



**FARKLI SULAMA STRATEJİLERİ  
İLE ATIK SU UYGULAMALARININ  
BİNGÖL KOŞULLARINDA DOMATES  
BİTKİSİNİN VERİM VE KALİTESİ İLE  
TOPRAK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**Azize Doğan DEMİR**

**Doktora Tezi**

**Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı**

**Prof. Dr. Üstün ŞAHİN**

**2016**

**Her hakkı saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**DOKTORA TEZİ**

**FARKLI SULAMA STRATEJİLERİ İLE ATIK SU  
UYGULAMALARININ BİNGÖL KOŞULLARINDA DOMATES  
BİTKİSİNİN VERİM VE KALİTESİ İLE TOPRAK  
ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

**Azize Doğan DEMİR**

**TARIMSAL YAPILAR ve SULAMA ANABİLİM DALI**

**ERZURUM**

**2016**

**Her hakkı saklıdır**



T.C.  
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**FARKLI SULAMA STRATEJİLERİ İLE ATIK SU UYGULAMALARININ  
BİNGÖL KOŞULLARINDA DOMATES BİTKİSİNİN VERİM VE KALİTESİ  
İLE TOPRAK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ**

Prof. Dr. Üstün ŞAHİN danışmanlığında, Azize Doğan DEMİR tarafından hazırlanan bu çalışma 25/04/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda Doktora tezi olarak ~~oybirliği/oy~~ **çokluğu** (.../...) ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. Mustafa Y. CANBOLAT

İmza :

Üye : Prof.Dr. Üstün ŞAHİN

İmza :

Üye : Prof.Dr. Ömer ANAPALI

İmza :

Üye : Prof.Dr. Halil KIRNAK

İmza :

Üye : Doç.Dr. Ramazan MERAL

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu ..05/05/2016.. tarih ve ..19../...28..... nolu kararı ile onaylanmıştır.

  
Prof. Dr. Ertan YILDIRIM  
Enstitü Müdürü

Bu çalışma BAP projeleri kapsamında desteklenmiştir.  
Proje No:2012/414

**Not:** Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

## ÖZET

Doktora Tezi

### FARKLI SULAMA STRATEJİLERİ İLE ATIK SU UYGULAMALARININ BİNGÖL KOŞULLARINDA DOMATES BİTKİSİNİN VERİM VE KALİTESİ İLE TOPRAK ÖZELLİKLERİNE ETKİSİ

Azize DOĞAN DEMİR

Atatürk Üniversitesi  
Fen Bilimleri Enstitüsü  
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

Bu çalışma, Bingöl koşullarında arıtılmış atık suların temiz suyla kıyaslanarak tarımsal sulama açısından yeniden kullanım olanaklarının incelenmesi amacıyla 2013-2014 yılları arasında yürütülmüştür. Çalışmada, iki farklı su kaynağından alınan sular damla sulama ile domates bitkisine uygulanmıştır. Bingöl Atık Su Arıtma Tesisinden alınmış arıtılmış atık su ve Gayt barajından açık sulama kanalına bırakılan sulama suyu olmak üzere iki farklı kalitede su kullanılmıştır. Sulama uygulamaları %100 (tam sulama), %75 D ve %50 D (kısıntılı sulama-D), %75 PRD ve %50 PRD (kısmi kök kuruluğu-PRD) olmak üzere 5 farklı şekilde gerçekleştirilmiştir. Denemede kullanılan sular, Su Kirliliği Kontrolü Teknik Usuller Tebliği'nde verilen sulama suyu kriterlerine göre değerlendirilmiş ve tarımsal sulamada kullanılabilirliği incelenmiştir. Deneme alanı topraklarının kimyasal analiz sonuçları deneme öncesi değerlere göre tartışılmış ve Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'ndeki sınır değerlere uygun olup olmadığı araştırılmıştır. Ayrıca arıtılmış atık suyun toprakların birçok fiziksel ve hidrolik özellikleri üzerine ve toprakta ağır metal birikimine etkisi de incelenmiştir. Domates bitkisinde ise büyüme, verim ve kalite parametreleri ile su tüketimi ve su kullanım etkinliği incelenmiş olup, bitkide ağır metal birikimleri de değerlendirilmiştir.

Denemede kullanılan suların pH, EC, SAR, AKM, KOİ, BOİ<sub>5</sub>, toplam P değerleri sulama suyu kriterlerine göre sulamada kullanılmasına izin verilebilir özellikte olduğu saptanmıştır. Ancak, toplam azot ve fekal koliform arıtılmış atık suda ihtiyatla kullanılması gereken sular sınıfında belirlenmiştir. Arıtılmış atık su ile sulanan parsellerde organik madde, tuzluluk, makro ve mikro element değerleri ve ağır metal miktarları temiz su ile sulanan parsellere göre daha yüksek olurken, pH ve CaCO<sub>3</sub> değerlerinde ise düşüşler gözlenmiştir. Arıtılmış atık su ile sulanan parsellerde infiltrasyon hızlarında azalış, agregat stabilitelelerinde ise artışlar tespit edilmiştir. Domates bitkisinin en düşük su tüketimi 407,2 mm ile %50 D arıtılmış atık su uygulamasında, en yüksek ise 678 mm ile %100 temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Genel olarak arıtılmış atık su uygulamalarında daha düşük bitki su tüketimi değerleri belirlenmiştir. Yine iki yıllık ortalama değerlere göre istatistiksel olarak en yüksek sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) 15 kg/m<sup>3</sup> ile %50 PRD uygulamasında, su kullanım etkinliği (WUE) değeri ise 12,3 kg/m<sup>3</sup> ile %50 D uygulamalarında belirlenmiştir. Arıtılmış atık su uygulamalarında verim artışı daha fazla olmuştur. %100 arıtılmış atık su uygulaması kontrol uygulaması olan %100 temiz suya göre verimi %2,8 artırmıştır. Uygulamalar arasında verim sıralaması her iki su kalitesi içinde %100, %75 PRD, %75 D, %50 PRD ve %50 D şeklinde olmuştur. Bitki boyu, gövde çapı ve yaprak sayısı parametreleri arıtılmış atık suyla sulanmış bitkilerde daha fazla saptanmıştır. Meyve büyüklüğü ve meyve eti sertliği arasında ters orantılı bir ilişki belirlenmiştir. Bitki besin elementleri ve ağır metal miktarları da arıtılmış atık su ile sulanmış bitkilerde temiz su ile sulananlara göre daha fazla olmuştur. Ayrıca, tam sulanan uygulamalarda değerlerin PRD ve D uygulamalarına göre daha fazla olduğu görülmüştür. PRD ve D uygulamalarında ise değerler benzerlik göstermiştir.

**2016, 281 sayfa**

**Anahtar Kelimeler:** Atık su, domates, kısmi kök kuruluğu, kısıntılı sulama

## ABSTRACT

Ph. D. Thesis

### **EFFECT OF DIFFERENT IRRIGATION STRATEGIES AND WASTE WATER APPLICATION OVER YIELD AND QUALITY OF TOMATO PLANT AND SOIL PROPERTIES IN BINGOL CONDITION**

Azize DOĞAN DEMİR

Atatürk University

Institute of Natural and Applied Sciences

Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Üstün ŞAHİN

This study was conducted to examine of reusing of treated wastewater for agricultural irrigation by comparing with clean water in Bingol conditions during 2013 and 2014 years. In this study, two different water sources were used to irrigate tomato plants trough drip irrigation. One of the water sources was wastewater taken from the Bingol Effluent Treatment Plant, and the other water source was the irrigation water taken from the Gayt dam. Irrigation practices including 100% (full irrigation), 75% D and 50% D (deficit irrigation-D) 75% PRD and 50% PRD (partial root zone-PRD) were applicated in 5 different ways. Irrigation water used in the study was evaluated according to the criteria given by the Water Pollution Control Technical Procedures to determine if they were within suitable for agricultural irrigation. Chemical analysis was conducted on the soil samples taken from trial area before the experiments to find out if they were the limits according to the Soil Pollution Control Regulation. In addition, effects of the treated wastewater on some physical and hydrolic properties of soil and accumulation of heavy metals in the soil were investigated. Growth, yield and quality parameters, evapotranspiration, water use efficiency and heavy metal accumulation were evaluated in tomato plants.

EC, pH, SAR, AKM, KOİ, BOİ<sub>5</sub> and total P values of the water indicated that they were permissible in irrigation water use according to irrigation water quality criteria. However the wastewater should be used with caution due to high nitrogen and fecal coliform levels. In fields irrigated with treated wastewater organic matter, salinity, porosity, macro and micro elements and heavy metal contents values were higher than the field irrigated with clean water. But it was observed that pH and CaCO<sub>3</sub> values were decreased. It was determined that infiltration rate was decreased in treated wastewater irrigated plots but aggregate stability was increased. In tomato plant was lowest water consumption (407,2 mm) was determined in 50% D treated wastewater application and the highest water consumption (678 mm) was determined in 100% clean water application according to average of two years. Generally it was determined that that is determined water consumption were lower in treated wastewater applications. Again, the highest irrigation water use efficiency (IWUE) was statistically obtained 15 kg/m<sup>3</sup> from 50% PRD application while the highest water use efficiency (WUE) value was obtained 12,3 kg/m<sup>3</sup> from the 50% D application according to the average of two years. Yield increase was more in treated wastewater applications than in clean water applicaions. 100% treated wastewater application increased the yield by 2,8% compared to the control (100% clean water application). For both water qualities, 100% application gave the best yield and this application was followed by 75% PRD, 75% D, 50% PRD, and 50% D. It was determined that plant height, stem diameter and number of leaves values were higher in the plants irrigated with treated wastewater than in clean water. Inversely proportional relationship was determined between fruit size and fruit firmness. It was determined that plant nutrients and amount of heavy metals were higher in the plants irrigated with treated wastewater than in clean water. It has also shown that 100% application values in terms of parameters above were higher than PRD and D applications. The PRD and D application values were similar.

**2016, 281 pages**

**Keywords:** Wastewater, tomato, partial root zone, deficit irrigation

## TEŞEKKÜR

Çalışmamın başlangıcından sonuna kadar her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, fikir ve görüşleri ile bana daima yol gösteren tez danışmanım Sayın Prof. Dr. Üstün ŞAHİN'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Doktora tez izleme komitesi üyeleri Sayın Prof. Dr. Ömer ANAPALI ve Prof. Dr. Mustafa Y. CANBOLAT'a teşekkür ederim.

Tezim süresince arıtılmış atık suların alınmasında, kullanılmasında ve her türlü ihtiyacımızda bizden yardımlarını esirgemeyen BİNGÖL BELEDİYESİ ve çalışanlarına teşekkür ederim. Doktora süresince her konuda destek veren BİNGÖL ÜNİVERSİTESİ REKTÖRLÜĞÜ'ne ve Ziraat Fakültesi Dekanı Sayın Prof. Dr. Turgay ŞENGÜL'e, doktora çalışmalarım esnasında bana bitki ve istatistik konularında yardımcı olan Bahçe Bitkileri Bölümü Öğretim Üyesi Sayın Yard. Doç. Dr. Nusret ÖZBAY'a ve lisans öğrenimimden bu zamana kadar her zaman yanımda olan hocamız Sayın Doç. Dr. Ramazan MERAL'e teşekkürlerimi sunarım. Tezimin başlangıcından sonuna kadar her aşamasında yanımda olan ve emeği geçen, toprak, bitki ve su analizlerimde bana yardım etmekten çekinmeyen eşim Sayın Arş. Gör. Dr. Yasin DEMİR'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Analiz aşamasında, toprak ve bitki analizlerinde benden yardımını esirgemeyen Yüksek Lisans öğrencisi Elif ELALTUNTAŞ'a teşekkür ederim.

Doktora çalışmamda maddi destek veren Atatürk Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri Birimi'ne (Proje No: 2012/414) teşekkür ederim.

Son olarak, benden hiçbir zaman desteklerini esirgemeyen aileme, iyi ve kötü zamanlarımda daima yanımda olup her türlü desteği veren ve iyi ki hayatımda varlar dediğim eşim ve biricik kızım Reyyan Ela'ma şükranlarımı sunarım.

**Azize DOĞAN DEMİR**

**Mart, 2016**

## İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT .....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ .....	viii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x
ÇİZELGELER DİZİNİ .....	xiii
<b>1. GİRİŞ.....</b>	<b>1</b>
<b>2. KAYNAK ÖZETLERİ .....</b>	<b>5</b>
2.1. Atık Sularla Sulama.....	5
2.2. Kısmi Kök Kuruluşu (PRD) ve Kısıntılı Sulama (D) .....	14
<b>3. MATERYAL ve METOD.....</b>	<b>22</b>
3.1. Materyal.....	22
3.1.1. Deneme alanının konumu.....	22
3.1.2. İklim özellikleri .....	22
3.1.3. Toprak özellikleri .....	24
3.1.4. Sulama suyu .....	26
3.1.5. Bitki özellikleri.....	27
3.2. Yöntem .....	28
3.2.1. Bitkide kültürel işlemler .....	28
3.2.2. Sulama sistemi ve deneme deseni .....	30
3.2.3. Sulama suyu miktarının hesaplanması ve toprak neminin izlenmesi.....	34
3.2.3.a. Sulama suyu miktarının hesaplanması .....	34
3.2.3.b. Toprak neminin izlenmesi .....	35
3.2.4. Bitki su tüketiminin (gerçek evapotranspirasyon) ve su kullanım etkinliğinin belirlenmesi .....	36
3.2.5. Toprak ve su analizleri .....	38
3.2.5.a. Toprak analizleri ve infiltrasyon ölçümleri .....	38
3.2.5.b. Su analizleri.....	45
3.2.6. Bitkide gözlem, ölçüm ve analizler .....	48

3.2.6.a. Fiziksel ölçüm ve fizyolojik gözlemler .....	48
3.2.6.b. Meyve örneklerinde kalite analizleri .....	52
3.2.6.c. Yapraklarda ve meyvede Na, K, Ca, Mg, N, B, Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, Ni, Pb, Co ve Cr analizleri .....	56
3.2.7. İstatistiksel analizler .....	57
<b>4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA .....</b>	<b>58</b>
4.1. Bitki Su Kullanımları ve Sulama Suyu Nitelikleri .....	58
4.1.1. Sulama suyu miktarları .....	58
4.1.2. Bitki su tüketimleri .....	59
4.1.3. Sulama suyu kullanım (IWUE) ve su kullanım (WUE) etkinliği .....	68
4.1.4. Sulamada kullanılan suların kalitesi .....	72
4.2. Toprak Özelliklerinde Değişimler .....	84
4.2.1. Toprakların kimyasal özellikleri .....	84
4.2.2. Toprakların fiziksel özellikleri .....	137
4.2.3. Toprakların hidrolik özellikleri .....	146
4.2.3.a. Tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan su ile yarayırlı su miktarları .....	146
4.2.3.b. Toprakların infiltrasyon özellikleri .....	153
4.3. Bitki Ölçüm Sonuçları .....	163
4.3.1. Bitki verimleri ile meyve ve bitkide fiziksel ölçüm sonuçları .....	163
4.3.2. Meyvede kalite analiz sonuçları .....	178
4.3.3. Meyve ve yapraklarda iz element ve ağır metal analiz sonuçları .....	185
<b>5. SONUÇ .....</b>	<b>211</b>
<b>KAYNAKLAR .....</b>	<b>218</b>
<b>EKLER .....</b>	<b>235</b>
EK 1 .....	235
EK 2 .....	236
EK 3 .....	237
EK 4 .....	238
EK 5 .....	239
EK 6 .....	240
EK 7 .....	241
EK 8 .....	242



EK 9.....	243
EK 10.....	244
EK 11.....	245
EK 12.....	246
EK 13.....	247
EK 14.....	248
EK 15.....	249
EK 16.....	250
EK 17.....	251
EK 18.....	252
EK 19.....	253
EK 20.....	254
EK 21.....	255
EK 22.....	256
EK 23.....	257
EK 24.....	258
EK 25.....	259
EK 26.....	260
EK 27.....	261
EK 28.....	262
EK 29.....	263
EK 30.....	264
EK 31.....	265
EK 32.....	266
EK 33.....	267
EK 34.....	268
EK 35.....	269
EK 36.....	270
EK 37.....	271
EK 38.....	272
EK 39.....	273
EK 40.....	274

EK 41.....	275
EK 42.....	276
EK 43.....	277
EK 44.....	278
EK 45.....	279
EK 46.....	280
EK 47.....	281
ÖZGEÇMİŞ .....	282



## SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

%	Yüzde
°	Derece
μ	Mikron
cb	Santibar
cm	Santimetre
dS	Desisimens
g	Gram
γt	Kütle yoğunluğu
h	Saat
kg	Kilogram
l	Litre
lb	Libre
m	Metre
mg	Miligram
mm	Milimetre
Pw	Toprak kuru ağırlığının yüzdesi cinsinden nem miktarı
s	Saniye
ΔS	Toprak nem içeriğindeki değişim miktarı

### Kısaltmalar

AKM	Askıda katı madde
BOİ <sub>5</sub>	Biyolojik oksijen ihtiyacı
D	Kısıntılı sulama
EC	Elektriksel iletkenlik
ET	Evapotranspirasyon
IWUE	Sulama suyu kullanım etkinliği
KDK	Katyon değişim kapasitesi
KOİ	Kimyasal oksijen ihtiyacı

PRD	Kısmi kök kuruluğu
RSC	Kalıcı sodyum karbonat
SAR	Sodyum absorpsiyon oranı
SÇKM	Suda çözünebilir kuru madde
SKKY	Su kirliliği kontrol yönetmeliği
SN	Solma noktası
TA	Titre edilebilir asitlik
TDS	Toplam eriyebilir tuz
TK	Tarla kapasitesi
TN	Toplam azot
TP	Toplam fosfor
WUE	Su kullanma etkinliği

## ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Deneme alanı .....	22
Şekil 3.2. Bingöl ili atık su arıtma tesisi (a) ve Gayt barajı ve açık kanallı sulama şebekesi (b).....	26
Şekil 3.3. Deneme alanının sürülmesi .....	28
Şekil 3.4. Deneme alanında toprak hazırlığı.....	29
Şekil 3.5. Fide dikimi.....	29
Şekil 3.6. Hasat ve tartım işlemleri.....	30
Şekil 3.7. Damla sulama uygulaması.....	31
Şekil 3.8. Deneme deseni ve parsel detayı.....	33
Şekil 3.9. Kısmi kök kuruluğu uygulama planının şematik görünümü .....	34
Şekil 3.10. Deneme alanında manometre göstergeli tansiyometrelerin konumlandırılması.....	36
Şekil 3.11. Bünye analizi .....	38
Şekil 3.12. Agregat stabilitesinin belirlenmesi .....	39
Şekil 3.13. Tarla kapasitesi ve solma noktasının belirlenmesi .....	39
Şekil 3.14. İnfiltrasyon ölçümü.....	40
Şekil 3.15. pH ve EC ölçümü .....	41
Şekil 3.16. Scheibler kalsimetresi.....	42
Şekil 3.17. Organik maddenin belirlenmesi.....	42
Şekil 3.18. Değişebilir kalsiyum ve magnezyum analizi.....	43
Şekil 3.19. Değişebilir potasyum ve sodyum analizi.....	43
Şekil 3.20. Fosfor analizi .....	44
Şekil 3.21. Atomik absorpsiyon spektrofotometresinde iyonların belirlenmesi.....	44
Şekil 3.22. Meyve eninin belirlenmesi .....	49
Şekil 3.23. Meyve boyunun belirlenmesi .....	50
Şekil 3.24. Meyve sertliğinin belirlenmesi .....	51
Şekil 3.25. Meyve örneklerinin alınması .....	53
Şekil 3.26. Meyvede EC-pH ölçümü .....	53
Şekil 3.27. Suda çözünebilir kuru madde belirlenmesi.....	55

<b>Şekil 3.28.</b> Likopen analizi .....	55
<b>Şekil 3.29.</b> Yaprak örneklerinin analize hazırlanması .....	56
<b>Şekil 4.1.</b> 2013 yılı yetiştirme döneminde temiz su uygulamalarında sulama öncesi toprak nem değişimleri .....	60
<b>Şekil 4.2.</b> 2013 yılı yetiştirme döneminde arıtılmış atık su uygulamalarında sulama öncesi toprak nem değişimleri .....	60
<b>Şekil 4.3.</b> 2014 yılı yetiştirme döneminde temiz su uygulamalarında sulama öncesi toprak nem değişimleri .....	61
<b>Şekil 4.4.</b> 2014 yılı yetiştirme döneminde arıtılmış atık su uygulamalarında sulama öncesi toprak nem değişimleri .....	61
<b>Şekil 4.5.</b> 2013 yılı yetiştirme döneminde deneme alanında ölçülen günlük yağış değerleri .....	62
<b>Şekil 4.6.</b> 2014 yılı yetiştirme döneminde deneme alanında ölçülen günlük yağış değerleri .....	62
<b>Şekil 4.7.</b> Temiz su uygulamalarında 2013 yılı aylık su tüketimleri .....	66
<b>Şekil 4.8.</b> Arıtılmış atık su uygulamalarında 2013 yılı aylık su tüketimleri .....	66
<b>Şekil 4.9.</b> Temiz su uygulamalarında 2014 yılı aylık su tüketimleri .....	67
<b>Şekil 4.10.</b> Arıtılmış atık su uygulamalarında 2014 yılı aylık su tüketimleri .....	67
<b>Şekil 4.11.</b> 2013 yılında fide dikimi öncesinde deneme alanı topraklarının infiltrasyon hızı, ortalama infiltrasyon hızı ve eklemeli infiltrasyonu .....	153
<b>Şekil 4.12.</b> 2013 yılı hasat sonrası temiz su parsellerinde infiltrasyon hızları .....	154
<b>Şekil 4.13.</b> 2013 yılı hasat sonrası temiz su parsellerinde ortalama infiltrasyon hızları .....	154
<b>Şekil 4.14.</b> 2013 yılı hasat sonrası temiz su parsellerinde eklemeli infiltrasyonlar .....	155
<b>Şekil 4.15.</b> 2013 yılı hasat sonrası arıtılmış atık su parsellerinde infiltrasyon hızları .....	156
<b>Şekil 4.16.</b> 2013 yılı hasat sonrası arıtılmış atık su parsellerinde ortalama infiltrasyon hızları .....	156
<b>Şekil 4.17.</b> 2013 yılı hasat sonrası arıtılmış atık su parsellerinde eklemeli infiltrasyonlar .....	157
<b>Şekil 4.18.</b> 2014 yılı hasat sonrası temiz su parsellerinde infiltrasyon hızları .....	157

<b>Şekil 4.19.</b> 2014 yılı hasat sonrası temiz su parsellerinde ortalama infiltrasyon hızları.....	158
<b>Şekil 4.20.</b> 2014 yılı hasat sonrası temiz su parsellerinde eklemeli infiltrasyonlar .....	158
<b>Şekil 4.21.</b> 2014 yılı hasat sonrası arıtılmış atık su parsellerinde infiltrasyon hızları.....	159
<b>Şekil 4.22.</b> 2014 yılı hasat sonrası arıtılmış atık su parsellerinde ortalama infiltrasyon hızları .....	159
<b>Şekil 4.23.</b> 2014 yılı hasat sonrası arıtılmış atık su parsellerinde eklemeli infiltrasyonlar .....	160
<b>Şekil 4.24.</b> 2013 yılında farklı sulama uygulamalarında bitki boyu, gövde çapı ve bitki yaprak sayısındaki zamansal değişimler .....	172
<b>Şekil 4.25.</b> 2014 farklı sulama uygulamalarında bitki boyu, gövde çapı ve bitki yaprak sayısındaki zamansal değişimler .....	173

## ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 2.1. Sulama suyu sınıflandırmasında esas alınan sulama suyu kriterleri.....	6
Çizelge 2.2. Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları .....	7
Çizelge 3.1. Bingöl ilinin uzun yıllar ve deneme yıllarına ilişkin iklim verileri .....	23
Çizelge 3.2. Ekim öncesi deneme alanı toprağının bazı fiziksel ve hidrolik özellikleri.	25
Çizelge 3.3. Ekim öncesi deneme alanı toprağının bazı kimyasal özellikleri .....	25
Çizelge 3.4. Ekim öncesi deneme alanı toprağının ağır metal miktarları .....	25
Çizelge 3.5. Bingöl ilinde yetiştirilen sebze çeşitleri.....	27
Çizelge 4.1. 2013 yılında farklı sulama uygulamalarında domates bitkisine verilen aylık ve sezonluk sulama suyu miktarları (mm).....	58
Çizelge 4.2. 2014 yılında farklı sulama uygulamalarında domates bitkisine verilen aylık ve sezonluk sulama suyu miktarları (mm).....	58
Çizelge 4.3. Farklı sulama uygulamalarında domates bitkisinin su tüketim değerleri (mm) ve varyans analiz sonuçları .....	64
Çizelge 4.4. Farklı sulama uygulamalarında domates bitkisinin sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) değerleri ( $\text{kg/m}^3$ ) ve varyans analiz sonuçları.....	70
Çizelge 4.5. Farklı sulama uygulamalarında domates bitkisinin su kullanım etkinliği (WUE) değerleri ( $\text{kg/m}^3$ ) ve varyans analiz sonuçları .....	71
Çizelge 4.6. Bitki su tüketimlerinin sulama suyu ile karşılanma oranları (%) .....	72
Çizelge 4.7. 2013 yılında sulamada kullanılan suların kalite özellikleri .....	73
Çizelge 4.8. 2014 yılında sulamada kullanılan suların kalite özellikleri .....	74
Çizelge 4.9. 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında EC, pH ve toplam tuz değerleri.....	87
Çizelge 4.10. 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında EC, pH ve toplam tuz değerleri .....	89
Çizelge 4.11. 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında EC, pH ve toplam tuz değerleri .....	92



<b>Çizelge 4.12.</b> 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında organik madde, kireç ve kation değişim kapasitesi (KDK) değerleri.....	94
<b>Çizelge 4.13.</b> 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında organik madde, kireç ve kation değişim kapasitesi (KDK) değerleri.....	96
<b>Çizelge 4.14.</b> 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında organik madde, kireç ve kation değişim kapasitesi (KDK) değerleri.....	98
<b>Çizelge 4.15.</b> 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında toplam azot, K <sub>2</sub> O ve P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> değerleri.....	101
<b>Çizelge 4.16.</b> 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında toplam azot, K <sub>2</sub> O ve P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> değerleri.....	103
<b>Çizelge 4.17.</b> 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında toplam azot (TN), K <sub>2</sub> O ve P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> değerleri.....	106
<b>Çizelge 4.18.</b> 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında değişebilir Ca, Mg ve K miktarları.....	109
<b>Çizelge 4.19.</b> 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında değişebilir Ca, Mg ve K miktarları.....	111
<b>Çizelge 4.20.</b> 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında değişebilir Ca, Mg ve K miktarları.....	113
<b>Çizelge 4.21.</b> 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında değişebilir Na miktarı ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) değerleri.....	114
<b>Çizelge 4.22.</b> 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında değişebilir Na miktarı ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) değerleri.....	116
<b>Çizelge 4.23.</b> 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında değişebilir Na miktarı ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) değerleri.....	117
<b>Çizelge 4.24.</b> 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Fe, Zn ve Cu miktarları.....	119
<b>Çizelge 4.25.</b> 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Fe, Zn ve Cu miktarları.....	122

<b>Çizelge 4.26.</b> 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Fe, Zn ve Cu miktarları .....	124
<b>Çizelge 4.27.</b> 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Mn, Cd ve Ni miktarları .....	126
<b>Çizelge 4.28.</b> 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Mn, Cd ve Ni miktarları .....	128
<b>Çizelge 4.29.</b> 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Mn, Cd ve Ni miktarları .....	130
<b>Çizelge 4.30.</b> 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Pb ve B miktarları .....	131
<b>Çizelge 4.31.</b> 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Pb ve B miktarları.....	133
<b>Çizelge 4.32.</b> 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Pb ve B miktarları.....	134
<b>Çizelge 4.33.</b> 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında kütle yoğunluğu, tane yoğunluğu ve porozite değerleri .....	139
<b>Çizelge 4.34.</b> 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında kütle yoğunluğu, tane yoğunluğu ve porozite değerleri .....	141
<b>Çizelge 4.35.</b> 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında kütle yoğunluğu, tane yoğunluğu ve porozite değerleri .....	142
<b>Çizelge 4.36.</b> 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak derinliklerinde farklı sulama uygulamalarında agregat stabilitesi değerleri.....	145
<b>Çizelge 4.37.</b> 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan su ile yarıyıslı su miktarları ....	149
<b>Çizelge 4.38.</b> 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan su ile yarıyıslı su miktarları ....	150
<b>Çizelge 4.39.</b> 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan su miktarları ile yarıyıslı su miktarları .....	152
<b>Çizelge 4.40.</b> 2013 ve 2014 yıllarında hasat sonrası toprakların sabit ve ortalama infiltrasyon hızları .....	161

<b>Çizelge 4.41.</b> Farklı sulama uygulamalarında domates verimleri (kg/da) ve varyans analiz sonuçları.....	164
<b>Çizelge 4.42.</b> Farklı sulama uygulamalarında domatesin ortalama meyve ağırlığı, meyve eni ve meyve boyu değerleri.....	168
<b>Çizelge 4.43.</b> Farklı sulama uygulamalarında domatesin bitki başına meyve sayısı ve meyve sertliği değerleri .....	170
<b>Çizelge 4.44.</b> Farklı sulama uygulamalarında yaprak kuru madde miktarları (%) ve varyans analiz sonuçları .....	176
<b>Çizelge 4.45.</b> Farklı sulama uygulamalarında yaprak oransal su içerikleri (%) ve varyans analiz sonuçları .....	177
<b>Çizelge 4.46.</b> Farklı sulama uygulamalarında domatesin meyve suyunda elektriksel iletkenlik (EC), pH ve titre edilebilir asitlik (TA) değerleri.....	180
<b>Çizelge 4.47.</b> Farklı sulama uygulamalarında meyvede toplam kuru madde ve suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) değerleri.....	183
<b>Çizelge 4.48.</b> Farklı sulama uygulamalarında meyve suyunda C vitamini ve likopen değerleri.....	185
<b>Çizelge 4.49.</b> Farklı sulama uygulamalarında meyvede Na, K ve Ca değerleri.....	188
<b>Çizelge 4.50.</b> Farklı sulama uygulamalarında yaprakta Na, K ve Ca değerleri.....	189
<b>Çizelge 4.51.</b> Farklı sulama uygulamalarında meyvede Mg, toplam N ve B değerleri.....	193
<b>Çizelge 4.52.</b> Farklı sulama uygulamalarında yaprakta Mg, toplam N ve B değerleri.....	194
<b>Çizelge 4.53.</b> Farklı sulama uygulamalarında meyvede Fe, Zn ve Cu değerleri.....	196
<b>Çizelge 4.54.</b> Farklı sulama uygulamalarında yaprakta Fe, Zn ve Cu değerleri.....	197
<b>Çizelge 4.55.</b> Farklı sulama uygulamalarında meyvede Mn, Cd ve Ni değerleri.....	200
<b>Çizelge 4.56.</b> Farklı sulama uygulamalarında yaprakta Mn, Cd ve Ni değerleri.....	201
<b>Çizelge 4.57.</b> Farklı sulama uygulamalarında meyvede Pb, Co ve Cr değerleri .....	205
<b>Çizelge 4.58.</b> Farklı sulama uygulamalarında yaprakta Pb, Co ve Cr değerleri.....	206

## 1. GİRİŞ

Dünyadaki tatlı ve içilebilir su rezervleri gün geçtikçe azalırken, canlı yaşamının vazgeçilmez unsurlarından olan suya talep artmakta ve arz-talep dengesi giderek bozulmaktadır. Günümüzde yaklaşık 7,4 milyar olan dünya nüfusunun 2030 yılında 8,3 milyar olacağı tahmin edilmektedir (FAO 2011; Anonim 2014b). Dünyada şuanda kişi başına düşen yıllık su miktarı 7600 m<sup>3</sup>'tür. Nüfus artışına bağlı olarak 2050 yılında ise mevcut su kaynaklarından kişi başına düşecek yıllık su miktarının yaklaşık 4380 m<sup>3</sup> olacağı beklenmektedir (Anonim 2014b). Nitekim 2025 yılında 3 milyar insanın su ve gıda sıkıntısı ile karşılaşacağı yapılan birçok çalışmada bildirilmiştir (Seckler *et al.* 1998; Postel 1999; Rosegrant *et al.* 2006; Hanjra and Qureshi 2010; Anonymous 2011; FAO 2012). Ayrıca Ortadoğu ve Kuzey Afrika da 2050 yılında yaklaşık 1 milyar insan için kişi başına yıllık 650 m<sup>3</sup> su düşeceği ve ciddi anlamda su sıkıntısının yaşanacağı bildirilmektedir (Johansson *et al.* 2002). Türkiye'de ise toplam kullanılabilir su 112,7 milyar m<sup>3</sup> olup bunun 98 milyar m<sup>3</sup>'ünü kullanılabilir yüzey suları oluşturmaktadır. Halihazırda tarımsal sulama amaçlı kullanılan su miktarı 32 milyar m<sup>3</sup>, içme ve kullanma suyu 7 milyar m<sup>3</sup> ve endüstride kullanılan su 5 milyar m<sup>3</sup>'tür (Anonim 2014a). Ülkemizde şuanda kişi başına düşen yıllık su miktarı 1539 m<sup>3</sup>'tür. 2030 yılında nüfusumuzun 100 milyon olacağı öngörülmektedir. Bu öngörüye göre ise kişi başına düşen kullanılabilir su miktarının 2030 yılında yaklaşık 1120 m<sup>3</sup>/yıl olacağı söylenebilir (Anonim 2014a). Dünya üstündeki toplam tatlı su miktarı ise yaklaşık 35 milyon km<sup>3</sup> olup, bunun sadece ekosistem ve insan kullanımına %0,3'ü elverişlidir (Anonim 2003). Dünyada bulunan bu su kaynağının yaklaşık %70'i günümüzde tarım amaçlı kullanılmaktadır. Ayrıca, geriye kalan su miktarının %19'u sanayide ve %11'i evsel su olarak kullanılmaktadır (FAO 2013; Anonim 2014b).

1970'lerde dünyada sulu tarım yapılan arazi miktarı 170 milyon hektar iken, 2008'de 304 milyon hektara ulaşmıştır (FAO 2011; Anonim 2014b). 2025 yılında ise bu rakamın potansiyel alanların sulu tarıma açılması ile 330 milyon hektara ulaşacağı tahmin edilmektedir. Türkiyede ise 28 milyon hektar tarım yapılan arazi bulunmaktadır.

Mevcut su potansiyeli ile teknik ve ekonomik olarak sulanabilecek arazi miktarı 8,5 milyon hektar olarak hesaplanmıştır. Bu alan içerisinde 6,09 milyon hektarlık alan sulamaya açılmış olup, bu alanın 3,8 milyon hektarı DSİ tarafından sulanmaktadır (Anonim 2014a). Günümüzde, tarım için harcanan su miktarı dünya çapında yaklaşık olarak  $3100 \text{ km}^3$ 'dür. Eğer düzgün ve etkin kullanım önlemleri alınmaz ise 2030 yılında bu rakamın  $4500 \text{ km}^3$  olacağı tahmin edilmektedir (Anonymous 2012a). Gelecekte su sıkıntısı ile ilgili yaşanacak sorunlar, doğrudan tarımsal üretim, yiyecek temini ve gıda sektörünü de etkileyecektir (Shiklomanov 1999).

Yukarıdaki bilgilerden de anlaşılacağı üzere zamanla sınırlı hale gelecek olan tatlı su kaynaklarının en büyük kullanıcısı olan tarımsal sulama sektöründe su tasarrufu önlemleri yanında kalitesi daha düşük suların kullanılması yollarının aranması hayati öneme sahiptir. Tarımsal sulamada temiz su kaynaklarına talebin azaltılması kapsamında kentsel ve endüstriyel atık suların yeniden kullanımı yaygın bir uygulamadır. Atık su ile tarımsal sulama dünyanın pek çok yerinde uygulanmaktadır (Scott *et al.* 2004). Atık suların tarımda kullanımı ile hem özellikle yerüstü su kaynaklarının kirlenmesinin önlenmesi sağlanacak hem de kurak ve yarı kurak bölgelerde temiz su kaynakları üzerindeki baskının azaltılması sağlanmış olacaktır (Polat 2013).

Son tahminlere göre dünyada 20 milyon hektar tarım alanı ham, işlenmiş veya kısmen seyreltilmiş atık su ile sulanmaktadır (Drechsel *et al.* 2010). Bir örnek olarak, İsrail 40 yıldır tarımsal sulama için işlenmiş atık suları kullanmakta ve yakın zamanda her yıl  $510 \times 10^6 \text{ m}^3$  kanalizasyon suyunun  $480 \times 10^6 \text{ m}^3$ 'ünü sulama amaçlı arıtarak geri kazanmaktadır (Negreanu *et al.* 2012).

İşlenmiş veya işlenmemiş atık sular çiftçiler tarafından da tercih edilmektedir. Çünkü bu sular belirli sınırlar içinde kalmak koşuluyla bitki büyümesi ve gelişmesi için zengin bir besin kaynağı oluşturmaktadır. Atık su ile sulanan çoğu bitkinin verim potansiyeli daha fazla olmakta ve gübre ihtiyacını karşılayarak çiftçilerin üretim maliyetini düşürmekte ve böylece ekonomiye katkı sağlamaktadır (Polat 2013).

Atık suların sulama amaçlı kullanımında özellikle ağır metal ve insan sağlığını tehdit eden organizmalar açısından oluşturabileceği tehditlerin de göz ardı edilmemesi gerekir. Dolayısıyla atık sularla sulamanın sağlayabileceği avantajlar yanında oluşturabileceği risklerin bitki, toprak, insan sağlığı ve sulama sistemi performansı açısından irdelenmesi tarımda atık su kullanımının sürdürülebilirliği açısından önemlidir (Polat 2013).

Ülkemizde, atık sular farklı arıtım düzeyleriyle tarım alanlarına uygulanmaktadır. Bunlar, ham atık su, seyreltilmiş atık su, filtrelenmiş atık su, havalandırılmış atık su, filtrelenmiş ve havalandırılmış atık su, klorlanmış atık su, temiz suyla döngülü atık su ve belediyelerin arıtma tesislerinden sağlanan arıtılmış atık su uygulamalarıdır. Belediye arıtma tesisleri dışındaki uygulamalara ait tutulmuş kayıtlar bulunmadığından sonuçlar şüphelidir. Belediye arıtma tesisleri incelendiğinde, Türkiye İstatistik Kurumu'nun 2015 verilerine göre toplam belediye sayısı 2950, atık su arıtma tesisi ile hizmet veren belediye sayısı 438'dir. Türkiye'de atık su arıtma tesisi sayısı 326 olup, bunların 39'unda fiziksel, 199'unda biyolojik, 53'nde gelişmiş ve 35'inde de doğal arıtma sistemleri kullanılmaktadır. 2950 belediyeden 2235'ine kanalizasyon şebekesi ile hizmet verildiği belirlenmiştir. 2010 yılında kanalizasyon şebekeleri ile toplanan 3,58 milyar m<sup>3</sup> atık suyun arıtıldıktan sonra %48,6'sı akarsuya, %41,8'i denize, %3,6'sı barağa, %2,1'i gl-glete, %1'i araziye ve %2,8'i diğer alıcı ortamlara deşarj edilmiştir. Kanalizasyon şebekesinden deşarj edilen 3,58 milyar m<sup>3</sup> atık suyun 2,72 milyar m<sup>3</sup>' atık su arıtma tesislerinde arıtılmıştır. Arıtılan atık suyun %37,9'una gelişmiş, %34,3'ne biyolojik, %27,6'sına fiziksel ve %0,2'sine doğal arıtma uygulanmıştır (Anonim 2015b).

Bingöl atık su arıtma tesisinde şehir merkezinin kanalizasyon şebekesinin atık suları 3 noktadan tesise bağlı bulunmaktadır. Arıtma tesisi çevresel açıdan olumsuz bir etki oluşturmamaktadır. Atıksu arıtma tesisi fiziksel arıtma tesisi olup, günlük 15600 m<sup>3</sup> atıksu arıtma kapasitelidir. Arıtma amuru miktarı maksimum 1469 kg/gündür. Hizmet verilen nüfus sayısı ise 99247 kişidir (Anonim 2013a).

Tarımsal sulamada, atık suların kullanılması yanında yüzey ve yer altı su kaynaklarının korunması amacıyla su tasarrufuna yönelik uygulamalar da söz konusudur. Bu uygulamalara örnek olarak kısıntılı ve kısmi kök kuruluğu sulama teknikleri verilebilir. Yapılan çalışmalar kısıntılı sulama ve kısmi kök kuruluğu sulama tekniklerinin tarımsal su kullanımını azaltmaya yönelik pozitif sonuçlar sağladığını göstermektedir.

Kısmi kök kuruluğu uygulaması; kökün bir tarafının ıslatılıp diğer tarafının kuru bırakılması esasına dayanır. Kısıntılı sulama ise, bitki su gereksinimi tam karşılanmayıp tamdan daha az su verilmesiyle bitki strese sokularak uygulanmaktadır. Kısıntılı sulama uygulamasında bitki gelişimi sınırlanır ve böylelikle verimde genellikle azalma görülür. Aslında kısmi kök kuruluğu ile kısıntılı sulama benzerdir, ancak kısmi kök kuruluğu tekniğinde alternatif ıslatmaya bağlı olarak kök bölgesinin bir parçası ıslak, diğeri kuru bırakılmaktadır (Stikic *et al.* 2003).

Domates, *Solanaceae* ailesinden olup kaba, sıralı gelişen, çok dallanan yıllık bir bitkidir. Ülkemizde domates yetiştiriciliği özellikle Marmara, Akdeniz, Ege ve Karadeniz bölgelerinde yaygındır. Bingöl ili koşullarında domates yetiştiriciliği geleneksel yollarla sulama yapılarak yürütülmektedir. Türkiye İstatistik Kurumu kesinleşmiş 2013 verilerine göre Türkiye’de domatesin yıllık üretim miktarı 7 941 780 ton olup bu miktarın 145 861 tonu Orta Doğu Anadolu Bölgesinde yetiştirilmektedir. Orta Doğu Anadolu Bölgesinde bulunan Bingöl ilinde ise yıllık 7 529 ton domates üretilmektedir (Anonim 2015b).

Bu araştırmada, hem arıtılmış atık suyun tarımsal sulamada kullanılması hem de gelişen sulama teknolojileri ve stratejileri dikkate alınarak su tasarrufunun sağlanması birlikte amaçlanmıştır. Bu kapsamda, Bingöl ili kentsel arıtılmış atık suyunun, tam sulama, kısıntılı sulama ve kısmi kök kuruluğu teknikleri ile Bingöl koşullarında yetiştirilen domates bitkisine damla sulama yöntemiyle uygulanarak su tüketimi, su kullanım etkinliği, bitki gelişimi, verimi, kalitesi, ağır metal miktarı ve toprakların fiziksel, kimyasal ve hidrolik özelliklerindeki değişimler üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla iki yıllık bir çalışma yürütülmüştür.

## **2. KAYNAK ÖZETLERİ**

Bu bölümde, atık sularla sulama ve yürütülen bu çalışmada su uygulama stratejilerini oluşturan kısmi kök kuruluğu ve kısıntılı sulama ile ilgili kaynaklar gözden geçirilmiştir.

### **2.1. Atık Sularla Sulama**

Atık suların içerisinde bulunan faydalı organik ve inorganik maddeler doğal gübre görevi sağlayarak bitki verimini arttırmaktadır. Aynı zamanda organik içeriğinden dolayı toprak yapısının iyileşmesine de önemli katkılar sağlamaktadır. Ancak, atık suların sulama amaçlı kullanımında özellikle ağır metal ve insan sağlığını tehdit eden organizmalar açısından oluşturabileceği tehditlerin de göz ardı edilmemesi gerekir. Dolayısıyla atık sularla sulamanın sağlayabileceği avantajlar yanında oluşturabileceği risklerin bitki, toprak, insan sağlığı ve sulama sistemi performansı açısından irdelenmesi tarımda atık su kullanımının sürdürülebilirliği açısından önemlidir (Şahin vd 2014).

Su kalitesi genel olarak bir su kütesinin içinde bulundurduğu fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin bütünüdür. Su kirliliğinin önlenmesinde su kalite parametrelerinin bilinmesi büyük önem taşımaktadır. Buna göre; sulama suyu sınıflandırmasında esas alınan sulama suyu kriterleri ve sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları Çizelge 2.1 ve Çizelge 2.2'de verilmiştir.



**Çizelge 2.1.** Sulama suyu sınıflandırmasında esas alınan sulama suyu kriterleri (Anonim 1991)

Sulama suyu kalite kriterleri	1. Sınıf (çok iyi)	2. Sınıf (iyi)	3. Sınıf (kullanılabilir)	4. Sınıf (ihtiyatla kullanılabilir)	5. Sınıf (zararlı, uygun değil)
EC, $\mu\text{mhos/cm}$	0-250	250-750	750-2000	2000-3000	>3000
Sodyum Yüzdesi, %	<20	20-40	40-60	60-80	>80
SAR	<10	10-18	18-26	>26	
RSC, meq/l	<1,25	1,25-2,5	>2,5		
mg/l	<66	66-133	>133		
Klorür, meq/l	0-4	4-7	7-12	12-20	>20
mg/l	0-142	142-249	249-426	426-710	>710
Sülfat, meq/l	0-4	4-7	7-12	12-20	>20
mg/l	0-192	192-336	336-575	576-960	>960
Top. Tuz kons. mg/l	0-175	175-525	525-1400	1400-2100	>2100
Bor, mg/l	0,05	0,5-1,12	1,12-2,0	2,0	
Sulama suyu sınıfı	C <sub>1</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>2</sub> -C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>3</sub> -C <sub>3</sub> S <sub>1</sub>	C <sub>1</sub> S <sub>4</sub> -C <sub>4</sub> S <sub>1</sub>	
NO <sub>3</sub> veya NH <sub>4</sub> mg/l	0-5	5-10	10-30	30-50	>50
Fec. koliform, 1/100 ml	0-2	2-20	20-10 <sup>2</sup>	10 <sup>2</sup> -10 <sup>3</sup>	>10 <sup>3</sup>
BOİ <sub>5</sub> , mg/l	0-25	25-50	50-100	100-200	>200
AKM, mg/l	20	30	45	60	>100
pH	6,5-8,5	6,5-8,5	6,5-8,5	6-9	>6 veya >9
Sıcaklık, °C	30	30	35	40	>40

**Çizelge 2.2.** Sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları (Anonim 1991)

Elementler	Birim alana verilebilecek maksimum toplam miktarlar, kg/ha	İzin verilen maksimum konsantrasyonlar	
		Her türlü zeminde sürekli sulama yapılması durumunda sınır değerler, mg/l	pH değeri 6-8,5 arasında olan killi zeminlerde 24 yıldan daha az sulama yapıldığında, mg/l
Alimünyum (Al)	4600	5	20
Arsenik (As)	90	0,1	2
Berilyum (Be)	90	0,1	0,5
Bor (B)	680	0,001	2
Kadmiyum (Cd)	9	0,01	0,05
Krom (Cr)	90	0,1	1
Kobalt (Co)	45	0,05	5
Bakır (Cu)	190	0,2	5
Florür (F)	920	1	15
Demir (Fe)	4600	5	20
Kurşun (Pb)	4600	5	10
Lityum (Li)	-	2,5	2,5
Manganez (Mn)	920	0,2	10
Molibden (Mo)	9	0,01	0,05
Nikel (Ni)	920	0,2	2
Selenyum (Se)	16	0,02	0,02
Vanadyum (V)	-	0,1	1
Çinko (Zn)	1840	2	10

Al-Lahham *et al.* (2003) Ürdün koşullarında iki çeşit domatestede karık sulama yöntemiyle dört çeşit su uygulaması (%100 atık su, 1:3 oranında atık su, 1:1 oranında atık su ve temiz su) yapmış, meyvelerde mikrobiyal kirlenme, sertlik, pH, boyut, ağırlık, SÇKM gibi parametrelere bakmışlardır. Çalışmanın sonucunda, meyve pH'sı açısından uygulamalar arasında fark olmamış, ancak domates çeşitleri arasında fark anlamlı olmuştur. Suda çözünür kuru madde (SÇKM) ve meyve sertliğinde de uygulamalar

arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Meyve çapı, meyve ağırlığı parametrelerine bakıldığında ise atık su uygulamalarında meyve çapı ve meyve ağırlığının arttığı gözlenmiştir. Sulardaki mikrobik bakteri değerleri en fazla %100 atık su uygulamasında gözlenmiştir, tüm atık sularda fekal koliform düşük seviyelerde bulunmuştur, bunda da klorlamanın etkisi olduğu vurgulanmıştır. Ancak meyve yüzeylerinde olan kirliliğe klorlama etki etmemiştir. Sonuç olarak, meyvelerde biriken mikrobik canlılar standartların altında bulunmuştur ve atık suyun domates yetiştiriciliğinde kullanılabileceği vurgulanmıştır.

Karataş vd (2005) çalışmalarında Menemen Ovası'nda denize deşarj olan İzmir kentsel arıtılmış atık sularının sulamada kullanım olanaklarını incelemiştir. 2002-2004 yıllarında yapılan çalışmada, çalışmanın materyalini atık su tesisinin çıkış suyu oluşturmuştur. Yapılan analiz sonuçları, Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği (07.01.1991 tarih ve 20748 sayılı resmi gazete) ve diğer sulama suyu kalite kriterlerine uygunluk yönünden verilen ölçütlere göre değerlendirilmiştir. Çalışmanın sonucunda, İzmir kentsel arıtılmış atık suyunun, sulama suyu kalite parametreleri açısından birçok bitkinin tolerans sınırını aştığı gözlenmiştir. Bu durumda bu suların sulamada kullanımının mümkün olamayacağı vurgulanmıştır.

Yine benzer bir çalışma olarak Aşık ve Katkat (2005) Bursa-İzmir karayolu 22. km'sinde bulunan Penguen Gıda Sanayii A.Ş. arıtma tesisi atık suyunun tarımsal amaçlı kullanımını araştırdıkları bir çalışmada, tesisten alınan su örneklerinde yapılan analiz sonuçları "Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği Teknik Usuller Tebliği"nde belirtilen ve suların araziye verilmesi ve sulamaya uygunluğu açısından önerilen sınır değerlerle karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, arıtma tesisi atık suyunun yüksek tuzlu ve çok yüksek tuzlu sulama suyu sınıflarına girdiği belirlenmiştir.

Najafi (2006) yapmış olduğu çalışmada İran- İsfahan koşullarında, domates bitkisine kentsel arıtılmış atık suyunu farklı sulama stratejileri ile uygulamıştır. Sulama konuları 1) Şebeke suyu ile karık sulama, 2) Atık su ile yüzey üstü damla sulama 3) Atık su ile 15 cm derinlikte yüzey altı damla sulama, 4) Atık su ile 30 cm derinlikte yüzey altı

damla sulama ve 5) Atık su ile 75 cm genişliğinde oluşturulan karıklarda karık sulama şeklinde oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda en fazla verim ikinci sulama uygulamasından alınırken, en fazla su kullanım randımanı üçüncü su uygulamasından elde edilmiştir. Domates bitkisinin ağır metal içeriğine bakıldığında, Fe, Zn, Cu ve Mn değerlerinin en fazla beşinci uygulama ile sulanan bitkilerde görüldüğü tespit edilmiştir. Bitkilerde nematod düzeylerine bakıldığında en fazla beşinci sulama konusu uygulanan bitkilerde, fekal koliform ise beşinci ve ikinci su uygulamaları ile sulanan bitkilerde en fazla görülmüştür. Sonuç olarak; domates bitkisinde mikrobiyolojik kalitenin, atık su ile 15 cm derinlikteki yüzey altı damla sulama uygulamasında en iyi olduğu ayrıca, atık sulama için yüzey altı damla sulamanın toprak yüzeyinde minimum kirlenme yaptığı belirlenmiş ve atık suların, sulamada kullanılacağı zaman yüzey altı damla sulama yönteminin tercih edilmesi önerilmiştir.

Li *et al.* (2007) atık su ve farklı sulama stratejileri kullanarak Pekin koşullarında domates bitkisinin verim ve kalitesini araştırmışlardır. Çalışmada, yer altı suyu, işlenmiş atık su, işlenmiş ve filtrelenmiş atık su ve işlenmiş, filtrelenmiş ve klorlanmış atık su olmak üzere 4 su çeşidi, 2 sulama yöntemi (damla ve karık sulama) ve 2 sulama stratejisi (tam sulama ve kısmi kök kuruluğu tekniği) çalışılmıştır. Kısmi kök kuruluğunda sulama suyunun %70'i uygulanmıştır. Her bir konu 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Hasat sonunda bitkide verim ve bazı kalite parametrelerine bakılmıştır. Kısmi kök kuruluğu tekniği ile tam sulama karşılaştırıldığında, atık su ve yer altı suyu kullanıldığında kısmi kök kuruluğu tekniği uygulamasının domates verimini azaltmadığı gözlenmiştir. Damla sulama-kısmi kök kuruluğu tekniği ile filtrelenmiş atık su ve klorlu atık su uygulamalarında verim, yer altı suyu uygulamasından daha fazla olmuştur. Domates kalitesine bakıldığında atık su meyvede Ca içeriğini azaltmış ancak pH ve EC değerlerinde değişiklik olmamıştır. Pb içeriği yer altı suyu ile karık sulama uygulamasında düşük, atık su ve filtrelenmiş atık su ile karık sulama uygulamasında ise oldukça fazla olmuştur. Atık suyun bitkide Pb miktarını arttırdığı gözlenmiştir. Cd içeriği ise atık su ile damla sulama uygulamasında düşük olmuştur. Çalışma sonunda, atık suyun domates verimini arttırdığı ancak bitkide ağır metal kirliliği sorunu

oluşturabileceği vurgulanmıştır. Bu nedenle, sulamada kullanılacak atık suların, uygulamadan önce arıtma işlemlerinin yapılması önerilmiştir.

Ürdün de yapılan bir çalışmada iki çeşit domates 1999 ve 2000 yıllarında dört farklı su uygulanarak (%100 atık su, 1:3 oranında atık su, 1:1 oranında atık su ve temiz su) karık sulama yöntemiyle sulanmış, domates meyvesinde, toprakta ve sudaki ağır metal içeriklerinin yanı sıra toprağın EC, pH değişimleri araştırılmıştır. Çalışmanın sonucunda, atık suyun toprak tuzluluğunu arttırdığı gözlenmiştir. Toprak pH'ında deneme öncesi ve sonrası artış önemsiz bulunmuş ancak, toprak derinliği arttıkça pH değerinin de arttığı gözlenmiştir. Toprakta ağır metallerle bakıldığında, Cd ve Pb'nin toprakta birikme yapmadığı gözlenmiştir. Ancak, Fe, Cu, Zn ve Mn konsantrasyonlarının arttığı gözlenmiştir. En fazla ağır metal içeriği %100 atık su uygulamasında görülmüştür. Meyvedeki ağır metal içeriklerine bakıldığında değerler standartların altında bulunmuştur. Sonuç olarak, domates yetiştiriciliğinde atık suyun kullanılabilirliğinin mümkün olabileceği ifade edilmiştir (Al-Lahham *et al.* 2007).

Aiello *et al.* (2007) kentsel arıtılmış atık suların domatesin meyve kalitesi ve toprağın hidrolojik davranışı üzerine etkisini araştırmışlardır. 2004 yılında İtalya'da domates bitkisi yüzeysel ve yüzey altı damla sulama yöntemi ile sulanmıştır. Çalışmada ayrıca farklı damlatıcı ve lateraller, dağılım üniformitesi, filtreleme teknikleri test edilmiş ve en uygun sulama teknolojisi için emisyon dağılımı, akış azalması ve filtre performansı hesapları veriler ile tespit edilmiştir. Arıtılmış atık su uygulamasından önce ve sonra toprağın hidrolik özellikleri ve mikrobiyal kirlenme olup olmadığı belirlenmiştir. Denemeler boyunca domates meyve kalitesi ve bitkide mikrobiyal kirlenme araştırılmıştır. Atık su uygulanmasının sonucunda toprak yüzeyinde mikrobiyal kirlenme gözlenmiştir. Toprağın porozitesinde ve sonucunda su tutma ve hidrolik iletkenlikte azalma eğilimi gözlenmiştir. Çalışmanın sonucunda, meyvedeki mikrobiyal kirlenmenin ihmal edilebilir olabileceği ve atık suyun domates bitkisinin sulanmasında alternatif su kaynağı olarak kullanılabileceği ifade edilmiştir.

Kızıloğlu *et al.* (2007) Erzurum koşullarında yapmış oldukları çalışmada, lahana bitkisini atık su ile sulamışlar ve atık suların lahana bitkisinin verim ve besin içeriğine etkisi yanında özellikle 0-30 cm toprak tabakasında makro ve mikro elementlerin dağılımını ve bazı toprak özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmanın sonucunda, atık su bitkide verim, N, P, K, Fe, Mn, Zn, Cu, B ve Mo miktarlarını arttırmıştır. Toprakta ise tuzluluk, organik madde, değişebilir Na, K, Ca, Mg, alınabilir P ve mikro elementler artarken, toprak pH'nın azaldığı gözlenmiştir. Yine Kızıloğlu *et al.* (2008) kırmızı lahana ve karnabahar bitkilerine arıtılmış ve arıtılmamış atık sular uygulayarak, bitkilerin bazı kimyasal özelliklerini incelemişlerdir. Çalışmalarında, arıtılmamış atık sular ile sulanan bitkilerde en yüksek verim ve makro-mikro besin elementleri belirlenmiştir. Ancak, toprakta tuzluluk ve ağır metal birikimi gözlenmemiştir. Sonuç olarak, arıtılmış suların uzun vadede, arıtılmamış suların ise kısa vadede tarımsal sulamada kullanılabileceği vurgulanmıştır.

Rai and Tripathi (2008) Hindistanın Lohta yerleşkesi kanalizasyon arıtma tesisinden arıtılmış ve arıtılmamış deşarj suyunun kullanıldığı dört büyük alanda yürüttükleri çalışmada, yaz ve kış sezonlarında, sulama suyu, toprak ve sebzelerin yenilebilir kısımlarından aylık örnekler alarak analizler yapmışlardır. Sulama için kullanılan suda ağır metaller, toprakta ise ağır metaller, organik madde, elektriksel iletkenlik, pH, nitrit-nitrat analizleri yapılmıştır. Çeşitli sebzelerde Cd, Cr, Cu ve Zn miktarlarına bakılmıştır. Çalışmada, patates, soğan, lahana, havuç, ıspanak turp, şalgam, patlıcan ve domates bitkileri incelenmiştir. Bu çalışmanın sonucunda arıtılmış ve arıtılmamış atık sularla sulanan bitkilerde; örneğin şalgam, lahana ve turp gibi sebzelerde ağır metallerin yüksek olduğu ve bitkilerde birikme olabileceğinden dolayı sağlık riski değerlendirmesinin araştırılması gerekliliği ortaya konulmuştur.

Yunanistan Almyros'da sera koşullarında “*titano m*” domates çeşidinde yürütülen bir çalışmada 4 farklı su (gübre uygulamalı temiz ve atık su- gübre uygulamasız temiz ve atık su) uygulaması yapılmıştır. Çalışmanın sonunda, atık suyun toprakta elektriksel iletkenliği, değişebilir Mg, değişebilir sodyum yüzdesi ve çinko miktarını arttırdığı görülmüştür. Toprak katmanları arasında karşılaştırılma yapıldığında A katmanında

(toprağın en üst kısmı) karbon miktarı açısından uygulamalarla üç kat artış gözlenmiştir. Topraklardaki Na ve Mg birikimine bakıldığında A ve B katmanlarının her ikisinde Na ve Mg miktarları yükselmiş, Ca ise sadece B katmanında yüksek bulunmuştur. Bunun yanı sıra ağır metallerde Fe konsantrasyonunda azalma gözlenirken, Mn, Cu ve Zn atık su kullanımından etkilenmemiştir. Bitkide su kullanım randımanı ve kütle ağırlığı atık su uygulamalarında yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak, suyun sınırlı olduğu koşullarda atık suyun tarım için hem su kaynağı hem de inorganik gübre olarak kullanılabilmesi vurgulanmıştır (Samaras *et al.* 2009).

Fan *et al.* (2011) Çin'de yapmış oldukları çalışmada patates yetiştiriciliğinde atık sulardaki ağır metal içeriği ve dağılımının etkilerini kısmi kök kuruluğu (PRD) tekniğiyle incelemiştir. Çalışma sonunda, farklı sulama uygulamalarında patateste Zn, Cu, Pb ve Cd gibi ağır metallerin birikimi gözlenmiştir. Cd birikimi, patates yaprak saplarında, köklerde ve yumrulara olmuştur. Pb birikimi, yaprak kökünde, gövdede ve yumruda olmuştur. Zn ve Cu birikimi ise yaprak köklerinde ve yumrulara olmuştur. Zn, Cu, Pb ve Cd gibi ağır metal içerikleri sulama uygulamalarında ulusal standart değerlerinin altında gözlenmiş ve bu nedenle patates yetiştiriciliğinde su tasarrufu sağlayan PRD sulama tekniği ile atık suyun güvenle kullanılabilmesi vurgulanmıştır.

Abdelrahman *et al.* (2011) Umman'da su kalitesinin etkilerini belirlemek amacıyla 2006-2007 yıllarında yaptıkları çalışmada, farklı su miktarları ve iki çeşit su kaynağı (arıtılmış atık su ve temiz su) kullanmışlardır. Deneme boyunca toprakta tuz ve nem içeriği devamlı takip edilmiştir. Çalışmanın sonunda, toprak nem içeriğinin temiz su ile sulanan kısımda daha yüksek olduğu, ayrıca toprak derinliği arttıkça nem içeriğinin azaldığı gözlenmiştir. Tuz içeriğine bakıldığında ise, arıtılmış atık su ile sulanan toprak katmanlarından aşağılara daha fazla tuzun süzüldüğü görülmüştür. Toprağın pH'ı her iki uygulamada da deneme sonrası deneme öncesine göre azalmıştır. Sodyum absorpsiyon oranı her iki uygulamada sezon sonunda düşük bulunmuştur. Arıtılmış atık su ve temiz su ile sulanan mısır bitkisinde ise, N miktarı dışında iki uygulama arasında kimyasal bileşim üzerinde önemli bir etki olmamıştır. N arıtılmış atık su ile sulanan bitkilerde

daha yüksek bulunmuştur. Çalışma sonunda, Oman bölgesinde arıtılmış atık su ile mısır bitkisinin sulanabileceği sonucuna varılmıştır.

İtalya'da yapılan bir çalışmada domates ve patlıcan bitkileri farklı sulama stratejileri uygulanarak atık su ile sulanmış, hem atık su hem de temiz su yüzeysel ve yüzey altı damla sulama ile bitkilere verilmiştir. Çalışmanın sonucunda, atık su uygulamalarında bitki verimlerinin normal sulama suyuna göre domates bitkisinde %20, patlıcan bitkisinde ise yaklaşık %22 oranında arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, plastikle kaplama ve malçlama gibi uygulamalarla birlikte su kullanım randımanının arttırılabileceği vurgulanmıştır. Bitkilerde oluşabilecek mikrobiyal kirlenmenin ise minimum düzeyde olduğu ve o bölge için atık suların sulamada kullanılabileceği önerilmiştir (Cirelli *et al.* 2012).

Erzurum koşullarında arıtılmış atık suların tarımsal sulama açısından yeniden kullanım olanaklarının incelenmesi amacıyla yürütülen bir çalışmada temiz su, filtre edilmiş atık su, filtre edilmiş ve havalandırılmış atık su ve filtre edilmiş 1:1 oranında temiz su ile seyreltilmiş atık su olmak üzere dört farklı nitelikteki su, damla sulama yöntemiyle karnabahar ve kırmızı lahana bitkilerinin sulanmasında kullanılmıştır. Çalışma sonunda, temiz su ile sulanan alanlara göre, atık su konularında organik madde, tuzluluk, değişebilir sodyum yüzdesi, makro ve mikro element içeriklerinde artış gözlenirken, pH ve CaCO<sub>3</sub> değerlerinde düşüşler gözlenmiştir. Ayrıca atık su ile sulanan alanlardaki toprakların agregat stabiliteleri artarken, infiltrasyon hızlarında da azalmalar belirlenmiştir. Karnabahar ve kırmızı lahana bitkilerinde atık su konularında verim artışı gözlenirken, ağır metal içeriklerinde de bir miktar artış olmuştur. Sonuç olarak, filtre edilmiş ve filtre edilip havalandırılmış atık suların kısa vadede, seyreltilmiş atık suların ise uzun vadede herhangi bir probleme neden olmadan kullanılabileceği öngörülmüştür (Tunç 2013).

Tunc and Sahin (2015) çalışmalarında, 4 farklı su kalitesi kullanarak (filtrelenmiş atık su, filtre edilmiş ve havalandırılmış atık su ve filtre edilmiş 1:1 oranında temiz su ile seyreltilmiş atık su ve temiz su) atık suların toprakların fiziksel ve kimyasal



özelliklerine etkisini incelemişlerdir. Toprakların EC ve organik karbon içeriği atık sulama uygulamalarında, kontrol olan temiz sudan daha yüksek belirlenirken, değişebilir sodyum yüzdesi düşük olmuştur. Özellikle filtrelenmiş atık su ve filtre edilmiş ve havalandırılmış atık su uygulamalarında toprakta agregat stabilitesi daha yüksek belirlenmiştir. Atık su uygulamalarının toprakta tane yoğunluğuna etkisi olmazken, kütle yoğunluğunu ve poroziteyi arttırdığı gözlenmiştir. Toprakta, toprak neminin mikro gözeneklerin artması nedeniyle artarken, infiltrasyon hızının ise makro gözeneklerin azalmasıyla azaldığı vurgulanmıştır.

Alrajhi *et al.* (2015) çalışmalarında, üç farklı kalitede su (atık su, çeşme suyu ve atık-çeşme karışımı su) ve beş farklı sulama stratejisi (%100 tam sulama, %75 PRD, %50 D, %75 PRD ve %50 D) ile domates bitkisi yetiştirmişlerdir. Çalışma sonucunda, toprağın üst tabakasında tuz birikimi en az %75 PRD uygulamalarında belirlenmiştir. Atık su uygulamalarında toprakta toplam azot ve toplam karbon artışı temiz su %100 tam sulama uygulaması ile karşılaştırıldığında sırasıyla %4 ve %7 olmuştur. Ancak toprakta SAR miktarında sulama stratejileri ve su kaynakları önemli bir farklılık göstermemiştir. Fakat yüksek SAR değerine sahip atık su PRD uygulamalarında SAR miktarı D uygulamalarına göre daha az belirlenmiştir. Çalışmanın sonucunda su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde atık su ile beraber PRD uygulamalarının toprak tuzluluğunu azaltma potansiyeli olduğu ve uygulanabilirliği vurgulanmıştır

## **2.2. Kısmi Kök Kuruluşu (PRD) ve Kısıntılı Sulama (D)**

Kısmi kök kuruluşu tekniğine yönelik ilk çalışmalar, seralarda saksı denemeleri şeklinde olmuştur. Kökleri ikiye ayrılan bitkiler iki farklı saksıda yetiştirilmekte, kökler sulama zamanlarında değişimli olarak sulanmakta ve bir tarafı kuru kalan bitki gelişimini normal bir şekilde devam ettirebilmektedir. Yapılan çalışmada, asmanın kökleri ikiye ayrılıp ayrı saksılara dikilmiştir ve yetiştirme döneminde asmalar saksıdan alınıp araziye aktarılmıştır. Sulama, damla sulama ile tarla kapasitesine gelene kadar yapılmıştır. Çalışmanın sonunda, kısmi kök kuruluşu ve tam sulama uygulamaları karşılaştırıldığında, kısmi kök kuruluşunda %80 oranında stoma iletkenliğinin azaldığı

ancak tam sulamaya göre yapraklarda %60 oranında absisik asit artışının olduğu gözlenmiştir (Stoll *et al.* 2000).

Sardo and Germana (1998) kısmi kök kuruluğu tekniğini, bitki köklerinin su stresine girmesiyle absisik asit gibi birçok kimyasal sinyallerin kökten başlanarak bitkinin tüm aksanlarına iletilmesi ile bitkinin normal gelişme dönemini azaltarak kontrol altına alması olarak bildirmişlerdir.

Tardieu and Davies (1992) su stresi altında mısır bitkisinin absisik asit konsantrasyonunun nasıl etkilendiğini belirlemek amacıyla Thiverval-Grignon'da laboratuvar koşullarında denemeler yapmışlardır. Çalışmanın sonucunda, bitkilerde su kısıntısı ve buna bağlı olarak da su stresine karşı absisik asit miktarının artarak stoma açıklığını azalttığı bildirilmiştir.

Kang *et al.* (1998) Kuzey Çin'de yaptıkları bir çalışmada, kısmi kök kuruluğunun bitki gelişimi üzerine etkisini araştırmak amacıyla mısır köklerini iki ve üçe ayırmışlar ve saksılarda yetiştirmişlerdir. Çalışmanın sonucunda, kökleri iki-üç parçaya ayrılıp sulanan bitkilerde su kullanım randımanı ve kök gelişiminin arttığı gözlenmiştir. Sonuç olarak, iki parçaya ayrılan bitki köklerinin ardışık sulanması ile sudan tasarruf sağlanabileceği ve alternatif sulama yöntemi olarak kullanılabilceği bildirilmiştir.

