaprak Sayısı (adet/bitki)	Yaprak En Uzunluğu (cm)	Yaprak Boy Uzunluğu (cm)	Yaprak Sap Uzunluğu (cm)	YOSK (%)	Yaprak Klorofil Miktarı (mg g <sup>-1</sup> )	Yaprak Rengi "L"	Yaprak Rengi "a"	Yaprak Rengi "b"
Şebeke Suyu	100	207,83 a*	32,16 c	24,20 e	21,25 c	15,63 e	53,30 bc	45,75 d	34,07 a	-10,55 b	11,46 c
	75	173,75 d	32,66 c	25,42 d	20,61 cd	16,69 d	50,95 d	44,38 de	35,06 a	-11,46 bc	13,51 b
	50	157,99 e	31,75 c	26,10 cd	19,26 d	18,28 bc	47,91 e	42,26 e	33,45 ab	-12,80 c	16,42 a
Arıtılmış Atık Su	100	209,16 a	36,66 b	32,22 a	23,94 a	19,35 a	55,25 a	51,52 b	30,51 c	-8,52 a	10,38 cd
	75	205,33 a	35,50 b	28,59 b	24,20 a	19,00 ab	51,83 d	50,90 b	31,45 bc	-10,92 b	10,25 d
	50	195,58 b	27,50 d	26,01 cd	23,02 ab	17,82 c	41,97 f	48,43 c	33,76 ab	-10,67 b	11,03 cd
Aktif Çamur Suyu	100	205,25 a	39,55 a	28,94 b	24,24 a	16,12 de	55,34 a	55,56 a	34,22 a	-8,57 a	10,00 d
	75	195,80 b	35,50 b	27,67 bc	21,78 bc	14,45 f	51,72 d	50,48 b	34,56 a	-10,47 b	10,52 cd
	50	189,24 c	30,33 c	24,22 d	21,26 c	14,23 f	29,82 g	42,72 e	33,64 ab	-12,56 c	14,30 b
LSD <sub>0,05</sub>		3,97	2,52	1,89	1,70	0,94	0,90	1,66	2,36	1,39	1,21
Su Kalitesi (A)		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
Sulama Seviyesi (B)		*	*	*	*	öd	*	*	öd	*	*
A X B		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (P ≤0.05) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.10.** Farklı su kalitelerinde yapılan sulama uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde bitkisel özellik parametreleri üzerine etkileri

<b>Su Kalitesi</b>	<b>Bitki Boy Uzunluğu (cm)</b>	<b>Yaprak Sayısı (adet/bitki)</b>	<b>Yaprak En Uzunluğu (cm)</b>	<b>Yaprak Boy Uzunluğu (cm)</b>	<b>Yaprak Sap Uzunluğu (cm)</b>	<b>YOSK (%)</b>	<b>Yaprak Klorofil Miktarı (mg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Yaprak Rengi "L"</b>	<b>Yaprak Rengi "a"</b>	<b>Yaprak Rengi "b"</b>
<b>Şebeke Suyu</b>	220,87 c*	34,31 c	21,71 c	17,98 b	17,20 ab	41,73 c	50,38 b	32,31	-10,99 c	12,04 a
<b>Aritılmış Atık Su</b>	256,14 b	38,07 b	22,91 b	20,17 a	17,70 a	48,43 b	50,61 b	32,16	-10,16 b	11,84 a
<b>Aktif Çamur Suyu</b>	264,13 a	47,12 a	26,54 a	20,91 a	16,77 b	53,07 a	53,92 a	32,17	-9,17 a	9,69 b
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	4,50	1,46	1,12	0,75	0,69	1,39	1,25	öd	0,58	0,44

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (P ≤0.05) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.11.** Farklı sulama seviyelerinin MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde bitkisel özellik parametreleri üzerine etkileri

<b>Sulama Seviyesi (%)</b>	<b>Bitki Boy Uzunluğu (cm)</b>	<b>Yaprak Sayısı (adet/bitki)</b>	<b>Yaprak En Uzunluğu (cm)</b>	<b>Yaprak Boy Uzunluğu (cm)</b>	<b>Yaprak Sap Uzunluğu (cm)</b>	<b>YOSK (%)</b>	<b>Yaprak Klorofil Miktarı (mg g<sup>-1</sup>)</b>	<b>Yaprak Rengi "L"</b>	<b>Yaprak Rengi "a"</b>	<b>Yaprak Rengi "b"</b>
<b>100</b>	267,50 a*	46,72 a	25,92 a	20,93 a	18,31 a	54,28 a	55,63 a	31,86	-9,30 a	9,86 c
<b>75</b>	241,40 b	39,48 b	24,68 b	19,21 b	17,55 b	48,51 b	51,11 b	32,85	-10,21 b	10,95 b
<b>50</b>	232,25 c	33,31 c	20,57 c	18,90 b	15,80 c	40,44 c	48,17 c	31,92	-10,82 c	12,75 a
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	5,52	1,46	1,12	0,75	0,69	1,39	1,25	öd	0,58	0,44

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (P ≤0.05) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.12.** Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde bitkisel özellik parametreleri üzerine etkileri

Su Kalitesi	Sulama Seviyesi (%)	Bitki Boy Uzunluğu (cm)	Yaprak Sayısı (adet/bitki)	Yaprak En Uzunluğu (cm)	Yaprak Boy Uzunluğu (cm)	Yaprak Sap Uzunluğu (cm)	YOSK (%)	Yaprak Klorofil Miktarı (mg g <sup>-1</sup> )	Yaprak Rengi "L"	Yaprak Rengi "a"	Yaprak Rengi "b"
Şebeke Suyu	100	230,00 e*	37,16 b	23,39 bcd	18,49 d	17,67 b	46,67 b	52,53 b	30,81	-9,62 ab	9,74 e
	75	217,67 f	34,00 c	23,55 bc	17,71 d	17,68 b	41,75 c	50,65 bc	33,20	-10,91 c	11,94 c
	50	214,94 f	31,77 cd	18,18 e	17,73 d	16,27 c	36,76 e	48,00 de	32,91	-12,45 d	14,44 a
Arıtılmış Atık Su	100	276,50 b	51,05 a	24,91 b	21,43 b	18,83 ab	57,61 a	58,01 a	32,58	-9,56 ab	10,60 d
	75	251,94 c	33,83 c	22,33 cd	20,10 c	19,10 a	47,12 b	46,65 e	32,52	-10,49 bc	11,64 c
	50	240,00 d	29,33 d	21,48 d	18,97 cd	15,16 c	40,56 d	47,17 de	31,37	-10,44 bc	13,26 b
Aktif Çamur Suyu	100	296,00 a	51,94 a	29,46 a	22,93 a	18,44 ab	58,55 a	56,36 a	32,20	-8,72 a	9,25 e
	75	257,33 c	50,61 a	28,11 a	19,81 c	15,88 c	56,66 a	56,08 a	32,82	-9,22 a	9,28 e
	50	239,08 d	38,83 b	22,06 cd	20,00 c	15,99 c	44,01 c	49,33 cd	31,47	-9,57 ab	10,55 d
LSD <sub>0,05</sub>		7,80	2,53	1,95	1,31	1,19	2,41	2,16	-	1,01	0,77
Su Kalitesi (A)		*	*	*	*	*	*	*	öd	*	*
Sulama Seviyesi (B)		*	*	*	*	*	*	*	öd	*	*
A X B		*	*	*	*	*	*	*	öd	*	*

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (P ≤ 0.05) (öd: önemli değil)



#### 4.3.7. Bitki Yaş ve Kuru Ağırlıkları

Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde farklı su kalitelerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının, bitki yaş ağırlıkları üzerine etkileri Çizelge 4.13, Çizelge 4.14 ve Çizelge 4.15’de verilmiştir.

Farklı su kaliteleri ile su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun kök yaş ağırlıkları üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Ancak sulama seviyesinin etkilerinin ise etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ( $P > 0,05$ ). Farklı su kalitelerine göre; en yüksek kök yaş ağırlığı ortalaması AAS (13,51 g); en düşük ortalama ise AÇS (9,60 g) uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.13). Su seviyelerindeki farklılığa göre ortalamalar 10,87 g (S75)-11,39 g (S100) arasında değişmiştir (Çizelge 4.14). Su kalitesi ile sulama seviyesinin ortak etkilerine göre ise; 7,77 g (AÇS-S75) ile 15,16 g (AAS-S75) arasında değerler almıştır (Çizelge 4.15).

Farklı su kaliteleri, sulama seviyeleri ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksyonunun gövde yaş ağırlıkları ile toplam yaş ağırlıklar üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Farklı su kalitelerine göre gövde yaş ağırlığı parametresi için en yüksek değerler ŞS (318,73 gr) en düşük değerler ise AAS (278,10 gr) uygulamalarından; toplam yaş ağırlık parametresi için en yüksek değerler AAS (329,49 gr) ve ŞS (329,04 gr); en düşük değer ise AÇS (287,70 g) uygulamasından elde edilmiştir (Çizelge 4.13). Sulama seviyelerindeki farklılıkların etkilerine bakıldığında ise; gövde ve toplam yaş ağırlıklara ait en yüksek ortalama değerler sırası ile 374,22 gr ve 385,38 gr ile S100; en düşük değerler ise 257,71 g ve 269,10 g olarak S50 uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.14). Su kalitesi ile sulama seviyesindeki farklılıkların etkileri birlikte değerlendirildiğinde; gövde yaş ağırlığı parametresi 381,62 g ile AAS-S100 ve 380,24 g ile ŞS-S100 ve 360,80 g ile AÇS-S100 uygulamalarına ön plana çıkmıştır. En düşük gövde yaş ağırlığı ortalaması ise 176,76 gr ile AÇS-S50 uygulamasından elde edilmiştir. Toplam yaş ağırlıklarda meydana gelen değişimler incelendiğinde; en yüksek değerlerin 394,24 gr ile AAS-S100; 389,38 gr ile ŞS-S100 ve 372,52 g ile AÇS-S100 uygulamalarından; en düşük değer ise 186,06 gr ile AÇS-S50 uygulamasından elde edildiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.15). Bu sonuçlara göre; toplam yaş ağırlıklardaki

farklılıkların, büyük ölçüde gövde yaş ağırlıklarda meydana gelen değişimlerden kaynaklandığı ortaya çıkmıştır. Özellikle, tüm su kaliteleri ile tam sulama seviyesinde yapılan sulamaların gövde yaş ağırlığı ve toplam yaş ağırlık değerlerini arttırdığı gözlenmiştir. Ancak; kısıntılı sulama uygulamaları ile bitkiye verilen su miktarı azaldıkça, bitki yaş ağırlıklarında da azalmalar ortaya çıkmıştır.

Elzem F1 çeşidinde farklı su kaliteleri, kısıntılı sulama uygulamaları ve su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonunun bitki kuru ağırlıkları üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Farklı su kaliteleri ile yapılan sulama uygulamalarının kuru ağırlıklar üzerine etkilerine bakıldığında; kök, gövde ve toplam kuru ağırlık ortalamaları bakımından en iyi sonuçlar sırası ile 2,52 gr, 62,85 gr ve 65,37 gr olarak artırılmış atık su uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.13). Kısıntılı sulama uygulamalarının kuru ağırlıklar üzerine etkileri değerlendirildiğinde; %100 ETc seviyesinde yapılan sulamaların tüm gruplarda en iyi sonucu verdiği görülmüştür. S100 uygulamaları sonucunda elde edilen kök, gövde ve toplam kuru ağırlık ortalama değerleri sırası ile 2,27 gr, 56,41 gr ve 58,68 gr olarak bulunmuştur. Bu uygulamaları ise S75 uygulamalarının takip ettiği görülmüştür (Çizelge 4.14). Farklı kalitede ve farklı sulama seviyelerinde yapılan sulama uygulamalarının kök kuru ağırlığı üzerine ortak etkileri incelendiğinde; AAS-S100 (2,86 gr) ve AAS-S75 (2,82 gr) uygulamalarının en iyi; AÇS-S50 (0,89 g) uygulamasının ise en düşük sonucu verdiği belirlenmiştir. Gövde kuru ağırlık ve toplam kuru ağırlık parametreleri bakımından ise en iyi sonuçların AAS-S100 uygulamalarından elde edildiği belirlenmiştir ve bu değerler sırası ile 65,64 g ve 68,50 g olarak bulunmuştur. Gövde kuru ağırlık ve toplam kuru ağırlıklar bakımından ise en düşük değerlerin ise sırası ile 21,59 g ve 22,48 gr olarak AÇS-S50 uygulamalarından elde edildiği gözlenmiştir. Bunun yanı sıra; şebeke suyu ve aktif çamur suyu uygulamalarında bitkiye verilen su miktarı azaldıkça toplam kuru ağırlıklarda da belirgin azalmalar olduğu ve atık su kullanımı ile bitkilerin toplam kuru ağırlığında artış sağladığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.15).

MH-102 F1 çeşidinde farklı su kalitelerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının, bitki yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkileri Çizelge 4.16, Çizelge 4.17 ve Çizelge 4.18'de verilmiştir. Farklı su kaliteleri, kısıntılı sulama uygulamaları ve su kalitesi x sulama

seviyesi interaksiyonunun bitki yaş ve kuru ağırlıkları üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ( $P \leq 0,05$ ). Farklı su kalitelerinin bitki yaş ağırlıkları üzerine etkilerine göre, en yüksek ortalama değerlerin AÇS uygulamalarından elde edildiği görülmüştür. Buna göre; kök, gövde ve toplam yaş ağırlıklar bakımından elde edilen sonuçlar sırası ile 21,60 gr, 886,79 gr ve 908,39 gr olarak bulunmuştur. Tüm yaş ağırlıklar bakımından en düşük değerler ise ŞS ile yapılan sulamalar sonucunda elde edilmiştir ve bu değerler kök, gövde ve toplam yaş ağırlıklar için sırası ile 13,91 gr; 552,20 gr ve 567,79 gr olarak bulunmuştur (Çizelge 4.16). Sulama seviyelerindeki farklılıkların etkileri dikkate alındığında; kök, gövde ve toplam yaş ağırlık parametreleri için en yüksek ortalama değerler 19,81 g, 784,30 g ve 804,11 g olarak S100 uygulamalarından elde edilmiştir. S75 uygulamaları ise ikinci sırada yer almıştır (Çizelge 4.17). Su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonunun etkileri ele alındığında bitki yaş ağırlıkları bakımından en iyi sonuçlar AÇS-S100 ve AÇS-S75 uygulamalarından elde edilmiştir. AÇS-S100 ve AÇS-S75 uygulamaları sonucunda kök yaş ağırlığı parametresi için elde edilen değerler sırası ile 23,38 g ve 22,56 g; gövde yaş ağırlığı için ise 994,66 g ve 986,07 g olarak bulunmuştur. Toplam yaş ağırlığı parametresinden ise sırası ile 1018,04 g ve 1008,63 g olarak tespit edilmiştir (Çizelge 4.18). Ayrıca, Elzem F1 çeşidi ile benzer olarak tüm su kaliteleri ile yapılan sulamalarda, su miktarındaki azalmaya bağlı olarak bitki yaş ağırlıklarında da azalma meydana geldiği gözlenmiştir.

MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde bitki kuru ağırlıkları üzerine farklı su kalitelerinin etkileri incelendiğinde; en yüksek ortalama değerler bitki yaş ağırlıklarından elde edilen sonuçlar ile paralellik göstermiştir. En yüksek değerler kök, gövde ve toplam kuru ağırlıklar için sırası ile 3,07 g, 97,73 g ve 110,80 g olarak AÇS uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük ortalama değerler ise kök, gövde ve toplam kuru ağırlıklar için sırası ile 1,49 g, 75,29 g ve 76,78 g olarak ŞS uygulamalarından elde edilmiştir (Çizelge 4.16). Sulama seviyelerindeki değişimler açısından en iyi sonuçlar S100 uygulamalarından elde edilmiştir. Kök, gövde ve toplam kuru ağırlık parametreleri için sırası ile 2,77 g, 98,96 g ve 101,73 g değerleri bulunmuştur. Sulama seviyelerindeki azalmaya bağlı olarak en düşük sonuçlar S50 uygulamaları sonrasında elde edilmiş olup; kök, gövde ve toplam kuru ağırlık parametreleri için sırası ile 1,64 g, 78,24 g ve 79,88 g olarak bulunmuştur (Çizelge 4.17). Su kalitesi x sulama seviyesi interaksiyonunun etkilerine göre; Elzem F1

çeşidi ile benzer olarak, AÇS-S100 ve AÇS-S75 uygulamalarının en iyi sonucu verdiği belirlenmiştir. AÇS-S100 ve AÇS-S75 uygulamaları sonucunda kök kuru ağırlığından elde edilen değerler sırası ile 3,87 gr ve 3,76 gr; gövde kuru ağırlığı değerleri 115,36 gr ve 113,17; toplam kuru ağırlık değerleri ise 119,23 gr ve 116,93 gr olarak bulunmuştur. En düşük kök, gövde ve toplam kuru ağırlık değerleri ise ŞS-S50 uygulamalarından elde edilmiştir ve bu değerler sırası ile 1,30 g, 65,46 g ve 66,76 g olarak bulunmuştur. Buna göre; arıtılmış atık su uygulamalarının bitkilerde kuru ağırlık parametresi bakımından artış sağladığı ortaya konmuştur. Ancak, arıtılmış atık su ve şebeke suyu uygulamalarında bitkilere verilen su miktarı azaldıkça, bitki kuru ağırlıklarının da azaldığı tespit edilmiştir. Aktif çamur suyu uygulamalarında ise %50 ETc seviyesinde yapılan sulama uygulamasının en düşük kuru ağırlığa sahip olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.18).

Su stresi altındaki bitkilerde vegetatif gelişim azalmakta; özellikle bitki yaş ve kuru ağırlıklarında düşüşler meydana gelebilmektedir. Özellikle su stresi koşullarında bitkiler su kaybını azaltmak için yaprak yüzey alanını küçültmeye başlamaktadırlar. Bu da fotosentez aktivitelerinde azalma meydana getirmektedir. Bu durum bitkilerde tüm vegetatif organlarında kuru ve yaş ağırlıklarda azalma meydana getirmektedir (Jones, 2004). Bu çalışmada, hıyar bitkilerinin kısıntılı sulama uygulamalarında %50 ETc sulama seviyeleri ile birlikte su stresi yaşamaya başladığı; dolayısı ile yaş ve kuru ağırlıklarda da azalmalar meydana geldiği görülmüştür. %50 ETc seviyesindeki sulamalar ile hıyar bitkileri ihtiyaç duyduğu suyu alamayarak, vegetatif gelişimlerini sınırlandırmaya başlamıştır. Söylemez vd. (2020), sera koşullarında yaptıkları bir çalışmada, farklı ortamlarda ve farklı sulama düzeylerinde (%125 ETc, %100 ETc ve %75 ETc) hıyar yetiştiriciliği yapmışlardır. Sulama seviyelerinin azalması ile birlikte, bitki kuru ağırlıklarında da azalmalar meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Aksine, Sharma vd. (2014), ise üç farklı kavun çeşidinde iki farklı sulama seviyesinde (%100 ETc ve %50 ETc) sulama uygulamaları yapmışlardır. Kısıntılı sulama uygulamasının kontrole kıyasla hem kök uzunluğu hem de kök kuru ağırlığını arttırdığını bulmuşlardır. Bunun yanı sıra, atık su uygulamalarının kısıntılı sulama yapıldığında bitkilerde meydana gelen stresin olumsuz etkilerini azalttığı düşünülmektedir. Buna göre; her iki çeşitte de farklı atık su uygulamalarının yaş ve kuru ağırlıklarda şebeke suyuna kıyasla belirgin bir kayıp meydana getirmediği görülmüştür. Şebeke suyu ile yapılan kısıntılı sulama uygulamaları

sonucunda bitki kuru ağırlıklarında azalmalar meydana gelirken; atık su uygulamaları ile %75 ETc seviyesinde yapılan sulamalarda bile kuru ağırlıklarda azalma meydana gelmemiştir. Ayrıca, atık su uygulamalarının şebeke suyuna kıyasla yaş ve kuru ağırlıklarda da artış meydana getirdiği tespit edilmiştir. Benzer olarak; Akbudak ve Biçen (2020), iki farklı marul çeşidinde yapmış oldukları çalışmada şebeke suyu ve arıtılmış atık su kullanmışlardır. Arıtılmış atık su uygulamalarının yaş ve kuru ağırlıklarda artış sağladığını bildirmişlerdir. Parveen vd. (2015), ise turp yetiştiriciliğinde şebeke suyu ve farklı atık su seviyelerinde (%100 ETc, %75 ETc, %50 ETc ve %25 ETc) sulama yapmışlardır. Yaş ve kuru ağırlıklar bakımından %100 sulama seviyesinde atık sular ile yapılan sulamalar ile kuru ağırlıklarda artış olduğunu rapor etmişlerdir. Domates, bamyada ve bal kabağında şebeke suyu ve atık su ile farklı sulama seviyelerinin (%100 ETc ve %50 ETc) uygulandığı bir çalışmada ise, %50 ETc sulama seviyesinde atık su kullanılarak yapılan sulamaların gövde yaş ağırlığını bamyada %36, bal kabağında ise %16 oranından arttırdığı belirtilmiştir. Ayrıca, %100'lük atık su uygulamasının şebeke suyuna kıyasla, kök kuru ağırlığını bamyada %28, domateste %20 ve balkabağında %60 arttırdığı tespit edilmiştir (Zafar ve diğerleri, 2016).

**Çizelge 4.13.** Farklı su kalitelerinde yapılan sulama uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde yaş ve kuru ağırlıklar üzerine etkileri

<b>Su Kalitesi</b>	<b>Kök Yaş Ağırlığı/Fide (g)</b>	<b>Gövde Yaş Ağırlığı/Fide (g)</b>	<b>Toplam Yaş Ağırlık/Fide (g)</b>	<b>Kök Kuru Ağırlığı/Fide (g)</b>	<b>Gövde Kuru Ağırlığı/Fide (g)</b>	<b>Toplam Kuru Ağırlık/Fide (g)</b>
<b>Şebeke Suyu</b>	10,31 b*	318,73 a	329,04 a	1,67 b	44,65 b	46,32 b
<b>Arıtılmış Atık Su</b>	13,51 a	315,98 a	329,49 a	2,52 a	62,85 a	65,37 a
<b>Aktif Çamur Suyu</b>	9,60 b	278,10 b	287,70 b	1,43 c	38,37 c	39,80 c
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	1,20	14,38	14,59	0,20	1,76	1,85

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P \leq 0.05$ ) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.14.** Farklı sulama seviyelerinin Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde yaş ve kuru ağırlıklar üzerine etkileri üzerine etkileri

<b>Sulama Seviyesi (%)</b>	<b>Kök Yaş Ağırlığı/Fide (g)</b>	<b>Gövde Yaş Ağırlığı/Fide (g)</b>	<b>Toplam Yaş Ağırlık/Fide (g)</b>	<b>Kök Kuru Ağırlığı/Fide (g)</b>	<b>Gövde Kuru Ağırlığı/Fide (g)</b>	<b>Toplam Kuru Ağırlık/Fide (g)</b>
<b>100</b>	11,16	374,22 a*	385,38 a	2,27 a	56,41 a	58,68 a
<b>75</b>	10,87	280,88 b	291,76 b	1,92 b	47,46 b	49,38 b
<b>50</b>	11,39	257,71 c	269,10 c	1,43 c	42,00 c	43,43 c
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	öd	14,38	14,59	0,20	1,79	1,85

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir (P ≤0.05) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.15.** Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde yaş ve kuru ağırlıklar üzerine etkileri

Su Kalitesi	Sulama Seviyesi (%)	Kök Yaş Ağırlığı/Fide (g)	Gövde Yaş Ağırlığı/Fide (g)	Toplam Yaş Ağırlık/Fide (g)	Kök Kuru Ağırlığı/Fide (g)	Gövde Kuru Ağırlığı/Fide (g)	Toplam Kuru Ağırlık/Fide (g)
Şebeke Suyu	100	9,14 d*	380,24 a	389,38 a	1,83 bcd	47,45 d	49,28 d
	75	9,69 cd	280,74 bc	290,43 bc	1,66 cd	42,55 e	44,21 e
	50	12,11 b	295,21 b	307,32 b	1,52 de	43,94 e	45,46 e
Arıtılmış Atık Su	100	12,62 b	381,62 a	394,24 a	2,86 a	65,64 a	68,50 a
	75	15,16 a	265,16 c	280,32 c	2,82 a	62,45 b	65,27 b
	50	12,75 b	301,17 b	313,92 b	1,88 bc	60,48 b	62,36 b
Aktif Çamur Suyu	100	11,72 bc	360,80 a	372,52 a	2,13 b	56,15 c	58,28 c
	75	7,77 d	296,76 b	304,53 bc	1,27 e	37,37 f	38,64 f
	50	9,30 d	176,76 d	186,06 d	0,89 f	21,59 g	22,48 g
LSD <sub>0.05</sub>		2,09	24,92	25,27	0,34	3,11	3,20
Su Kalitesi (A)		*	*	*	*	*	*
Sulama Seviyesi (B)		öd	*	*	*	*	*
A X B		*	*	*	*	*	*

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P \leq 0.05$ ) (öd: önemli değil)



**Çizelge 4.16.** Farklı su kalitelerinde yapılan sulama uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde yaş ve kuru ağırlıklar üzerine etkileri

<b>Su Kalitesi</b>	<b>Kök Yaş Ağırlığı/Fide (g)</b>	<b>Gövde Yaş Ağırlığı/Fide (g)</b>	<b>Toplam Yaş Ağırlık/Fide (g)</b>	<b>Kök Kuru Ağırlığı/Fide (g)</b>	<b>Gövde Kuru Ağırlığı/Fide (g)</b>	<b>Toplam Kuru Ağırlık/Fide (g)</b>
<b>Şebeke Suyu</b>	13,91 c*	552,20 c	566,11 c	1,49 c	75,29 c	76,78 c
<b>Arıtılmış Atık Su</b>	15,58 b	574,03 b	589,61 b	2,41 b	84,47 b	86,88 b
<b>Aktif Çamur Suyu</b>	21,60 a	886,79 a	908,39 a	3,07 a	97,73 a	110,80 a
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	0,89	11,25	11,35	0,09	1,80	1,81

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P \leq 0.05$ ) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.17.** Farklı sulama seviyelerinin MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde yaş ve kuru ağırlıklar üzerine etkileri

<b>Sulama Seviyesi (%)</b>	<b>Kök Yaş Ağırlığı/Fide (g)</b>	<b>Gövde Yaş Ağırlığı/Fide (g)</b>	<b>Toplam Yaş Ağırlık/Fide (g)</b>	<b>Kök Kuru Ağırlığı/Fide (g)</b>	<b>Gövde Kuru Ağırlığı/Fide (g)</b>	<b>Toplam Kuru Ağırlık/Fide (g)</b>
<b>100</b>	19,81 a*	784,30 a	804,11 a	2,77 a	98,96 a	101,73 a
<b>75</b>	16,65 b	714,52 b	731,17 b	2,54 b	90,30 b	92,84 b
<b>50</b>	14,64 c	514,21 c	528,85 c	1,64 c	78,24 c	79,88 c
<b>LSD<sub>0,05</sub></b>	0,89	11,25	11,35	0,09	1,80	1,81

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P \leq 0.05$ ) (öd: önemli değil)

**Çizelge 4.18.** Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde yaş ve kuru ağırlıklar üzerine etkileri

Su Kalitesi	Sulama Seviyesi (%)	Kök Yaş Ağırlığı/Fide (g)	Gövde Yaş Ağırlığı/Fide (g)	Toplam Yaş Ağırlık/Fide (g)	Kök Kuru Ağırlığı/Fide (g)	Gövde Kuru Ağırlığı/Fide (g)	Toplam Kuru Ağırlık/Fide (g)
Şebeke Suyu	100	14,98 d*	683,18 b	698,16 b	1,61 e	87,76 c	89,37 c
	75	13,82 de	625,55 c	639,37 c	1,56 e	72,66 d	74,22 d
	50	12,93 ef	413,37 f	426,30 f	1,30 f	65,46 e	66,76 e
Arıtılmış Atık Su	100	23,38 a	994,66 a	1018,04 a	3,87 a	115,36 a	119,23 a
	75	22,56 ab	986,07 a	1008,63 a	3,76 a	113,17 a	116,93 a
	50	18,87 c	676,66 b	695,53 b	1,57 e	94,65 b	96,22 b
Aktif Çamur Suyu	100	21,06 b	675,05 b	696,11 b	2,85 b	93,75 b	96,60 b
	75	13,56 def	531,95 d	545,51 d	2,31 c	85,06 c	87,37 c
	50	12,14 ef	449,62 e	461,76 e	2,06 d	74,61 d	76,67 d
<b>LSD<sub>0.05</sub></b>		2,04	19,49	19,67	0,16	3,13	3,14
<b>Su Kalitesi (A)</b>		*	*	*	*	*	*
<b>Sulama Seviyesi (B)</b>		*	*	*	*	*	*
<b>A X B</b>		*	*	*	*	*	*

\*Farklı harfler uygulamalar arasındaki farklılığı göstermektedir ( $P \leq 0.05$ ) (öd: önemli değil)

#### 4.4. Ağır Metal Analizlerinden Elde Edilen Sonuçlar

Farklı kalitelerde sulama suyu kullanılarak yapılan farklı seviyelerdeki sulama uygulamaları sonucunda, özellikle hıyar bitkilerinde ağır metal kalıntısı meydana getirip getirmediğinin incelenmesi çalışmanın insan sağlığı açısından değerlendirilmesi bakımından önem taşımaktadır. Farklı su kalitelerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamaları sonucunda hıyar bitkilerinden alınan kök, yaprak ve meyve gibi farklı organlarından alınan örneklere ait ağır metal analiz sonuçları (Cr, Pb, Ni ve Cd) Elzem F1 çeşidi için Çizelge 4.19 ve MH-102 F1 çeşidi için ise Çizelge 4.20’de gösterilmiştir.

##### 4.4.1. Cd Kalıntı Miktarı

Elzem F1 çeşidinde, kök ve yapraklardaki Cd kalıntı miktarları incelendiğinde, köklerde 0,44 mg/kg (AÇS-S75 ve AÇS-S50)-0,54 mg/kg (ŞS-S75 ve AAS-S75); yapraklarda 0,20 mg/kg (AÇS-S50)-0,29 mg/kg (AAS-S50 ve AÇS-S100) olarak değiştiği belirlenmiştir. MH-102 F1 çeşidinde ise köklerde 0,31 mg/kg (ŞS-S100)-0,49 (AÇS-S50); yapraklarda 0,16 mg/kg (ŞS-S75 ve AAS-S50)-0,29 mg/kg (AÇS-S50) değerleri arasında değiştiği görülmüştür.

Elzem F1 çeşidinde, şebeke suyu ile sulanan bitkilerden alınan meyve örneklerindeki Cd miktarlarının tüm sulama seviyelerinde 0.08 mg/kg olduğu saptanmıştır. Aktif çamur suyu ile sulanan bitkilerde S100, S75 ve S50 uygulamaları için sırası 0,09 mg/kg, 0,10 mg/kg ve 0,09 mg/kg olduğu tespit edilmiştir. Arıtılmış atık su ile sulanan örneklerde ise S100, S75 ve S50 uygulamaları için sırası ile 0,06 mg/kg, 0,05 mg/kg ve 0,05 mg/kg olduğu saptanmıştır. MH-102 F1 çeşidinde şebeke suyu ile sulanan bitkilerde 0.05 mg/kg (ŞS-S75)- 0.13 mg/kg (ŞS-S100); arıtılmış atık su ile sulanan bitkilerde 0.04 mg/kg (AAS-S100)-0.06 mg/kg (AAS-S75) ve aktif çamur suyu ile sulanan bitkilerde ise 0.15 mg/kg (AÇS-S75)-0.06 mg/kg (AÇS-S50) değerleri arasında değişmiştir. Buna göre; her iki çeşitte de, tüm sulama uygulamaları içerisinde Cd birikiminin en fazla köklerde; en az ise meyvelerde olduğu ortaya çıkmıştır. Bu çalışma ile benzer olarak; Özkan (2019); atık su ile sulanan Titanik F1 ve Artist F1 hıyar çeşitlerinin köklerindeki Cd miktarının yaprak ve meyvelere oranla daha yüksek olduğunu ve en fazla birikimin atık su uygulamaları

sonucunda meydana geldiğini belirtmiştir. Zambı (2022) tarafından biber ve patlıcan çeşitlerinde şebeke suyu, arıtılmış atık su ve atık su uygulamalarını denendiği bir çalışmada da Cd birikiminin en fazla bitkilerin köklerinde olduğunu ortaya koymuştur. Lizarro vd. (2020), farklı organları tüketilen sebze türlerinden (havuç, enginar, maydanoz) seçerek atık su ile sulama uygulamaları yapmışlar ve sebzelerin tüketilen kısımlarındaki ağır metal birikimlerini araştırmışlardır. Buna göre; havuç dışındaki diğer sebzelerde, bitkilerin diğer organlarında ağır metal taşınımının daha yoğun olduğunu; özellikle maydanoz yapraklarında, topraktan ağır metal taşınımının en yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Havuçta ise en fazla köklerde birikim olduğu tespit edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonunun biriktiği bitki organının farklı gösterdiğini; havuçta köklerde Cr ve Cu; enginar ve maydanozda Co, Cr, Cu ve Zn; birikimi olmuştur. Ancak en fazla ağır metal birikiminin maydanoz yapraklarında olduğu tespit edilmiştir.