Çukurova koşullarında, toplam büyüme mevsimi boyunca farklı düzeylerdeki su kısıntısının I. ürün mısır tane verimine ve su kullanım randımanına ( $WUE_{ET}$ ) etkilerini belirlemek amacıyla yürütülen bir çalışmada sulama konuları, her 10 günde bir 120 cm'lik toprak profilinde tüketilen suyun %100 ( $I_{100}$ ), %80( $I_{80}$ ), %60 ( $I_{60}$ ), %40( $I_{40}$ ), %20( $I_{20}$ ), ve %0'ı ( $I_0$ ) uygulanması şeklinde oluşturulmuştur.  $I_{100}$  deneme konusuna göre %20 su kısıntı uygulanan  $I_{80}$  konusundan alınan verim istatistiksel olarak  $I_{100}$  konusundan farklı çıkmamıştır. Bu düzeyden sonra yapılan kısıntılar verimde önemli azalmalara neden olmuştur. Konulara göre sulama suyu kullanım randımanı ( $IWUE$ ), 1,0–2,43 kg/da–mm; su kullanım randımanı ( $WUE_{ET}$ ) ise 0,22 ile 1,25 kg/da–mm arasında değişmiştir (Gençoğlan ve Yazar 1999).

Avustralya’da yapılan bir çalışmada su kullanım randımanını belirlemek amacıyla kısmi kök kuruluğu ve tam sulama tekniklerinin her ikisi damla ve salma sulama koşullarında bitkilere uygulanmıştır. Araştırma sonunda tam sulama ile kısmi kök kuruluğu yöntemleri karşılaştırılmış, salma sulama yönteminde kısmi kök kuruluğu sulama tekniğiyle %40 su tasarrufu sağlanmış ve damla sulama yönteminde ise su stresi etkileri olmamış ve %80’i aşan su tasarrufu sağlanmıştır (Loveys *et al.* 2000).

Sera koşullarında yetiştirilen domates bitkisinde kısmi kök kuruluğu sulama tekniği kullanılarak su kısıtlamasının araştırıldığı bir çalışmada bitki büyümesi, verim ve meyve kalitesindeki değişimler incelenmiştir. Denemede, tam sulama, %30 ve %50 kısıntıların yapıldığı PRD ve D uygulamaları karşılaştırılmıştır. Çalışma sonucunda, en iyi bitki gelişimi, en yüksek verim ve en kaliteli meyveler ilk olarak kontrol uygulaması olan tam sulama konusunda, sonrasında ise %50 PRD yönteminde belirlenmiştir. %50 D uygulaması ise bitki gelişimi, verim ve meyve bakımından en son sırada yer almıştır. Su kullanım randımanı bakımından ise %50 PRD uygulaması ilk sırada yer almıştır. Bu uygulamayı sırasıyla %50 D ve %30 D uygulamaları ve %30 PRD uygulaması izlemiştir. Tam sulama uygulaması ise su kullanma randımanı bakımından son sırada yer almıştır (Ekici 2002).

Domateste su kısıntısının ve kısmi kök kuruluğu sulamasının, meyve kalitesine ve meyve kuru ağırlığına olan etkisini araştırmak amacıyla Yeni Zelanda’da yapılan bir çalışmada uygulamalar; kökün her iki tarafının sulandığı tam sulama (kontrol), yine kökün her iki tarafının sulandığı kısıntılı sulama ve sadece kökün bir tarafının sulandığı kısmi kök kuruluğu yöntemlerinden oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda, uygulamalar arasında meyve ağırlıkları önemsiz bulunmuştur. Meyve sayısı ve meyve su içeriği, tam sulama konusuna göre, kısıntılı ve kısmi kök kuruluğu sulama yöntemlerinde azalmıştır. Suda çözünür kuru madde ise kısıntılı ve kısmi kök kuruluğu uygulamalarında, tam sulama uygulamasından daha fazla bulunmuştur. Meyve olgunluğunun kısmi kök kuruluğu yönteminde daha ileri olduğu gözlenmiştir. Kuru madde ağırlığı ve meyve kalitesi kısıntılı sulama ve kısmi kök kuruluğu uygulamalarında aynı olmuştur. Sulama suyu kullanım randımanı, kısmi kök kuruluğu

uygulamasında en fazla olmuştur. Kısmi kök kuruluğu uygulamasında %50 su tasarrufu sağlanarak, kısıntılı sulama uygulamasıyla aynı olgunlukta meyveler elde edilmiştir. Sonuç olarak, su miktarının sınırlı olduğu alanlarda su tasarrufu için kısıntılı sulama ve kısmi kök kuruluğu yönteminin uygulanabilirliğinin mümkün olduğu vurgulanmıştır (Zebge-Dominguez *et al.* 2003).

Stikic *et al.* (2003) Sırbistan'da yapmış oldukları saksı denemesinde, domates bitkisinin köklerini ikiye ayırmışlar ve PRD tekniğinin domates bitkisine etkisini araştırmışlardır. Çalışmanın sonucunda, PRD tekniğinde denemeler boyunca tam sulama yöntemine göre bitki boyunda azalmalar olduğu görülmüştür. PRD tekniğinde, gaz değişimi beklenenden çok az olmuştur. Çalışmada, PRD'nin stoma iletkenliği ve fotosentez üzerine hiçbir etkisi bulunmamıştır. PRD'nin domates meyve sayısını azalttığı ancak, meyve ağırlığı ve meyve çapına etkisinin olmadığı görülmüştür. Sonuç olarak, kısmi kök kuruluğu sulama yönteminin su kullanım randımanında etkili olduğu ve su kullanım randımanını arttırdığı vurgulanmıştır.

Kırda *et al.* (2004) Adana'da yapmış oldukları çalışmada, sera domatesinde yeni bir teknik olarak kullanılmaya başlanılan ve su tasarrufu sağlayan kısmi kök kuruluğu (PRD) uygulamasını test etmişlerdir. Sulamada, 6 sulama konusu oluşturulmuştur. PRD uygulamasında her sulamada dönüşümlü olarak kökün bir tarafı sulanmıştır. Çalışmanın sonucunda, %50 su kısılan PRD uygulamasının verim sonuçları ile tam sulama uygulaması arasında istatistiksel olarak bir fark bulunmamıştır. Ayrıca su kullanım randımanı %56 daha yüksek bulunmuştur. Geleneksel kısıntılı sulama ile karşılaştırıldığında ise, PRD uygulamasının verim değerleri %10-27 arasında daha yüksek olmuştur. Sonuç olarak, PRD uygulamasının geleneksel kısıntılı sulamaya göre avantajlı olabileceği ve yüksek verim elde edilebileceği vurgulanmıştır.

Altunbey (2005) yeşil fasulyenin tam ve yarı ıslatmalı (PRD) toprakaltı damla sulamaya tepkisini belirlemek amacıyla Kahramanmaraş'ta bir çalışma yürütmüştür. Çalışmada, Class A Pan'dan buharlaşan su miktarının %60 (Kcp1), %80 (Kcp2), %100 (Kcp3) ve %120 (Kcp4) dört farklı oranları kullanılarak, tam (S100) ve yarı ıslatmalı (S50) olarak

sulama uygulamaları yapılmıştır. Çalışmanın sonucunda, S50Kcp4 sulama konusunda, sulama programı başladıktan sonra %40, tüm gelişme dönemi boyunca ise %16 su tasarrufu sağlanmıştır. Kısmi kök kuruluğu sulama tekniğinin, sulama suyu kullanım randımanını, su kullanım randımanını ve verim tepki etmenini arttırdığı belirlenmiştir. Ayrıca, yarı ıslatmalı toprak altı damla sulama uygulamasının verim ve bitkisel özelliklere olumsuz bir etkisinin olmadığı vurgulanmıştır.

Bitkilerin değişimli su ilişkilerine karşı göstermiş oldukları tepkilerin hormonal sinyallerle alakalı olduğu hipotezini araştırmak amacıyla Fas Marakeş’de laboratuvar koşullarında yapılan bir çalışmada, fasulye bitkisinde kısmi kök kuruluğu tekniği (PRD) ve kısıntılı sulama (D) karşılaştırılarak bitki gelişimi, absisik asit konsantrasyonu ve ksilemde pH ilişkileri incelenmiştir. Denemelerde, kökleri ayrı olarak yetiştirilmiş bitkilere tam sulama, köklerin ardışık sulandığı %50 PRD ve köklerin her ikisinin de sulandığı %50 kısıntılı sulama uygulaması yapılmıştır. Çalışma sonucunda, PRD ve D uygulamalarında yaprak su potansiyeli tam sulamaya göre azalmıştır ancak iki uygulama arasındaki fark önemli olmamıştır. PRD ve D uygulamalarının her ikisinde gövde ve kabuk biokütlesinde azalışlar görülmüştür. PRD ve D uygulamalarının her ikisinde de transpirasyondaki azalıştan dolayı toplam su kullanımı azalmış ve bu da bitkide su kullanım randımanını arttırmıştır. Absisik asit (ABA) miktarı ilk 25 günde aynı kalmış ancak daha sonra D uygulamasında birikim daha fazla olmuştur. Sonuç olarak, su kısıntısı uygulamaları sonucu oluşan su stresinde bitki büyümesi, su ilişkileri, gaz değişimi, yaprakta ABA içeriği ve ksilem pH’ında önemli bir etkilenme olmamıştır (Wakrim *et al.* 2005).

Liu *et al.* (2006) Taastrup- Danimarka’da laboratuvar koşullarında yaptıkları çalışmada, kısmi kök kuruluğu (PRD) sulama tekniğini diğer sulama stratejileri (tam ve kısıntılı sulama) ile karşılaştırarak, PRD tekniğinin patates bitkisine olan morfolojik ve fizyolojik etkileri belirlenmeye çalışılmıştır. Patates bitkisi, iki toprak kolonu arasında kökler eşit olacak şekilde saksılarda yetiştirilmiştir. Tam sulamada bitkinin ayrılan her iki kökü tamamen, kısıntılı sulamada %50 sulanmış ve kısmi kök kuruluğu tekniğinde ise önce kökün bir tarafı %50 sulanmış ve sonraki sulamada diğer kök %50 sulanmıştır.

Çalışma sonucunda, tam sulanan bitkilerde fotosentez, stoma iletkenliği ve terleme daha fazla olmuştur. Tam sulama ile karşılaştırıldığında kısıntılı sulama ve PRD uygulamalarının her ikisinde de kütle ve yaprak alanlarında önemli azalışlar görülmüştür. Su kullanımı, PRD ve kısıntılı sulamada tam sulamaya göre %37 daha az olmuştur. Sonuç olarak, PRD'nin kısıntılı sulama ile aynı miktarda (%50) sulama yapılmasına rağmen patates bitkisinde biokütle üretimi ve su kullanım randımanında avantaj sağlamadığı öngörülmüştür.

Shahnazari *et al.* (2007) 2004 ve 2005 yıllarında Danimarka'da yapmış oldukları çalışmada patates bitkisinde yüzey altı sulama ile 2 farklı su uygulamasını (tam sulama ve kısmi kök kuruluğu) incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, stoma iletkenliğinin PRD uygulamasında tam sulamaya göre daha az olduğu belirlenmiştir. Yaprak su potansiyeli ise sadece birkaç örnekte tam sulama uygulamasından daha düşük bir değişim göstermiştir. Yetiştirme periyodu boyunca 5 kez hasat yapılmış ve yaprak alan indeksi, kuru madde ve yumru verimi gibi parametrelerde uygulamalar arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Tam sulama ile kıyaslandığında, PRD uygulaması %30 sulama suyu tasarrufu ile yumru verimini sağlamış ve %61 sulama suyu kullanım randımanı ile öne çıkmıştır. Sonuç olarak, PRD uygulamasının su tasarrufu sağlayarak patates üretiminde gelecek vadede bir sulama stratejisi olduğu vurgulanmıştır.

Zebge *et al.* (2007) Yeni Zelanda koşullarında yürüttükleri çalışmalarında *Petopride* çeşidi sanayi domatesini tam sulama (kontrol), kısmi kök kuruluğu (PRD) ve kısıntılı sulama (D) uygulamaları ile sulamıştır. Çalışma sonunda, yaprak su potansiyeli, toplam bitki yaş ağırlığı ve toplam kuru ağırlık parametreleri kısıntılı sulama uygulamasında diğer iki uygulamadan daha düşük olmuştur. PRD uygulamasında su kullanım randımanı, tam sulama uygulamasına göre %83 daha fazla belirlenmiştir. Kısıntılı sulama uygulamasında kuru gövde ve yaprak ağırlığı daha fazla belirlenirken, meyve ağırlıklarının; tam sulama uygulamasına göre kısmi kök kuruluğu ve kısıntılı sulama uygulamalarında daha düşük olduğu görülmüştür. Meyve su içerikleri ve meyve renkleri uygulamalar arasında aynı bulunurken, suda çözünür katı katı madde miktarları tam sulama uygulamasına göre PRD ve D uygulamalarında daha fazla belirlenmiştir. Yaprak

kalsiyum miktarı, PRD ve D uygulamalarında tam sulamaya göre daha düşük olurken, çiçek açma oranı daha yüksek olmuştur. Sonuç olarak, kısmi kök kuruluğu sulama uygulamasının kısıntılı sulama uygulamasından daha avantajlı olduğu ve su kaynaklarının kıt ve yetersiz olduğu alanlarda rahatlıkla uygulanabileceği önerilmiştir.

Gökçel (2008) 2006 yılında Çukurova koşullarında II. ürün mısır verimi ve su kullanma randımanı üzerine kısıntılı sulama ve yarı ıslatmalı (PRD) sulama uygulamalarının etkilerini belirlemek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Çalışmanın sonucunda, en fazla verim tam sulama konusundan elde edilirken, kısıntılı sulama ve PRD konularında elde edilen verimler ise benzerlik göstermiş ve konular arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. %75 PRD konusunda  $1,77 \text{ kg/m}^3$  ile en yüksek su kullanım randımanı elde edilirken, %100 tam sulama konusunda en düşük su kullanım randımanı  $1,54 \text{ kg/m}^3$  olarak hesaplanmıştır.

Ahmadi *et al.* (2011) Danimarka’da yaptıkları arazi çalışmasında, lizimetreler ve farklı sulama stratejileri [tam sulama, kısıntılı sulama (D) ve kısmi kök kuruluğu (PRD)] kullanarak patates bitkisinin kök dağılımını incelemişlerdir. Sulamalar üç farklı toprak tipine (kaba kum, tınlı kum ve kumlu tın) uygulanmıştır. Sulama konuları, yumru büyümesi ile başlamış ve son hasada kadar devam ettirilmiştir. PRD ve D uygulamalarında tam sulamanın %65’i su uygulanmıştır. Çalışmanın sonunda, su tasarrufu sağlayan PRD ve D uygulamalarının bitkinin kuru madde ağırlığı, kök uzunluğu ve yoğunluğunda tam sulama ile karşılaştırıldığında hiçbir fark oluşturmadığı gözlenmiştir. En fazla kök yayılmasının toprak tipleri arasında “kaba kumlu” toprakta olduğu belirlenmiştir. En fazla kök derinliğinin ise “tınlı-kum” toprakta olduğu görülmüştür. Ayrıca, PRD uygulamasında yüksek absisik asit (ABA) üretiminin kök hidrolik iletkenliğini arttırdığı ve bitkinin daha fazla su çekmesini kolaylaştırdığı gözlenmiştir.

Özbahçe vd. (2012) 2004-2005 yılları arasında yaptıkları çalışmada domates bitkisinde toprak nemini izleyerek farklı sulama düzeylerinin etkilerini belirlemeye çalışmışlardır. Deneme konularını 4 farklı sulama düzeyi ( $I_1$ = tam sulama,  $I_2$ =%25,  $I_3$ = %50 ve  $I_4$ =

%75 kısıntı) oluşturmuşlardır. Tam sulama uygulamasında, 0-60 cm'deki eksik nemi 7 günde bir tarla kapasitesine tamamlamışlardır. İki yıllık deneme sonuçlarına göre; her iki yılda en iyi pazarlanabilir meyve verimini (71,05-73,35 t ha<sup>-1</sup> ) I<sub>1</sub> konusundan elde etmişlerdir.

Sahin *et al.* (2014)'in Erzurum koşullarında yapmış oldukları çalışmada, kurak ve yarı kurak bölgelerde sürdürülebilir üretim stratejileri kapsamında suyun etkin kullanımı araştırılmıştır. Bunun için, şeker pancarı bitkisi farklı sulama teknikleri (tam sulama ve PRD), farklı sulama aralıkları (4 ve 8 gün) ve üç farklı sulama düzeyi (0,7, 0,6 ve 0,5) uygulanarak sulanmıştır. Çalışmanın sonunda, sulama tekniklerinin ve düzeylerinin verimde etkili olduğu gözlenmiştir. Bitki verimleri, tam sulama uygulamasında 33,80 t/ha, PRD uygulamasında ise 26,43 t/ha olarak belirlenmiştir. Ayrıca sulama miktarı ile verim arasındaki ilişki her iki uygulamada da önemli bulunmuştur. Sulama suyu kullanım randımanı, PRD uygulamasında tam sulamaya göre %34,9 daha fazla olmuştur. Çalışmanın sonucunda, sulama suyu kullanım randımanının yüksek ve verim azalmasının düşük olduğu PRD sulama tekniğinin, su kaynaklarının kıt olduğu yarı kurak bölgelerde uygulanabilecek iyi bir yöntem olduğu vurgulanmıştır.

Erzurum koşullarında yapılan iki yıllık bir arazi çalışmasında, kısmi kök kuruluğu tekniğinin silajlık mısırın verim, gelişme, kalite ve sulama suyu kullanım randımanı üzerine etkileri araştırılmıştır. Sulama konuları tam sulama ve PRD, üç farklı sulama seviyesi ve iki farklı sulama aralığı şeklinde oluşturulmuştur. Çalışmanın sonucunda, uygulamaların silajlık mısırın kalite parametreleri üzerine etkisinin olmadığı gözlenmiştir. Ancak, PRD sulama tekniğinin suyun kısıtlı olduğu bölgelerde yüksek sulama suyu kullanım etkinliği sağladığı için uygulanabileceği öngörülmüştür (Ors *et al.* 2015).



### 3. MATERYAL ve METOD

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Deneme alanının konumu

Deneme alanının denizden ortalama yüksekliği 1030 m olup,  $38^{\circ}53'01,91''$  ile  $38^{\circ}53'01,52''$  K enlemi ile  $40^{\circ}32'57,82''$  ile  $40^{\circ}32'56,73''$  D boylamı arasında yer almaktadır (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Deneme alanı

##### 3.1.2. İklim özellikleri

Bingöl'de egemen olan karasal iklim nedeniyle yaz-kış ve gece-gündüz arasındaki sıcaklık farkları çok fazladır. Kışları soğuk ve yağışlı, yazları ise sıcak ve kurak geçmektedir. Yağışlar kışın yoğun kar yağışı halinde, ilkbahar ve sonbahar mevsimlerinde ise genellikle yağmur şeklinde olmaktadır. En düşük sıcaklık Ocak-Şubat, en yüksek sıcaklık ise Temmuz-Ağustos aylarında görülmektedir (Anonim 2006).

Genel olarak ilkbaharla birlikte hava ısınmaya başlar. Ancak çevredeki dağların yüksekliği nedeniyle dağlık bölgeler nispetten soğuktur. Rüzgârlar da genelde kuzey rüzgârlarıdır.

Bingöl iline ait meteoroloji istasyonundan alınan bazı iklim parametrelerinin uzun yıllar ortalamaları ve denemelerin yürütüldüğü 2013 ve 2014 yıllarındaki değerleri Çizelge 3.1’de verilmiştir.

**Çizelge 3.1.** Bingöl ilinin uzun yıllar ve deneme yıllarına ilişkin iklim verileri (Anonim 2015a)

	Parametre	Mayıs <sup>&amp;</sup>	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül <sup>&amp;</sup>
<b>Uzun Yıllar (1960-2013)</b>	Ortalama Sıcaklık (°C)	16,3	22,1	26,7	26,4	21,1
	Ort. En. Yük. Sıcaklık (°C)	33,4	39,0	42,0	41,3	37,8
	Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	1,0	3,5	8,8	7,8	4,2
	Güneşlenme Süresi (h)	7,31	9,40	9,54	9,24	8,31
	Yağış (kg/m <sup>2</sup> )	75,1	20,6	5,7	3,3	10,4
	Rüzgar Hızı (m/s)	1,9	2,1	2,2	2,1	1,9
	Bağıl Nem (%)	55,8	43,5	35,9	35,1	41,0
	Buharlaşma (mm)	116,5	179,1	231,2	221,7	158,2
<b>2013</b>	Ortalama Sıcaklık (°C)	17,0	22,8	27,2	26,4	20,3
	Ort. En. Yük. Sıcaklık (°C)	24,1	30,1	34,3	34,0	28,0
	Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	10,8	15,0	20,0	19,1	12,4
	Güneşlenme Süresi (h)	6,56	8,84	9,39	9,19	7,95
	Yağış (kg/m <sup>2</sup> )*	7	6,2	-	-	10,9
	Rüzgar Hızı (m/s)	0,91	1,04	1,28	1,08	0,83
	Bağıl Nem (%)	53,3	33,3	26,4	26,2	34,5
	Buharlaşma (mm)*	12	181	278	255	111
<b>2014</b>	Ortalama Sıcaklık (°C)	16,7	22,0	27,2	27,4	20,9
	Ort. En. Yük. Sıcaklık (°C)	24,7	29, 8	35,2	36,1	29,0
	Ort. En Düşük Sıcaklık (°C)	10,9	15,2	19,5	20,0	14,1
	Güneşlenme Süresi (h)	6,56	8,58	8,54	8,77	7,86
	Yağış (kg/m <sup>2</sup> )*	0,41	23,4	4,88	7,53	-
	Rüzgar Hızı (m/s)	0,96	1,01	0,95	0,93	0,75
	Bağıl Nem (%)	48,9	34,6	25,9	23,4	35,3
	Buharlaşma (mm)*	0,95	215	216,9	203,5	114

<sup>&</sup>2013 ve 2014 yılı Mayıs ve Eylül ayı değerleri vejetasyon periyodunu kapsamaktadır

\*2013 ve 2014 yılları yağış ve buharlaşma değerleri deneme alanına kurulu Plüviyometre ve A Sınıfı Buharlaşama Kabı ile ölçülmüştür

### 3.1.3. Toprak özellikleri

Bingöl ilinde büyük toprak grubu olarak iki çeşit toprak bulunmaktadır. Bunlar kahverengi ve kırmızı kahverengi topraklardır (Anonim 2006).

Deneme alanında toprak özelliklerini belirlemek amacıyla profil açılmış, açılan toprak profilinin 0-30, 30-60 ve 60- 90 cm katmanlarından bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmış ve örnekler üzerinde fiziksel, kimyasal ve hidrolik toprak özellikleri tayin edilmiştir. Fiziksel ve hidrolik özelliklere ilişkin sonuçlar Çizelge 3.2’de verilmiştir. Kimyasal özellikler ve ağır metal miktarlarına ilişkin sonuçlarda Çizelge 3.3 ve 3.4’de verilmiştir.

Yapılan analizler sonucunda, 0-90 cm arasında toprağın bünyesi ince bünyeli (kil), kütle yoğunluğu 1,30-1,36 g/cm<sup>3</sup>, tane yoğunluğu 2,59-2,61, porozitesi %47,8-49,8, agregat stabilitesi %39,8-52,9 arasında belirlenmiştir. Etkili kök derinliğinde toprağın su tutma kapasitesi 142,6 mm’dir (Çizelge 3.2). Yine 90 cm’lik derinlikten alınmış toprağın pH’sı 7,92-8,01, elektriksel iletkenliği (EC) 0,450-0,528 dS/m, CaCO<sub>3</sub> miktarı %2,1-4,6, organik madde miktarı %1,01-1,60, azot miktarı (Toplam N) %0,050-0,076, potasyum miktarı (K<sub>2</sub>O) 58,8-71,2 kg/da, fosfor içeriği (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) 1,5-8,3 kg/da, katyon değişim kapasitesi (KDK) 32,9-37,5 cmol/kg arasında değişmiştir (Çizelge 3.3). Deneme öncesi toprakların Fe miktarı 14,5-15,7 mg/kg arasında, Zn miktarı 0,4-0,8 mg/kg arasında, Cu miktarı 0,6-0,8 mg/kg arasında, Mn miktarı 11,3-13,2 mg/kg arasında, Cd miktarı 0,2-0,3 mg/kg arasında, Ni miktarı 0,9-1,9 mg/kg arasında, Pb miktarı 0,050-0,093 mg/kg arasında ve B miktarı 0,51-0,57 mg/kg arasında değişmiştir (Çizelge 3.4).

**Çizelge 3.2.** Ekim öncesi deneme alanı toprağının bazı fiziksel ve hidrolik özellikleri

Derinlik (cm)	Dane İrilik Dağılımı (%)			Bünye Sınıfı	Tarla Kapasitesi Pw (%)	Solma Noktası Pw (%)	Yarayışlı su (mm)	Tane Yoğunluğu	Kütle Yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> )	Porozite (%)	Agregat Stabilitesi (%)
	Kum	Silt	Kil								
0-30	30,2	28,6	41,2	Kil	28,5	17,2	44,1	2,59	1,30	49,8	39,8
30-60	26,4	29,1	44,5	Kil	30,3	18,1	47,9	2,60	1,31	49,6	52,9
60-90	27,4	27,9	44,7	Kil	30,8	18,4	50,6	2,61	1,36	47,8	49,2

**Çizelge 3.3.** Ekim öncesi deneme alanı toprağının bazı kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	EC dS/m	pH	Organik Madde (%)	CaCO <sub>3</sub> (%)	N (%)	K <sub>2</sub> O kg/da	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> kg/da	Na cmol/kg	K cmol/kg	Ca cmol/kg	Mg cmol/kg	KDK cmol/kg	ESP (%)
0-30	0,528	8,01	1,6	4,6	0,076	71,3	8,3	0,5	0,7	25,1	5,6	32,9	1,52
30-60	0,509	7,94	1,3	3,4	0,067	66,2	5,7	0,4	0,7	28,7	4,63	36,5	1,10
60-90	0,450	7,92	1,1	2,1	0,050	58,8	1,5	0,4	0,6	29,4	4,84	37,5	1,07

**Çizelge 3.4.** Ekim öncesi deneme alanı toprağının ağır metal miktarları

Derinlik (cm)	Fe (mg/kg)	Zn (mg/kg)	Cu (mg/kg)	Mn (mg/kg)	Cd (mg/kg)	Ni (mg/kg)	Pb (mg/kg)	B (mg/kg)
0-30	14,5	0,6	0,6	13,2	0,2	1,9	0,093	0,57
30-60	15,7	0,8	0,8	11,3	0,3	1,4	0,091	0,51
60-90	15,0	0,4	0,8	12,7	0,3	0,9	0,050	0,54

### 3.1.4. Sulama suyu

Uygulamalarda temiz su ve arıtılmış atık su olmak üzere iki farklı kalitedeki su kullanılarak denemeler yürütülmüştür. Temiz su, sulama dönemlerinde arazinin başında bulunan açık sulama kanalına bırakılan Gayt barajından, arıtılmış atık su ise Bingöl ili atık su arıtma tesisi çıkışından alınmıştır (Şekil 3.6).

Atık su, sulama zamanlarında arıtma tesisinden motopomp yardımıyla alınıp atık su tankına doldurulmuş ve araziye bu tanktan uygulanmıştır. Benzer şekilde temiz su da kanaldan temiz su tankına alınarak uygulanmıştır.

Sulama sularının kalite özellikleri Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’de verilmiştir.



**Şekil 3.2.** Bingöl ili atık su arıtma tesisi (a) ve Gayt barajı ve açık kanallı sulama şebekesi (b)

### 3.1.5. Bitki özellikleri

Domates ekim alanı, üretimi ve tüketimi bakımından önemli bir bitkidir. Ülkemizde 1900 yılları başında Adana yöresinde yetiştirilmeye başlandığı bilinmektedir.

Domates bitkisinde optimum büyüme için en uygun sıcaklık isteği 20-27 °C arasındır. Meyve bağlama 30°C üstünde ve 10°C altında çok zayıf olur. Bitki dona karşı çok hassas olup -3°C'de tamamen ölebilir. Gece ve gündüz arasındaki sıcaklık değişiminin büyük olması verimi olumsuz etkiler.

2013 yılı itibariyle Bingöl ilinde üretimi yapılan sebzeler ve üretim miktarları Çizelge 3.5'de verilmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi toplam üretimin %18'ini domates oluşturmaktadır.

**Çizelge 3.5.** Bingöl ilinde yetiştirilen sebze çeşitleri (Anonim 2013b)

Sebze	EKİLEN ALAN (Dekar)	ÜRETİM (Ton)
Marul (Göbekli)	172	369,8
Maydonoz	10	18,7
Fasulye (Taze)	2291	1591
Balkabağı	7	5075
Kavun	56	160,2
Karpuz	6150	19695
Kabak (Sakız)	69	180,1
Hıyar (Sofralık)	940	1593
Patlıcan	256	333,3
Domates (Sofralık)	3029	7084
Biber (Dolmalık)	1628	1924
Soğan (Taze)	129	152,5
<b>GENEL TOPLAM</b>	<b>14737</b>	<b>38177</b>

Orta ve Doğu Anadolu bölgelerinde domates yetiştiriciliğinde Mayıs ve Haziran aylarında fide dikimi yapılmaktadır (Anonim 2008). Denemede, Bingöl ilinde sık ekilen Vilmorin Joker-F1 domates (*Lycopersicon esculentum*) çeşidi kullanılmıştır. Fideler

2013 deneme yılında 20 Mayıs tarihinde, 2014 deneme yılında ise 31 Mayıs tarihinde tarlaya dikilmiştir.

### 3.2. Yöntem

#### 3.2.1. Bitkide kültürel işlemler

Dikimden önce toprak pullukla işlenmiş, iri kesekler kırılmış, arazi yüzeyi tesviye edilerek dikime uygun koşullar hazırlanmıştır (Şekil 3.2 ve 3.3). Parsellere domates fide dikimi 100 cm sıra arası ve 50 cm sıra üzeri olacak biçimde 5 sıra halinde yapılmıştır (Şekil 3.4). Yabancı ot mücadelesi el yardımı ve ilk hasata kadar üç kez çapalama yoluyla yapılmıştır. Gübrelemede azotlu, fosforlu ve potaslı gübreler kullanılmıştır. Dikimden önce dekara 50 kg olacak şekilde kompoze Diamonyum Fosfat (DAP) (20:20:0) gübresi uygulanmıştır. Gübreleme işlemi %30 örtü düzeyi sağlanıp sulama konuları başlayana kadar her bitkiye eşit olacak şekilde dikimden sonra 15:15:15 ve 13-0-45,5 gübreleri her sulamada 10 kg olmak üzere, toplamda ise 50 kg gübre damla sulama sistemi ile bitkilere verilmiştir. Dikimden sonra her iki yılda da danaburnu böceği ile mücadele için Korban-4 insektisit böcek ilacı kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Deneme alanının sürülmesi



Şekil 3.4. Deneme alanında toprak hazırlığı



Şekil 3.5. Fide dikimi



Hasatlar, kenar tesirleri dikkate alınarak her parselde kenar sıraları ile baş ve sondan birer bitki atılmış ortadaki üç sıradan (hasat alanı) 2013 yılında 17 Ağustos tarihinde başlamış ve 10 Ekim tarihinde bitirilmiştir, 2014 yılında ise 24 Ağustos tarihinde başlamış olup 4 Ekim tarihinde bitirilmiştir (Şekil 3.6).



**Şekil 3.6.** Hasat ve tartım işlemleri

### **3.2.2. Sulama sistemi ve deneme deseni**

Sulamada, damla sulama yöntemi kullanılmıştır. Damla sulama sistemi kontrol ünitesi (hidrosiklon, gübre tankı, manometre, disk filtre, basınç regülatörü, manometre ve vanalar) ve iletim-dağıtım hattından oluşturulmuştur (Şekil 3.7). İletim-dağıtım hattında ana boru, manifold borular ve lateraller bulunmaktadır. 16 mm çapında polietilen lateral borular, debileri 1 atm basınçta 4 L/h olan boru içerisine 25 cm aralıklarla geçik damlatıcılara sahiptir.



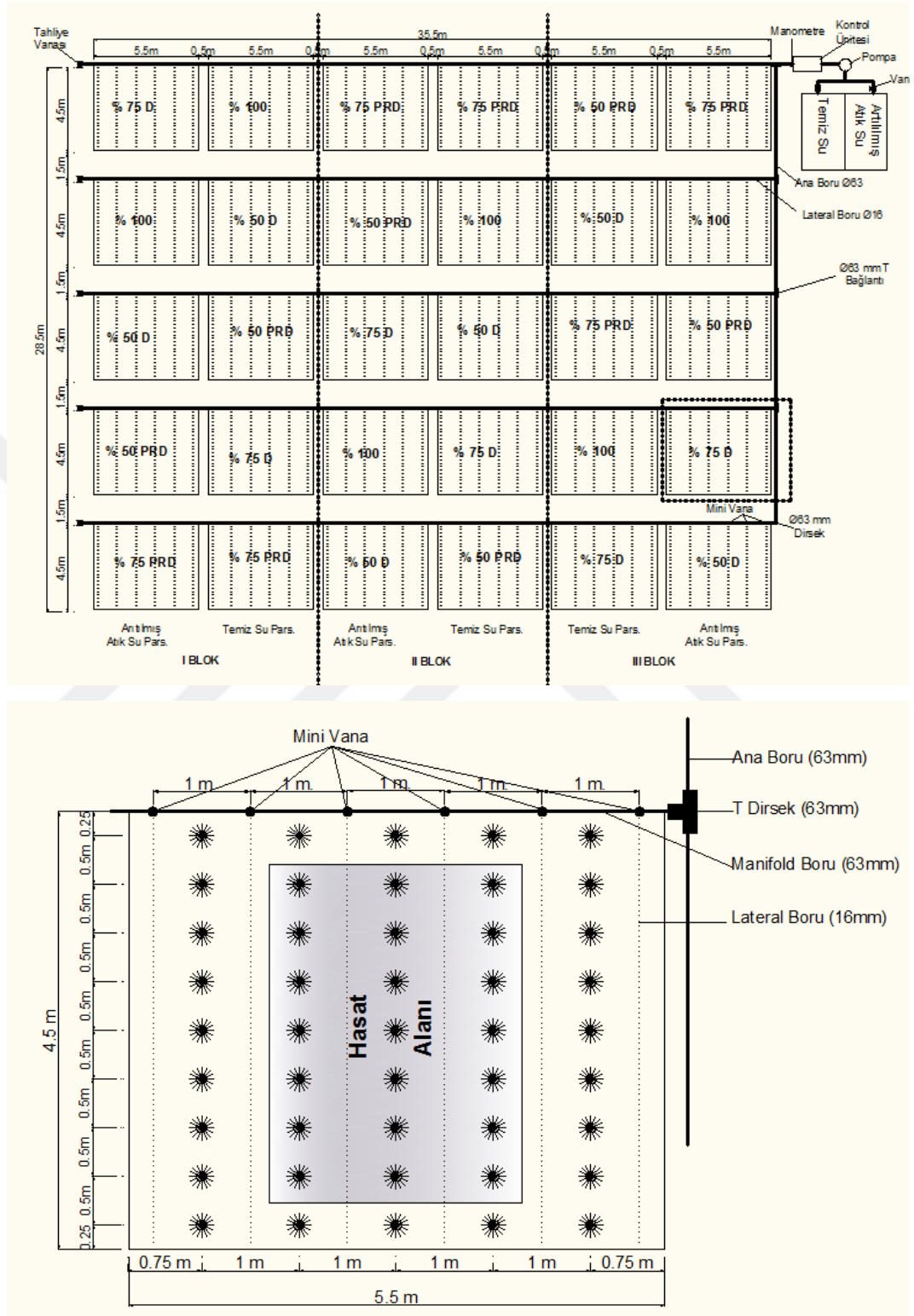
**Şekil 3.7.** Damla sulama uygulaması

Sulama uygulamaları: tam sulama (%100) ve tam sulamadaki miktarın %75 ve %50'sinin uygulandığı kısıntılı ve kısmi kök kuruluğu sulama stratejilerinden oluşturulmuştur. Bütün uygulamalar 2 farklı kalitedeki su (temiz su ve atık su) kullanılarak yürütülmüştür. Çalışmada sulama uygulamaları aşağıdaki gibi tanımlanmıştır.

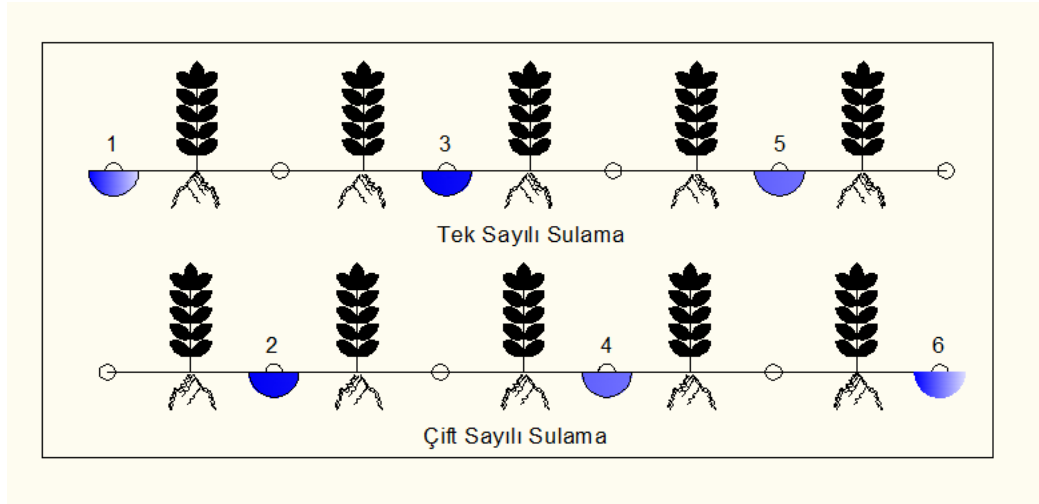
% 100	: Tam sulama
% 75 D	: %75 Kısıntılı sulama
% 50 D	: %50 Kısıntılı sulama
% 75 PRD	: %75 Kısmi kök kuruluğu sulama
% 50 PRD	: %50 Kısmi kök kuruluğu sulama

Deneme, Gayt çayı ve Bingöl arıtma tesisinden alınan temiz ve arıtılmış atık su olarak iki farklı su kullanılarak tam sulama (%100), kısmi kök kuruluğu (%75 PRD ve %50 PRD) ve kısıntılı sulama (%75D ve %50D) olarak beş farklı sulama uygulaması ile arıtılmış atık su ve temiz su faktörler olmak üzere tesadüf blokları deneme deseninde faktöriyel düzene göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür (Şekil 3.8).

Her parselde iki bitki sırasının ortasına denk gelecek şekilde 100 cm aralıklarla 6 adet lateral boru yerleştirilmiş, tam ve kısıntılı sulama da parsellerdeki tüm laterallerden sulama suyu uygulanırken, kısmi kök kuruluğu tekniğinde ise parsellerdeki laterallerden dönüşümlü olarak [tek sayılı sulamalarda 1-3-5 nolu laterallerden, çift sayılı sulamalarda 2-4-6 nolu laterallerden] sulama suyu uygulanmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.8. Deneme deseni ve parsel detayı



Şekil 3.9. Kısmi kök kuruluşu uygulama planının şematik görünümü

### 3.2.3. Sulama suyu miktarının hesaplanması ve toprak neminin izlenmesi

#### 3.2.3.a. Sulama suyu miktarının hesaplanması

Derinlik olarak her sulamada uygulanması gereken sulama suyu miktarı temiz su ile tam sulanan tarık konu parselinde yararışlı suyun tüketilmesine izin verilen miktarı (%40) dikkate alınarak aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır (Güngör vd 2004).

$$dn = (TK - SN) \times \gamma_s \times D \times R_y / 100 \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

dn = Uygulanması gereken net sulama suyu miktarı (mm),

TK = Tarla kapasitesinde tutulan su (%Pw),

SN = Solma noktasında tutulan su (%Pw),

$\gamma_s$  = Toprağın kütle yoğunluğu ( $g/cm^3$ ),

D = Etkili kök derinliği (90 cm) ve

$R_y$  = Yararışlı suyun tüketilmesine izin verilen miktardır.

Hacimsel olarak konulara uygulanan sulama suyu miktarları ise aşağıda verilen eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$V = (dn \times P \times KSS) \times A = I \times A \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

V = Uygulanacak sulama suyu hacmi (L),

dn = Uygulanması gereken net sulama suyu miktarı (mm),

P = Bitki örtü oranı,

KSS = Konulara göre sulama seviyesidir (%100 için 1,0, %75 D ve %75 PRD için 0,75, %50 D ve %50 PRD için 0,50),

I = Uygulanan sulama suyu miktarı (mm) ve

A = Parsel alanıdır (m<sup>2</sup>).

Örtü oranı, bitki taç genişliğinin bitki sıra aralığına bölünmesiyle belirlenmiştir. Tüm sulamalarda temiz su ile tam sulanan parseldeki örtü oranı kullanılmıştır. Örtü oranının hesaplanabilmesi için bitkinin taç genişliği her sulama öncesinde cetvelle ölçülmüştür. Fide dikiminden itibaren 0,30 örtü oranı düzeyi sağlanana kadar tüm parsellere aynı miktarda su verilmiştir. 0,30 örtü oranına ulaşıldığında konulu sulamalar başlatılmış ve damla sulamanın doğası gereği su tasarrufunu teşvik amacıyla 0,70 örtü oranına ulaşıldığında örtü oranı sabitlenerek sulamalar sezon boyunca devam ettirilmiştir. Su uygulama randımanı 1 alınmıştır.

### 3.2.3.b. Toprak neminin izlenmesi

Topraktaki nem değişimleri sezon boyunca; sezon başı, sezon sonu ve her sulama öncesi etkili kök derinliğinde örnekleme yapılarak gravimetrik olarak tüm parsellerde izlenmiştir. Bu amaçla her bir deneme parselinde ortadaki bitki sırası ile lateral boru arasındaki ıslak alanda aktif köklenme bölgesinde etkili kök derinliği dikkate alınarak farklı derinliklerden toprak örnekleri alınmış ve ortalamaları kullanılmıştır. PRD

uygulamalarında bitki sırasının her iki tarafında aktif köklenme bölgesinde nem takibi yapılmıştır. Sulama zamanının belirlenebilmesi için tanık konulara yerleştirilmiş tansiyometrelerden yararlanılmıştır. Bu amaçla deneme öncesi tansiyometre kalibrasyon eğrisi çıkarılmış ve yarayışlı suyun %40'ına denk gelen değer belirlenmiştir. Tansiyometreler ortadaki bitki sırasına, bitki ile lateral boru arasına 20 ve 60 cm derinliklerde olacak şekilde tansiyometreler yerleştirilmiş, böylece tüm kontrol parsellerinde toplam 6 adet tansiyometre ile yapılan okumaların ortalaması dikkate alınmıştır (Şekil 3.10).



**Şekil 3.10.** Deneme alanında manometre göstergeli tansiyometrelerin konumlandırılması

### 3.2.4. Bitki su tüketiminin (gerçek evapotranspirasyon) ve su kullanım etkinliğinin belirlenmesi

Denemede, konulara göre gerçek evapotranspirasyon miktarları su bütçesi yöntemine göre aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Allen *et al.* 1998).

$$ET_a = I + P + C_r - D_w - R_f \pm \Delta S \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

$ET_a$  = Gerçek evapotranspirasyon miktarı (mm),

- I = Sulama suyu miktarı (mm),  
P = Yağış miktarı (mm),  
C<sub>r</sub> = Kapillar yükselme miktarı (mm),  
D<sub>w</sub> = Derine sızma (mm),  
R<sub>f</sub> = Yüzey akış miktarı (mm) ve  
ΔS = Toprak nem miktarındaki değişimdir (mm).

Yağış, plüviyometre ile deneme alanında ölçülmüştür. Kapillar yükselme arazide taban suyu derinde olduğundan ve yüzey akış ise sulama suyu damla sulama ile kontrollü uygulandığından dikkate alınmamıştır. Yağışın ve sulama suyunun tarla kapasitesini aşan kısmı olmadığından derine sızma dikkate alınmamıştır. Toprak nem miktarında değişim örnekleme yapılarak gravimetrik olarak belirlenmiştir.

Su kullanım ve sulama suyu kullanım etkinliği, pazarlanabilir domates veriminin sırasıyla gerçek evapotranspirasyon ve uygulanan sulama suyu miktarlarına bölünmesiyle belirlenmiştir (Howell 2001).

$$WUE = \frac{Y}{ET_a} \quad (3.4)$$

$$IWUE = \frac{Y}{I} \quad (3.5)$$

Eşitliklerde;

- WUE = Su kullanım etkinliği (kg/m<sup>3</sup>),  
IWUE = Sulama suyu kullanım etkinliği (kg/m<sup>3</sup>),  
Y = Pazarlanabilir domates verimi (kg/da),  
ET<sub>a</sub> = Gerçek evapotranspirasyon miktarı (mm) ve  
I = Sulama suyu miktarıdır (mm).



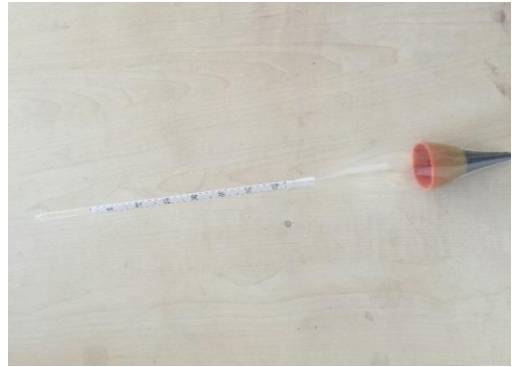
### 3.2.5. Toprak ve su analizleri

#### 3.2.5.a. Toprak analizleri ve infiltrasyon ölçümleri

Deneme alanında araştırmanın yapıldığı her iki yılda da denemelere başlamadan önce ve yetiştirme döneminin sonunda alınan toprak örneklerinde gereksinilen birçok fiziksel, kimyasal ve hidrolik toprak özellikleri analiz ve ölçümler yapılarak belirlenmiştir. Analiz ve ölçümler için deneme alanında parsellerinin tümünde 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerinden bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Alınan bozulmuş ve bozulmamış toprak örneklerinde; fiziksel ve hidrolik özellikler kapsamında; toprağın bünyesi, kütle yoğunluğu, tane yoğunluğu, toplam porozitesi, agregat stabilitesi, tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan su miktarı, infiltrasyon ölçümleri kapsamında toplam infiltrasyon ile ortalama ve kararlı infiltrasyon hızları belirlenmiştir. Kimyasal özellikler olarak da; pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam tuz, kireç ve organik madde miktarı, değişebilir Ca, Mg, Na ve K, Toplam N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, B, Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, Ni ve Pb miktarları ile katyon değişim kapasitesi (KDK) ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) belirlenmiştir.

#### 1. Fiziksel ve hidrolik özellikler için ölçüm ve analizler

a) **Bünye analizi:** Toprakların kum, kil ve silt fraksiyonlarının oransal dağılımı Bouyoucos hidrometre yöntemi ile belirlenmiştir (Şekil 3.11) (Demiralay 2011).



Şekil 3.11. Bünye analizi

- b) Tane ve kütle yoğunluğu:** Tane yoğunluğu Piknometre yöntemiyle belirlenmiştir. Kütle yoğunluğu ise silindir yöntemiyle bozulmamış toprak örneklerinden belirlenmiştir (Demiralay 2011).
- c) Toplam porozite:** Tane ve kütle yoğunlukları kullanılarak hesap yolu ile belirlenmiştir (USSL 1954).
- d) Agregat stabilitesi tayini:** Islak eleme yöntemine göre belirlenmiştir (Şekil 3.12) (Kemper and Rosenau 1986).



**Şekil 3.12.** Agregat stabilitesinin belirlenmesi

- e) Tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan su miktarları:** Tarla kapasitesi bozulmamış, solma noktası, bozulmuş toprak örnekleri kullanılarak, basınçlı tabla aletinde toprak örneklerinin sırasıyla 1/3 ve 15 atmosferde tuttukları su miktarları ölçülerek belirlenmiştir (Şekil 3.13) (Richards 1953; Tinsley 1967).



**Şekil 3.13.** Tarla kapasitesi ve solma noktasının belirlenmesi

f) **Yarayışlı su miktarı:** 90 cm derinliğe kadar 30'ar cm'lik tabakalarda yarayışlı su miktarları aşığıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır (Güngör vd 2004).

$$YS = \frac{(TK-SN) \times \gamma_s \times D}{100} \quad (3.6)$$

Eşitlikte;

- YS = Yarayışlı su miktarı (mm),  
 TK = Tarla kapasitesinde tutulan su (%Pw),  
 SN = Solma noktasında tutulan su (%Pw),  
 $\gamma_s$  = Toprağın kütle yoğunluğu (g/cm<sup>3</sup>),  
 D = Etkili kök derinliğidir (90 cm).

g) **İnfiltrasyon ölçümleri:** 2013 yılında deneme öncesinde deneme tarlasında ve hasattan yaklaşık bir ay sonra, 2014 yılında da yine hasattan yaklaşık bir ay sonra tüm deneme parsellerinde çift silindir infiltrometre ile infiltrasyon ölçümleri yapılmıştır (Şekil 3.14). Kararlı infiltrasyon hızlarına ulaşmak için ölçümler sabah 07:00'de başlatılıp öğleden sonra 14:00'de sonlandırılmıştır.



**Şekil 3.14.** İnfiltrasyon ölçümü

## 2. Kimyasal özellikler için ölçüm ve analizler

a) **pH ölçümü:** Saf su ile doygun hale getirilen örneklerden elde edilen saturasyon ekstraktında, pH metre ile okumalar yapılarak belirlenmiştir (Şekil 3.15) (Horneck 1989).

b) **Elektriksel iletkenlik (EC) ölçümü:** Saturasyon ekstraktında elektriksel iletkenlik aleti ile doğrudan okuma yapılarak belirlenmiştir (Şekil 3.15) (Jackson 1962).



Şekil 3.15. pH ve EC ölçümü

c) **Toplam tuz (%):** Rhoades (1996)'da verilen eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$Tuz(\%) = \frac{EC \times STR \times 0,064}{100} \quad (3.7)$$

Eşitlikte;

EC = Elektriksel iletkenlik (dS/m)

STR = Saturasyonda harcanan su (%).

d) **CaCO<sub>3</sub> analizi:** Toprağın Scheibler kalsimetresinde (Şekil 3.16) seyreltik hidroklorik asitle reaksiyona tabi tutulması ile karbonatlardan çıkan CO<sub>2</sub> gazının kapalı

bir boruda tutularak hacminin ölçülmesi ve ölçülen değerlerin hesaplanması ile belirlenmiştir (Allison 1965).



Şekil 3.16. Scheibler kalsimetresi

e) **Organik madde analizi:** Toprak örnekleri Walkley-Black yöntemine göre potasyum dikromat ve sülfirik asit ile tepkimeye sokulup, standart demir sülfat ile titre edilerek belirlenmiştir (Şekil 3.17) (Walkley and Black 1934).



Şekil 3.17. Organik maddenin belirlenmesi

f) **Değişebilir kalsiyum ve magnezyum analizi:** 1 N sodyum asetat ile ekstrakte edilen toprak numunesinin pH'sının 9,5'a ayarlanması ve 0.01 N EDTA çözeltisi ile titre edilmesi sonucunda belirlenmiştir (Şekil 3.18) (Black 1965).



**Şekil 3.18.** Değişebilir kalsiyum ve magnezyum analizi

**g) Değişebilir potasyum ve sodyum analizi:** 1 N Amonyum asetat çözeltisiyle toprak süzüğü elde edilmiş ve çözeltiliye geçen potasyum ve sodyum miktarları fleymfotometrede (BWB XP) okuma yapılarak belirlenmiştir (Şekil 3.19). Elde edilen değişebilir K değerinden ise  $K_2O$  miktarı katsayı ile çarpılarak hesaplanmıştır (Black 1965).



**Şekil 3.19.** Değişebilir potasyum ve sodyum analizi

**h) Toplam N analizi:** Kjeldahl yöntemiyle, toprak örnekleri yakılmış, toprakta bulunan azot amonyuma ( $NH_4^+$ ) dönüştürülmüş ve bu açığa çıkan amonyak sülfirik asitle titre edilerek belirlenmiştir (Kaçar 2009).

**i) Fosfor analizi:** Olsen yöntemine göre gerekli kimyasal çözeltiler kullanılarak numuneler hazırlanmış ve spektrofotometrede (Jenway 6300 manuel) örnekler

okutularak toplam fosfor miktarı belirlenmiştir (Olsen 1954).  $P_2O_5$  miktarı ise belirlenen P miktarının standart katsayı ile çarpılmasıyla kg/da olarak elde edilmiştir (Şekil 3.20).



Şekil 3.20. Fosfor analizi

j) **B analizi:** Azometin-H yöntemine göre belirlenmiştir (Kaçar 2009).

k) **Fe, Zn, Cu ve Mn analizi:** Toprak DTPA ile ekstrakte edilmiş ve mikro element miktarları atomik absorpsiyon spektrofotometresinde (PerkinElmer) belirlenmiştir (Şekil 3.21) (Lindsay and Norwell 1969).

l) **Cd, Ni, ve Pb analizi:** Cd ve Ni analizinde toprak DTPA ile Pb ise 1 N  $NH_4OAc$  çözeltisi ile ekstrakte edilmiş ve miktarları atomik absorpsiyon spektrofotometresinde (PerkinElmer) belirlenmiştir (Şekil 3.21) (Kaçar 2009).



Şekil 3.21. Atomik absorpsiyon spektrofotometresinde iyonların belirlenmesi

**m) Katyon değişim kapasitesinin (KDK) belirlenmesi:** Toprak numuneleri 1 N sodyum asetat ve etil alkol ile çalkalanıp santrifüjde süzölüp yıkandıktan sonra 1 N amonyum asetat çözeltisi ile süzük elde edilmiş ve fleymfotometrede (BWB XP) Na<sup>+</sup> miktarının okunmasıyla belirlenmiştir (Kaçar 2009).

**n) Değişebilir sodyum yüzdesi:** Değişebilir sodyum yüzdesi (ESP), değişebilir sodyumun katyon değişim kapasitesine oranlanmasıyla belirlenmiştir (Kaçar 2009).

### 3.2.5.b. Su analizleri

Her iki deneme yılında, sulama sezonu içerisinde Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının ortalarında sulamada kullanılan sulardan standartlarda belirtildiği şekilde alınıp bekletilmeden laboratuvara getirilen örnekler analiz edilmiş, alınan numunelerde pH, elektriksel iletkenlik (EC), toplam çözünmüş katılar (TDS), katyonlar (Ca, Mg, Na, K), anyonlar (CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, Cl, SO<sub>4</sub>), toplam N (TN), toplam P (TP), B, Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, Ni, Pb, Co ve Cr miktarları ile yüzde sodyum (%Na), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR), sodyum karbonat kalıntısı (RSC), askıda katı madde (AKM), BOİ<sub>5</sub>, KOİ, Fekal koliform parametreleri incelenmiş ve Su Kirliliği Kontrolü Teknik Usuller Tebliğinde (Anonim, 1991 ve 2004) verilen sulama suyu kriterleri ile Ayers ve Westcot (1985) ve diğer ilgili kriterler uyarınca sulamaya uygunluk durumu araştırılmıştır.

**pH:** pH metre (Orion 3 Star) ile ölçülmüştür (Tüzüner 1990).

**Elektriksel iletkenlik (EC):** Kondüktometre (Orion 3 Star) ile ölçülmüştür (Tüzüner 1990).

**Toplam özünmüş katılar (TDS):** Kondüktometre ile ölçülen EC değerinden ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ ) faydalanarak aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Kanber ve Ünlü 2010).

$$\text{TDS (ppm)} = (\text{EC} \times 10^6) \times 0,64 \quad (3.8)$$



**Askıda katı madde (AKM):** Su numunesi, vakumla çalışan bir cihaz kullanılarak Whatman 42 nolu filtre kağıdından süzölmüş ve filtre kağıdı 105°C'de kurutularak üzerindeki kalıntı tartılıp, toplam askıda katı madde miktarı belirlenmiştir (APHA 1995).

**Ca ve Mg:** Örneklere indikatör kullanılarak EDTA (Etilendiamin tetra asetat) çözeltisi ile titrasyon yöntemine göre belirlenmiştir (Altan 1998).

**Na ve K:** Fleymfotometrik yöntemle göre fleymfotometrede (BWB XP) okumalar yapılarak belirlenmiştir (Altan 1998).

**CO<sub>3</sub> ve HCO<sub>3</sub>:** Sülfirik asitle yapılan titrasyon ile belirlenmiştir (Sönmez ve Ayyıldız 1964).

**Cl:** 0,1 N AgNO<sub>3</sub> çözeltisi kullanılarak, K<sub>2</sub>CrO<sub>4</sub> indikatörlü ile yapılan titrasyon ile belirlenmiştir (Sönmez ve Ayyıldız 1964).

**SO<sub>4</sub>:** Sülfat iyonunun hidroklorik asitli ortamda baryum klorür ile aynı büyüklükte baryum sülfat kristalleri halinde çöktürölmesi esasına göre Baryum klorür çözeltisi kullanılarak örneklerin spektrofotometrede (Specord 200 Plus) okuma yapılması ile belirlenmiştir (Altan 1998).

**B:** Karmin çözeltisinin derişik sülfirik asit çözeltisi içinde borun konsantrasyonuna bağılı olarak verdiğı kırmızı rengin absorpsiyonunun spektrofotometrede (PerkinElmer) okunması şeklinde belirlenmiştir (Altan 1998).

**Toplam azot (TN):** Toplam kjeldahl azotu tayin yöntemiyle belirlenmiştir (Anonymous 1993).

**Toplam fosfor (TP):** Su örneklerinin toplam fosfor analizi örneğin kuvvetli asit hidrolizine tabi tutularak ortofosfat ölçümü ile belirlenmiştir (Nollet 2000).

**Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, Ni, Pb, Co, Cr:** Su numunesi süzölmüş ve örneklere 25 ml %2,5'luk HNO<sub>3</sub> eklenmiştir. Su numuneleri atomik absorpsiyon spektrofotometresinde (Perkin Elmer) Fe, Zn, Cu, Mn, Co ve Cr analizleri için alevli-AAS, Pb, Ni ve Cd analizleri için ise grafit fırın-AAS ayarlanarak cihazın çalışma şartları çerçevesinde verilerek, elementlerin miktarları belirlenmiştir (Karadede ve Ünlü 2000).

**Yüzde sodyum (%Na):** Aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Kanber ve Ünlü 2010).

$$\%Na = \frac{Na}{Na+Mg+Ca+K} \times 100 \quad (3.9)$$

**Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR):** Aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Kanber ve Ünlü 2010).

$$SAR = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}} \quad (3.10)$$

**Sodyum karbonat kalıntısı (RSC) :** Aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Kanber ve Ünlü 2010).

$$RSC = (CO_3+HCO_3) - (Ca +Mg) \quad (3.11)$$

%Na, SAR ve RSC eşitliklerinde iyon konsantrasyonlarının birimi me/L'dir.

**BOİ<sub>5</sub> ve KOİ:** Pak Arıtma Analiz Çevre Laboratuvarı'nda (Şanlıurfa) BOİ SM 5210 B metoduna göre, KOİ ise SM 5220 C metoduna göre analiz edilmiştir (Anonymous 2012b).

**Fekal koliform:** Bingöl Halk Sağlığı Merkezinde (<http://www.bingolhsm.gov.tr/>) membran filtrasyon (TS EN ISO 9308-1) yöntemine göre belirlenmiştir (Eckner 1998).

### **3.2.6. Bitkide gözlem, ölçüm ve analizler**

Bitki analizleri, bitki gelişimi, bitkide besin eksikliği ve ürün kalitesinin belirlenmesinde önemli rol oynamaktadır. Bu kapsamda bitkide çeşitli fiziksel ölçüm ve fizyolojik gözlemler, yaprak ve meyvelerde ağır metal ve mikro element analizleri ile gerekli bazı kalite analizleri yapılmıştır.

#### **3.2.6.a. Fiziksel ölçüm ve fizyolojik gözlemler**

Denemede, her parselden ilk hasattan önce ana dallar ve gövdenin büyüme ucunun hemen altındaki, gelişmesini yeni tamamlamış, güneş ışığı alabilen yapraklar ile ikinci hasatta olgunlaşmasını tamamlamış rastgele seçilen meyve örneklerinde çeşitli ölçüm, gözlem ve analizler yapılmıştır. Toplam verim, ortalama meyve ağırlığı, meyve eni, meyve boyu, bitki başına meyve sayısı ve meyve eti sertliğinin belirlenmesinde tüm hasatlar dikkate alınmıştır. Yapılan ölçüm, gözlem ve analizlerde Kardeş (1999), Taşan (2006), Turhan (2007), Kutlar Yaylalı (2007), Özkan (2008), Bahar (2008), Kesmez (2009), Kaçar ve İnal (2010) ve Ateş (2014)'de belirtilen yöntemlerden yararlanılmıştır.

#### **1. Toplam verimin belirlenmesi**

Her hasatta her parselin hasat alanından elde edilen pazarlanabilir meyveler tartılmıştır. Hasat süresince her parselden elde edilen bitki başına ortalama domates verimleri dekara bitki sayıları ile çarpılarak dekara verime (kg/da) dönüştürülmüştür.

## 2. Ortalama meyve ağırlığının belirlenmesi

Parseldeki bitkileri temsil edecek şekilde her hasatta rastgele 20'şer meyve alınmış ve her bir meyvenin ağırlığı tartılıp ortalaması alınarak ortalama meyve ağırlığı (g/meyve) belirlenmiştir.

## 3. Meyve eninin belirlenmesi

Parseldeki bitkileri temsil edecek şekilde her hasatta rastgele 20'şer meyve alınmış ve her bir domatesin en geniş çapı kumpas ile ölçülerek ortalama meyve eni (mm) belirlenmiştir (Şekil 3.22).



**Şekil 3.22.** Meyve eninin belirlenmesi

## 4. Meyve boyunun belirlenmesi

Parseldeki bitkileri temsil edecek şekilde her hasatta rastgele 20'şer meyve alınmış ve her bir domatesin sap çukuru ile çiçek burnu arası kumpas ile ölçülerek ortalama meyve boyu (mm) belirlenmiştir (Şekil 3.23).



**Şekil 3.23.** Meyve boyunun belirlenmesi

### **5. Bitki başına meyve sayısının belirlenmesi**

Her hasattaki toplam meyve sayısı, hasat parselindeki bitki sayısına bölünerek bitki başına ortalama meyve sayısı (adet/bitki) tespit edilmiştir.

### **6. Meyve eti sertliğinin belirlenmesi**

Meyve sertliği, parseldeki bitkileri temsil edecek şekilde her hasatta rastgele 20'şer meyvede el penetrometresi yardımıyla 8,8 mm delici uç kullanılarak, meyvenin ekvatorial bölgesi üzerinde üç farklı yerden kabuk kesilmiş ve  $\text{kg/cm}^2$  olarak belirlenmiştir (Şekil 3.24).



**Şekil 3.24.** Meyve sertliğinin belirlenmesi

### **7. Bitki boyunun belirlenmesi**

Her konudan rastgele seçilen 3 bitkide, bitkinin tepe noktası ile toprak yüzeyi arasındaki mesafe fide dikimi başlangıç kabul edilerek 30. günde, 60. günde ve 90. günde cm olarak ölçülmüştür.

### **8. Bitki gövde çapının belirlenmesi**

Bitkide gövde çapı, her konudan rastgele seçilen 3 bitkide, fide dikimi başlangıç kabul edilerek 30. günde, 60. günde ve 90. günde kumpas ile ölçülerek belirlenmiştir.

### **9. Bitki yaprak sayısının belirlenmesi**

Bitkide yaprak sayısı, her konudan rastgele seçilen 3 bitkide, fide dikimi başlangıç kabul edilerek 30. günde, 60. günde ve 90. günde elle sayım yapılarak belirlenmiştir.

## 10. Yaprak kuru madde miktarının belirlenmesi

Bitkiden, ilk hasattan önce ana dallar ve gövdenin büyüme ucunun hemen altındaki, gelişmesini yeni tamamlamış, güneş ışığı alabilen yaprak ayaları zaman kaybetmeden ağırlığı hassas terazide tartılmış, etüvde 65°C’de 48 saat kurumaya bırakılmış ve etüvden çıkan yapraklar tekrar hassas terazide tartılarak kuru madde miktarı belirlenmiştir (Kaçar ve İnal 2010).

## 11. Yaprak oransal su içeriği

Bitkilerin yaprak oransal su içerikleri Yamasaki ve Dillenburg (1999) ile Kırnak ve Demirtaş (2002)’a göre yapılmıştır. Deneme alanından, ana dallar ve gövdenin büyüme ucunun hemen altındaki, gelişmesini yeni tamamlamış, güneş ışığı alabilen yaprak ayaları ilk hasattan öncesine denk gelen Ağustos ayının ilk haftasında alınmış ve yaprak örneklerinin önce taze ağırlıkları (YA), sonra 6 saat saf su içerisinde bekletilerek turgor ağırlığı (TA) ve son olarak da etüvde 24 saat 80°C sıcaklıkta bekletilerek kuru ağırlığı (KA) belirlenip formülde yerine koyularak aşağıdaki eşitlikle yaprak oransal su içeriği hesaplanmıştır.

$$\text{Oransal su içeriği (\%)} = [(YA-KA) / (TA-KA)] \times 100 \quad (3.12)$$

### 3.2.6.b. Meyve örneklerinde kalite analizleri

Her parselden bitkileri temsil edecek şekilde ikinci hasatta, 24’er meyve örneği alınmış ve poşetlenmiştir (Şekil 3.25). Meyvelerde kuru madde miktarı, meyve suyunda EC, pH, suda çözünebilir kuru madde (SÇKM), titre edilebilir asitlik miktarı (TA), C vitamini (askorbik asit) ve likopen belirlenmiştir.



**Şekil 3.25.** Meyve örneklerinin alınması

### **1. Meyve suyunda EC ve pH belirlenmesi**

Domatesler hasat edildikten sonra blender'den geçirilerek meyve suları elde edilmiş ve kondüktometre (Orion 3 Star) ve pH metre (Orion 3 Star) ile okumaları yapılmıştır (Şekil 3.26) (Cemeroğlu 2010).



**Şekil 3.26.** Meyvede EC-pH ölçümü



## 2. Titre edilebilir asitlik miktarının (TA) belirlenmesi

Cemeroğlu (2010)'a göre, hazırlanan meyve süzüğünden alınan örneklerde pH 8.1 değeri elde edilene kadar NaOH ile titrasyon yapılmış ve sarf edilen asit miktarı hesaplanmış, aşağıdaki eşitlikle TA hesaplanmıştır.

$$TA = \frac{V \times E \times f}{M} \times 100 \quad (3.13)$$

Eşitlikte;

- TA = Titre edilebilir asitlik (%),
- V = Harcanan 0,1 N NaOH miktarı (ml),
- E = 1 ml 0,1 N NaOH'in eşdeğeri asit miktarı (g),
- f = NaOH normalitesi ve
- M = Titre edilen örnek miktarıdır (ml).

## 3. Toplam kuru madde miktarının belirlenmesi

Meyve örnekleri darası alınmış kaplara konularak hassas terazide tartılmış ve yaş ağırlıkları alındıktan sonra 65°C'lik etüvde kurumaya bırakılmıştır. Örnekler sabit ağırlığa gelene kadar tutulduktan sonra kuru ağırlığı ölçülmüştür. Ayrıca, yaş ağırlık ile kuru ağırlık arasındaki fark hesaplanarak toplam kuru madde oranı belirlenmiş ve % olarak ifade edilmiştir (Kaçar ve İnal 2010).

## 4. Suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) miktarının belirlenmesi

Meyvelerden blender yardımıyla elde edilen meyve suyu tülbentten geçirilerek süzölmüş ve bu süzükten 4-5 damla örnek dijital el refraktometresi (ATC 0-90% brix) ile okunarak sonuçlar % olarak belirlenmiştir (Şekil 3.27) (Cemeroğlu 2010).



**Şekil 3.27.** Suda çözünebilir kuru madde belirlenmesi

### **5. C vitamini (askorbik asit) analizi**

Taze domateslerde C vitamini 2,6 diklorofenolindofenol fenolik boyası kullanılarak belirlenmiştir (Cemeroğlu 2010).

### **6. Likopen analizi**

Bitkide likopen, Cemeroğlu (2010)'da belirtilen HPCL cihazı ile likopen yöntemine göre yapılmıştır (Şekil 3.28).



**Şekil 3.28.** Likopen analizi

### 3.2.6.c. Yapraklarda ve meyvede Na, K, Ca, Mg, N, B, Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, Ni, Pb, Co ve Cr analizleri

Denemede, ilk hasattan önce ana dallar ve gövdenin büyüme ucunun hemen altındaki, gelişmesini tamamlamış, güneş ışığı alabilen yapraklar (Şekil 3.29) ile ikinci hasatta her parselden olgunlaşmasını tamamlamış rastgele seçilen meyve örneklerinde N, Na, K, Ca, Mg analizleri yapılmıştır. Ayrıca bu meyve ve yapraklarda ağır metal alımına ilişkin; B, Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, Ni, Pb, Cr ve Co miktarları incelenmiştir. Yaprak ve meyve örnekleri yaş ve kuru yakma yöntemlerine göre yakılarak analizlere hazır hale getirilmiştir. Ağır metal analizleri Kaçar ve İnal (2010)'da belirtilen yöntemlere göre yapılmıştır. Na ve K analizi Fleymfotometrik yöntemle fleymfotometre cihazında (BWB XP), Ca ve Mg analizleri titrasyon yöntemiyle, Bor Azometin-H yöntemine göre spektrofotometrede (Jasco V-650), toplam azot ise Dumas yöntemine göre belirlenmiştir (Kaçar ve İnal 2010).



**Şekil 3.29.** Yaprak örneklerinin analize hazırlanması

### 3.2.7. İstatistiksel analizler

Her iki deneme yılında da, toprak, bitki ve meyve analiz sonuçlarıyla ilgili olarak varyans analizleri SAS bilgisayar yazılımından (Anonymous 2000) yararlanılarak yapılmış ve önemli ortalamaların sıralanmasında ise Minitab bilgisayar yazılımının Duncan çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (Kesici ve Kocabaş 2007).



#### 4. ARAŞTIRMA BULGULARI ve TARTIŞMA

##### 4.1. Bitki Su Kullanımları ve Sulama Suyu Nitelikleri

###### 4.1.1. Sulama suyu miktarları

Domates bitkisi iki farklı kalitedeki suyla farklı sulama uygulamaları koşullarında 2013 ve 2014 yıllarında 23'er kez sulanmıştır. Sulama miktarları kontrol olan %100 tam sulama uygulamasına göre artırılmış atık su ve temiz su uygulamalarına eşit verilmiştir. Sulamalar dikimi mütakip başlatılmış, her iki yılda da Eylül ayından sonra sezon sonuna ulaşıldığı için 2013 yılında 29 Eylül'de, 2014 yılında da 26 Eylül'de sonlandırılmıştır. Farklı sulama uygulamalarında aylar bazında ve toplamda verilen sulama suyu miktarları Çizelge 4.1 ve 4.2'de verilmiştir. Toplamda 2013 ve 2014 yıllarında domates bitkisine %100 tam sulama uygulamasında 640,2 mm ve 648,1 mm sulama suyu uygulanmıştır. En az sulama suyu %50 D ve %50 PRD uygulamalarında 2013 yılında 338,3 mm ve 2014 yılında da 350,9 mm olarak uygulanmıştır.

**Çizelge 4.1.** 2013 yılında farklı sulama uygulamalarında domates bitkisine verilen aylık ve sezonluk sulama suyu miktarları (mm)

Konular	Aylar					Toplam
	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	
%100	10,6	37	219	207,6	166,1	640,2
%75 D	10,6	34,2	164,3	155,7	124,6	489,3
%50 D	10,6	31,4	109,5	103,8	83,1	338,3
%75 PRD	10,6	34,2	164,3	155,7	124,6	489,3
%50 PRD	10,6	31,4	109,5	103,8	83,1	338,3

**Çizelge 4.2.** 2014 yılında farklı sulama uygulamalarında domates bitkisine verilen aylık ve sezonluk sulama suyu miktarları (mm)

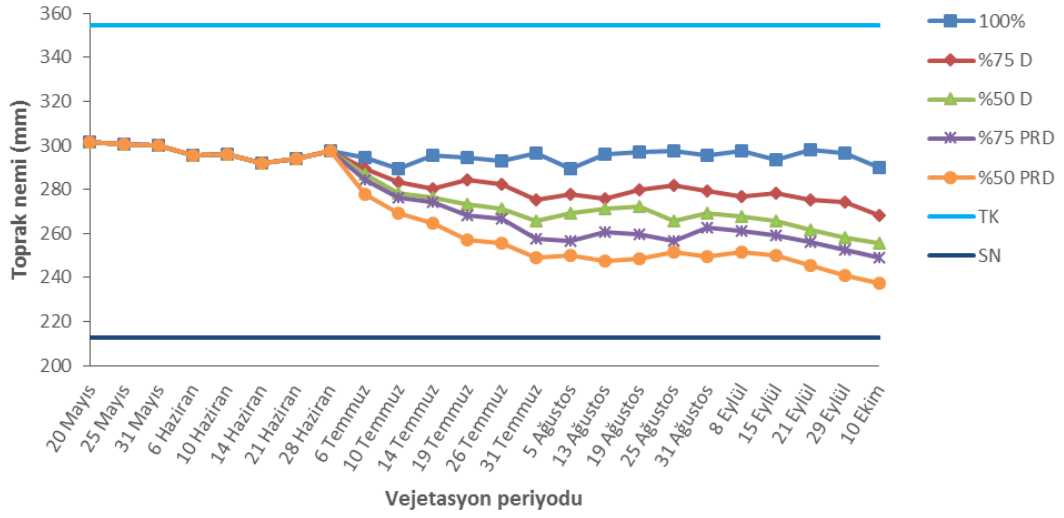
Konular	Aylar					Toplam
	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	
%100	4	33,2	141,6	256	213,3	648,1
%75 D	4	33,2	110,3	192	160	499,5
%50 D	4	33,2	79,1	128	106,7	350,9
%75 PRD	4	33,2	110,3	192	160	499,5
%50 PRD	4	33,2	79,1	128	106,7	350,9

#### 4.1.2. Bitki su tüketimleri

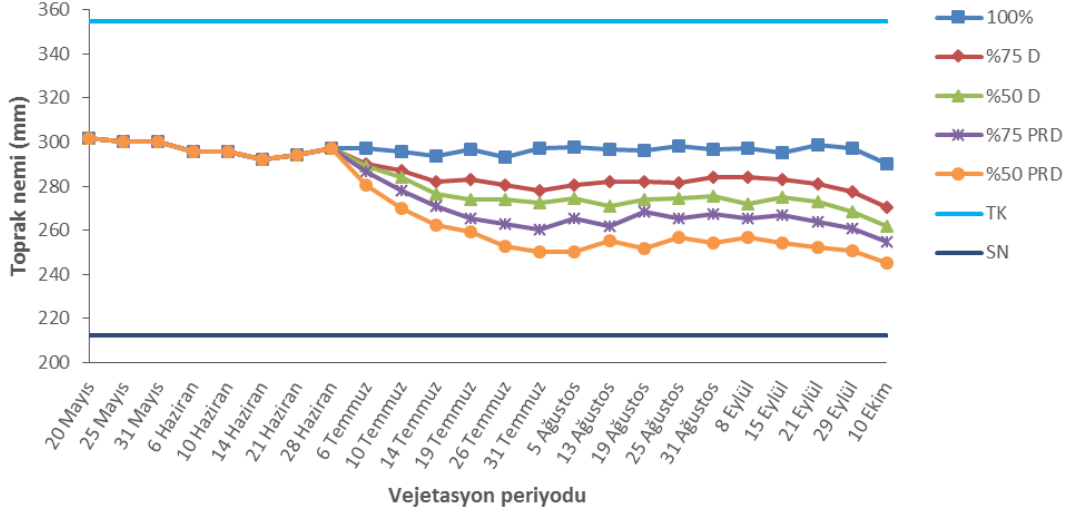
2013 ve 2014 yılları yetiştirme döneminde domates bitkisinin su bütçesi yöntemine göre hesaplanmış su tüketim değerleri ve varyans analiz sonuçları Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Bitki su tüketiminin hesaplanmasında yağış ve uygulanan sulama suyu miktarları ile topraktaki nem değişimleri dikkate alınmıştır. Deneme alanında sulama öncesi ölçülen değerlerden yararlanılarak belirlenen topraktaki sulamalar öncesi sezonluk nem değişimleri Şekil 4.1 -4.4'de, ölçülen günlük yağış değerleri de Şekil 4.5 ve Şekil 4.6'da verilmiştir. 2013 yılında domates bitkisinin araziye dikiminden sezon sonuna kadar toplam 24,1 mm, 2014 yılında ise 36,2 mm yağış deneme alanında ölçülmüştür. Tek seferde düşen en fazla yağış miktarı 2013 yılında 18 Eylül de 4,5 mm, 2014 yılında ise 6 Haziranda 18,3 mm'dir.

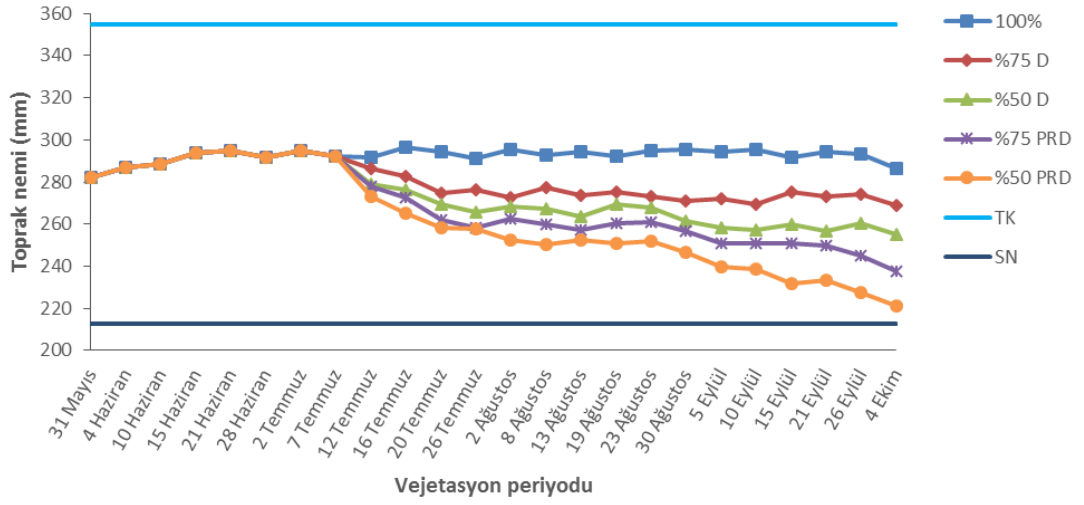
Sulamalar öncesi toprak nem değişim grafikleri incelendiğinde tüm uygulamalarda sezon boyunca nemin solma noktasına kadar inmediği, tam sulanan uygulamada sezon içerisinde yarıyışlı suyun yaklaşık yüzde kırk civarında azalmalar olduğu görülmüştür. Genel olarak topraktaki nem miktarına göre %75 PRD ve %50 PRD uygulamalarında toprak neminin solma noktasına daha yakın olduğu gözlenmiştir. Ayrıca, PRD uygulamalarında ıslatılmayan kök bölgesine su geçişlerini kontrol etmek için sulamalardan bir gün sonra lateralleri arasında yatay ve düşey yönde nem takipleri yapılmış, kuru bölgeye nem geçişlerinin sınırlı olduğu görülmüştür. Denemenin her iki yılında da arıtılmış atık su uygulamalarının tümünde toprak nem miktarları temiz su uygulamalarına göre daha yüksek belirlenmiştir. Ayrıca her iki deneme yılında da toprak nem miktarı değişimleri yetiştirme dönemi boyunca tüm uygulamalarda yaklaşık birbirine benzer bir durum göstermiştir (Şekil 4.1-Şekil 4.4).



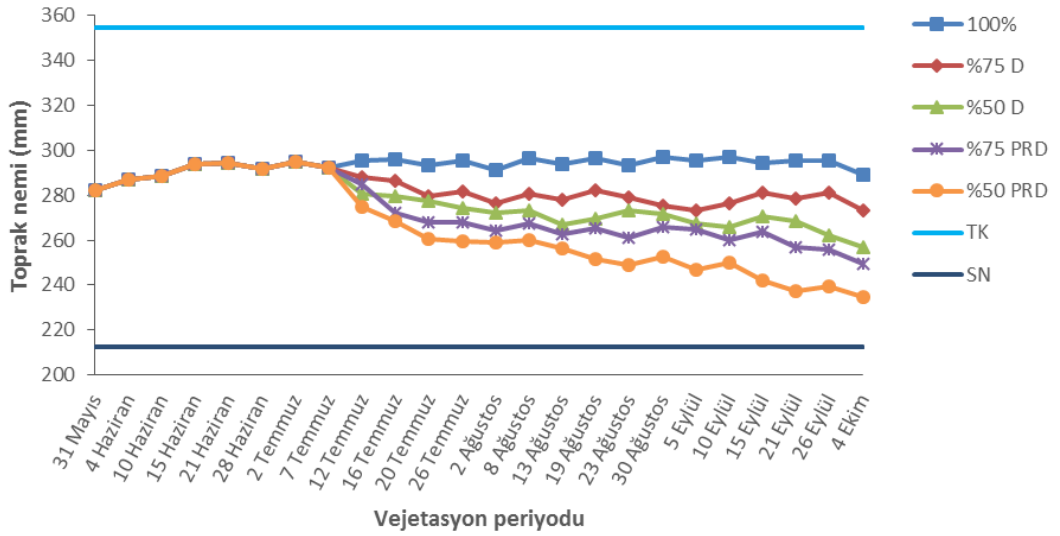
Şekil 4.1. 2013 yılı yetiştirme döneminde temiz su uygulamalarında sulama öncesi toprak nem değişimleri



Şekil 4.2. 2013 yılı yetiştirme döneminde arıtılmış atık su uygulamalarında sulama öncesi toprak nem değişimleri

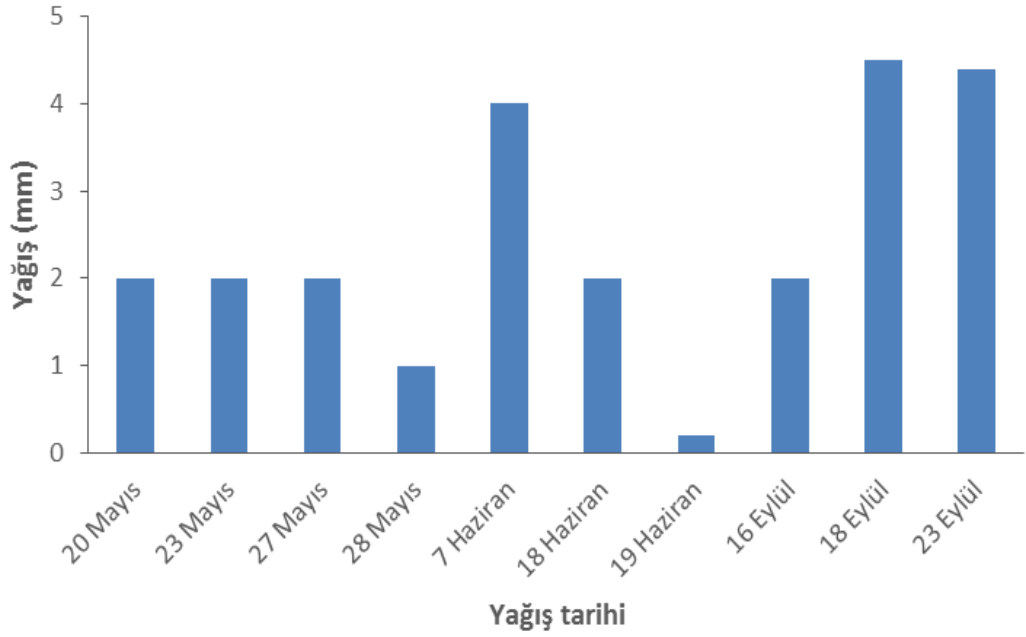


Şekil 4.3. 2014 yılı yetiştirme döneminde temiz su uygulamalarında sulama öncesi toprak nem değişimleri

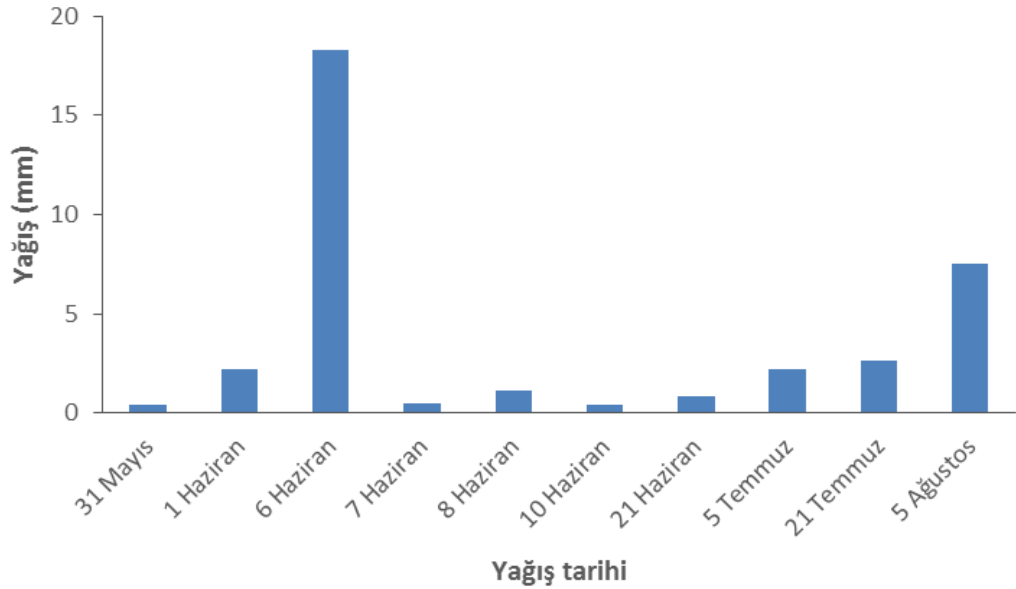


Şekil 4.4. 2014 yılı yetiştirme döneminde arıtılmış atık su uygulamalarında sulama öncesi toprak nem değişimleri





**Şekil 4.5.** 2013 yılı yetiştirme döneminde deneme alanında ölçülen günlük yağış değerleri



**Şekil 4.6.** 2014 yılı yetiştirme döneminde deneme alanında ölçülen günlük yağış değerleri

Varyans analizi sonuçlarına göre her iki deneme yılında da farklı sulama uygulamalarında domates bitkisinin su tüketimleri arasındaki farklar istatistiksel olarak

önemsiz bulunmuş, dolayısıyla farklı kalitedeki sular için uygulamalara göre su tüketim değerlerindeki değişimler benzer olmuştur. 2013 yılında en düşük su tüketimi 402,2 mm ile %50 D arıtılmış atık su uygulamasında, en yüksek su tüketimi ise 676 mm ile %100 temiz su uygulamasında belirlenmiştir. 2014 yılında ise en düşük su tüketimi 412,3 mm ile %50 D arıtılmış atık su uygulamasında, en yüksek su tüketimi ise 680 mm ile %100 temiz su uygulamasında saptanmıştır.

Farklı kalitedeki suların ortalaması dikkate alındığında, her iki deneme yılında ve iki yılın ortalamasında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek değerler %100 tam sulama uygulamalarında belirlenmiş olup tüm uygulamalar farklı gruplarda yer almıştır (Çizelge 4.3). Ayrıca her iki yılda ve iki yılın ortalamasına göre su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar da istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve temiz su kaynağının ortalaması arıtılmış atık su kaynağının ortalamasından daha yüksek belirlenmiştir. Ancak artış çok düşük düzeyde olmuştur. Arıtılmış atık su uygulamalarında daha düşük su tüketim değerlerinin uygulanan suyun kalitesinden kaynaklanmış olabileceği ifade edilebilir. Özellikle atık sulardaki bazı ağır metallerin stoma iletkenliğini etkileyerek su tüketimini azaltabileceği ifade edilmektedir (Tunc ve Sahin 2015). Benzer kapsamda Tunç (2013)'de atık su uyguladığı çalışmada arıtım düzeyi arttıkça genel olarak su tüketiminin de arttığını bildirmiştir.

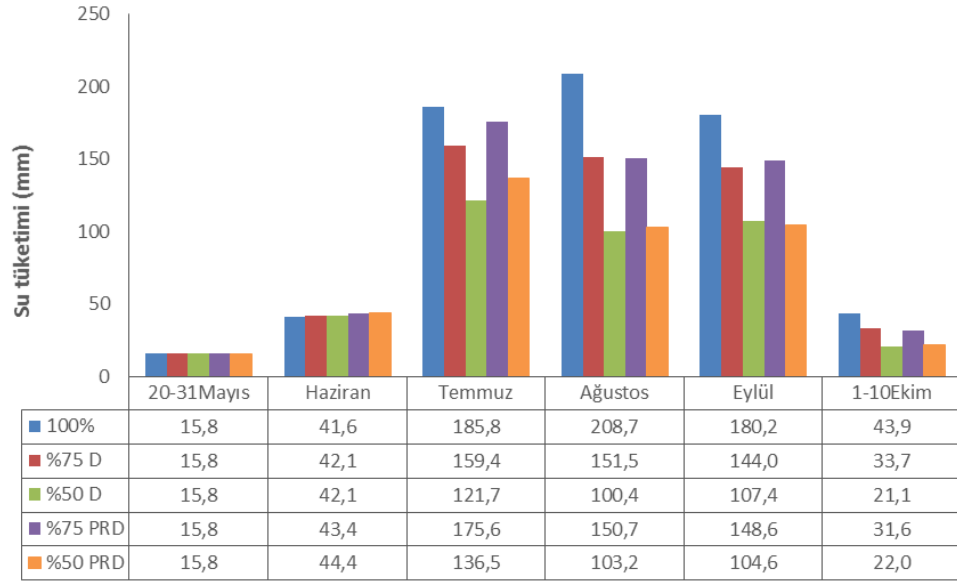
**Çizelge 4.3.** Farklı sulama uygulamalarında domates bitkisinin su tüketim değerleri (mm) ve varyans analiz sonuçları

Yıl	Uygulama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	
2013	%100	675,7	676,0	675,8A**	
	%75 D	544,5	546,6	545,5C	
	%50 D	402,2	408,4	405,3E	
	%75 PRD	560,2	565,8	563,0B	
	%50 PRD	419,0	426,4	422,7D	
	<b>Ortalama</b>	<b>520,3B</b>	<b>524,6A*</b>	<b>522,5b</b>	
	<b>Varyans kaynakları</b>		<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>
	Uygulama	4	296264,0113	2408,36	<,0001
	Su kaynağı	1	141,2670	4,59	0,0446
	Uygulama*Su kaynağı	4	53,0113	0,43	0,7846
	Hata	20	615,0733		
	Genel	29	297073,3630		
2014	%100	677,5	680,0	678,7A**	
	%75 D	544,7	549,6	547,1C	
	%50 D	412,3	414,2	413,2E	
	%75 PRD	568,5	580,2	574,3B	
	%50 PRD	434,5	448,0	441,2D	
	<b>Ortalama</b>	<b>527,5B</b>	<b>534,4A**</b>	<b>530,9a**</b>	
	<b>Varyans kaynakları</b>		<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>
	Uygulama	4	275341,3200	3341,52	<,0001
	Su kaynağı	1	357,0750	17,33	0,0005
	Uygulama*Su kaynağı	4	172,4400	2,09	0,1197
	Hata	20	412,0000		
	Genel	29	276282,8350		
2013-2014	%100	676,5	678,0	677,3A**	
	%75 D	544,6	548,1	546,3C	
	%50 D	407,2	411,3	409,3E	
	%75 PRD	564,3	572,9	568,7B	
	%50 PRD	426,7	437,2	431,9D	
	<b>Ortalama</b>	<b>523,9B</b>	<b>529,5A**</b>		
	<b>Varyans kaynakları</b>		<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>
	Yıl	1	1078,6560	42,01	<,0001
	Uygulama	4	571041,3157	5559,89	<,0001
	Su kaynağı	1	473,7660	18,45	0,0001
	Yıl*Uygulama	4	564,0157	5,49	0,0013
	Yıl*Su kaynağı	1	24,5760	0,96	0,3338
	Uygulama*Su kaynağı	4	170,8357	1,66	0,1775
	Yıl*Uygulama*Su kay.	4	54,6157	0,53	0,7131
	Hata	40	1027,0733		
	Genel	59	574434,8540		

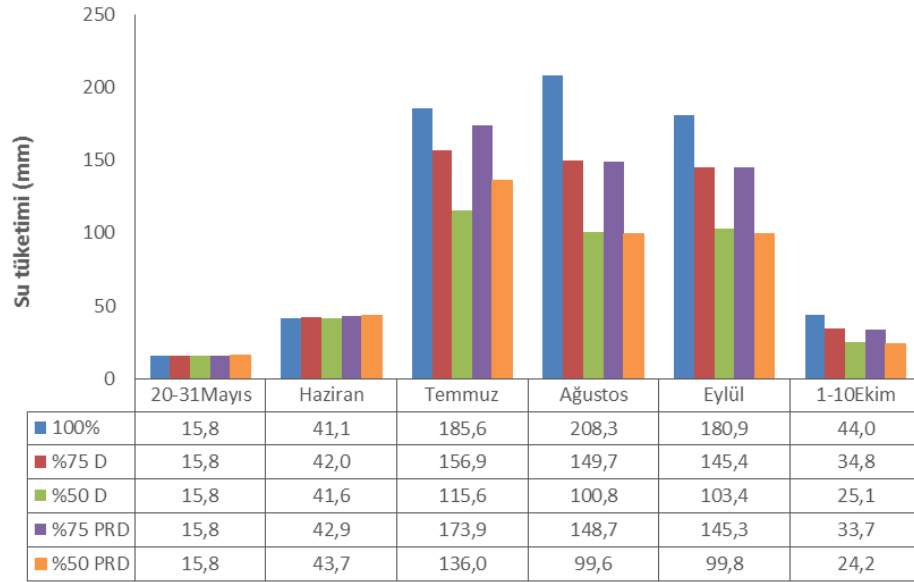
%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluşu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Domates bitkisinde, Taşan (2006) Samsun yöresinde mevsimlik su tüketim değerlerini sulama uygulamalarına göre 370-414 mm arasında, Gürbüz (2001) Büyük Menderes ovasında ortalama mevsimlik su tüketimini 387,3-851,7 mm arasında, Ul vd (1994) menemen ovasında ortalama mevsimlik su tüketimini 724 mm, Balçın ve Güleç (1998) Tokat yöresinde 7 gün sulama aralığı ve 1,25 buharlaşma kabı katsayısı ile domatesin sulama suyu ihtiyacını 723 mm, bitki su tüketimini ise 825 mm, Evren ve İstanbulluoğlu (1992) Iğdır'da sulama suyu ihtiyacını 628 mm, bitki su tüketimini ise 802 mm, Tarantino ve Rubino (1982) ise tarla koşullarında karık sulama yönteminde bitki su tüketimini 596 mm, damla sulamada ise 616 mm bulmuştur. Harran ovası koşullarında yürütülen bir çalışmada toprakta kullanılabilir nemin %30'a düştüğü koşullarda domates bitkisinin mevsimlik bitki su tüketimi 1742,3 mm olarak bulunmuştur (Sipahi 1987). Cetin *et al.* (2002) ise Eskişehir'de killi topraklarda domates bitkisinin sulama suyu ihtiyacını 602 mm, mevsimlik su tüketimini ise 710 mm olarak belirlemişlerdir. İki yılın ortalamasına göre bu çalışmada elde edilen arıtılmış atık su uygulamalarında 407,2-676,5 mm, temiz su uygulamalarında 411,3-678 mm olan bitki su tüketim sonuçlarının yukarıda bahsedilen çalışmaların sonuçları dikkate alındığında bazılarında göre yüksek, bazılarında göre ise düşük olduğu görülmektedir. Dolayısıyla, su tüketimlerinde olan değişimlerin iklim koşulları, bölge, toprak, sulama yöntemlerindeki farklılıklar ve sulama uygulamalarından kaynaklandığı farklı araştırma sonuçlarına göre ifade edilebilir.

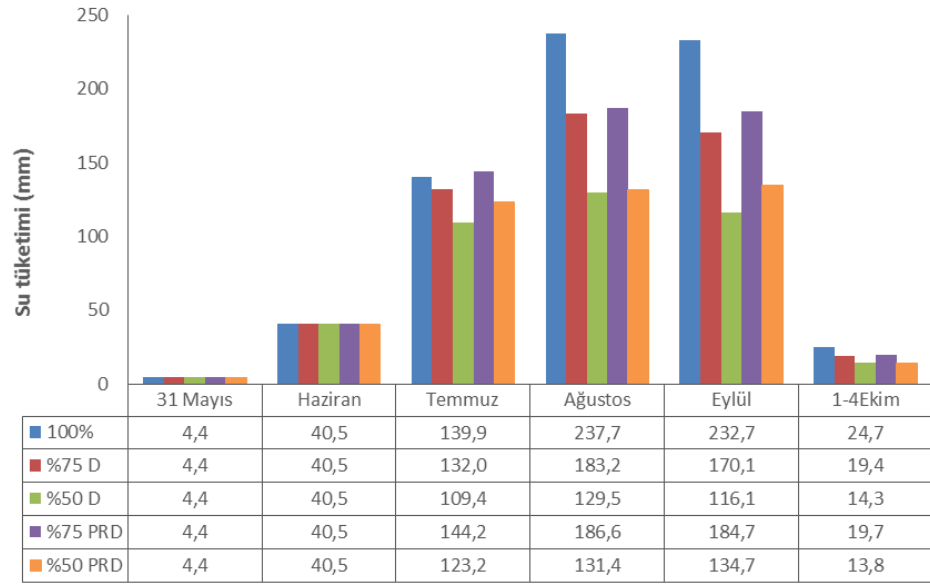
2013 ve 2014 yetiştirme döneminde domates bitkisinin aylık su tüketimleri de Şekil 4.7, 4.8, 4.9 ve 4.10'da verilmiştir. Her iki yılda da tüm uygulamalarda sezon ortasına doğru (Temmuz-Ağustos) bitki su tüketim değerlerinde bir artış olmuş ancak, sezon ortasından itibaren uygulamalar arasında belirgin farklılıklar olduğu gözlenmiştir. Bu farklılıklarında uygulanan sulama düzeyinden kaynaklandığı ifade edilebilir.



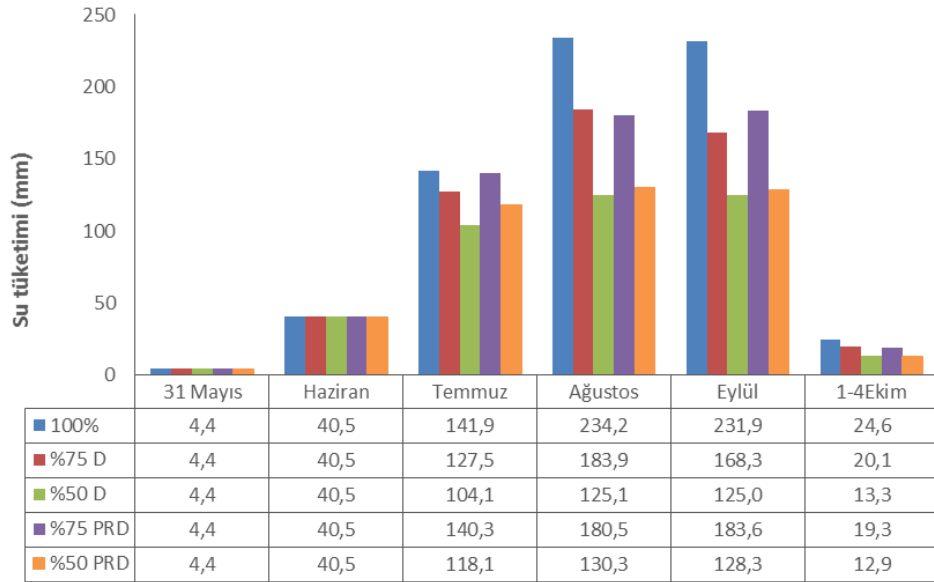
Şekil 4.7. Temiz su uygulamalarında 2013 yılı aylık su tüketimleri



Şekil 4.8. Arıtılmış atık su uygulamalarında 2013 yılı aylık su tüketimleri



Şekil 4.9. Temiz su uygulamalarında 2014 yılı aylık su tüketimleri



Şekil 4.10. Artırılmış atık su uygulamalarında 2014 yılı aylık su tüketimleri

#### 4.1.3. Sulama suyu kullanım (IWUE) ve su kullanım (WUE) etkinliği

Çizelge 4.41’de verilen domates bitkisinin verim değerlerinin sezonluk sulama suyu miktarlarına (Çizelge 4.1 ve 4.2) oranlanmasıyla elde edilen sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ile yine verimlerin bitki su tüketimlerine (Çizelge 4.3) oranlanmasıyla elde edilen su kullanım etkinliği (WUE) değerleri Çizelge 4.4 ve 4.5’te verilmiştir.

Deneme yıllarında IWUE değerleri 9,7-17,2 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmiştir (Çizelge 4.4). Her iki yılda ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ve su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Uygulamaların ortalamasında en yüksek IWUE değeri 15,2 kg/m<sup>3</sup> ve 14,7 ile %50 PRD uygulamasında, en düşük ise 2013 yılında 10,9 kg/m<sup>3</sup> ile %75 D uygulamasında, 2014 yılında ise %100 uygulamasında elde edilmiştir. Su kaynaklarının ortalamasında ise en yüksek değerler arıtılmış atık su uygulamalarının ortalamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.4). İki yılın ortalamasına göre en yüksek IWUE değeri %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasından, en düşük değer ise %75 D temiz su uygulamasından elde edilmiştir. %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasının IWUE değeri kontrol olan %100 temiz su uygulamasına göre %54,5 daha fazla olmuştur.

Deneme yıllarında WUE değerleri ise 8,6-14,1 kg/m<sup>3</sup> arasında değişmiştir (Çizelge 4.5). 2013 yılında uygulamalar arasında istatistiksel olarak fark bulunmazken, 2013 ve 2014 yıllarında su kaynakları ortalamaları arasındaki farklar önemli bulunmuştur. Ayrıca, 2014 yılında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar da istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek WUE değeri %50 D uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da arıtılmış atık su kaynağı ortalamaları en yüksek değerini sağlamıştır. Ayrıca, iki yılın ortalamasında da uygulamaların ortalamaları ve su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve uygulamaların ortalamasında en yüksek değerini %50 D sulama uygulamaları, su kaynakları ortalamasında ise arıtılmış atık su kaynağının ortalamaları sağlamıştır. İki yılın ortalamasında en düşük değer ise %75 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

İki yıllık ortalama değerlere göre istatistiksel olarak en yüksek IWUE %50 PRD, WUE değeri ise %50 D uygulamalarında belirlenmiştir. Bu sonucun elde edilmesinde azalan su miktarlarının etkisinin verimdeki azalışlara göre daha fazla olduğu söylenebilir. Çizelge 4.41’de görüldüğü gibi tam sulama konusuna göre azaltılmış sulama suyu uygulaması konularında verim azalışları birbirine benzer olmuştur. Ayrıca arıtılmış atık su uygulamalarında daha yüksek IWUE ve WUE değerlerinin elde edilmesi arıtılmış atık suyun toprak verimliliğini arttıracak verimi arttırmış olmasıyla açıklanabilir. Çizelge 4.41’de görüldüğü gibi verim değerleri arıtılmış atık su uygulamalarında daha yüksek olmuştur. Yine IWUE değerleri, WUE değerlerine göre daha yüksek bulunmuştur. Ancak değerler arasında farklar fazla olmamıştır. Bu durum su tüketiminde ana kaynağın sulama suyu olduğunu göstermektedir. Çizelge 4.6’da verilen bitki su tüketimlerinin sulama suyu ile karşılanma oranlarının da oldukça yüksek olması bu durumu teyit etmektedir. Yapılan çalışmalarda göstermiştir ki birçok farklı bitkide atık su uygulamalarında genel olarak daha yüksek WUE ve IWUE değerleri belirlenmiş, ayrıca kısmi kök kuruluğu ve kısıntılı sulama uygulamalarının WUE ve IWUE değerleri diğer sulama uygulamalarına göre daha yüksek bulunmuştur (Ekici 2002; Kırdı *et al.* 2004; Zegbe *et al.* 2004; Najafi 2006; Zegbe *et al.* 2007; Samaras *et al.* 2009; Hassanli *et al.* 2010; akmakı 2011; Tunç 2013; Sahin *et al.* 2014; Ors *et al.* 2015).



**Çizelge 4.4.** Farklı sulama uygulamalarında domates bitkisinin sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) değerleri ( $\text{kg/m}^3$ ) ve varyans analiz sonuçları

Yıl	Uygulama	Artırılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	
2013	%100	11,2	11,0	11,1B*	
	%75 D	12,1	9,7	10,9B	
	%50 D	16,8	13,0	14,8A	
	%75 PRD	12,1	10,2	11,1B	
	%50 PRD	17,2	13,3	15,2A	
	<b>Ortalama</b>	<b>13,8A*</b>	<b>11,4B</b>		
<b>Varyans kaynakları</b>		<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Uygulama		4	115,4864000	4,02	0,0150
Su kaynağı		1	45,3870000	6,32	0,0206
Uygulama*Su kaynağı		4	13,4057333	0,47	0,7596
Hata		20	143,6997333		
Genel		29	317,9788667		
2014	%100	11,3	11,0	11,1B**	
	%75 D	12,5	9,9	11,2B	
	%50 D	16,3	12,2	14,2A	
	%75 PRD	12,7	10,0	11,4B	
	%50 PRD	16,9	12,5	14,7A	
	<b>Ortalama</b>	<b>14,0A**</b>	<b>11,1B</b>		
<b>Varyans kaynakları</b>		<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Uygulama		4	76,25925333	9,81	0,0001
Su kaynağı		1	61,66200333	31,73	<,0001
Uygulama*Su kaynağı		4	15,92574667	2,05	0,126
Hata		20	38,8647333		
Genel		29	192,7117367		
2013- 2014	%100	11,3	11,0	11,1B**	
	%75 D	12,3	9,8	11,1B	
	%50 D	16,5	12,5	14,5A	
	%75 PRD	12,4	10,1	11,2B	
	%50 PRD	17,0	12,9	15,0A	
	<b>Ortalama</b>	<b>13,9A**</b>	<b>11,3B</b>		
<b>Varyans kaynakları</b>		<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Yıl		1	0,2076817	0,05	0,8322
Uygulama		4	189,5586600	10,38	<,0001
Su kaynağı		1	106,4268017	23,32	<,0001
Yıl*Uygulama		4	2,1869933	0,12	0,9747
Yıl*Su kaynağı		1	0,6222017	0,14	0,7139
Uygulama*Su kaynağı		4	29,1133400	1,59	0,1945
Yıl*Uygulama*Su kay.		4	0,2181400	0,01	0,9997
Hata		40	182,5644667		
Genel		59	510,8982850		

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluşu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

**Çizelge 4.5.** Farklı sulama uygulamalarında domates bitkisinin su kullanım etkinliği (WUE) değerleri ( $\text{kg/m}^3$ ) ve varyans analiz sonuçları

Yıl	Uygulama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	
<b>2013</b>	%100	10,6	10,4	10,5	
	%75 D	10,9	8,7	9,8	
	%50 D	14,1	10,7	12,4	
	%75 PRD	10,5	8,8	9,7	
	%50 PRD	13,9	10,6	12,2	
	<b>Ortalama</b>	<b>12,0A*</b>	<b>9,8B</b>		
<b>Varyans kaynakları</b>		<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
	Uygulama	4	41,21672000	2,01	0,1320
	Su kaynağı	1	35,90508000	7,00	0,0155
	Uygulama*Su kaynağı	4	9,87485333	0,48	0,7492
	Hata	20	102,5851333		
	Genel	29	189,5817867		
<b>2014</b>	%100	10,8	10,4	10,6ABC*	
	%75 D	11,5	9,0	10,2BC	
	%50 D	13,9	10,3	12,11A	
	%75 PRD	11,1	8,6	9,9C	
	%50 PRD	13,7	9,8	11,7AB	
	<b>Ortalama</b>	<b>12,2A**</b>	<b>9,6B</b>		
<b>Varyans kaynakları</b>		<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
	Uygulama	4	21,84785333	3,81	0,0186
	Su kaynağı	1	50,15547000	34,94	<,0001
	Uygulama*Su kaynağı	4	11,51534667	2,01	0,1325
	Hata	20	28,7092667		
	Genel	29	112,2279367		
<b>2013-2014</b>	%100	10,7	10,4	10,6AB**	
	%75 D	11,2	8,8	10,0B	
	%50 D	14,0	10,5	12,3A	
	%75 PRD	10,8	8,7	9,8B	
	%50 PRD	13,8	10,2	12,0A	
	<b>Ortalama</b>	<b>12,1A**</b>	<b>9,7B</b>		
<b>Varyans kaynakları</b>		<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
	Yıl	1	0,00037500	0,00	0,9915
	Uygulama	4	61,29477333	4,67	0,0035
	Su kaynağı	1	85,46653500	26,04	<,0001
	Yıl*Uygulama	4	1,76980000	0,13	0,9686
	Yıl*Su kaynağı	1	0,59401500	0,18	0,6728
	Uygulama*Su kaynağı	4	21,17930667	1,61	0,1898
	Yıl*Uygulama*Su kay.	4	0,21089333	0,02	0,9995
	Hata	40	131,2944000		
	Genel	59	301,8100983		

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluşu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

**Çizelge 4.6.** Bitki su tüketimlerinin sulama suyu ile karşılanma oranları (%)

Yıl		Uygulama				
		%100	%75 D	%50 D	%75 PRD	%50 PRD
2013	Arıtılmış Atık Su	94,8	89,9	84,1	87,3	80,7
	Temiz Su	94,7	89,5	82,9	86,5	79,3
2014	Arıtılmış Atık Su	95,7	91,7	85,1	87,9	80,8
	Temiz Su	95,3	90,9	84,7	86,1	78,3

#### 4.1.4. Sulamada kullanılan suların kalitesi

Deneme yıllarında sulamada kullanılan arıtılmış atık su ve temiz sulardan sulama sezonu içerisinde (Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarının ortaları) alınan örneklerde yapılan analizlerle belirlenmiş olan pH, elektriksel iletkenlik (EC), askıda katı madde (AKM), toplam azot (TN), toplam fosfor (TP), CO<sub>3</sub>, HCO<sub>3</sub>, SO<sub>4</sub>, Cl, Ca, Mg, Na, K, B, Fe, Cu, Ni, Cd, Mn, Zn, Pb, Cr, Co, biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>), kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve fekal koliform (FC) değerleri ile hesaplama sonucu belirlenmiş olan toplam eriyebilir tuz (TDS), yüzde sodyum (%Na), sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) ve sodyum karbonat kalıntısı (RSC) değerleri 2013 yılı için Çizelge 4.7 ve 2014 yılı için Çizelge 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.7. 2013 yılında sulamada kullanılan suların kalite özellikleri

Parametreler	Haziran		Temmuz		Ağustos	
	Aritılmış atık su	Temiz su	Aritılmış atık su	Temiz su	Aritılmış atık su	Temiz su
<b>pH</b>	7,08	7,75	8,15	8,49	8,05	8,22
<b>EC (dS/m)</b>	0,480	0,172	0,529	0,159	0,533	0,158
<b>TDS (mg/l)</b>	307,2	110,5	338,5	101,7	341,1	101,5
<b>AKM (mg/l)</b>	20,3	21,2	16,0	17,8	28,0	21,3
<b>TN (mg/l)</b>	14,9	-	13,0	-	13,41	-
<b>TP (mg/l)</b>	1,95	-	2,00	-	1,86	-
<b>CO<sub>3</sub> (me/l)</b>	0	0	0	0	0,10	0,03
<b>HCO<sub>3</sub> (me/l)</b>	0,30	0,27	0,51	0,34	0,29	0,22
<b>SO<sub>4</sub> (me/l)</b>	3,90	1,20	2,85	1,43	2,89	1,41
<b>Cl (me/l)</b>	0,50	0,65	1,30	0,45	1,92	0,23
<b>Ca (me/l)</b>	1,59	1,16	2,58	1,23	2,11	0,91
<b>Mg (me/l)</b>	0,99	0,77	1,09	0,83	1,88	0,74
<b>Na (me/l)</b>	2,02	0,16	0,54	0,13	0,95	0,23
<b>K (me/l)</b>	0,14	0,07	0,41	0,04	0,49	0,05
<b>B (mg/l)</b>	0,19	0,03	0,54	0,34	0,57	0,39
<b>Fe (mg/l)</b>	0,46	0,23	0,09	0,06	0,15	0,10
<b>Cu (mg/l)</b>	0,13	0,09	0,05	0,03	0,09	0,04
<b>Ni (mg/l)</b>	0,03	0,04	0,05	0,05	0,05	0,04
<b>Cd (mg/l)</b>	0,07	0,05	0,11	0,07	0	0
<b>Mn (mg/l)</b>	0,11	0,06	0,09	0,03	0,02	0,01
<b>Zn (mg/l)</b>	0,05	0,04	0,04	0,04	0,08	0,04
<b>Pb (mg/l)</b>	0,02	0,02	0,09	0,07	0,08	0,05
<b>Cr (mg/l)</b>	0,35	0,25	0,46	0,42	0,41	0,37
<b>Co (mg/l)</b>	0,19	0,17	0,20	0,16	0,19	0,17
<b>BOİ<sub>5</sub> (mg/l)</b>	24,0	-	25,0	-	36,0	-
<b>FC (cfu/100 ml)</b>	618	-	759	-	532	-
<b>%Na</b>	42,62	20,22	11,69	5,30	17,49	9,50
<b>SAR</b>	1,77	0,54	0,40	0,12	0,67	0,22
<b>RSC (me/l)</b>	-2,28	-1,87	-3,16	-1,94	-3,60	-1,89

Çizelge 4.8. 2014 yılında sulamada kullanılan suların kalite özellikleri

Parametreler	Haziran		Temmuz		Ağustos	
	Aritılmış atık su	Temiz su	Aritılmış atık su	Temiz su	Aritılmış atık su	Temiz su
<b>pH</b>	7,81	7,60	7,28	7,41	8,11	7,69
<b>EC (dS/m)</b>	0,358	0,182	0,451	0,293	0,462	0,243
<b>TDS (mg/l)</b>	229,1	116,6	288,6	187,7	296,1	155,5
<b>AKM (mg/l)</b>	20,0	8,04	10,0	12,6	20,0	15,8
<b>TN (mg/l)</b>	11,9	-	12,3	-	13,6	-
<b>TP (mg/l)</b>	1,69	-	1,78	-	1,49	-
<b>CO<sub>3</sub> (me/l)</b>	0	0	0	0	0	0
<b>HCO<sub>3</sub> (me/l)</b>	0,20	0,16	0,46	0,38	0,38	0,24
<b>SO<sub>4</sub> (me/l)</b>	1,92	1,69	2,26	1,59	3,35	1,63
<b>Cl (me/l)</b>	1,50	0,10	2,20	1,00	0,80	0,40
<b>Ca (me/l)</b>	1,10	0,88	2,38	2,26	1,76	1,36
<b>Mg (me/l)</b>	0,74	0,75	0,70	0,54	1,22	0,66
<b>Na (me/l)</b>	1,58	0,18	1,61	0,19	1,23	0,20
<b>K (me/l)</b>	0,29	0,09	0,34	0,10	0,37	0,14
<b>B (mg/l)</b>	0,19	0	0,39	0,29	0,64	0,28
<b>Fe (mg/l)</b>	0,12	0,13	0,11	0,15	0,13	0,16
<b>Cu (mg/l)</b>	0	0	0	0	0	0
<b>Ni (mg/l)</b>	0,04	0,01	0,05	0,01	0,07	0,03
<b>Cd (mg/l)</b>	0,06	0,05	0,09	0,08	0,09	0,09
<b>Mn (mg/l)</b>	0,04	0,01	0,05	0,01	0,04	0,01
<b>Zn (mg/l)</b>	0,02	0,01	0,02	0,01	0,02	0,01
<b>Pb (mg/l)</b>	0,04	0,03	0,04	0,03	0,04	0,03
<b>Cr (mg/l)</b>	0,31	0,23	0,29	0,28	0,42	0,36
<b>Co (mg/l)</b>	0,18	0,12	0,19	0,14	0,20	0,19
<b>BOİ<sub>5</sub> (mg/l)</b>	17,0	-	20,0	-	31,0	-
<b>KOİ (mg/l)</b>	41,4	-	57,6	-	76,8	-
<b>FC (cfu/100 ml)</b>	569	-	801	-	783	-
<b>%Na</b>	35,25	9,47	23,14	6,14	26,85	8,47
<b>SAR</b>	1,22	0,20	0,83	0,16	1,00	0,20
<b>RSC (me/l)</b>	-1,64	-1,47	-2,62	-2,42	-2,60	-1,78

Sulama sularının sınıflandırılmasında önemli ölçütler olarak suların pH değeri, eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonu, sudaki sediment miktarı, bor gibi bazı toksik iyonların konsantrasyonu ile sodyumun diğer iyonlara göreceli oranı dikkate alınmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010).

Denemede kullanılan suların pH'ları 2013 yılı için 7,08-8,49 arasında 2014 yılında 7,28-8,11 arasında değişmiştir (Çizelge 4.7 ve 4.8). Atık suyun 2013 ve 2014 yılı ortalama pH değerleri 7,76 ve 7,73 iken, temiz suda 2013 ve 2014 yılı ortalama pH değerleri 8,15 ve 7,56 olmuştur. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği (SKKY) (1991)'e göre sulama sularının pH değerleri uygun sınırlar (6,5-8,5) içindedir. Bauder'e (2007) göre üst sınır değer aşıldığında karbonat ve bikarbonat mevcudiyetine bağlı olarak sulama sistemlerinde tıkanma problemleri artmaktadır. Ayrıca, normal aralığın dışında bir pH değeri beslenme dengesizliğine neden olmaktadır (Ayers and Westcot 1985; Pescod 1992). Dolayısıyla her iki yılda da atık ve temiz suyun pH değerleri yönetmelik sınır değerlerini aşmadığından sulama suyu pH'sına bağlı bir sorun yaşanması olasılığı söz konusu değildir.

Eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonunu ifade etmede elektriksel iletkenlik (EC) ve toplam eriyebilir tuz (TDS) yaklaşımları uygulamada kullanılmaktadır. Her iki deneme yılı analiz sonuçlarına göre elektriksel iletkenlik (EC) değerleri en yüksek artırılmış atık sularda belirlenmiştir. 2013 yılında artırılmış atık sularda elektriksel iletkenlik değerleri 0,480-0,533 dS/m arasında iken, temiz sularda elektriksel iletkenlik değerleri 0,158-0,172 dS/m arasında değişmiştir. 2014 yılında ise artırılmış atık suların elektriksel iletkenlik değerleri 0,358-0,462 dS/m, temiz suların elektriksel iletkenlik değerleri 0,182-0,293 dS/m arasında bulunmuştur (Çizelge 4.7 ve 4.8). 2013 ve 2014 yılı ortalama EC değerleri atık suda 0,514 ve 0,423 dS/m iken, temiz suda 0,163 ve 0,239 dS/m olmuştur. Denemede kullanılan artırılmış atık suyun elektriksel iletkenlik değerlerinin beklenenden düşük olması, atık su tesisine sadece evsel atık suların ve EC'si düşük şebeke suyunun fazlaca deşarj olmasına bağlanabilir. Elektriksel iletkenliği dikkate alan USSL (1954) sulama suyu sınıflamasına göre bu çalışmada kullanılan artırılmış atık su ve temiz su C<sub>2</sub> (orta tuzlu) sınıfına girmektedir. Bu tür sular

sulama yönünden sorun yaratmayan sulardır. EC değerleri kullanılarak hesaplama yoluyla belirlenen 2013 ve 2014 yılları ortalama TDS değerleri de arıtılmış atık suda 328,9 ve 271,2 mg/l iken, temiz suda 104,5 ve 153,2 mg/l olmuştur. Her iki su örneğinde de çözülmüş toplam katı madde miktarı (TDS), Ayers and Tanji (1981) sınıflandırmasına göre “sorun oluşturmeyen sular” sınıfına girmektedir.

Sulama sistemlerinde damlatıcı tıkanmalarının ve dolayısıyla akışların azalmasının ana nedenlerinden biri fiziksel etmenlerdir. Tıkanmalarda en önemli fiziksel etmenin sudaki askıda katı madde (AKM) olduğu bilinmektedir (Gilbert *et al.* 1980). 2013 yılında arıtılmış atık sularda AKM miktarı 16-28 mg/l arasında, temiz sularda 17,8-21,3 mg/l arasında, 2014 yılında ise arıtılmış atık sularda 10-20 mg/l arasında, temiz sularda ise 8,04-15,8 mg/l arasında ölçülmüştür (Çizelge 4.7 ve 4.8). 2013 ve 2014 yılı ortalama AKM değerleri arıtılmış atık sularda 21,4 ve 16,6 mg/l iken, temiz suda 20,1 ve 12,14 mg/l olarak belirlenmiştir. Bu değerler SKKY (1991)’e göre sınır değerlerini aşmamakta ve sular I. sınıf yani “çok iyi” su ve II. sınıf yani “iyi” su sınıfına girmektedir. Ayrıca Todd (1980), Howell *et al.* (1983) ve Nakayama and Bucks’da (1986) belirtilen sediment içeren suların damlatıcı tıkanma potansiyeli sınıflamasına göre de, denemede kullanılan arıtılmış atık su ve temiz suların AKM miktarları damlatıcıları tıkanma potansiyeli açısından “< 50 mg/l” olduğundan sorunsuz su sınıfına girmektedir. Ayrıca sulama şebekesinin ana boru girişi öncesinde sistemde bulunan bir disk filtreden suların süzülerek sisteme verilmesi nedeniyle damlatıcılarda tıkanma riski daha da azaltılmış ve denemeler boyunca yapılan gözlem ve debi ölçümlerden de tıkanma riskinin yaşanmadığı anlaşılmıştır.

Bitki toksitesi açısından en önemli iyonlar B, Cl ve Na’dır (Ayers and Westcot 1985). Bor bitki büyümesi için mutlak gerekli elementlerdendir. Ancak düşük konsantrasyonlarda olması gerekir. Bor konsantrasyonu arttıkça borun olumsuz etkisi ortaya çıkmakta ve toksik etkisi artmaktadır. Her iki deneme yılında kullanılan suların bor konsantrasyonları 0-0,64 mg/l arasında değişmektedir (Çizelge 4.7 ve 4.8). 2013 ve 2014 yılı ortalama değerleri arıtılmış atık su için sırasıyla 0,43 ve 0,40 mg/l, temiz su için 0,25 ve 0,19 mg/l olmuştur. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine (SKKY 1991) göre

denemede kullanılan arıtılmış atık sular II. sınıf su, temiz sular ise I. sınıf sudur. Ayrıca sulama suyunda 0,5 mg/l konsantrasyonda bulunan B'un tüm bitkilerin sulanmasında güvenle kullanılabileceği, 1 mg/l konsantrasyonda bulunan B'un ise duyarlı bitkilerde gözle görülebilir bir toksik etkiye neden olabileceği bildirilmiştir (Mengel and Kirkby 1987). Ayers and Westcot (1985) sınıflandırma sistemi kriter değerine göre de sulamada kullanılan suların B konsantrasyonları 0,7 mg/l değerini aşmadığından sulamada kullanılmasında bir sorun olmayan sular sınıfında yer almışlardır. Arıtılmış atık sularda B konsantrasyonu temiz suya göre daha yüksek olsa da yukarıdaki yaklaşımlara göre bir bor toksisitesi olasılığı söz konusu değildir.

2013 yılında denemede kullanılan su örneklerinde belirlenen klor (Cl) konsantrasyonları arıtılmış atık sularda 0,50-1,92 me/l, temiz sularda 0,23-0,65 me/l arasında değişmiştir. Denemenin ikinci yılında kullanılan sularda belirlenen klor değerleri ise arıtılmış atık sularda 0,80-2,20 me/l, temiz sularda 0,10-1,00 me/l arasındadır (Çizelge 4.7 ve 4.8). 2013 ve 2014 yılı ortalama değerleri arıtılmış atık suda sırasıyla 1,24 ve 1,50 me/l iken temiz suda 0,44 ve 0,50 me/l olmuştur. Denemede kullanılan suların Cl konsantrasyonları Ayers and Westcot (1985) tarafından yapılan sulama suyu sınıflamasına göre yağmurlama için 3 me/l ve yüzey sulama için önerilen 4 me/l sınır değerinin altında olup I. sınıf (çok iyi) sudur ve sulamada sorunsuz şekilde kullanılabilmektedir.

Denemenin ilk yılı kullanılan su örneklerinde belirlenen Na konsantrasyonları arıtılmış atık sularda 0,54-2,02 me/l arasında, temiz sularda ise 0,13-0,23 me/l arasında değişmiştir. Denemenin ikinci yılı kullanılan sularda belirlenen sodyum değerleri ise arıtılmış atık sularda 1,23-1,61 me/l arasında, temiz sularda ise 0,18-0,20 me/l arasındadır (Çizelge 4.7 ve 4.8). Ortalama Na konsantrasyonu arıtılmış atık suda 2013 yılında 1,17 me/l ve 2014 yılında 1,47 me/l olmuştur. Temiz suyun 2013 ve 2014 yılı ortalama Na konsantrasyonları da sırasıyla 0,17 ve 0,19 me/l'dir. Suların her iki yılda belirlenen Na konsantrasyonları Ayers and Westcot (1985) tarafından hem SAR ve hem de doğrudan Na konsantrasyonu kriterine göre yapılan sulama suyu sınıflamasına göre



yüzey ve yağmurlama sulamada sorun yaratmadan kullanılabilir sular sınıfında yer aldığı görülmüştür.

Fazla Na'nın toksik etkisi yanında toprak yapısı üzerine olumsuz etkileri de söz konusudur. Bu etkinin değerlendirilmesinde yüzde sodyum (%Na), sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ve artık sodyum karbonat (RSC) değerleri uygulamada yaygın olarak kullanılan ölçütlerdir (Kanber ve Ünlü 2010).

Denemede kullanılan suların %Na değerleri 2013 yılında arıtılmış atık sularda 11,69-42,62 arasında, temiz sularda 5,30-20,22 arasında, denemenin ikinci yılında arıtılmış atık sularda 23,14-35,25 arasında, temiz sularda ise 6,14-9,47 arasında değişmiş, 2013 yılı için ortalama değer arıtılmış atık suda %23,93 temiz suda %11,67, 2014 yılı içinde arıtılmış atık suda %28,41 ve temiz suda %8,03 olmuştur (Çizelge 4.7 ve 4.8). Sulama sularının sınıflandırılmasında esas alınan kriterlere (SKKY 1991) göre arıtılmış atık su III. sınıfa (kullanılabilir), temiz su ise II. sınıfa (iyi) girmiştir.

Her iki deneme yılında kullanılan suların SAR değerleri incelendiğinde 0,12-1,77 arasında değişmektedir (Çizelge 4.7 ve 4.8). Ortalama SAR değeri arıtılmış atık suda 2013 yılında 0,94 ve 2014 yılında 1,01 olmuştur. Temiz suyun 2013 ve 2014 yılı ortalama SAR değerleri de sırasıyla 0,29 ve 0,18'dir. Sulama suyunun SAR değeri toprakta değişebilir Na miktarının iyi bir göstergesi sayılmakla birlikte, sularda yüksek konsantrasyonlarda bulunan sodyum, toprak yapısını olumsuz etkilemekte ve toprağın hidrolik iletkenliğini azaltmaktadır (Bouwer and Idelovitch, 1987). Sulama suyu sınıflandırma kriterlerine (USSL, 1954) göre denemede kullanılan sular "az sodyumlu sular" (SAR < 10) sınıfına girmektedir (Anonim 1991). Bu sular, her türlü bitki ve toprakta güvenle kullanılabilir (Ayers and Westcot 1985).

RSC miktarı sularının kalitesinin belirlenmesinde ve sınıflandırılmasında dikkate alınan kriterlerden biridir. Sulama sularında izin verilebilir en yüksek RSC miktarı olarak 2,5 me/l değeri kabul edilmektedir (Eaton 1950). Yüksek RSC sodyum zararını arttırmakta ve toprağın yapısını bozmaktadır (Bouwer and Idelovitch 1987). Her iki yıl

için denemede kullanılan su örneklerinin RSC değerleri negatif olup (Çizelge 4.7 ve 4.8), RSC açısından sorunsuz sulardır.

Denemede kullanılan suların  $SO_4$  konsantrasyonları, 2013 yılında arıtılmış atık sularda 2,85-3,90 me/l arasında, temiz sularda 1,20-1,43 me/l arasında, denemenin ikinci yılında ise arıtılmış atık sularda 1,92-3,35 me/l, temiz sularda 1,59-1,69 me/l arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.7 ve 4.8). 2013 ve 2014 yılı ortalama değerleri arıtılmış atık suda sırasıyla 3,21 ve 2,51 me/l olmuştur. Temiz suyun 2013 ve 2014 yılı ortalama  $SO_4$  konsantrasyonları ise sırasıyla 1,34 ve 1,63 me/l olmuştur.  $SO_4$  doğal sularda biyolojik verim için önemlidir ve 500 mg/l'ye kadar bulunabilmektedir. Sularda  $SO_4$ 'ün konsantrasyonunun artması kısmen yararlı olabilmektedir. Ancak fazlalığında, kalsiyumun çökmesine neden olmakta ve bitkiler için toksik etki oluşturmaktadır (Erözel 1986). SKKY'ne (1991) göre denemede kullanılan suların  $SO_4$  konsantrasyonu 4 me/l değerinin altında olup I. sınıf "çok iyi" su sınıfına girmektedir.

Denemede kullanılan su örneklerinde belirlenen Ca ve Mg konsantrasyonları incelendiğinde, Ca miktarı arıtılmış atık suda 1,10-2,58 mg/l, temiz suda ise 0,88-2,26 me/l arasında belirlenmiştir. 2013 ve 2014 yılı ortalama Ca miktarları arıtılmış atık suda sırasıyla 2,09 ve 1,74 me/l olmuştur. Temiz suyun 2013 ve 2014 yılı ortalama Ca miktarları ise sırasıyla 1,10 ve 1,50 me/l olmuştur. 2013 yılında denemede kullanılan su örneklerinde belirlenen Mg konsantrasyonları arıtılmış atık sularda 0,99-1,88 me/l, temiz sularda 0,74-0,83 me/l arasında değişmiştir. Denemenin ikinci yılında kullanılan sularda belirlenen Mg değerleri ise arıtılmış atık sularda 0,70-1,22 me/l, temiz sularda 0,54-0,75 me/l arasındadır (Çizelge 4.7 ve 4.8). 2013 ve 2014 yılı ortalama Mg konsantrasyonları arıtılmış atık suda sırasıyla 1,32 ve 0,88 me/l iken temiz suda 0,78 ve 0,65 me/l olmuştur. Kalsiyum ve magnezyumca zengin sular, sert sular olarak ifade edilmektedir. Kalsiyumun sulama sularında fazla olması, toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etki etmektedir. Toprağın yumuşak olmasını ve kolay işlenmesini sağlamakla birlikte toprağın infiltrasyon hızını artırır. Mg ise bitki büyümesi ve gelişimi için önemlidir. Özellikle yeşil bitkilerde klorofilin en önemli parçasıdır (Kanber ve Ünlü 2010). Ayrıca, sulama sularında Ca ve Mg konsantrasyonlarının fazla

olması çözünebilir Fe miktarını azaltarak bitkilerde demir noksanlığı (kloroz) oluşturmakta ve pH'ı arttırmasından dolayı suda bulunan mevcut fosforun azalmasına neden olmaktadır (Al-Shammiri *et al.* 2005; Kaçar ve Katkat 2009).

Denemede kullanılan suların  $\text{CO}_3$  ve  $\text{HCO}_3$  konsantrasyonları incelendiğinde,  $\text{CO}_3$ , 2013 yılında arıtılmış atık sularda 0-0,10 me/l arasında, temiz sularda 0-0,03 me/l arasında belirlenirken, denemenin ikinci yılında ise arıtılmış atık su ve temiz sularda  $\text{CO}_3$  bulunmamıştır (Çizelge 4.7 ve 4.8). 2013 yılı ortalama değer arıtılmış atık suda 0,03 me/l olmuştur. Temiz suyun 2013 yılı ortalama  $\text{CO}_3$  değeri ise 0,01 me/l olmuştur.  $\text{HCO}_3$  konsantrasyonları ise, 2013 yılında arıtılmış atık sularda 0,29-0,51 me/l arasında, temiz sularda 0,22-0,34 me/l arasında, denemenin ikinci yılında ise arıtılmış atık sularda 0,20-0,46 me/l, temiz sularda 0,16-0,38 me/l arasında belirlenmiştir (Çizelge 4.7 ve 4.8). 2013 ve 2014 yılı ortalama konsantrasyonları arıtılmış atık suda sırasıyla 0,36 ve 0,34 me/l olmuştur. Temiz suyun 2013 ve 2014 yılı ortalama  $\text{HCO}_3$  konsantrasyonları ise sırasıyla 0,27 ve 0,26 me/l olmuştur.  $\text{HCO}_3$  konsantrasyonları, her iki su çeşidinde de Ayers and Westcot (1985)'e göre sınır değer olan 1,5 me/l'nin çok altında bulunduğundan sulama suyu olarak kullanılmasında sıkıntı oluşturmamaktadır. Sulama sularında,  $\text{HCO}_3$  arttığında SAR miktarında da artış olmaktadır.  $\text{CO}_3$  miktarı arttıkça ise, Ca çökmekte ve Na iyonu hakim duruma geçmektedir. Ayrıca  $\text{CO}_3$  ve  $\text{HCO}_3$  değerleri arttıkça suyun pH değerini arttırarak alkali olmasına neden olmaktadır (Ayyıldız 1990; Kanber ve Ünlü 2010;).

Ca, Mg ve  $\text{HCO}_3$  iyonları sulama sularında yüksek konsantrasyonlarda bulunursa, kapalı sulama sistemlerinde kimyasal tıkanmaya neden olmaktadır (Tüzel ve Anaç 1991).

Denemenin ilk yılı kullanılan su örneklerinde belirlenen K konsantrasyonları arıtılmış atık sularda 0,14-0,49 me/l arasında, temiz sularda ise 0,04-0,07 me/l arasında değişmiştir. Denemenin ikinci yılı kullanılan sularda belirlenen potasyum konsantrasyonları ise arıtılmış atık sularda 0,29-0,37 me/l arasında, temiz sularda ise 0,09-0,14 me/l arasındadır (Çizelge 4.7 ve 4.8). Ortalama K konsantrasyonu arıtılmış

atık suda 2013 yılında 0,34 me/l ve 2014 yılında 0,33 me/l olmuştur. Temiz suyun 2013 ve 2014 yılı ortalama K konsantrasyonları da sırasıyla 0,05 ve 0,11 me/l'dir. Potasyum, bitki büyüme ve gelişmesi için mutlaka gerekli olan elementlerden biridir (Kaçar ve Katkat 2009; Kanber ve Ünlü 2010).

Azot, proteinlerin sentezinde temel yapı taşı olduğu için, sulama sularında azot konsantrasyonunun bilinmesi gerekmektedir. Her iki deneme yılında kullanılan arıtılmış atık suyun toplam azot (TN) konsantrasyonu 11,9-14,9 mg/l arasında değişmiş, temiz suda TN'e rastlanmamıştır (Çizelge 4.7 ve 4.8). Arıtılmış atık suyun 2013 ve 2014 yılı ortalama TN konsantrasyonları sırasıyla 13,8 ve 12,6 mg/l olmuştur. Suların TN bakımından atık su örnekleri SKKY'ne (1991) göre konsantrasyonları "III. Sınıf" su sınıfına girmiştir. Atık sularda TN 0-20 mg/l arası konsantrasyonlarda bulunabilmektedir (Belmonte *et al.* 2011). Azotun fazlalığında, suda alg ve çeşitli bitkilerin çoğalması sonucu ekolojik dengeyi bozan ötrofikasyon oluşmaktadır. Ötrofikasyon oluşan bu tür sularda ise, oksijen azalması, bulanıklık, renk değişimi ve kokma olmakta ve su giderek kullanılamaz hale gelmekte ve kirlenmektedir. Ayrıca, toprak geçirgenliği üzerine olumsuz etki etmekte ve sudaki konsantrasyonu 5 mg/l'yi geçtiği takdirde uygun bir gübreleme programı oluşturulması önerilmektedir (Will and Faust 2005).

Fosfor da azot gibi büyüme ve gelişmede etkili ve gerekli bir besin elementidir. Atık sular fosforca zengindir, çünkü evsel atık sularda deterjan ve benzerleri gibi maddelerden kaynaklı olmak üzere 4-15 mg/l civarında fosfor bulunmaktadır (Tünay vd 1991). Sularda belirli bir düzeyde fosfor bulunması canlı organizmalar için gereklidir. Ancak, fazlalığında, azot fazlalığında olduğu gibi ötrofikasyon meydana gelmekte ve suyu kirletmektedir (Rybicki 1997). Denemede kullanılan temiz suda toplam fosfor (TP) bulunmayıp, atık sularda TP konsantrasyonu iki yıl boyunca 1,49-2,0 mg/l arasında değişmiş (Çizelge 4.7 ve 4.8), 2013 yılında ortalama 1,93 mg/l ve 2014 yılında ortalama 1,65 mg/l olmuştur. Arıtılmış atık suların TP konsantrasyonu Atık Su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (2010) sınır değeri olan 12 mg/l'yi aşmamaktadır. Bouwer and Idelovitch (1987)'ye göre atık sudaki fosfor konsantrasyonu 1-5 mg/l

arasında ise bu miktar, bitki ve toprak için sulamalarda normal verilmesi gereken gübre miktarını karşılamaktadır.

Ötrofikasyonun başlıca sebebi olarak, endüstriyel, evsel ve tarımsal kaynaklar tarafından ortama verilen azot ve fosfor söylenebilir (Yang 1998). Ayrıca, azot ve fosfor, bitkilerin büyüme ve gelişmelerinde gerekli olan elementler olmalarına rağmen, sulama sularında fazla konsantrasyonda bulduklarında bitkilere toksik etki yapmaktadır (Kanber ve Ünlü 2010).