Bu çalışmada, hıyar meyvelerindeki Cd kalıntı miktarları sulama suyu kalitesine göre değerlendirildiğinde; her iki çeşitte de en fazla birikimin aktif çamur suyu uygulamaları sonucunda ortaya çıktığı belirlenmiştir. Ayrıca, aktif çamur suyu uygulamaları sonucunda meyvelerde rastlanan Cd kalıntı değerlerinin FAO/WHO ve TGK tarafından meyvesi tüketilen sebzeler için belirlediği Cd üst limit değeri olan 0,05 mg/kg'ın üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Ancak, şebeke suyu uygulamaları ile AAS-S100, AÇS-S100 ve AÇS-S50 uygulamalarının EC tarafından belirlenen üst limit olan 0,10 mg/kg'ın altında tespit edilmiştir. Elzem çeşidinde, arıtılmış atık su uygulamalarından elde edilen değerlerin ise şebeke suyu uygulamalarından da düşük olduğu görülmüştür. Ancak hem şebeke suyu hem de arıtılmış atık su uygulamaları sonucunda Cd kalıntı miktarları da 0.05 mg/kg'ın üzerinde değerler ortaya çıkmıştır. MH-102 F1 çeşidinde ŞS-S75 ve ŞS-S50 uygulamaları ile arıtılmış atık su uygulamalarından elde edilen kalıntı miktarları tavsiye edilen limit değeri olan 0,05 mg/kg seviyesinde olduğu görülmüştür. Hem Elzem F1 hem de MH-102 F1 çeşitlerinde arıtılmış atık su uygulamalarındaki Cd kalıntı miktarlarının 0.05 mg/kg civarında olması, arıtılmış atık sularda düzenli olarak yapılan Cd kalıntı analizi sonucunda elde edilen düşük Cd değeri ile ilişkilendirilmektedir.

Şebeke suları ile sulanan patlıcan, kabak, ve hıyar meyvelerinde ağır metal konsantrasyonlarının incelendiği bir çalışmada, Cd miktarının hıyar meyvelerinde 3,55

mg/kg; kabak meyvelerinde 1,19 mg/kg ve patlıcan meyvelerinde 1,21 mg/kg olarak bulunduğunu ve tespit edilen bu değerlerin FAO/WHO standartlarının (0,05 mg/kg) çok üzerinde olduğunu belirtmişlerdir. Bu durumun sulama suyunda tespit edilen yüksek Cd konsantrasyonu ile ilişkili olduğunu vurgulamışlardır (Lere ve diğerleri, 2021). Lu vd. (2020), ise yeraltı suyu, yarı-arıtılmış atık su ve şebeke suyu kullanarak örtüaltında domates yetiştiriciliği yapmışlardır. Toprağın farklı derinliklerindeki Cd kalıntı miktarını ve domates meyvelerindeki Cd birikimini araştırmışlardır. Denemeler sonucunda; farklı su kalitesindeki sulama suları ile sulanan domates meyvelerindeki Cd miktarlarının WHO tarafından üst sınır olarak belirlenen 0.05 mg/kg'ın altında olduğunu belirtmişlerdir. Sayo vd. (2020), tarafından Kenya'da yürütülen bir çalışmada, ıspanak ve kale bitkileri farklı lokasyonlarda, şebeke suyu ve atık su ile sulanarak yetiştirilmişlerdir. Sulama suyu ve bitkilerin yapraklarındaki Cd ve Pb miktarları analiz ettirildiğinde; şebeke suyu ve atık sularda ağır metal birikiminin gözlenmediğini; yapraklarda tespit edilen seviyelerin ise FAO/WHO standartlarının altında olduğunu belirtmişlerdir. Buna karşın; Singh vd. (2010), Hint ıspanağında yaptıkları atık su ile sulama uygulamaları sonucunda, bitkilerin tüketilen kısmı olan yapraklarda ve sulama sularındaki ağır metal konsantrasyonlarını araştırmışlardır. Buna göre; sulama sularındaki Cd miktarlarının FAO/WHO tarafından önerilen limitin altında kaldığını; ancak hint ıspanağının yapraklarındaki Cd birikiminin Hindistan'da sebzeler için belirlenen ağır metal sınırının üzerinde olduğunu belirtmişlerdir. Gupta vd. (2009), şehir atık suyu kullanarak suladıkları yaprakları (ıspanak ve marul) ve kökleri (turp ve şalgam) tüketilen sebzelerin tüketilen kısımlarından örnekler alarak, Cd, Pb ve Zn içeriklerini araştırmışlardır. Analizler sonucunda Cd birikiminin FAO/WHO standartlarının üzerinde çıktığını; bunun kaynağının da sulama suyundaki Cd miktarının yüksek olması ile ilişkili olduğunu; sulama suyunun mutlaka ağır metal içeriklerinin tespit edilerek kullanılması gerektiğini vurgulamışlardır.

#### **4.4.2. Cr Kalıntı miktarı**

Elzem F1 çeşidinde, farklı kalitede yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının etkisi ile hıyar bitkilerinin farklı organlarında biriken Cr miktarları incelendiğinde; köklerde meydana gelen Cr birikiminin yaprak ve meyvelerden fazla olduğu tespit edilmiştir. Köklerde

yapılan analizler sonucunda; en yüksek Cr birikiminin 33,99 mg/kg ile AÇS-S75 uygulamasında olduğu görülmüştür. En az birikim ise 12,07 mg/kg ile ŞS-S50 ve AÇS-S50 uygulamalarından elde edilmiştir. ŞS-S100 uygulamasına ait bitkilerin köklerinde biriken Cr miktarı 12,99 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Şebeke suyu ile farklı kalitede artılmış atık su uygulamalarına ait Cr kalıntı miktarları karşılaştırıldığında; en fazla kalıntı artılmış atık su; en az kalıntı ise şebeke suyu uygulamalarından elde edilmiştir. Yapraklardaki Cr kalıntı miktarları incelendiğinde; değerlerin 1,16 (ŞS-S100)-2,47 mg/kg (AÇS-S100) arasında değiştiği belirlenmiştir. Sulama kaliteleri bakımından karşılaştırıldığında; Cr miktarları fazladan aza doğru aktif çamur suyu, şebeke suyu ve artılmış atık su uygulamaları olarak sıralanmaktadır. Hıyar meyvelerinde ise en düşük Cr kalıntı miktarı yaprak örneklerinin aksine AÇS-S100 (0,11 mg/kg) uygulamasından elde edilmiştir. En fazla Cr kalıntısı ise 2,03 mg/kg ile AÇS-S50 uygulamasında tespit edilmiştir. ŞS-S100 uygulamasından alınan meyve örneklerindeki Cr miktarı ise 0,22 mg/kg olarak belirlenmiştir.

MH-102 F1 çeşidine ait Cr kalıntı miktarları incelendiğinde; Elzem F1 çeşidi ile benzer olarak kalıntı miktarları fazladan aza doğru kökler, yapraklar ve meyveler olarak sıralanmıştır. Kökte yapılan analizler sonucunda en yüksek Cr birikimi 30,45 mg/kg ile AAS-S100 uygulamasından; en az kalıntı miktarı ise 14,07 mg/kg ile AAS-S75 uygulamasından elde edilmiştir. ŞS-S100 uygulamasına ait bitkilerin köklerinde biriken Cr miktarı 14,84 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Farklı su kalitelerine göre köklerdeki Cr kalıntı miktarları incelendiğinde; en yüksek değer artılmış atık su uygulamalarından; en düşük değer ise şebeke suyu uygulamalarında tespit edilmiştir. Yapraklardaki Cr miktarları incelendiğinde; Cr değerlerinin 1,40 mg/kg (AAS-S50)-2,59 mg/kg (AÇS-S100) arasında değiştiği belirlenmiştir. ŞS-S100 uygulamasına ait bitkilerin yapraklarında biriken Cr miktarı 2,18 mg/kg olarak tespit edilmiştir. Su kalitelerindeki farklılıklar açısından yapraklardaki Cr miktarları fazladan aza doğru aktif çamur suyu, artılmış atık su ve şebeke suyu olarak sıralanmıştır. MH-102 F1 çeşidine ait hıyar meyvelerinde tespit edilen Cr miktarı 0,14 mg/kg (AÇS-S75)-1,76 mg/kg (AAS-S100) arasında değiştiği görülmüştür. ŞS-S100 uygulamasının Cr içeriği ise 0,63 mg/kg olarak belirlenmiştir. Meyvelerde tespit edilen Cr içerikleri farklı su kalitelerinin etkilerine göre değerlendirildiğinde; en fazla birikimin şebeke suyu ile sulanan meyvelerde olduğu ve bunu sırası ile artılmış atık su ve aktif çamur suyu uygulamalarının takip ettiği ortaya

konmuştur. Her iki çeşitte de FAO/WHO ve EC tarafından belirlenen 0,10 mg/kg üst limitinin üzerinde olduğu tespit edilmiştir.

Özkan (2019) üç çeşit turşuluk hıyar bitkisinde farklı atık su kaynaklarını kullandığı çalışmada ağır metal birikimin en fazla yapraklarda olduğu tespit edilmiştir. Meyvelerdeki Cr, Ni, Cu, Cd, Pb değerlerine bakıldığında, değerlerin TGK tarafından belirlenen limitlerinin altında kaldığı bildirilmiştir.

Saab vd. (2022), çinko ve krom hariç olmak üzere çoğu ağır metalin konsantrasyonlarının FAO/WHO tarafından belirlenen limitlerin altında olduğunu tespit etmişlerdir. Tüm metaller için hedef tehlike katsayısı değerleri 1.0'dan daha düşük olarak bulunmuştur. Deneme koşullarının soğan ve turp gibi kök bitkileri dışında çiğ tüketilen sebzeler için güvenli olduğu kanıtlanmıştır.

Lu vd. (2016), şebeke suyu, atık su ve atık su ile şebeke suyunun farklı oranlarda karıştırılması ile elde edilen sulama suyu ile domates yetiştiriciliği yapmışlardır. Karışımındaki atık su yüzdesinin artması ile birlikte meyvelerdeki ağır metal konsantrasyonlarının da arttığını; en çok artışın da %90 oranında Cr metalinde görüldüğünü vurgulamışlardır. Ancak atık su kullanımının kanalizasyon suyu kullanımından daha güvenilir olduğunu; şebeke suyu ile karşılaştırıldığında ise domates meyvelerinde ağır metal içeriğinde herhangi bir artışın meydana gelmediğini belirtmişlerdir.

Aftab vd. (2023), atık su ile sulanan ıspanak ve karnabaharda Ni, Cd, Cr, Pb ve Mn içeriklerini analizleri tespit etmişlerdir. Buna göre; Cr konsantrasyonunun FAO/WHO standartlarının üzerinde olduğunu; Ni ve Pb kalıntı miktarının ise sınır değerlere ulaştığını; Cd içeriği bakımından da risk oluşturacak şekilde birikim meydana geldiğini belirtmişlerdir. Özellikle suyun, toprak ve bitkinin yenilebilir kısımlarına taşınımı bakımından insan sağlığı için en fazla risk oluşturan ağır metalin Cd; diğerinin ise Cr olduğunu belirtmişlerdir.



#### 4.4.3. Ni Kalıntı Miktarı

Elzem F1 ve MH-102 F1 hıyar çeşitlerinde, köklerdeki Ni kalıntı miktarları incelendiğinde, Elzem F1 çeşidine ait bitkilerin köklerinde 5,27 mg/kg (ŞS-S50) - 11,29 mg/kg (AÇS-S50) değiştiği tespit edilmiştir. Yapraklardaki Ni kalıntı miktarları incelendiğinde ise; en yüksek değer 1,85 mg/kg ile ŞS-S100 uygulaması sonucunda elde edilmiştir. Bunu sırası ile 1,24 mg/kg ile AAS-S75 ve 1,13 mg/kg ile AÇS-S50 uygulamaları takip etmiştir. Elzem çeşidinde diğer tüm uygulamalardan elde edilen analiz sonuçlarına göre; Ni içeriğinin belirlenemeyecek kadar düşük seviyede çıkması üzerine Çizelge 4.19'da T.E. (tespit edilemedi) şeklinde ifade edilmiştir. Meyvelerdeki Ni içerikleri incelendiğinde; arıtılmış atık su uygulamalarında Ni kalıntısı bulunmadığı ve diğer uygulamalar içerisinde ise en yüksek değer 0,79 mg/kg ile ŞS-S50; en düşük değer ise 0,01 mg/kg olarak ŞS-S100 uygulamalarından elde edildiği belirlenmiştir.

MH-102 F1 çeşidinin köklerinde 5,83 mg/kg (AAS-S75)-16,12 mg/kg (ŞS-S50) değerleri arasında değiştiği görülmüştür. Yapraklarda bulunan Ni kalıntı miktarları incelendiğinde; şebeke suyu ve arıtılmış atık su ile sulanan yapraklarda Ni kalıntısı bulunmadığı belirlenmiş ve Çizelge 4.20'de T.E. olarak ifade edilmiştir. Buna karşın; aktif çamur suyu ile sulanan bitkilerden alınan yaprak örneklerinde; en yüksek Ni miktarının 0,63 mg/kg ile AÇS-S75; en düşük değer ise 0,18 mg/kg ile AÇS-S100 uygulamasından elde edildiği bulunmuştur. Meyvelerdeki Ni miktarları incelendiğinde; 0,89 mg/kg ile AÇS-S100 ve 1,16 mg/kg değeri ile ŞS-S50 uygulamalarının dışındaki uygulamalara ait meyvelerde Ni kalıntı miktarı tespit edilememiştir.

Bu çalışmadan elde edilen verilere göre; her iki çeşitte de en fazla Ni birikiminin köklerde olduğu bunu sırası ile yaprak ve meyvelerin takip ettiği ortaya çıkmıştır. Ayrıca, her iki çeşitte de tüm sulama uygulamaları sonucunda meyvelerde tespit edilen kalıntı miktarlarının FAO/WHO, EC ve TGK tarafından belirlenen üst limitlerin altında olduğu tespit edilmiştir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar, literatürde yer alan diğer çalışmaların sonuçları ile karşılaştırıldığında meyvelerdeki Ni içeriği bakımından paralellik olduğu ortaya çıkmıştır. Lelebici ve Özyürek (2017), domates, biber, soğan ve fasulye bitkilerinde farklı kalitede sular kullanarak sulama uygulamaları yapmışlar ve

bitkilerdeki Ni birikiminin en fazla köklerde olduğunu; bunu yapraklar ve meyvelerin takip ettiğini belirtmişlerdir. Tariq (2021) ise Irak'ta yıllardır atık su ile sulanan ve kirlenmiş topraklar olarak adlandırılan topraklarda pazı, pırasa, kereviz ve tere yetiştiriciliğini atık su ile sulayarak yapmışlardır. Atık su uygulamaları sonucunda sebzelerdeki Ni, Cd, Cr, Cu, Pb, ve Zn ağır metallerini incelenmiştir. Buna göre; Cd ve Pb metal içerikleri bakımından sebzelerin yetişkinler ve çocuklar için FAO/WHO limitlerini aştığı; Ni ve Cu bakımından ise elde edilen değerlerin belirlenen limitlerin altında kaldığını bildirmişlerdir.

#### **4.4.4. Pb Kalıntı Miktarı**

Elzem F1 ve MH-102 F1 hıyar çeşitlerinde, kök ve yapraklardaki Pb kalıntı miktarları incelendiğinde, Elzem F1 çeşidinde köklerde 0,54 mg/kg (ŞS-S50)-2,68 (AÇS-S75); yapraklarda 0,72 mg/kg (ŞS-S50)-1,31 mg/kg (AAS-S75); MH-102 F1 çeşidinde ise köklerde 0,38 mg/kg (AAS-S75)-3,55 mg/kg (AÇS-S100); yapraklarda 0,90 mg/kg (AAS-S50) - 1,81 mg/kg (ŞS-S50) değerleri arasında değiştiği tespit edilmiştir. Meyvelerdeki Pb kalıntı miktarlarının Elzem F1 çeşidinde 0,84 mg/kg ( ŞS-S50)- 0,10 mg/kg (AAS-S75); MH102 F1 çeşidinde ise 0,37 mg/kg (ŞS-S100)- 0,12 mg/kg (AAS-S100 ve AAS-S75) arasında değiştiği tespit edilmiştir. Buna göre; her iki çeşitte de, farklı kalitede ve farklı seviyelerde yapılan sulama uygulamalarının etkisi ile hıyar bitkilerinin köklerinde ve yapraklarında biriken Pb miktarlarının meyvelerde tespit edilen miktarlara kıyasla daha yüksek olduğu görülmüştür. Bunun yanı sıra; her iki çeşitte de meyvelerdeki Pb miktarları su kalitelerindeki değişimler bakımından değerlendirildiğinde; Pb değerlerinin fazladan aza doğru sırası ile aktif çamur suyu, şebeke suyu ve arıtılmış atık su uygulamaları olarak sıralandığı görülmüştür. Ayrıca, her iki çeşitte de şebeke suyu ve aktif çamur suyu uygulamalarının tüm sulama seviyelerinde meyvelerde tespit edilen Pb kalıntı miktarlarının, hem FAO/WHO (0.05 mg/kg) hem de TGK (0,30 mg/kg) ve EC (0.10 mg/kg) tarafından tavsiye edilen sınır değerlerin çok üzerinde olduğu ortaya çıkmıştır. Arıtılmış atık su ile sulanan bitkilerden alınan meyve örneklerindeki Pb miktarlarının ise FAO/WHO (0.05 mg/kg) tarafından izin verilen düzeylerin kısmen üzerinde; TGK (0,30) ve EC (0.10 mg/kg)'nin belirlediği sınır değerlerde olduğu görülmüştür.