Atık suların kirlilik derecesinin belirlenmesinde etkili olan biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>) ve kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) değerleri incelendiğinde her iki yılda arıtılmış atık suların BOİ<sub>5</sub> değeri 17,0-36,0 mg/l arasındadır (Çizelge 4.8 ve 4.9). 2013 ve 2014 yılları için ortalama BOİ<sub>5</sub> değeri sırasıyla 28,3 ve 22,6 mg/l'dir. Su kirliliği kontrolü yönetmeliğine (2004) göre kalite olarak IV. sınıfa girmektedir. KOİ ise 41,4-96,0 mg/l değerleri arasında değişmekte olup (Çizelge 4.7 ve 4.8), 2013 yılında ortalama 75,7 mg/l ve 2014 yılında ortalama 58,6 mg/l olmuştur. Denemede kullanılan arıtılmış atık suların KOİ değerleri SKKY (2004)'e kalite olarak IV. sınıfa girmektedir. BOİ<sub>5</sub> ve KOİ değerlerinin artması sonucunda, toprak havalanması azalmakta ve oksijen miktarının elverişsiz hale gelmesi nedeniyle bitki olumsuz etkilenmektedir (Ayyıldız 1990; Munsuz ve Ünver 1995).

Atık sularda hastalıklara neden olan patojenik mikroorganizmalar bakteri, virüs ve parazitlerdir. Bu patojenleri uzaklaştırmak için dezenfeksiyon işlemi arıtımın son adımıdır (FAO, 2004). Ancak, denemede kullanılan arıtılmış atık sularda dezenfeksiyon işlemi yetersiz olduğundan, sularda yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda fekal koliform belirlenmiştir (Çizelge 4.7 ve 4.8). Her iki yıl arıtılmış atık sularda belirlenen fekal koliform 532-801 cfu/100 ml arasında değişmiş, 2013 yılında ortalama 636,3 cfu/100 ml ve 2014 yılında ortalama 717,6 cfu/100 ml olmuş ve SKKY'ne (1991) göre IV. sınıfa "ihtiyatla kullanılması gereken" girmiştir. Çiğ yenen bitkilerin sulanmasında kullanılan atık sularda en yüksek fekal koliform miktarının 1000 cfu/100 ml olması önerilmektedir (Pescod 1992; Wescot 1997). Denemede kullanılan arıtılmış atık suyun

bu değeri aşmadığı gözlenmiştir. Temiz su örneklerinde ise herhangi bir fekal koliform kalıntısına rastlanmamıştır.

Çizelge 4.7 ve 4.8’de verilmiş denemede kullanılan sularının ağır metal konsantrasyonları incelendiğinde, Fe 0,06-0,46 mg/l, Cu 0,03-0,13 mg/l, Ni 0,01-0,07 mg/l, Cd 0-0,11 mg/l, Mn 0,01-0,11 mg/l, Zn 0,01-0,08 mg/l, Pb 0,02-0,09 mg/l, Cr 0,23-0,46 mg/l ve Co 0,12-0,20 mg/l arasında değişmiş, arıtılmış atık suyun 2013 yılı ortalama Fe, Cu, Ni, Cd, Mn, Zn, Pb, Cr ve Co konsantrasyonları sırasıyla 0,23 mg/l, 0,09 mg/l, 0,04 mg/l, 0,06 mg/l, 0,07 mg/l, 0,05 mg/l, 0,06 mg/l, 0,40 mg/l ve 0,19 mg/l, 2014 yılı ortalama Fe, Cu, Ni, Cd, Mn, Zn, Pb, Cr ve Co konsantrasyonları sırasıyla 0,12 mg/l, 0 mg/l, 0,05 mg/l, 0,08 mg/l, 0,04 mg/l, 0,02 mg/l, 0,04 mg/l, 0,34 mg/l ve 0,19 mg/l olmuştur. Temiz suda ise 2013 yılı ortalama Fe, Cu, Ni, Cd, Mn, Zn, Pb, Cr ve Co konsantrasyonları 0,13 mg/l, 0,05 mg/l, 0,04 mg/l, 0,04 mg/l, 0,03 mg/l, 0,04 mg/l, 0,04 mg/l, 0,34 mg/l ve 0,16 mg/l, 2014 yılı ortalama konsantrasyonları da 0,14 mg/l, 0 mg/l, 0,01 mg/l, 0,07 mg/l, 0,01 mg/l, 0,01 mg/l, 0,03 mg/l, 0,29 mg/l ve 0,15 mg/l olmuştur. Deneme de kullanılan her iki su örneğinde de Cr, Co ve Cd konsantrasyonları Atıksu Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği (2010)’da belirtilen sulama sularında izin verilebilen maksimum ağır metal ve toksik elementlerin konsantrasyonları tablosunda sınır değerlerin (Cd: 0,01 mg/l, Cr: 0,1 mg/l ve Co:0,05 mg/l) üzerinde bulunmuş ancak Co ve Cr değerlerinin pH değeri 6,0-8,5 arasında olan killi topraklarda 24 yıldan daha az sulama yapıldığı durumlarda verilen yönetmelik sınır değerlerini aşmadığı, Cd değerinin ise bu sınırı da aştığı görülmüştür. Kömür ve mineral gübrelere dâhil olmak üzere birçok toprak ve kaya kadmiyum içermektedir. Kadmiyum insan, hayvan ve bitkiler için toksik etkili bir ağır metaldir. Bitkiler de Cd fazlalığı, potasyum ve nitrat alımını azaltmakta, stomaların kapanmasına neden olmakta, klorofil biyosentezini bozmakta, fotosentezi engellemekte terlemeyi azaltmakta ve bitki gelişimini yavaşlatmaktadır (Sheoran *et al.* 1990; Veselov *et al.* 2003) Kadmiyum, bitkilerde en fazla yapraklarda birikmektedir. Bu nedenle yaprakları yenen bitkiler insanlar tarafından tüketildiğinde, insan vücuduna Cd girişi olmaktadır. Kadmiyum ve bileşiklerinin vücutta artışıyla insanlarda kansere yol açmakta, merkezi sinir sistemini

bozmakta ve birçok organda tahribat oluşturmaktadır (Martin and Griswold 2009; Morais *et al.* 2012).

Çizelge 4.7 ve 4.8'deki değerlere göre deneme yılları ve örnekleme dönemleri arasında arıtılmış atık suyun genel kalitesi bakımından önemli farklılıklar olmamıştır. Bu durumun kullanılan suyun büyük çoğunlukla kentsel atık su olması ve endüstriyel kirleticilerin mevcut atık suya karışmamasından kaynaklandığı düşünülebilir (Tunç 2013). Temiz su olarak ta her iki yılda da Gayt baraj gölünden DSİ kanalıyla alınan su kullanıldığından temiz suyun kalitesinde de önemli bir değişiklik gözlenmemiştir.

## **4.2. Toprak Özelliklerinde Değişimler**

Denemede kullanılan suların, deneme toprağının kimyasal, fiziksel ve hidrolik özelliklerine etkisini belirlemek amacıyla her iki deneme yılında da hasat sonrasında 30 cm'lik tabakalardan 90 cm'ye kadar toprak örnekleri alınmıştır. Alınan toprak örneklerinde yapılan analiz ve ölçümlerle kimyasal özellikler kapsamında EC, pH, toplam tuz, organik madde, CaCO<sub>3</sub>, toplam azot (TN), alınabilir fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ve potasyum (K<sub>2</sub>O), değişebilir Ca, Mg, K ve Na miktarları, kation değişim kapasitesi (KDK), değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) ve bazı iz element ve ağır metal konsantrasyonları, fiziksel özellikler kapsamında kütle yoğunluğu, tane yoğunluğu, porozite ve agregat stabilitesi değerleri, hidrolik özellikler kapsamında da tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan su ile yarayırlı su miktarları ve toprakların infiltrasyon özellikleri belirlenmiştir.

### **4.2.1. Toprakların kimyasal özellikleri**

2013 ve 2014 yıllarında hasat sonrası 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak tabakalarında belirlenen EC, pH, toplam tuz, organik madde, CaCO<sub>3</sub>, kation değişim kapasitesi (KDK), toplam azot (TN), alınabilir fosfor (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) ve potasyum (K<sub>2</sub>O), değişebilir Ca, Mg, K ve Na miktarları, değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) ve bazı iz element ve ağır

metal konsantrasyonları ve bu değerlere ilişkin varyans analizi ve duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları izelge 4.9-4.32 ve **EK 1.24**'de verilmiştir.

Deneme yılları sonunda, elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 0-30 cm toprak tabakasında 0,50-0,80 dS/m arasında değişmiştir. İki yılın ortalamasına göre en yüksek EC değeri %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir. 2013 yılında uygulamalar arasındaki farklar önemsiz olurken, 2014 yılında ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 1**). Her ikisinde de %100 tam sulama yapılan uygulamaların ortalaması en yüksek değeri sağlamıştır (izelge 4.9).

2013 ve 2014 deneme yıllarında pH değerleri 0-30 cm toprak derinliğinde 7,64-7,99 arasında değişmiş, iki yılın ortalaması dikkate alındığında en yüksek pH değeri %50 D temiz su uygulamasında, en düşük değer ise %75 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki deneme yılında da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, deneme yılları arasındaki farklar önemli bulunmuştur (**EK 1**). Denemenin ikinci yılında pH ilk yıla göre %2,4 oranında azalış göstermiştir. Genel olarak arıtılmış atık su uygulamalarında pH değeri, temiz su uygulamalarından daha düşük olmuştur (izelge 4.9).

Deneme yıllarında 0-30 cm toprak tabakasında toplam tuz miktarı %0,014-0,025 arasında değerler almıştır. İki yılın ortalamasına göre en yüksek toplam tuz miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında belirlenirken, en düşük miktar ise %50 D arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 1**). Ayrıca, iki yılın ortalamasına göre uygulamaların ortalamaları arasındaki fark da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Her iki yılda da en yüksek ortalama %100 tam sulama uygulamalarında belirlenmiştir. Toplam tuz miktarlarının yıllar arasında değişim miktarı da istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve tuz içeriğinde denemenin ikinci yılında %17,6 oranında bir artış olmuştur (izelge 4.9).



Deneme yıllarında 30-60 cm toprak tabakasında belirlenen EC değerleri 0,48-0,83 dS/m arasında değişmiştir. Deneme yılları ortalamasına göre en yüksek EC değeri %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük EC değeri ise %50 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki deneme yılında da uygulamalar arası farklar istatistiksel olarak önemsiz olurken, her iki yılda ve iki yılın ortalamasında su kaynağı ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 2**). Atık su uygulamalarının EC ortalaması, temiz su uygulamalarının EC ortalamasından her iki yılda da daha yüksek olmuştur (Çizelge 4.10).



**Çizelge 4.9.** 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında EC, pH ve toplam tuz değerleri

Yıl	Uygulama	EC (dS/m)			pH			Toplam tuz (%)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	0,74	0,65	0,69	7,93	7,97	7,95	0,023	0,020	0,022A**
	%75 D	0,59	0,65	0,62	7,93	7,90	7,91	0,017	0,019	0,018AB
	%50 D	0,59	0,57	0,58	7,94	7,94	7,94	0,015	0,014	0,014B
	%75 PRD	0,61	0,66	0,63	7,96	7,95	7,95	0,020	0,017	0,018AB
	%50 PRD	0,60	0,50	0,55	7,97	7,99	7,98	0,015	0,014	0,015B
	<b>Ortalama</b>	0,63	0,61		7,95	7,95	<b>7,95a**</b>	0,018	0,017	<b>0,017b</b>
<b>2014</b>	%100	0,80	0,76	0,78A**	7,76	7,68	7,72	0,025	0,022	0,023A**
	%75 D	0,66	0,62	0,64B	7,70	7,64	7,67	0,021	0,020	0,020AB
	%50 D	0,52	0,59	0,55B	7,76	7,96	7,84	0,015	0,018	0,016C
	%75 PRD	0,68	0,62	0,65B	7,76	7,86	7,81	0,021	0,019	0,020AB
	%50 PRD	0,64	0,60	0,62B	7,77	7,78	7,77	0,019	0,018	0,018BC
	<b>Ortalama</b>	0,66	0,64		7,75	7,78	<b>7,76b</b>	0,020	0,019	<b>0,020a**</b>
<b>2013-2014</b>	%100	0,77	0,71	0,74A**	7,85	7,82	7,83	0,024	0,021	0,022A**
	%75 D	0,62	0,64	0,63BC	7,82	7,77	7,79	0,019	0,019	0,019B
	%50 D	0,56	0,58	0,57C	7,85	7,93	7,89	0,015	0,016	0,015C
	%75 PRD	0,65	0,64	0,64B	7,86	7,90	7,88	0,020	0,018	0,019B
	%50 PRD	0,61	0,55	0,58BC	7,87	7,89	7,88	0,017	0,017	0,016C
	<b>Ortalama</b>	0,64	0,62		7,85	7,86		0,019	0,018	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Deneme yıllarında 30-60 cm toprak derinliğinde pH değerleri 7,75-8,00 arasında değişmiştir. İki yılın ortalamasına göre en yüksek pH değeri %50 PRD temiz su uygulamasında, en düşük değer ise %75 D arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. 2014 yılında uygulamalar arasındaki farklar önemsiz olurken, 2013 yılı ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 2**). En yüksek değer %50 PRD uygulamasında görülmüştür. Ayrıca iki yıl arasında pH değişimi de istatistiksel olarak önemli bulunurken, 2014 yılında pH değeri ilk yıla göre %0,9 oranında azalış göstermiştir (Çizelge 4.10, **EK 2**).

Toplam tuz miktarı her iki yılda %0,012-0,026 arasında değişmiştir. İki yılın ortalamasına göre en yüksek tuz miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da uygulamaların ve su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 2**). En yüksek değer %100 tam sulama uygulamasında, su kaynakları ortalamaları arasındaki en yüksek değer ise arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.10).

60-90 cm toprak derinliğinde EC değerleri 0,49-0,66 dS/m arasında değişirken, iki yılın ortalamasına göre en yüksek değer %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %50 D arıtılmış atık su ve %50 PRD temiz su uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 4.11). Her iki deneme yılında da uygulamalar arası farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (**EK 3**).

Deneme yıllarında pH değerleri 7,77-7,99 arasında değişmiştir. İki yılın ortalamasına göre en yüksek pH %75 D arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir. 2013 yılında uygulamalar arasındaki farklar önemsiz olurken, sadece 2014 yılında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 3**). 2014 yılında uygulamaların ortalamaları arasında en yüksek değer %50 D uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

**Çizelge 4.10.** 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında EC, pH ve toplam tuz değerleri

Yıl	Uygulama	EC (dS/m)			pH			Toplam tuz (%)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	0,71	0,60	0,65	7,89	7,92	7,90ABC*	0,026	0,020	0,023A**
	%75 D	0,67	0,57	0,62	7,79	7,86	7,82C	0,018	0,014	0,016B
	%50 D	0,66	0,48	0,57	7,84	7,92	7,88BC	0,018	0,013	0,015B
	%75 PRD	0,68	0,58	0,63	7,96	7,92	7,94AB	0,021	0,016	0,018B
	%50 PRD	0,64	0,56	0,60	7,95	8,00	7,97A	0,016	0,017	0,016B
	<b>Ortalama</b>	0,67A**	0,56B		7,88	7,92	<b>7,90a**</b>	0,019A**	0,016B	
<b>2014</b>	%100	0,83	0,65	0,74	7,80	7,88	7,84	0,026	0,020	0,023A*
	%75 D	0,65	0,59	0,62	7,75	7,78	7,76	0,018	0,017	0,018B
	%50 D	0,72	0,48	0,60	7,77	7,88	7,83	0,018	0,012	0,015B
	%75 PRD	0,72	0,60	0,66	7,87	7,83	7,85	0,022	0,017	0,019AB
	%50 PRD	0,62	0,55	0,592	7,85	7,88	7,86	0,017	0,016	0,016B
	<b>Ortalama</b>	0,71A**	0,57B		7,81	7,85	<b>7,83b</b>	0,020A*	0,016B	
<b>2013-2014</b>	%100	0,75	0,63	0,70	7,84	7,90	7,87AB*	0,026	0,020	0,023A**
	%75 D	0,66	0,58	0,62	7,77	7,82	7,79B	0,018	0,016	0,017BC
	%50 D	0,69	0,48	0,59	7,80	7,90	7,85AB	0,018	0,012	0,015C
	%75 PRD	0,70	0,59	0,65	7,91	7,88	7,89A	0,021	0,016	0,019B
	%50 PRD	0,63	0,56	0,60	7,90	7,94	7,92A	0,016	0,016	0,016BC
	<b>Ortalama</b>	0,69A**	0,57B		7,85	7,88		0,020A**	0,016B	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

60-90 cm toprak derinliğindeki toplam tuz miktarları %0,012-0,024 arasında değişmiştir. Yıllar ortalamasına göre en yüksek tuz miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %50 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda ve iki yılın ortalamasına göre su kaynakları ortalamaları ve uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 3**). En yüksek değer her iki yılda da arıtılmış atık su kaynağında, uygulamalar arasında en yüksek değer ise %100 tam sulama uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.11).

Atık su gibi düşük kaliteli suların toprağın pH'sında düşümlere ve tuz miktarında artışlara neden olduğu bildirilmektedir (Sağlam ve Bellitürk 2003; Çakır vd 1997). Atık sularda amonyumun yüksek konsantrasyonlarda bulunması ve bu atık su ile sulanan topraklarda zamanla amonyumun birikerek hidrojen iyon kaynağı olan nitrifikasyon oluşturması pH'da azalmalara neden olmaktadır (Hayes *et al.* 1990; Vazquezmontiel *et al.* 1996).

Deneme yılları boyunca pH ve tuzluluk değerleri fazla değişmemiştir. Denemenin ikinci yılında pH değerlerinde kısmen bir azalış görülürken, tuzlulukta deneme başlangıcındaki değerlere göre 0-30 ve 30-60 cm'lik tabakalarda kısmen bir artış olmuş, en fazla artış atık su uygulaması konularında 30-60 cm'lik tabakada belirlenmiştir. Topraklar da tuzluluk sınıflamasına göre deneme yıllarında toprakların EC değeri "tuzsuz" (0-4 dS/m) topraklar sınıfında belirlenmiştir (Richards, 1953). Toprakların pH değerleri ise Ulgen and Yurtsever (1974) ve Richards (1953)'e göre "hafif alkali" sınıfında belirlenmiştir. Denemede kullanılan suların pH değerleri iki yıl için 7,08-8,49 arasında ve sınır değerleri içerisinde olup, sulama suyu olarak kullanılması topraklara olumsuz bir etki yapmamıştır (Çizelge 4.7 ve 4.8). Sulama sularının EC değerlerinin de toprağı olumsuz etkilemediği görülmüş, ancak arıtılmış atık su ile uzun vade de sulama yapıldığında tuzluluk oluşturabileceği düşünülmektedir. Yapılan birçok çalışmada atık su gibi düşük kaliteli ve tuzlu suların toprakların özelliklerini önemli ölçüde etkilediği ve bu çalışmada elde edilen bulgulara benzer şekilde toprakların tuz miktarını arttırdığı bildirilmektedir (Shahalam *et al.* 1998; Mohammad and Mazahreh 2003; Ashraf *et al.*

2004; Rusan *et al.* 2007; Khai *et al.* 2008; Kiziloglu *et al.* 2008; Abdelrahman *et al.* 2011; Tunç 2013; Çay 2013).



**Çizelge 4.11.** 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında EC, pH ve toplam tuz değerleri

Yıl	Uygulama	EC (dS/m)			pH			Toplam tuz (%)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	0,62	0,60	0,61	7,96	7,93	7,94	0,023	0,018	0,020A*
	%75 D	0,58	0,57	0,57	7,97	7,99	7,98	0,015	0,014	0,014B
	%50 D	0,52	0,55	0,53	7,86	7,90	7,88	0,015	0,013	0,014B
	%75 PRD	0,60	0,53	0,57	7,83	7,90	7,86	0,019	0,015	0,017AB
	%50 PRD	0,53	0,55	0,54	7,96	7,79	7,88	0,015	0,016	0,016B
	<b>Ortalama</b>	0,57	0,56		7,91	7,90		0,018A*	0,015B	
<b>2014</b>	%100	0,66	0,63	0,64	7,77	7,77	7,77B*	0,024	0,020	0,022A**
	%75 D	0,61	0,58	0,60	7,87	7,84	7,85AB	0,018	0,014	0,016B
	%50 D	0,51	0,58	0,55	7,91	7,92	7,91A	0,015	0,014	0,014B
	%75 PRD	0,66	0,63	0,64	7,89	7,91	7,90A	0,019	0,017	0,018AB
	%50 PRD	0,58	0,49	0,53	7,86	7,87	7,86A	0,017	0,012	0,014B
	<b>Ortalama</b>	0,60	0,58		7,86	7,86		0,019A**	0,015B	
<b>2013-2014</b>	%100	0,64	0,62	0,63	7,87	7,85	7,86	0,023	0,019	0,021A**
	%75 D	0,59	0,58	0,58	7,92	7,91	7,91	0,017	0,014	0,015BC
	%50 D	0,52	0,57	0,54	7,89	7,91	7,90	0,015	0,013	0,014C
	%75 PRD	0,63	0,58	0,60	7,86	7,90	7,88	0,019	0,016	0,018B
	%50 PRD	0,55	0,52	0,54	7,91	7,83	7,87	0,016	0,014	0,015BC
	<b>Ortalama</b>	0,59	0,57		7,89	7,88		0,018A**	0,015B	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Deneme yıllarında 0-30 cm toprak derinliğinde organik madde, kireç ve katyon değişim kapasitesi (KDK) değerleri incelendiğinde; organik maddenin deneme yıllarında %1,89-2,68 değerleri arasında değiştiği görülmektedir. Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (**EK 4**). İki yılın ortalamasına göre en yüksek organik madde miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük miktar ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Deneme yılları arasında organik madde miktarlarında olan değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 4**). 2014 yılında organik madde miktarı ilk yıla göre %27,9 oranında artış göstermiştir (Çizelge 4.12). 0-30 cm toprak tabakasında deneme yıllarında kireç miktarı %3,10-4,58 arasında değişmiştir. Yıllar ortalamasına göre en yüksek kireç miktarı %75 D temiz su uygulamasında, en düşük değer ise %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da uygulamalar arası farklar önemsiz bulunurken, yıllar arasında kireç miktarındaki değişim yönünden fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 4**). Denemenin ikinci yılında kireç miktarı %12,9 daha fazla olmuştur. Ayrıca, iki yılın ortalamasına göre su kaynakları ortalamaları arasındaki fark da önemli bulunmuştur (**EK 4**). Temiz su kaynağının ortalamaları arıtılmış atık su kaynağının ortalamalarından %7,9 daha yüksek belirlenmiştir (Çizelge 4.12, **EK 4**). Katyon değişim kapasitesi değerleri ise deneme yıllarında 28,0-36,8 cmol/kg arasında değişmiştir. İki yılın ortalamasına göre en yüksek KDK değeri %75 PRD arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %50 D arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. 2014 yılında uygulamaların ortalamaları ve su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 4**). 2014 yılında uygulamaların ortalamaları arasında en yüksek değer %75 PRD uygulamasında, su kaynaklarının ortalamaları arasında en yüksek değer ise temiz su uygulamalarında elde edilmiştir (Çizelge 4.12).



**Çizelge 4.12.** 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında organik madde, kireç ve katyon değişim kapasitesi (KDK) değerleri

Yıl	Uygulama	Organik madde (%)			Kireç (%)			KDK (cmol/kg)		
		Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	2,12	2,04	2,08	3,70	4,02	3,86	33,8	33,0	33,4
	%75 D	1,93	1,93	1,93	3,72	4,04	3,88	31,7	34,0	32,9
	%50 D	1,96	1,92	1,94	3,95	3,64	3,79	34,3	31,6	33,0
	%75 PRD	2,04	1,89	1,96	3,51	3,89	3,70	34,1	32,4	33,3
	%50 PRD	1,91	1,96	1,93	3,10	3,64	3,37	33,9	32,6	33,3
	<b>Ortalama</b>	<b>1,99</b>	<b>1,95</b>	<b>1,97b</b>	<b>3,60</b>	<b>3,84</b>	<b>3,72b</b>	<b>33,6A</b>	<b>32,7AB</b>	
<b>2014</b>	%100	2,68	2,60	2,64	3,75	4,52	4,13	31,1	36,0	33,5AB*
	%75 D	2,62	2,54	2,58	4,05	4,58	4,32	31,1	33,1	32,1B
	%50 D	2,44	2,37	2,40	4,43	3,97	4,20	28,0	35,1	31,5B
	%75 PRD	2,63	2,58	2,60	3,96	4,58	4,27	36,8	34,5	35,7A
	%50 PRD	2,47	2,28	2,37	3,99	4,19	4,09	29,1	31,6	30,3B
	<b>Ortalama</b>	<b>2,57</b>	<b>2,47</b>	<b>2,52a**</b>	<b>4,03</b>	<b>4,37</b>	<b>4,20a**</b>	<b>31,2B</b>	<b>34,0A**</b>	
<b>2013-2014</b>	%100	2,40	2,32	2,36	3,72	4,27	4,00	32,4	34,5	33,5
	%75 D	2,28	2,23	2,25	3,89	4,31	4,10	31,4	33,6	32,5
	%50 D	2,20	2,14	2,17	4,19	3,80	3,99	31,1	33,4	32,2
	%75 PRD	2,35	2,24	2,28	3,74	4,23	3,98	35,5	33,5	34,5
	%50 PRD	2,19	2,12	2,15	3,54	3,92	3,73	31,5	32,1	31,8
	<b>Ortalama</b>	<b>2,28</b>	<b>2,21</b>		<b>3,81B</b>	<b>4,11A*</b>		<b>32,4</b>	<b>33,4</b>	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Deneme yıllarında 30-60 cm toprak tabakasında organik madde miktarı %1,78-2,63 arasında değişmiştir. İki yılın ortalamasına göre en yüksek organik madde miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük miktar ise %75 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiş ancak, uygulamalar arasındaki farklar her iki yılda da istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Yalnızca yıllar arasında organik madde miktarındaki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 5**). Denemenin ikinci yılında organik madde miktarının %26,6 arttığı gözlenmiştir (Çizelge 4.13). Deneme yıllarında kireç miktarı incelendiğinde %3,31-4,43 arasında değişmiş olup, iki yılın ortalamasına göre en yüksek kireç miktarı %75 D temiz su uygulamasında, en düşük miktar ise %75 D arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.13). Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (**EK 5**). Deneme yıllarında 30-60 cm toprak tabakasında KDK değerleri ise 31,9-37,0 cmol/kg arasında değişmiştir. İki yılın ortalamasına göre en yüksek KDK değeri %75 PRD arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %75 D arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.13, **EK 5**).

**Çizelge 4.13.** 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında organik madde, kireç ve katyon değişim kapasitesi (KDK) değerleri

Yıl	Uygulama	Organik madde (%)			Kireç (%)			KDK (cmol/kg)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	2,14	1,98	2,06	4,17	3,81	3,99	34,6	32,8	33,7
	%75 D	1,91	1,90	1,90	3,71	4,12	3,91	31,9	32,1	32,0
	%50 D	1,99	1,78	1,88	3,75	3,98	3,86	34,0	33,3	33,7
	%75 PRD	1,89	1,86	1,87	3,81	3,88	3,84	33,8	32,9	33,4
	%50 PRD	1,88	1,95	1,91	3,31	3,86	3,59	33,4	32,8	33,1
	<b>Ortalama</b>	1,96	1,89	<b>1,92b</b>	3,75	3,93		33,5	32,8	
<b>2014</b>	%100	2,63	2,59	2,61	4,04	4,43	4,23	36,1	32,4	34,2
	%75 D	2,56	2,44	2,50	3,59	4,15	3,87	32,5	34,7	33,6
	%50 D	2,25	2,40	2,32	4,24	3,97	4,10	32,8	32,1	32,4
	%75 PRD	2,53	2,26	2,39	3,73	4,07	3,90	37,0	35,7	36,3
	%50 PRD	2,44	2,22	2,33	4,04	3,78	3,91	35,6	33,9	34,8
	<b>Ortalama</b>	2,48	2,38	<b>2,43a**</b>	3,93	4,08		34,8	33,8	
<b>2013-2014</b>	%100	2,38	2,28	2,33	4,11	4,12	4,11	35,3	32,6	34,0
	%75 D	2,23	2,17	2,20	3,65	4,14	3,89	32,2	33,4	32,8
	%50 D	2,12	2,09	2,10	3,99	3,98	3,98	33,4	32,7	33,0
	%75 PRD	2,21	2,06	2,13	3,77	3,97	3,87	35,4	34,3	34,9
	%50 PRD	2,16	2,08	2,12	3,68	3,82	3,75	34,5	33,4	33,9
	<b>Ortalama</b>	2,22	2,13		3,84	4,00		34,2	33,3	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısımlı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

60-90 cm toprak tabakasında organik madde miktarı %1,54-2,62 arasında değişmiştir. İki yılın ortalamasına göre en yüksek organik madde miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük miktar ise %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. Denemenin ikinci yılında ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 6**). 2014 yılında ve iki yılın ortalamasında en yüksek ortalama %100 tam sulama konularında belirlenmiştir (Çizelge 4.14). Kireç miktarı deneme yıllarında %3,56-4.84 arasında değişmiş olup, iki yılın ortalamasına göre en yüksek kireç miktarı %100 temiz su uygulamasında, en düşük miktar ise %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.14). 2013 yılında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, 2014 yılında hem uygulamaların ortalamaları hem de su kaynağı ortalamalarının arasındaki farklar önemli bulunmuştur (**EK 6**). Uygulamaların ortalamasında en yüksek değer %75 PRD uygulamasında, en düşük değer ise %50 PRD uygulamasında belirlenmiştir. Su kaynağı ortalamalarında ise temiz su kaynağının ortalamaları en yüksek değeri sağlamıştır. Deneme yıllarında KDK değerleri incelendiğinde de 31,6-39,4 cmol/kg arasında değiştiği görülmektedir (Çizelge 4.14). İki yılın ortalamasına göre en yüksek KDK değeri %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %50 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da uygulamalar arasındaki fark önemsiz olurken, 2014 yılı ve iki yılın ortalamasında su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 6**). En yüksek ortalama, 2014 yılında atık su uygulamasından elde edilmiştir. Ayrıca, deneme yıllarına göre KDK değerleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. KDK değeri 2014 yılında %5,4 oranında artış göstermiştir.

**Çizelge 4.14.** 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında organik madde, kireç ve katyon değişim kapasitesi (KDK) değerleri

Yıl	Uygulama	Organik madde (%)			Kireç (%)			KDK (cmol/kg)		
		Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	2,15	1,96	2,05	4,05	4,35	4,20	32,8	32,0	32,4
	%75 D	1,83	1,87	1,85	4,30	3,79	4,04	33,6	32,7	32,2
	%50 D	1,75	1,73	1,74	3,85	4,19	4,02	32,1	32,8	32,4
	%75 PRD	1,59	1,60	1,59	4,56	4,25	4,40	35,3	33,4	34,3
	%50 PRD	1,54	1,92	1,73	3,65	3,80	3,72	35,1	33,1	34,1
	<b>Ortalama</b>	1,77	1,81		4,08	4,07		33,8	32,8	<b>33,3b</b>
<b>2014</b>	%100	2,62	2,47	2,54A**	3,73	4,84	4,28AB*	36,0	35,1	35,5
	%75 D	2,17	2,12	2,15B	4,29	4,64	4,46AB	36,4	34,3	35,4
	%50 D	2,15	2,01	2,08B	3,56	4,22	3,89B	34,8	31,6	33,2
	%75 PRD	2,21	2,14	2,17B	4,33	4,79	4,56A	36,2	35,4	35,8
	%50 PRD	2,04	1,98	2,01B	3,67	4,07	3,87B	39,4	32,2	35,8
	<b>Ortalama</b>	2,24	2,14		3,91B	4,51A**		36,6A**	33,7B	<b>35,1a**</b>
<b>2013-2014</b>	%100	2,38	2,21	2,30A**	3,89	4,59	4,24	34,4	33,5	34,0AB*
	%75 D	2,00	1,99	2,00B	4,30	4,21	4,25	35,0	33,5	34,3AB
	%50 D	1,95	1,87	1,91B	3,70	4,21	3,95	33,4	32,2	32,8B
	%75 PRD	1,90	1,87	1,88B	4,44	4,52	4,48	35,8	34,4	35,1A
	%50 PRD	1,79	1,95	1,87B	3,66	3,93	3,80	37,3	32,6	34,9A
	<b>Ortalama</b>	2,00	1,98		4,00	4,29		35,2A**	33,2B	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluşu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Toprak organik madde miktarının artması, toprakların katyon değişim kapasitesine etki etmekte ve KDK'yı arttırmaktadır (Sezen 1991). Bu çalışmada da organik madde miktarındaki artış ile katyon değişim kapasitesindeki artış oranında benzerlikler gözlenmiştir. Deneme toprağının organik madde miktarları Walkley-Black'e göre "orta" dereceli gruba girmektedir (Ulgen and Yurtsever 1974). Çalışmada, toprağın organik madde miktarının denemenin 2. yılında 0-30 ve 30-60 cm'lik tabakalarda önemli düzeyde arttığı gözlenmiştir. Özellikle 0-30 cm toprak derinliğinde organik madde miktarı daha yüksek bulunmuştur. Uzun yıllar atık su ile sulanan toprakların organik madde miktarının arttığı, özellikle 0-30 cm toprak tabakasında daha yüksek olduğu bildirilmiştir (Uyanöz 2000; ay 2013). Ancak temiz suyla sulanan parsellerde de organik maddenin arıtılmış atık suyla sulanan parsellerdekiyle istatistik olarak benzer olması ve deneme öncesi organik madde miktarı da dikkate alındığında atık suyun etkisinin önemsiz olduğunu göstermektedir. Denemede 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak tabakalarındaki CaCO<sub>3</sub> miktarları Scheibler sınıflandırma sistemine göre "kireçli" sınıfına girmektedir. Çalışmada denemeler öncesi kireç miktarı dikkate alındığında, denemede kullanılan arıtılmış atık suyun toprağın kireç miktarını çok fazla etkilemediği görülmüştür. Uyanöz (2000), Tuna ve Bürün (2003), ay (2013)'de yapmış oldukları çalışmalarında atık suların toprakların kireç miktarını çok fazla etkilemediğini bildirmiştir.

Atık sularla birlikte toprağa verilen azot, fosfor gibi bileşikler zengin bir besin kaynağı olmakta ve verimliliği arttırmaktadır. Bitkilerde büyüme, gelişme ve maksimum verim için azot, fosfor ve potasyum mutlaka gereklidir. Ancak, optimum doz miktarları aşıldığında bitki veriminde düşüşler meydana gelmekte ve bitki için toksik etki oluşturmaktadır (Hussein *et al.* 2002). Atık suların toprakta gübrelemeye gerek kalmayacak şekilde azot ve fosfor içerdiği bildirilmektedir (Day and Tucker 1977; Kanber ve Ünlü 2010).

0-30 cm toprak tabakasındaki toplam azot (TN) miktarı deneme yıllarında %0,08-0,16 arasında değişmiş olup, iki yılın ortalamasına göre en yüksek TN %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir (izelge

4.15). Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, yıllar arasındaki TN değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 7**). Denemenin ikinci yılında toplam azot miktarı ilk yıla göre %30 daha fazla olmuştur. Ayrıca, iki yılın ortalaması dikkate alındığında, uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ortalamalarda en yüksek değer %100 tam sulama uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.15, **EK 7**). Alınabilir potasyum ( $K_2O$ ) miktarı deneme yıllarında 51,8-107,2 kg/da arasında değişmiş olup, iki yılın ortalamasına göre en yüksek değer %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %75 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.15). 2014 yılında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, 2013 yılında uygulamaların ve su kaynaklarının ortalamaları ve yıllar arasındaki  $K_2O$  değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 7**). Denemenin ikinci yılında  $K_2O$  miktarı %29,5 daha yüksek olmuştur. Ayrıca iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar da önemli bulunmuştur. Uygulamaların ortalamaları arasında en yüksek değeri %100 tam sulama uygulaması sağlarken, su kaynakları ortalamalarında ise en yüksek değer arıtılmış atık su uygulamasından elde edilmiştir. Deneme yıllarında 0-30 cm toprak tabakasında alınabilir fosfor ( $P_2O_5$ ) miktarı da 10,4-17,8 kg/da arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek değer %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar önemli olurken, uygulamaların ortalamaları arasındaki fark da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 7**). Uygulamaların ortalamaları arasında en yüksek değeri %100 sulama konuları sağlamıştır.  $P_2O_5$  miktarı deneme yıllarında 0-30 cm toprak tabakasında yıllar arasında farklılık göstermiş ve istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 2014 yılındaki alınabilir fosfor miktarı, 2013 deneme yılına göre %20,9 daha fazla olmuştur (Çizelge 4.15).

**Çizelge 4.15.** 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında toplam azot, K<sub>2</sub>O ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> değerleri

Yıl	Uygulama	Toplam azot (%)			K <sub>2</sub> O (kg/da)			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/da)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	0,14	0,11	0,12	87,4	72,8	80,1A*	14,8	14,2	14,5A**
	%75 D	0,10	0,10	0,10	65,9	56,7	61,3B	11,8	12,8	12,3BC
	%50 D	0,09	0,08	0,09	67,4	51,8	59,6B	12,8	11,6	12,2BC
	%75 PRD	0,10	0,08	0,09	67,7	65,1	66,4AB	12,3	13,5	12,7AB
	%50 PRD	0,09	0,08	0,08	67,5	62,9	65,2AB	11,2	10,4	10,8C
	<b>Ortalama</b>	0,10	0,09	<b>0,10b</b>	71,2A*	61,9B	<b>66,5b</b>	12,6	12,5	<b>12,5b</b>
<b>2014</b>	%100	0,16	0,13	0,15	107,2	91,5	99,3	17,8	17,5	17,6A**
	%75 D	0,16	0,14	0,15	81,5	76,1	78,8	15,4	15,9	15,7AB
	%50 D	0,11	0,12	0,12	83,5	84,9	84,2	14,2	12,3	13,3BC
	%75 PRD	0,15	0,12	0,14	88,7	82,9	85,8	17,1	16,8	16,9A
	%50 PRD	0,11	0,09	0,10	81,3	84,7	83,0	13,7	10,6	12,1C
	<b>Ortalama</b>	0,14	0,12	<b>0,13a**</b>	88,4	84,0	<b>86,2a**</b>	15,6	14,6	<b>15,1a**</b>
<b>2013-2014</b>	%100	0,15	0,12	0,13A*	97,3	82,1	89,7A*	16,3	15,9	16,1A**
	%75 D	0,13	0,12	0,12AB	73,7	66,4	70,0B	13,6	14,4	14,0BC
	%50 D	0,10	0,10	0,10BC	75,5	68,3	71,9B	13,5	11,9	12,7CD
	%75 PRD	0,12	0,10	0,11ABC	78,2	74,0	76,1B	14,7	15,1	14,9AB
	%50 PRD	0,10	0,08	0,09C	74,4	73,8	74,1B	12,4	10,5	11,5D
	<b>Ortalama</b>	0,12	0,11		79,8	72,9		14,1	13,6	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01



30-60 cm toprak tabakasında toplam azot miktarı deneme yıllarında %0,07-0,12 arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek TN değeri %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.16). 2013 yılında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz, 2014 yılı ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 8**). %100 tam sulama uygulamalarında en yüksek değer elde edilmiştir. Ayrıca iki yıl arasındaki TN miktarı da istatistiksel olarak farklı bulunmuş ve 2014 yılı TN miktarı %37,5 daha fazla belirlenmiştir (Çizelge 4.16, **EK 8**). Alınabilir potasyum miktarı incelendiğinde deneme yıllarında 51,3-84,6 kg/da arasında olup, yıllar ortalamasına göre en yüksek değer %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da uygulamalar arası farklar önemsiz bulunurken, iki yıl arasında K<sub>2</sub>O miktarları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Ayrıca, 2014 yılı ve yıllar ortalamasına göre su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklarda anlamlı bulunmuştur (**EK 8**). Her ikisinde de arıtılmış atık su uygulamalarının ortalaması en yüksek olmuştur. Denemenin ikinci yılında, ilk yıla göre K<sub>2</sub>O miktarı %31,8 bir artış göstermiştir (Çizelge 4.16). Alınabilir fosfor miktarına bakıldığında ise, deneme yıllarında P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miktarı 9,70-13,6 kg/da arasında değişmiştir. Deneme yılları ortalamasına göre en yüksek P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %50 PRD temiz su uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 4.16). Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklılık önemsiz bulunurken, iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 8**). Uygulamalar ortalamasında en yüksek değer %100 tam sulama uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.16).

**Çizelge 4.16.** 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında toplam azot, K<sub>2</sub>O ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> değerleri

Yıl	Uygulama	Toplam azot (%)			K <sub>2</sub> O (kg/da)			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/da)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
2013	%100	0,09	0,09	0,09	80,8	56,9	68,8	12,2	11,9	12,0
	%75 D	0,08	0,08	0,08	54,4	52,3	53,4	11,4	11,0	11,2
	%50 D	0,08	0,08	0,08	61,2	51,3	56,2	10,0	9,70	9,86
	%75 PRD	0,08	0,08	0,08	57,7	59,4	58,6	11,6	10,2	10,9
	%50 PRD	0,08	0,07	0,07	58,4	52,4	55,4	9,90	9,84	9,87
	<b>Ortalama</b>	0,08	0,08	<b>0,08b</b>	62,5	54,4	<b>58,5b</b>	11,0	10,5	
2014	%100	0,12	0,12	0,12A*	93,0	76,3	84,6	13,6	13,2	13,4
	%75 D	0,11	0,11	0,11A	89,5	70,2	79,8	12,2	11,4	11,8
	%50 D	0,11	0,10	0,10AB	78,8	69,8	74,3	11,6	10,7	11,1
	%75 PRD	0,11	0,10	0,11A	81,2	73,2	77,2	11,7	11,8	11,7
	%50 PRD	0,10	0,08	0,09B	74,9	64,3	69,6	10,8	10,1	10,4
	<b>Ortalama</b>	0,11	0,10	<b>0,11a**</b>	83,5A*	70,8B	<b>77,1a**</b>	11,9	11,4	
2013-2014	%100	0,11	0,10	0,10A*	86,9	66,6	76,7	12,9	12,5	12,7A*
	%75 D	0,09	0,10	0,10AB	72,0	61,3	66,6	11,8	11,2	11,5AB
	%50 D	0,09	0,09	0,09AB	70,0	60,5	65,3	10,8	10,2	10,5B
	%75 PRD	0,10	0,09	0,09AB	69,5	66,3	67,9	11,6	11,0	11,3AB
	%50 PRD	0,09	0,07	0,08B	66,7	58,3	62,5	10,4	9,96	10,2B
	<b>Ortalama</b>	0,10	0,09		73,0A**	62,6B		11,5	11,0	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

60-90 cm toprak tabakasındaki TN, K<sub>2</sub>O ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miktarları incelendiğinde, TN deneme yıllarında %0,06-0,09 arasında değişmiştir. İki yılın ortalamasına göre en yüksek TN miktarı çoğunlukla arıtılmış atık su uygulamalarında, en düşük miktar ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.17). Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar önemsiz bulunurken, 2014 ve iki yılın ortalamasında su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 9**). Ayrıca, deneme yılları ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar da önemli bulunmuştur. En yüksek değer %100 tam sulama uygulamalarında elde edilmiş, arıtılmış atık su uygulaması TN daha fazla arttırmıştır (Çizelge 4.17). Deneme yıllarında K<sub>2</sub>O miktarları 45,2-97,7 kg/da arasında değişmiştir. İki yılın ortalamasında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 9**). Uygulamalar arasında en yüksek K<sub>2</sub>O miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiş ve kontrol (%100 temiz su) uygulamasından %37,7 daha fazla bulunmuştur. Kontrol uygulaması %100 arıtılmış atık su uygulaması dışında tüm uygulamalarla aynı grupta yer almıştır. Yıllar arasında K<sub>2</sub>O miktarları da istatistiksel olarak farklı bulunmuş ve 2014 yılındaki K<sub>2</sub>O miktarı %38,1 daha fazla olmuştur (Çizelge 4.17, **EK 9**). Alınabilir fosfor miktarları ise 6,71-13,0 kg/da arasında değişmiş olup, iki yılın ortalamasına göre en yüksek değer %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.17). 2013 yılında uygulamalar arasındaki farklar önemsiz bulunurken, 2014 deneme yılında ve deneme yılları ortalamasında hem su kaynaklarının ortalamaları hem de uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 9**). Uygulamaların ortalamasında en yüksek değeri %100 tam sulama uygulaması, su kaynakları arasında en yüksek değeri ise arıtılmış atık su uygulamaları sağlamıştır (Çizelge 4.17).

Toplam azot, K<sub>2</sub>O ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miktarları 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak tabakalarında genel olarak incelenirse, denemede her iki yılda da bu parametrelerde üst toprak tabakalarından alt tabakalara doğru bir azalış gözlenmektedir. Arcak *et al.* (2000), Saltalı *et al.* (2000), Uyanöz (2000), Çay (2013), Tunç (2013)'de çalışmalarında Toplam azot, K<sub>2</sub>O ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> miktarlarının toprağın üst tabakasında daha fazla miktarda

belirlendiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, her iki yılda da arıtılmış atık suyla sulanan parsellerde Toplam azot,  $K_2O$  ve  $P_2O_5$  miktarları daha fazla belirlenmiştir ancak artış önemli olmamıştır.



**Çizelge 4.17.** 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında toplam azot (TN), K<sub>2</sub>O ve P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> değerleri

Yıl	Uygulama	Toplam azot (%)			K <sub>2</sub> O (kg/da)			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg/da)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
2013	%100	0,09	0,08	0,09	69,5	53,0	61,2	11,2	9,67	10,4
	%75 D	0,09	0,08	0,08	49,6	50,8	50,2	10,4	10,0	10,2
	%50 D	0,06	0,06	0,06	53,2	45,2	49,2	9,53	8,90	9,21
	%75 PRD	0,09	0,07	0,08	54,2	56,8	55,5	10,6	9,10	9,84
	%50 PRD	0,07	0,06	0,07	58,6	48,9	53,8	9,26	9,23	9,25
	<b>Ortalama</b>	0,08	0,07		57,0	50,9	<b>54,0b</b>	10,2	9,39	
2014	%100	0,09	0,09	0,09	97,7	68,4	83,0A*	13,0	10,6	11,8A**
	%75 D	0,09	0,07	0,08	85,2	65,2	75,2AB	10,8	9,69	10,3A
	%50 D	0,08	0,07	0,07	77,2	71,4	74,3AB	8,91	7,25	8,08B
	%75 PRD	0,08	0,08	0,08	76,5	71,8	74,1AB	9,84	9,97	9,91AB
	%50 PRD	0,08	0,06	0,07	71,7	61,2	66,5B	9,42	6,71	8,06B
	<b>Ortalama</b>	0,08A*	0,07B		81,7A**	67,6B	<b>74,6a**</b>	10,4A*	8,85B	
2013-2014	%100	0,09	0,09	0,09A**	83,6a*	60,7b	72,1**A	12,1	10,1	11,1A**
%75 D	0,09	0,07	0,08ABC	67,4b	58,0b	62,7B	10,6	9,86	10,2A	
%50 D	0,07	0,07	0,07C	65,2b	58,3b	61,7B	9,22	8,07	8,65B	
%75 PRD	0,09	0,08	0,08AB	65,4b	64,3b	64,8B	10,2	9,54	9,87AB	
%50 PRD	0,08	0,06	0,07BC	65,2b	55,1b	60,1B	9,34	7,97	8,65B	
<b>Ortalama</b>	0,08A**	0,07B		69,4A**	59,3B		10,3A**	9,1B		

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Toplam azot tüm tabakalarda FAO (1990)'ya göre “yeterli”, alınabilir fosfor “az” ve  $K_2O$  ise “fazla” sınıfında belirlenmiştir. Kudal ve Müftüoğlu (2014) çalışmalarında inceledikleri toprakların azot miktarlarının sulama suyu tiplerine bağlı olarak fazla değişmediğini ancak alınabilir fosfor miktarında artış gözlemlendiğini ve atık sularda fosfor içeren maddelerin bulunduğunu bildirmişlerdir. Denemede kullanılan arıtılmış atık suyun toplam azot ve fosfor miktarı deneme yıllarında sırasıyla 11,9-14,9 mg/l ve 1,5-2,0 mg/l arasında değişmiştir (Çizelge 4.7, 4.8). Atık su parsellerinde toplam azot ve  $P_2O_5$  miktarının temiz su parsellerinden daha yüksek olmasının nedeni bu duruma bağlanabilir. Ancak temiz su ile sulanan parsellerde de  $P_2O_5$  ve toplam azot miktarları deneme öncesi  $P_2O_5$  miktarı ve toplam azot miktarına göre daha yüksek belirlenmiştir (Çizelge 3.3). Bu durumun da gübreleme uygulamalarından kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Deneme yıllarında 0-30 cm toprak tabakasında değişebilir kalsiyum (Ca) miktarı 22,9-30,1 cmol/kg arasında değişmiş olup, iki yılın ortalamasına göre en yüksek miktar %100 temiz sulama uygulamasında, en düşük ise %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. 2014 yılında Ca miktarlarında farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 10**). Uygulamalarda en yüksek değeri %100 tam sulama uygulaması, düşük değeri %75 D uygulaması, su kaynaklarından ise en yüksek değeri temiz su uygulaması sağlamıştır (Çizelge 4.18). 0-30 cm toprak tabakasında deneme yıllarında değişebilir Magnezyum (Mg) miktarı 4,12-7,63 cmol/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek Mg miktarı %75 PRD arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %100 temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.18). 2013 yılında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz olurken, 2014 yılında ise farklar önemli bulunmuştur (**EK 10**). 2014 yılında en yüksek Mg miktarı %75 PRD arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise kontrol olan %100 temiz su uygulamasında belirlenmiştir. %75 PRD arıtılmış atık su uygulaması koşulunda artış kontrol uygulamasından %85,1 daha fazla olmuştur. Deneme yıllarında değişebilir potasyum (K) miktarı incelendiğinde ise değerler 0,55-0,93 cmol/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek miktar %100 arıtılmış atık su

uygulamasında, en düşük K miktarı ise %75 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.18).



**Çizelge 4.18.** 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında değişebilir Ca, Mg ve K miktarları

Yıl	Uygulama	Değişebilir Ca (cmol/kg)			Değişebilir Mg (cmol/kg)			Değişebilir K (cmol/kg)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	26,4	25,6	26,0	4,71	4,68	4,69	0,93	0,78	0,85A*
	%75 D	27,0	26,9	26,9	4,58	4,96	4,77	0,70	0,60	0,65B
	%50 D	25,8	24,0	24,9	5,94	4,95	5,44	0,72	0,55	0,64B
	%75 PRD	26,5	25,0	25,8	4,97	4,84	4,91	0,72	0,69	0,71B
	%50 PRD	25,8	25,5	25,7	5,80	4,90	5,35	0,72	0,67	0,69B
	<b>Ortalama</b>	26,3	25,4		5,20	4,86		0,76A*	0,66B	
<b>2014</b>	%100	25,8	30,1	28,0A**	4,65bc*	4,12c	4,38B*	0,91	0,78	0,85
	%75 D	22,9	24,3	23,6B	5,86abc	6,54ab	6,20A	0,69	0,65	0,67
	%50 D	24,0	28,0	26,0AB	4,69bc	4,13c	4,41B	0,71	0,72	0,72
	%75 PRD	26,6	27,7	27,2A	7,63a	4,41bc	6,02A	0,76	0,70	0,73
	%50 PRD	23,5	23,7	23,6B	4,62bc	5,74abc	5,18AB	0,69	0,72	0,71
	<b>Ortalama</b>	24,6B	26,8A*		5,49	4,99		0,75	0,71	
<b>2013-2014</b>	%100	26,1	27,8	27,0	4,68	4,40	4,54	0,92	0,78	0,85A*
	%75 D	24,9	25,6	25,3	4,89	5,75	5,32	0,69	0,62	0,66B
	%50 D	24,9	26,0	25,5	5,31	4,54	4,93	0,71	0,64	0,68B
	%75 PRD	26,6	26,4	26,5	6,30	4,63	5,46	0,74	0,70	0,72B
	%50 PRD	24,7	24,6	24,7	5,21	5,32	5,26	0,71	0,70	0,70B
	<b>Ortalama</b>	25,4	26,1		5,28	4,93		0,75	0,69	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01



2014 yılında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, 2013 yılında hem uygulamaların ortalamaları hem de su kaynakları ortalamaları arasındaki farklar önemli bulunmuştur (**EK 10**). Uygulamaların ortalamasında en yüksek miktar %100 tam sulama uygulamasında belirlenirken, su kaynaklarının ortalamasında ise en yüksek miktarı arıtılmış atık su kaynağı sağlamıştır (Çizelge 4.18).

30-60 cm toprak tabakasında değişebilir Ca miktarı 23,8-29,8 cmol/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek miktar %75 D temiz su uygulamasında, en düşük miktar ise %75 D arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.19). Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş, farklı su kalitelerinin de etkisi olmamıştır (**EK 11**). Deneme yıllarında değişebilir Mg miktarı 3,17-8,28 cmol/kg arasında değişmiş ve iki yılın ortalamasına göre en yüksek Mg miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük miktar ise %50 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir. 2013 yılında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz olurken, 2014 yılında %75 PRD uygulaması en yüksek miktarı sağlamıştır (Çizelge 4.19). Ayrıca yıllar arasında değişebilir Mg miktarında olan değişim de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 11**). Mg miktarında denemenin ikinci yılında ilk yıla göre %17,6 oranında bir artış gözlenmiştir. Değişebilir K miktarı ise, 0,54-0,86 cmol/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek miktar %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük miktar ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.19). Her iki yılda da uygulamalar arasında önemli bir fark bulunmazken, 2014 yılında ve iki yılın ortalamasında su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 11**). Her ikisinde de atık su uygulaması en yüksek miktarı sağlamıştır (Çizelge 4.19).

**Çizelge 4.19.** 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında değişebilir Ca, Mg ve K miktarları

Yıl	Uygulama	Değişebilir Ca (cmol/kg)			Değişebilir Mg (cmol/kg)			Değişebilir K (cmol/kg)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	26,8	24,6	25,7	4,51	5,68	5,09	0,86	0,61	0,73
	%75 D	24,3	25,3	24,8	5,12	4,47	4,80	0,58	0,56	0,57
	%50 D	26,7	26,5	26,6	4,79	4,62	4,70	0,65	0,54	0,60
	%75 PRD	27,1	25,6	26,4	3,99	4,83	4,41	0,62	0,63	0,62
	%50 PRD	26,2	23,8	25,0	4,33	6,49	5,41	0,62	0,56	0,59
	<b>Ortalama</b>	26,2	25,1		4,55	5,22	<b>4,88b</b>	0,66	0,58	
<b>2014</b>	%100	26,9	24,7	25,78	8,26	4,95	6,61A**	0,79	0,65	0,72
	%75 D	24,6	29,8	27,21	5,31	3,17	4,24B	0,76	0,59	0,68
	%50 D	25,9	27,1	26,46	4,47	2,93	3,70B	0,73	0,59	0,66
	%75 PRD	26,7	25,9	26,27	7,31	7,31	7,31A	0,75	0,62	0,69
	%50 PRD	24,2	26,0	25,12	8,28	5,45	6,86A	0,70	0,55	0,62
	<b>Ortalama</b>	25,6	26,7		6,72A**	4,76B	<b>5,74a*</b>	0,75A**	0,60B	
<b>2013-2014</b>	%100	26,9	24,6	25,7	6,39	5,31	5,85A**	0,83	0,63	0,73
	%75 D	24,5	27,5	26,0	5,21	3,82	4,52B	0,67	0,57	0,62
	%50 D	26,3	26,8	26,5	4,63	3,78	4,20B	0,69	0,57	0,63
	%75 PRD	26,9	25,7	26,3	5,65	6,07	5,86A	0,68	0,63	0,65
	%50 PRD	25,2	24,9	25,0	6,30	5,97	6,14A	0,66	0,55	0,61
	<b>Ortalama</b>	25,9	25,9		5,63	4,99		0,71A**	0,59B	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

60-90 cm toprak tabakasındaki değişebilir Ca miktarı deneme yıllarında 24,0-27,7 cmol/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek Ca miktarı %75 PRD arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %75 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da uygulamalar arasında önemli farklar bulunmazken, 2014 yılında ve iki yılın ortalamasında su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 12**). Her ikisinde de arıtılmış atık su uygulaması en yüksek değeri sağlamıştır (Çizelge 4.20). Ayrıca yıllar arasında Ca miktarındaki değişimler de istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve Ca miktarı denemenin ikinci yılında %4,6 artış göstermiştir. Değişebilir Mg miktarı 3,81-8,75 cmol/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek Mg miktarı %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise kontrol olan %100 temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.20). %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasındaki Mg miktarı kontrole göre %77,1 daha fazla olmuştur. 60-90 cm toprak tabakasında değişebilir K miktarı ise deneme yıllarında 0,48-0,83 cmol/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek miktar %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük miktarlar ise %50 D ve %50 PRD temiz su uygulamalarında belirlenmiştir. Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, 2014 yılında ve iki yılın ortalamasında su kaynağının ortalamaları arasındaki farklar önemli bulunmuş, en yüksek miktarları arıtılmış atık su sağlamıştır. Ayrıca, yıllar arasında değişebilir K miktarı değişimleri de istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve ikinci yılda değişebilir K miktarı %19,3 daha fazla belirlenmiştir (Çizelge 4.20, **EK 12**).

**Çizelge 4.20.** 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında değişebilir Ca, Mg ve K miktarları

Yıl	Uygulama	Değişebilir Ca (cmol/kg)			Değişebilir Mg (cmol/kg)			Değişebilir K (cmol/kg)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	25,0	25,1	25,0	4,64	4,51	4,57B*	0,74	0,56	0,65
	%75 D	25,3	24,0	24,7	5,84	6,47	6,16A	0,53	0,54	0,53
	%50 D	24,1	25,8	25,0	5,32	4,77	5,05AB	0,57	0,48	0,52
	%75 PRD	26,7	25,0	25,8	6,23	5,79	6,01AB	0,57	0,60	0,59
	%50 PRD	25,3	24,8	25,0	7,15	5,90	6,53A	0,62	0,52	0,57
	<b>Ortalama</b>	25,3	24,9	<b>25,1b</b>	5,84	5,49		0,60	0,54	<b>0,57b</b>
<b>2014</b>	%100	27,3	24,7	26,0	5,32	4,47	4,90	0,83	0,67	0,75
	%75 D	26,9	25,4	26,2	6,85	6,45	6,65	0,72	0,62	0,67
	%50 D	26,6	24,4	25,5	5,58	4,77	5,17	0,72	0,61	0,66
	%75 PRD	27,3	26,4	26,8	6,44	6,15	6,30	0,74	0,63	0,69
	%50 PRD	27,7	25,9	26,8	8,75	3,81	6,28	0,74	0,56	0,65
	<b>Ortalama</b>	27,2A**	25,4B	<b>26,3a**</b>	6,59A*	5,13B		0,75A**	0,62B	<b>0,68a**</b>
<b>2013- 2014</b>	%100	26,2	24,9	25,5	4,98b*	4,49b	4,73C**	0,78	0,61	0,70
	%75 D	26,1	24,7	25,4	6,35ab	6,46ab	6,40A	0,62	0,58	0,60
	%50 D	25,3	25,1	25,2	5,45ab	4,77b	5,11BC	0,64	0,54	0,59
	%75 PRD	27,0	25,7	26,3	6,34ab	5,97ab	6,15AB	0,66	0,62	0,64
	%50 PRD	26,5	25,4	25,9	7,95a	4,86b	6,40A	0,68	0,54	0,61
	<b>Ortalama</b>	26,2A**	25,2B		6,21A*	5,31B		0,68A**	0,58B	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \*: P<0.05; \*\*: P<0.01

Deneme yıllarında 0-30 cm toprak tabakasında değişebilir sodyum (Na) miktarı 0,46-0,76 cmol/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %75 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir. 2013 yılında uygulamalar arasındaki farklar önemsiz olurken, denemenin ikinci yılında uygulamaların ortalamaları ve iki yılın ortalamasında ise su kaynağının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 13**). Uygulamaların ortalamasında en yüksek miktar %100 tam sulama konusunda, en düşük miktar ise %50 PRD uygulamasında belirlenmiştir. İki yıl arasında Na miktarında olan değişimler de istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve ikinci yıl Na miktarı %14,1 azalmıştır (Çizelge 4.20).

0-30 cm toprak derinliğinde değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) değeri, deneme yıllarında %1,46-2,35 arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek ESP %100 arıtılmış atık sulama uygulamasında, en düşük ise %75 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.21). Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, 2014 yılında ve iki yılın ortalamasında su kaynağı ortalamaları arasındaki farklar önemli olmuştur (**EK 13**). En yüksek değer arıtılmış atık su kaynağında elde edilmiştir. Ayrıca, yıllar arasında ESP değerinde olan değişimler de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Denemenin ikinci yılında ilk yıla göre %11,8 oranında bir azalış gözlenmiştir (Çizelge 4.21).

**Çizelge 4.21.** 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında değişebilir Na miktarı ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) değerleri

Yıl	Uygulama	Na (cmol/kg)			ESP (%)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
2013	%100	0,68	0,58	0,63	2,04	1,77	1,90
	%75 D	0,70	0,51	0,61	2,23	1,51	1,87
	%50 D	0,58	0,60	0,59	1,69	1,90	1,80
	%75 PRD	0,76	0,73	0,74	2,25	2,26	2,25
	%50 PRD	0,65	0,63	0,64	1,92	1,95	1,93
	<b>Ortalama</b>	0,67	0,61	<b>0,64a**</b>	2,03	1,88	<b>1,95a**</b>
2014	%100	0,73	0,57	0,65A*	2,35	1,58	1,96
	%75 D	0,55	0,56	0,55AB	1,82	1,69	1,76
	%50 D	0,54	0,54	0,54AB	1,93	1,56	1,75

**Çizelge 4.21.** (devam)

	%75 PRD	0,60	0,50	0,55AB	1,62	1,46	1,54
	%50 PRD	0,46	0,50	0,48B	1,60	1,59	1,59
	<b>Ortalama</b>	<b>0,57</b>	<b>0,53</b>	<b>0,55b</b>	<b>1,86A*</b>	<b>1,58B</b>	<b>1,72b</b>
<b>2013-</b>	%100	0,70	0,57	0,64	2,20	1,67	1,93
<b>2014</b>	%75 D	0,63	0,53	0,58	2,03	1,60	1,81
	%50 D	0,56	0,57	0,56	1,81	1,73	1,77
	%75 PRD	0,68	0,61	0,64	1,93	1,86	1,90
	%50 PRD	0,55	0,57	0,56	1,76	1,77	1,76
	<b>Ortalama</b>	<b>0,62A*</b>	<b>0,57B</b>		<b>1,94A*</b>	<b>1,73B</b>	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Deneme yıllarında 30-60 cm toprak tabakasında değişebilir sodyum (Na) miktarı 0,47-0,74 cmol/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek Na miktarı %100 artırılmış atık sulama uygulamasında, en düşük %50 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir. 2013 yılında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsizken, 2014 yılında hem uygulamaların ortalamaları hem de su kaynağı ortalamaları arasındaki farklar önemli olmuştur (**EK 14**). Uygulamaların ortalamasında en yüksek miktar %100 tam sulama, en düşük miktar ise %50 D uygulamasında belirlenmiştir. Su kaynağı ortalamalarında ise en yüksek Na miktarı artırılmış atık su uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 4.22). ESP değeri ise %1,49-2,17 arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek ESP değeri %100 artırılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.22). Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, sadece 2014 ve iki yılın ortalamasında su kaynaklarının ortalamaları arasında önemli farklar saptanmıştır (**EK 14**). Su kaynaklarının ortalamalarında en yüksek değeri artırılmış atık su kaynağı uygulamaları sağlamıştır.

**Çizelge 4.22.** 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında değişebilir Na miktarı ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) değerleri

Yıl	Uygulama	Na (cmol/kg)			ESP (%)		
		Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	0,73	0,59	0,66	2,13	1,83	1,98
	%75 D	0,63	0,63	0,63	1,98	1,96	1,97
	%50 D	0,74	0,60	0,67	2,17	1,81	1,99
	%75 PRD	0,64	0,59	0,61	1,87	1,82	1,84
	%50 PRD	0,65	0,67	0,66	1,97	2,05	2,01
	<b>Ortalama</b>	0,68	0,62		2,02	1,89	
<b>2014</b>	%100	0,74	0,70	0,72A*	2,03	2,17	2,10
	%75 D	0,65	0,54	0,59B	2,00	1,56	1,78
	%50 D	0,63	0,47	0,55B	1,94	1,49	1,71
	%75 PRD	0,67	0,54	0,60B	1,81	1,51	1,66
	%50 PRD	0,68	0,57	0,63AB	1,95	1,69	1,82
	<b>Ortalama</b>	0,67A**	0,56B		1,94A*	1,69B	
<b>2013-2014</b>	%100	0,73	0,64	0,69	2,08	2,00	2,04
	%75 D	0,64	0,59	0,61	1,99	1,76	1,87
	%50 D	0,68	0,54	0,61	2,05	1,65	1,85
	%75 PRD	0,65	0,57	0,61	1,84	1,66	1,75
	%50 PRD	0,67	0,62	0,64	1,96	1,87	1,91
	<b>Ortalama</b>	0,67A**	0,59B		1,98A*	1,79B	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Deneme yılları sonunda, değişebilir Na miktarı 60-90 cm toprak tabakasında 0,51-0,76 cmol/kg arasında değişmiştir. Yıllar arasında farklılığın önemli olmadığı durum dikkate alındığında iki yılın ortalamasına göre, en yüksek Na miktarı arıtılmış atık suyla %100 sulanan uygulamada belirlenmiş, %75 PRD temiz su uygulaması en düşük Na miktarını sağlamış ancak uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmamıştır (Çizelge 4.23, EK 15). Her iki yılda da su kaynağının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 2013 yılında arıtılmış atık su uygulaması, 2014 yılında ise temiz su kaynağı uygulamaları ortalamaları en yüksek değerleri sağlamıştır. Deneme yıllarında ESP değeri ise %1,54-2,38 arasında değişmiştir (Çizelge 4.23). İki yılın ortalamasına göre en yüksek değer arıtılmış atık suyla sulanmış %100 tam sulama uygulamasında, en düşük değer ise %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz olurken, su kaynağı ortalamaları arasında önemli farklar bulunmuştur. 2013

yılında arıtılmış atık su 2014 yılında da temiz su uygulaması konularında daha yüksek ESP değerleri belirlenmiştir (Çizelge 4.23).

**Çizelge 4.23.** 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında değişebilir Na miktarı ve değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) değerleri

Yıl	Uygulama	Na (cmol/kg)			ESP (%)		
		Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
2013	%100	0,76	0,61	0,68	2,32	1,91	2,11
	%75 D	0,70	0,61	0,65	2,10	1,86	1,98
	%50 D	0,76	0,55	0,65	2,38	1,67	2,02
	%75 PRD	0,64	0,51	0,57	1,81	1,54	1,68
	%50 PRD	0,56	0,64	0,60	1,60	1,94	1,77
	<b>Ortalama</b>	<b>0,68A*</b>	<b>0,58B</b>		<b>2,04A*</b>	<b>1,78B</b>	
2014	%100	0,65	0,66	0,65	1,84	1,89	1,86
	%75 D	0,63	0,65	0,64	1,73	1,89	1,81
	%50 D	0,55	0,65	0,60	1,59	2,08	1,83
	%75 PRD	0,57	0,66	0,61	1,58	1,87	1,72
	%50 PRD	0,61	0,61	0,61	1,56	1,92	1,74
	<b>Ortalama</b>	<b>0,60B</b>	<b>0,64A*</b>		<b>1,66B</b>	<b>1,93A**</b>	
2013-2014	%100	0,70	0,63	0,67	2,08	1,90	1,99
	%75 D	0,66	0,63	0,64	1,91	1,88	1,89
	%50 D	0,65	0,60	0,63	1,98	1,87	1,93
	%75 PRD	0,60	0,58	0,59	1,69	1,70	1,70
	%50 PRD	0,59	0,62	0,60	1,58	1,93	1,75
	<b>Ortalama</b>	<b>0,64</b>	<b>0,61</b>		<b>1,85</b>	<b>1,85</b>	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Genel olarak tüm toprak tabakalarındaki değişebilir Ca, Mg, K ve Na miktarları incelendiğinde yıllar arasında ve uygulamalar arasında önemli bir değişimin olmadığı gözlenmiştir. Arıtılmış atık su kısmen artış sağlamış ancak farklar sınırlı kalmıştır. Bu değişim trendi tüm derinliklerde gözlenmiştir. FAO (1990) sınıflamasına göre tüm toprak derinliklerinde Değişebilir K “yeterli” ve “fazla” grubunda, Değişebilir Ca “fazla” grubunda ve Değişebilir Mg ise “fazla” grubunda belirlenmiştir. Değişebilir Ca 0-30 cm toprak derinliğinde temiz su uygulamalarında deneme öncesi miktarlarına göre artış göstermiştir. Arıtılmış atık su uygulamalarında ise kısmen bir azalış görülmüştür. 30-60 ve 60-90 cm toprak tabakalarında ise deneme öncesi değerlere göre atık ve temiz su uygulamalarının her ikisinde de azalış görülmüştür. Değişebilir Mg deneme öncesi



değerlere göre her iki su kalitesinde de tüm toprak derinliklerinde kısmen artış ve azalışlar görülmüştür. Değişebilir K değeri ise deneme öncesi değerlere göre tüm toprak derinliklerinde arıtılmış atık su uygulamalarında artarken, temiz su uygulamalarında kısmen alt toprak tabakalarında azalışlar görülmüştür. Çay (2013), Saltalı *et al.* (2000), Tunç (2013), Arcak *et al.* (2000) ve Uyanöz (2000)'de çalışmalarında K miktarının toprağın üst katmanından alt katmanlara doğru azalış gösterdiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, denemede toprağın üst katmanında K miktarının yüksek olmasının gübreleme ile ilişkili olabileceği düşünülmektedir. Demirtaş vd (2013)'de kentsel katı atıklarla ilgili çalışmalarında toprakların potasyum miktarının yeterli olduğunu ve istatistiksel olarak önemli farkların oluşmadığını bildirmektedir. Değişebilir Na miktarı ise deneme öncesi değerlere göre her iki su kalitesi için tüm toprak derinliklerinde artmış ve buna bağlı olarak da ESP'nin de arttığı gözlenmiş ancak denemenin ikinci yılında her iki su kalitesinde de azalış göstermiştir. Abdelrahman *et al.* (2011) yapmış olduğu çalışmada da değişebilir Na miktarının azaldığını ve buna bağlı olarak ESP'nde düştüğünü bildirmiştir. Cicek *et al.* (2013) atık sularla yapmış olduğu çalışmalarında, atık suların toprakların değişebilir Ca, Mg, K ve Na üzerinde etkisinin olduğunu ve toprakta bu elementlerin miktarlarını arttırdığını bildirmişlerdir. Abdelrahman *et al.* (2011) ise atık suların toprakta değişebilir katyonları azalttığını bildirmiştir.

Fe, Zn, Cu, Mn Cd, Ni, Pb gibi ağır metaller atık su ile sulama koşullarında toprakta birikme eğilimi gösteren toksik ve zararlı elementlerdir. Ağır metal birikimi topraklarda ana sorunlardan birini oluşturmakta, yüksek miktarda bulunması ekolojik dengenin bozulmasına ve bu koşullarda yetiştirilen gıdaların tüketimi yoluyla da çeşitli sağlık sorunlarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir (Mohammad 1986; Kiziloglu *et al.* 2008).

Deneme topraklarında farklı derinliklerde belirlenen demir (Fe), çinko (Zn) ve bakır (Cu) miktarları Çizelge 4.24, 4.25 ve 4.26'da verilmiştir. 0-30 cm toprak tabakasında Fe miktarı deneme yıllarında 12,8-23,0 mg/kg arasında değişmiştir. İki yılın ortalamasına göre en yüksek Fe miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük miktar ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.24).

**Çizelge 4.24.** 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Fe, Zn ve Cu miktarları

Yıl	Uygulama	Fe (mg/kg)			Zn (mg/kg)			Cu (mg/kg)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	18,9	17,9	18,4	0,53	0,42	0,47	1,18	1,08	1,13
	%75 D	17,0	16,9	16,9	0,57	0,35	0,46	1,01	0,80	0,90
	%50 D	14,9	14,3	14,6	0,51	0,43	0,47	0,87	0,74	0,80
	%75 PRD	18,9	14,9	16,9	0,40	0,46	0,43	0,76	0,73	0,74
	%50 PRD	15,9	14,5	15,2	0,50	0,55	0,53	0,96	0,68	0,82
	<b>Ortalama</b>	<b>17,1</b>	<b>15,6</b>		<b>0,50</b>	<b>0,44</b>	<b>0,47b</b>	<b>0,95</b>	<b>0,80</b>	
<b>2014</b>	%100	23,0	16,7	19,8A**	0,95	0,85	0,90	1,16	0,72	0,94
	%75 D	21,8	14,2	18,0AB	0,89	0,64	0,76	0,82	0,79	0,80
	%50 D	17,2	13,8	15,5C	0,74	0,64	0,69	0,89	0,76	0,82
	%75 PRD	19,1	13,3	16,2BC	0,84	0,84	0,84	0,87	0,77	0,82
	%50 PRD	17,6	12,8	15,2C	0,78	0,57	0,67	0,73	0,70	0,72
	<b>Ortalama</b>	<b>19,7A**</b>	<b>14,1B</b>		<b>0,84</b>	<b>0,71</b>	<b>0,77a**</b>	<b>0,89A*</b>	<b>0,75B</b>	
<b>2013-2014</b>	%100	20,9	17,3	19,1A**	0,74	0,64	0,69	1,17	0,90	1,03A*
	%75 D	19,4	15,5	17,4AB	0,73	0,49	0,61	0,91	0,79	0,85B
	%50 D	16,0	14,0	15,0C	0,63	0,54	0,58	0,88	0,75	0,81B
	%75 PRD	19,0	14,1	16,5BC	0,62	0,65	0,63	0,82	0,75	0,78B
	%50 PRD	16,7	13,6	15,2BC	0,64	0,56	0,60	0,85	0,69	0,77B
	<b>Ortalama</b>	<b>18,4A**</b>	<b>14,9B</b>		<b>0,67A*</b>	<b>0,57B</b>		<b>0,93A**</b>	<b>0,78B</b>	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

2013 yılında uygulamalar arasındaki farklar önemsiz olurken, denemenin ikinci yılı ve iki yılın ortalamasında, uygulamaların ve su kaynaklarının ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 16**). Uygulamaların ortalamasında en yüksek miktar %100 tam sulama uygulamasında, su kaynaklarının ortalamasında ise en yüksek miktar atık su uygulamasında belirlenmiştir. Deneme yıllarında 0-30 cm toprak tabakasında çinko (Zn) miktarı 0,35-0,95 mg/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek miktar %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %75 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.24). Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz, iki yılın ortalamasında su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar ise önemli bulunmuştur (**EK 16**). Ayrıca, iki yıl arasında Zn miktarındaki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve denemenin ikinci yılında Zn miktarı ilk yıla göre %63,8 artmıştır. 0-30 cm toprak tabakasında bakır (Cu) miktarı ise deneme yıllarında 0,68-1,18 mg/kg arasında değişmiştir. İki yılın ortalamasına göre en yüksek Cu miktarı %100 arıtılmış atık sulama uygulamasında belirlenirken, en düşük Cu miktarı ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.24). Her iki deneme yılında da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, 2014 yılında su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar ile iki yılın ortalamasında ise hem uygulamaların hem de su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar önemli bulunmuştur (**EK 16**). Uygulamaların ortalamasında en yüksek Cu miktarı %100 sulama uygulamasında, su kaynaklarının ortalamasında ise en yüksek arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. Ancak, denemenin ikinci yılında 0-30 cm toprak tabakasında bakır miktarı genel olarak bir azalma eğilimi göstermiştir.

30-60 cm toprak tabakasında Fe miktarı deneme yıllarında 11,6-20,1 mg/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek Fe miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük Fe miktarı ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.25). Her iki deneme yılında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz olurken, iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar önemli bulunmuştur (**EK 17**). Ayrıca, iki yıl arasındaki Fe miktarlarındaki fark da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Denemenin ikinci

yılında Fe miktarı ilk yıla göre %13,8 azalmıştır. Deneme yıllarında Zn miktarı 0,39-0,74 mg/kg arasında değişmiştir.



**Çizelge 4.25.** 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Fe, Zn ve Cu miktarları

Yıl	Uygulama	Fe (mg/kg)			Zn (mg/kg)			Cu (mg/kg)		
		Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
2013	%100	20,1	17,9	19,0	0,56	0,48	0,52	1,12	1,05	1,09
	%75 D	16,7	16,4	16,6	0,41	0,41	0,41	1,03	0,97	1,00
	%50 D	15,6	14,6	14,3	0,46	0,39	0,42	0,82	0,71	0,76
	%75 PRD	17,3	16,0	16,7	0,50	0,51	0,51	1,07	0,90	0,99
	%50 PRD	13,0	15,7	15,1	0,44	0,49	0,46	0,94	0,86	0,90
	<b>Ortalama</b>	<b>16,5</b>	<b>16,1</b>	<b>16,3a**</b>	<b>0,47</b>	<b>0,46</b>		<b>0,99</b>	<b>0,90</b>	<b>0,95b</b>
2014	%100	15,8	15,3	15,5	0,74	0,48	0,61	1,15	1,12	1,13A*
	%75 D	13,9	13,6	13,7	0,46	0,54	0,50	1,09	1,12	1,11A
	%50 D	11,6	13,7	12,6	0,71	0,48	0,59	0,97	0,98	0,98B
	%75 PRD	15,1	13,8	14,5	0,46	0,48	0,47	1,08	1,08	1,08AB
	%50 PRD	14,0	14,1	14,1	0,47	0,49	0,48	0,92	1,06	0,99B
	<b>Ortalama</b>	<b>14,1</b>	<b>14,1</b>	<b>14,1b</b>	<b>0,57</b>	<b>0,49</b>		<b>1,04</b>	<b>1,07</b>	<b>1,06a*</b>
2013-2014	%100	18,0	16,6	17,3A*	0,65	0,48	0,56	1,14	1,09	1,11A*
	%75 D	15,3	15,0	15,2AB	0,44	0,48	0,46	1,06	1,05	1,05A
	%50 D	12,3	14,7	13,5B	0,58	0,44	0,51	0,90	0,84	0,87B
	%75 PRD	16,2	14,9	15,6AB	0,48	0,50	0,49	1,08	0,99	1,03AB
	%50 PRD	14,8	14,4	14,6B	0,45	0,49	0,47	0,93	0,96	0,95AB
	<b>Ortalama</b>	<b>15,3</b>	<b>15,1</b>		<b>0,52</b>	<b>0,47</b>		<b>1,02</b>	<b>0,99</b>	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

İki yılın ortalamasına göre en yüksek Zn miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.25). Her iki deneme yılında da uygulamalar arasındaki farklar önemsiz bulunmuştur (**EK 17**). Bakır miktarı ise 0,71-1,15 mg/kg arasında değişmiştir. İki yılın ortalamasına göre en yüksek Cu miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük miktar ise %50 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.25). Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar önemsiz bulunurken, 2014 yılında uygulamaların ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar önemli bulunmuştur (**EK 17**). Ayrıca Cu miktarı yıllar arasında da değişim göstermiş ve istatistiksel olarak bu fark önemli bulunmuştur. 2014 yılındaki Cu miktarı, 2013 yılına göre %11,6 daha fazla olmuştur.

60-90 cm toprak tabakasında Fe miktarı deneme yıllarında 13,6-21,3 mg/kg arasında değişmiştir (Çizelge 4.26). Denemenin ilk yılında uygulamalar arasında fark bulunmazken, ikinci yılda uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli olmuştur (**EK 18**). 2014 yılında uygulamalar arasında en yüksek Fe miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük miktar %75 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Kontrol ile kıyaslandığında %100 arıtılmış atık su uygulamasında Fe miktarı %9,5 daha fazla olmuştur. Ayrıca iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Uygulamaların ortalamalarında en yüksek Fe miktarı %100 tam sulama uygulamasında belirlenmiştir. Deneme yıllarında Zn miktarı 0,30-0,58 mg/kg arasında değişmiştir. İki yılın ortalamasına göre en yüksek Zn miktarı %100 ve %75 PRD arıtılmış atık su uygulamalarında, en düşük ise %50 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.26). Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar önemsiz belirlenirken, 2014 yılında su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve temiz su kaynağında arıtılmış atık su kaynağına göre daha fazla Zn belirlenmiştir. Ayrıca deneme yılları arasındaki Zn miktarındaki değişim de istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve 2014 yılındaki Zn miktarı 2013 yılına göre %17,4 daha fazla bulunmuştur.

**Çizelge 4.26.** 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Fe, Zn ve Cu miktarları

Yıl	Uygulama	Fe (mg/kg)			Zn (mg/kg)			Cu (mg/kg)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	21,3	17,5	19,4	0,55	0,32	0,43	1,17	1,04	1,11
	%75 D	17,9	14,8	16,3	0,43	0,51	0,47	1,10	0,75	0,93
	%50 D	15,6	13,8	14,7	0,51	0,30	0,41	0,96	0,93	0,94
	%75 PRD	18,2	16,1	17,1	0,57	0,44	0,51	1,02	0,84	0,93
	%50 PRD	18,1	17,2	17,6	0,51	0,48	0,50	0,87	0,93	0,90
	<b>Ortalama</b>	18,2	15,8		0,51	0,41	<b>0,46b</b>	1,02	0,90	
<b>2014</b>	%100	20,3a**	18,6ab	19,5A**	0,54	0,56	0,55	1,20	1,05	1,12A**
	%75 D	17,6abc	13,6d	15,6B	0,50	0,58	0,54	0,99	0,98	0,99BC
	%50 D	14,4cd	17,1abc	15,8B	0,43	0,56	0,49	0,94	0,92	0,93C
	%75 PRD	18,0ab	16,2cd	17,1B	0,54	0,53	0,54	1,11	1,04	1,07AB
	%50 PRD	13,8d	17,4abc	15,6B	0,51	0,57	0,54	0,96	0,94	0,95C
	<b>Ortalama</b>	16,9	16,6		0,51B	0,56A**	<b>0,54a*</b>	1,04	0,99	
<b>2013-2014</b>	%100	20,8	18,0	19,4A*	0,55	0,44	0,49	1,19	1,05	1,12
	%75 D	17,8	14,2	16,0B	0,47	0,54	0,50	1,05	0,87	0,96
	%50 D	15,0	15,4	15,2B	0,47	0,43	0,45	0,95	0,93	0,94
	%75 PRD	18,1	16,1	17,1AB	0,55	0,49	0,52	1,07	0,94	1,00
	%50 PRD	16,0	17,3	16,6B	0,51	0,53	0,52	0,92	0,94	0,93
	<b>Ortalama</b>	17,5	16,2		0,51	0,49		1,03	0,94	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Deneme yıllarında 60-90 cm toprak tabakasındaki Cu miktarı ise 0,75-1,20 mg/kg arasında değişmiştir. 2013 yılında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz olmuş, 2014 yılında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 18**). 2014 yılında en yüksek Cu miktarı %100 tam sulama uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.26). İki yılın ortalamasına göre de en yüksek Cu miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %75 D temiz su uygulamasında saptanmıştır. Deneme yıllarında toprakta mangan (Mn), kadmiyum (Cd) ve nikel (Ni) miktarlarına bakıldığında, 0-30 cm toprak tabakasında Mn miktarı 11,6-13,5 mg/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek miktar %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük miktar ise %75 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.27). Her iki yılda da uygulamaların arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş ve Mn miktarının deneme yıllarında önemli düzeyde değişmediği gözlenmiştir (**EK 19**). Deneme yıllarında Cd miktarı 0,28-0,43 mg/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek miktar %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük miktar ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.27). 2013 yılında uygulamalar arasındaki farklar önemsiz olurken, 2014 yılı ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları ve su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 19**). Uygulamaların ortalamalarında en yüksek Cd miktarı %100 tam sulama konusunda, su kaynaklarının ortalamalarında da en yüksek miktar atık su uygulamasında belirlenmiştir. 0-30 cm toprak tabakasında Ni miktarı ise 1,33-2,70 mg/kg arasında değişmiştir. İki yılın ortalamasına göre en yüksek Ni miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir. 2014 yılında uygulamalar arasındaki farklar önemsiz olurken, 2013 yılında ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları ve her iki yılda ve iki yılın ortalamasında su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 19**). Uygulamaların ortalamalarında en yüksek Ni miktarı %100 tam sulama uygulamasında, su kaynaklarının ortalamalarında ise arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. Ayrıca, yıllar arasında Ni miktarının değişimi de istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve denemenin ikinci yılında %22,5 oranında bir artış gözlenmiştir.



**Çizelge 4.27.** 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Mn, Cd ve Ni miktarları

Yıl	Uygulama	Mn (mg/kg)			Cd (mg/kg)			Ni (mg/kg)		
		Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	13,5	13,0	13,2	0,42	0,37	0,40	2,36	2,06	2,21A**
	%75 D	13,1	13,1	13,1	0,35	0,35	0,35	1,99	1,44	1,72B
	%50 D	13,0	13,1	13,0	0,32	0,32	0,32	1,80	1,54	1,67B
	%75 PRD	12,7	11,6	12,1	0,36	0,36	0,36	1,96	1,55	1,76B
	%50 PRD	12,6	12,6	12,6	0,32	0,31	0,31	1,77	1,33	1,55B
	<b>Ortalama</b>	13,0	12,7		0,35	0,34		1,98A**	1,58B	1,78b
<b>2014</b>	%100	13,1	13,5	13,3	0,43	0,41	0,42A**	2,70	2,60	2,65
	%75 D	12,8	12,4	12,6	0,39	0,35	0,37AB	2,43	1,69	2,06
	%50 D	12,9	12,3	12,6	0,34	0,31	0,32BC	2,47	1,92	2,20
	%75 PRD	12,6	12,3	12,5	0,37	0,33	0,35BC	2,31	1,89	2,10
	%50 PRD	12,9	11,7	12,3	0,35	0,28	0,31C	2,33	1,48	1,91
	<b>Ortalama</b>	12,8	12,5		0,37A*	0,34B		2,45A*	1,92B	2,18a**
<b>2013-2014</b>	%100	13,3	13,2	13,3	0,43	0,39	0,41A**	2,53	2,33	2,43A**
	%75 D	12,9	12,7	12,8	0,37	0,35	0,36B	2,21	1,57	1,89B
	%50 D	12,9	12,7	12,8	0,32	0,32	0,32BC	2,14	1,73	1,94B
	%75 PRD	12,6	12,0	12,3	0,37	0,34	0,36B	2,13	1,72	1,93B
	%50 PRD	12,8	12,2	12,5	0,34	0,29	0,31C	2,05	1,41	1,73B
	<b>Ortalama</b>	12,9	12,6		0,36A*	0,34B		2,21A**	1,75B	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluşu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

30-60 cm toprak tabakasında Mn miktarı 10,8-13,8 mg/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek Mn miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.28). 2013 yılında uygulamalar arasındaki farklar önemsiz, 2014 yılında ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 20**). Uygulamaların ortalamalarında en yüksek Mn miktarı %100 tam sulama uygulamasında belirlenmiştir. Ayrıca, yıllar arasında Mn miktarında olan değişimler istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve 2014 yılındaki Mn miktarı 2013 yılına göre %4,8 azalmıştır. Deneme yıllarında Cd miktarı 0,32-0,40 mg/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek miktar %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 D arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.28). 2013 yılında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz olurken, 2014 yılı ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 20**). Uygulamaların ortalamalarında en yüksek Cd miktarı %100 tam sulama uygulamasında belirlenmiştir. Deneme yıllarında Ni miktarı 1,04-2,56 mg/kg arasında değişmiştir. 2013 yılında uygulamaların arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek Ni miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.28). Kontrol uygulaması olan %100 temiz su uygulaması ile karşılaştırıldığında ise %100 arıtılmış atık su uygulamasında Ni miktarı %11,1 daha fazla olmuştur. Her iki yılda ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki fark da istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek Ni miktarı %100 tam sulama uygulamasında belirlenmiştir. Yıllar arasında Ni miktarında olan değişimler de istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve denemenin ikinci yılında ilk yıla göre %32,9 oranında bir artış gözlenmiştir.

**Çizelge 4.28.** 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Mn, Cd ve Ni miktarları

Yıl	Uygulama	Mn (mg/kg)			Cd (mg/kg)			Ni (mg/kg)		
		Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	12,9	13,5	13,2	0,38	0,37	0,37	2,31a**	2,08b	2,19A**
	%75 D	12,2	12,2	12,2	0,34	0,36	0,35	1,04f	1,50cd	1,27C
	%50 D	12,7	12,8	12,8	0,32	0,35	0,34	1,19ef	1,44d	1,31BC
	%75 PRD	12,7	11,9	11,8	0,36	0,35	0,35	1,22ef	1,64c	1,43B
	%50 PRD	12,9	11,3	12,1	0,35	0,33	0,34	1,11f	1,34de	1,22C
	<b>Ortalama</b>	12,5	12,4	12,4*	0,35	0,35		1,37B	1,60A**	1,49b
<b>2014</b>	%100	13,8	12,2	13,0A**	0,40	0,38	0,39A**	2,56	2,42	2,49A*
	%75 D	12,0	12,1	12,1B	0,38	0,36	0,37AB	2,20	1,85	2,02AB
	%50 D	11,2	11,7	11,4BC	0,33	0,36	0,34BC	1,76	1,66	1,71B
	%75 PRD	11,6	11,6	11,6BC	0,36	0,32	0,34BC	1,94	2,08	2,01AB
	%50 PRD	10,8	11,2	11,0C	0,34	0,33	0,34C	1,58	1,69	1,64B
	<b>Ortalama</b>	11,9	11,8	11,8b	0,36	0,35		2,01	1,94	1,98a**
<b>2013-2014</b>	%100	13,4	12,9	13,1A**	0,39	0,38	0,38A*	2,44	2,25	2,34A**
	%75 D	12,1	12,2	12,1B	0,36	0,36	0,36AB	1,62	1,67	1,65BC
	%50 D	11,9	12,3	12,1B	0,33	0,36	0,34B	1,47	1,55	1,51BC
	%75 PRD	11,7	11,8	11,7B	0,36	0,34	0,35B	1,58	1,86	1,72B
	%50 PRD	11,8	11,2	11,5B	0,34	0,3	0,34B	1,35	1,52	1,43C
	<b>Ortalama</b>	12,2	12,1		0,36	0,35		1,69	1,77	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

60-90 cm toprak tabakasındaki Mn, Cd ve Ni miktarları incelendiğinde, Mn miktarı deneme yıllarında 12,3-14,5 mg/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasında en yüksek Mn içeriği %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.29). 2013 yılında uygulamaların arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz olup, 2014 yılında ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar önemli bulunmuştur (**EK 21**). Uygulamaların ortalamalarında en yüksek Mn miktarı %100 tam sulama uygulamasında belirlenmiştir. Deneme yıllarında Cd miktarı 0,29-0,46 mg/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek Cd miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 D ve %50 PRD temiz su uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 4.29). 2013 yılında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz olurken, 2014 yılında ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli olmuştur (**EK 21**). Aynı zamanda su kaynakları ortalamaları arasındaki farklar da istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Su kaynaklarının ortalamaları arasında en yüksek değerler atık su uygulamalarında belirlenmiştir. Uygulamaların ortalamaları dikkate alındığında da en yüksek Cd miktarı %100 tam sulama uygulamalarında belirlenmiştir. Yıllar arasında Cd miktarında olan değişimler de istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve ikinci yılda Cd miktarında %8,6 artış gözlenmiştir. Deneme yıllarında Ni miktarı 1,16-2,18 mg/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek Ni miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.29). 2013 yılında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek Ni miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük miktar %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. Kontrol olan %100 temiz su uygulamasında Ni miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasından %1,7 daha düşük bulunmuştur. 2013 yılında ve iki yılın ortalamasında uygulamaların arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli olup, en yüksek değerler %100 tam sulama uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.29). Deneme yıllarında Ni miktarında olan değişimlerde istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve ilk yıla göre Ni miktarı ikinci yıl da %23,6 artmıştır.

**Çizelge 4.29.** 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Mn, Cd ve Ni miktarları

Yıl	Uygulama	Mn (mg/kg)			Cd (mg/kg)			Ni (mg/kg)		
		Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	14,5	14,2	14,3	0,41	0,38	0,40	1,78a*	1,75a	1,76A**
	%75 D	13,8	12,7	13,3	0,38	0,32	0,35	1,60a	1,26bc	1,43B
	%50 D	13,7	12,6	13,1	0,34	0,31	0,33	1,31bc	1,26bc	1,28C
	%75 PRD	13,4	13,3	13,3	0,37	0,31	0,34	1,69a	1,38b	1,53B
	%50 PRD	12,6	12,8	12,7	0,37	0,29	0,33	1,16c	1,21bc	1,19C
	<b>Ortalama</b>	13,6	13,1		0,38A**	0,32B	0,35b	1,51A**	1,37B	1,44b
<b>2014</b>	%100	14,5	14,0	14,3A**	0,46	0,41	0,43A**	2,16	2,18	2,17
	%75 D	13,4	13,5	13,4AB	0,45	0,36	0,40AB	1,96	1,61	1,79
	%50 D	13,0	12,7	12,8B	0,36	0,32	0,34C	1,54	1,50	1,52
	%75 PRD	13,3	13,4	13,3B	0,40	0,34	0,37BC	2,13	1,73	1,93
	%50 PRD	13,0	12,3	12,6B	0,35	0,33	0,34C	1,40	1,62	1,51
	<b>Ortalama</b>	13,4	13,2		0,40A**	0,35B	0,38a*	1,84	1,73	1,78a**
<b>2013-2014</b>	%100	14,5	14,1	14,3A*	0,43	0,40	0,42A**	1,97	1,96	1,97A**
	%75 D	13,6	13,1	13,4AB	0,42	0,34	0,38B	1,78	1,44	1,61BC
	%50 D	13,3	12,6	13,0B	0,35	0,31	0,33C	1,42	1,38	1,40C
	%75 PRD	13,3	13,3	13,3AB	0,39	0,33	0,36BC	1,91	1,56	1,73AB
	%50 PRD	12,8	12,6	12,7B	0,37	0,31	0,34C	1,28	1,42	1,35C
	<b>Ortalama</b>	13,5	13,1		0,39A**	0,34B		1,67	1,55	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Deneme yıllarında, 0-30 cm toprak derinliğinde kurşun (Pb) miktarı 0,06-0,14 mg/kg arasında değişmiş olup, iki yılın ortalamasına göre en yüksek Pb miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 D arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.30). Her iki yılda ve iki yılın ortalamasında uygulamalar arasındaki farklar önemli bulunmuştur (**EK 22**). En yüksek Pb miktarı %100 tam sulama uygulamasında gözlenmiştir. İki yılın ortalamasına göre kontrol uygulaması olan %100 temiz su uygulamasında, en yüksek Pb miktarına sahip %100 arıtılmış atık su uygulamasından %9,1 daha düşük Pb miktarı belirlenmiştir. Ayrıca, Pb miktarı yıllara göre farklılık göstermiş ve bu fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Denemenin ikinci yılında Pb miktarı ilk yıla göre %22,2 oranında artmıştır.

**Çizelge 4.30.** 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Pb ve B miktarları

Yıl	Uygulama	Pb (mg/kg)			B (mg/kg)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
2013	%100	0,11	0,11	0,10A*	0,79	0,77	0,78A**
	%75 D	0,10	0,09	0,10AB	0,58	0,62	0,60BC
	%50 D	0,07	0,08	0,07C	0,45	0,58	0,51CD
	%75 PRD	0,10	0,09	0,09AB	0,65	0,72	0,69AB
	%50 PRD	0,08	0,08	0,08BC	0,38	0,57	0,48D
	<b>Ortalama</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09</b>	<b>0,09b</b>	<b>0,57B</b>	<b>0,65A*</b>	<b>0,61b</b>
2014	%100	0,14	0,14	0,14A**	0,88	0,83	0,85A**
	%75 D	0,12	0,11	0,12AB	0,78	0,76	0,77AB
	%50 D	0,06	0,11	0,09C	0,64	0,65	0,65BC
	%75 PRD	0,13	0,11	0,12AB	0,82	0,79	0,80A
	%50 PRD	0,09	0,11	0,10BC	0,55	0,62	0,59C
	<b>Ortalama</b>	<b>0,11</b>	<b>0,12</b>	<b>0,11a**</b>	<b>0,73</b>	<b>0,73</b>	<b>0,73a**</b>
2013-2014	%100	0,12a*	0,11ab	0,12A**	0,83	0,80	0,82A*
%75 D	0,11ab	0,10abc	0,11B	0,68	0,69	0,69B	
%50 D	0,06c	0,10abc	0,08C	0,54	0,61	0,58C	
%75 PRD	0,11ab	0,10abc	0,11B	0,73	0,76	0,75AB	
%50 PRD	0,08bc	0,09abc	0,09C	0,46	0,60	0,53C	
<b>Ortalama</b>	<b>0,10</b>	<b>0,10</b>		<b>0,65</b>	<b>0,69</b>		

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

0-30 cm toprak derinliğinde Bor (B) miktarı 0,45-0,88 mg/kg arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek miktar %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük miktar ise, %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.30). Her iki yılda ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 22**). Uygulamaların ortalamalarında en yüksek B miktarı %100 tam sulama uygulamasında belirlenmiştir. 2013 yılında su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar da istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve temiz su uygulamalarının ortalaması atık su uygulamalarının ortalamasına göre %14,0 daha yüksek olmuştur. Ayrıca, yıllar arasında B miktarındaki değişimler de istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. B miktarı ilk yıla göre, ikinci yılda %19,7 daha yüksek belirlenmiştir. Pb miktarı incelendiğinde, deneme yıllarında 0,08-0,13 mg/kg arasında değişmiş olup, iki yılın ortalamasına göre en yüksek Pb miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.31). Her iki deneme yılı ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 23**). En yüksek Pb miktarı uygulamaların ortalamasında %100 tam sulama uygulamasında belirlenmiştir.

30-60 cm toprak tabakasında B miktarı deneme yıllarında 0,42-0,88 mg/kg arasında değişirken, iki yılın ortalamasına göre en yüksek miktar %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.31). Uygulamalar arasındaki farklar deneme yıllarında istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 23**). En yüksek B miktarı %100 tam sulama uygulamasında belirlenmiştir. Yıllar arasında B miktarındaki değişimler de istatistiksel olarak önemli bulunurken, denemenin ikinci yılında B miktarında %35,2 oranında bir artış gözlenmiştir.

**Çizelge 4.31.** 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Pb ve B miktarları

Yıl	Uygulama	Pb (mg/kg)			B (mg/kg)		
		Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
2013	%100	0,12	0,10	0,11A*	0,66	0,58	0,62A*
	%75 D	0,09	0,09	0,09B	0,56	0,53	0,54AB
	%50 D	0,08	0,09	0,08B	0,56	0,53	0,54AB
	%75 PRD	0,11	0,09	0,10AB	0,55	0,54	0,55AB
	%50 PRD	0,10	0,08	0,09B	0,50	0,42	0,46B
	<b>Ortalama</b>	0,10	0,09	<b>0,09b</b>	0,57	0,52	<b>0,54b</b>
2014	%100	0,13	0,11	0,12A**	0,88a*	0,86ab	0,87A**
	%75 D	0,12	0,11	0,12AB	0,67de	0,78abc	0,72B
	%50 D	0,10	0,08	0,09C	0,68cd	0,70cd	0,69BC
	%75 PRD	0,13	0,09	0,11AB	0,76bcd	0,69cd	0,73B
	%50 PRD	0,13	0,08	0,10B	0,56e	0,73cd	0,64C
	<b>Ortalama</b>	0,12A**	0,09B	<b>0,11a**</b>	0,71	0,75	<b>0,73a**</b>
2013-2014	%100	0,12	0,11	0,12A**	0,77	0,72	0,74A**
	%75 D	0,11	0,10	0,10B	0,61	0,65	0,63B
	%50 D	0,09	0,08	0,09C	0,62	0,61	0,62B
	%75 PRD	0,12	0,09	0,10B	0,66	0,62	0,64B
	%50 PRD	0,11	0,07	0,10BC	0,53	0,58	0,55C
	<b>Ortalama</b>	0,11A**	0,09B		0,64	0,64	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Deneme yıllarında 60-90 cm toprak tabakasında Pb miktarı 0,06-0,15 mg/kg arasında değişmiştir (Çizelge 4.32). Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 24**). 2013 yılında uygulamalar arasında en yüksek Pb miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında belirlenirken, bu değerler kontrol uygulamasına göre %100 arıtılmış atık su uygulamasında %7,7 daha fazla ve %50 PRD uygulamasında ise %53,8 oranında daha az olmuştur. 2014 yılında ise uygulamalar arasında en yüksek Pb miktarı kontrol uygulaması olan %100 temiz su uygulamasında, en düşük değer ise %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında olmuş ve kontrol uygulamasına göre %66,7 daha düşük belirlenmiştir. Yıllar arasında Pb miktarlarının değişimi de istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve 2014 yılında Pb miktarında %18,2 oranında bir artış gözlenmiştir.



**Çizelge 4.32.** 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında Pb ve B miktarları

Yıl	Uygulama	Pb (mg/kg)			B (mg/kg)		
		Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama
2013	%100	0,14a*	0,13ab	0,13A**	0,71	0,70	0,71A**
	%75 D	0,11abcd	0,12abc	0,12AB	0,56	0,64	0,60BC
	%50 D	0,10cd	0,09d	0,09C	0,53	0,55	0,54C
	%75 PRD	0,11abcd	0,12abc	0,11B	0,59	0,67	0,63B
	%50 PRD	0,06e	0,10cd	0,08C	0,55	0,58	0,56BC
	<b>Ortalama</b>	<b>0,10</b>	<b>0,11</b>	<b>0,11b</b>	<b>0,59</b>	<b>0,63</b>	<b>0,61b</b>
2014	%100	0,14ab	0,15a*	0,15A**	0,90a	0,92a**	0,91A**
	%75 D	0,13ab	0,14ab	0,14AB	0,79bcd	0,78bcd	0,79B
	%50 D	0,12b	0,15a	0,12BC	0,87ab	0,72d	0,79B
	%75 PRD	0,13ab	0,14ab	0,14AB	0,74cd	0,83abc	0,78B
	%50 PRD	0,09c	0,14ab	0,11C	0,55e	0,78bcd	0,67C
	<b>Ortalama</b>	<b>0,12</b>	<b>0,14</b>	<b>0,13a**</b>	<b>0,77</b>	<b>0,81</b>	<b>0,79a**</b>
2013-2014	%100	0,14a	0,14a**	0,14A**	0,80a	0,81a**	0,81A**
	%75 D	0,12ab	0,13abc	0,13AB	0,67bc	0,71abc	0,69B
	%50 D	0,11b	0,11b	0,11C	0,70abc	0,63cd	0,67B
	%75 PRD	0,12ab	0,13abc	0,12B	0,66bc	0,75ab	0,71B
	%50 PRD	0,07c	0,12ab	0,10C	0,55d	0,68ac	0,61C
	<b>Ortalama</b>	<b>0,112B</b>	<b>0,125A**</b>		<b>0,68B</b>	<b>0,72A*</b>	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Deneme yıllarında 60-90 cm toprak tabakasında B miktarı ise 0,53-0,92 mg/kg arasında değişmiştir. 2013 yılında sadece uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunurken, 2014 yılında hem uygulamalar arasındaki hem de su kaynağı ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 24**). 2014 yılında en yüksek B miktarı kontrol uygulaması olan %100 temiz su uygulamasında, en düşük ise %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. İki yılın ortalamasında da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve yine en yüksek B miktarı kontrol uygulaması olan %100 temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Yıllar arasında B miktarındaki değişimler de önemli bulunurken, denemenin ikinci yılında ilk yıla göre %29,5 oranında bir artış gözlenmiştir.

Genel olarak B ve Pb miktarları deneme öncesi değerlere göre incelendiğinde, Pb 0-30 cm de toprak derinliğinde her iki su kalitesinde, 30-60 cm toprak derinliğinde arıtılmış atık su uygulamasında, 60-90 cm toprak derinliğinde ise her iki su kalitesinde de artmıştır. B miktarı ise tüm toprak derinliklerinde ve her iki su kalitesinde deneme öncesi değerlere göre artış göstermiştir. Ayrıca, Pb ve B miktarlarının tüm toprak katmanlarında Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği'nde (Anonim 2005) belirtilen sınırları (Pb için 5 ppm, B için 1 ppm) geçmediği gözlenmiştir. Toprak derinliğine göre Pb ve B miktarlarının çok fazla değişmediği ancak 60-90 cm toprak tabakasında değerlerin biraz arttığı gözlenmiştir. Benzer bulgulara Çay (2013)'de de rastlanmakta ve B miktarının 60 cm toprak derinliğinden sonra belirli bir şekilde arttığı ve Pb miktarının üst tabakalarda daha az olduğu bildirilmektedir. Toprakta Pb ve B miktarlarının ve birikimin az olması su kalitesinden de kaynaklanmaktadır. Tunç (2013) farklı kalitelerdeki atık suları kullandığı çalışmada, B iyonunun toksik etki yaratacak kadar toprakta birikmediğini ve diğer ağır metallerin de toprak kirliliği kontrolü yönetmeliğinde (Anonim 2005) verilen sınır değerlerin altında belirlendiğini bildirmiştir. Al-Lahham *et al.* (2007) Pb, Cd ve B elementlerinin genellikle endüstriyel atık sularda daha fazla miktarda bulunduğunu ve çalışmada Cd, Pb ve B'un toprakta birikme yapmadığını vurgulamaktadır. Bu denemede kullanılan atık su da endüstriyel atık su olmadığından Cd, Pb ve B miktarları düşük değerlerde bulunmuştur. Wang *et al.* (2007) atık sularla yapmış olduğu 14 aylık bir arazi çalışmada, ağır metallerin çalışma süresince dikkat çekici bir biçimde toprakta birikme yapmadığını ve toprak kirliliğine neden olmadığını bildirmişlerdir. Demirtaş vd (2013) ise 2004-2006 yılları arasında yapmış oldukları iki yıllık bir çalışmada ve sonrasında kentsel katı atık kullanımının sonraki yıllara etkilerinin belirlenmesi amacıyla 2008-2011 yılları arasında yapmış oldukları ikinci bir çalışmanın sonunda, toprakların ağır metal miktarlarında artışlar belirlemişler ve bu artışların katı atık uygulamasının yanında kullanılan kimyasal gübrelerden de kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Yapılan birçok çalışmada da atık suların toprakta ağır metal miktarları üzerinde etkili olduğu ve atık suyun kalitesine bağlı olarak bazı metallerin arttığı bazılarının da azaldığı bildirilmiştir (Zheng *et al.* 2012; Mojid *et al.* 2013; Ma *et al.* 2015).

Tüm toprak tabakalarında Fe, Zn ve Cu miktarları incelendiğinde, iki yılın ortalama değerlerinde Fe miktarının tüm toprak tabakalarında deneme öncesi değerlere göre artırılmış atık su uygulamasında arttığı, Zn miktarının 0-30 cm ve 60-90 cm toprak derinliklerinde arttığı, Cu miktarının ise her iki su kalitesinde tüm derinliklerde arttığı gözlenmiştir. Genel olarak denemenin ikinci yılında ise Zn ve Cu miktarında çok fazla bir değişim gözlenmemiş, ancak atık su ile sulama konularında Fe miktarı tüm toprak derinliklerinde azalma eğilimi gösterirken, temiz su konularında ise bir artış gözlenmiştir. Bu artış ve azalışların, Fe miktarının atık su ve temiz su örneklerindeki miktarlarının değişiminden ve yıllar arasında su kalitelerindeki farklılıklar nedeniyle olabileceği tahmin edilmektedir. Elmacı (1995)'de yapmış olduğu çalışmada topraktaki Fe miktarı ile sulamada kullanılan suların arasındaki ilişkiyi istatistiksel olarak önemli bulmuş ve toprakta Fe miktarında olan değişimlerin sulama suları tarafından olabileceğini bildirmiştir. Ayrıca Samaras *et al.* (2009)'da atık su ile yapmış olduğu çalışmada toprakta Fe miktarının azaldığını bildirmiştir. Boer and Reisenauer (1973) ve Lindsay and Norvell (1969)'in bildirdiğine göre DTPA ile ekstrakte edilebilir Fe miktarı deneme yıllarında tüm toprak derinliğinde kritik değerlerin (6 ve 4,5 ppm) üzerinde bulunurken, Cu miktarı da Follet (1969)'a göre kritik değer olan 0,2 ppm'in üzerinde belirlenmiştir. Zn miktarının ise FAO (1990)'a göre "yeterli" sınıfında olduğu tespit edilmiştir. Ancak, Cu ve Zn miktarları Toprak Kirliliğinin Kontrolü Yönetmeliği'ne (2005) göre topraklarda sırasıyla izin verilen sınır değerler olan 140 mg/kg ve 300 mg/kg geçmediği görülmüştür. Elde edilen sonuçlar, Uyanöz (2000), Rattan (2005), Çay (2013) ve Tunç (2013)'ün çalışmalarıyla da uyum göstermektedir. Yıllar arasında olan bu değişimlerin su kalitelerindeki farklılıktan ve çevresel faktörlerden olabileceği varsayılmaktadır.

Genel olarak Mn, Cd ve Ni miktarları incelendiğinde, iki yılın ortalamasında Mn miktarı deneme öncesi değerlere göre 0-30 cm derinlikte her iki su kalitesinde de azalmış, diğer tabakalarda ise artmıştır. Cd miktarı tüm tabakalarda ve her iki su kalitesinde de artmış, Ni miktarı ise 0-30 cm derinlikte artırılmış atık su uygulamasında, diğer derinliklerde ise her iki su kalitesinde artış göstermiştir. Ayrıca, denemenin ikinci yılında Mn miktarında ilk yıla göre bir azalış söz konusudur. Bu azalışın sebebi olarak

pH değerinde olan azalmalar gosterilebilir, unk pH miktarı arttıka, znebilir Mn miktarıda artmaktadır (Yakupoğlu vd 2010; Deveci 2012). Tüm tabakalardaki Mn değerleri FAO (1990)'a gore “az” sınıfında yer almaktadır. Cd ve Ni miktarları ise Toprak Kirliliğinin Kontrolü Ynetmeliği'ne (2005) gore topraklarda sırasıyla izin verilen sınır değerler olan 3 mg/kg ve 75 mg/kg'ı geçmediği gorlmştr. Ayrıca elde edilen sonuçlar birçok çalışmayla uyum sağlamaktadır (Sezen 1995; Saltalı *et al.* 2000; Garvanska 2000; Samaras *et al.* 2009; Tunç 2013). Denemenin ikinci yılında tüm toprak tabakalarında Cd ve Ni miktarlarında bir artış gozlenmiş ancak toprak derinliği arttıka Ni miktarları bir miktar azalmıştır. Bu artışların, elementlerin toprakta birikme potansiyelinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Birçok çalışmada da atık su ile sulanan alanlarda Fe, Zn, Cu, Mn, Cd, Ni ve Pb gibi elementlerin toprakta artarak birikme eğiliminde olduğu bildirilmektedir (İbrahim *et al.* 1992; Mohammad 1986; Kiziloglu *et al.* 2008). Ancak Mohammad and Mazahreh (2003) ise atık suların Cu ve Zn miktarlarına çok fazla etki etmediğini, Samaras (2009) Fe miktarında bir azalma gorlrken, Mn, Cu ve Zn miktarlarının arttığını, Al-Lahham (2007) ise çalışmasında Fe, Mn ve Cu elementlerinin toprakta bir miktar artış gosterdiğini, Cd elementinin toprakta birikme oluşturmadığını, Ni ve Zn elementlerinin ise toprakta stabil kaldığını bildirmişlerdir. Sommers *et al.* (1980) ise yapmış oldukları bir çalışmada atık su ile sulama yapılan toprakların Ni miktarını 440 kg/ha, Cd miktarını ise 17,6 kg/ha olarak belirlemişler ve atık suların topraklarda Cd birikimine neden olduğunu bildirmişlerdir.

#### 4.2.2. Toprakların fiziksel zellikleri

2013 ve 2014 yıllarında hasat sonrası 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak tabakalarında belirlenen ktle ve tane yoğunluğu ile porozite değerleri ve değerlere ilişkin varyans analizi ve duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları izelge 4.33, 34 ve 35'de ve **EK 25, 26 ve 27**'de verilmiştir.

Deneme yılları sonunda, ktle yoğunluğu değerleri 0-30 cm toprak tabakasında 1,28-1,33 g/cm<sup>3</sup> arasında, tane yoğunluğu değerleri 2,60-2,65 arasında ve porozite değerleri ise %49,6-51,5 arasında belirlenmiştir (izelge 4.33). Ktle yoğunluğu değerlerinde

2014 ve 2013-2014 yıllarında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 25**). En yüksek kütle yoğunluğu değeri iki yılın ortalamasına göre %75 D temiz su uygulamasında, en düşük ise %50 PRD artırılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. Ayrıca, istatistiksel olarak önemli bulunan uygulama ortalamalarında %75 D uygulaması en yüksek değeri sağlamıştır. Tane yoğunluğu değerleri iki yılın ortalamasına göre en yüksek %100 ve %75 D temiz su uygulamalarında, en düşük ise %50 PRD artırılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.33).



**Çizelge 4.33.** 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında kütle yoğunluğu, tane yoğunluğu ve porozite değerleri

Yıl	Uygulama	Kütle yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> )			Tane yoğunluğu			Porozite (%)		
		Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	1,29	1,31	<i>1,30</i>	2,63	2,64	<i>2,64</i>	51,0	50,2	<i>50,6</i>
	%75 D	1,32	1,33	<i>1,32</i>	2,64	2,65	<i>2,64</i>	50,1	49,6	<i>49,9</i>
	%50 D	1,30	1,29	<i>1,30</i>	2,61	2,62	<i>2,61</i>	50,0	50,5	<i>50,3</i>
	%75 PRD	1,31	1,30	<i>1,30</i>	2,63	2,63	<i>2,63</i>	50,1	50,6	<i>50,4</i>
	%50 PRD	1,28	1,29	<i>1,28</i>	2,60	2,65	<i>2,62</i>	50,8	51,3	<i>51,0</i>
	<b>Ortalama</b>	<i>1,30</i>	<i>1,30</i>		<i>2,62</i>	<i>2,64</i>		<i>50,4</i>	<i>50,5</i>	
<b>2014</b>	%100	1,29	1,31	<i>1,30AB*</i>	2,64	2,65	<i>2,65</i>	51,1	50,5	<i>50,8</i>
	%75 D	1,31	1,32	<i>1,31A</i>	2,64	2,65	<i>2,64</i>	50,2	50,3	<i>50,2</i>
	%50 D	1,30	1,29	<i>1,30AB</i>	2,63	2,62	<i>2,62</i>	50,3	51,0	<i>50,6</i>
	%75 PRD	1,30	1,29	<i>1,30AB</i>	2,64	2,64	<i>2,64</i>	50,5	51,1	<i>50,8</i>
	%50 PRD	1,28	1,28	<i>1,28B</i>	2,62	2,64	<i>2,63</i>	50,9	51,5	<i>51,2</i>
	<b>Ortalama</b>	<i>1,30</i>	<i>1,30</i>		<i>2,63</i>	<i>2,64</i>		<i>50,6</i>	<i>50,9</i>	
<b>2013-2014</b>	%100	1,29	1,31	<i>1,30AB*</i>	2,64	2,65	<i>2,64A*</i>	51,1	50,3	<i>50,7</i>
	%75 D	1,31	1,32	<i>1,32A</i>	2,64	2,65	<i>2,64A</i>	50,1	49,9	<i>50,0</i>
	%50 D	1,30	1,29	<i>1,30AB</i>	2,62	2,62	<i>2,62B</i>	50,1	50,8	<i>50,5</i>
	%75 PRD	1,30	1,29	<i>1,30AB</i>	2,63	2,64	<i>2,63AB</i>	50,3	50,9	<i>50,6</i>
	%50 PRD	1,28	1,29	<i>1,28B</i>	2,61	2,64	<i>2,63AB</i>	50,8	51,4	<i>51,1</i>
	<b>Ortalama</b>	<i>1,30</i>	<i>1,30</i>		<i>2,63B</i>	<i>2,64A*</i>		<i>50,5</i>	<i>50,7</i>	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluşu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Her iki deneme yılında da uygulamalar arasında farklılığın önemli olmadığı ancak iki yılın ortalama değerlerine göre, hem uygulamaların hem de su kaynağı ortalamalarının arasındaki farkların istatistiksel olarak önemli olduğu görülmüştür (**EK 25**). Porozite değerlerinde ise her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. İki yılın ortalamasına göre en yüksek porozite değeri %50 PRD temiz su uygulamasında, en düşük değer ise %75 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.33, **EK 25**).

30-60 cm toprak tabakasında kütle yoğunluğu değerleri deneme yıllarında 1,27-1,31 g/cm<sup>3</sup> arasında, tane yoğunluğu değerleri 2,61-2,64 arasında ve porozite değerleri ise %50,1-51,3 arasında olmuştur (Çizelge 4.34). Her iki deneme yılında da kütle yoğunluğu, tane yoğunluğu ve porozite değerlerinde uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (**EK 26**). Ancak yıllar arasında tane yoğunluğundaki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve denemenin ikinci yılında ilk yıla göre %0,4'lük bir artış gözlenmiştir.

60-90 cm toprak tabakasında kütle yoğunluğu değerleri deneme yıllarında 1,28-1,31 g/cm<sup>3</sup> arasında olurken, en yüksek kütle yoğunluğu değeri iki yılın ortalamasına göre %100 temiz su uygulamasında, en düşük değerler ise %75 PRD ve %50 PRD arıtılmış atık su uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 4.35). Tane yoğunluğu 2,59-2,64 arasında belirlenirken, iki yılın ortalamasına göre en yüksek değer %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında gözlenmiştir. Porozite değerleri ise deneme yıllarında %49,6-51,3 arasında değişmiştir. En yüksek porozite değeri iki yılın ortalamasına göre %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %100 temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.35). 60-90 cm toprak derinliğinde tüm parametrelerde her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (**EK 27**).

**Çizelge 4.34.** 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında kütle yoğunluğu, tane yoğunluğu ve porozite değerleri

Yıl	Uygulama	Kütle yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> )			Tane yoğunluğu			Porozite (%)		
		Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	1.30	1.29	1.29	2.62	2.63	2.62	50.5	50.6	50.6
	%75 D	1.28	1.30	1.29	2.63	2.63	2.63	51.3	50.5	50.9
	%50 D	1.30	1.29	1.30	2.62	2.62	2.62	50.3	50.5	50.4
	%75 PRD	1.29	1.29	1.29	2.61	2.62	2.61	50.4	50.5	50.5
	%50 PRD	1.27	1.27	1.27	2.61	2.62	2.61	51.2	51.2	51.2
	<b>Ortalama</b>	1.29	1.29		2.62	2.62	<b>2.62b</b>	50.7	50.7	
<b>2014</b>	%100	1.30	1.29	1.29	2.64	2.64	2.64	50.7	51.1	50.9
	%75 D	1.29	1.28	1.29	2.64	2.64	2.64	51.0	51.3	51.1
	%50 D	1.30	1.29	1.29	2.64	2.62	2.63	50.7	51.0	50.9
	%75 PRD	1.29	1.31	1.30	2.62	2.63	2.63	50.7	50.1	50.4
	%50 PRD	1.28	1.29	1.28	2.63	2.62	2.62	50.2	51.0	51.1
	<b>Ortalama</b>	1.29	1.29		2.63	2.63	<b>2,63a**</b>	50.8	50.9	
<b>2013-2014</b>	%100	1,30	1,29	1,29	2,63	2,63	2,63	50,6	50,9	50,7
	%75 D	1,28	1,29	1,29	2,64	2,63	2,63	51,2	50,9	51,0
	%50 D	1,30	1,29	1,29	2,63	2,62	2,63	50,5	50,7	50,6
	%75 PRD	1,29	1,30	1,29	2,61	2,62	2,62	50,6	50,3	50,4
	%50 PRD	1,29	1,28	1,28	2,62	2,62	2,62	51,2	51,1	51,1
	<b>Ortalama</b>	1,29	1,29		2,63	2,62		50,8	50,8	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluşu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01



**Çizelge 4.35.** 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında kütle yoğunluğu, tane yoğunluğu ve porozite değerleri

Yıl	Uygulama	Kütle yoğunluğu (g/cm <sup>3</sup> )			Tane yoğunluğu			Porozite (%)		
		Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	1,29	1,31	1,30	2,59	2,60	2,60	50,1	49,7	49,9
	%75 D	1,28	1,29	1,28	2,61	2,60	2,60	50,7	50,4	50,6
	%50 D	1,30	1,31	1,30	2,61	2,60	2,60	50,0	49,6	49,8
	%75 PRD	1,28	1,29	1,28	2,60	2,62	2,61	50,7	50,8	50,7
	%50 PRD	1,28	1,30	1,29	2,62	2,60	2,61	51,1	49,8	50,5
	<b>Ortalama</b>	1,29	1,30		2,61	2,60		50,5	50,0	
<b>2014</b>	%100	1,29	1,31	1,30	2,61	2,61	2,61	50,4	49,9	50,2
	%75 D	1,29	1,29	1,29	2,61	2,63	2,62	50,8	50,8	50,8
	%50 D	1,30	1,30	1,30	2,61	2,60	2,60	50,5	50,4	50,4
	%75 PRD	1,28	1,29	1,29	2,62	2,62	2,62	51,0	51,0	51,0
	%50 PRD	1,28	1,30	1,29	2,64	2,61	2,62	51,3	50,3	50,8
	<b>Ortalama</b>	1,29	1,30		2,62	2,61		50,8	50,5	
<b>2013-2014</b>	%100	1,29	1,31	1,30	2,60	2,61	2,60	50,3	49,8	50,0
	%75 D	1,29	1,29	1,29	2,62	2,60	2,61	50,7	50,6	50,7
	%50 D	1,30	1,30	1,30	2,61	2,60	2,60	50,2	50,0	50,1
	%75 PRD	1,28	1,29	1,28	2,61	2,62	2,62	50,9	50,9	50,9
	%50 PRD	1,28	1,30	1,29	2,63	2,60	2,62	51,2	50,1	50,6
	<b>Ortalama</b>	1,29	1,30		2,61	2,61		50,7	50,3	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluşu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Deneme sonunda elde edilen kütle yoğunluğu, tane yoğunluğu ve porozite değerleri ile deneme öncesi değerler karşılaştırıldığında, denemenin sonunda kütle yoğunluğu değerlerinin tüm uygulamalarda deneme öncesi değerlere göre azaldığı görülmüştür. Tane yoğunluğu değerleri her iki su kalitesinde de deneme öncesi değerlere göre artmıştır. Porozite değerleri ise deneme sonunda hem atık su hem de temiz su uygulamalarında başlangıç değerlere göre artmıştır (Çizelge 3.2). Shalalam *et al.* (1998) çalışmalarında atık su uygulamalarının toprakların porozite değerleri üzerine etkili olduklarını ve temiz su uygulanan alanlara göre porozite değerlerinin yaklaşık %2 daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Walker and Lin (2008) ise çalışmalarında atık su uygulamaları ile toprakların porozitesinin azaldığını bildirmişlerdir. Aynı şekilde Aiello *et al.* (2007)'de domates bitkisi ile yapmış oldukları bir çalışmada arıtılmış atık su ile sulanan alanlarda toprağın porozitesinin azaldığını bildirmişlerdir. Canbolat vd (1996) sorunlu kumlu toprağı ıslah etmek için organik kökenli bir çiftlik gübresi ve katı atık kullandıkları çalışmalarında organik atık uygulamasının toprakların organik madde, kütle yoğunluğu, porozite ve su tutma kapasitesi gibi özelliklerine çok önemli etkisinin olduğunu bildirmişlerdir.

Islak eleme yöntemiyle belirlenen agregat stabilitesi değerleri 0-30 cm toprak tabakasında %43,7-57,0 arasında değişmiştir (Çizelge 4.36). İki yılın ortalamasına göre en yüksek agregat stabilitesi %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %100 temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Denemenin her iki yılında ve iki yılın ortalamalarında uygulamalar arası farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 28**). Kontrol olan %100 temiz su uygulaması ile karşılaştırıldığında her iki yılda da arıtılmış atık su ile sulanan tüm uygulamalarda agregat stabilitesi değerleri artış göstermiştir. Ayrıca, yıllar arası farkta istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Agregat stabilitesi değerlerinde ikinci yıl ilk yıla göre %3,6 oranında bir artış olmuştur.

30-60 cm toprak tabakasında agregat stabilitesi değerleri deneme yıllarında %47,7-55,4 arasında belirlenmiştir. İki yılın ortalamasına göre en yüksek değer %75 PRD arıtılmış atık su uygulamasında olurken, en düşük değer ise %50 PRD temiz su uygulamasında

saptanmıştır (Çizelge 4.36). Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (**EK 28**).



**Çizelge 4.36.** 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak derinliklerinde farklı sulama uygulamalarında agregat stabilitesi değerleri

Yıl	Uygulama	Agregat Stabilitesi (%) 0-30 cm			Agregat Stabilitesi (%) 30-60 cm			Agregat Stabilitesi (%) 60-90 cm		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	56,1a**	43,7c	49,9	51,1	50,0	50,6	52,5	50,6	51,5
	%75 D	50,1b	49,0bc	49,5	52,3	52,0	52,2	51,3	50,7	51,0
	%50 D	53,4ab	50,1b	51,8	52,5	52,3	52,4	52,3	48,2	50,3
	%75 PRD	49,9b	53,5ab	51,7	54,8	49,6	52,2	56,4	52,5	54,4
	%50 PRD	50,6b	48,7bc	49,6	47,7	48,1	47,9	50,7	48,2	49,5
	<b>Ortalama</b>	52,0A*	49,0B	<b>50,5b</b>	51,7	50,4		52,6	50,0	
<b>2014</b>	%100	57,0a**	49,1d	53,1	53,3	51,3	52,3	48,9	51,5	50,2
	%75 D	53,3abcd	49,3d	51,3	52,7	52,2	52,4	55,9	52,7	54,3
	%50 D	52,0bcd	54,4abc	53,2	51,2	52,0	51,6	52,8	51,4	52,1
	%75 PRD	50,2cd	54,8ab	52,5	55,4	53,0	54,2	55,3	53,3	54,3
	%50 PRD	51,3bcd	51,5bcd	51,4	52,9	49,6	51,3	53,5	54,5	54,0
	<b>Ortalama</b>	52,7	51,8	<b>52,3a*</b>	53,1	51,6		53,3	52,7	
<b>2013-2014</b>	%100	56,6a**	46,4c	51,5	52,2	50,6	51,4	50,7	51,0	50,9
	%75 D	51,7ab	49,2bc	50,4	52,5	52,1	52,3	53,6	51,7	52,6
	%50 D	52,7ab	52,3ab	52,5	51,9	52,2	52,0	52,6	49,8	51,2
	%75 PRD	50,0bc	54,2ab	52,1	55,1	51,3	53,2	55,9	52,9	54,4
	%50 PRD	50,9bc	50,1bc	50,5	50,3	48,9	49,6	51,1	51,4	51,7
	<b>Ortalama</b>	52,4A**	50,4B		52,4	51,0		53,0	51,4	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

60-90 cm toprak derinliğindeki agregat stabilitesi değerleri incelendiğinde ise, her iki deneme yılında değerler %48,2-56,4 arasında değişmiştir. İki yılın ortalamasına göre en yüksek değer %75 PRD artırılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %50 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.36). 60-90 cm toprak derinliğinde de her iki yılda uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (**EK 28**).

Deneme sonunda agregat stabilitesi değerlerinin tüm toprak tabakalarında deneme öncesi değerlere göre arttığı gözlenmiştir (Çizelge 3.2). Atık su uygulamalarında bu artışın organik karbon ve mikrobiyal aktivite artışından kaynaklandığı düşünülmektedir (Kinsbursky *et al.* 1989). Agregat stabilitesinin toprağın organik madde miktarına yüksek oranda bağlı olduğu ve organik madde artışında agregat stabilitesinde de bir artışın söz konusu olduğu vurgulanmaktadır (Guidi *et al.* 1983; Annabi *et al.* 2007; Tunç 2013). Ayrıca, birçok çalışmada da atık su ile sulanan topraklarda, atık su uygulamalarının toprağın agregat stabilitesini arttığı bildirilmiştir (Vogeler 2009; Mojiri 2011; Mojid and Wyseure 2013; Tunc and Sahin 2015).

#### **4.2.3. Toprakların hidrolik özellikleri**

2013 ve 2014 yılında atık su uygulamalarının toprakların hidrolik özellikleri üzerine etkilerini belirlemek için topraklarda tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan su ile yarayışlı su miktarları ve infiltrasyon özellikleri incelenmiştir.

##### **4.2.3.a. Tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan su ile yarayışlı su miktarları**

2013 ve 2014 yıllarında hasat sonrası 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak tabakalarında belirlenen tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan su miktarları ile yarayışlı su miktarları ve bu değerlere ilişkin varyans analizi ve duncan çoklu karşılaştırma testi sonuçları Çizelge 4.37, Çizelge 4.38 ve Çizelge 4.39'da ve **EK 29, 30 ve 31**'de verilmiştir.

Deneme yılları dikkate alındığında, tarla kapasitesinde ağırlık yüzdesi olarak tutulan su miktarları 0-30 cm toprak tabakasında %30,2-31,9 arasında, solma noktasında ağırlık yüzdesi olarak tutulan su miktarları %17,0-19,0 arasında ve derinlik olarak yarayışlı su miktarları ise 46,3-53,4 mm arasında değişmiştir (Çizelge 4.37). Bu özellikler açısından yıllar arasında farklılık önemli olmamış, iki yılın ortalamasına göre, en yüksek tarla kapasitesi değeri temiz suyla %100 sulanan uygulamada belirlenmiş, %50 D ve %50 PRD arıtılmış atık su uygulamaları en düşük tarla kapasitesi değerlerini sağlamış, ancak uygulamalar arasında da istatistiksel olarak önemli farklar bulunmamıştır (Çizelge 4.37, **EK 29**). Temiz su uygulamalarında tarla kapasitesi değerleri daha yüksek olmasına rağmen su kaliteleri arasındaki fark ta önemli olmamıştır. İki yılın ortalamasına göre en yüksek solma noktası değeri hem temiz hem de arıtılmış atık suyla %100 sulanan uygulamalarda belirlenmiş, %50 PRD arıtılmış atık su uygulaması en düşük solma noktası değerini sağlamış, ancak uygulamalar arasında önemli farklar bulunmamıştır (Çizelge 4.37, **EK 29**). İki yılın ortalamasına göre, en yüksek yarayışlı su miktarı temiz su %75 D uygulamasında, en düşük ise %100 arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. Uygulamalar arasında farklar önemli olmamıştır (Çizelge 4.37, **EK 29**). Temiz su uygulamalarında yarayışlı su miktarları daha yüksek olmasına rağmen su kaliteleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.

30-60 cm toprak tabakasında deneme alanında belirlenen tarla kapasitesinde tutulan su miktarları her iki deneme yılında %30,4-31,6 arasında, solma noktasında tutulan su miktarları %17,2-18,8 arasında ve yarayışlı su miktarları ise 48,1-54,0 mm arasında değişmiştir (Çizelge 4.38). Denemede iki yılın ortalamasına göre en yüksek tarla kapasitesi değeri her iki su kalitesi için %100 tam sulama uygulamasında, en düşük değer ise %50 D arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da su kaliteleri arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli olmamıştır (**EK 30**). Solma noktası değerleri incelendiğinde iki yılın ortalamasında en yüksek değer %75 PRD arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Deneme yılları ayrı ayrı ele alındığında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli olmazken, iki yılın ortalama değerlerinde uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar önemli bulunmuştur (**EK 30**). Yarayışlı su miktarları

incelendiğinde, iki yılın ortalamasında en yüksek değer %50 PRD temiz su uygulamasında, en düşük değer ise %75 PRD arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. 2013 yılı uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek değer %100 tam sulama uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 4.38).



**Çizelge 4.37.** 0-30 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan su ile yarayışlı su miktarları

Yıl	Uygulama	Tarla kapasitesi Pw (%)			Solma noktası Pw (%)			Yarayışlı su (mm)		
		Artırılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Artırılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Artırılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	30,2	31,7	30,9	18,2	18,1	18,2	46,3	53,4	49,8
	%75 D	31,0	30,6	30,8	18,4	18,0	18,2	49,7	50,4	50,0
	%50 D	30,3	30,8	30,6	18,1	17,9	18,0	47,8	49,9	49,8
	%75 PRD	31,0	30,4	30,7	17,8	17,7	17,7	52,1	49,6	50,8
	%50 PRD	30,6	30,8	30,7	17,9	18,1	18,0	48,6	49,2	48,9
	<b>Ortalama</b>	30,6	30,9		18,1	18,0		48,9	50,5	
<b>2014</b>	%100	31,9	31,4	31,6	19,0	19,0	19,0	49,6	49,0	49,3
	%75 D	31,7	31,3	31,5	18,3	18,0	18,2	52,9	52,5	52,7
	%50 D	30,8	30,5	30,6	17,5	17,3	17,4	51,7	51,3	51,5
	%75 PRD	31,1	30,8	31,0	19,1	17,7	18,4	46,9	50,9	48,9
	%50 PRD	30,4	31,0	30,7	17,0	17,9	17,5	51,6	50,3	50,8
	<b>Ortalama</b>	31,2	31,0		18,2	18,0		50,5	50,8	
<b>2013- 2014</b>	%100	31,0	31,6	31,3	18,6	18,6	18,6	47,9	51,2	49,6
	%75 D	31,4	30,9	31,1	18,4	18,0	18,2	51,3	51,4	51,4
	%50 D	30,5	30,6	30,6	17,8	17,6	17,7	49,8	50,6	50,2
	%75 PRD	31,1	30,6	30,8	18,5	17,7	18,1	49,5	50,3	49,9
	%50 PRD	30,5	30,9	30,7	17,5	18,0	17,8	50,1	49,6	49,9
	<b>Ortalama</b>	30,9	30,9		18,2	18,0		49,7	50,6	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama



**Çizelge 4.38.** 30-60 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan su ile yararışlı su miktarları

Yıl	Uygulama	Tarla kapasitesi Pw (%)			Solma noktası Pw (%)			Yararışlı Su (mm)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	31,5	31,3	31,4	18,0	18,0	18,0	54,0	51,9	52,7A*
	%75 D	31,0	30,9	31,0	18,1	18,4	18,2	49,5	49,0	49,2B
	%50 D	30,4	30,7	30,5	17,2	17,6	17,4	51,5	50,9	51,2AB
	%75 PRD	31,1	31,2	31,1	18,7	18,1	18,4	48,1	50,7	49,4B
	%50 PRD	30,8	31,4	31,1	17,5	17,3	17,4	51,0	53,9	52,4A
	<b>Ortalama</b>	31,0	31,1		17,9	17,9		50,6	51,3	
<b>2014</b>	%100	31,6	31,2	31,4	18,8	18,1	18,5	50,0	50,6	50,3
	%75 D	31,2	31,2	31,2	18,5	17,7	18,1	49,4	52,0	50,7
	%50 D	31,0	31,0	31,0	18,1	17,4	17,7	50,4	52,7	51,5
	%75 PRD	31,1	31,1	31,1	18,3	18,4	18,4	49,6	49,8	49,7
	%50 PRD	30,7	31,1	30,9	17,4	17,5	17,5	51,3	52,5	51,9
	<b>Ortalama</b>	31,1	31,1		18,2	17,9		50,1	51,5	
<b>2013- 2014</b>	%100	31,6	31,3	31,4	18,4	18,0	18,2AB**	51,2	51,3	51,2
	%75 D	31,1	31,1	31,1	18,3	18,0	18,2AB	49,4	50,5	49,9
	%50 D	30,7	30,8	30,8	17,7	17,5	17,6BC	50,9	51,8	51,3
	%75 PRD	31,1	31,1	31,1	18,5	18,3	18,4A	48,8	50,3	49,5
	%50 PRD	30,8	31,3	31,0	17,5	17,4	17,4C	51,1	53,2	52,2
	<b>Ortalama</b>	31,0	31,1		18,1	17,8		50,3	51,4	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

60-90 cm toprak tabakasında ise tarla kapasitesinde tutulan su miktarları deneme yıllarında %30,7-32,0 arasında, solma noktasında tutulan su miktarları 17,2-19,3 arasında ve yarayışlı su miktarları 47,2-53,6 mm arasında değişmiştir (Çizelge 4.39). İki yılın ortalamasında en yüksek tarla kapasitesi değeri %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir. İki yılın ortalamasında uygulamalar arasındaki farklar önemsiz olurken, su kaynakları ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.39, **EK 31**).

Solma noktası değerleri incelendiğinde, iki yılın ortalamasına göre en yüksek değer %75 D arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer temiz su %50 PRD uygulamasında belirlenmiştir. Uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklar bulunmamıştır (Çizelge 4.39, **EK 31**). Yarayışlı su miktarında ise iki yılın ortalamasına göre en yüksek değer %50 PRD temiz su uygulamasında, en düşük değer ise %75 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Uygulamalar arasında farklar önemli olmamıştır (Çizelge 4.39, **EK 31**).

Genel olarak tarla kapasitesi, solma noktası ve yarayışlı su miktarlarının farklı su kalitelerinde çok fazla değişmediği görülürken, tüm toprak tabakalarında uygulamalar arasında en yüksek değerler %100 tam sulanan uygulamasında belirlenmiştir. PRD ve D uygulamaları ise paralellik göstermiştir. Tarla kapasitesi, solma noktası ve yarayışlı su miktarları tüm toprak tabakalarında deneme öncesi değerlere göre artmıştır. Bu artışa denemeler sonunda her iki su kalitesinde de deneme öncesine göre toprakta organik madde miktarı, agregat stabilitesi, porozite ve tane yoğunluğunda olan artışların neden olabileceği düşünölmektedir. Çünkü toprakta organik madde, agregat stabilitesi, porozite gibi parametrelerin atık su uygulamalarında artış gösterdiği bununla birlikte toprakların tarla kapasitesi, solma noktası ve yarayışlı su değerlerine etkisinin olduğu bildirilmektedir (Khaleel *et al.* 1981; Vogeler 2009; Pereira *et al.* 2011; Tunç 2013).