Bu çalışma ile benzer olarak; Zamb (2022) farklı biber ve patlıcan çeşitlerinde yaptığı farklı su kalitelerinde sulama suyu uygulamaları sonucunda en yüksek kalıntı miktarının atık su; en az kalıntı miktarının ise arıtılmış atık su ile sulanan bitkilerin meyvelerinde bulunduğunu ortaya koymuştur. Khan ve diğerleri (2022) ise hıyar bitkisinde dört farklı kalitede (şebeke suyu, inek tesislerinden alınan atık su, evlerden alınan gri su ve atık su) su kullanarak sulama yapmışlardır ve hıyar bitkisinin yaprak ve meyvelerinden alınan örneklerde Pb ve Cd içerikleri tespit edilmiştir. Yapılan çalışma sonucunda, tüm uygulamalara ait meyvelerdeki Pb ve Cd içeriklerinin FAO/WHO tarafından belirtilen sınırın altında kaldığını; hıyar yetiştiriciliğinde şebeke suyunun yanı sıra farklı su kaynaklarının da kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Chesmazar vd. (2018), marul, ıspanak, lahana gibi sebzelerde atık su ile sulamanın Pb kalıntı miktarını arttırdığını tespit etmişlerdir. Guadie vd. (2021), şebeke suyu, atık su ve arıtılmış atık su kullanarak marul, lahana ve domates yetiştiriciliği yapmışlar ve sonucunda sebzelerdeki ağır metaller (Fe, Mn, Zn, Pb, Cu ve Cd) içeriklerini tespit etmişlerdir. Buna göre; ağır metal konsantrasyonlarının en fazla atık su ile sulanan bitkilerde; en az ise şebeke suyu ile sulanan bitkilerde tespit edilmiştir. Özellikle domates meyvelerindeki Cd ve Pb değerlerinin FAO/WHO tarafından belirlenen standartların üzerinde olduğunu bildirmişlerdir.

Farklı marul ve baş salata çeşitlerinde, sulama suyu kaynağına bağlı olarak ağır metal içeriklerinin belirlenmesine yönelik yapılan bir başka araştırmada ise; Bursa Bölgesi'nde farklı su kaynaklarından (Nilüfer Çayı ve İznik Gölü) alınan sular ile yetiştiricilik yapılmıştır. Buna göre; Nilüfer Çayı ile sulanan Funly marul çeşidinde Pb içeriği 0,126 mg/kg, Adranita çeşidinde 0,131 mg/kg; İznik Göl suyu ile sulanan Funly marul çeşidinde 0,126 mg/kg ve Adranita marul çeşidinde ise 0,913 mg/kg olarak bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre Nilüfer Çayı ve İznik Göl suyu ile sulanan bitkilerdeki Pb düzeylerinin TGK tarafından belirlenen limitlerin üzerinde olduğu vurgulanmıştır.

Örtüaltında üç farklı kalitede su (yeraltı suyu, arıtılmış atık su ve domuz çiftliğinden alınan atık su) kullanılarak hıyar yetiştiriciliği yapılmıştır. Bunun sonucunda hıyar verimi ve kalitesine olan etkileri araştırılmıştır. Buna göre; sulama suyunda ve sulama uygulama

sonrasında hıyar bitkisinin meyvelerinde ve toprakta organik madde içeriği, ağır metal analizi (Pb ve Cd) yapılmıştır. Arıtılmış atık su kullanımının toprağın Pb ve Cd içeriğinde bir artışa sebep olmadığını; aynı zamanda toprağın organik madde miktarını artırarak verimde artış sağlandığını bildirmişlerdir. En fazla hıyar veriminin domuz çiftliğinden alınan atık su ile sulanan bitkilerden elde edildiğini ve meyvelerde Pb ve Cd birikimine rastlanmadığını belirtmişlerdir. Atık su kullanımının örtüaltında hıyar yetiştiriciliğinde kullanılabileceğini vurgulamışlardır (Du ve diğerleri, 2022).

Guadie vd. (2021), lahana, marul ve domateste şebeke suyu, arıtılmış ve arıtılmamış atık su kaynakları ile sulamanın sebzelerde ağır metal birikimi üzerine etkilerini araştırdıkları bir çalışmada; atık sulardaki ağır metal konsantrasyonunun şebeke suyu ve arıtılmış atık su ile sulanan sebzelerden daha yüksek olduğunu; özellikle Cd ve Pb içeriklerinin arıtılmamış atık su ile sulanan sebzeşerde daha yüksek olduğunu tespit etmişlerdir. Şehirdeki su kaynaklarının korunması için arıtılmış atık su kullanılması gerektiğini belirtmişlerdir. Rehman ve diğerleri 2019; Pakistanda yürütülen bir araştırmada, yeraltı suları ile atık su kullanımının toprak ve ıspanak yetiştiriciliği üzerine etkilerini inceledikleri bir çalışmada, atık su ile sulanan bitkilerde Pb ve Cd; yeraltı suyu ile sulanan bitkilerde ise Pb ve Mn konsantrasyonlarının WHO standartlarının üzerinde bulunduğunu bildirmişlerdir. Sağlık risk indeksi değerinin de hesaplandığı çalışmada; atık su ile sulanan sebzelerde sadece Mn içeriğinin SRI değerinin 1den büyük olduğunu diğer ağır metallerin risk faktörü olarak görülmediğini vurgulamışlardır. Atık suların arıtma işlemi gerçekleştirildikten sonra kullanılması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Lizarro vd. (2020), farklı organları tüketilen sebze türlerinden (havuç, enginar, maydanoz, kler seçerek atık su ile sulama uygulamaları yapmışlar ve sebzelerin tüketilen kısımlarındaki ağır metal birikimlerini araştırmışlardır. Buna göre; havuç dışındaki diğer sebzelerde, bitkilerin diğer organlarında ağır metal taşınımının daha yoğun olduğunu; özellikle maydanoz yapraklarında, topraktan ağır metal taşınımının en yüksek olduğunu belirtmişlerdir. Havuçta ise en fazla köklerde birikim olduğu tespit edilmiştir. Ağır metal konsantrasyonunun biriktiği bitki organının farklı gösterdiğini; havuçta köklerde Cr ve Cu; enginar ve maydonozda Co, Cr, Cu ve Zn; birikimi olmuştur. Ancak en fazla ağır metal birikiminin maydanoz yapraklarında olduğu tespit edilmiştir.

**Çizelge 4.19.** Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının Elzem F1 çeşidi hıyar bitkilerinde Cd, Cr, Ni ve Pb birikimi üzerine etkileri

Su Kalitesi	Sulama Seviyesi (%)	Kök (mg/kg)				Yaprak (mg/kg)				Meyve (mg/kg)			
		Cd	Cr	Ni	Pb	Cd	Cr	Ni	Pb	Cd	Cr	Ni	Pb
Şebeke Suyu	100	0,45	12,99	7,98	0,87	0,24	1,16	1,85	1,13	0,08	0,22	0,01	0,43
	75	0,54	25,54	10,19	1,38	0,22	1,34	-*	0,98	0,08	0,96	-	0,43
	50	0,48	12,07	5,27	0,54	0,24	1,85	-	0,72	0,08	0,67	0,79	0,84
Arıtılmış Atık Su	100	0,51	25,16	8,86	0,83	0,22	1,58	-	1,25	0,09	0,21	-	0,15
	75	0,54	18,24	8,14	0,97	0,25	1,89	1,24	1,31	0,10	1,03	-	0,10
	50	0,56	32,13	11,29	1,01	0,29	1,29	-	0,78	0,09	1,52	-	0,11
Aktif Çamur Suyu	100	0,46	16,67	8,93	1,41	0,29	2,47	-	0,90	0,06	0,11	0,27	0,37
	75	0,44	33,99	10,63	2,68	0,24	2,00	-	1,13	0,05	0,60	0,04	0,39
	50	0,44	12,56	5,56	0,6	0,20	2,21	1,13	1,18	0,05	2,03	-	0,63

\* (-) : Tespit edilmedi

**Çizelge 4.20.** Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamalarının MH-102 F1 çeşidi hıyar bitkilerinde Cd, Cr, Ni ve Pb birikimi üzerine etkileri

Su Kalitesi	Sulama Seviyesi (%)	Kök (mg/kg)				Yaprak (mg/kg)				Meyve (mg/kg)			
		Cd	Cr	Ni	Pb	Cd	Cr	Ni	Pb	Cd	Cr	Ni	Pb
Şebeke Suyu	100	0,31	14,84	9,09	1,50	0,24	2,18	-	1,73	0,13	0,63	-	0,37
	75	0,34	18,07	8,29	1,26	0,16	1,68	-	1,22	0,05	0,20	-	0,26
	50	0,38	16,20	16,12	1,81	0,22	1,53	-	1,81	0,06	1,59	1,16	0,30
Arıtılmış Atık Su	100	0,42	30,45	7,36	0,68	0,24	1,56	-	1,17	0,04	1,76	-	0,12
	75	0,32	14,07	5,83	0,38	0,21	2,09	-	0,91	0,06	0,23	-	0,12
	50	0,36	21,43	8,83	1,34	0,16	1,40	-	0,90	0,05	0,29	-	0,16
Aktif Çamur Suyu	100	0,45	20,23	13,32	3,55	0,21	2,59	0,18	1,13	0,10	0,30	0,89	0,23
	75	0,46	20,04	11,8	1,50	0,19	1,44	0,63	1,51	0,15	0,14	-	0,36
	50	0,49	14,59	9,49	2,3	0,29	2,28	0,48	1,13	0,06	0,18	-	0,35

\* (-) : Tespit edilmedi

#### 4.5. Mikrobiyolojik Analiz Sonuçları

Arıtılmış suların kullanımında oluşabilecek en büyük sorunlardan biri de hasat edilecek üründe mikroorganizma faaliyetinin olup olmadığı ya da insan sağlığı için herhangi bir risk oluşturup oluşturmayacağıdır. Bu çalışmada, şebeke suyu, arıtılmış atık su ve çıkış suyu olmak üzere farklı kalitelerde sular ile sulanmış hıyar meyvelerinde yapılan mikrobiyolojik analizler kapsamında *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* ve *E. Coli* O157:H7 bakteri taramaları yapılmıştır. Analiz sonuçları, Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Tebliğinde Değişiklik Yapılması Hakkında Tebliğ'de yer alan Gıda Güvenilirliği ile ilgili EK-1'e göre; meyve ve sebzeler ile bunların işlenmiş ürünlerinde *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* ve *E. Coli* O157:H7 limit değerleri kob/0-25 g<sup>-mL</sup> olarak belirlenmiştir. Yapılan analizler sonucunda; tüm uygulamalara ait hıyar meyvelerinde herhangi bir mikrobiyolojik yük bulunmadığı ortaya konmuştur. Buna göre; arıtılmış atık su ve aktif çamur suyu ile sulanan hıyar meyvelerinin tüketilmesinin insan sağlığı ile ilgili bir risk oluşturmadığı tespit edilmiştir.

Saab vd. (2022), tarafından Lübnan'da yürütülen bir çalışmada; iki farklı yetiştirme sezonu boyunca, üç farklı sulama yöntemi (damlama sulama, yağmurlama sulama ve yüzey sulama) ve üç farklı sulama suyu kaynağı (yeraltı suyu, nehir suyu ve arıtılmış atık su) kullanılarak turp, maydanoz, soğan ve marul yetiştiriciliği yapılmıştır. Sulama suyu kalitelerindeki farklılıkların insan sağlığı üzerine etkilerinin incelenmesi amacı ile bitkilerin tüketilecek kısımlarından ve sulama sularından örnekler alınarak mikrobiyolojik analizler gerçekleştirilmiştir. Buna göre; sulama yönteminden bağımsız olarak değerlendirme yapıldığında, *Escherichia coli* indirgemesi 2 log CFU/100 mL olan sulama suyu ile sulanan sebzelerde *Escherichia coli*, *salmonella*, parazit yumurtaları patojenlerine rastlanmamıştır. Ancak; *Escherichia coli* indirgemesi 2 log CFU/100 mL seviyesinin üzerinde olan sulama suyu ile yağmurlama ve yüzey sulama suyu şeklinde sulanan sebzelerin %8,33'ü ile damla sulama ile sulanan kök mahsullerinin (turp ve soğan) %2,78'inde parazit kontaminasyonu olduğu tespit edilmiştir. Akap vd. (2019), marul bitkisinde yaptıkları bir çalışmada, evsel kaynaklı arıtılmış atık suyu kullanarak üç farklı sulama yönteminde (toprak üstü damlama sulama, toprak altı damlama sulama ve kırık sulama) sulama yapmışlardır. Denemeler sonunda hasat edilen marullarda yapılan

patojen mikroorganizma analizleri sonucunda, en az bulaşıklığın  $2 \times 10^1$  CFU  $100^{-1}$  g değeri ile toprakaltı damla sulama konusunda, en yüksek bulaşıklığın ise  $4.4 \times 10^2$  CFU  $100^{-1}$  değeri ile karık sulama konusunda bulunduğu tespit edilmiştir. Özellikle, sulama suyunda *Salmonella* bulunmamasına rağmen, marul bitkisinin yapraklarında *Salmonella* bulgusu ortaya çıkmıştır. Bunun nedeninin ise, marulların yetiştirildiği toprağın, daha önceden *Salmonella* ile bulaşık olabileceği şeklinde açıklanabilmektedir. Ayrıca, marul yapraklarında helmint yumurtası kistleri ve protozoa (*Giardia lamblia*) varlığı da tespit edilmemiştir.

Cirelli vd. (2012), patlıcan ve domates bitkilerinde arıtılmış su ve şebeke suyu kullanarak malçlı ve malçsız ortamlarda bitki yetiştiriciliği yapmışlardır. Tüm uygulamalara ait meyveler ile yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda, meyvelerde *Salmonella* ve *E. Coli* bakterilerine ait yük tespit edilmemiştir. Ancak, meyvelerin toprağa temas etmesi ve etmemesi konusunda yapılan denemeler kapsamında; malçsız ortamlarda toprağa temas eden bitkilerde *Faecal streptococci* ve *Faecal coliform* miktarı yüksek çıkarken; malç kullanılan ve toprağa temas etmeyen meyvelerde ise tespit edilen miktarların çok düşük olduğunu ve bazı örneklerde ise hiç tespit edilmediğini vurgulamışlardır.

Dagianta vd. (2014), dört farklı su kalitesinde (şebeke suyu, şebeke suyu+gübre, atık su, atık su+gübre) sulama suyu kullanarak biber bitkisinde yaptıkları çalışmada toplam koliform ve *E. Coli* içeriklerini incelemişlerdir. Biber meyvelerinden alınan örnekler incelendiğinde, meyvelerde herhangi bir bakteri yükü tespit edilmemiştir.

Al-Lahham vd. (2003), iki farklı domates çeşidinde şebeke suyu ve farklı konsantrasyonlarda (1:0, 1:1, 1:3 ve 0:1) arıtılmış atık su uygulamalarının meyvelerin mikrobiyolojik içerikleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Domates meyvelerinin kabuk kısımlarından alınan örnekler ile yapılan analizler sonucunda, 0:1 oranında yapılan sulamalar sonucunda mikrobiyal bulaşımın (toplam koliform ve fekal koliform içeriği) arttırdığını, ancak meyvelerin iç yüzeyindeki bulaşımın ihmal edilebilir seviyede olduğunu tespit etmişlerdir. Arıtılmış sulardaki atık su oranının artmasına bağlı olarak ise, mikrobiyal yükün arttığını belirtmişlerdir. Buna göre; arıtılmış atık sular ile sulanan domates meyvelerinin pişirilmeden tüketilmemesi gerektiğini vurgulamışlardır.



Farhadkhani vd. (2018), marul, mısır ve soğan bitkilerinde arıtılmış su ve şebeke suyu uygulamaları yapmışlardır. Bunun sonucunda, meyvelerden alınan örneklerde toplam koliforms, fekal koliforms, *E. coli* O157, *Salmonella* ve *Shigella* içeriklerini araştırmışlardır. Tespit edilen *E. coli* O157 konstantrasyonunun (4.18 Log MPN/100 mL), FAO/WHO tarafından belirlenen kabul edilebilir değerler olan Kökü yenen sebzeler için  $\leq 10^3/100$  mL ve yaprakları tüketilen sebzeler için  $\leq 10^4/100$  mL değerlerinin üzerinde olduğu bulunmuştur. Ancak, yetiştirilen sebzelerde *Salmonella* veya *Shigella* bulunmadığını tespit edilmiştir.

Yin vd. (2018), şebeke suyu, arıtılmış su ve yağmur suyu ile ıspanak yetiştiriciliği yapmışlardır. Yapılan çalışmada, farklı su kalitelerinde sulama suyu kullanılarak sulanan ıspanaklarda çeşitli mikrobiyolojik yüklerin (*Salmonella spp.*, *L. monocytogenes* ve *E. coli* O157:H7) olup olmadığı araştırılmıştır. Denemeler sonucunda, arıtılmış su ve yağmur suyundan alınan örneklerde *Salmonella spp.*, *L. monocytogenes* ve *E. coli* O157:H7 aktivitelerinin olduğu tespit edilirken; ıspanak yapraklarında herhangi bir bulaşmanın meydana gelmediğini belirtmişlerdir.