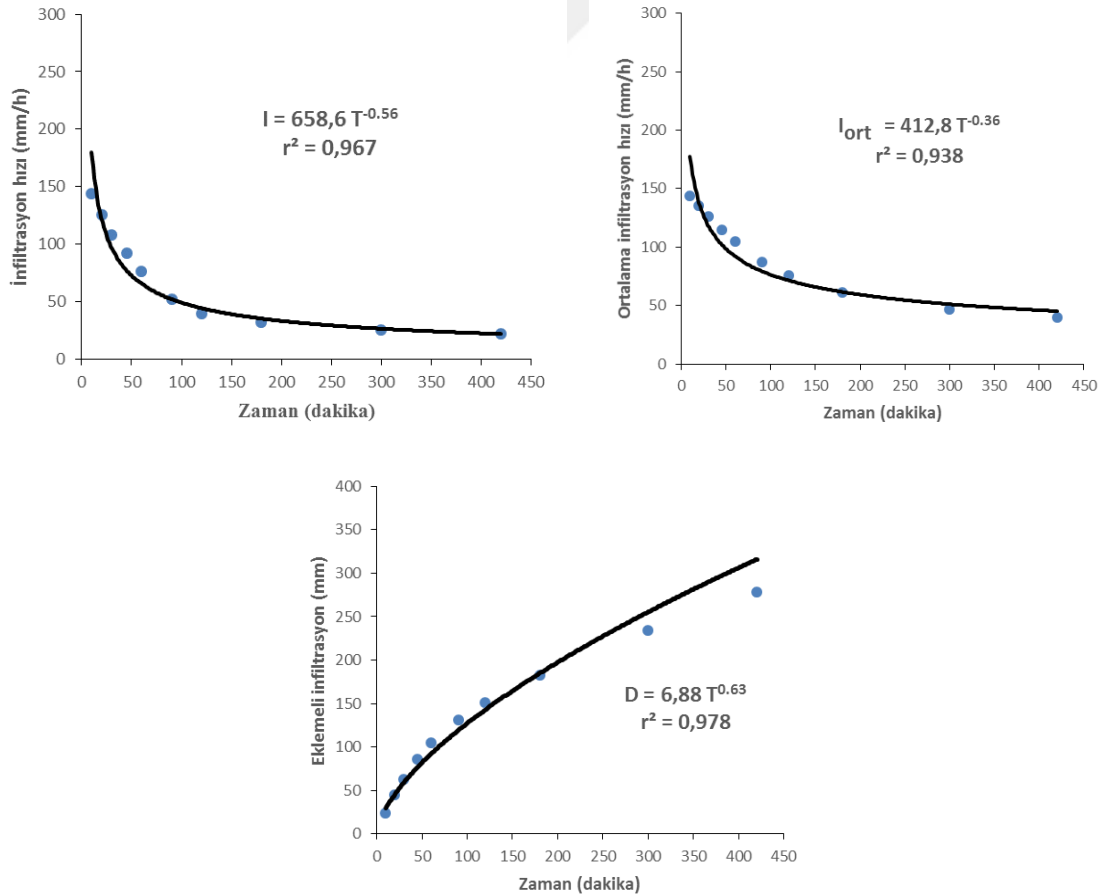
**Çizelge 4.39.** 60-90 cm toprak derinliğinde farklı sulama uygulamalarında tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan su miktarları ile yarayışlı su miktarları

Yıl	Uygulama	Tarla kapasitesi P <sub>w</sub> (%)			Solma noktası P <sub>w</sub> (%)			Yarayışlı su (mm)		
		Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	31,8	31,3	31,5	18,4	18,3	18,3	52,0	51,0	51,5
	%75 D	31,6	31,0	31,3	18,6	18,8	18,7	50,0	47,2	48,6
	%50 D	31,4	30,8	31,1	18,8	17,8	18,3	49,3	51,0	50,1
	%75 PRD	31,8	31,1	31,5	18,9	18,8	18,8	49,8	47,6	48,7
	%50 PRD	30,9	30,7	30,8	17,7	17,9	17,8	50,9	49,8	50,4
	<b>Ortalama</b>	<b>31,5</b>	<b>31,0</b>		<b>18,5</b>	<b>18,3</b>		<b>50,4</b>	<b>49,3</b>	
<b>2014</b>	%100	32,0	31,9	32,0	19,0	19,1	19,1	50,5	50,3	50,4
	%75 D	31,7	31,1	31,4	19,3	18,4	18,8	48,3	48,8	48,6
	%50 D	31,0	31,0	31,0	18,2	18,5	18,3	50,1	48,8	49,4
	%75 PRD	31,5	31,3	31,4	18,6	18,3	18,4	49,6	50,5	50,0
	%50 PRD	31,2	30,9	31,1	18,1	17,2	17,6	50,9	53,6	52,3
	<b>Ortalama</b>	<b>31,5</b>	<b>31,2</b>		<b>18,6</b>	<b>18,3</b>		<b>49,9</b>	<b>50,4</b>	
<b>2013- 2014</b>	%100	31,9	31,6	31,7	18,7	18,7	18,7	51,2	50,7	50,9
	%75 D	31,7	31,0	31,3	18,9	18,6	18,8	49,2	48,0	48,6
	%50 D	31,2	30,9	31,0	18,5	18,1	18,3	49,7	49,9	49,8
	%75 PRD	31,6	31,2	31,4	18,7	18,5	18,6	49,7	49,0	49,4
	%50 PRD	31,1	30,8	30,9	17,9	17,6	17,7	50,9	51,7	51,3
	<b>Ortalama</b>	<b>31,5A*</b>	<b>31,1B</b>		<b>18,5</b>	<b>18,3</b>		<b>50,1</b>	<b>49,8</b>	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05

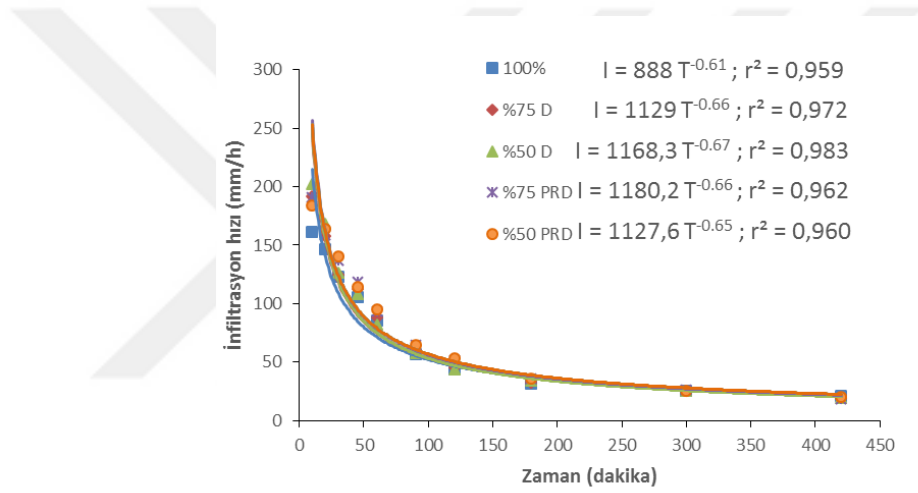
#### 4.2.3.b. Toprakların infiltrasyon özellikleri

2013 yılında fide dikimi öncesinde deneme alanında, 2013 ve 2014 yıllarında da son hasatlardan yaklaşık bir ay sonra tüm deneme konularında çift silindirli infiltrometrelerle 7 saatlik sürelerle yapılan infiltrasyon ölçümlerinden belirlenmiş olan infiltrasyon hızı, ortalama infiltrasyon hızı ve eklemeli infiltrasyon değerlerinin zamansal değişimleri ve değişimleri temsil eden eşitlikler Şekil 4.11-4.23'de verilmiştir. Eşitliklerde;  $I$  infiltrasyon hızını (mm/h),  $I_{ort}$  ortalama infiltrasyon hızını (mm/h),  $D$  eklemeli infiltrasyonu (mm) ve  $T$  zamanı (dakika) tanımlamaktadır. 2013 yılında fide dikimi öncesinde 7 saatlik ölçü süresi sonunda infiltrasyon hızı (sabit infiltrasyon hızı) 22,3 mm/h ve ortalama infiltrasyon hızı 46,9 mm/h ve eklemeli infiltrasyon 309,1 mm olarak belirlenmiştir (Şekil 4.11).

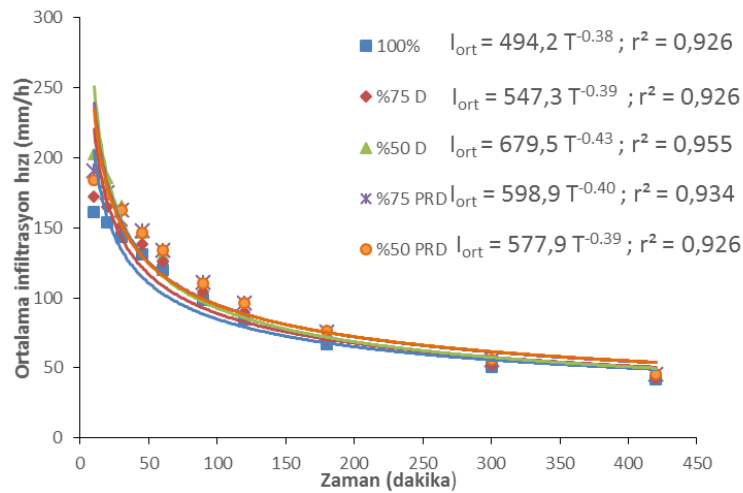


**Şekil 4.11.** 2013 yılında fide dikimi öncesinde deneme alanı topraklarının infiltrasyon hızı, ortalama infiltrasyon hızı ve eklemeli infiltrasyonu

2013 yılı hasat sonrası deneme parsellerinde ölçüm süresi sonunda infiltrasyon hızları; temiz su ile sulanan parsellerde %100 tam sulama uygulamasında 22,2 mm/h, %75 D uygulamasında 20,9 mm/h, %50 D uygulamasında 20,4 mm/h, %75 PRD uygulamasında 21,9 mm/h ve %50 PRD uygulamasında 22,2 mm/h olarak belirlenmiştir (Şekil 4.12). Ortalama infiltrasyon hızları ise %100 tam sulama uygulamasında 49,7 mm/h, %75 D uygulamasında 51,8 mm/h, %50 D uygulamasında 50,6 mm/h, %75 PRD uygulamasında 53,4 mm/h ve %50 PRD uygulamasında 54,8 mm/h olarak belirlenmiştir (Şekil 4.13).

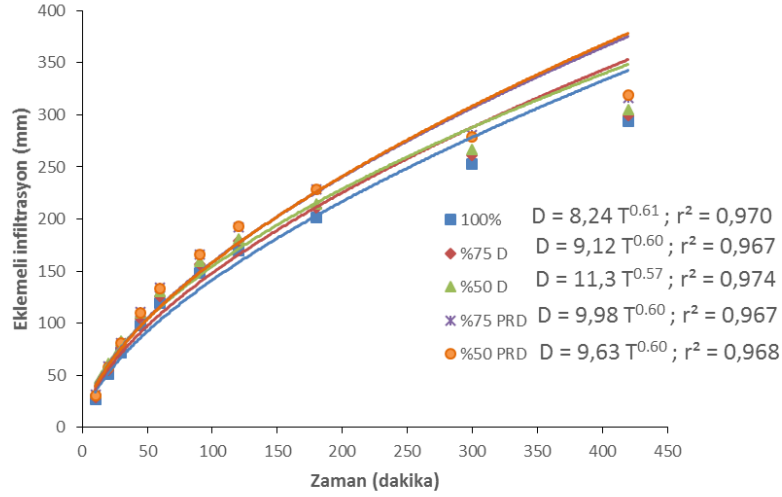


Şekil 4.12. 2013 yılı hasat sonrası temiz su parsellerinde infiltrasyon hızları



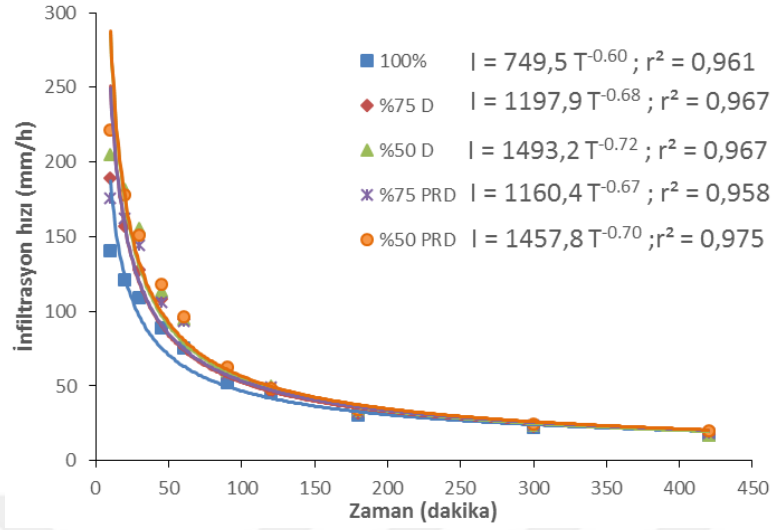
Şekil 4.13. 2013 yılı hasat sonrası temiz su parsellerinde ortalama infiltrasyon hızları

İnfiltrasyon ölçüm süresi sonunda toprağa infiltre olan toplam su derinlikleri ise temiz su ile sulanan parsellerde %100 tam sulama uygulamasında 328,1 mm, %75 D uygulamasında, 341,9 mm, %50 D uygulamasında 353,4 mm, %75 PRD uygulamasında 374,1 mm, %50 PRD uygulamasında ise 361 mm olmuştur (Şekil 4.14).

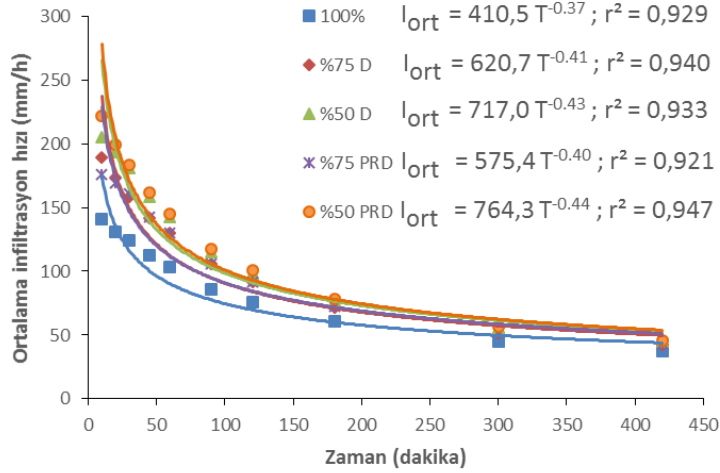


**Şekil 4.14.** 2013 yılı hasat sonrası temiz su parsellerinde eklemeli infiltrasyonlar

2013 yılında arıtılmış atık su ile sulanan parsellerde ölçüm süresi sonunda infiltrasyon hızları; %100 tam sulama uygulamasında 19,9 mm/h, %75 D uygulamasında 19,7 mm/h, %50 D uygulamasında 19,2 mm/h, %75 PRD uygulamasında 20,2 mm/h ve %50 PRD uygulamasında 21,2 mm/h, ortalama infiltrasyon hızları ise %100 tam sulama uygulamasında 43,9 mm/h, %75 D uygulamasında 52,1 mm/h, %50 D uygulamasında 53,3 mm/h, %75 PRD uygulamasında 51,3 mm/h ve %50 PRD uygulamasında 53,5 mm/h olarak belirlenmiştir (Şekil 4.15, Şekil 4.16).

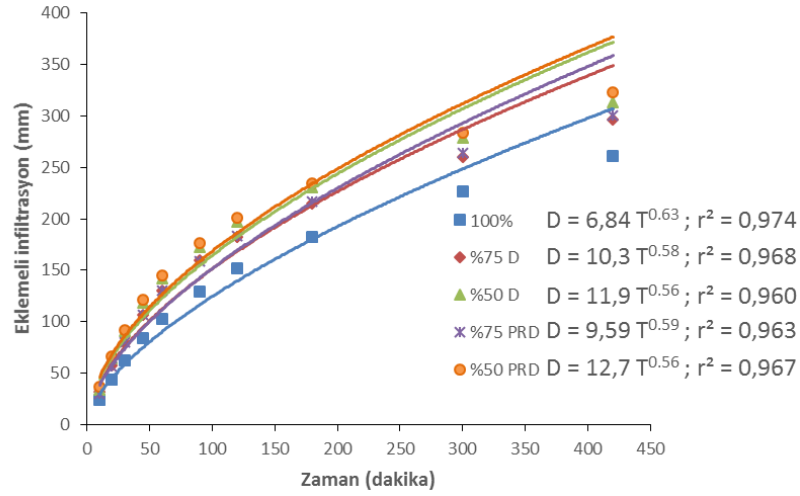


Şekil 4.15. 2013 yılı hasat sonrası arıtılmış atık su parsellerinde infiltrasyon hızları



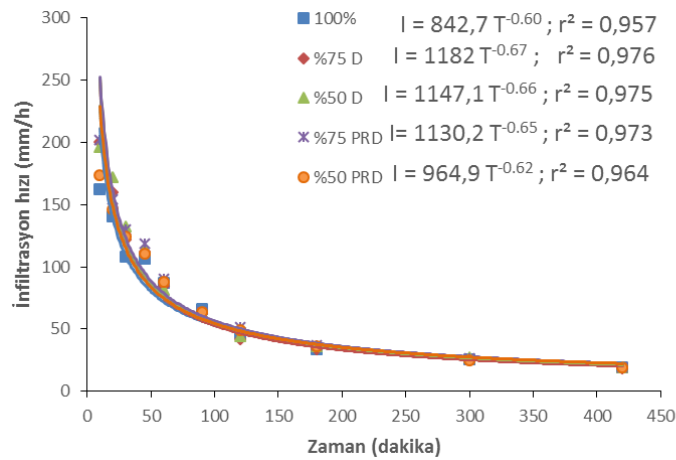
Şekil 4.16. 2013 yılı hasat sonrası arıtılmış atık su parsellerinde ortalama infiltrasyon hızları

Arıtılmış atık su parsellerinde infiltrasyon ölçüm süresi sonunda toprağa infiltre olan toplam su derinlikleri ise %100 tam sulama uygulamasında 307,3 mm, %75 D uygulamasında 342,2 mm, %50 D uygulamasında 350,4 mm, %75 PRD uygulamasında 338,4 mm ve %50 PRD uygulamasında 373,9 mm olmuştur (Şekil 4.17).



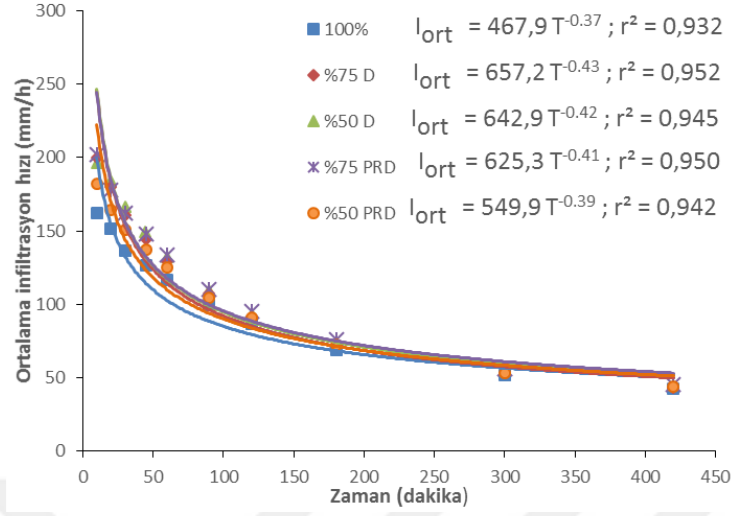
Şekil 4.17. 2013 yılı hasat sonrası arıtılmış atık su parsellerinde eklemeli infiltrasyonlar

2014 yılı hasat sonrası deneme alanında ölçüm süresi sonunda infiltrasyon hızları; temiz su ile sulanan parsellerde %100 tam sulama uygulamasında 22,4 mm/h, %75 D uygulamasında 20,6 mm/h, %50 D uygulamasında 21,2 mm/h, %75 PRD uygulamasında 22,2 mm/h ve %50 PRD uygulamasında 22,8 mm/h olarak belirlenmiştir (Şekil 4.18). Ortalama infiltrasyon hızları ise %100 tam sulama uygulamasında 50 mm/h, %75 D uygulamasında 48,9 mm/h, %50 D uygulamasında 50,8 mm/h, %75 PRD uygulamasında 52,5 mm/h ve %50 PRD uygulamasında 52,1 mm/h olarak belirlenmiştir (Şekil 4.19).



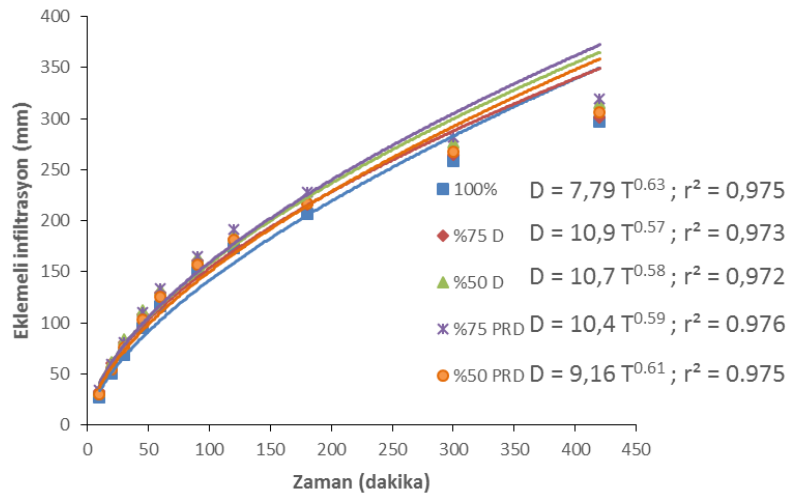
Şekil 4.18. 2014 yılı hasat sonrası temiz su parsellerinde infiltrasyon hızları





**Şekil 4.19.** 2014 yılı hasat sonrası temiz su parsellerinde ortalama infiltrasyon hızları

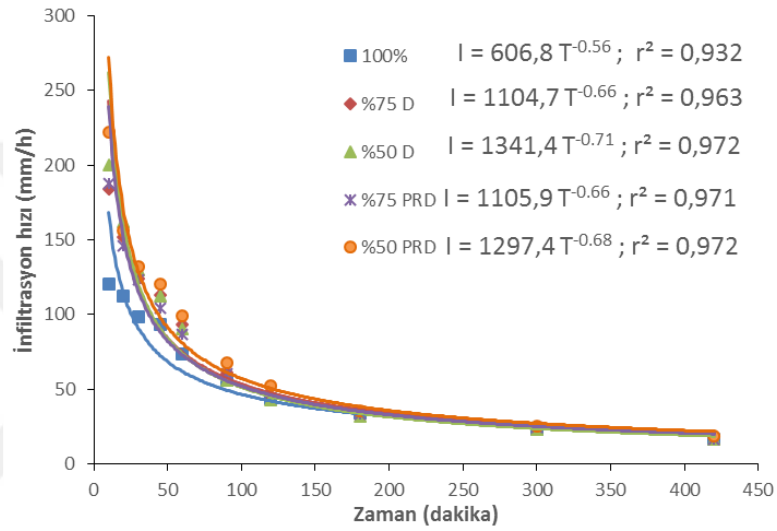
İnfiltrasyon ölçüm süresi sonunda toprağa infiltre olan toplam su derinlikleri ise temiz su ile sulanan parsellerde %100 tam sulama uygulamasında 350 mm, %75 D uygulamasında 340,9 mm, %50 D uygulamasında 355,5 mm, %75 PRD uygulamasında 367 mm, %50 PRD uygulamasında ise 364,8 mm olmuştur (Şekil 4.20).



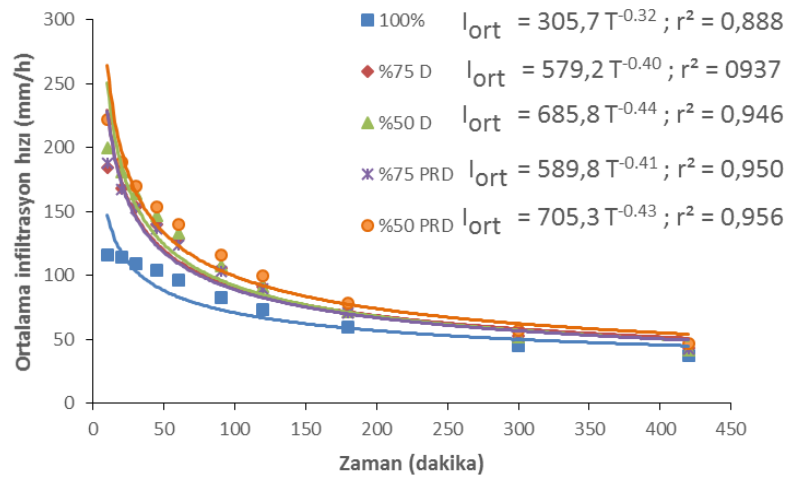
**Şekil 4.20.** 2014 yılı hasat sonrası temiz su parsellerinde eklemeli infiltrasyonlar

2014 yılında arıtılmış atık su parsellerinde ölçüm süresi sonunda infiltrasyon hızları; %100 tam sulama uygulamasında 20,6 mm/h, %75 D uygulamasında 20,5 mm/h, %50

D uygulamasında 18,4 mm/h, %75 PRD uygulamasında 20,5 mm/h ve %50 PRD uygulamasında 21,3 mm/h olarak belirlenmiştir (Şekil 4.21). Ortalama infiltrasyon hızları ise %100 tam sulama uygulamasında 44,2 mm/h, %75 D uygulamasında 51,7 mm/h, %50 D uygulamasında 48 mm/h, %75 PRD uygulamasında 50,3 mm/h ve %50 PRD uygulamasında 52,5 mm/h olarak belirlenmiştir (Şekil 4.22).

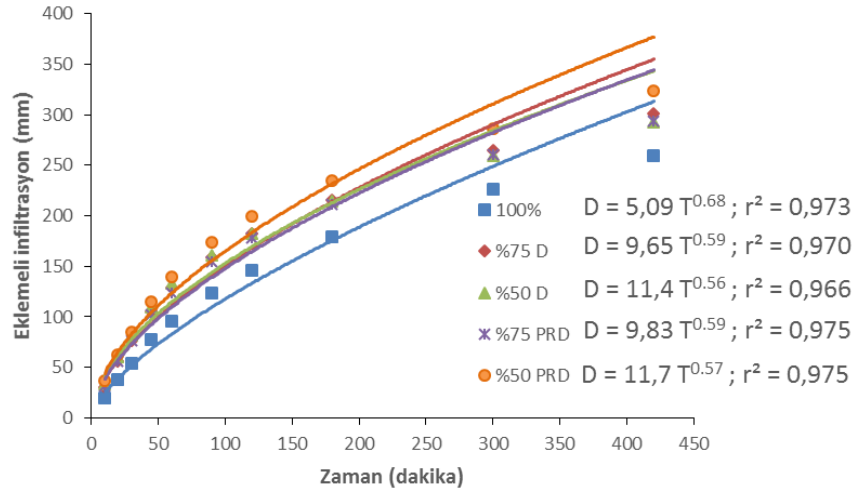


Şekil 4.21. 2014 yılı hasat sonrası artırlmış atık su parsellerinde infiltrasyon hızları



Şekil 4.22. 2014 yılı hasat sonrası artırlmış atık su parsellerinde ortalama infiltrasyon hızları

Arıtılmış atık su ile sulanan parsellerde ölçüm süresi sonunda toprağa infiltre olan toplam su derinlikleri ise %100 tam sulama uygulamasında 309,4 mm, %75 D uygulamasında 340,5 mm, %50 D uygulamasında 335,6 mm, %75 PRD uygulamasında 346,9 mm ve %50 PRD uygulamasında 365,9 mm olmuştur (Şekil 4.23).



**Şekil 4.23.** 2014 yılı hasat sonrası arıtılmış atık su parsellerinde eklemeli infiltrasyonlar

2013 ve 2014 yıllarında hasat sonrası sabit infiltrasyon hızları olarak dikkate alınan ölçüm süresi sonu değerlerine ait sonuçlara göre deneme yıllarında sabit infiltrasyon hızları arıtılmış atık su uygulamalarında 18,7-22 mm/h arasında, temiz su uygulamalarında 20 -22,7 mm/h arasında değişmiştir (Çizelge 4.40) . Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, iki yılın ortalamasına göre sabit infiltrasyon hızları için su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar önemli olarak belirlenmiştir (**EK 32**). Su kaynakları ortalamalarında en yüksek sabit infiltrasyon hızları temiz su uygulamalarında gözlenmiştir (Çizelge 4.40). Ayrıca denemenin ikinci yılında arıtılmış atık su uygulamalarında %100 ve %50 PRD uygulamaları hariç uygulamalarda sabit infiltrasyon hızları azalmıştır.

**Çizelge 4.40.** 2013 ve 2014 yıllarında hasat sonrası toprakların sabit ve ortalama infiltrasyon hızları

Yıl	Uygulama	Sabit infiltrasyon hızı (mm/h)			Ort. infiltrasyon hızı (mm/h)		
		Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	19,9	22,2	21,0	43,8	49,6	46,7
	%75 D	22,0	20,9	20,5	52,0	51,6	51,9
	%50 D	19,8	20,0	19,9	53,1	50,5	51,8
	%75 PRD	20,9	21,7	21,4	51,2	53,6	52,4
	%50 PRD	21,2	22,2	21,7	53,9	54,6	54,3
	<b>Ortalama</b>	<b>20,4</b>	<b>21,4</b>		<b>50,8</b>	<b>52,0</b>	
<b>2014</b>	%100	21,0	22,3	21,7	44,3	49,9	47,1
	%75 D	20,6	20,4	20,5	50,9	48,4	49,7
	%50 D	18,7	21,6	20,2	48,4	50,4	49,4
	%75 PRD	19,8	22,5	21,2	50,5	52,3	51,4
	%50 PRD	21,5	22,7	22,1	52,6	52,0	52,3
	<b>Ortalama</b>	<b>20,3</b>	<b>21,9</b>		<b>49,4</b>	<b>50,6</b>	
<b>2013-2014</b>	%100	20,5	22,2	21,3	44,1	49,8	46,9
	%75 D	20,3	20,6	20,5	51,5	50,0	50,8
	%50 D	19,3	20,8	20,0	50,7	50,4	50,6
	%75 PRD	20,4	22,2	21,3	50,9	53,0	51,9
	%50 PRD	21,4	22,5	21,9	53,3	53,3	53,3
	<b>Ortalama</b>	<b>20,4B</b>	<b>21,7A*</b>		<b>50,1</b>	<b>51,3</b>	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluşu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Deneme yıllarında ortalama infiltrasyon hızları arıtılmış atık su uygulamalarında 43,8-53,9 mm/h arasında, temiz su uygulamalarında 49,6-54,6 mm/h arasında değişmiştir (Çizelge 4.40). Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (**EK 32**). Ancak genel olarak denemenin ikinci yılında arıtılmış atık su uygulamalarında ortalama infiltrasyon hızlarının temiz su uygulamalarına göre daha düşük olduğu görülmüştür. Arıtılmış atık su uygulamalarında denemenin ikinci yılında %100 tam sulama uygulaması dışında diğer uygulamalarda ilk yıla göre azalışlar olmuştur.

Deneme öncesi infiltrasyon hızları ile deneme yılları sonundaki hızlar karşılaştırıldığında sabit infiltrasyon hızının atık su uygulamalarının tümünde azaldığı görülmüştür. Bu azalışın toprakların gözenek büyüklük dağılımında gözenek çaplarının azalmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü su ile taşınan sediment

gözeneklerin tıkanmasına neden olmaktadır. Denemede her iki yılda da arıtılmış atık suda bulunan ortalama sediment miktarının temiz suya göre daha fazla olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.7, 4.8). Tunç (2013) toprağa infiltre olan su miktarlarının atık su uygulamalarında daha düşük olmasını toprakların gözenek büyüklük dağılımına bağlamıştır. Atık su uygulamalarında toprağın gözenek büyüklük çaplarının azalmasıyla infiltre olan su miktarının da azaldığını bildirmiştir. Shahalam *et al.* (1998) çalışmalarında atık su ile sulanan alanlarda toprakların hidrolik iletkenliklerinin azaldığını ve bu azalışın temiz su ile sulanan alanlara göre %22 olduğunu belirlemişlerdir. Tarchitzky *et al.* (1999) kumlu topraklarda atık su uygulamaları ile yapmış oldukları çalışmada toprağın hidrolik iletkenliğinin başlangıç değerine göre %20 azaldığını ve bu azalışa gözenek boyutunun azalmasının neden olduğunu bildirmişlerdir. Gonçalves *et al.* (2007)'de yapmış oldukları çalışmada atık su uygulamalarının toprakların hidrolik iletkenliğini azalttığını bildirmişlerdir. Bedbabis *et al.* (2014) atık suyun toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerine etkisini inceledikleri 4 yıllık bir çalışmada atık su ile sulanan alanlarda infiltrasyon hızının azaldığını belirlemişlerdir. Yapılan birçok çalışmada da atık su uygulamalarının toprağın su geçirgenliğini azalttığı bildirilmiştir (Sparling *et al.* 1999; Aiello *et al.* 2007; Tunc 2015).

Son 30 yıldır atık sularla ilgili yapılan tüm çalışmalarda toprakta olan değişikliklerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çünkü atık suların toprağın fiziksel, kimyasal ve hidrolik özellikleri üzerinde önemli etkileri olmaktadır (Gharaibeh *et al.* 2007; Chartzoulakis *et al.* 2010; Levy and Assouline 2011; Pereira *et al.* 2011). Khaleel *et al.* (1981) organik madde içerikli katı atıkların toprakların hidrolik özelliklerine etkisinin olup olmadığını incelemek amacıyla yapmış oldukları çalışmalarında, katı atıkların toprakların porozitesini, tarla kapasitesini ve solma noktasını artırdığını gözlemlemişlerdir. Ayrıca, topraklarda agregatlaşmanın artması tarla kapasitesinde tutulan su miktarını da arttırmaktadır (Tunç 2013). Denemede atık su uygulamasının, toprakta tarla kapasitesinde tutulan su, yarayışlı su, porozite, kütle yoğunluğu ve agregat stabilitesi gibi önemli fiziksel ve hidrolik parametreler üzerine etkileri pozitif olmuş ve yapılan diğer çalışmalarla da uyum sağladığı görülmüştür. Çalışmalarda atık suların makro ve

mikro elementler, organik madde, alınabilir fosfor, porozite, KDK, tuzluluk, toprak su tansiyonu gibi parametreleri arttırıp, hidrolik iletkenlik, pH, değişebilir Ca ve Mg, hacim ağırlığı gibi birçok parametreyi azalttığı bildirilmektedir (Webber 1978; Weil and Kroontje 1979; Mancino and Pepper 1992; Vasquezmontiel *et al.* 1996; Shahalam *et al.* 1998; Mohammad and Mazahreh 2003; Midrar *et al.* 2004; Minhas and Samra 2004; Sparling *et al.* 2006; Khai *et al.* 2008; Kalavrouziotis *et al.* 2008; Vogeler 2009). Bu çalışmada da toprağın birçok fiziksel, kimyasal ve hidrolik özellikleri incelenmiş ve denemede kullanılan arıtılmış atık suyun iki yıllık bir çalışmada toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerini çok fazla olumsuz etkilemediği, bazı parametrelere olumlu etkisinin olduğu, bazı parametreleri arttırırken bazılarını azalttığı görülmüştür. Ancak uzun yıllık kullanımlarda toprak tuzluluğu oluşturması, toprağın yapısının bozulması ve en önemlisi bitki ve insan sağlığı açısından ağır metal miktarlarını arttırması yönünden dikkatle izlenmesi gerekmektedir.

### **4.3. Bitki Ölçüm Sonuçları**

Bu kapsamda domates verimi, meyve ve bitkide çeşitli fiziksel ölçümlerle, meyvede kalite özellikleri ile birlikte meyve ve yapraklarda iz element ve ağır metal analiz sonuçları sunulmuş ve değerlendirilmiştir.

#### **4.3.1. Bitki verimleri ile meyve ve bitkide fiziksel ölçüm sonuçları**

2013 ve 2014 yıllarında deneme sonrasında domateste dekara verim, domates ve bitkisi ile ilgili fiziksel özelliklerden; ortalama meyve ağırlığı, meyve eni, meyve boyu, bitki başına meyve sayısı, meyve sertliği, bitki boyu, bitki gövde çapı, bitki yaprak sayısı, yaprak kuru madde miktarı ve yaprak oransal su içeriği belirlenmiş olup bu parametrelere ait varyans analizi sonuçları ile birlikte Çizelge 4.41-4.48 ve **EK 33-37**'de verilmiştir.

2013 ve 2014 yıllarında verim değerleri 4270,9-7334,4 kg/da arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek verim %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en

düşük verim ise %50 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.41). Her iki yılda da uygulamaların ve su kaynağı ortalamalarının arasındaki farklar önemli bulunmuştur. Uygulamaların ortalamasında en yüksek değerler %100 tam sulanmış uygulamalarda, su kaynağı ortalamalarında ise en yüksek değerler arıtılmış atık su kaynağı uygulamalarında elde edilmiştir.

**Çizelge 4.41.** Farklı sulama uygulamalarında domates verimleri (kg/da) ve varyans analiz sonuçları

Yıl	Uygulama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	
2013	%100	7200,9	7035,4	7118,1A*	
	%75 D	5945,4	4742,5	5344,0B	
	%50 D	5671,8	4381,2	5026,5B	
	%75 PRD	5911,1	4976,5	5443,8B	
	%50 PRD	5809,8	4504,9	5157,4B	
	<b>Ortalama</b>	<b>6107,8A*</b>	<b>5128,1B</b>		
<b>Varyans kaynakları</b>		<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
	Uygulama	4	17507094,03	3,82	0,0183
	Su kaynağı	1	7198335,96	6,28	0,0210
	Uygulama*Su kaynağı	4	1375661,59	0,30	0,8744
	Hata	20	22921856,18		
	Genel	29	49002947,75		
2014	%100	7334,4	7106,1	7220,3A**	
	%75 D	6271,8	4925,2	5598,5B	
	%50 D	5732,7	4270,9	5001,9B	
	%75 PRD	6344,3	5017,0	5680,7B	
	%50 PRD	5942,1	4377,3	5159,7B	
	<b>Ortalama</b>	<b>6325,1A**</b>	<b>5139,3B</b>		
<b>Varyans kaynakları</b>		<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
	Uygulama	4	18575875,84	12,67	<,0001
	Su kaynağı	1	10544951,82	28,76	<,0001
	Uygulama*Su kaynağı	4	1773636,51	1,21	0,3378
	Hata	20	7331960,19		
	Genel	29	38226424,36		
2013-2014	%100	7267,6	7070,7	7169,2A**	
	%75 D	6108,6	4833,8	5471,2B	
	%50 D	5702,2	4326,1	5014,2B	
	%75 PRD	6127,6	4996,8	5562,2B	
	%50 PRD	5875,9	4441,1	5158,5B	
	<b>Ortalama</b>	<b>6216,4A**</b>	<b>5133,7B</b>		
<b>Varyans kaynakları</b>		<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
	Yıl	1	195767,38	0,26	0,6137
	Uygulama	4	35882889,01	11,86	<,0001
	Su kaynağı	1	17584054,91	23,25	<,0001
	Yıl*Uygulama	4	200080,85	0,07	0,9917
	Yıl*Su kaynağı	1	159232,87	0,21	0,6488
	Uygulama*Su kaynağı	4	3101792,98	1,03	0,4060
	Yıl*Uygulama*Su kay.	4	47505,13	0,02	0,9995
	Hata	40	30253816,37		
	Genel	59	87425139,49		

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

İki yılın birleştirilmiş sonuçları dikkate alındığında %100 arıtılmış atık su uygulaması kontrol uygulaması olan %100 temiz suya göre verimi %2,8 artırmıştır. Arıtılmış atık su uygulamalarında tüm kısıt düzeylerinde verim tam suya göre daha fazla gerçekleşmiştir (Çizelge 4.41). Uygulamalar arasında verim sıralaması her iki su kalitesi içinde %100, %75 PRD, %75 D, %50 PRD ve %50 D şeklinde olmuştur. Arıtılmış atık suyun uygulandığı koşullarda 2. sırada en yüksek verimin alındığı %75 PRD uygulamasında %100 uygulamasına göre verimde %15,7 bir azalma olurken, arıtılmış atık suyla %75 PRD uygulaması temiz suyla sulanan %75 PRD uygulamasına göre verimi %22,6 artırmıştır. Arıtılmış atık su uygulamalarında verimlerin temiz su uygulamasına göre fazla olması atık suyun toprağın verimliliğini arttırmasıyla açıklanabilir. Çizelge 4.15-4.17'de görülebileceği gibi toprağın N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve K<sub>2</sub>O ile iz element miktarlarında arıtılmış atık su uygulamalarında önemli artışlar olmuştur. Atık su uygulamalarının bitkilerin verim ve kalite parametreleri üzerine olumlu etkilerinin olduğu yapılan birçok çalışmada bildirilmektedir (El-Naim *et al.* 2004; Aiello *et al.* 2007; Cirelli *et al.* 2012). Ayrıca, Tunç'da (2013) atık su ile yaptığı iki yıllık bir çalışmada karnabahar ve kırmızı lahana bitkilerinin verimlerini temiz su ile sulama konularından her iki yılda da daha yüksek belirlemiş ve atık su uygulamalarının bitki veriminde etkisinin sürekli olduğunu vurgulamıştır. Farklı arıtım düzeylerindeki atık sular kullanılarak yapılan bir başka çalışmada ise sebzelerin verim değerleri belirlenmiş ve patates, havuç, marul, turp sebzelerinde en yüksek verim ilk düzey arıtım yapılan su kalitesinde, ikinci düzey arıtım yapılmış su kalitesi ise ikinci sırada yer almış ve arıtım düzeyi arttıkça verimin azaldığı bildirilmiştir (Zavadil 2009). Shahalam'da (1998) farklı su kalitesi ve gübreleme ile yaptığı çalışmasında domatesin verimini en yüksek atık su+ gübreleme uygulamasında, ikinci olarak temiz su+gübreleme uygulamasında, üçüncü ve dördüncü sırada ise sırasıyla atık su ve temiz su uygulamalarından elde etmiştir. Yapılan birçok çalışmada göstermiştir ki verim sulama düzeyleri ve su uygulama stratejileriyle önemli düzeyde değişebilmektedir.

Ekici (2002) farklı sulama uygulamaları ile yapmış olduğu çalışmasında en yüksek domates verimini %100 tam sulamada, ikinci olarak %50 PRD uygulamasında sonra %30 D ve PRD uygulamalarında ve son sırada ise %50 D uygulamasında elde etmiştir.



Kırda *et al.* (2004) domates bitkisinde farklı sulama uygulamalarında verim sıralamasını %100 tam sulama, %50 PRD, %30 PRD, %50 D ve %30 D uygulaması şeklinde elde etmiştir. Sahin *et al.* (2014) farklı sulama aralıkları ve su düzeyleri ile yaptıkları çalışmada şeker pancarının verimini en yüksek 4 gün sulama aralığı ve en yüksek sulama düzeyinde sırasıyla tam sulama ve PRD konularından elde etmişlerdir. Yine silajlık mısırdaki yapılan bir çalışmada tam sulama uygulamasından sonra PRD uygulamalarında en yüksek verim elde edilmiştir (Ors *et al.* 2015).

PRD uygulamalarının D uygulamasına göre daha fazla verim elde edilmesine olanak sağlaması ise absisik asit miktarının artmasıyla stoma iletkenliğinin azaltılarak su kaybının önlenmesi ve sulama suyunun etkin şekilde kullanılması ile açıklanabilir. Bu konuda yapılan bazı çalışmalar da PRD uygulamalarının D uygulamasına göre önemli düzeyde verimi arttırdığını ortaya koymuştur (Stikic *et al.* 2003; Zegbe-Dominguez *et al.* 2003; Wahbi *et al.* 2005; Wakrim *et al.* 2005; Zebge *et al.* 2007; Kırda *et al.* 2007; Du *et al.* 2008; Shao *et al.* 2008; Xie *et al.* 2012; Liang *et al.* 2013; Marjanović *et al.* 2015).

Ortalama meyve ağırlığı, meyve eni ve meyve boyu değerleri her iki deneme yılı için sırasıyla 119,9-163,4 g, 61,4-69,1 mm ve meyve boyu 56,7-62,2 mm arasında değişmiştir (Çizelge 4.42). Ortalama meyve ağırlığı iki yılın ortalamasına göre en yüksek %100 artırılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %75 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Su kaynaklarının ortalaması dikkate alındığında uygulamalar arasındaki fark istatistiksel önemli bulunmuştur (**EK 33**). Ateş (2014) Bingöl koşullarında yapmış olduğu çalışmada 22 domates çeşidinde ortalama meyve ağırlığını 111-209 gr arasında belirlemiştir. Özkan (2008) ise ortalama meyve ağırlığını 90,47-136,14 arasında belirlemiştir. Al-Lahham *et al.* (2003)'de domates meyve ağırlığını en fazla atık su uygulamalarında belirlemiş ve bunun atık sularda bulunan bitki besin elementlerinden kaynaklanabileceğini ifade etmişlerdir.

Meyve eninde iki yılın ortalamasına göre en yüksek değer %75 D artırılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %75 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir

(Çizelge 4.42). Her iki yılda da uygulamaların arasındaki fark önemsiz olurken, yıllar arasında meyve eninde olan değişim istatistiksel olarak önemli olmuş ve denemenin ikinci yılında ilk yıla göre %2,9 oranında bir artış gözlenmiştir. Kısıntılı sulama koşullarında arıtılmış atık su uygulamalarında meyve eni değerleri daha yüksek belirlenmiştir. Ateş (2014) Bingöl koşullarında yapmış olduğu çalışmada 22 domates çeşidinde meyve enini 62,0-93,0 mm arasında belirlemiştir. Özkan (2008) ise ortalama meyve enini 32,7-51,3 mm arasında belirlemiştir. Al-Lahham *et al.* (2003), Maurer *et al.* (1995) ve Neilsen *et al.* (1989)'da atık suların bitkilerde meyve enini arttırdığını bildirmişlerdir.

Meyve boyu değerleri de iki yılın ortalamasına göre en yüksek %100 temiz su ve %75 PRD arıtılmış atık su uygulamalarında elde edilirken, en düşük değer %75 D temiz su uygulamasında olmuştur (Çizelge 4.42). Her iki yılda da uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur (**EK 33**). Ateş (2014) Bingöl koşullarında yapmış olduğu çalışmada 22 domates çeşidinde meyve boyunu 47,6-60,0 mm arasında belirlemiştir. Özkan (2008) ise ortalama meyve boyunu 42,4-63,5 mm arasında belirlemiştir.

**Çizelge 4.42.** Farklı sulama uygulamalarında domatesin ortalama meyve ağırlığı, meyve eni ve meyve boyu değerleri

Yıl	Uygulama	Ort. meyve ağırlığı (g)			Meyve eni (mm)			Meyve boyu (mm)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
2013	% 100	163,4a**	143,7b	153,5A**	65,0	66,0	65,5	58,9	59,3	59,1
	% 75 D	120,8d	119,9d	120,3D	68,7	63,9	66,3	60,6	57,4	59,0
	% 50 D	128,6cd	135,4cb	132,0C	63,7	66,2	64,9	58,5	59,7	59,1
	% 75 PRD	143,5b	143,6b	143,5B	66,6	64,0	65,3	60,9	59,2	60,0
	% 50 PRD	120,9d	122,2d	121,5D	66,1	61,4	63,8	60,1	56,7	58,4
	<b>Ortalama</b>	135,4	132,9		66,0	64,3	<b>65,2b</b>	59,8	58,4	
2014	% 100	152,1	144,6	148,3	69,1	68,9	69,0	60,4	62,2	61,3
	% 75 D	148,6	128,5	138,6	68,2	65,9	67,0	60,7	58,7	59,7
	% 50 D	134,5	131,5	133,0	68,7	63,8	66,3	59,6	57,9	58,8
	% 75 PRD	144,6	133,6	139,1	66,3	63,4	64,8	60,4	57,7	59,1
	% 50 PRD	128,2	138,6	133,4	68,4	68,1	68,2	59,2	61,8	60,5
	<b>Ortalama</b>	141,6	135,4		68,1	66,0	<b>67,1a*</b>	60,0	59,6	
2013-2014	% 100	157,7	144,2	150,9A**	67,1	67,4	67,2	59,6	60,7	60,2
	% 75 D	134,7	124,2	129,4C	68,4	64,9	66,7	60,6	58,1	59,3
	% 50 D	131,6	133,4	132,5BC	66,2	65,0	65,6	59,1	58,8	58,9
	% 75 PRD	144,0	138,6	141,3B	66,5	63,7	65,1	60,7	58,4	59,5
	% 50 PRD	124,5	130,4	127,5C	67,3	64,7	66,0	59,7	59,2	59,4
	<b>Ortalama</b>	138,5	134,1		67,1A*	65,1B		59,9	59,0	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Bitki başına meyve sayısı her iki deneme yılı için 16,2-21,2 adet arasında değişirken, iki yılın ortalamasına göre en yüksek bitki başına meyve sayısı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.43). Her iki yılda da uygulamaların arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar önemli olmuş ve en yüksek bitki başına meyve sayısı %100 tam sulanan uygulamalarda elde edilmiştir (Çizelge 4.43, **EK 34**). Yine tüm uygulamalarda arıtılmış atık su temiz suya göre meyve sayısını daha fazla arttırmıştır. Bu artış arıtılmış atık su ile sulanan uygulamalarda bitki büyüme parametrelerinin daha fazla olmasına bağlanabilir (Şekil 4.24, 4.25). Ateş (2014) Bingöl koşullarında yapmış olduğu çalışmada 22 domates çeşidinde bitki başına meyve sayısını 12-50 adet arasında belirlemiştir.

Deneme yıllarında bitki başına meyve sayısı, ortalama meyve ağırlığı ve toplam verim arasındaki ilişkiler incelendiğinde, ortalama meyve ağırlığı ile toplam verim arasında doğrusal ve çok önemli bir ilişki bulunmuştur ( $r=0,47$ ;  $p=0,000$ ). Aynı şekilde bitki başına meyve sayısı ve toplam verim arasında doğrusal ve çok önemli bir ilişki bulunmuştur ( $r=0,53$ ;  $p=0,000$ ). Ortalama meyve ağırlığı ile bitki başına meyve sayısı arasında ise önemsiz doğrusal ilişki bulunmuştur ( $r=0,21$ ;  $p=0,109$ ).

Meyve eti sertliği nakliye ve taşıma açısından önemli bir kalite parametresidir. Bu nedenle nakliyenin gerektirdiği uzun mesafelerde meyve eti sertliği iyi olan ürünler tercih edilmektedir. Deneme yıllarında meyve eti sertliği değerleri 0,77-1,43 kg/cm<sup>2</sup> arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek değer %100 temiz su uygulamasında, en düşük değer ise %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar önemsiz olurken, uygulama ortalamaları dikkate alındığında deneme yılları arasında sertlik miktarındaki değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna göre, denemenin ikinci yılında meyve sertlik değerleri ilk yıla göre %11,9 oranında azalmıştır (Çizelge 4.43, **EK 34**). Bu azalışın deneme yıllarında meyve örnek alma tarihlerinin farklılığından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Aydın (2011)'de çalışmasında hasat tarihlerinin farklılığının meyve eti sertliğini etkilediğini bildirmiştir. Genel olarak temiz su

uygulamalarında meyve sertliği daha fazla saptanmıştır. Bu atık su ile sulanan topraklarda toplam azotun fazlalığından kaynaklanabilir. Ünlü ve Padem (2009) domates yetiştiriciliğinde farklı düzeylerde çiftlik gübresi uyguladıkları çalışmalarında çiftlik gübresi artışına paralel olarak meyve eti sertliğinin azaldığını bildirmişler ve bunu toprakta azot etkinliğinin artışına bağlamışlardır. Al-Lahham *et al.* (2003) yaptıkları çalışmada iki domates çeşidinde atık su ile sulama yapmışlar ve çalışmanın sonucunda meyve eti sertliğini kontrol olan temiz su uygulamasında daha yüksek belirlemişler ve domates çeşitleri arasındaki farklılığın da çeşitli faktörlere (çevresel, pektin içeriği, selüloz vb.) bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca, meyve büyüklüğü ile meyve eti sertliği arasında ters orantılı bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Yürütülen bu çalışmada da meyve büyüklüğü ve meyve eti sertliği arasında ters orantılı bir ilişki belirlenmiştir. İki yılın birleştirilmiş sonucuna göre meyve büyüklüğü ve meyve eti sertliği arasındaki ilişki önemli ( $r=0,37$ ;  $p=0.004$ ) bulunmuştur. Denemede meyve büyüklüğü arttıkça meyve eti sertliği azalmıştır.

**Çizelge 4.43.** Farklı sulama uygulamalarında domatesin bitki başına meyve sayısı ve meyve sertliği değerleri

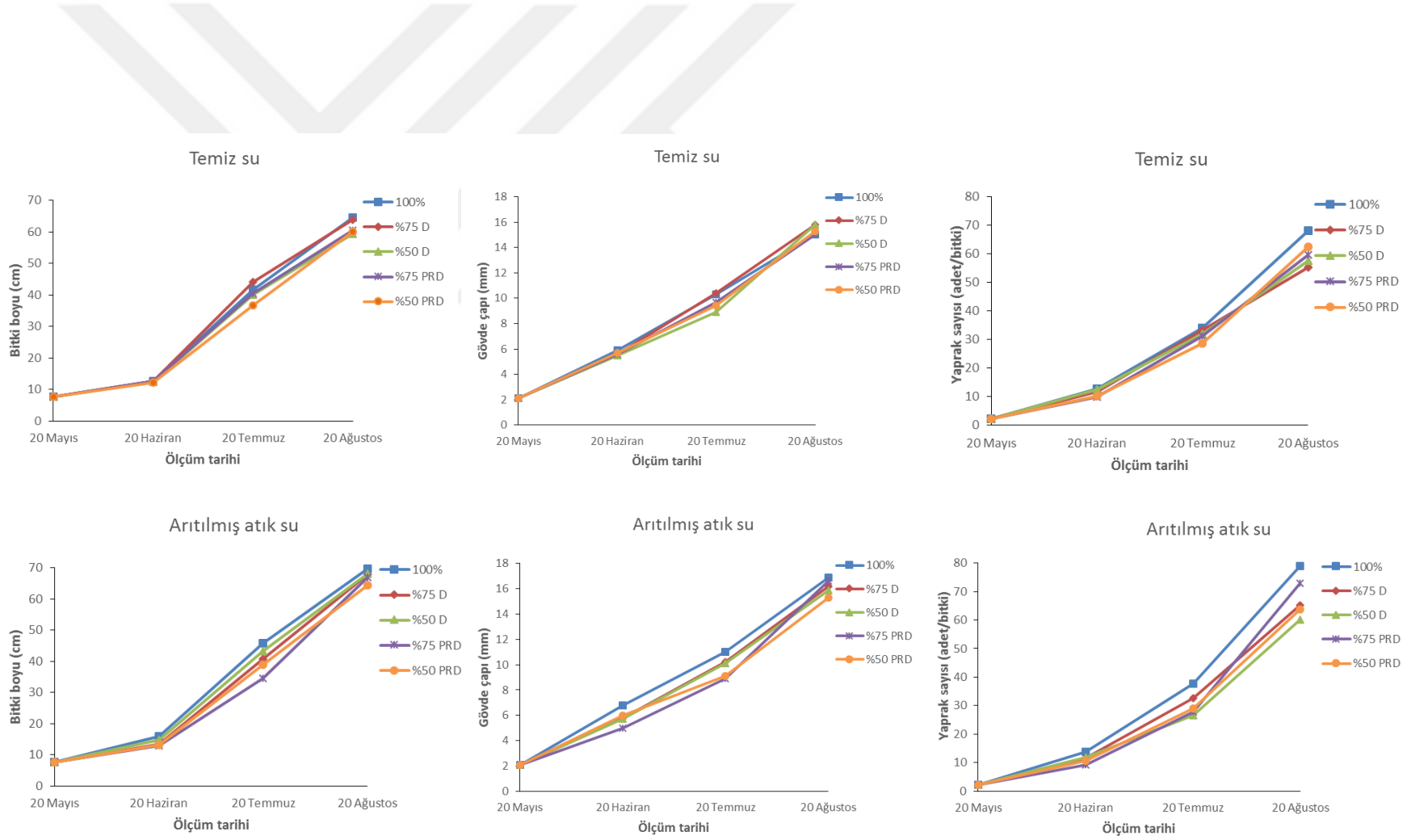
Yıl	Uygulama	Bitki başına meyve sayısı (adet)			Meyve eti sertliği (kg/cm <sup>2</sup> )		
		Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama
2013	%100	21,0	20,5	20,7	1,41	1,39	1,40
	%75 D	19,8	17,9	18,8	0,94	1,35	1,14
	%50 D	17,2	16,7	16,9	1,43	1,15	1,29
	%75 PRD	19,2	18,1	18,7	1,07	1,38	1,22
	%50 PRD	16,3	17,0	16,6	1,22	1,23	1,23
	<b>Ortalama</b>	<b>18,7</b>	<b>18,1</b>	<b>18,4</b>	<b>1,21</b>	<b>1,30</b>	<b>1,26a*</b>
2014	%100	21,2	20,8	21,0	1,05	1,14	1,09
	%75 D	20,5	18,1	19,3	1,33	1,11	1,22
	%50 D	18,7	16,3	17,6	0,77	1,22	0,99
	%75 PRD	19,4	18,2	18,8	1,14	1,25	1,19
	%50 PRD	18,3	16,9	17,6	0,94	1,14	1,04
	<b>Ortalama</b>	<b>19,6</b>	<b>18,1</b>		<b>1,05</b>	<b>1,17</b>	<b>1,11b</b>
2013- 2014	%100	21,1	20,6	20,9A*	1,23	1,26	1,24
	%75 D	20,1	18,0	19,0AB	1,13	1,23	1,18
	%50 D	17,9	16,5	17,2B	1,10	1,18	1,14
	%75 PRD	19,3	18,1	18,7AB	1,11	1,31	1,21
	%50 PRD	17,3	16,9	17,1B	1,08	1,19	1,13
	<b>Ortalama</b>	<b>19,2</b>	<b>18,1</b>		<b>1,13</b>	<b>1,23</b>	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

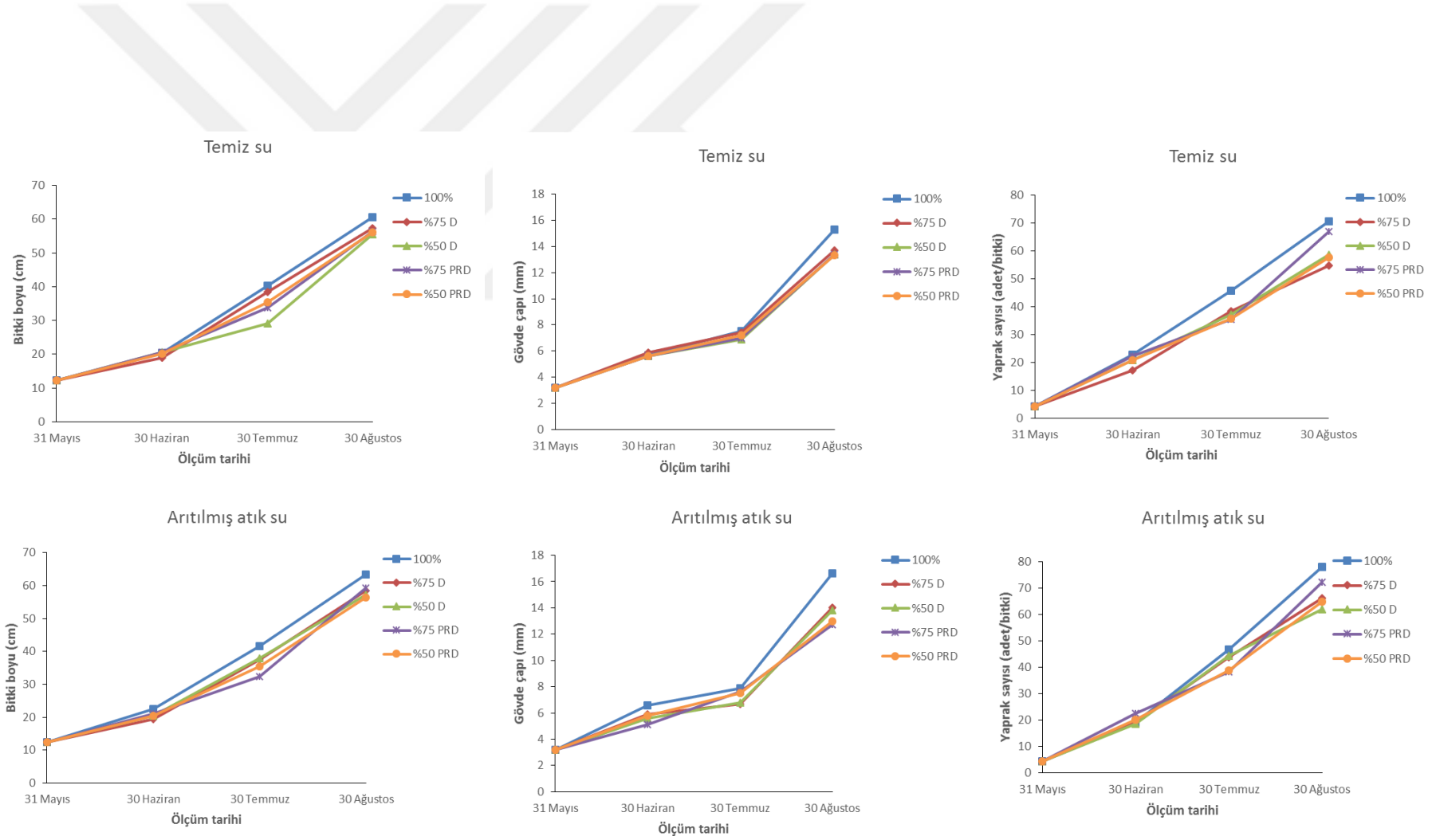
Ünlü ve Padem (2009) yapmış oldukları çalışmada Vilmorin Joker F1 domates çeşidinde meyvede delinme direnci değerlerinin 1,4 -1,8 kg/cm<sup>2</sup> arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Meyve eti sertliğini Kuzucu vd. (2004) 1,0-1,6 kg/cm<sup>2</sup> arasında, Kiracı (2007) ise bu değerleri 1,3-1,6 kg/cm<sup>2</sup> arasında belirlemiştir. Dolayısıyla bu denemede bulunan değerler yukarıdaki çalışmaların sonuçlarıyla uyumluluk göstermektedir.

Deneme yıllarında domates bitkisinin büyüme parametreleri (bitki boyu, bitki gövde çapı ve bitki yaprak sayısı) her konudan rastgele seçilen 3 bitkide fide dikimi başlangıç kabul edilerek 30. günde, 60. günde ve 90. günde ölçülmüş ve sonuçlar Şekil 4.24 ve Şekil 4.25'de verilmiştir.

Dikimden sonra yapılan bitki boyu ölçümlerinde her iki su kalitesinde ve tüm uygulamalar arasında hiçbir dönemde istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmemiştir. Ancak dikimden 90 gün sonra her iki yılda ve her iki su kalitesinde de tam sulama uygulamalarında bitki boyunun diğer uygulamalara göre arttığı gözlenmiştir. 2013 yılında en son ölçümde %100 temiz su uygulamasında bitki boyunun 64,5 cm olduğu tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla, %75 D (63,8 cm), %75 PRD (60,4 cm), %50 PRD (60,1 cm) ve %50 D (59,3 cm) uygulamaları izlemiştir. Arıtılmış atık su uygulamalarında ise sıralama %100 atık su (69,5 cm), %50 D (68,1 cm), %75 D (67,7 cm), %75 PRD (67,0 cm) ve %50 PRD (64,3 cm) şeklinde olmuştur. 2014 yılında ise, en son ölçümde %100 temiz su uygulamasında bitki boyunun 60,5 cm olduğu tespit edilmiştir. Bunu sırasıyla, %75 D (57,2 cm), %75 PRD (56,3 cm), %50 PRD (56,1 cm) ve %50 D (55,4 cm) uygulamaları izlemiştir. Arıtılmış atık su uygulamalarında ise sıralama %100 arıtılmış atık su (63,4 cm), %75 PRD (59,2 cm), %75 D (58,5 cm), %50 D (57,3 cm), ve %50 PRD (56,4 cm) şeklinde olmuştur. Denemenin ilk yılında ölçülen bitki boylarının tüm uygulamalarda ikinci yıla göre daha yüksek olduğu saptanmıştır. Su kaliteleri açısından değerlendirildiğinde ise atık su uygulamalarında bitki boylarının temiz su uygulamalarına göre daha fazla olduğu gözlenmiştir (Şekil 4.24, Şekil 4.25). Gövde çapı ölçümlerinde her iki su kalitesinde ve tüm uygulamalar arasında hiçbir dönemde istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlenmemiştir.



Şekil 4.24. 2013 yılında farklı sulama uygulamalarında bitki boyu, gövde çapı ve bitki yaprak sayısındaki zamansal değişimler



Şekil 4.25. 2014 farklı sulama uygulamalarında bitki boyu, gövde çapı ve bitki yaprak sayısındaki zamansal değişimler



Genel olarak her iki yılda da arıtılmış atık su uygulamalarında bitki gövde çapı değerlerinin, temiz su kaynağı uygulamalarına göre daha fazla olduğu ve her iki su kalitesinde de en yüksek değerlerin %100 tam sulama uygulamalarında elde edildiği görülmüştür (Şekil 4.24, Şekil 4.25). Bitki yaprak sayısı ölçümlerinde de her iki su kalitesi ve tüm uygulamalar arasındaki farklar hiçbir dönemde istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Ancak, genel olarak her iki yılda da arıtılmış atık su uygulamalarında bitki yaprak sayısı değerlerinin, temiz su uygulamalarına göre daha fazla olduğu ve her iki su kalitesinde de en yüksek değerlerin %100 tam sulama uygulamalarında elde edildiği görülmüştür (Şekil 4.24, Şekil 4.25). Arıtılmış atık su uygulamalarında bitki boyu, gövde çapı ve yaprak sayısı değerlerinin daha fazla olması arıtılmış atık sularda bulunan toplam azot ve toplam fosfor miktarının fazlalığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çünkü azot ve fosfor bitkilerde büyüme ve gelişmeyi artırarak vejetatif gelişmeyi hızlandırmaktadır (Kaçar ve Katkat 2009).

Bitki boyu, gövde çapı ve yaprak sayısının toplam verimlerle olan ilişkileri incelendiğinde, iki yılın birleştirilmiş sonuçlarına göre toplam verimler ile bitki boyu, gövde çapı ve yaprak sayıları arasında doğrusal bir ilişki belirlenmiş ve bu ilişkilerin dereceleri önemli olup sırasıyla  $r=0,80$ ,  $p=0,005$ ;  $r=0,69$ ,  $p=0,028$ ;  $r=0,91$ ,  $p=0,000$  bulunmuştur. Bu sonuçlara göre bitki boyu, gövde çapı ve yaprak sayısı fazla olan bitkilerde verim daha fazla olmuştur. Ayrıca bitki boyu, gövde çapı ve yaprak sayıları arasında da doğrusal ilişki bulunmuştur. Bitki boyu arttıkça gövde çapı ve yaprak sayısı da artmıştır.

Ekici (2000) Çukurova’da farklı sulama uygulamaları (%100, %50 PRD ve %30 PRD) ile yaptığı çalışmada kısmi kök kuruluşunun domates bitkisinde büyüme parametrelerine etkisini incelemiş ve çalışmasının sonucunda dikimden her 15 günde bir yapılan boy, gövde çapı ve yaprak sayısı ölçümlerinde hiçbir dönemde uygulamalar arasında istatistiksel olarak önemli farklılıklar belirlememiştir. Ancak %100 tam sulama uygulamasında zamanla bitki boyunun, gövde çapının ve yaprak sayısının artmaya başladığı görülmüş ve en yüksek değerler %100 tam sulama konusunda elde edilmiştir.

Deneme de elde edilen sonuçların da bu çalışma ile uyum içerisinde olduğu gözlenmektedir.

Deneme yıllarında yaprakların kuru madde miktarları ve yaprak oransal su içerikleri belirlenmiş olup Çizelge 4.44 ve Çizelge 4.45’de verilmiştir. Çizelge 4.43’e göre yaprakların kuru madde miktarları deneme yıllarında %9,2-13,3 arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en fazla kuru madde %50 PRD temiz su uygulamasında, en az kuru madde ise %75 D arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar önemsiz olurken, 2014 yılı ve iki yılın ortalamasında su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve her ikisinde de temiz su uygulamalarında en yüksek kuru madde miktarı elde edilmiştir. Yaprak kuru madde miktarları ile toplam verimler arasında ters orantılı bir ilişki elde edilmiş ancak önemli bulunmamıştır ( $r=0,17$ ;  $p=201$ ). Yaprak kuru madde miktarı artıkça verimde azalmalar görülmüştür. Ekici (2000) domateste yaprakta kuru madde miktarlarını farklı dönemlere göre belirlemiş ve her dönemde kuru maddenin değiştiğini bildirmiştir. De-Konning (1993) domates bitkisinin yaprağında kuru madde miktarını %9-14 arasında, Heuvelink (1995) %7,7-12,9 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca, Harssema (1977) ise yazın yetiştirilen domates bitkisinde kuru madde miktarının kışın yetiştirilenlere göre iki kat fazla olduğunu ve dönemsel olarak kuru madde miktarlarının değiştiğini bildirmiştir.