Mothershaw vd. (2013), musluk suyu, arıtılmış atık su, gübre ilave edilmiş musluk suyu ve gübre ilave edilmiş atık su gübre kullanarak örtüaltında hıyar yetiştiriciliği yapmışlardır. Sulama sularının bir kısmını taze olarak sulama yapmışlar, yetiştirdikleri hıyar bitkilerinde mikrobiyolojik analizleri gerçekleştirmişlerdir. Mikrobiyal analiz kapsamında *Bacillus spp.* analizleri gerçekleştirilmiştir. Koliform içeriği ve mikrobiyal yükün arıtılmış atık sularının şebeke suyundan fazla olduğunu tespit etmişlerdir. Tespit edilen bakterilerin meyvenin dış yüzeyinde hiçbir belirti meydana getirmeden sadece meyvelerin iç yüzeyinde bulunduğunu belirtmişlerdir. Ancak, musluk suyuna gübre ilave edilerek sulama yapıldığında, meyvelerdeki koliform birikiminin atık su uygulamalarınınkinden daha fazla olduğu ve farklı bakteri türlerinin görüldüğü tespit edilmiştir. Bu nedenle sadece atık su kullanımının gübre uygulamasının da önüne geçebileceği vurgulanmıştır.

**Çizelge 4.21.** Elzem F1 ve MH-102 F1 çeşitlerine ait hıyar meyvelerinde yapılan mikrobiyolojik analiz sonuçları

<b>Analiz</b>	<b>Sonuç</b>	<b>Birim</b>	<b>Ölçüm Limiti/Tespit Limiti</b>	<b>Değerlendirme</b>
<i>Salmonella spp.</i> aranması	Tespit Edilemedi	kob/25 g	2,2	Uygun*
<i>Escherichia coli O157:H7</i> aranması	Tespit Edilemedi	kob/25 g	2,2	Uygun
<i>Listeria monocytogenes</i> aranması	Tespit Edilemedi	kob/25 g	2,2	Uygun

\*Uygunluk değerlendirmesi TGK 29.12.2011 tarih 28157 sayılı Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği'ne göre yapılmıştır.

#### 4.6. Yetiştirme Ortamlarında Yapılan Fiziksel ve Kimyasal Analiz Sonuçları

Farklı kalitede sulama suyu kullanılarak yapılan kısıntılı sulama uygulamaları sonrasında yetiştirme ortamlarından alınan örneklerin fiziksel ve kimyasal içerik analizleri yaptırılmıştır (Çizelge 4.22). Buna göre; şebeke suyu ile sulanan bitkilerin yetiştirildiği ortamda; saturasyon (%) hiç uygulama yapılmamış ortamda, “killi” olarak ifade edilmiş iken (Çizelge 3.2); aktif çamur suyu uygulamaları sonucunda değişiklik meydana gelmediği görülmüştür. Şebeke suyu uygulamaları sonucunda %50 uygulaması ile “killi tınlı” (%66,8); %75 ve %100 uygulamaları ile “killi”; arıtılmış atık su %100 ve %50 uygulamaları ile “killi tınlı”; %75 uygulaması ile “killi” özellikte olarak tespit edilmiştir. pH nötr iken; aktif çamur suyu uygulamaları sonucunda 7.07-7.48 ile “nötr”; ŞS-S100 uygulaması ile “nötr” (7,64) ve ŞS-S75 uygulaması ile (7,59); “hafif alkali”; %50 ise nötr (7.28) ; arıtılmış atık su tüm uygulamalar nötr olup; 7.48 (AAS-S100)-7.22 (AAS-S50) arasında değişmektedir (Richards, 1954; Ülgen ve Yurtsever, 1995). Topraktaki toplam tuz oranına göre sınıflandırma yaptığımızda; toplam tuz (%) hepsinde tuzsuz olarak belirlenmiştir. Şebeke suyu 0.01-0.03; arıtılmış atık su ve aktif çamur suyu 0.01-0.02 arasında değişir. (Richards 1954). Kireç kapsamı; yüksek kireç kapsamı bazı besin elementlerinin (P, Fe, Zn gibi) bitkiler tarafından alınımını engelleyebilmektedir. Kontrolle ait yetiştirme ortamı az kireçli yapıda bulunmaktaydı. Aktif çamur suyu ile orta kireçli yapıya geçiş olduğu tespit edilmiştir. Buna göre; değerlerin 4,05 (AÇS-S50)-4,22 (AÇS-S100) arasında değiştiği belirlenmiştir. Bu durumu pH'nın sayısal ifade olarak yükseldiği görülmüştür. ŞS-S100 ve ŞS-S75 sonrasında toprağın orta kireçli; ŞS-S50 uygulaması sonrasında ise az kireçli yapıda olduğu belirlenmiştir. Arıtılmış atık su ve aktif çamur suyu uygulamalarından sonra ise toprakların orta kireçli olduğu tespit edilmiştir (Hızalan ve Ünal, 1966).

Yetiştirme ortamlarının organik madde içeriği (%) değerlerinde kontrol toprağına göre artış olduğu görülmektedir. Bu durumun yapılan sulama uygulamalarının etkisi ile ortaya çıktığı düşünülmektedir. Buna göre; başlangıçta yetiştirme ortamında organik madde içeriği %3,78 civarında iken; şebeke suyu uygulamaları ile %3,8-4,57; arıtılmış atık su uygulamaları ile %3,90-4,39; aktif çamur suyu uygulamaları ise %3,47-5,12 arasında değiştiği tespit edilmiştir. Bu artış tüm uygulamalar içerisinde kısıntılı sulama seviyesine

bağlı olarak azalma eğilimindedir. Ancak organik madde kapsamalarına göre topraklar sınıflandırılma skalasına göre; yapılan tüm uygulamalar sonunda toprağın organik madde içeriklerinin “iyi” olarak değerlendirilmektedir. Yetiştirme ortamlarının organik madde içeriğinin %3-5 aralığında olması bitki yetiştiriciliğinde sürdürülebilirliğin sağlanması açısından önem taşımaktadır (Charman ve Roper, 2000; Emerson, 1991).

Toprakların alınabilir fosfor içerikleri kontrol grubu toprağında Olsen metoduna göre; çok yüksek olarak (106.04 kg/da) belirlenmiştir. Ancak, aktif çamur suyu uygulamalarından sonra 79,55-94,39 kg/da; arıtılmış atık su uygulamasından sonra 77,7-95,31 kg/da arasında değişmiştir. Şebeke suyu uygulamalarından sonra ise 67,26-91,08 kg/da arasında olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar Olsen metoduna göre “yüksek” olarak ifade edilmiştir (Olsen ve diğerleri, 1954). Fosforlu gübre meyve verimi açısından önem taşımaktadır. Bitkilerde uygulamalar bazındaki verim artışlarının ortamdaki fosfor miktarı ile ilişkilendirilmektedir.

Toprak verimliliğinin belirlenmesinde değişebilir katyonlardan Ca, Mg ve K içeriklerinin de belirlenmesi önem taşımaktadır. Alınabilir K<sub>2</sub>O içeriği bakımından kontrol toprağı 558,9 kg/da değeri ile “çok yüksek seviyede” olarak ifade edilmiştir (Çizelge 3.2). Aktif çamur suyu uygulamalarından sonra 44,97- 99,18 kg/da olarak belirlenmiş ve içeriği “çok düşük” olarak ifade edilmiştir. Şebeke suyu uygulamalarından sonra 39,48- 77,1 kg/da arasında değiştiği belirlenmiş ve bu değerler “çok düşük seviyede” olarak ifade edilmiştir. Arıtılmış atık su uygulamalarından sonra ise 58,53-108,63 kg/da arasında değişmiş ve “düşük seviyede” olarak ifade edilmiştir. Potasyum, hıyar meyvelerinin daha renkli ve canlı görünmesine, kalitenin ve verimin artmasına, ürünlerin depo ömrünün uzamasını sağlamaktadır (Kaçar ve Katkat, 2010). Yetiştirme ortamlarındaki potasyum miktarının azalması, potasyumun hıyar bitkileri tarafından kullanıldığını göstermektedir.

Magnezyum klorofil oluşumunda ve fotosentez aktivitelerinde etkili olan bitki besin elementlerinden biridir (Kaçar ve Katkat, 2010). Alınabilir Mg içeriği, kontrol grubunda 775,1 kg olarak tespit edilmiş ve “yüksek seviyede” olarak ifade edilmiştir (Çizelge 3.2). Şebeke suyu uygulamaları sonucunda 657,0-706,6 arasında değişmiştir ve yine “yüksek seviyede” olarak ifade edilmiştir. Arıtılmış atık su uygulamalarından sonra 648,4-681,1 ve

aktif çamur suyu uygulamalarından sonra ise 601,8-751,9 olarak değişmiştir ve bu değerler “yüksek seviyede” olarak ifade edilmiştir.

Alınabilir Ca, kontrol grubuna ait yetiştirme ortamında 6726 iken (Çizelge 3.2); şebeke suyu uygulamaları sonucunda 7308-7482; aktif çamur suyu uygulamaları sonucunda 6255-7416; arıtılmış atık su 5609-7036 olarak belirlenmiştir. Tüm uygulamalarda bulunan değerler ‘yüksek’ olarak ifade edilmiştir. Yetiştirme ortamındaki Ca oranının yapılan tüm sulama uygulamaları sonucunda artması; atık suların yetiştirme ortamına “Ca” katkısı yaptığını göstermektedir.

Hıyar yetiştiriciliğinde, N, P, K, Mg ve Ca gibi bitki gelişimini arttırmak için gübreleme şeklinde bitkiye verilmesi önerilmektedir. Özellikle Mg ve K içeren gübreler meyve sertliği gibi kalite parametrelerinin iyileştirilmesi bakımından önem taşımaktadır (Eşiyok, 2012). Tüm bu veriler doğrultusunda; uzun dönem yetiştiricilik koşullarında, dışarıdan gübre ilave edilmeden, sadece arıtılmış atık su veya aktif çamur suyu uygulamaları ile kimyasal gübre kullanımının da önüne geçilebileceği anlaşılmaktadır.

**Çizelge 4.22.** Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamaları sonucunda yetiştirme ortamlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri

Uygulamalar	Analizler									
	Saturasyon (%)	Derecesi	pH	Derecesi	Toplam Tuz (%)	Derecesi	Kireç (%)	Derecesi	Organik Madde (%)	Derecesi
ŞS-S100	73,04	Killi	7,64	Hafif Alkali	0,03	Tuzsuz	4,53	Kireçli	4,57	Yüksek
ŞS-S75	73,37	Killi	7,59	Hafif Alkali	0,01	Tuzsuz	4,06	Kireçli	4,01	Yüksek
ŞS-S50	66,80	Killi-tınlı	7,28	Nötr	0,03	Tuzsuz	3,89	Kireçli	3,80	İyi
AAS-S100	69,52	Killi-tınlı	7,48	Nötr	0,01	Tuzsuz	5,00	Kireçli	3,93	İyi
AAS-S75	73,81	Killi	7,35	Nötr	0,01	Tuzsuz	4,52	Kireçli	4,39	Yüksek
AAS-S50	68,70	Killi-tınlı	7,22	Nötr	0,02	Tuzsuz	4,21	Kireçli	3,90	İyi
AÇS-S100	76,78	Killi	7,07	Nötr	0,02	Tuzsuz	4,22	Kireçli	5,12	Yüksek
AÇS-S75	73,81	Killi	7,35	Nötr	0,01	Tuzsuz	4,21	Kireçli	4,39	Yüksek
AÇS-S50	75,13	Killi	7,48	Nötr	0,01	Tuzsuz	4,05	Kireçli	3,47	İyi

**Çizelge 4.22.** Farklı su kalitesi ve sulama seviyesi uygulamaları sonucunda yetiştirme ortamlarının fiziksel ve kimyasal özellikleri (devam)

Uygulamalar	Analizler							
	Alınabilir Ca (ppm)	Derecesi	Alınabilir Mg (ppm)	Derecesi	Alınabilir Fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> ) (kg/da)	Derecesi	Alınabilir Potasyum (K <sub>2</sub> O) (kg/da)	Derecesi
ŞS-S100	7482	Yüksek	706,6	Yüksek	91,08	Çok yüksek	77,1	Yüksek
ŞS-S75	7337	Yüksek	677,1	Yüksek	91,08	Çok yüksek	77,1	Yüksek
ŞS-S50	7308	Yüksek	657,0	Yüksek	67,26	Çok yüksek	39,48	Yeterli
AAS-S100	7036	Yüksek	673,3	Yüksek	95,31	Çok yüksek	108,63	Yüksek
AAS-S75	7023	Yüksek	681,1	Yüksek	93,89	Çok yüksek	68,22	Yüksek
AAS-S50	5609	Yüksek	648,4	Yüksek	77,7	Çok yüksek	58,53	Yüksek
AÇS-S100	7416	Yüksek	751,9	Yüksek	94,39	Çok yüksek	99,18	Yüksek
AÇS-S75	7184	Yüksek	678,9	Yüksek	95,27	Çok yüksek	66,69	Yüksek
AÇS-S50	6255	Yüksek	601,8	Yüksek	79,55	Çok yüksek	44,97	Yüksek

## 5. SONUÇ

Dünya’da hızlı nüfus artışının yanı sıra temiz su kaynaklarına olan erişim ihtiyacı da her geçen gün artmaktadır. Yakın gelecekte insanlık için büyük risk oluşturabilecek su kıtlığı problemi nedeni ile günümüzde var olan su kaynaklarının sürdürülebilirliğinin sağlanması büyük önem arz etmektedir. Özellikle, tarımsal üretimde temiz su kaynaklarına erişimde yaşanabilecek sıkıntıları kontrol altına almak için; bugün su yönetiminin en iyi şekilde yapılması ve tarımsal sulamada kullanılacak alternatif su kaynaklarının araştırılması gerekmektedir. Gelişmiş ülkelerde işlenmiş ve işlenmemiş atık suların tarımda kullanımı giderek yaygınlaşmaktadır. Su fakiri sayılabilecek ülkeler arasında olan Türkiye’de de atık su kaynaklarının tarımda değerlendirilmesi bir alternatif olarak düşünülmektedir. Bitkisel üretimde çevre dostu sulama yöntemlerini tercih ederek su kullanım etkinliğini ön planda tutan ve alternatif su kaynaklarının çeşitlendirilmesini amaçlayan çalışmaların sonuçlarına ihtiyaç duyulmaktadır.

Çalışmada, farklı su kalitelerinde sulama suyu kullanılarak farklı sulama seviyelerinde yapılan sulama uygulamalarının Elzem F1 ve MH-102 F1 hıyar çeşitlerinde, verim ve kalite parametreleri ile ağır metal içerikleri üzerindeki etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, farklı su kaliteleri (şebeke suyu, arıtılmış atık su ve aktif çamur suyu) ile farklı seviyelerdeki (%100 ETc, %75 ETc, %50 ETc) sulama uygulamaları kombinasyonlu olarak yapılmıştır. Sulamalar sonucunda elde edilen veriler hıyar meyvelerinde yapılan mikrobiyolojik analiz sonuçları ile birlikte değerlendirilmiştir.

Elzem F1 ve MH-102 F1 çeşitleri için verim parametrelerinden bitki başına düşen ortalama verim ve ortalama meyve sayısı bakımından en iyi sonuçlar, arıtılmış atık su ve aktif çamur suyu uygulamalarının %100 ve %75 sulama düzeylerinden elde edilmiştir. Hıyar meyvelerinin önemli kalite parametrelerinden olan meyve boy ve çap uzunluğu ile meyve şekil indeksi değerleri açısından değerlendirme yapıldığında, Elzem F1 çeşidi için arıtılmış atık su ile %100 ve %75 ETc; MH-102 F1 çeşidi için ise aktif çamur suyu ile %100 ve %75 ETc seviyelerinde yapılan sulama uygulamalarının en iyi sonuçları verdiği belirlenmiştir.



Hıyar meyvelerinde taze tüketim açısından standardizasyonu sağlayan kalite parametrelerinden olan meyve kabuğu renk değerleri incelendiğinde; Elzem F1 çeşidinde tam sulama seviyesinde her iki atık su uygulamasında da meyvelerin parlak ve koyu yeşil renkte olduğu gözlenmiştir. Kısıntılı sulama uygulamaları ile birlikte değerlendirme yapıldığında; arıtılmış atık su ile %75 ETc seviyesinde yapılan sulama uygulamalarının meyve renginde kalite kaybına neden olmadığı tespit edilmiştir. Aynı durum, MH-102 F1 çeşidinde aktif çamur suyu uygulamaları sonucunda ortaya çıkmıştır. Ancak, her iki çeşitte de tüm su kaliteleri ile %50 ETc sulama seviyelerinde yapılan sulama uygulamaları sonucunda meyve renginde sararmalar meydana geldiği ve meyvelerin pazar kalitesini kaybetmeye başladığı görülmüştür.

Hıyar meyvelerinde pazar kalitesini belirleyen diğer önemli kalite kriterlerinden olan meyve eti sertliği, titre edilebilir asit miktarı, toplam kuru madde miktarı ve suda çözünebilir kuru madde miktarı açısından her iki çeşit için de, arıtılmış atık su ve aktif çamur suyu uygulamalarının tam sulama seviyesinde şebeke suyuna göre daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Kısıntılı sulama yapıldığında ise; Elzem F1 çeşidinde arıtılmış atık su uygulamalarının; MH-102 F1 çeşidinde ise aktif çamur suyu uygulamalarının %75 ETc düzeyinde uygulanması ile meyvelerde herhangi bir kalite kaybı meydana gelmediği belirlenmiştir.

Meyve klorofil içerikleri açısından inceleme yapıldığında; diğer kalite parametreleri ile benzer olarak Elzem F1 çeşidinde arıtılmış atık su; MH-102 F1 çeşidinde ise aktif çamur suyu uygulamalarının daha yüksek sonuçlar verdiği görülmüştür. Ayrıca, su kalitelerindeki arıtılma düzeyi arttıkça ve sulama düzeyleri azaldıkça meyvelerde fenol miktarının arttığı tespit edilmiştir.

Farklı su kalitelerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamaları sonucunda, bitkisel ölçüm parametrelerinden bitki boy uzunluğu, bitki başına düşen yaprak sayısı, yaprak boy, çap ve sap uzunluğu değerleri bakımından her iki hıyar çeşidinde de arıtılmış atık su ve aktif çamur suyu uygulamalarının şebeke suyu uygulamalarına göre daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. Her iki çeşide ait bitkiler %50 oranında kısıntılı sulama seviyesine kadar vegetatif gelişimlerine sorunsuz bir şekilde devam edebildiği görülmüştür. Yaprak

oransal su kapsamı ve klorofil miktarı bakımından ise her iki çeşitte de en iyi sonuçlar tam sulama seviyelerinde aktif çamur suyu uygulamalarından elde edilmiştir. Bununla birlikte, %75 ETC düzeyinde aktif çamur suyu uygulamaları ile her iki çeşitte de yaprak oransal su kapsamı değerlerinde azalma meydana gelmemiştir. Yaprak renk parametreleri bakımından da her iki çeşitte şebeke suyuna kıyasla arıtılmış atık su ve aktif çamur suyu uygulamalarının daha iyi sonuçlar verdiği ortaya konmuştur.

Tarımda atık suların kullanılabilirliğini belirleyen en önemli konulardan biri bitkilerin ağır metal kalıntı içeriklerinin tespit edilmesidir. Bu nedenle, çalışmada farklı su kalitelerinde yapılan kısıntılı sulama uygulamalarının verim ve kalite parametreleri ile bitkisel özellikler üzerine olan etkilerinin değerlendirilmesinin yanı sıra ağır metal analizi sonuçlarının da incelenmesi büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla, çalışmada hıyar bitkilerinin kök, yaprak ve meyvelerinde Cd, Cr, Ni ve Pb kalıntı miktarları ayrı ayrı belirlenmiş ve analiz sonuçları ulusal ve uluslararası standartlar doğrultusunda değerlendirilmiştir. Her iki hıyar çeşidine ait meyvelerde, Cd ve Pb kalıntı miktarlarının fazladan aza doğru aktif çamur suyu, şebeke suyu ve arıtılmış atık su uygulamaları olarak sıralanmıştır. Ayrıca, aktif çamur suyu ve şebeke suyu ile sulanan hıyar meyvelerinde Cd ve Pb kalıntı miktarlarının FAO/WHO, EC ve TGK tarafından belirlenen limit değerlerin üzerinde olduğu tespit edilmiştir. Arıtılmış atık su uygulamaları sonucunda ise hıyar meyvelerindeki kalıntı miktarları belirlenen limit değerler seviyesinde ve altında olarak bulunmuştur. Buna karşın; Ni kalıntı miktarı her iki hıyar çeşidinde de arıtılmış atık su uygulamaları sonucunda tespit edilemeyecek kadar düşük miktarlarda bulunmuştur. Cr kalıntı miktarının ise arıtılmış atık su uygulamaları sonucunda, şebeke suyu ve aktif çamur suyu uygulamalarına göre daha düşük seviyelerde olduğu belirlenmiştir. Cr kalıntı miktarının aktif çamur suyu ve şebeke suyu ile sulanan meyvelerde FAO/WHO ve EC tarafından belirlenen limit değerlerin üzerinde olduğu ortaya çıkmıştır. Çalışmada, sonuç olarak; ağır metallerin bitki organları içerisindeki birikiminin her iki çeşitte de fazladan aza doğru kök, yaprak ve meyve şeklinde sıralandığı tespit edilmiştir. Bu durum, hıyar bitkisinin meyveleri tüketilen sebzeler grubunda yer alması nedeni ile kökleri tüketilen sebzelere göre daha az risk taşıdığını göstermektedir.

Günümüzde Şebeke suyu ile sulanan bitkilerde bile ağır metal kalıntısı meydana gelebilmektedir. Çalışmada, hıyar bitkilerinde arıtılmış atık su ile sulama yapıldığında meyvelerde ağır metal içeriği bakımından kalıntı riski oluşmadığı ortaya çıkmıştır. Ancak, bitkisel üretimde, yetiştiriciliğe başlamadan önce sulama suyunun fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesi ve ağır metal analizlerinin yaptırılması büyük önem taşımaktadır.

Atık suların tarımda kullanımını sınırlandırabilecek diğer konu ise bitkilerin tüketilen kısımlarında tespit edilen mikrobiyal aktivite yoğunluğudur. Çalışmada, farklı kalitelere yapılan sulama uygulamaları sonucunda mikroorganizma faaliyetlerinin durumunu tespit etmek amacı ile meyvelerde mikrobiyolojik analizler yaptırılmıştır. Sonuç olarak; hiçbir uygulama grubunda *Salmonella*, *Listeria monocytogenes* ve *Escherichia coli* (*E. Coli*) O157:H7 faaliyeti bulunmamıştır.

Çalışmada, verim ve kalite parametreleri ile bitkisel ölçüm sonuçları birlikte değerlendirildiğinde; her iki hıyar çeşidinde de arıtılmış atık su ve aktif çamur suyu uygulamalarının Şebeke suyuna kıyasla daha iyi sonuçlar verdiği ortaya çıkmıştır. Su tüketiminin azalması durumunda kalite kaybı yaşayabilecek sebzelerden biri olan hıyar bitkisinde, kısıntılı sulama uygulamaları yapılması durumunda ise Şebeke suyu yerine arıtılmış atık su ve aktif çamur suyu uygulamalarının kullanımının daha faydalı olacağı tespit edilmiştir. Özellikle, Elzem F1 çeşidinde arıtılmış atık su; MH-102 F1 çeşidinde ise aktif çamur suyu ile kalite ve verim kaybı oluşmadan, %25 oranında kısıntılı sulama yapılabileceği belirlenmiştir. Ancak; elde edilen bu veriler hıyar meyvelerinde yapılan ağır metal analizi sonuçları ile birlikte değerlendirildiğinde; her iki çeşitte de arıtılmış atık su kullanımının gıda güvenilirliği açısından daha uygun olduğu ortaya çıkmıştır. Bu sonuçlar ile birlikte; hıyar bitkilerinde verim ve kalite kaybı meydana getirmeden, su tasarrufu sağlayarak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliğini ön planda tutarak üretimin yapılabilmesi için atık suların yeniden kullanımı ile birlikte kısıntılı sulama uygulamalarının yapılması önerilmektedir. Bu doğrultuda; Elzem F1 ve MH-102 F1 hıyar çeşitlerinde arıtılmış atık su kullanılarak %75 ETc seviyelerinde (AAS-S75) kısıntılı sulama uygulamalarının kullanımı tavsiye edilmektedir.

Bu çalışmadan elde edilen sonuçların örtüaltında ve açıkta ekonomik değeri yüksek olan diğer sofralık ve sanayilik hıyar çeşitlerinde denenmesi, meyvelerde ağır metal kalıntı analizleri ile birlikte mikrobiyolojik analizlerin de yapılması gerekmektedir. Bunun yanı sıra; atık su ile yapılan sulama uygulamalarının toprak üzerine olan etkilerinin uz incelenmesi de doğal kaynakların korunması ve sürdürülebilir çevre için dikkatli olunması açısından önem taşımaktadır. Böylece tarımda arıtılmış atık su kullanımının güvenilirliğinin artması ve uzun dönemde kullanımının yaygınlaştırılması sağlanacaktır.

## KAYNAKLAR

- Abd Elkareem, N. S., Moursy, M. A. M., Mostafa, M. M., & Elbably, W. (2017). Applying Deficit Irrigation and Natural Fertilization for Cucumber Yield Enhancement under Greenhouse. *Nile Basin Water Science & Engineering Journal*, 10(2), 1-9.
- Abdelkhalik, A., Pascual-Seva, N., Nájera, I., Giner, A., Baixauli, C., & Pascual, B. (2019). Yield response of seedless watermelon to different drip irrigation strategies under Mediterranean conditions. *Agricultural Water Management*, 212, 99-110. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2018.08.044>
- Abdelraouf, R. E., Ghanem, H. G., Bukhari, N. A., & El-Zaidy, M. (2020). Field and Modeling Study on Manual and Automatic Irrigation Scheduling under Deficit Irrigation of Greenhouse Cucumber. *Sustainability*, 12(23), 1-20. <https://doi.org/10.3390/su12239819>
- Abegunrin, T. P., Awe, G. O., Idowu, D. O., & Adejumobi, M. A. (2016). Impact of wastewater irrigation on soil physico-chemical properties, growth and water use pattern of two indigenous vegetables in southwest Nigeria. *Catena*, 139, 167-178.
- Acar, B. Ç., & Acar, M. (2022). Kimyasal Yöntemlerle Atık Sulardan Ağır Metal Giderimi. *Gazi Üniversitesi Fen Fakültesi Dergisi*, 3(1), 1-13.
- Adalı, S., & Kılıç, M. Y. (2020) Arıtılmış Atıksuların Tarımsal Sulamada Kullanımı: İznik Örneği. *Uluslararası Biyosistem Mühendisliği Dergisi*, 1(1), 12-23.
- Aftab, K., Iqbal, S., Khan, M. R., Busquets, R., Noreen, R., Ahmad, N., ... & Ouladsmame, M. (2023). *Wastewater-irrigated vegetables are a significant source of heavy metal contaminants: toxicity and health risks*. *Molecules*, 28(3), 1371.
- Agbemafle, R., Owusu-Sekyere, J., Bart-Plange, A., & Otchere, J. (2014). Effect of deficit irrigation and storage on Physicochemical quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill. var. *Pechtomech*). *Food Science and Quality Management*, 34, 6088.
- Ahmadi, S. H., Andersen, M. N., Plauborg, F., Poulsen, R. T., Jensen, C. R., Sepaskhah, A. R., & Hansen, S. (2010). Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: Yield and water productivity. *Agricultural Water Management*, 97(11), 1923-1930.
- Akap, P.T., Gündüz, M., Aşık, Ş., & Özçelik, Ş. (2019). Arıtılmış Evsel Kaynaklı Atıksularla Sulanan Marul ve Toprakta Patojenik Bulaşıklığın Belirlenmesi. *Toprak Su Dergisi*, 46-50.

Akbudak, N., & Biçen, N. (2020). The effects of irrigation with reclaimed wastewater on heavy metal accumulation and plant development in lettuce. *Fresenius Environmental Bulletin*, 29(6).

Akbudak, N., & Üstün, G. E. (2022). The Effect of Irrigation of Pickling Cucumber with Urban Wastewater on Product Quality and Heavy Metal Accumulation. *Gesunde Pflanzen*, 1-9. <https://doi.org/10.1007/s10343-022-00723-1>

Akinwale, A. O., Dauda, A. B., & Oyewole, E. B. (2019). Evaluation of Growth and Fruit Quality of Cucumber (*Cucumis sativus* L.) Irrigated with African Catfish Cultured Wastewater. *Nigerian Journal of Basic and Applied Sciences*, 27(2), 95-100.

Ali, F., Rehman, S. U., Tareen, N. M., Ullah, K., Ullah, A., Bibi, T., & Laghari, S. (2019). Effect of waste water treatment on the growth of selected leafy vegetable plants. *Applied Ecology and Environmental Research*, 17(2), 1585-1597. [https://doi.org/10.15666/aeer/1702\\_15851597](https://doi.org/10.15666/aeer/1702_15851597)

Al-Lahham, O., El Assi, N. M., & Fayyad, M. (2003). Impact of treated wastewater irrigation on quality attributes and contamination of tomato fruit. *Agricultural Water Management*, 61(1), 51-62.

Al-Lahham, O., El Assi, N. M., & Fayyad, M. (2007). Translocation of heavy metals to tomato (*Solanum lycopersicom* L.) fruit irrigated with treated wastewater. *Scientia Horticulturae*, 113(3), 250-254.

Al-Mamoori, S. O., & AL-Adily, B. M. H. (2018). Some effects of treated waste water of Hilla textile factory on four species of cultivated plants. *Plant Archives*, 18(2), 2379-2382.

Al-Omran, A. M., & Louki, I. I. (2011). Yield response of cucumber to deficit irrigation in greenhouses. *WIT Transactions on Ecology and the Environment*, 145, 517-524. <https://doi:10.2495/WRM110451>

Alrajhi, A., Beecham, S., Bolan, N. S., & Hassanli, A. (2015). Evaluation of soil chemical properties irrigated with recycled wastewater under partial root-zone drying irrigation for sustainable tomato production. *Agricultural Water Management*, 161, 127-135. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2015.07.013>

Andrews, W. H. (1993). Salmonella: bacteriological analytical manual. *Food Drug Administration*, 5-01.

Anonim. (2004). U.S. Environmental Protection Agency. *National service center for environmental publications* (NSCEP). <https://nepis.epa.gov/Exe/ZyNET.EXE?ZyActioRegister&Useranonymous&Password=anonymous&Client=EPA&Init=1>.

Anonim. (2011a). Resmi gazete. Türk gıda kodeksi bulaşanlar yönetmeliği. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-8.htm>

Anonim. (2011b). Resmi gazete. *Türk Gıda Kodeksi Mikrobiyolojik Kriterler Yönetmeliği*. <https://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2011/12/20111229M3-6.htm>

Anonim. (2014). Devlet su işleri genel müdürlüğü. *Toprak su kaynakları*. <http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>.

Anonim. (2015). United nations. *Department of economic and social affairs, population division*. [https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key\\_Findings\\_WPP\\_2015.pdf](https://esa.un.org/unpd/wpp/Publications/Files/Key_Findings_WPP_2015.pdf).

Anonim. (2016). T.C.Kalkınma Bakanlığı. *Su kaynakları yönetimi ve güvenliği*. [https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/SuKaynaklariYonetimi\\_ve\\_GuvenligiOzelIhtisasKomisyonuRaporu.pdf](https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/04/SuKaynaklariYonetimi_ve_GuvenligiOzelIhtisasKomisyonuRaporu.pdf)

Anonim. (2018). T.C.Kalkınma Bakanlığı. *Tarımda toprak ve suyun sürdürülebilir kullanımı*. <https://www.sbb.gov.tr/wp-content/uploads/2020/06/Tar%C4%B1mda-Toprak-ve-Suyun-S%C3%BCrd%C3%BCr%C3%BClebilir-Kullan%C4%B1m%C4%B1-%C3%96zel-%C4%B0htisas-Komisyonu-Raporu.pdf>.

Anonim. (2020). Devlet su işleri genel müdürlüğü. *Tarım*. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/720>.

Anonim. (2023). Dikmen Tarım. <https://www.serene.com.tr/>

Barrett, L. R. (2002). Spectrophotometric color measurement in situ in well drained sandy soils. *Geoderma*, 108(1-2), 49-77.

Barzegar, T., Heidaryan, N., Lofti, H., & Ghahremani, Z. (2018). Yield, fruit quality and physiological responses of melon cv. Khatooni under deficit irrigation. *Advances in Horticultural Science*, 32(4), 451-458. <https://doi.org/10.13128/ahs-22456>

Bang, H., Leskovar, D. I., Bender, D. A., & Crosby, K. (2004). Deficit irrigation impact on lycopene, soluble solids, firmness and yield of diploid and triploid watermelon in three distinct environments. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology*, 79(6), 885-890.

Bilgen, G. K., Özbahçe, A., Yeter, T., Görgişen, C., Alsan, P. B., & Kadri, A. V. A. Ğ. (2018). Farklı sulama seviyeleri ve malç uygulamalarında turşuluk hıyarın verim su ilişkileri. *Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 328-339.

Bogale, A., Nagle, M., Latif, S., Aguila, M., & Müller, J. (2016). Regulated deficit irrigation and partial root-zone drying irrigation impact bioactive compounds and antioxidant activity in two select tomato cultivars. *Scientia Horticulturae*, 213, 115-124.

Bozan, Ş. (2017). İşlenmemiş kanalizasyon suyu ile sulanan *Lactuca Sativa* L.(Marul) bitkisinde fotosentetik pigment ve ağır metal içeriklerinin belirlenmesi [Doctoral

dissertation, Adıyaman Üniversitesi]. PQDT Open.  
<https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Bozkurt, S., & Mansuroğlu, G. S. (2017). Sera hıyar yetiştiriciliğinde farklı sulama yöntemleri ve sulama düzeylerinin bitki gelişimi ve verime etkileri. *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 22(2), 61-66.

Campi, P., Mastroilli, M., Stellacci, A. M., Modugno, F., & Palumbo, A. D. (2019). Increasing the effective use of water in green asparagus through deficit irrigation strategies. *Agricultural Water Management*, 217, 119-130.  
<https://doi.org/10.1016/j.agwat.2019.02.039>

Cantore, V., Lechkar, O., Karabulut, E., Sellami, M. H., Albrizio, R., Boari, F., ... & Todorovic, M. (2016). Combined effect of deficit irrigation and strobilurin application on yield, fruit quality and water use efficiency of “cherry” tomato (*Solanum lycopersicum* L.). *Agricultural Water Management*, 167, 53-61.