Yaprak oransal su içeriği, bitki-su ilişkilerinin incelendiği çalışmalarda yaprak su potansiyeli ile doğrudan ilişkisi olan ve bitkinin gelişimini devam ettirebilmesi için gerekli olan kritik su seviyesinin saptanmasında kullanılan önemli bir özelliktir (Kırnak ve Demirtaş 2002). Deneme yıllarında domates bitkisinde incelenen yaprak oransal su içerikleri her iki yıl için 76,8-90,6 arasında değişmiş olup, iki yılın ortalamasına göre en yüksek değer %100 atık su uygulamasında, en düşük değer ise %50 PRD temiz su uygulamalarında elde edilmiştir. Her iki deneme yılında ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar önemli bulunmuştur (Çizelge 4.45). Buna göre en yüksek yaprak oransal nem içeriği %100 tam sulanan uygulamalarda, en düşük

değer ise %50 PRD uygulamalarında elde edilmiştir. Su kaliteleri arasında değerlerin çok fazla değişmediği görülmüştür.

**Çizelge 4.44.** Farklı sulama uygulamalarında yaprak kuru madde miktarları (%) ve varyans analiz sonuçları

Yıl	Uygulama	Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama	
2013	%100	9,7	11,0	10,3	
	%75 D	10,3	11,5	10,9	
	%50 D	10,2	11,3	10,8	
	%75 PRD	10,7	11,5	11,1	
	%50 PRD	11,3	11,2	11,2	
	<b>Ortalama</b>	<b>10,4</b>	<b>11,3</b>	<b>10,9b</b>	
	<b>Varyans kaynakları</b>	<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Uygulama	4	3,06618667	0,48	0,7508	
Su kaynağı	1	5,92296333	3,70	0,0687	
Uygulama*Su kaynağı	4	1,78685333	0,28	0,8880	
Hata	20	32,00726667			
Genel	29	42,78327000			
2014	%100	10,8	12,6	11,7	
	%75 D	9,2	11,8	10,5	
	%50 D	12,0	12,2	12,1	
	%75 PRD	10,3	12,8	11,6	
	%50 PRD	11,9	13,3	12,6	
	<b>Ortalama</b>	<b>10,8B</b>	<b>12,6A**</b>	<b>11,7a*</b>	
	<b>Varyans kaynakları</b>	<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Uygulama	4	15,06132000	2,38	0,0861	
Su kaynağı	1	21,87948000	13,83	0,0014	
Uygulama*Su kaynağı	4	5,93405333	0,94	0,4623	
Hata	20	31,63826667			
Genel	29	74,51312000			
2013-2014	%100	10,2	11,8	11,0	
	%75 D	9,7	11,6	10,7	
	%50 D	11,1	11,8	11,4	
	%75 PRD	10,5	12,2	11,3	
	%50 PRD	11,6	12,3	11,9	
	<b>Ortalama</b>	<b>10,67B</b>	<b>11,9A**</b>		
	<b>Varyans kaynakları</b>	<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Yıl	1	10,50853500	6,60	0,0140	
Uygulama	4	10,59393333	1,66	0,1772	
Su kaynağı	1	25,28504167	15,89	0,0003	
Yıl*Uygulama	4	7,53357333	1,18	0,3327	
Yıl*Su kaynağı	1	2,51740167	1,58	0,2157	
Uygulama*Su kaynağı	4	4,11530000	0,65	0,6325	
Yıl*Uygulama*Su kay.	4	3,60560667	0,57	0,6884	
Hata	40	63,6455333			
Genel	59	127,8049250			

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

**Çizelge 4.45.** Farklı sulama uygulamalarında yaprak oransal su içerikleri (%) ve varyans analiz sonuçları

Yıl	Uygulama	Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama	
2013	% 100	89,9	90,2	90,0A**	
	% 75 D	85,4	86,9	86,2B	
	% 50 D	78,3	78,6	78,4D	
	% 75 PRD	81,5	83,0	82,2C	
	% 50 PRD	78,4	77,9	78,1D	
	<b>Ortalama</b>	82,7	83,3		
<b>Varyans kaynakları</b>		<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Uygulama		4	627,2319133	22,25	<,0001
Su kaynağı		1	3,0210133	0,43	0,5201
Uygulama*Su kaynağı		4	4,6529533	0,17	0,9536
Hata		20	140,9598000		
Genel		29	775,8656800		
2014	% 100	90,6	89,9	90,27A**	
	% 75 D	86,0	84,0	85,00B	
	% 50 D	79,5	81,1	80,34CD	
	% 75 PRD	83,7	83,8	83,79BC	
	% 50 PRD	77,9	76,8	77,33D	
	<b>Ortalama</b>	83,5	83,1		
<b>Varyans kaynakları</b>		<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Uygulama		4	576,2264133	14,48	<,0001
Su kaynağı		1	1,1603333	0,12	0,7363
Uygulama*Su kaynağı		4	11,5987333	0,29	0,8800
Hata		20	198,9674667		
Genel		29	787,9529467		
2013-2014	% 100	90,2	90,0	90,1A**	
	% 75 D	85,7	85,4	85,6B	
	% 50 D	78,9	79,9	79,4D	
	% 75 PRD	82,6	83,4	83,0C	
	% 50 PRD	78,1	77,3	77,7D	
	<b>Ortalama</b>	83,1	83,2		
<b>Varyans kaynakları</b>		<b>SD</b>	<b>Kareler toplamı</b>	<b>F</b>	<b>P</b>
Yıl		1	1,344007	0,16	0,6930
Uygulama		4	1181,126383	34,75	<,0001
Su kaynağı		1	0,218407	0,03	0,8734
Yıl*Uygulama		4	22,331943	0,66	0,6255
Yıl*Su kaynağı		1	3,962940	0,47	0,4986
Uygulama*Su kaynağı		4	6,859443	0,20	0,9359
Yıl*Uygulama*Su kay.		4	9,392243	0,28	0,8916
Hata		40	339,927267		
Genel		59	1565,162633		

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluşu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Evapotranspirasyon (ET) ile yaprak oransal su içeriği arasında ve sulama suyu miktarları ile yaprak oransal su içeriği arasında doğrusal ve çok önemli ilişkiler elde edilmiştir. İki yılın birleştirilmiş sonuçlarına göre ET ile yaprak oransal su içeriği

ilişkisi  $r=0,95$ ;  $p=0,000$ ; sulama suyu miktarları ile yaprak oransal su içeriği ilişkisi ise  $r=0,97$ ,  $p=0,000$  olarak belirlenmiştir. Kırnak ve Demirtaş (2002) da yapmış oldukları çalışmada, bitkilere verilen su miktarı ile yaprak oransal su içeriği arasında doğrudan bir ilişki olduğunu belirlemişlerdir. Su kısıntılarında, bitkilerde yaprak oransal su içeriğinin düştüğü gözlenmiştir. Çalışmalarında, %100 ve %75 D uygulamalarında fark önemsiz olurken, diğer uygulamalar arasındaki fark önemli bulunmuştur. En düşük yaprak oransal su içeriği %25 D uygulamasında belirlenmiştir. Denemede elde edilen sonuçlar bu çalışma ile uyum göstermektedir. Kaya (2011)'de yaprak oransal su içeriğinin vejetasyon periyodu içerisinde zamanla azaldığını ve toprak su içeriği ile yaprak oransal su içeriği arasında doğrusal bir ilişki olduğunu bildirmiştir.

Denemede yaprak oransal su içeriği ile gelişme parametreleri (bitki boyu, gövde çapı ve yaprak sayısı) ve verim arasındaki ilişkiler incelendiğinde, yaprak oransal su içeriği ile gelişme parametreleri arasında pozitif ilişkiler belirlenmiş ancak sadece yaprak oransal su içeriği ile yaprak sayısı arasındaki ilişki önemli bulunmuştur ( $r=0,75$ ;  $p=0,012$ ). Ayrıca yaprak oransal su içeriği ile toplam verimler arasında da pozitif ilişki belirlenmiş ve önemli bulunmuştur ( $r=0,66$ ;  $p=0,036$ ).

#### 4.3.2. Meyvede kalite analiz sonuçları

Domateste meyvede kuru madde, meyve suyunda elektriksel iletkenlik (EC), pH, titre edilebilir asitlik (TA), suda çözünebilir kuru madde (SÇKM), C vitamini (askorbik asit) ve likopen değerleri ve bu değerlere ilişkin varyans analiz sonuçları Çizelge 4.46, 4.47, 4.48, **EK 35, 36** ve **37**'de verilmiştir.

Deneme yıllarında domates meyve suyunda EC değerleri her iki yıl için 3,71-4,74  $\mu\text{s/cm}$  arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek EC değeri %100 artırılmış atık su uygulamasında, en düşük EC değeri ise %50 PRD artırılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar önemsiz olurken, yıllar arasında EC'de olan değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna göre denemenin ikinci yılında EC ilk yıla göre %7,6 oranında azalış göstermiştir.

(Çizelge 4.46, **EK 35**). Genel olarak her iki yılda da meyve suyunda EC'nin değişmediği gözlenmiştir. Fan *et al.* (2011) yapmış oldukları çalışmada dört farklı su kaynağı kullanarak domates yetiştirmişler ve çalışmanın sonunda atık suların domates bitkisinde meyve EC değerini etkilemediğini bildirmişlerdir. Domates meyvesinin EC değerini Fanasca *et al.* (2006) 3,83-5,67  $\mu\text{s/cm}$  arasında, Özkan (2008) ise 3,66-5,34  $\mu\text{s/cm}$  arasında belirlemişlerdir.

pH miktarı deneme yıllarında 4,0-4,28 arasında değişmiş olup, iki yılın ortalamasına göre en yüksek pH değeri %75 D temiz su uygulamasında, en düşük ise %75 D arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar önemsiz olurken, yıllar arasında pH miktarında olan değişim istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve denemenin ikinci yılında pH ilk yıla göre %3,8 azalmıştır (Çizelge 4.46, **EK 35**). Bu azalışın toprak pH'sında olan azalışla ilgisinin olduğu düşünülebilir. Arıtılmış atık su uygulamalarında toprak pH'sı denemenin ikinci yılında azalma eğilimi göstermiştir (Çizelge 4.9, 4.10, 4.11). Flores *et al.* (2003) tuzluluğun ve azotun domatesin meyve kalitesine etkisini araştırdığı çalışmada domates meyvesinin pH miktarlarının 4,04-4,20 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Al-Lahham *et al.* (2003) arıtılmış atık suların domates bitkisinde meyve pH'sını çok fazla etkilemediğini ancak domates çeşitleri arasında farklılıklar olabileceğini bildirmiştir. Turhan (2007) yapmış olduğu çalışmada Erzurum yöresinde domates çeşitlerinde pH'yı 4,14-4,78 arasında belirlemiştir. Fan *et al.* (2011) yapmış oldukları çalışmada dört farklı su kalitesinin domates bitkisinin pH'nı etkilemediğini bildirmiştir. Turhan and Seniz (2009) ise 33 farklı domates çeşidinde pH'nın 3,78-5,25 arasında değiştiğini vurgulamıştır. Cemeroğlu (2010)'da domateste istenilen pH aralığını 4,18-4,34 olarak bildirmektedir. Campos *et al.* (2006) ise istenilen aralığın 4,3-4,4 olduğunu söylemektedir. Domates bitkisinde önerilen ve olması istenen pH değeri 4,5 ve altıdır. Çünkü bu değer mikroorganizmaların çoğalmasını durdurmaktadır (Giordano *et al.* 2000). Ayrıca pH değerinin domates çeşidi seçiminde önemli bir parametre olduğu bildirilmiştir (Hong and Tsou 1998).

**Çizelge 4.46.** Farklı sulama uygulamalarında domatesin meyve suyunda elektriksel iletkenlik (EC), pH ve titre edilebilir asitlik (TA) değerleri

Yıl	Uygulama	EC ( $\mu\text{s}/\text{cm}$ )			pH			Titre edilebilir asitlik(%)		
		Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	% 100	4,74	4,05	4,39	4,26	4,31	4,28	0,43	0,44	0,44A**
	% 75 D	4,58	4,29	4,34	4,12	4,27	4,19	0,37	0,35	0,36B
	% 50 D	4,35	4,27	4,31	4,28	4,12	4,20	0,38	0,31	0,35B
	% 75 PRD	4,40	4,37	4,38	4,24	4,26	4,25	0,39	0,34	0,36B
	% 50 PRD	4,05	4,21	4,13	4,17	4,21	4,19	0,34	0,33	0,33B
	<b>Ortalama</b>	4,42	4,20	<b>4,31a**</b>	4,21	4,23	<b>4,22b</b>	0,38	0,36	<b>0,37b</b>
<b>2014</b>	% 100	4,22	3,86	4,04	4,03	4,00	4,02	0,48	0,42	0,45A*
	% 75 D	4,09	3,75	3,92	4,12	4,15	4,13	0,41	0,43	0,42AB
	% 50 D	3,93	4,04	3,98	4,07	4,15	4,11	0,40	0,35	0,38B
	% 75 PRD	3,77	4,34	4,05	4,04	4,09	4,06	0,47	0,38	0,42AB
	% 50 PRD	3,71	4,15	3,93	4,20	4,07	4,13	0,39	0,36	0,37B
	<b>Ortalama</b>	3,94	4,03	<b>3,98b</b>	4,09	4,09	<b>4,09a**</b>	0,43A*	0,39B	<b>0,41a**</b>
<b>2013-2014</b>	% 100	4,48	3,95	4,22	4,15	4,15	4,15	0,46	0,43	0,44A**
	% 75 D	4,34	3,92	4,13	4,12	4,21	4,16	0,39	0,39	0,39B
	% 50 D	4,14	4,15	4,15	4,18	4,13	4,15	0,39	0,33	0,36BC
	% 75 PRD	4,08	4,35	4,22	4,14	4,17	4,16	0,43	0,36	0,39B
	% 50 PRD	3,88	4,18	4,03	4,18	4,14	4,16	0,36	0,34	0,35C
	<b>Ortalama</b>	4,18	4,11		4,15	4,16		0,41A**	0,37B	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısımlı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Domates meyvelerinin titre edilebilir asitlik (TA) değerleri her iki yıl için %0,31-0,48 arasında değişmiştir. İki yılın ortalamasına göre en yüksek TA %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.46). Her iki yılda da uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Uygulamalarda en yüksek TA değeri %100 tam sulanmış uygulamalarda elde edilmiştir. Ayrıca 2014 yılında su kaynaklarının ortalamaları arasındaki fark da istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve arıtılmış atık su kaynağının ortalaması en yüksek değeri sağlamıştır. Yıllar arasında TA miktarında olan değişim de istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve denemenin ikinci yılında %10,8 artış gözlenmiştir (Çizelge 4.46, **EK 35**). Bu artışın deneme yıllarında örnek alma tarihlerinin farklı olmasından kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Titre edilebilir asitlik miktarının vejetasyon periyodu içerisinde farklı dönemlerde değişiklik gösterebileceği bildirilmektedir (Ekici 2002; Flores *et al* 2003; Thybo *et al.* 2005; Özkan 2008). Turhan (2007) çalışmasında domates çeşitlerinde titre edilebilir asitliğini %0,38-0,85 arasında belirlemiştir. Başka bir çalışmada ise 33 domates çeşidinde titre edilebilir asitlik değeri %0,2-0,4 arasında belirlenmiştir (Turhan and Seniz 2009). George *et al.* (2004) 12 domates çeşidinde TA miktarının 0,25-0,70 arasında değiştiğini, Giordano *et al.* (2000) ise domates meyvesinde TA içeriğinin 0,35'den büyük olmasının daha iyi olduğunu ifade etmiştir. Çünkü bu değer ve üstü domates meyvesinde tat ve olgunluk için istenilen özellikleri sağlamaktadır.

Denemede meyvede toplam kuru madde miktarı deneme yıllarında %5,17-6,0 arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek değer %50 D temiz su uygulamasında, en düşük değer ise %100 temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz olurken, yıllar arasında kuru madde miktarındaki değişim önemli bulunmuş, denemenin ikinci yılında meyve kuru madde miktarında %4,80 oranında azalış gözlenmiştir (Çizelge 4.47, **EK 36**). Bu azalışın toprakta azotun etkinliğini artırması ile kuru madde miktarını düşürmesi şeklinde açıklanabilir (Karadoğan vd 1997; Ünlü ve Padem 2009). Genel olarak her iki su kalitesinde de tam sulama konularında meyvede yüzde kuru madde miktarları diğer uygulamalara göre daha düşük belirlenmiştir. Turhan and Seniz (2009) 33 domates



çeşidinde yaptıkları çalışmada domatesin toplam kuru madde miktarının %3,83-7,0 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Denemede elde edilen bulgular yapılan diğer birçok çalışma ile de uyumlu bulunmaktadır (Kolota and Winiarska 2005; Majkowska-Godomska *et al.* 2008).

Suda çözünebilir kuru madde değerleri (SÇKM) ise her iki yıl için %4,47-5,54 arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek SÇKM %75 D temiz su uygulamasında, en düşük ise %100 arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.47). Her iki yılda da uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz olmuş ve genel olarak SÇKM değerlerinin %100 tam sulama uygulamalarında diğer uygulamalara göre daha düşük olduğu gözlenmiştir (Çizelge 4.47, **EK 36**). Al-Lahham *et al.* (2003) atık su ile yaptıkları çalışmada domateste SÇKM miktarlarının %4,33-5,80 arasında değiştiğini ve atık suların SÇKM miktarlarında çok fazla artışa neden olmadığını bildirilmişlerdir. Temiz su ve atık su konularında SÇKM miktarlarının birbirine yakın olduğu ve bazı uygulamalarda ise temiz su konularında SÇKM miktarlarının daha yüksek olduğu görülmüştür. Aksine, Maurer *et al.* (1995)'de atık suların domates bitkisinde SÇKM miktarlarını düşürdüğünü bildirmiştir. Turhan (2007) domates çeşitlerinde SÇKM miktarlarını %2,50-6,50 arasında belirlemiştir. Turhan and Seniz (2009) ise SÇKM değerinin 33 domates çeşidinde %3,3-5,5 arasında değiştiğini bildirmiştir. Suda çözünür kuru madde miktarının Kader *et al.* (1987) ve Campos *et al.* (2006)'ya göre en az %4,5 civarında olmasını, Petro-Turza (1987) ise yapmış olduğu çalışmada domates meyvesinde ortalama kuru madde miktarının en az %5 olması gerektiğini bildirmektedir. Bu değerler domateste tat ve aroma için istenilen özelliktir. Ayrıca domates endüstrisinde konserve yapımında lezzet için kuru madde ve suda çözünebilir kuru madde miktarının yüksek olması istenmektedir (Mizrahi *et al.* 1988; De-Pascale *et al.* 2001).

**Çizelge 4.47.** Farklı sulama uygulamalarında meyvede toplam kuru madde ve suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) değerleri

Yıl	Uygulama	Meyve kuru madde (%)			SÇKM (%)		
		Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	5,75	5,62	5,68	4,91	5,33	5,12
	%75 D	5,76	5,80	5,78	5,32	5,54	5,43
	%50 D	5,94	5,99	5,96	5,27	5,05	5,16
	%75 PRD	5,83	5,76	5,79	5,10	5,12	5,11
	%50 PRD	6,00	5,88	5,94	5,02	4,93	4,97
	<b>Ortalama</b>	5,85	5,81	<b>5,83a</b> **	5,12	5,19	
<b>2014</b>	%100	5,29	5,17	5,23	4,74	4,47	4,61
	%75 D	5,67	5,53	5,60	5,02	4,91	4,96
	%50 D	5,56	5,73	5,64	5,03	4,96	5,00
	%75 PRD	5,62	5,51	5,56	4,79	5,17	4,98
	%50 PRD	5,70	5,74	5,72	5,21	5,00	5,10
	<b>Ortalama</b>	5,57	5,53	<b>5,55b</b>	4,95	4,90	
<b>2013-2014</b>	%100	5,52	5,39	5,46	4,82	4,90	4,86
	%75 D	5,71	5,66	5,69	5,17	5,22	5,19
	%50 D	5,75	5,86	5,80	5,15	5,01	5,08
	%75 PRD	5,72	5,63	5,68	4,94	5,14	5,04
	%50 PRD	5,85	5,81	5,83	5,11	4,96	5,04
	<b>Ortalama</b>	5,71	5,67		5,04	5,05	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

C vitamini, suda çözünebilir bir antioksidan olup, vücudun hücre sıvıları dışında bulunması nedeniyle besinlerle dışarıdan alınması gerekli olan önemli bir vitamindir (Diplock 1998). Doku sentezinde, bağışıklık sisteminin güçlendirilmesinde ve anti-histamin reaksiyonlarında gereklidir (Kurillic *et al.* 1999).

Likopen özellikle domates olmak üzere kırmızı gıdaların içerisinde bulunan doğal bir karotendir. Epidemiyolojik çalışmalar, likopenin insan sağlığı üzerinde önemli etkisinin olduğunu, kanser ve diğer hastalıkların risklerini azalttığını bildirmektedir. Likopenin bu koruyuculuğunun olmasında bazı antioksidan özelliklerinin birleşmesinden olduğu düşünülmektedir (Rao and Agarwal 2000; Kim *et al.* 2004).

Deneme yıllarında meyve suyunda belirlenen C vitamini ve likopen değerleri incelendiğinde, C vitamini her iki yıl için 10,5-23,8 mg/100 g arasında değişmiş, iki

yılın ortalamasına göre en yüksek değer %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en dūřuk değer ise %50 PRD temiz su uygulamasında elde edilmiştir (Çizelge 4.48). 2013 yılında uygulamalar arasındaki farklar önemsiz bulunurken, her iki yılda da su kaynağının ortalamaları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 37**). En yüksek C vitamini miktarı her iki yılda da arıtılmış atık su kaynağı ortalamalarında gözlenmiştir. 2014 yılında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar da önemli olmuş ve en yüksek değer %100 tam sulanan uygulamalarda elde edilmiştir. C vitamini miktarının yıllar arasında değişimi istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve denemenin ikinci yılında C vitamini %16 artmıştır. Özkan (2008) domatesin C vitamini miktarının örnek alma dönemlerine göre değiştiğini bildirmiştir. Domates çeşitlerine göre C vitamini miktarlarının farklı olduğunu bildiren Turhan (2007) domates çeşitlerinde C vitamini miktarını 15,5-29,5 mg/100 g arasında, Wold *et al.* (2004) ise üç farklı domates çeşidinde 12,3-18,3 mg/100 g arasında belirlemişlerdir.

Likopen değerleri deneme yıllarında 17,5-26,7 mg/l arasında değişmiş, iki yılın ortalamasına göre en yüksek likopen miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en dūřuk ise %50 PRD temiz su uygulamasında elde edilmiştir. Her iki yılda da uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Buna göre en yüksek likopen değerleri 2013 yılında %50 D uygulamalarında, 2014 yılında ise %100 tam sulanan uygulamalarda elde edilmiştir. İki yılın ortalamasında ise en yüksek likopen miktarı %100 tam sulama uygulamalarında belirlenmiştir (Çizelge 4.48, **EK 37**). Hobson ve Grierson (1996) taze domateste likopen miktarını 8,8-42,0 mg/kg arasında olduğunu bildirmişlerdir. Turhan (2007) farklı domates çeşitlerinde likopen miktarını 10,5-83 mg/kg arasında belirlemiştir. Özkan (2008) ise 13,6-36,2 arasında belirlemiş ve örnek alma dönemlerine göre likopen değerlerinin çok değişken olduğunu bildirmiştir.

**Çizelge 4.48.** Farklı sulama uygulamalarında meyve suyunda C vitamini ve likopen değerleri

Yıl	Uygulama	C vitamini (mg/100 g)			Likopen(mg/kg)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
2013	%100	21,6	12,8	17,2	22,7	22,2	22,4 AB*
	%75 D	21,1	12,4	16,8	20,1	23,9	22,0 AB
	%50 D	20,9	11,6	16,3	23,6	24,2	23,9 A
	%75 PRD	21,1	12,7	16,9	20,7	18,7	19,7 B
	%50 PRD	20,7	10,5	15,6	21,9	17,5	19,7B
	<b>Ortalama</b>	<b>21,1A**</b>	<b>12,0B</b>	<b>16,5b</b>	<b>21,8</b>	<b>21,3</b>	
2014	%100	23,8	18,0	20,9 A**	26,7	24,0	25,3 A*
	%75 D	21,4	16,8	19,1 AB	22,1	22,9	22,5 AB
	%50 D	21,7	13,7	17,7 B	20,7	21,8	21,3 B
	%75 PRD	22,8	18,1	20,5 A	23,2	22,5	22,8 AB
	%50 PRD	21,1	14,4	17,8 B	19,7	21,8	20,7B
	<b>Ortalama</b>	<b>22,2 A**</b>	<b>16,2 B</b>	<b>19,2a**</b>	<b>22,5</b>	<b>22,6</b>	
2013-2014	%100	22,7	15,4	19,0A**	24,7	23,1	23,9A**
	%75 D	21,3	14,6	17,9AB	21,1	23,4	22,2ABC
	%50 D	21,3	12,6	16,9BC	22,2	23,0	22,6AB
	%75 PRD	21,9	15,4	18,7A	21,9	20,6	21,2C
	%50 PRD	20,9	12,4	16,6C	20,8	19,6	20,2C
	<b>Ortalama</b>	<b>21,6A**</b>	<b>14,1B</b>		<b>22,1</b>	<b>21,9</b>	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

C vitamini ve likopen değerlerinin arıtılmış atık su uygulamalarında daha yüksek olduğu belirlenmiş ve denemenin ikinci yılında bir artış olduğu gözlenmiştir. C vitamini ve likopen değerlerinin arıtılmış atık su uygulamalarında daha yüksek bulunmasını atık suyun EC'sinden kaynaklanabileceği düşünülmektedir. Çünkü yapılan birçok çalışmada toprak tuzluluğunun domates bitkisinin fiziksel ve kimyasal özellikleri üzerine etkili olduğu ve özellikle C vitamini, likopen, SÇKM, titre edilebilir asitlik değerlerini arttırdığı bildirilmiştir (Petersen *et al.* 1998; De-Pascale *et al.* 2001; Dorais *et al.* 2001; Campos *et al.* 2006; Krauss *et al.* 2006).

#### 4.3.3. Meyve ve yapraklarda iz element ve ağır metal analiz sonuçları

Ağır metaller vücudumuza gıdalar, içme suyu ve hava yolu ile girerler. Bazı ağır metaller (Cu, Se, Zn) insan vücudunun metabolizmasını sürdürmek için gereklidir.

Bununla birlikte yüksek konsantrasyonlarda alındığında toksik olabilirler. Bu nedenle atık sularda bulunan ağır metaller yeterli konsantrasyonlardan fazla alınır ise sağlık için risk oluşturmakta ve tehlikeli olmaktadır. Özellikle Cd artışına bağlı olarak birçok organda ve merkezi sinir sisteminde ciddi sorunlar yaşanabilmektedir (Morais *et al.* 2012). Atık sularda toksik etki yapabilecek elementlerin bulunması nedeniyle toprakta ve bitkilerde ağır metal birikimlerinin izlenmesi canlı sağlığı açısından önemlidir.

Yapraklar, bitkinin besin maddesi fazlalığının veya noksanlıklarının en iyi şekilde gözlenebildiği ve gübre ihtiyacının belirlenebildiği organlardır (Kaçar ve Katkat 2009). Bu nedenle domates bitkisinin meyve ve yapraklarında bitki büyüme ve gelişimi için gerekli olan bazı iz elementler ile ağır metallerin analizi yapılmış ve sonuçları Çizelge 4.49-4.58 ve **EK 38-47**'de verilmiştir.

Meyve ve yapraklarda Na, K ve Ca miktarları incelendiğinde meyvede Na %0,008-0,017 arasında değişmiş olup iki yılın ortalamasına göre en yüksek %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Meyvelerde 2013 yılında iki su kalitesinde de uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve %100 arıtılmış atık su uygulamasında kontrol uygulamasına göre Na miktarı %6,2 daha yüksek bulunmuştur. Ayrıca meyvelerde her iki yılda da uygulamaların ve su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklarda istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve uygulamaların ortalamasında %100 tam sulanan konular, su kaynağı ortalamasında ise arıtılmış atık su uygulamalarının ortalaması en yüksek değeri sağlamıştır (Çizelge 4.49, **EK 38**). Yapraklarda ise Na miktarı deneme yıllarında %0,041-0,065 arasında değişmiş olup iki yılın ortalamasına göre en yüksek değer %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemsiz bulunurken, su kaynaklarının ortalamaları ve yıllar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (**EK 39**). Su kaynaklarının ortalamasında en yüksek değerler arıtılmış atık su uygulamalarında belirlenmiştir. Yıllar arasındaki değişim de ise denemenin ikinci yılında Na miktarı %14,9 artmıştır. Yapraklarda Na miktarı meyveden daha fazla belirlenmiştir. Na bitki dokularında

genellikle %0,01-10,0 arasında değişmektedir (Kaçar ve Katkat 2009). Güneş vd (2007) ise sebze bitkilerinin dokularında Na miktarının %0,004-2 arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Deneme yıllarında K miktarı meyvede %2,31-2,69 arasında değişmiştir. 2014 yılında ve iki yılın ortalamasında uygulamaların arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve her ikisinde de en yüksek değer %100 arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.49, **EK 38**). Yıllar arasında K miktarının değişimi de istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve denemenin ikinci yılında K miktarı %4,1 artış göstermiştir. Yapraklardaki K miktarı ise %1,83-3,16 arasında değişmiştir. 2014 yılında ve iki yılın ortalamasında uygulamaların arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek K miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.50, **EK 39**). Genel olarak yapraklarda K miktarı daha fazla olmuştur. Potasyumun bitki dokularında ortalama %1-6 arasında olduğu bildirilmiştir (Güneş vd 2007). Chapagain *et al.* (2003) domates bitkisinin yapraklarında %2,99-4,97, Alparslan vd (1999) ise %0,44-8,10 arasında K bulunduğunu bildirmişlerdir.

Ca miktarı meyvede %0,83-2,12 arasında, yaprakta ise %2,38-4,42 arasında değişmiştir (Çizelge 4.49, 4.50). Meyvede farklı su kalitelerinde denemenin ilk yılında ve iki yılın ortalamasında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve her ikisinde de en yüksek Ca miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında elde edilmiştir. Yıllar arasında Ca miktarının değişimi önemli olmuş ve ikinci yıl %35,7 azalış görülmüştür (Çizelge 4.49, **EK 38**). Su kaynaklarının ortalamalarında en yüksek değer arıtılmış atık su kaynağında, uygulamaların ortalamalarında ise en yüksek Ca miktarı %100 tam sulanan uygulamalarda elde edilmiştir. Yapraklarda ise farklı su kalitesinde 2014 yılında ve iki yılın ortalamasında uygulamaların arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve her ikisinde de %100 arıtılmış atık su uygulaması en yüksek değeri sağlamıştır. Ancak her ikisinde de %100 arıtılmış atık su uygulaması kontrol uygulaması ile aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.50).

**Çizelge 4.49.** Farklı sulama uygulamalarında meyvede Na, K ve Ca değerleri

Yıl	Uygulama	Na (%)			K (%)			Ca (%)		
		Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama
2013	% 100	0,017a**	0,016ab	0,017A**	2,66	2,44	2,55	2,12a*	2,01ab	2,07A**
	% 75 D	0,016ab	0,013de	0,015BC	2,46	2,39	2,43	1,84bc	1,72cd	1,78B
	% 50 D	0,016abc	0,014cd	0,015B	2,46	2,34	2,40	1,46e	1,40ef	1,43C
	% 75 PRD	0,015bcd	0,016abc	0,015B	2,47	2,31	2,39	2,01ab	1,45ef	1,73B
	% 50 PRD	0,016abc	0,011e	0,015C	2,44	2,34	2,39	1,56de	1,21f	1,39C
	<b>Ortalama</b>	<b>0,016A**</b>	<b>0,014B</b>		<b>2,50A**</b>	<b>2,36B</b>	<b>2,43b</b>	<b>1,80A**</b>	<b>1,56B</b>	<b>1,68a**</b>
2014	% 100	0,016	0,012	0,014A**	2,69a**	2,54abc	2,61A**	1,27	1,03	1,15A*
	% 75 D	0,013	0,011	0,012AB	2,26d	2,55ab	2,41C	1,20	1,10	1,15A
	% 50 D	0,010	0,008	0,009CD	2,57ab	2,52abc	2,55AB	0,93	1,01	0,97B
	% 75 PRD	0,011	0,011	0,011BC	2,66ab	2,63ab	2,64A	1,19	1,09	1,14A
	% 50 PRD	0,010	0,008	0,009D	2,50bc	2,36cd	2,43BC	1,17	0,83	1,00AB
	<b>Ortalama</b>	<b>0,012A**</b>	<b>0,010B</b>		<b>2,54</b>	<b>2,52</b>	<b>2,53a**</b>	<b>1,15A**</b>	<b>1,01B</b>	<b>1,08b</b>
2013-2014	% 100	0,016	0,014	0,015A**	2,68a*	2,49abc	2,58A**	1,70a**	1,52ab	1,61A**
	% 75 D	0,015	0,012	0,013B	2,36c	2,47bc	2,42C	1,52ab	1,41bc	1,47B
	% 50 D	0,013	0,011	0,012BC	2,52abc	2,43bc	2,47BC	1,19cd	1,20cd	1,20C
	% 75 PRD	0,013	0,013	0,013B	2,56ab	2,47bc	2,52AB	1,60ab	1,27c	1,43B
	% 50 PRD	0,012	0,010	0,011C	2,47bc	2,35c	2,41C	1,36bc	1,02d	1,19C
	<b>Ortalama</b>	<b>0,014A**</b>	<b>0,012B</b>		<b>2,52A**</b>	<b>2,44B</b>		<b>1,47A**</b>	<b>1,28B</b>	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluşu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

**Çizelge 4.50.** Farklı sulama uygulamalarında yaprakta Na, K ve Ca değerleri

Yıl	Uygulama	Na (%)			K (%)			Ca (%)		
		Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritilmiş Atık su	Temiz su	Ortalama
2013	%100	0,051	0,043	0,047	2,36	1,83	2,09	4,42	4,03	4,22A**
	%75 D	0,051	0,041	0,046	2,05	1,98	2,02	3,31	2,97	3,14B
	%50 D	0,047	0,044	0,045	1,86	1,80	1,83	3,02	2,38	2,70C
	%75 PRD	0,051	0,046	0,049	2,25	1,84	2,05	3,20	2,66	2,93BC
	%50 PRD	0,052	0,041	0,047	1,99	1,93	1,96	2,96	2,50	2,73C
	<b>Ortalama</b>	<b>0,051A**</b>	<b>0,043B</b>	<b>0,047b</b>	<b>2,10A**</b>	<b>1,88B</b>	<b>1,99b</b>	<b>3,38A**</b>	<b>2,91B</b>	
2014	%100	0,065	0,052	0,058	3,16a**	3,13a	3,15A**	4,06a**	3,99a	4,03A**
	%75 D	0,060	0,050	0,055	2,79abc	2,61bcd	2,70B	3,06b	3,04b	3,05B
	%50 D	0,052	0,049	0,050	2,88ab	2,25d	2,57B	2,67bc	2,42c	2,54C
	%75 PRD	0,063	0,049	0,056	3,11a	2,52bcd	2,82B	3,74a	2,63bc	3,18B
	%50 PRD	0,051	0,046	0,049	2,36cd	2,74abc	2,55B	2,89bc	2,56bc	2,73C
	<b>Ortalama</b>	<b>0,058A**</b>	<b>0,049B</b>	<b>0,054a**</b>	<b>2,86A**</b>	<b>2,65B</b>	<b>2,76a**</b>	<b>3,28A**</b>	<b>2,93B</b>	
2013-2014	%100	0,058	0,048	0,053	2,76a*	2,48abc	2,62A**	4,24a*	4,01a	4,13A**
	%75 D	0,056	0,046	0,051	2,42abcd	2,30bcd	2,36BC	3,19bc	3,01bcd	3,10B
	%50 D	0,050	0,046	0,048	2,37abcd	2,03d	2,20C	2,84cde	2,40e	2,62C
	%75 PRD	0,057	0,048	0,053	2,69ab	2,19cd	2,44AB	3,47b	2,65de	3,06B
	%50 PRD	0,052	0,044	0,048	2,18cd	2,34abcd	2,26BC	2,93cd	2,53de	2,73C
	<b>Ortalama</b>	<b>0,054A**</b>	<b>0,046B</b>		<b>2,48A**</b>	<b>2,26B</b>		<b>3,33A**</b>	<b>2,92B</b>	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01



Yapraklarda da su kaynaklarının ortalamalarında en yüksek değer arıtılmış atık su kaynağında, uygulamaların ortalamalarında ise en yüksek Ca miktarı %100 tam sulanan uygulamalarda elde edilmiştir. Ayrıca yapraklardaki Ca miktarları meyveden daha yüksek saptanmıştır. Alpaslan vd (1999) domates bitkisinin yaprağında %0,41-12,11 arasında Ca bulunduğunu bildirmiştir. Genel olarak bitki dokularında Ca miktarı, Kaçar ve Katkat (2009)'ye göre %0,20-3,00 arasında, Marschner (1995)'e göre ise %0,1-5 arasında değişmektedir.

Meyve ve yapraklarda genel olarak Na, K ve Ca değerleri incelendiğinde arıtılmış atık su uygulamalarında temiz su uygulamalarına göre daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, yapraklarda daha fazla Na, K ve Ca miktarı sağlanmıştır. Kaçar ve Katkat (2009) bitkilerin değişik doku ve organları arasında element miktarlarının farklılık gösterdiğini bildirmektedir. Elde edilen bulgulara göre, atık suların bitkilerin Na, K ve Ca miktarını arttırdığı benzer çalışmalarda da bildirilmektedir (Al-Lahham 2007; Abdelrahman *et al.* 2011; Tunç 2013).

Deneme yıllarında Mg miktarı meyvede %0,13-0,34 arasında, yapraklarda ise %1,93-2,00 arasında değişmiştir (Çizelge 4.51, 4.52). Meyvede 2013 yılında farklı su kalitelerinde uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve %100 arıtılmış atık su uygulaması en yüksek değeri sağlayarak farklı bir grupta yer almıştır. Uygulamaların ortalamalarında ise en yüksek değerler her iki yılda da %100 tam sulanmış uygulamalarda elde edilmiştir (Çizelge 4.51, **EK 40**). Yapraklarda ise her iki yılda ve iki yılın ortalamasında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunurken, iki yılın ortalamasına göre en yüksek Mg miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 4.52, **EK 41**). Uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek ortalama %100 tam sulanan uygulamalarda gerçekleşmiştir. Yapraklarda yıllar arasında Mg miktarında olan değişim önemli bulunmuş ve denemenin ikinci yılında ilk yıla göre %39,2 artış olmuştur. Genel olarak yapraklardaki Mg miktarı meyveden daha yüksek bulunmuştur. Kaçar ve Katkat (2009) bitkilerin genellikle %0,15-1,00 arasında, Ulrich *et al.* (1959) ise %0,02-2,50

arasında Mg içerdiğini bildirmişlerdir. Domates bitkisinin yapraklarında ise genellikle %0,15-4,59 arasında Mg bulunduğu bildirilmiştir (Alpaslan vd 1999).

Bitkilerde azot miktarının tür, çeşit, yaş, örneğin alındığı bitki aksamı vb. gibi etmenlere bağlı olarak değiştiği bildirilmektedir (Kaçar ve İnal 2010). Denemede meyve ve yapraklarda toplam N miktarları her iki yıl için, meyvede %1,74-3,75 arasında, yapraklarda ise %1,82-3,56 arasında değişmiştir (Çizelge 4.51, 4.52). Meyvede 2013 yılında farklı su kalitelerinde uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek toplam N miktarı %100 temiz su uygulamasında belirlenmiş olup farklı grupta yer almıştır. Her iki yılda da uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek N miktarı %100 tam sulanmış sulama uygulamalarında elde edilmiştir (Çizelge 4.51, **EK 40**). Yıllar arasındaki toplam N değişimi de önemli olup, ikinci yıl %24,7 artış göstermiştir. Yapraklarda ise iki yılın ortalamasına göre en yüksek toplam N miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük ise %50 PRD temiz su uygulamasında belirlenmiştir. 2014 yılında ve iki yılın ortalamasında hem uygulamaların hem de su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar önemli bulunmuştur. Su kaynaklarının ortalamasında en yüksek değer arıtılmış atık su kaynağının ortalamalarında, uygulamaların ortalamasında ise %100 tam sulanmış uygulamalarda elde edilmiştir (Çizelge 4.52, **EK 41**). Genel olarak toplam azotun bitki dokularında %0,2-6,0 arasında değiştiği bildirilmiştir (Millar 1959). Jahson and Ulrich (1959) ve Güneş vd (2007) ise bitki dokularında ortalama %2-4 arasında azot bulunduğunu belirtmişlerdir. Alpaslan vd (1999) yapmış oldukları çalışmada ise 122 domates yaprağının analizi sonucunda azotun domates bitkisinin yaprağında %2,09-9,97 arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Meyve ve yapraklarda B miktarı deneme yıllarında meyvelerde 2,14-5,34 mg/kg arasında, yapraklarda ise 10,80-25,44 mg/kg arasında değişmiştir (Çizelge 4.51, 4.52). Meyvede her iki yılda da uygulamaların ve su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.51, **EK 40**). Uygulamaların ortalamasında en yüksek değer %100 tam sulanmış uygulamalarda, su kaynaklarının ortalamalarında ise arıtılmış atık su kaynağında belirlenmiştir. Yıllar arasında meyvede

B değişimi arasındaki fark önemli bulunmuş ikinci yıl %30,3 artış gözlenmiştir. Yapraklarda B miktarı incelendiğinde 2013 ve iki yılın ortalamasında farklı su kalitelerinde uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve her ikisinde de %100 arıtılmış atık su uygulaması en yüksek değere sahip olmuş ve farklı bir grupta yer almıştır (Çizelge 4.52, **EK 41**). 2013 yılında B miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında kontrole göre %11,9, iki yılın ortalamasında ise %17,7 daha fazla olmuştur. Uygulamaların ortalamasında en yüksek B miktarı %100 tam sulanmış uygulamalarda elde edilirken, su kaynaklarının ortalamalarında ise arıtılmış atık su kaynağının ortalamalarında belirlenmiştir. B miktarının yıllar arasındaki değişimi önemli bulunmuş ve denemenin ikinci yılında B miktarının %1,0 arttığı gözlenmiştir (Çizelge 4.52, **EK 41**). Reeve *et al.* (1948) domates bitkisinin dokularında B miktarının 2,15-48 mg/kg arasında olduğunu, Alpaslan vd (1999) ise domates bitkisinin yaprağının 0,18-18,48 mg/kg arasında B içerdiğini bildirmişlerdir. Denemede B miktarı en fazla yapraklarda belirlenmiştir. Bitkilerin farklı organlarında farklı düzeylerde B'un olduğu ve en fazla B'un bitkinin yapraklarda, en az ise kök ve meyvelerde olduğu saptanmıştır (Kaçar ve Katkat 2009).

**Çizelge 4.51.** Farklı sulama uygulamalarında meyvede Mg, toplam N ve B değerleri

Yıl	Uygulama	Mg (%)			Toplam N (%)			B (mg/kg)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	% 100	0,34a	0,25b	0,29A**	2,38ab	2,48a*	2,43A**	5,00	4,64	4,82A**
	%75 D	0,15cd	0,21bc	0,18BC	2,12abc	2,32ab	2,22AB	3,67	2,79	3,23B
	%50 D	0,24b	0,18bcd	0,21B	2,10cb	2,01bcd	2,05BC	3,04	2,14	2,59BC
	%75 PRD	0,17cd	0,18bcd	0,17BC	2,28abc	1,91cd	2,09BC	3,06	2,59	2,83BC
	%50 PRD	0,17cd	0,13d	0,15C	2,15abc	1,74d	1,94C	2,72	2,34	2,53C
	<b>Ortalama</b>	0,21	0,19		2,20	2,09	<b>2,14b</b>	3,50A**	2,90B	<b>3,20b</b>
<b>2014</b>	% 100	0,34	0,28	0,31	3,75	3,51	3,63A**	5,34	4,08	4,71A**
	%75 D	0,24	0,23	0,23	2,71	2,36	2,53B	4,75	3,76	4,26B
	%50 D	0,15	0,19	0,17	2,43	2,29	2,36B	4,54	3,43	3,99BC
	%75 PRD	0,22	0,20	0,21	2,51	2,35	2,43B	4,59	3,83	4,21B
	%50 PRD	0,19	0,14	0,16	2,46	2,31	2,38B	3,85	3,56	3,70C
	<b>Ortalama</b>	0,22	0,21		2,77	2,56	<b>2,67a**</b>	4,61A**	3,73B	<b>4,17a**</b>
<b>2013-2014</b>	% 100	0,34	0,26	0,30A**	3,06	2,99	3,03A**	5,17	4,36	4,76A**
	%75 D	0,19	0,22	0,20B	2,41	2,34	2,37B	4,21	3,27	3,74B
	%50 D	0,19	0,18	0,19B	2,26	2,15	2,21B	3,79	2,78	3,29CD
	%75 PRD	0,19	0,19	0,19B	2,39	2,13	2,26B	3,82	3,21	3,51BC
	%50 PRD	0,17	0,13	0,15B	2,30	2,02	2,16B	3,28	2,95	3,12D
	<b>Ortalama</b>	0,22	0,20		2,49	2,32		4,06A**	3,31B	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluşu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

**Çizelge 4.52.** Farklı sulama uygulamalarında yaprakta Mg, toplam N ve B değerleri

Yıl	Uygulama	Mg (%)			N (%)			B (mg/kg)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	1,98	1,34	1,66A**	2,76	2,28	2,52	23,4a**	20,9ab	22,2A**
	%75 D	1,40	1,20	1,30B	2,73	2,19	2,46	23,4a	14,7cde	19,0B
	%50 D	1,22	0,93	1,08B	1,82	2,17	1,99	15,7bcde	12,7de	14,2D
	%75 PRD	1,28	1,07	1,17B	2,14	2,26	2,20	16,8bcd	17,2bcd	16,9BC
	%50 PRD	1,19	0,94	1,07B	1,96	1,92	1,94	19,9abc	10,8e	15,4CD
	<b>Ortalama</b>	1,41A**	1,10B	1,25b	2,28	2,16		19,8A**	15,3B	17,5b
<b>2014</b>	%100	2,00	1,92	1,96A**	3,56	2,39	2,97A*	25,4	20,6	23,0A**
	%75 D	1,83	1,87	1,85A	3,02	2,21	2,61AB	20,4	18,8	19,7B
	%50 D	1,49	1,67	1,58B	2,18	1,87	2,03B	18,1	13,3	15,7C
	%75 PRD	1,86	1,76	1,81A	2,80	2,21	2,51AB	20,0	19,5	19,8B
	%50 PRD	1,40	1,66	1,53B	2,07	1,86	1,96B	17,7	13,2	15,5C
	<b>Ortalama</b>	1,71	1,78	1,74a**	2,72A**	2,11B		20,4A**	17,1B	18,7a*
<b>2013-2014</b>	%100	1,93	1,63	1,81A**	3,16	2,33	2,74A**	24,4a**	20,7bc	22,6A**
	%75 D	1,61	1,53	1,57B	2,87	2,20	2,54A	21,9ab	16,8d	19,3B
	%50 D	1,36	1,30	1,33CD	2,00	2,02	2,01B	16,9d	13,0e	14,9C
	%75 PRD	1,57	1,42	1,49BC	2,47	2,24	2,35AB	18,4cd	18,4cd	18,4B
	%50 PRD	1,29	1,30	1,30D	2,01	1,89	1,95B	18,8bcd	12,0e	15,4C
	<b>Ortalama</b>	1,56A**	1,44B		2,50A**	2,13B		20,1A**	16,2B	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Farklı sulama uygulamaları ve su kalitelerinde meyvede Fe miktarı deneme yıllarında meyvede 55,4-109,5 mg/kg arasında, yapraklarda ise 52,6-67,4 mg/kg arasında değişmiştir (Çizelge 4.53, 4.54). Meyvelerde her iki yılda da uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli olmuştur (**EK 42**). Uygulamaların ortalamasında en yüksek değer %100 tam sulanmış uygulamalarda elde edilmiştir. 2013 yılı ve iki yılın ortalamasında su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar da önemli bulunmuş ve arıtılmış atık suyun ortalamaları her ikisinde de en yüksek değeri sağlamıştır. Yıllar arasında Fe miktarında olan değişim de istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve denemenin ikinci yılında Fe miktarı %13,2 azalmıştır (Çizelge 4.53, **EK 42**). Yapraklarda ise farklı su kalitelerinde uygulamalar arasındaki farklar sadece 2013 yılında önemli bulunmuş ve %100 arıtılmış atık su uygulaması en yüksek değeri almıştır. 2013 yılı ve iki yılın ortalamasına göre uygulamaların ortalamaları arasındaki farklarda istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve %100 tam sulanmış uygulamalarda en yüksek değerler elde edilmiştir (Çizelge 4.54, **EK 43**). Ayrıca yapraklarda da iki yıl arasındaki Fe miktarının değişimi önemli bulunmuş ve denemenin ikinci yılında yapraklarda Fe miktarının %10,9 arttığı gözlenmiştir. Bitki dokularında kuru madde yaklaşımı kapsamında Fe miktarı 10-1000 mg/kg arasında değişmekte ve yeterli Fe miktarı ise 50-250 mg/kg arasında olmaktadır (Kaçar ve Katkat 2009). Domates bitkisinin yaprağında 10-230 mg/kg arasında Fe bulunduğu bildirilmiştir (Alpaslan vd 1999).

Deneme yıllarında Zn miktarı meyvelerde 18,5-32,5 mg/kg arasında, yapraklarda ise 15,0-22,1 mg/kg arasında değişmiştir (Çizelge 4.53, 4.54). Meyvelerde iki yılın ortalamasına göre en yüksek değer %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %50 PRD arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. 2013 yılında ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Uygulamaların ortalamasında en yüksek Zn miktarı %100 tam sulanan uygulamalarda elde edilmiştir. Yıllar arasında Zn miktarında olan değişim de önemli bulunmuş ve denemenin ikinci yılında meyve Zn miktarı %25,9 azalmıştır (Çizelge 4.53, **EK 42**).

**Çizelge 4.53.** Farklı sulama uygulamalarında meyvede Fe, Zn ve Cu değerleri

Yıl	Uygulama	Fe (mg/kg)			Zn (mg/kg)			Cu (mg/kg)		
		Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
2013	%100	109,5	90,0	99,8A**	32,5	31,7	32,1A*	11,6	10,3	10,9A*
	%75 D	99,8	83,1	91,5A	30,2	30,5	30,3AB	9,2	9,7	9,5AB
	%50 D	99,3	82,5	90,9A	28,2	27,6	27,9BC	9,3	7,1	8,2B
	%75 PRD	78,5	55,4	66,9B	28,9	30,0	29,5ABC	9,9	8,9	9,4AB
	%50 PRD	76,1	59,9	63,1B	25,4	27,0	26,2C	8,0	6,9	7,5B
	<b>Ortalama</b>	92,7A**	72,2B	<b>82,4b</b>	29,0	29,4	<b>29,2a**</b>	9,6	8,6	
2014	%100	85,5	80,9	83,2A**	24,9	23,2	24,0	9,2abc	9,8a*	9,5A*
	%75 D	69,3	78,2	73,7AB	18,5	21,2	19,8	9,0abc	8,9abcd	8,9AB
	%50 D	76,7	72,7	74,7AB	21,8	21,4	21,6	8,6bcd	8,3cd	8,5B
	%75 PRD	62,6	62,1	62,3B	21,5	21,7	21,6	9,7ab	7,8d	8,7AB
	%50 PRD	66,5	60,8	63,6B	19,8	22,2	21,0	8,6abcd	8,4cd	8,5B
	<b>Ortalama</b>	72,1	70,9	<b>71,5a**</b>	21,3	21,9	<b>21,6b</b>	9,0	8,6	
2013-2014	%100	97,5	85,5	91,5A**	28,7	27,4	28,1A**	10,4	10,0	10,2A**
	%75 D	84,5	80,6	82,6A	24,3	25,8	25,1B	9,1	9,3	9,2AB
	%50 D	88,0	77,6	82,8A	24,9	24,5	24,7B	8,9	7,7	8,3BC
	%75 PRD	70,6	58,7	64,6B	25,2	25,9	25,5B	9,8	8,3	9,1BC
	%50 PRD	71,3	55,4	63,3B	22,6	24,6	23,6C	8,3	7,7	8,0C
	<b>Ortalama</b>	82,4A*	71,5B		25,2	25,6		9,3A*	8,6B	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluşu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

**Çizelge 4.54.** Farklı sulama uygulamalarında yaprakta Fe, Zn ve Cu değerleri

Yıl	Uygulama	Fe (mg/kg)			Zn (mg/kg)			Cu (mg/kg)		
		Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	59,3a*	57,6a	58,4A**	20,6	16,6	18,6	24,2	21,6	22,9A**
	%75 D	53,9bc	54,3bc	54,1B	16,1	15,9	16,0	20,8	18,9	19,9B
	%50 D	57,9a	53,8c	55,6B	17,6	15,0	16,3	19,8	18,3	19,0B
	%75 PRD	53,6bc	54,3bc	53,9B	17,3	15,8	16,5	21,9	18,4	20,2B
	%50 PRD	56,6ab	52,6c	54,6B	17,5	15,6	16,5	19,5	18,2	18,8B
	<b>Ortalama</b>	56,3A**	54,4B	55,3b	17,8A**	15,8B	16,8b	21,2A**	19,1B	20,2b
<b>2014</b>	%100	67,4	63,3	65,3	20,4	18,0	19,2	30,3	29,3	29,7A**
	%75 D	59,4	56,4	57,9	19,5	17,6	18,5	27,3	27,4	27,4AB
	%50 D	53,9	55,4	54,7	19,6	17,3	18,4	26,5	20,1	23,3C
	%75 PRD	65,0	62,7	63,8	22,1	19,0	20,5	29,6	26,6	28,1A
	%50 PRD	64,1	60,7	62,4	20,3	20,0	20,1	26,6	23,3	24,9BC
	<b>Ortalama</b>	61,9	59,7	60,8a**	20,4	18,4	19,4a**	28,1A**	25,3B	26,7a**
<b>2013-2014</b>	%100	63,3	60,4	61,9A*	20,5	17,3	18,9	27,2	25,4	26,3A**
	%75 D	56,7	55,4	56,0B	17,8	16,8	17,3	24,1	23,2	23,6B
	%50 D	55,9	54,3	55,1B	18,6	16,1	17,4	23,2	19,2	21,2C
	%75 PRD	59,3	58,5	58,9AB	19,7	17,4	18,5	25,8	22,5	24,1B
	%50 PRD	60,4	56,6	58,5AB	18,8	17,8	18,3	23,0	20,8	21,9C
	<b>Ortalama</b>	59,1	57,0		19,1A**	17,1B		24,6A**	22,2B	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01



Yapraklarda Zn miktarında iki yılın ortalamasına göre en yüksek değer %100 arıtılmış atık su uygulamasında, en düşük değer ise %50 D temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Yaprak Zn miktarı incelendiğinde her iki yılda ve iki yılın ortalamasında uygulamalar arasındaki farklar önemsiz bulunmuştur. En yüksek Zn miktarı arıtılmış atık su kaynağının ortalamalarında elde edilmiştir (Çizelge 4.54, **EK 43**). Yıllar arasında Zn miktarında olan değişimler önemli bulunmuş ve yapraklarda Zn miktarı denemenin ikinci yılında %15,2 artmıştır. Genellikle sebzelerde Zn miktarının 1-10 mg/kg arasında değiştiği, domates bitkisinin yaprağında ise ortalama 62 mg/kg Zn bulunduğu bildirilmektedir (Mcmurtrey and Robinson 1938; Alpaslan vd 1999).

Deneme yıllarında Cu miktarı meyvelerde 6,9-11,6 mg/kg arasında, yapraklarda ise 18,2-30,2 mg/kg arasında değişmiştir (Çizelge 4.53, 4.54). Meyvelerde farklı su kalitelerinde uygulamalar arasındaki farklar sadece 2014 yılında önemli bulunmuş, en yüksek Cu miktarı %100 temiz su uygulamasında belirlenmiş ve farklı grupta yer almıştır (Çizelge 4.53, **EK 42**). Her iki yılda ve iki yılın ortalamasında uygulamaların ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek değerler %100 tam sulanmış konulardan elde edilmiştir. Yapraklarda Cu miktarı incelendiğinde her iki yılda ve iki yılın ortalamasında hem uygulamaların hem de su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.54, **EK 43**). Uygulamaların ortalamasında en yüksek Cu miktarı %100 tam sulanan uygulamalarda belirlenirken, su kaynaklarının ortalamasında ise arıtılmış atık su kaynağında elde edilmiştir. Yapraklarda yıllar arasında Cu miktarında olan değişimde önemli olmuş ve denemenin ikinci yılında Cu miktarı %32,4 artmıştır (Çizelge 4.54, **EK 43**). Beeson (1941) domatesin meyvesinde ortalama 14 mg/kg Cu bulunduğunu, Alpaslan vd (1999) ise domates bitkisinin yaprağında ortalama 67 mg/kg Cu bulunduğunu bildirmiştir. Demirbas (2010) ise domates meyvesinde Cu miktarını 12,9-18,7 mg/kg arasında belirlemiştir.

Meyve ve yapraklarda Mn miktarı incelendiğinde, deneme yıllarında Mn miktarı meyvelerde 12,0-34,6 mg/kg arasında, yapraklarda ise 42,5-61,8 mg/kg arasında değişmiştir (Çizelge 4.55, 4.56). Meyvede 2013 yılı ve iki yılın ortalamasında farklı su

kalitelerinde uygulamaların arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 2013 yılında arıtılmış atık su uygulamalarından %50 D uygulaması hariç diğer uygulamalar aynı grupta yer almıştır (Çizelge 4.55, **EK 44**). En yüksek Mn miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında olup, kontrol uygulamasından %33,5 daha fazla olmuştur. İki yılın ortalamasında da %100 arıtılmış atık su uygulaması en yüksek değeri sağlamıştır. Her iki yılda da uygulamaların ve su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Uygulamaların ortalamasında en yüksek Mn miktarı %100 tam sulanmış uygulamalarda, su kaynaklarının ortalamasında ise arıtılmış atık su kaynağında belirlenmiştir (Çizelge 4.55, **EK 44**). Yapraklarda Mn miktarında ise her iki yılda da uygulamaların arasındaki farklar önemsiz bulunmuştur. Yalnızca, iki yıl arasında Mn miktarındaki değişim istatistiksel olarak önemli olmuş ve denemenin ikinci yılında yapraklarda Mn miktarı %12,5 azalmıştır (Çizelge 4.56, **EK 45**). Beeson (1941) bitki dokularında Mn miktarının 1-2262 mg/kg arasında değiştiğini, Alpaslan vd (1999) ise domates bitkisinin yaprağında 24-661 mg/kg Mn bulunduğunu bildirmiştir.

Cd miktarı meyvelerde 0,017-0,095 mg/kg arasında, yapraklarda ise 0,013-0,090 mg/kg arasında değişmiştir (Çizelge 4.55, 4.56). Meyvelerde sadece 2013 yılında farklı su kalitelerinde uygulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve %100 arıtılmış atık su uygulaması en yüksek sağlamıştır (Çizelge 4.55, **EK 44**). Her iki yılda da uygulamaların ve su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar da önemli olmuş ve uygulamaların ortalamasında en yüksek Cd miktarı %100 tam sulanmış uygulamalarda, su kaynaklarının ortalamasında ise arıtılmış atık su kaynağında elde edilmiştir. Yıllar arasında Cd miktarı incelendiğinde denemenin ikinci yılında Cd miktarının meyvelerde %47,6 arttığı görülmüştür (Çizelge 4.55).

**Çizelge 4.55.** Farklı sulama uygulamalarında meyvede Mn, Cd ve Ni değerleri

Yıl	Uygulama	Mn (mg/kg)			Cd (mg/kg)			Ni (mg/kg)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	32,7a**	24,5b	28,58A**	0,076a**	0,050c	0,063A**	0,28	0,20	0,24A*
	%75 D	31,6a	19,3bc	25,43A	0,066b	0,034e	0,050B	0,21	0,17	0,19B
	%50 D	23,3b	17,6c	20,41B	0,036e	0,017f	0,026C	0,22	0,15	0,18B
	%75 PRD	30,5a	22,2bc	26,31A	0,062b	0,043d	0,053B	0,21	0,20	0,20AB
	%50 PRD	30,0a	12,0d	21,00B	0,023f	0,020f	0,021D	0,19	0,16	0,17B
	<b>Ortalama</b>	29,6A*	19,1B		0,052A**	0,033B	0,042b	0,22A**	0,17B	0,19b
<b>2014</b>	%100	34,60	32,4	33,50A**	0,095	0,093	0,094A**	0,32	0,32	0,32A**
	%75 D	31,00	20,5	25,75B	0,089	0,067	0,078AB	0,32	0,27	0,29B
	%50 D	26,63	19,0	22,83B	0,056	0,035	0,046CD	0,30	0,25	0,27B
	%75 PRD	28,23	23,3	25,75B	0,076	0,053	0,064BC	0,33	0,27	0,30AB
	%50 PRD	27,66	12,1	19,88B	0,039	0,018	0,028D	0,27	0,22	0,24C
	<b>Ortalama</b>	29,62A**	21,5B		0,071A*	0,053B	0,062a**	0,31A**	0,26B	0,29a**
<b>2013-2014</b>	%100	33,6a**	28,5abc	31,0A**	0,085	0,071	0,078A**	0,30	0,26	0,28A**
	%75 D	31,3ab	19,9d	25,6B	0,078	0,050	0,064B	0,26	0,22	0,24B
	%50 D	24,9bcd	18,3de	21,6C	0,046	0,026	0,036C	0,26	0,20	0,23BC
	%75 PRD	29,3abc	22,7cd	26,0B	0,069	0,048	0,058B	0,27	0,23	0,25B
	%50 PRD	28,8abc	12,0e	20,4C	0,031	0,019	0,025C	0,23	0,19	0,21C
	<b>Ortalama</b>	29,6A**	20,3B		0,062A**	0,043B		0,26A**	0,22B	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluşu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

**Çizelge 4.56.** Farklı sulama uygulamalarında yaprakta Mn, Cd ve Ni değerleri

Yıl	Uygulama	Mn (mg/kg)			Cd (mg/kg)			Ni (mg/kg)		
		Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	61,8	55,5	58,6	0,042a**	0,018cd	0,030A**	0,136a**	0,094b	0,115A**
	%75 D	58,3	55,8	57,0	0,026bc	0,026bc	0,026A	0,105b	0,076c	0,090B
	%50 D	61,7	53,8	57,8	0,018cd	0,013d	0,015B	0,066c	0,069c	0,068C
	%75 PRD	55,1	56,4	55,7	0,029b	0,024bc	0,026A	0,095b	0,073c	0,084B
	%50 PRD	58,2	54,4	56,3	0,029b	0,019cd	0,024A	0,067c	0,065c	0,066C
	<b>Ortalama</b>	59,0	55,2	<b>57,1a**</b>	0,029A**	0,020B	<b>0,024b</b>	0,094A**	0,075B	<b>0,084b</b>
<b>2014</b>	%100	56,8	56,7	56,7	0,090a**	0,071b	0,080A**	0,237a*	0,147b	0,192A**
	%75 D	55,9	48,4	52,1	0,043ef	0,066bc	0,054B	0,163b	0,103c	0,133B
	%50 D	47,8	42,5	45,2	0,025g	0,035fg	0,030D	0,098c	0,083c	0,091CD
	%75 PRD	54,1	45,1	49,6	0,053de	0,069bc	0,061B	0,148b	0,087c	0,117BC
	%50 PRD	48,1	43,6	45,9	0,033fg	0,057cd	0,045C	0,072c	0,071c	0,071D
	<b>Ortalama</b>	52,5	47,3	<b>49,9b</b>	0,049B	0,059A**	<b>0,054a**</b>	0,143A**	0,098B	<b>0,121a**</b>
<b>2013-2014</b>	%100	59,3	56,1	57,7	0,066a**	0,044bc	0,055A**	0,187a**	0,120bc	0,153A**
	%75 D	57,1	52,1	54,6	0,035cde	0,046b	0,040B	0,134b	0,089cd	0,112B
	%50 D	54,8	48,1	51,5	0,021f	0,024ef	0,023D	0,082d	0,076d	0,079C
	%75 PRD	54,6	50,8	52,7	0,041bcd	0,046b	0,043B	0,121bc	0,080d	0,100B
	%50 PRD	53,1	49,0	51,1	0,031def	0,038bcd	0,034C	0,069d	0,068d	0,069C
	<b>Ortalama</b>	55,8A*	51,2B		0,039	0,040		0,118A**	0,087B	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluşu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

Yapraklarda ise her iki yılda ve iki yılın ortalamasında farklı su kalitelerinde uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Her iki yılda ve iki yılın ortalamasında en yüksek Cd miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamalarında belirlenmiş ve farklı grupta yer almıştır. Ayrıca her iki yılda da uygulamaların ve su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve uygulamaların ortalamasında en yüksek miktar %100 tam sulanmış uygulamalarda, su kaynaklarında ise 2013 yılında atık su kaynağında, 2014 yılında temiz su kaynağında elde edilmiştir (Çizelge 4.56, **EK 45**). Yıllar arasında Cd miktarında olan değişimde önemli bulunmuş ve denemenin ikinci yılında Cd miktarı yapraklarda iki katını aşmıştır (Çizelge 4.56, **EK 45**). Özkan (2008) domates meyvesinde Cd miktarını 0,035-0,568 mg/kg arasında, yapraklarda ise 0,11-2,14 mg/kg arasında belirlemiştir. Bitkiler için Cd miktarının 0,04-0,40 mg/kg arasında normal, 2 mg/kg ve üstünde kritik, 5-30 mg/kg arasında ise toksik değerler olduğu bildirilmiştir (Kabata- Pendias and Pendias 1992; Schatschabel *et al.* 1995).

Ni miktarı meyvelerde 0,15-0,33 mg/kg arasında, yapraklarda ise 0,065-0,237 mg/kg arasında değişmiştir. Meyvelerde her iki yılda da farklı su kalitelerinde uygulamalar arasındaki farklar önemsiz olurken, uygulamaların ve su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar önemli olmuş ve uygulamaların ortalamasında en yüksek Ni miktarı %100 tam sulanmış uygulamalarda, su kaynaklarının ortalamasında ise arıtılmış atık su kaynağında elde edilmiştir (Çizelge 4.55, **EK 44**). Yıllar arasında Ni miktarında olan değişimde önemli olmuş ve denemenin ikinci yılında Ni miktarı meyvelerde %52,6 artmıştır. Yapraklarda her iki yılda da farklı su kalitelerinde uygulamalar arasındaki Ni miktarında farklar istatistiksel olarak önemli belirlenmiştir (Çizelge 4.56) . Her iki yılda da en yüksek Ni miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamalarında elde edilmiş ve diğer uygulamalardan farklı grupta yer almıştır. %100 arıtılmış atık su uygulamasında Ni miktarı 2013 yılında %100 temiz su uygulamasına göre %44,6, 2014 yılında ise %61,2 daha fazla bulunmuştur. Ayrıca yıllar arasında Ni miktarında olan değişimde istatistiksel önemli olmuş ve denemenin ikinci yılında Ni miktarı yapraklarda %44,0 artmıştır (Çizelge 4.56, **EK 45**). Bitki dokularında Ni miktarını Welch (1981) 0,01-5 mg/kg arasında, Soon (1998) 1-5 mg/kg arasında, Reeves et al (1996) ise 0,5-10 mg/kg

arasında bildirmişlerdir. Ayrıca Özkan (2008) domates meyvesinde Ni miktarını 0,12-5,58 mg/kg arasında, yapraklarda ise 0,28-38,6 mg/kg arasında belirlemiştir.

Deneme yıllarında meyve ve yapraklarda Pb miktarı meyvelerde 0,11-0,25 mg/kg arasında, yapraklarda ise 0,08-0,42 mg/kg arasında değişmiştir (Çizelge 4.57, 4.58). Meyvelerde her iki yılda da uygulamaların ve su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Uygulamaların ortalamasında en yüksek Pb miktarı %100 tam sulanan uygulamalarda, su kaynaklarının ortalamasında ise her iki yılda da artırılmış atık su kaynağında belirlenmiştir (Çizelge 4.57, **EK 46**). Yıllar arasında Pb miktarında olan değişim de önemli bulunmuş ve denemenin ikinci yılında Pb miktarı meyvelerde %20 azalmıştır. Yapraklarda Pb miktarı incelendiğinde farklı su kalitelerinde sadece 2014 yılında ve iki yılın ortalamasında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek Pb miktarı her ikisinde de %100 artırılmış atık su uygulamalarında elde edilmiştir. 2014 yılında %100 artırılmış atık su uygulaması bir grupta yer alırken, diğer tüm uygulamalar ise aynı grupta yer almıştır. Her iki yılda da hem uygulamaların hem de su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar önemli olmuş ve en yüksek Pb miktarı uygulamaların ortalamasında %100 tam sulanan uygulamalarda, su kaynaklarında ise artırılmış atık su kaynağında elde edilmiştir. Yıllar arasındaki Pb değişimi de istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve denemenin ikinci yılında yapraklarda Pb miktarı %52,9 artmıştır (Çizelge 4.58, **EK 47**). Özkan (2008) domates meyvesinde Pb miktarını ortalama 0,79-1,14 mg/kg arasında, yapraklarda ise ortalama 0,58-1,69 arasında belirlemiştir. Demirbas (2010) ise domates meyvesinde Pb miktarını 0,38-0,43 mg/kg arasında belirlemiştir.