Castro, E., Mañas, P., & De Las Heras, J. (2013). Effects of wastewater irrigation in soil properties and horticultural crop (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 36(11), 1659-1677.

Cemek, B., Apan, M., Demir, Y., & Kara, T. (2005). Sera koşullarında farklı sulama suyu miktarlarının hıyar bitkisinin büyüme, gelişme ve verimi üzerine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 20(3), 27-33.

Cemeroğlu, B. (2010). Gıda Analizleri (2. Baskı). Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları.

Charman, P. E. V., & Roper, M. M. (Eds PEV Charman, BW Murphy). (2000). Soil organic matter. In ‘Soils: their properties and management’

Chen, F. W., & Liu, C. W. (2015). Effects of reclaimed water on the growth and fruit quality of cucumber. *Irrigation and Drainage*, 64(3), 370-377.

Cherfi, A., Achour, M., Cherfi, M., Otmani, S., & Morsli, A. (2015). Health risk assessment of heavy metals through consumption of vegetables irrigated with reclaimed urban wastewater in Algeria. *Process safety and environmental protection*, 98, 245-252.

Cheshmazar, E., Arfaeinia, H., Karimyan, K., Sharafi, H., & Hashemi, S. E. (2018). Dataset for effect comparison of irrigation by wastewater and ground water on amount of heavy metals in soil and vegetables: Accumulation, transfer factor and health risk assessment. *Data in Brief*, 18, 1702-1710.

Christou, A., Karaolia, P., Hapeshi, E., Michael, C., & Fatta-Kassinou, D. (2017). Long-term wastewater irrigation of vegetables in real agricultural systems: concentration of pharmaceuticals in soil, uptake and bioaccumulation in tomato fruits and human health risk assessment. *Water Research*, 109, 24-34.



Cirelli, G. L., Consoli, S., Licciardello, F., Aiello, R., Giuffrida, F., & Leonardi, C. (2012). Treated municipal wastewater reuse in vegetable production. *Agricultural Water Management*, 104, 163-170.

Çolak, Y. B., Yazar, A., & Çolak, İ. (2017). Çukurova Koşullarında toprakaltı damla yöntemiyle sulanan farklı kısıntılı sulama stratejilerinin patlıcan verim ve verim bileşenlerine etkisi. *Alatarım*, 16(1), 1 - 10.

Colak, Y. B. (2021). Leaf water potential for surface and subsurface drip irrigated bell pepper under various deficit irrigation strategies. *Chilean Journal Of Agricultural Research*, 81(4), 491-506.

Dagianta, E., Goumas, D., Manios, T., & Tzortzakis, N. (2014). The use of treated wastewater and fertigation in greenhouse pepper crop as affecting growth and fruit quality. *Journal of Water Reuse and Desalination*, 4(2), 92-99.

Demir, A. O., Göksoy, A. T., Büyükcangaz, H., Turan, Z. M., & Köksal, E. S. (2006). Deficit irrigation of sunflower (*Helianthus annuus* L.) in a sub-humid climate. *Irrigation Science*, 24, 279-289.

Demir, A. D. (2016). *Farklı sulama stratejileri ile atık su uygulamalarının Bingöl koşullarında domates bitkisinin verim ve kalitesi ile toprak özelliklerine etkisi*. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi.

Demir, H., Kaman, H., Sönmez, İ., Mohamoud, S. S., Polat, E., & Üçok, Z. (2022). Yield, quality and plant nutrient contents of lettuce under different deficit irrigation conditions. *Acta Scientiarum Polonorum Hortorum Cultus*, 21(1), 115-129.

Dorji, K., Behboudian, M. H., & Zegbe-Dominguez, J. A. (2005). Water relations, growth, yield, and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial rootzone drying. *Scientia Horticulturae*, 104(2), 137-149.

Du, Z., Zhao, S., She, Y., Zhang, Y., Yuan, J., Rahman, S. U., ... & Li, P. (2022). Effects of Different Wastewater Irrigation on Soil Properties and Vegetable Productivity in the North China Plain. *Agriculture*, 12(8), 1106.

Elmas, İ. (2021). *Farklı sulama aralığı ve sulama suyu seviyelerinin salçalık domatesin verim ve kalitesi üzerine etkisi* [Master's thesis, Bursa Uludağ University] PQDT Open. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

El-Garawany, M. M., & Albaloushi, N. S. (2015). Deficit irrigation effects on soil chemistry properties yield and, yield components and fruit firmness of cucumber and (*Cucumis sativus* L.) under arid condition of Al-Hassa, Saudi Arabia. *Journal of King Abdulaziz University*, 26(1), 57-68.

El-Mageed, T. A., Semida, W. M., Taha, R. S., & Rady, M. M. (2018). Effect of summer-fall deficit irrigation on morpho-physiological, anatomical responses, fruit yield and

water use efficiency of cucumber under salt affected soil. *Scientia Horticulturae*, 237, 148–155. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2018.04.014>

Emerson, W. W. (1991). Structural decline of soils, assessment and prevention. *Soil Research*, 29(6), 905-921.

Enchalew, B., Gebre, S. L., Rabo, M., Hindaye, B., Kedir, M., Musa, Y., & Shafi, A. (2016). Effect of deficit irrigation on water productivity of onion (*Allium cepa* L.) under drip irrigation. *Irrigation and Drainage Systems Engineering*, 5(172), 2.

Eşiyok, D. (2012). Kışlık ve yazlık sebze yetiştiriciliği. Mete Basım Matbaacılık Hizmetleri.

Fan, Z., Herrick, J. E., Saltzman, R., Matteis, C., Yudina, A., Nocella, N., ... & Van Zee, J. (2017). Measurement of soil color: a comparison between smartphone camera and the munsell color charts. *Soil Science Society of America Journal*, 81(5), 1139-1146.

Farhadkhani, M., Nikaeen, M., Yadegarfar, G., Hatamzadeh, M., Pourmohammadbagher, H., Sahbaei, Z., & Rahmani, H. R. (2018). Effects of irrigation with secondary treated wastewater on physicochemical and microbial properties of soil and produce safety in a semi-arid area. *Water Research*, 144, 356-364.

Fereres, E., & Soriano, M. A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use. *Journal of experimental botany*, 58(2), 147-159.

Food And Agriculture Organization Of The United Nations. (2015). Land & Water. <https://www.fao.org/land-water/databases-and-software/aquastat/en/>

Food And Agriculture Organization Of The United Nations. (2022). FAO Üretim İstatistikleri. <Http://Www.Fao.Org/Faostat/En/#Data/QC>

Forslund, A., Ensink, J. H. J., Markussen, B., Battilani, A., Psarras, G., Gola, S., ... & Dalsgaard, A. (2012). Escherichia coli contamination and health aspects of soil and tomatoes (*Solanum lycopersicum* L.) subsurface drip irrigated with on-site treated domestic wastewater. *Water research*, 46(18), 5917-5934.

Gatta, G., Libutti, A., Beneduce, L., Gagliardi, A., Disciglio, G., Lonigro, A., & Tarantino, E. (2016). Reuse of treated municipal wastewater for globe artichoke irrigation: Assessment of effects on morpho-quantitative parameters and microbial safety of yield. *Scientia horticulturae*, 213, 55-65.

Ghahremani, Z., Marjan, M., Taher, B., & Ranjbar, M. E. (2021). Foliar application of ascorbic acid and gamma aminobutyric acid can improve important properties of deficit irrigated cucumber plants (*Cucumis sativus* cv. Us). *Gesunde Pflanzen*, 73(1), 77-84.

Gleick, P. (2002). *The World's Water: The biennial report on freshwater resources 2002–2003*. Island Press.

Gray, M. L., & Killinger, A. H. (1966). *Listeria monocytogenes* and listeric infections. *Bacteriological reviews*, 30(2), 309-382.

Guadie, A., Yesigat, A., Gatew, S., Worku, A., Liu, W., Minale, M., & Wang, A. (2021). Effluent quality and reuse potential of urban wastewater treated with aerobic-anoxic system: A practical illustration for environmental contamination and human health risk assessment. *Journal of Water Process Engineering*, 40, 101891.

Gupta, N., Khan, D. K., & Santra, S. C. (2009). Prevalence of intestinal helminth eggs on vegetables grown in wastewater-irrigated areas of Titagarh, West Bengal, India. *Food Control*, 20(10), 942-945.

Günay, A. (2005). *Sebze Yetiştiriciliği Cilt II. Meta Basımevi*.

Hashem, M. S., El-Abedin, T. Z., & Al-Ghobari, H. M. (2018). Assessing effects of deficit irrigation techniques on water productivity of tomato for subsurface drip irrigation system. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11(4), 156-167.

Hayat, M. U., Waqas, A., Ali, S., Farid, M., Ahmad, R., Tauqeer, H. M., H. M., Iftikhar, U., & Hannan, F. (2021). Determination of Lead (Pb), Iron (Fe) and Manganese (Mn) concentration in sewage water and vegetable leaf samples. *Journal of Microbiology, Biotechnology and Food Sciences*, 2021, 387-392. <https://doi.org/10.15414/jmbfs.2015.4.5.387-392>

Helrich, K. (1990). Official methods of analysis of the Association of Official Analytical Chemists (No. BOOK). Association of Official Analytical Chemists.

Hızalan, E., & Ünal, H. (1966). Topraklarda önemli kimyasal analizler. *AÜ Ziraat Fakültesi Yayınları*, 278, 5-7.

Hossain, S. A. A. M., Lixue, W., Taotao, C., & Zhenhua, L. (2017). Leaf area index assessment for tomato and cucumber growing period under different water treatments. *Plant, Soil and Environment*, 63(10), 461-467. <https://doi.org/10.17221/568/2017-PSE>

Hossain, S. A., Wang, L., & Liu, H. (2018). Improved greenhouse cucumber production under deficit water and fertilization in Northern China. *International Journal of Agricultural and Biological Engineering*, 11, 58-64. <https://doi.org/10.25165/j.ijabe.20181103.3566>

Hussain, A., Priyadarshi, M., & Dubey, S. (2019). Experimental study on accumulation of heavy metals in vegetables irrigated with treated wastewater. *Applied Water Science*, 9, 1-11.

Iqbal, S., Inam, A., Inam, A., Ashfaq, F., & Sahay, S. (2017). Potassium and waste water interaction in the regulation of photosynthetic capacity, ascorbic acid and capsaicin in chilli (*Capsicum annuum* L.) plant. *Agricultural water management*, 184, 201-210.

- Iqbal, S., Tak, H. I., Inam, A., Inam, A., Sahay, S., & Chalkoo, S. (2015). Comparative effect of wastewater and groundwater irrigation along with nitrogenous fertilizer on growth, photosynthesis and productivity of chilli (*Capsicum annuum* L.). *Journal of Plant Nutrition*, 38(7), 1006-1021.
- Jaramillo, M. F., & Restrepo, I. (2017). Wastewater reuse in agriculture: A review about its limitations and benefits. *Sustainability*, 9(10), 1734. <https://doi.org/10.3390/su9101734>
- Jones, H. G. (2004). Irrigation scheduling: advantages and pitfalls of plant-based methods. *Journal of Experimental Botany*, 55(407), 2427-2436.
- Kaçar, B., & İnal, A. (2010). Bitki Analizleri (2. Basım). Nobel Yayın Dağıtım.
- Kacar, B., & Katkat, V. A. (2010). Bitki Besleme. Nobel Yayın No: 849. *Fen Bilimleri*, 30(5).
- Kahvecioğlu, Ö., Kartal, G., Güven, A., & Timur, S. (2003). Metallerin çevresel etkileri-I. *Metalurji dergisi*, 136, 47-53.
- Kaman, H., Özbek, Ö., & Polat, E. (2017). Sera koşullarında hıyar bitkisi üzerine sulamanın etkisi. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6, 281-288.
- Katip, A. (2018). Arıtılmış atıksuların yeniden kullanım alanlarının değerlendirilmesi. *Niğde Ömer Halisdemir Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi*, 7(2), 541-557. <https://doi.org/10.28948/ngumuh.432827>
- Khan, M. G., Daniel, G., Konjit, M., Thomas, A., Eyasu, S. S., & Awoke, G. (2011). Impact of textile waste water on seed germination and some physiological parameters in pea (*Pisum sativum* L.), Lentil (*Lens esculentum* L.) and gram (*Cicer arietinum* L.). *Asian Journal of Plant Sciences*, 10(4), 269.
- Khan, M. M., Al-Haddabi, M. H., Akram, M. T., Khan, M. A., Farooque, A. A., & Siddiqi, S. A. (2022). Assessment of non-conventional irrigation water in greenhouse cucumber (*Cucumis sativus*) production. *Sustainability*, 14(1), 257.
- Kıran, Y., & Şahin, A. (2005). The effects of the lead on the seed germination, root growth, and root tip cell mitotic divisions of *Lens culunaris* Medik. *Gazi Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 18(1), 17-25.
- Kırnak, H., & Demirtaş, M. N. (2010). Su Stresi Altındaki Kiraz Fidanlarında Fizyolojik ve Morfolojik Değişimlerin Belirlenmesi/Determination of Physiologic and Morphologic Changes in Sweet Cherry Seedlings Under Water Stress. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33(3).
- Kızıloğlu, F. M., Turan, M., Sahin, U., Kuslu, Y., & Dursun, A. (2008). Effects of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower

(*Brassica oleracea* L. var. *botrytis*) and red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. *rubra*) grown on calcareous soil in Turkey. *Agricultural water management*, 95(6), 716-724.

Kurunc, A., & Ünlükara, A. (2009). Growth, yield, and water use of okra (*Abelmoschus esculentus*) and eggplant (*Solanum melongena*) as influenced by rooting volume. *New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science*, 37(3), 201-210.

Kuşçu, H., Turhan, A., & Demir, A. O. (2014). The response of processing tomato to deficit irrigation at various phenological stages in a sub-humid environment. *Agricultural Water Management*, 133, 92-103.

Kuşçu, H. (2017). Marmara İkliminde Yetiştirilen Kavunda Farklı Sulama Stratejilerinin Su Kullanım Etkinliği ve Net Gelire Etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(Ek Sayı), 16-23.

Kuşçu, H., & Çaygaracı, A. (2019). Farklı sulama suyu miktarı ve besin çözeltisi uygulamalarının kinoa (*Chenopodium quinoa* Willd.) verim, bazı verim bileşenleri ve su kullanım etkinliği üzerine etkisi. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, 22(3), 370-380.

Kuslu, Y., Dursun, A., Sahin, U., Kiziloglu, F. M., & Turan, M. (2008). Effect of deficit irrigation on curly lettuce grown under semiarid conditions. *Spanish Journal of Agricultural Research*, 6(4), 714-719.

Leblebici, Z., & Özyürek, F. (2017). Ni, Cu and Pb accumulation in vegetables irrigated with different water sources in Nevşehir. *Erzincan University Journal of Science and Technology*, 10(2), 184-195.

Lere, B. K., Basira, I., Abdulkadir, S., Tahir, S. M., Ari, H. A., & Ugya, A. Y. (2021). Health risk assessment of heavy metals in irrigated fruits and vegetables cultivated in selected farms around Kaduna metropolis, Nigeria. *Egyptian Journal of Basic and Applied Sciences*, 8(1), 317-329.

Li, G., Liu, F., Jacobsen, S.E., & Jensen, C.R. (2007, July 2-4). Yield and quality of tomato irrigated by treated wastewater and prd method. Conference on Water Productivity in Agriculture and Horticulture. Copenhagen, Foulum, Denmark.

Lizarazo, M. F., Herrera, C. D., Celis, C. A., Pombo, L. M., Teherán, A. A., Pineros, L. G., ... & Rodríguez, O. E. (2020). Contamination of staple crops by heavy metals in Sibaté, Colombia. *Heliyon*, 6(7), e04212.

Lu, H., Wang, J., Stoller, M., Wang, T., Bao, Y., & Hao, H. (2016). An overview of nanomaterials for water and wastewater treatment. *Advances in Materials Science and Engineering*, 2016.

Makhadmeh, I. M., Gharai beh, S. F., & Albalasmeh, A. A. (2021). Impact of irrigation with treated domestic wastewater on Squash (*Cucurbita pepo* L.) fruit and seed under semi-arid Conditions. *Horticulturae*, 7(8), 226.

Mead, P. S., & Griffin, P. M. (1998). Escherichia coli O157: H7. *The Lancet*, 352(9135), 1207-1212.

Mendonça, T. G., Silva, M. B. D., Pires, R. C. D. M., & Souza, C. F. (2020). Deficit irrigation of subsurface drip-irrigated grape tomato. *Engenharia Agrícola*, 40, 453-461.

Mothershaw, A. S., Kharousi, Z. A., Mumtaz Khan, M., Al-Mahruki, Y. A., & Said, F. A. (2013). Microbial analysis of cucumbers (*Cucumis sativus*) produced with tap or treated waste water. *Annals of Applied Biology*, 163(2), 281-287.

Naaz, S., & Pandey, S. N. (2010). Effects of industrial waste water on heavy metal accumulation, growth and biochemical responses of lettuce (*Lactuca sativa* L.). *Journal of Environmental Biology*, 31(3), 273.

Najafabadi, M. Y., Soltani, F., Noory, H., & Díaz-Pérez, J. C. (2018). Growth, yield and enzyme activity response of watermelon accessions exposed to irrigation water deficit. *International Journal of Vegetable Science*, 24(4), 323-337.

Najafi, P. (2006). Effects of using subsurface drip irrigation and treated municipal waste water in irrigation of tomato. *Pakistan J. Biol. Sci*, 9, 2672-2676.

Najarian, M., Mohammadi-Ghehsareh, A., Fallahzade, J., & Peykanpour, E. (2018). Responses of cucumber (*Cucumis sativus* L.) to ozonated water under varying drought stress intensities. *Journal of Plant Nutrition*, 41(1), 1-9.

Naz, S., Anjum, M. A., & Haider, S. T. A. (2019). Effect of different irrigation sources on growth, yield and heavy metals accumulation in tomato and okra. *International Journal of Horticultural Science and Technology*, 2, 10-19.

Nejadsahebi, M., Moallemi, N., & Landi, A. (2010). Effects of Cycocel and irrigation regimes on some physiological parameters of three olive cultivars. *American Journal of Applied Sciences*, 7(4), 459-465.

Nikbakht, J., Mohammadi, E., & Barzegar, T. (2020). Effect of salicylic acid foliar application under deficit irrigation conditions on yield and water use efficiency in cucumber (*Cucumis sativus* cv. Kish F1). *Iranian Journal of Soil and Water Research*, 51(3), 553-561. <https://doi.org/10.22059/ijswr.2019.289924.668334>

Olsen, S.R., Cole, C.U., Watanabe, F.S., Dean, H.C. 1954. Methods of Soil Analysis. Part 2. Chemical and Microbiological Properties, Ed.C.A. Black. American Soc. Ag. Inc. Pub. Agronomy Series, No.9, Madison, Wisconsin, USA. pp: 1035-1048.

Olszowy, M. (2019). What is responsible for antioxidant properties of polyphenolic compounds from plants?. *Plant Physiology and Biochemistry*, 144, 135-143.

Omotade, İ., & Babalola, İ. (2019). Assessment of yield and fruit quality of cucumber (*Cucumis sativus*) under deficit irrigation in the agro-ecological tropical zone. *International Journal of Engineering Science and Application*, 3(3), 137-141.

Özbek, Ö., & Kaman, H. (2017). Yarı ıslatmalı sulamayla patlıcan yetiştiriciliği. *Akademik Ziraat Dergisi*, 6, 289-296.

Özer, H., Karadoğan, T., & Oral, E. (1997). Bitkilerde su stresi ve dayanıklılık mekanizması. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(3).

Özkan, S. (2019). *Bazı Turşuluk Hıyar Çeşitlerinde Atık Sularla Sulamanın Verim, Kalite ve Ağır Metal İçerikleri Üzerine Etkileri*. Yüksek Lisans Tezi, Bursa Uludağ Üniversitesi. PQDT Open <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Pakyürek, A. Y., & Söylemez, S. (2004). Şanlıurfa koşullarında ısıtmasız serada farklı sulama düzeyleri ve azot dozlarının baş salatının (*Lactuca Sativa* var. *Capitata*) verim ve bazı baş kalitesine etkileri. V. Sebze Tarımı Sempozyumu, 21(24), 372-374.

Parkash, V., Singh, S., Singh, M., Deb, S. K., Ritchie, G. L., & Wallace, R. W. (2021). Effect of deficit irrigation on root growth, soil water depletion, and water use efficiency of cucumber. *HortScience*, 56(10), 1278-1286. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI16052-21>

Parveen, T., Hussain, A., & Someshwar Rao, M. (2015). Growth and accumulation of heavy metals in turnip (*Brassica rapa*) irrigated with different concentrations of treated municipal wastewater. *Hydrology Research*, 46(1), 60-71.

Patanè, C., Tringali, S., & Sortino, O. (2011). Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. *Scientia Horticulturae*, 129(4), 590-596. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2011.04.030>

Peng, K., Li, X., Luo, C., & Shen, Z. (2006). Vegetation composition and heavy metal uptake by wild plants at three contaminated sites in Xiangxi area, China. *Journal of Environmental Science and Health, Part A*, 41(1), 65-76.

Pıtır, M. (2015). Biber yetiştiriciliğinde farklı su kısıtlarının meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi [Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi]. PQDT Open <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Polat, A. (2013). Su kaynaklarının sürdürülebilirliği için arıtılan atıksuların yeniden kullanımı. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, (1), 58-62.

Quansafi, S., Bellali, F., Kabine, M., Maaghloud, H., & Abdelilah, F. (2021). Growth, SDH Activity and Microbiological Properties of Aubergine (*Solanum melongena* L.) crops Irrigated with Treated Wastewater from Casablanca city, Morocco. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences*, 11(1), 206-220.,

- Rahil, M. H., & Qanadillo, A. (2015). Effects of different irrigation regimes on yield and water use efficiency of cucumber crop. *Agricultural Water Management*, 148, 10-15.
- Regnell, C. J. (1976). Islenmis sebze ve meyvelerin kalite kontrolu ile ilgili analitik metotlar. Bursa Gıda Kontrol Egit. Aras. Ens. Yayin, 2.
- Richards, L. A. (1947). Diagnosis and improvement of saline and alkaline soils. *Soil Science*, 64(5), 432.
- Ripoll, J., Urban, L., Brunel, B., & Bertin, N. (2016). Water deficit effects on tomato quality depend on fruit developmental stage and genotype. *Journal of Plant Physiology*, 190, 26-35.
- Saab, M. T. A., Daou, C., Bashour, I., Maacaron, A., Fahed, S., Romanos, D., ... & Salman, M. (2021). Treated municipal wastewater reuse for eggplant irrigation. *Australian Journal of Crop Science*, 15(8), 1095-1101.
- Saab, M. T. A., Jomaa, I., El Hage, R., Skaf, S., Fahed, S., Rizk, Z., ... & Mateo-Sagasta, J. (2022). Are fresh water and reclaimed water safe for vegetable irrigation? Empirical evidence from Lebanon. *Water*, 14(9), 1437.
- Sahay, S., Inam, A., & Iqbal, S. (2020). Risk analysis by bioaccumulation of Cr, Cu, Ni, Pb and Cd from wastewater-irrigated soil to Brassica species. *International Journal of Environmental Science and Technology*, 17(5), 2889-2906. <https://doi.org/10.1007/s13762-019-02580-4>
- Sarıyer, E. (2017). *Bursa Bölgesinde yetiştirilen bazı marul ve baş salata çeşitlerinde sulama suyu kaynağına bağlı olarak ağır metal miktarının belirlenmesi* [Master's thesis, Uludağ Üniversitesi]. PQDT Open <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>
- Sayo, S., Kiratu, J. M., & Nyamato, G. S. (2020). Heavy metal concentrations in soil and vegetables irrigated with sewage effluent: A case study of Embu sewage treatment plant, Kenya. *Scientific African*, 8, e00337.
- Sezen, S. M., Yazar, A., Akyildiz, A., Dasgan, H. Y., & Gencel, B. (2008). Yield and quality response of drip irrigated green beans under full and deficit irrigation. *Scientia Horticulturae*, 117(2), 95-102.
- Sharma, S. P., Leskovar, D. I., Crosby, K. M., Volder, A., & Ibrahim, A. M. H. (2014). Root growth, yield, and fruit quality responses of reticulatus and inodorus melons (*Cucumis melo* L.) to deficit subsurface drip irrigation. *Agricultural Water Management*, 136, 75-85.
- Singh, A., Sharma, R. K., Agrawal, M., & Marshall, F. M. (2010). Risk assessment of heavy metal toxicity through contaminated vegetables from waste water irrigated area of Varanasi, India. *Tropical ecology*, 51(2), 375-387.



Singh, M., Saini, R. K., Singh, S., & Sharma, S. P. (2019). Potential of integrating biochar and deficit irrigation strategies for sustaining vegetable production in water-limited regions: A review. *HortScience*, 54(11), 1872-1878. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI14271-19>

Singh, D., Patel, N., Patra, S., & Singh, N. (2020). Growth and yield of cauliflower under surface and subsurface drip irrigation with primarily treated municipal wastewater in a semi-arid peri-urban area. *Current Science*, 119(8), 1357. <https://doi.org/10.18520/cs/v119/i8/1357-1363>

Slinkard, K., & Singleton, V. L. (1977). Total phenol analysis: automation and comparison with manual methods. *American Journal of Enology and Viticulture*, 28(1), 49-55.

Soureshjani, H. K., Nezami, A., Kafi, M., & Tadayon, M. (2019). Responses of two common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) genotypes to deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 213, 270-279.

Söylemez, S., Pakyürek, A., & Esin, Ş. (2020). Kısıtlı sulama koşullarında yetiştirilen hıyarın verim ve bazı kalite özelliklerine waterpad polimer uygulamasının etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(4), 1031-1042.

Şimşek, M., Tonkaz, T., Kaçıra, M., Çömlekçioğlu, N., & Doğan, Z. (2005). The effects of different irrigation regimes on cucumber (*Cucumis sativus* L.) yield and yield characteristics under open field conditions. *Agricultural Water Management*, 73(3), 173-191.

Tariq, F. S. (2021). Heavy metals concentration in vegetables irrigated with municipal wastewater and their human daily intake in Erbil city. *Environmental Nanotechnology, Monitoring & Management*, 16, 100475.

Thapliyal, A., Vasudevan, P., Dastidar, M. G., Tandon, M., & Mishra, S. (2013). Effects of irrigation with domestic wastewater on productivity of green chili and soil status. *Communications in soil science and plant analysis*, 44(15), 2327-2343.

Tokatlı, N., & Özgür, M. (1997, May). The effects of vertical training on wires on yield and quality in growing of pickling cucumber. In I International Symposium on Cucurbits.

Tunç, T. (2013). *Farklı işlemlerle arıtılmış atıksuların sulamada kullanımının toprak ve bitki özellikleri ile su kullanımına etkisi*. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi.

Tunc, T., & Sahin, U. (2016). Red cabbage yield, heavy metal content, water use and soil chemical characteristics under wastewater irrigation. *Environmental Science and Pollution Research*, 23(7), 6264-6276.

Tunc, T., & Sahin, U. (2017). Yield and heavy metal content of wastewater-irrigated cauliflower and soil chemical properties. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 48(10), 1194-1211.

Türkiye İstatistik Kurumu. (2022a). *Su ve Atıksu İstatistikleri*. <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Su-ve-Atıksu-Istatistikleri-2020-37197>

Türkiye İstatistik Kurumu. (2022b). *Bitkisel Üretim İstatistikleri*. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>

Tzortzakakis, N., Saridakis, C., & Chrysargyris, A. (2020). Treated wastewater and fertigation applied for greenhouse tomato cultivation grown in municipal solid waste compost and soil mixtures. *Sustainability*, 12(10), 4287.

Ullah, I., Hanping, M., Chuan, Z., Javed, Q., & Azeem, A. (2017). Optimization of irrigation and nutrient concentration based on economic returns, substrate salt accumulation and water use efficiency for tomato in greenhouse. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 63(12), 1748-1762.

Ülgen, A. N., & Yurtsever, N. (1995). *Türkiye gübre ve gübreleme rehberi*. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü.

Ünlü, H., & Padem, H. (2009). Organik domates yetiştiriciliğinde çiftlik gübresi, mikrobiyal gübre ve bitki aktivatörü kullanımının verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri. *Ekoloji Dergisi*, 19(73).

Valcárcel, M., Lahoz, I., Campillo, C., Martí, R., Leiva-Brondo, M., Rosello, S., & Cebolla-Cornejo, J. (2020). Controlled deficit irrigation as a water-saving strategy for processing tomato. *Scientia Horticulturae*, 261, 108972. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.108972>

Wu, W., Xu, C., Liu, H., Hao, Z., Ma, F., & Ma, Z. (2010). Effect of reclaimed water irrigation on yield and quality of fruity vegetables. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, 26(1), 36-40.

Xu, C., & Leskovar, D. I. (2014). Growth, physiology and yield responses of cabbage to deficit irrigation. *Horticultural Science*, 41(3), 138-146.

Yağdı, K., Kaçar, O., & Azkan, N. (2000). Topraklardaki ağır metal kirliliği ve tarımsal etkileri. *Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi (Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi)*, 15(2), 109-115.

Yarış, A. (2018). Farklı sulama oranlarının taze fasülyede meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerinin belirlenmesi [Master's thesis, Namık Kemal Üniversitesi]. PQDT Open <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/tezSorguSonucYeni.jsp>

Yerli, C., akmakc, T., Sahin, U., & Tfenki, Ő. (2020). Ağır metallerin toprak, bitki, su ve insan sağlığına etkileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi*, 9(zel Sayı), 103-114. <https://doi.org/10.46810/tdfd.718449>

Yıldırım, O., Halloran, N., avuŐođlu, Ő., & Őengül, N. (2009). Effects of different irrigation programs on the growth, yield, and fruit quality of drip-irrigated melon. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 33(3), 243-255.

Yüksel, B., & Aksoy, . (2017). Su stresi koşullarında bitkilerde gözlenen değişimler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 10(2), 1-5.

Zafar, S., Ashraf, M. Y., Ali, Q., Ashraf, A., Anwar, S., Iqbal, N., Kausar , A., Nouman, A., Ali, M., Zafar, M. A., & Feroz, K. (2016). Antioxidant activity and secondary metabolites in selected vegetables irrigated with sewage water. *App. Ecol. Environ. Res*, 14, 35-48.

Zambi, O., & Akbudak, N. (2022). Assessing the impact of irrigation with treated wastewater on qualitative and quantitative properties on urfa isot and capia pepper varieties. *Fresenius Environmental Bulletin*, 31(7).

Zegbe-Domínguez, J. A., Behboudian, M. H., Lang, A., & Clothier, B. E. (2004). Water relations, growth, and yield of processing tomatoes under partial rootzone drying. *Journal of Vegetable Crop Production*, 9(2), 31-40.

Zhang, H., Xiong, Y., Huang, G., Xu, X., & Huang, Q. (2017). Effects of water stress on processing tomatoes yield, quality and water use efficiency with plastic mulched drip irrigation in sandy soil of the Hetao Irrigation District. *Agricultural Water Management*, 179, 205-214.

## ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : UFUK TAN DURAN  
Doğum Yeri ve Tarihi : KÖYCEĞİZ / 1991  
Yabancı Dil : İNGİLİZCE

### Eğitim Durumu

Lise : ORTACA LİSESİ  
Lisans : ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ ZİRAAT FAKÜLTESİ  
BAHÇE BİTKİLERİ BÖLÜMÜ  
Yüksek Lisans : ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ FEN BİLİMLERİ  
ENSTİTÜSÜ BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

Çalıştığı Kurum/Kurumlar : İNEGÖL ZİRAAT ODASI - TARIM DANIŞMANI  
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ - YÖK 100/2000  
BURSİYERİ  
SENSIENT TECHNOLOGIES – SAHA MÜDÜRÜ

İletişim (e-posta) : ufuktanduran@gmail.com

### Yayınları

**Uluslararası hakemli dergilerde yayımlanan makaleler (SCI, SCI-Expanded, SSCI, A&HCI)**

Teoman Duran S., Aghayeva S., Akparov Z., Mammadov A., Asgarova R., Uslu O. Y., Kırıkoğlu O., **Duran U.T.**, İpek M., Barut E., Ercişli S., İlhan G., İpek A. 2021. Genetic variation and relationships between Azerbaijani and Turkish olive genetic resources. *Molecular Biology Reports.*, Doi Numarası: 10.1007/s11033-021-06564-x.

**Uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitabında (Proceedings) basılan bildiriler**

Akbudak N., **Duran U.T.**, Aydın Ö. Exogenous Fertilizer Applications in Spinach II. International Eurasian Agriculture and Natural Sciences Congress, 11-15 Eylül 2018, Bakü, Azerbaycan.

Akbudak N., Zambı O., **Duran U.T.** The Effects of Organic Fertilizer Applications on Productivity and Total Phenolic Compound Amounts in Green Leafy Vegetables. Icontech 5. International Conference on Innovative Surveys in Positive Sciences, 5-6 February 2022, Şanlıurfa, Turkey. (Kongre Kitabı Tam Metin)

### **Ulusal hakemli dergilerde yayımlanmış makaleler**

Akbudak N., Zambı O., **Duran U.T.** 2022. Evaluation of Exogenous Salicylic Acid Application on White Mould Disease (*Sclerotinia sclerotiorum*) and Photosynthetic Pigments in Lettuce. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 9(1): 90-96.

### **Projelerde Yapığı Görevler**

**Yardımcı Araştırmacı:** Patlıcan Tohumlarında Termo Priming Uygulamalarının Fide Kalitesi ve Performansı Üzerine Etkileri. Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri HDP(Z)-2015/35.

**Araştırmacı:** Hıyar (*Cucumis sativus* L.) Bitkisinde Artırılmış Su Kullanılarak Yapılan Kısıntılı Sulama Uygulamalarının Verim Kalite ve Ağır Metal İçerikleri Üzerine Olan Etkileri. Bursa Uludağ Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri FGA-2022-806.