Meyve ve yapraklarda Co miktarı her iki yıl için meyvede 0,06-0,35 mg/kg arasında, yapraklarda ise 0,13-0,33 mg/kg arasında değişmiştir (Çizelge 4.57, 4.58). Meyvede her iki yılda ve iki yılın ortalamasında farklı su kalitelerinde uygulamaların arasındaki farklar önemli bulunmuş ve tümünde %100 artırılmış atık su uygulamalarında en yüksek Co miktarı belirlenmiştir. Her iki yılda ve iki yılın ortalamasında hem uygulamaların hem de su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli

bulunmuş ve en yüksek Co miktarı uygulamaların ortalamasında %100 tam sulanan konularda, su kaynaklarında ise atık su uygulamalarında elde edilmiştir.



**Çizelge 4.57.** Farklı sulama uygulamalarında meyvede Pb, Co ve Cr değerleri

Yıl	Uygulama	Pb (mg/kg)			Co (mg/kg)			Cr (mg/kg)		
		Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Arıtılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
<b>2013</b>	%100	0,25	0,16	0,21A**	0,21a*	0,17ab	0,19A**	0,40a*	0,24b	0,32A**
	%75 D	0,22	0,14	0,18AB	0,21a	0,11cd	0,16AB	0,26b	0,14c	0,20B
	%50 D	0,20	0,11	0,15B	0,11cd	0,08de	0,09C	0,26b	0,17c	0,22B
	%75 PRD	0,24	0,16	0,20A	0,18a	0,13bc	0,15B	0,25b	0,18c	0,21B
	%50 PRD	0,20	0,12	0,16B	0,18a	0,06e	0,12C	0,17c	0,15c	0,16C
	<b>Ortalama</b>	0,22A**	0,14B	0,18a**	0,18A**	0,11B	0,14b	0,27A**	0,18B	
<b>2014</b>	%100	0,21	0,15	0,18A**	0,35a*	0,24c	0,29A**	0,44a**	0,257b	0,35A**
	%75 D	0,17	0,13	0,15B	0,21cd	0,22cd	0,21B	0,25b	0,12d	0,18BC
	%50 D	0,13	0,11	0,12C	0,14e	0,15e	0,14C	0,25b	0,17cd	0,21B
	%75 PRD	0,20	0,12	0,16AB	0,30ab	0,22cd	0,26A	0,25b	0,15cd	0,20B
	%50 PRD	0,14	0,14	0,14BC	0,24bc	0,16de	0,20B	0,18c	0,13cd	0,16C
	<b>Ortalama</b>	0,17A**	0,13B	0,15b	0,25A**	0,20B	0,22a**	0,27A**	0,16B	
<b>2013-2014</b>	%100	0,23	0,15	0,19A**	0,28a**	0,20bc	0,24A**	0,42a**	0,25b	0,33A**
	%75 D	0,19	0,13	0,16BC	0,21bc	0,16cde	0,19B	0,25b	0,13c	0,19B
	%50 D	0,16	0,11	0,14D	0,12de	0,11e	0,12D	0,26b	0,17c	0,21B
	%75 PRD	0,22	0,14	0,18AB	0,24ab	0,17cd	0,21B	0,25b	0,16c	0,21B
	%50 PRD	0,17	0,13	0,15CD	0,21bc	0,11e	0,16C	0,17c	0,14c	0,16C
	<b>Ortalama</b>	0,19A**	0,13B		0,21A**	0,15B		0,27A**	0,17B	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01



**Çizelge 4.58.** Farklı sulama uygulamalarında yaprakta Pb, Co ve Cr değerleri

Yıl	Uygulama	Pb (mg/kg)			Co (mg/kg)			Cr (mg/kg)		
		Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama	Aritılmış Atık su	Temiz su	Ortalama
2013	%100	0,28	0,14	0,21A**	0,30	0,23	0,26A**	0,128a*	0,095bc	0,111A**
	%75 D	0,22	0,11	0,16BC	0,24	0,20	0,22B	0,116ab	0,063cde	0,089BC
	%50 D	0,21	0,09	0,15BC	0,22	0,16	0,19C	0,118ab	0,032e	0,075C
	%75 PRD	0,25	0,10	0,17B	0,25	0,19	0,22B	0,127ab	0,068cd	0,097B
	%50 PRD	0,21	0,08	0,14C	0,22	0,13	0,18C	0,113ab	0,048de	0,080C
	<b>Ortalama</b>	0,23A**	0,10B	0,17b	0,25A**	0,18B	0,21b	0,120A**	0,061B	0,091b
2014	%100	0,42a*	0,27b	0,34A**	0,33a**	0,23cd	0,28AB	0,192	0,091	0,137A*
	%75 D	0,30b	0,27b	0,29B	0,32ab	0,27bc	0,30A**	0,170	0,075	0,122AB
	%50 D	0,22b	0,19b	0,21C	0,22d	0,24cd	0,23C	0,170	0,034	0,102B
	%75 PRD	0,26b	0,22b	0,24BC	0,33a	0,25cd	0,29A	0,181	0,061	0,121AB
	%50 PRD	0,26b	0,23b	0,24BC	0,25cd	0,28bc	0,26B	0,171	0,044	0,107B
	<b>Ortalama</b>	0,29A**	0,23B	0,26a**	0,29A**	0,25B	0,27a**	0,175A**	0,061B	0,118a**
2013-2014	%100	0,35a*	0,20bcde	0,27A**	0,32a**	0,23c	0,27A**	0,155a**	0,093b	0,124A**
	%75 D	0,26b	0,19cdef	0,22B	0,28b	0,24c	0,26B	0,143a	0,069bc	0,106BC
	%50 D	0,22bcd	0,14f	0,18D	0,22cd	0,20d	0,21C	0,144a	0,033d	0,088D
	%75 PRD	0,25b	0,16def	0,20BC	0,29ab	0,22cd	0,25B	0,154a	0,065bc	0,109B
	%50 PRD	0,23bc	0,15ef	0,19CD	0,23c	0,21cd	0,22C	0,142a	0,046cd	0,094CD
	<b>Ortalama</b>	0,26A**	0,17B		0,27A**	0,22B		0,147A**	0,061B	

%100: Tam sulama; %75: %25 azaltılmış sulama; %50: %50 azaltılmış sulama D: Kısıntılı sulama; PRD: Kısmi kök kuruluğu sulama \* : P<0.05; \*\* : P<0.01

İki yıl arasında Co miktarında olan değişimde önemli bulunmuş ve denemenin ikinci yılında meyvede Co miktarı %57,1 artmıştır (Çizelge 4.57, **EK 46**). Yapraklarda Co miktarında ise farklı su kalitelerinde sadece 2014 yılında ve iki yılın ortalamasında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. En yüksek Co miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında elde edilmiş ve farklı grupta yer almıştır (Çizelge 4.58, **EK 47**). Her iki yılda da uygulamaların ve su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek Co miktarı uygulamaların ortalamasında 2013 yılında %100 tam sulanmış uygulamalarda, 2014 yılında ise %75 D uygulamalarında elde edilmiştir. Su kaynaklarının ortalamasında ise en yüksek Co miktarı arıtılmış atık su kaynağında belirlenmiştir. Yıllar arasında Co miktarında olan değişimde önemli bulunmuş ve Co miktarı yapraklarda %28,5 artmıştır (Çizelge 4.58, **EK 47**). Bitki dokularında Co miktarının 0,1-10 mg/kg arasında, domatesin meyve ve yapraklarında ise 0,62-2 mg/kg arasında, başka çalışmalarda 0,25-0,60 mg/kg arasında değiştiği bildirilmiştir (Shacklette 1980; Bakkaus *et al.* 2005; Bear *et al.* 2005).

Meyve ve yapraklarda Cr miktarı deneme yıllarında meyvede 0,12-0,44 mg/kg arasında, yapraklarda ise 0,032-0,192 mg/kg arasında değişmiştir (Çizelge 4.57, 4.58). Meyvede farklı su kalitelerinde her iki yılda ve iki yılın ortalamasında uygulamalar arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve en yüksek Cr miktarı her iki yılda ve iki yılın ortalamasında %100 arıtılmış atık su uygulamasında elde edilmiştir. Her iki yılda da uygulamaların ve su kaynağının ortalamaları arasındaki farklar da istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve uygulamaların ortalamasında en yüksek Cr miktarı %100 tam sulanmış uygulamalarda, su kaynağında ise atık su kaynağında elde edilmiştir (Çizelge 4.57, **EK 46**). Yapraklardaki Cr miktarında ise uygulamalar arasındaki farklar sadece 2013 yılında ve iki yılın ortalamasında farklı su kalitelerinde önemli bulunmuş, her ikisinde de en yüksek Cr miktarı %100 arıtılmış atık su uygulamasında belirlenmiştir. Her iki yılda da uygulamaların ve su kaynaklarının ortalamaları arasındaki farklar da istatistiksel olarak önemli bulunmuş ve uygulamaların ortalamasında en yüksek Cr miktarı %100 tam sulanmış uygulamalarda, su kaynağında ise atık su kaynağında elde edilmiştir. Yıllar arasında Cr miktarında olan değişim miktarı da istatistiksel olarak

önemli bulunmuş, denemenin ikinci yılında yapraklarda Cr miktarı %29,6 artmıştır (Çizelge 4.58, **EK 47**). Elmacı (1995) sanayi alanlarında yaptığı çalışmasında domates meyvesinin Cr miktarını, Mustafa Kemal Paşa yöresinde ortalama 1,89 mg/kg, Karacabey yöresinde ortalama 1,44 mg/kg ve Biga yöresinde ise ortalama 2,04 mg/kg belirlemiştir. Osmar *et al.* (2012) ise domates meyvesinde Cr miktarını 0,94-5,57 mg/kg arasında belirlemişlerdir.

Genel olarak bitkide iz elementler ve ağır metal miktarları incelendiğinde, denemenin ikinci yılında çoğu elementin bitkinin meyvesinde ve yapraklarında artmış olduğu görülmüştür. Fe miktarı denemenin ikinci yılında meyvede azalırken, yapraklarda artmıştır. B miktarının denemenin ikinci yılında hem meyve hem de yapraklarda artma göstermiştir. Toplam N'un yıllar arasında değişimi incelendiğinde meyvede artarken, yapraklarda değişmediği görülmüştür. Mg miktarları yapraklarda daha fazla olmuştur. Ayrıca yıllar arasında Mg miktarında olan değişimler yapraklarda önemli olurken meyvede çok fazla değişmediği görülmüştür. K miktarının yaprak ve meyvelerde denemenin ikinci yılında artış gösterdiği gözlenmiştir. Na miktarı denemenin ikinci yılında sadece yapraklarda artış göstermiştir. Meyvelerde Zn miktarı yapraklardan daha fazla olmuştur. Meyvelerde Zn miktarı denemenin ikinci yılında azalış gösterirken, yapraklarda artmıştır. Cu miktarı yapraklarda denemenin ikinci yılında artmıştır. Denemenin ikinci yılında Mn miktarı yapraklarda azalırken, meyvede değişiklik olmamıştır. Meyve ve yapraklarda Cd, Ni ve Co miktarı denemenin ikinci yılında artış göstermiştir. Yapraklarda Cr miktarının denemenin ikinci yılında arttığı gözlenmiştir. Denemenin ikinci yılında Pb miktarı meyvede azalırken, yapraklarda artmıştır. Ca miktarı meyvede ikinci sene azalırken, yapraklarda çok fazla değişmemiştir. Araştırmacılar sebzelerde, yaprakların ağır metal miktarının, kök ve yumru ağır metal miktarına göre yüksek olduğunu ve diğer organlara göre meyvede ise ağır metal miktarlarının en az düzeyde bulunduğunu bildirmişlerdir (Fritz *et al.* 1976; Bergmann 1993). Meyve ve yaprakta elde edilen bu bulgular toprak element miktarında ve su kalitelerinde olan değişimlerle ilişkilendirilebilir. Denemenin ikinci yılında toprakta da Ca, Mn, Fe, Cu, Na gibi elementlerin azaldığı, su kalitelerinde ise bazı değerlerin ilk yıldan daha az olduğu görülmüştür. Denemede, arıtılmış atık su uygulamalarında elde

edilen element miktarı değerlerinin genellikle temiz su uygulamalarından daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca, tam sulanan uygulamalarda değerlerin PRD ve D uygulamalarına göre daha fazla olduğu görülmüştür. PRD ve D uygulamaların da ise değerler benzerlik göstermiştir. Ancak, deneme yıllarında her iki su kalitesi uygulamalarında domates bitkisinin meyve ve yapraklarında hiçbir elementte bitkiye toksik olabilecek düzeyde bir birikim olmamıştır. Nitekim denemede kullanılan her iki su kalitesinde de iz element ve ağır metal miktarlarının (Cd, Co ve Cr hariç) sulama suyunda istenilen sınır değerleri aşmadığı tespit edilmiştir (Çizelge 4.7, 4.8). Domates bitkisinde Ni meyvede 2 mg/kg'da, yapraklarda 0,4 mg/kg'da, Cd meyvede (taze ağırlık) 0,05 mg/kg'da, yapraklarda 6 mg/kg'da, Pb meyvede (taze ağırlık) 0,1 mg/kg'da, yapraklarda 5 mg/kg'da toksik etki oluşturmaya başlamaktadır (Fritz *et al.* 1976; Kabata- Pendias and Pendias 1992; Schatchabel *et al.* 1995; Anonymous 2006). Bergmann (1993)'de domates bitkisinde ağır metallerin oransal birikiminin çok düşük olduğunu bildirmektedir. Al-Lahham *et al.* (2007) yapmış oldukları iki yıllık bir çalışmada farklı su kaliteleri ile domates bitkisi yetiştirmiş ve çalışmanın sonucunda atık su ile yetişen domates bitkilerinde ağır metal birikiminin önemli düzeyde olmadığını ve domates yetiştiriciliğinde atık suların kullanılabilirliğinin mümkün olduğunu bildirmişlerdir. Fan *et al.* (2011) yapmış oldukları çalışmada dört farklı su kaynağı kullanarak domates yetiştirmişler ve çalışmanın sonunda domates meyvesinde Ca, Cu ve Zn miktarının azaldığını, Pb, Mo ve Cr miktarını arttırdığını bildirmişlerdir. AbdelRahman *et al.* (2011) atık su ve yeraltı suyu kullanarak yapmış oldukları çalışmada mısır bitkisi yetiştirmişler ve çalışmalarının sonucunda atık suların mısır bitkisinde sadece N miktarını arttırdığını, K, P, Ca, Mg, Fe, S, B, Zn, Cu ve Mn miktarlarını ise etkilemediğini ve iki su çeşidi arasında önemli fark oluşturmadığını bildirmişlerdir. Rai and Tripathi (2008) birçok bitki çeşidi ile yaptıkları çalışmada, bitkileri atık su ile sulamışlar ve çalışmanın sonucunda atık suların bitkilerde Cd, Cr, Cu ve Zn gibi ağır metal miktarını arttırdığını ancak domates bitkisinde bu elementlerin diğer bitkilerden daha az saptandığını bildirmiştir. Kiziloglu *et al.* (2008) yapmış oldukları çalışmada, atık suların karnabar ve kırmızı lahana bitkilerinde verimin yanı sıra N, P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu, Pb, Ni ve Cd miktarlarını da arttırdığını bildirmişlerdir. Barghour *et al.* (2001) patates bitkisinde; Millis *et al.* (2004) marul bitkisinde, Gardea-Torresdey *et al.* (2004) ise sarmaşık bitkisinde yapmış oldukları

çalışmalarda su kalitesine bağlı olarak bitkilerde ağır metal birikiminin attığı bildirilmiştir. Abdel-Sabour and Rachie (2003) atık sular ile yaptıkları çalışmada sebze bitkilerinde ağır metal miktarlarının (Zn, Cu, Ni, Pb, Cd ve Co) zellikle yapraklarda artış gösterdiğini bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise atık suların bamy ve domates bitkilerinde Pb, Zn ve Cd miktarlarını arttırdığı bildirilmiştir (Fatoba *et al.* 2012). Zavadil (2009) yapmış olduğu çalışmada atık su ile birçok bitki yetiştirmiş ve çalışmanın sonucunda atık suyun, marul, turp, havuç ve patates bitkilerinde ağır metal miktarlarını arttırmadığını bildirmiştir. Tunç (2013) ise atık suların karnabahar ve kırmızı lahana bitkilerinde ağır metal miktarlarını bir miktar arttırdığını bildirmiştir.

Birçok çalışmayla açıklandığı gibi atık suların bitki element miktarları üzerinde etkili olduğu ve bazısını arttırırken bazı element miktarlarını dşurdğu bildirilmektedir. Dolayısıyla bu çalışmada bitki element miktarları ile ilgili elde edilen bulguların yapılan çalışmaların sonuçlarıyla uyumlu olduğu görülmektedir. Ayrıca, domates bitkisinin kalite parametrelerine etki eden birçok etmen bulunmaktadır. Bunlara rnek genetik, iklim (oransal nem, ışık, sıcaklık, CO<sub>2</sub>), bitki besleme, sulama, hasat zamanı ve hasat sonrası işlemler verilebilir (zkan 2008). Çalışmada elde edilen bulgulara bu faktörlerin etkili olduğu da düşünülmektedir.

## 5. SONUÇ

Bingöl ili koşullarında yapılan bu çalışmada, Bingöl ili kentsel arıtılmış atık sularının temiz suyla (bölgede sulamada kullanılan su) kıyaslanarak domates yetiştiriciliğinde kullanılabilirliği farklı sulama uygulamaları (%100 tam sulama, %75 kısıntılı sulama, %50 kısıntılı sulama, %75 kısmi kök kuruluğu sulaması ve %50 kısmi kök kuruluğu sulaması) dikkate alınarak araştırılmıştır. Arıtılmış atık suların toprakların fiziksel, kimyasal ve hidrolik özellikleri, domates bitkisinin su tüketimi, su kullanım etkinliği, gelişimi, verimi, ürün özellikleri ve kalitesi ile ağır metal miktarlarına etkisi araştırılmış ve aşağıdaki sonuçlara ulaşılmıştır.

Denemede kullanılan arıtılmış atık sular EC, pH ve SAR yönünden herhangi bir sorun oluşturmamaktadır. EC ve SAR sınıflamasına göre tuzluluk için yıkama gereksinimine ve sodyumluluğa karşı da herhangi bir toprak yapısını iyileştirici uygulamasına ihtiyaç duyulmamıştır. Askıda katı madde (AKM), Toplam N, Toplam P, fekal koliform, kimyasal oksijen ihtiyacı (KOİ) ve biyolojik oksijen ihtiyacı (BOİ<sub>5</sub>) gibi ölçütlere göre; denemede kullanılan arıtılmış atık suyun AKM değerleri sınır değerleri aşmamıştır. Arıtılmış atık suların toplam N ve toplam P değerleri de sınır değerlerin altında belirlenmiştir. Denemede kullanılan arıtılmış atık sularda dezenfeksiyon işlemi yetersiz olduğundan, yapılan mikrobiyolojik analizler sonucunda fekal koliform saptanmıştır. Çiğ yenilen bitkilerde fekal koliform insan sağlığı açısından problem oluşturmaktadır. Bu nedenle sulama amaçlı kullanılan atık sularda mutlaka kademeli arıtım ve klorlama yapılması gerekmektedir. Ancak bu çalışmada, arıtılmış atık suda fekal koliform miktarı çiğ tüketilen sebze ve meyvelerde izin verilen sınır değerin (1000 fcu/100 ml) altında olduğundan risk yaklaşımıyla herhangi bir uygulama yapılmamıştır. Denemede kullanılan arıtılmış atık suların KOİ ve BOİ<sub>5</sub> değerleri sınır değerlerin altında bulunmuştur. Sularda bitki toksitesi açısından en önemli iyonlar olan B, Cl ve Na ile ağır metal konsantrasyonları incelendiğinde, konsantrasyonların sınır değerlerin altında olduğu belirlenmiştir. Ancak Cr, Co ve Cd konsantrasyonları sulama sularında izin verilebilen maksimum sınır değerlerin üzerinde bulunmasına rağmen, Co ve Cr için

sınıflandırma ölçütleri dikkate alındığında deneme topraklarının tekstür ve pH'sına göre uzun yıllar sorunsuzca kullanılabilir özellikte olduğu anlaşılmaktadır. Cd konusunda ise uzun süre kullanımlarda riskin söz konusu olabileceği söylenebilir. Ancak çalışmada toprak ve bitkide belirlenen Cd miktarlarının sınır değerlerin altında bulunmasından dolayı arıtılmış atık sularda Cd miktarının fazla olmasının sulama açısından sıkıntı oluşturmayacağı düşünülmektedir. Belirlenen bu kalite parametrelerine göre denemede kullanılan arıtılmış atık suların kısa vadede tarımsal sulama için sorun oluşturmayacağı açıktır.

2013 ve 2014 yıllarında hasat sonrası 0-30, 30-60 ve 60-90 cm toprak tabakalarında belirlenen EC, pH, organik madde,  $\text{CaCO}_3$ , değişebilir sodyum yüzdesi (ESP), toplam azot (TN), alınabilir fosfor ( $\text{P}_2\text{O}_5$ ) ve potasyum ( $\text{K}_2\text{O}$ ) değerleri, bazı iz element ve ağır metal miktarları incelendiğinde; deneme sürecinde pH ve tuzluluk değerlerinin çok fazla değişmediği görülmüştür. Arıtılmış atık su uygulamalarında EC değerleri, temiz su uygulamalarında ise pH değerleri daha fazla belirlenmiştir. Tuzluluk %100 tam sulama uygulamasında daha yüksek, kısmi kök kuruluğu (PRD) ve kısıntılı sulama (D) uygulamalarında daha düşük olmuştur. pH değerleri ise genellikle PRD ve D uygulamalarında daha yüksek, tam sulama uygulamalarında daha düşük belirlenmiştir. Topraklarda organik madde, kireç ( $\text{CaCO}_3$ ) ve ESP değerleri incelendiğinde; denemede organik madde miktarının tüm toprak tabakalarında artmış olduğu görülmüştür. Sulama uygulamalarına göre organik madde en fazla tam sulanmış uygulama koşullarında ve arıtılmış atık su uygulamalarında olurken, PRD ve D uygulamalarında artışlar benzer olmuştur. Çalışmada denemeler öncesi kireç miktarı dikkate alındığında denemede kullanılan arıtılmış atık suyun toprağın kireç miktarını çok fazla etkilemediği görülmüştür. Kireç miktarı genel olarak temiz su uygulamalarında daha fazla olmuş, PRD ve D uygulamaları birbirine paralellik göstermiştir. ESP değerleri deneme öncesi değerlere göre artmış ancak denemenin ikinci yılında azalmış, sulama uygulamalarına göre en fazla %100 tam sulama uygulamalarında, en düşük ise PRD ve D uygulamalarında belirlenmiştir. Toplam azot,  $\text{K}_2\text{O}$  ve  $\text{P}_2\text{O}_5$  artışı arıtılmış atık suyla sulanan parsellerde ve üst toprak tabakasında daha fazla olmuştur. Ayrıca, sulama uygulamalarına göre en fazla artışlar tam sulanmış uygulamalarda olurken, PRD ve D

uygulamalarının benzerlik gösterdiği gözlenmiştir. Genel olarak toprakların kimyasal özellikleri ile ilgili sonuçların uygun sınırlar içinde kaldığı görülmüştür. Bu çalışmada, arıtılmış atık su uygulamalarının toprakların verimlilik özelliklerinin değerlendirilmesinde ve gübreleme programlarının oluşturulmasında önemli ölçütler olan parametreler üzerine pozitif bir etkisinin olduğu söylenebilir.

Toprağın hidrolik özelliklerinden tarla kapasitesi ve solma noktasında tutulan su miktarları ile yarayışlı su miktarlarında arıtılmış atık su uygulamalarında deneme öncesine göre artışlar gözlenmiştir. Deneme sonunda sabit infiltrasyon hızının arıtılmış atık su uygulamalarında muhtemelen sudaki askıda katı maddeden dolayı deneme öncesi değerlere göre azaldığı belirlenmiştir. Sulama suyu uygulamalarına göre en fazla azalış %100 tam sulama uygulamasında olurken PRD ve D uygulamalarında benzerlik görülmüştür. Kütle, tane yoğunluğu, porozite ve agregat stabilitesi gibi fiziksel özellikler incelendiğinde de, denemenin sonunda kütle yoğunluğu değerlerinin tüm uygulamalarda deneme öncesi değerlere göre azaldığı, tane yoğunluğu, porozite ve agregat stabilitesi değerlerinin arıtılmış atık su uygulaması koşullarında arttığı gözlenmiştir. Arıtılmış atık su uygulamalarında bu artışların suyun organik ve mikrobiyolojik özelliklerinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çalışmada ağır metallerin ve iz elementlerin genel olarak arıtılmış atık suyla sulanan topraklarda deneme öncesine göre arttığı gözlenmiştir. Sulama uygulamalarına göre ise değerler genel olarak tam sulama uygulamalarında yüksek, PRD ve D uygulamalarında düşük ve benzer olmuştur. Çalışmada arıtılmış atık suların toprakların ağır metal ve iz element miktarlarını arttırdığı ancak kısa vadede olumsuz bir etki oluşturmadığı görülmüştür.

Domates bitkisinin hesaplanan sezonluk bitki su tüketimi incelendiğinde, en düşük su tüketimi 407,2 mm ile %50 D arıtılmış atık su uygulamasında, en yüksek su tüketimi ise 678 mm ile %100 temiz su uygulamasında belirlenmiştir. Genel olarak arıtılmış atık su uygulamalarında daha düşük, temiz su uygulamalarında daha yüksek bitki su tüketimi değerleri gözlenmiştir. Arıtılmış atık su uygulamalarında daha düşük su tüketim



değerlerinin uygulanan suyun kalitesinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Özellikle arıtılmış atık sudaki Cd gibi ağır metallerin fazlalığı stoma iletkenliğini etkileyerek su tüketimini değiştirmiş olabilir.

Kullanılan suyun kalitesi, sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ve su kullanma etkinliğini (WUE) önemli düzeyde etkilemiş, en yüksek değerler arıtılmış atık su uygulamalarında belirlenmiştir. Kısıntılı sulama ve kısmi kök kuruluğu uygulamalarının IWUE ve WUE değerleri %100 tam sulama uygulamalarına göre daha yüksek bulunmuştur. PRD ve D uygulamaları %75 ve %50 sulama düzeylerinde istatistiksel olarak benzer IWUE ve WUE değerleri sağlamıştır. İki yıllık ortalama değerlere göre istatistiksel olarak en yüksek IWUE %50 PRD, WUE değeri ise %50 D uygulamalarında belirlenmiştir. Arıtılmış atık sularda su verimliliğinin daha iyi olması, arıtılmış atık suların toprakların özelliklerini olumlu yönde etkileyerek verimi artırıcı pozitif etki sağlamasından kaynaklanmış olabilir.

Uygulamalarının bitkisel verim ve kalite parametreleri üzerine etkisi incelendiğinde, genel olarak arıtılmış atık su uygulamalarının bitki verimini olumlu yönde etkilediği görülmüştür. %100 arıtılmış atık su uygulaması %100 temiz suya göre verimi %2,8 artırmıştır. Arıtılmış atık su uygulaması koşullarında PRD ve D uygulamalarında verim her iki yılda da temiz su uygulamalarına göre daha fazla olmuştur. Arıtılmış atık suyun uygulandığı koşullarda %75 PRD uygulaması temiz suyla sulanan %75 PRD uygulamasına göre verimi %22,6 artırmıştır. Uygulamalar arasında verim sıralaması %100, %75 PRD, %75 D, %50 PRD ve %50 D şeklinde olmuştur. Sonuçlar arıtılmış atık suların ve farklı sulama uygulamalarının domates bitkisinin verimini önemli düzeyde etkilediğini göstermiştir.

Verimi etkileyen parametreler olan ortalama meyve ağırlığı ve meyve sayısı değerleri incelendiğinde, ortalama meyve ağırlığının genel olarak arıtılmış atık su uygulamaları ve %100 tam sulama uygulamalarında daha fazla olduğu görülmüş, PRD ve D uygulamaları benzerlik göstermiştir. Bitki başına meyve sayısı, ortalama meyve ağırlığı ve toplam verim arasındaki ilişkiler incelendiğinde, ortalama meyve ağırlığı ile toplam

verim arasında ve yine aynı şekilde bitki başına meyve sayısı ve toplam verim arasında doğrusal ve çok önemli ilişkiler bulunmuştur. Dolayısıyla arıtılmış atık suyla sulanan uygulamalarda ortalama meyve ağırlığı ve meyve sayısı değerlerinin daha fazla belirlenmesi veriminde daha fazla olmasını sağlamıştır. Ancak meyve sertliği ise genel olarak arıtılmış atık su uygulamalarında daha düşük saptanmıştır. Meyve büyüklüğü ve meyve eti sertliği arasında negatif ve önemli bir ilişki belirlenmiştir.

Büyümenin değerlendirilmesi kapsamında dikimden sonra yapılan bitki boyu, gövde çapı ve yaprak sayısı su kaliteleri açısından değerlendirildiğinde arıtılmış atık su uygulamalarında bitki boylarının temiz su uygulamalarına göre daha fazla olduğu gözlenmiştir. Bitki boyu, gövde çapı ve yaprak sayısının toplam verimle olan ilişkileri incelendiğinde toplam verim ile bitki boyu, gövde çapı ve yaprak sayıları arasında doğrusal ve önemli ilişkiler olduğu görülmüştür. Bu durumda bitkide gelişme parametrelerinin verim üzerinde etkisinin önemli olduğu sonucu bir kez daha ortaya konmuştur.

Deneme yıllarında yaprakların kuru madde miktarları ve yaprak oransal su içerikleri incelendiğinde temiz su uygulamalarında en yüksek kuru madde miktarları elde edilmiştir. Yaprak oransal su içeriklerinde su kaliteleri açısından değerlerin çok fazla değişmediği görülmekle birlikte, sulama miktarlarına göre yaprak oransal su içerikleri değişmiştir. En yüksek değerler %100 tam sulanan uygulamalarda belirlenirken, en düşük değerler PRD uygulamalarında bulunmuştur. Evapotranspirasyon ile yaprak oransal su içeriği arasında pozitif ve çok önemli ilişkiler elde edilmiştir. Su kısıntılarında bitkilerde yaprak oransal su içeriğinin düştüğü gözlenmiştir. Ayrıca yaprak oransal su içeriği ile toplam verim arasında da pozitif ve önemli ilişkiler bulunmuştur.

Meyve kalitesi ile ilgili olarak domateste EC, pH, titre edilebilir asitlik (TA), kuru madde ve suda çözünebilir kuru madde (SÇKM), C vitamini ve likopen değerlerinin uygulamalara bağlı olarak değiştiği gözlenmiştir. Sulama uygulamalarına göre en yüksek değerler %100 tam sulanmış uygulamalarda, düşük değerler ise PRD ve D

uygulamalarında belirlenmiş ancak meyve suyunda EC'nin değişmediği, pH'ın ise nispeten azaldığı gözlenmiştir. Domates meyvelerinde iki yılın ortalamasına göre en yüksek TA değerleri tam sulanan uygulamalarda, en düşük ise PRD ve D uygulamalarında belirlenmiştir. Arıtılmış atık suyun kullanıldığı tam sulama uygulamalarında meyvede kuru madde ve SÇKM miktarları diğer uygulamalara göre daha düşük belirlenmiştir. Ayrıca, arıtılmış atık suların meyvede toplam kuru madde ve SÇKM miktarını çok fazla etkilemediği gözlenmiştir. Deneme yıllarında meyve suyunda belirlenen C vitamini ve likopen değerleri en yüksek %100 tam sulanmış uygulamalarda, en düşük ise PRD uygulamalarında belirlenmiştir. C vitamini ve likopen değerlerinin arıtılmış atık su uygulamalarında daha yüksek olduğu gözlenmiştir. Dolayısıyla, bu çalışmadan çıkan sonuçlara göre arıtılmış atık suların meyve kalite parametreleri üzerinde önemli etkilerinin olduğu söylenebilir.

Genel olarak bitkide iz elementler ve ağır metal miktarları incelendiğinde, denemenin ikinci yılında çoğu elementin bitkinin meyvesinde ve yapraklarında artmış olduğu görülmüştür. Yapraklarda iz element ve ağır metal miktarları genellikle meyvelerden daha fazla bulunmuştur. Denemede arıtılmış atık su uygulamalarında element miktarlarının nispeten daha fazla olduğu belirlenmiştir. Ayrıca tam sulanan uygulamalarda değerlerin PRD ve D uygulamalarına göre daha fazla olduğu görülmüştür. PRD ve D uygulamaların da ise değerler benzerlik göstermiştir. Arıtılmış atık su uygulamalarında domates bitkisinin meyve ve yapraklarında hiçbir elementte bitkiye toksik olabilecek düzeyde bir birikim olmamış ve sınır değerlerin altında belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen bulgulara göre arıtılmış atık su ve farklı sulama uygulamalarının hem toprağın hem de bitkinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinde değişiklikler meydana getirdiği ancak bu değişimlerin kısa vadede kontrol edilebilecek ve emniyetli olabilecek seviyelerde olduğu görülmüştür. İki yıllık bu çalışmada arıtılmış atık su uygulamalarında bitki veriminin artması yanında, bazı iz element ve ağır metal miktarlarının bitkide az da olsa arttığı gözlenmiştir. Kısa vadede olumsuz etkilere neden olmasa da uzun yıllar arıtılmış atık su ile sulama yapılması durumunda toprakta ve

bitkide ağır metal miktarlarında artış beklenebilir. Özellikle atık sularda Cd'nin yüksek olması bir risk olarak görülebilir. Çünkü Cd artışına bağlı olarak insan sağlığı açısından birçok organda ve merkezi sinir sisteminde ciddi sorunlar yaşanabilmektedir. Dolayısıyla uzun süreli kullanımlarda atık sularda toksik etki yapabilecek elementlerin ve patojenik mikroorganizmaların bulunması nedeniyle, sularda arıtım ve dezenfeksiyon işlemlerinin zorunlu yapılması ve ürünlerin tüketiminde sağlık koşullarına uygun önlemler (ör. yıkama) alınması yararlı olacaktır. Ayrıca arıtılmış atık suların su kalite analizleri izlenmeli, toprakların fiziksel, hidrolik ve kimyasal özellikleri ile bitki ve insan sağlığı açısından ağır metal miktarlarının takip edilmesi önemlidir.

Bingöl ili atık su arıtma tesisinde sadece fiziksel arıtımın yapılmasından dolayı mikrobiyal kirlenmenin sınır değerleri aşmasa da risk oluşturabileceği düşünülmektedir. Bu nedenle arıtma tesisinde arıtımın son aşaması olan dezenfeksiyon işleminin yapılması veya tarla koşullarında uygulama öncesi uygun dozlarda klorlama yapılması önerilebilir.

İki yıl yürütülen bu çalışmada, giderek temiz su kaynakları üzerinde baskının arttığı günümüz koşullarında sulama suyu gereksinimini karşılamak amacıyla yüksek su verimliliği ve bitki verimi sağlamasından dolayı Bingöl ili arıtılmış atık sularının farklı sulama uygulamaları (kısmi kök kuruluğu ve kısıntılı sulama) ile yine Bingöl koşullarında domates bitkisinin sulanmasında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır. Özellikle verim açısından bakıldığında PRD uygulamaları D uygulamalarından daha öncelikli tercih edilebilir.

**KAYNAKLAR**

- Abdelrahman, H.A., Alkhamisi, S.A., Ahmed, M. and Ali, H., 2011. Effects of treated wastewater irrigation on element concentrations in soil and maize plants. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 42, 2046-2063.
- Abdel-Sabour, B.A. and Rachie, F.H., 2003. Accumulation of heavy metals in vegetable plant grown in mostrod area. *Egypt Journal of Soil Science*. 43 (1), 63-76.
- Ahmadi, S.H., Plauborg, F., Andersen, N.M., Sepaskhah, A.R. Jensen, C.R., Hansen, S., 2011. Effects of irrigation strategies and soils on field grown potatoes: Root distribution. *Agricultural Water Management*, 98, 1280-1290.
- Aiello, R., Cirelli, G.L., Consoli, S., 2007. Effects of reclaimed wastewater irrigation on soil and tomato fruits: A case study in Sicily (Italy). *Agricultural Water Management*, 93, 65-72.
- 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, 250-254.
- 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, 51-62.
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D. And Smith, M., 1998. *Crop Evapotranspiration Guidelines For Computing Crop Water Requirements*. FAO Irrigation and Drainage Paper, No. 56, FAO, Rome.
- Allison, L.E., Moodie C.D., 1965. Carbonate, In: C.A. Black (Ed.), *Methods Of Soil Analysis*, Part 2, Agronomy. 9, 1379-1400. USA.
- Alpaslan, M., Güneş, A., İnal, A., Aktaş, M., 1999. Akdeniz bölgesi seralarında yetiştirilen bitkilerin beslenme durumlarının incelenmesi II. Domates, hıyar ve patlıcan bitkilerinin beslenme durumları. *Tarım Bil. Derg.* 7, 21-22.
- 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.
- Al-Shammiri, M., Al-Saffar, A., Bohamad, S., Ahmed, M., 2005. Waste water quality and reuse in irrigation in kuwait using microfiltration technology in treatment. *Desalination*, 185 (1-3), 213-225.
- Altan, E., 1998. İçme ve Sulama Suyu Analiz Yöntemleri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Yayın No: 18. Ankara.
- Altunbey, H., 2005. Fasulyenin Tam ve Yarı Islatmalı Toprakaltı Damla Sulamaya Tepkisi. (Y.Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş.
- Annabi, M., Houot, S., Francou, C., Poitrenaud, M., Le Bissonnais, Y., 2007. Soil aggregate stability improvement with urban composts of different maturities. *Soil Science Society of America Journal*, 71 (2), 413-423.
- Anonim, 1991. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete, Sayı: 20747, Ankara.
- Anonim, 2003. Birleşmiş Milletler Su İstatistikleri. <http://www.un.org.tr/v3/vp/ana-sayfa.php>

- Anonim, 2004. Su Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete, 2004.
- Anonim, 2005. Toprak Kirliliği Kontrolü Yönetmeliği. Resmi Gazete, 2005.
- Anonim, 2006. Bingöl İl Çevre Durum Raporu. Çevre ve Orman Bakanlığı.
- Anonim, 2008. Domates Yetiştiriciliği. Megep, Milli Eğitim Bakanlığı.
- Anonim, 2010. Atık Su Arıtma Tesisleri Teknik Usuller Tebliği, Resmi Gazete, 2010.
- Anonim, 2013a. Bingöl İli 2013 Yılı Çevre Durum Raporu. Bingöl Çevre ve Şehircilik Müdürlüğü, Bingöl.
- Anonim, 2013b. Tarım İl Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2014a. Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Anonim, 2014b. Türkiye’de Suyun Durumu ve Su Yönetiminde Yeni Yaklaşımlar: Çevresel Perspektif. Doğa Koruma Merkezi. Erişim: [www.tbcsd.org](http://www.tbcsd.org)  
[www.dkm.org.tr](http://www.dkm.org.tr)
- Anonim, 2015a. Meteoroloji Genel Müdürlüğü. Ankara
- Anonim, 2015b. Türkiye İstatistik Kurumu, Ankara.
- Anonymous, 1993. EPA. U.S. Method 1687, Environmental Protection Agency Office of Water Office of Science and Technology Engineering and Analysis Division (4303) 1200 Pennsylvania Ave. NW Washington, D.C. 20460.
- Anonymous, 2000. World Headquarters SAS Institute Inc. 100 SAS Campus Drive Cary, NC 27513-2414, USA. Web: [www.sas.com/en\\_us/home.html](http://www.sas.com/en_us/home.html)
- Anonymous, 2006. Setting Maksimum Levels of Contaminants in Foodstuff. EU Commission Regulations (EC) No:1881/2006 L 364/5.
- Anonymous, 2011. Water: Our Future. Future Directions International Desborough House Suite 2, 1161 Hay Street West Perth WA 6005, Australia.
- Anonymous, 2012a. 2030 Water Resources Group. Background, Impact and the Way Forward. Briefing report prepared for the World Economic Forum Annual Meeting 2012 in Davos-Klosters, Switzerland.
- Anonymous, 2012b. Standard Methods for The Examination of Water and Wastewater, 22th edition.
- Apha, 1995. Standard Methods. 19<sup>th</sup> Edition. American Public Health Association, Washington, DC.
- Arcak, S., Karaca, A. and Haktanir, K., 2000. Investigations on sewage sludges: chemical composition and effects on some chemical properties of soil. Proceedings of International symposium on desertification (ISD), 339-344 p, 13-17 Haziran, 2000, Konya.
- Ashraf, M., Saeed, M.M. and Ashfaq, A., 2004. Effect of sulfurous acid generator treated water on soil physico-chemical properties and crop yields. Sarhad Journal of Agriculture, 20, 563-570.
- Aşık, B.B., Katkat, A.V., 2005. Gıda sanayi arıtma tesisi atık suyunun sulama suyu olarak kullanım olanağı. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19 (2), 23-31.
- Ateş, K., 2014. Bingöl İli Ekolojik Şartlarına Uygun Sofralık Domates Çeşitlerinin Belirlenmesi. (Y.Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Bingöl Üniversitesi, Bingöl.
- Aydiner, E., 2011. Topraksız Tarımda Yetiştirme Ortamının Farklı Nem Düzeyinde Yapılan Sulamaların Sera Domateslerinde Verim ve Kaliteye Etkileri. (Y.Lisans tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Ege Üniversitesi İzmir.

- Ayers, R.S and Tanji, K.K., 1981. Agronomic aspect of crop irrigation with wastewater. Proc. Spec. Conf., Water Forum, 81 (1), 578-586.
- Ayers, R.S. and Westcot, D.W., 1985. Water Quality for Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 29 (Rev 1), Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Ayyıldız, M., 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Yayınları:1196, Ankara.
- Baghour, M., Moreno, D.A., Hernandez, J., Castilla, N., Romero, L., 2001. Influence of root temperature on phytoaccumulation of As, Ag, Cr, and Sb in potato plants (*Solanum tuberosum L. var. Spunta*). J. Environ. Sci., Health-Part A: 36, 1389-1401.
- Bahar, E., 2008. Organik Tarım Koşullarında Damla Sulama Yöntemi İle Sulanan Domates Bitkisinin A Sınıfı Buharlaştırma Kaplarından Yararlanarak Sulama Programının Oluşturulması. (Y.Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.
- Bakkaus, E., Gouget, B., Gallien, J.P., Khodja, H., Carrot, F., Morel, J.L., Collins, R., 2005. Concentration and distribution of cobalt in higher plants: The use of micro-PIXE spectroscopy. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research B., 231, 350-356.
- Balçın, M. ve Güleç, H., 1998. Tokat Yöresinde Açık Su Yüzeyi Buharlaşmasından Yararlanarak Domates Bitkisinin Sulanması. Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1999. T.C. Başbakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü APK Daire Başkanlığı Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Şube Müdürlüğü Yayınları No:108. Ankara.
- Bauder, T.A., Davis, J.G., Waskom, R.M., 2007. Irrigation Water Quality Criteria. Extension Fact Sheet No. 0.506,1-5.
- Bear, F.E. Stephen, J.T. and Arthur, L.P., 2005. Variation in mineral composition of vegetables. Soil Science Society of America Proceedings, 13, 380-384.
- Bedbabis, S., Rouina, B.B., Boukhris, M., Ferrara, G., 2014. Effect of irrigation with treated wastewater on soil chemical properties and infiltration rate. Journal of Environmental Management, 133, 45-50.
- Beeson, K.C., 1941. The Mineral Composition of Crops with Particular Reference to The Soils in Which They Were Grown. United States Department of Agriculture Miscellaneous Publication, No:369.
- Belmonte M., Hsieh, C.F., Figueroa, C., Campos, J.L, Vidal, G., 2011. Effect of free ammonia nitrogen on the methanogenic activity of swine wastewater. Electronic Journal of Biotechnology, 14 (3), 1-9.
- Bergmann, W., 1993. Nutritional Disorders of Cultural Plants. ZB MED Nutrition Environment Agriculture. Stuttgart.
- Black, C.A., 1965. Methods of Soil Analysis, Part I. No:910, American Society Of Agronomy Inc, Publisher Modison, Wisconsin U.S.A.
- Boer, G.J. and Reisenauar, H.M., 1973. DTPA as an extractant of available soil iron. Conn. In soil Science and Plant Analysis, 4 (2), 121-128.
- Bouwer, H., Idelovitch, E., 1987. Quality requirements for irrigation with sewage water. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 113 (4), 516- 535.

- Bouyoucos, G.S., 1951. Recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy Journal*, 43, 434-448.
- Campos, C.A.B., Fernandes, P.D., Gheyi, H.R., Blanco, F.F., Goncalves, C.B., Campos, S.A.F., 2006. Yield and fruit quality of industrial tomato under saline irrigation. *Sci. Agric.*, 2, 63-69.
- Canbolat, M.Y., Hanay, A., Anapalı, Ö., 1996. Aralık ilçesi rüzgar erozyon alanı sorunlu topraklarına organik atık materyal uygulamasının etkileri. *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Dergisi*, 27 (3), 448-460.
- Cemek B., Apan M., Demir Y., Kara T., 2005. Sera koşullarında farklı sulama suyu miktarlarının hıyar bitkisinin büyüme, gelişme ve verimi üzerine etkisi. *OMÜ Zir. Fak. Dergisi*, 20 (3), 27-33.
- Cemeroğlu, B., 2010. Gıda Analizleri. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları, No:34, Ankara.
- Cetin, Ö., Yıldırım, O., Uygan, D., Boyacı, H., 2002. Irrigation scheduling of drip-irrigated tomato using class a pan evaporation. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 26 (4), 171-178.
- Chapagain, B.P., Wiesman, Z., Zaccari, M., Imas, P., Magen, H., 2003. Potassium chloride enhances fruit appearance and improves quality of fertigated greenhouse tomato as compared to potassium nitrate. *J. Plant Nutr.*, 26, 643-658.
- Chartzoulakis, K., Psarras, G., Moutsopoulou, M. and Stefanoudaki, E., 2010. Application of olive mill wastewater to a cretan olive orchard: effects on soil properties, plant performance and the environment. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 138, 293-298.
- Cicek, A., Karaman, M.R., Turan, M., Gunes, A., Cigdem, A., 2013. Yield and nutrient status of wheat plant (*T. aestivum*) influenced by municipal wastewater irrigation. *Food, Agriculture and Environment (JFAE)*, 11 (1), 733-737.
- 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.
- Çakır, R., Gidirişlioğlu, A., Tok, H.H., Avşar, F., Ekinci, H., Yüksel, O., 1997. Kirli nehir sularının entisol ordosuna ait toprağın bazı özelliklerine ve ayçiçeği bitkisinin gelişmesine etkileri. I. Trakya Toprak ve Gübre Sempozyumu, 183-190, Tekirdağ.
- Çakmakçı, T., 2011. Atık Su Uygulamalarında Ağır Metal Akümülatörü Olarak Kanola'nın (*Brassica Napus L.*) Etkinliği. (Y.Lisans Tezi). Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Çay, Ş., 2013. Konya Kentesel Atık Sularının Tarımsal Sulamada Kullanılması ve Mısır Bitkisi Yetiştiriciliğine Etkileri. (Doktora Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Day, A.D. Tucker, T.C., 1977. Effects of treated wastewater on growth, fibre, protein and amino acid content of sorghum grains. *Journal of Environmental Quality*, 6 (3), 325-327.
- De-Koning, A.N.M., 1993. Growth of a tomato crop. *International Workshop on Greenhouse Crop Models. ISHS Acta Horticulturae* 328. 10.17660/ActaHortic.1993.328.11.



- Demiralay, İ., 2011. Toprak Fiziksel Analizleri. Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Ders Yayınları No:143, Erzurum.
- Demirbas, A., 2010. Oil, micronutrient and heavy metal contents of tomatoes. Food Chemistry, 118 (3), 504-507.
- Demirtaş, E.I., Öktüren, F., Arı, A.N., 2013. Örtüaltı domates yetiştiriciliğinde kentsel katı atık kompostu kullanımının bakiye etkilerinin belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 8 (2), 23-35.
- De-Pascale, S., Maggio, A., Fogliano, V., Ambrosino, P. and Ritieni, A., 2001. Irrigation with saline water improves carotenoids content and antioxidant activity of tomato. J. Hortic. Sci. Biotechnol., 76 (4), 447-453.
- Deveci, T., 2012. Gaziantep'te Atık Sulardan Etkilenen Toprak Ve Bitkilerde Eser Element (Cu, Co, Mn Ve Zn) ve Fe Konsantrasyonlarının ICP-MS İle Tayini. (Y.Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Kilis 7 Aralık Üniversitesi, Kilis.
- Diplock, A., 1998. Healthy Lifestyles Nutrition and Physical Activity: Antioxidant Nutrients. ILSI Europa concise monograph series, 59 p, Belgium.
- Dorais, M., Papadopoulos, A.P. and Gosselin, A., 2001. Influence of electric conductivity management on greenhouse tomato yield and fruit quality. Agronomie, 21, 367-383.
- Drechsel, P., Scott, C.A., Raschid-Sally, L., Redwood, M., Bahri, A., 2010. Wastewater Irrigation and Health. International Water Management Institute and International Development Research Centre. Canada.
- Du, T., Kang, S., Zhang, J., Li, F., 2008. Water use and yield responses of cotton to alternate partial root-zone drip irrigation in the arid area of north-west China. Irrigation Science, 26 (2), 147-159.
- Eaton, F.M., 1950. Significance of carbonates in irrigation waters. Soil Science, 69, 123-133.
- Eckner, K.F., 1998. Comparison of membrane filtration and multiple-tube fermentation by the colilert and enterolert methods for detection of waterborne coliform bacteria, escherichia coli, and enterococci used in drinking and bathing water quality monitoring in southern sweden. Appl. Environ. Microbiol, 64 (8), 3079-3083.
- Ekici, B., 2002. Sera Domates Yetistirciliginde Kısmi Kök Kurulugu (Partial Rootzone Drying) Sulama Tekniginin Bitki Büyümesi, Verim ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri. (Y.Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Elmacı, Ö. L., 1995. Güney Marmara Bölgesi Sanayi Domates Alanlarındaki Toprak, Sulama Suyu ve Domates (*Lycopersicon esculentum*) Meyvelerinde Ağır Metal İçeriklerinin Belirlenmesi. (Doktora Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Ana Bilim Dalı, Ege Üniversitesi, İzmir.
- El-Naim, M.A, El-Housseini M. and Naeem, M.H., 2004. Safety use of sewage sludge as soil conditioner. J Environ Sci Health A Tox Hazard Subst Environ Eng., 39 (2), 435-44.
- Erözel, Z., 1986. Sulamada Su Kalitesi ve Tuzluluk Sorunları. Kültürteknige Giriş, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 996; 97-110.
- Evren, S., İstanbulluoğlu, A., 1992. Iğdır Ovası Koşullarında Domates Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Araştırma Ens. Müdürlüğü, Erzurum.

- Fan, T., Qi, X., Hu, C., Zhao, Z., Qiao, D., Zhu, D., Li, P., 2011. Effect of alternate partial root-zone irrigation with reclaimed water on heavy metals accumulation and distribution in potato. *Journal of Irrigation and Drainage*, 02.
- Fanasca, S., Colla, G., Maiani, G., Venneria, E., Roupheal, Y., Azzini, A. and Saccardo, F., 2006. Changes in antioxidant content of tomato fruits in response to cultivar and nutrient solution composition. *J Agric Food Chem.*, 54, 4319-4325.
- FAO, 1990. Guidelines for Soil Description. Food and Agriculture Organization of The United Nations. Rome.
- FAO, 2004. Wastewater Treatment and Use in Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper 47, Rome.
- FAO, 2011. The State of the World's Land and Water Resources for Food and Agriculture: Managing Systems at Risk. Rome/ London, Land and Water Division, FAO/Earthscan.
- FAO, 2012. How to Feed the World in 2050, U.N. Food and Agricultural Organization Rome, Italy.
- FAO, 2013. Aquastat 2013. [<http://www.fao.org/nr/water/aquastat/main/index.stm>]
- Fatoba, P.O. Adepoju, A.O. and Okewole, G.A., 2012. Heavy metal accumulation in the fruits of tomato and okra irrigated with industrial waste effluents. *Journal of Industrial Pollution Control*, 28 (2), 103-107.
- Flores, P., Navarro, J.M., Carvajal, M., Cerda, A. and Martinez, V., 2003. Tomato yield and quality as effected by nitrogen source and salinity. *Agronomie*, 23, 249-256.
- Follet, R.H., 1969. Zn, Fe, Mn and Cu in Colorado Soils. (PhD Thesis) Dissertation. Colo. State Univ. ABD.
- Fritz, P.D., Foroughi, M. and Venter, F., 1976. Schwermetallgehalte in einigen Gemüsesorten Landwirtsch Forsch Sonderheft, 33 (1), 335-343.
- Gardea-Torresdey, J.L., Peralta-Videa, J.R., Montes, M., de la Rosa, G., Corral-Diaz, B., 2004. Bioaccumulation of cadmium, chromium and copper by *Convolvulus arvensis* L: Impact on plant growth and uptake of nutritional elements. *Bioresour. Technol.*, 92, 229-235.
- Garvanska, S.M., 2000. Determination of the effect of the sludge from waste water treatment station near sofiacity as a fertilizer. In: *Proceedings of International Symposium on Desertification*, 333-338, 13-17 June Konya.
- Gençoğlan, C., Yazar, A., 1999. Kısıntılı su uygulamalarının mısır verimine ve su kullanım randımanına etkileri. *J. of Agriculture and Forestry* 23, 233-241.
- George, B., Kaur, C., Khurdiya, D. S. Kapoor, H. C., 2004. Antioxidant in tomato as a function of genotype. *Food Chem.*, 84, 45-51.
- Gharaibeh, M.A., Eltaif, N.I., Al-Abdullah, B., 2007. Impact of field application of treated wastewater on hydraulic properties of vertisols. *Water, air, and soil pollution*, 184 (1-4), 347-353.
- Gillbert, R.G., Nakayama, F.S., Bucks, D.A., 1980. Trickle irrigation: emitter clogging and other flow problems. *Agricultural Water Management*, 3, 159-178.
- Giordano, L.B., Silva, J.B.C., Barbosa, V., 2000. Escolha de cultivars e plantio. In: *Silva JBC and Guarding LB (org) tomateo para processamento industrial*. Brasilia: Emrapa, CNPH, 36-59.
- Gonçalves, R.A.B., Folegatti, M.V., Gloaguen, T.V., Libardi, P.L., Montes, C.R., Lucas, Y., Dias, C.T.S., Melfi, A.J., 2007. Hydraulic conductivity of a soil irrigated with treated sewage effluent. *Geoderma*, 139, 241-248.

- Gökçel, F., 2008. Çukurova Koşullarında Yarı Islatmalı (Prd) ve Kısıntılı Damla Sulama Programlarının II. Ürün Mısır Verimi ve Su Kullanma Randımanına Etkileri. (Y.Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Guidi, G., Petruzzelli, G., Giachetti, M., 1983. Effect of three fractions extracted from an aerobic and an anaerobic sewage sludge on the water stability and surface area of soil aggregates. *Soil Science*, 136, 158-163.
- Güneş, A., Alparslan, M., İnal, A., 2007. Bitki Besleme ve Gübreleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1551, Ders Kitabı: 504.
- Güngör, Y., Erözel, Z., Yıldırım, O., 2004. Sulama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayını. Genel Yayın No:1540, Ders Kitapları Yayın no:493. Ankara.
- Gürbüz, T., 2001. Sanayi Domatesinde Farklı Sulama Yöntemleri ve Su Düzeylerinin Su-Verim İlişkileri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi. (Y.Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adnan Menderes Üniversitesi Aydın.
- Hanjra, M.E., and Qureshi, M.E., 2010. Global water crisis and future food security in an era of climate change. *Food Policy*, 35 (5), 365-377.
- Harssema, H., 1977. Root temperature and growth of young tomato plants.(MScThesis) Wageningen Agricultural University, Wageningen, Netherlands,.
- Hassanli, A.M., Ahmadirad, S. and Beecham, S., 2010. Evaluation of the influence of irrigation methods and water quality on sugar beet yield and water use efficiency. *Agricultural Water Management*, 97, 357-362.
- Hayes, A.R., Mancino, C.F., Pepper, I.L., 1990. Irrigation of turfgrass with secondary sewage effluent: I. Soil and leachate water quality. *Agron. J.*, 82, 939-943.
- Heuvelink, E., 1995. Growth, development and yield of a tomato crop: periodic destructive measurements in a greenhouse. *Scientia Horticulturae*, 61, 77-99.
- Hobson, G. and Grierson, D., 1996. Tomato, Biochemistry of Fruit Ripening. Seymour, G.B., Taylor, J.E. and Tucker, G.A. (Eds.), Chapman and Hall, London.
- Hong, T.L., Tsou, S.C.S., 1998. Determination of tomato quality by near infrared spectroscopy. *J. Near Infrared Spectroscopy*, 6, 321-324.
- Horneck, D.A., Hart, J.M., Topper, K., and Koepsell, B., 1989. Methods of Soil Analysis Used in The Soiltesting Laboratory at Oregon State University. Sm 89:4 agric. Expt. Sta., 21 Pgs. Osu, Corvallis, Or.
- Howell, T.A., Stevenson, D.S., Aljibury, Gitlin, H.M., Wu, I.P., Warrick, A.W., Raats, P.A.C., 1983. Design and Operation of Trickle (Drip) Systems. (M. E. Jensen Ed.) Design and Operation of Farm Irrigation Systems ASAE, 2950 Niles Road, St. Joseph, Michigan, 49085, 663-718.
- Howell, T.A., 2001. Enhancing water use efficiency in irrigated agriculture. *Agron. J.*, 93, 281-289.
- Hussain, I., Raschid, L., Hanjra, M.A., Marikar, F., Van Der Hoek, W., 2002. Wastewater Use in Agriculture: Review of Impacts and Methodological Issues in Valuing Impacts. Working Paper 37. International Water Management Institute, Colombo, Sri Lanka.
- İbrahim, A., Gawish, S.H. and Elsedfy, U., 1992. Heavy metals accumulation in soil and plants as influenced by prolonged irrigation with sewage water. *Annals Agric. Cairo.*, 37, 283-291.

- Jackson, M.L., 1962. Soil Chemical Analysis. Constable and Company Ltd., London, England.
- Johansson, R.C., Tsur, Y., Roe, T.L., Doukkali, R., Dinar, A., 2002. Pricing irrigation water: a review of theory and practice. *Water Policy*, 4, 173-199.
- Johnson. C.M. and Ulrich, A., 1959. Analytical Methods for Use in Plant Analysis. Calif. Agr. Exp. Sta. Bull., 766, 25-78.
- Kabata-Pendias, A. and Pendias, H., 1992. Trace Elements in Soils and Plants. 2nd Edition CRC Pres, 364p, Boca Raton Ann Arbor London.
- Kaçar, B., 2009. Toprak Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım.
- Kaçar, B., İnal, A., 2010. Bitki Analizleri. Nobel Yayın Dağıtım, No:1241.
- Kaçar, B., Katkat, A. V., 2009. Bitki Besleme. Nobel yayın dağıtım, No: 849.
- Kader, A.A, Morris, L.L, Stevens, M.A, Albright-Holton, M., 1987. Composition and flavor quality of fresh market tomatoes as influenced by some post harvest handling. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 103, 6-11.
- Kalavrouziotis, I.K., Robolas, P., Koukoulakis, P.H. and Papadopoulos, A.H., 2008. Effects of municipal reclaimed wastewater on the macro-and micro-elements status of soil and of Brassica oleracea var. Italica and B. oleracea var. Gemmifera. *Agricultural Water Management*, 95, 419-426.
- Kanber R., Ünlü, M., 2010. Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:281, Kitap yayın No: A-87, Adana.
- Kang, S., Liang, Z., Hu, W., Zhang, J., 1998. Water use efficiency of controlled alternate irrigation on root-divided maize plants. *Agricultural Water Management*, 38, 69-76.
- Karadede, H. and Ünlü, E., 2000. Concentrations of some heavy metals in water, sediment and fish species from the Atatürk Dam Lake (Euphrates), Turkey *Chemosphere*, 41, 1371-1376.
- Karadoğan, T., Özer, H., Oral, E., 1997. Çiftlik gübresi ve mineral gübrelemenin patates yumrusunun direncine etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28 (2), 227-234.
- Karaşahin, M., 1999. Bazı Sanayi Tipi Domates (*Lycopersicon Esculentum* Mill) Çeşitlerinin Konya-Çumra Ekolojik Şartlarındaki Performansları Üzerinde Araştırmalar. (Y.Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Ana Bilim Dalı, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Karataş, B.S., Akkuzu, E., Aşık, Ş., 2005. İzmir kentsel arıtılmış atık sularının sulamada kullanım olanaklarının incelenmesi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42 (3), 111-122.
- Kaya, S., 2011. Farklı sulama programları altında kayısı yaprak su içeriği ve yaprak alanının değerlendirilmesi. *Bingöl Üniv. Fen. Bil. Dergisi*, 1 (2), 1-9.
- Kemper, W.D. and Rosenau, R.C., 1986. Aggregate Stability and Size Distribution. *Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Methods*. 2nd Edition. Agronomy No: 9, 1188 P, Madison, Wisconsin, 425-442.
- Kesici, T. ve Kocabaş, Z., 2007. Biyoistatistik. Ankara Üniversitesi Eczacılık Fakültesi Biyoistatistik Yayın No: 94. Ankara.
- Kesmez, G.D., 2009. Karık ve Damla Sulama Yöntemlerinin Aşılı Domateste (*Lycopersicon Esculentum*) Meyve Verimi, Kalitesi İle Toprak Tuzluluğuna Etkileri. (Doktora Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Ankara Üniversitesi, Ankara.

- Khai, N.M., Tuan, P.T., Vinh, N.C. and Oborn, I., 2008. Effects of using wastewater as nutrient sources on soil chemical properties in peri-urban agricultural systems. *VNU Journal of Earth Science*, 24, 87-95.
- Khaleel, R., Reddy, K.R. and Overcash, M.R., 1981. Changes in soil physical properties due to organic waste applications: A review. *J. Environ. Qual.*, 10, 133-141.
- Kırnak, H., Demirtaş, N.M., 2002. Su stresi altındaki kiraz fidanlarında fizyolojik ve morfolojik değişimlerin belirlenmesi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 33 (3), 265-270.
- Kim, Y., DiSilvestro, R., Clinton, S., 2004. Effects of Lycopene-beadlet or tomato-powder feeding on carbon tetrachloride-induced hepatotoxicity in rats. *Phytomedicine*, 11 (2), 152-156.
- Kinsbursky, R.S., Levanon, D., Yaron, B., 1989. Role of fungi in stabilizing aggregates of sewage sludge amended soils. *Soil Science Society of America Journal*, 53, 1086-1091.
- Kıracı S., 2007. Organik Tarımda Kullanılan Bazı Bitki Aktivatörlerinin Domateste Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. (Y.Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Süleyman Demirel Üniversitesi, Isparta.
- Kirda, C., Cetin, M., Dasgan, Y., Topcu, S., Kaman, H., Ekici, B., Derici, M.R., Ozguven, A. I., 2004. Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 69, 191-201.
- Kirda, C., Topaloğlu, F., Topçu, S., Kaman, H., 2007. Mandarin yield response to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31 (1), 1-10.
- Kiziloglu, 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, 716-724.
- Kiziloglu, F.M., Turan, M., Sahin, U., Angin, I., Anapali, O., Okuroglu, M., 2007. Effects of wastewater irrigation on soil and cabbage-plant (*Brassica oleracea var. capitata cv. yalova-1*) chemical properties. *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 170, 166-172.
- Kolota, E. And Winiarska, S., 2005. Porównanie plonowia kilku odmian pomidora (*Lycopersicon Esculentum Mill.*) w uprawia podowej przy polikach. *Zesz. Navk. AR Wrocław, Rol L XXXVI ogrodnictwo*, 515, 251-257.
- Krauss, S., Schnitzler, W.H., Grassmann, J. and Voitke, M., 2006. The influence of different EC values in a simplified soilless system on inner and outer fruit quality characteristics of tomato. *J. Agric. Food Chem.*, 54, 441-448.
- Kudal, M. ve Müftüoğlu, M.N., 2014. Kentsel atıksu ile sulanan topraklarda bazı verimlilik özelliklerinin incelenmesi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2 (1), 77-81.
- Kurilich, A.C., Tsau, G.J., Brown, A., Howard, L., Klein, B.P., Jeffery, E.H., Kushad, M., Wallig, M.A, Juvik, J.A., 1999. Carotene, tocopherol and ascorbate contents in subspecies of *Brassica oleracea*. *Journal of agricultural and food chemistry*, 47 (4), 1576-1581.

- Kutlar Yaylalı, İ., 2007. Değişik Tuz Konsantrasyonuna Sahip Farklı Sulama Suyu Uygulamalarının Domateste Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. (Doktora Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Selçuk Üniversitesi, Konya.
- Kuzucu, C. Ö., Kaynaş, K., Kuzucu, F. C., Erken, N. T., Kaya, S. ve Daydır H. U., 2004. Bazı domates çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi. V. Sebze Tarımı Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 288-294 s, 21-24 Eylül 2004, Çanakkale.
- Levy, G.J., and Assouline, S., 2011. Physical Aspects. In: G.J. Levy *et al.*, editors, Use of Treated Waste Water in Agriculture: Impacts on the Soil Environment and Crops. Wiley-Blackwell Publ., Oxford, UK, 306-327.
- Li, G., Liu, F., Jacobsen, S.E., Jensen, C.R., 2007. Yield and quality of tomato irrigated by treated wastewater and prd method. Conference on Water Productivity in Agriculture and Horticulture 2-4 July, Copenhagen/Foulum, Denmark.
- Liang, H., Li, F. and Nong, M., 2013. Effects of alternate partial root-zone irrigation on yield and water use of sticky maize with fertigation. *Agricultural water management*, 116, 242-247.
- Lindsay, W. L. and Norwell, W.A., 1969. Development of DTPA soil test Forzinc, Iron, Manganese and Copper. *Soilsci. Soc. Amer. Proc.*, 33, 49-54.
- Liu, F., Shahnazari, A., Andersen, M.N., Jacobsen, S., Jensen, C.R., 2006. Effects of deficit irrigation (DI) and partial root drying (PRD) on gas exchange, biomass partitioning, and water use efficiency in potato. *Scientia Horticulturae*, 109, 113-117.
- Loveys, B., Dry, P., Hutton, R., Jerie, P., 2000. Using Plant Physiology to Improving the Water Use Efficiency of Horticultural Crops. Final Report. National Program for Irrigation Research and Development. CSIRO Plant Industry Horticulture Unit, Osmond.
- Ma, S.C., Zhang, H.B., Ma, S.T., Wang, R., Wang, G.X., Shao, Y. and Li, C.X., 2015. Effects of mine wastewater irrigation on activities of soil enzymes and physiological properties, heavy metal uptake and grain yield in winter wheat. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 113, 483-490.
- Majkowska-Godomska, J., Francke, A., Wierzbicka, B., 2008. Effect of soil substrate on the chemical composition of fruit of some tomato cultivars grown in a unheated plastic tunnel. *J. Elementol*, 13 (2), 261-268.
- Mancino, C.F. and Pepper, I.L., 1992. Irrigation of turfgrass with secondary sewage effluent: soil quality. *Agronomy Journal*, 84, 650-654.
- Marjanović, M., Jovanović, Z., Stikić, R., Radović, B.V., 2015. The effect of partial root-zone drying on tomato fruit growth. *Procedia Environmental Sciences*, 29, 87.
- Marschner, H., 1995. Mineral Nutrition of Higher Plants (Second Edition). London, UK: Academic Press.
- Martin, S. and Griswold, W., 2009. Human Health Effects of Heavy Metals. Environmental Science and Technology Briefs for Citizens, Center for Hazardous Substance Research, Kansas State University.
- Maurer, M.A., Davies, F.S., Graetz, D.A., 1995. Reclaimed wastewater irrigation and fertilization of mature "Redblush" grapefruit trees on spodosols in Florida. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 120 (3), 394-402.

- McMurtrey, J.R. and Robinson, W.O., 1938. Neglected Soil Constituents that Affect Plant and Animal Development. 75th Congress, 2d Session, House Document No. 398.
- Mengel, K., Kirkby, E.A., 1987. Principles of Plant Nutrition. International Potas Institute P.O. Box. CH-3048, Worblaufen-Bern Switzerland.
- Midrar, U.H., Kattak, R.A., Puno, H.K. and Sallem-Saif, M., 2004. NPK status in effluent irrigated soils of some selected sites of NWFP. *International Journal of Agriculture and Biology*, 6, 264-267.
- Millar, C.E., 1959. Soil Fertility. John Wiley and Sons, Inc., New York.
- Millis, P.R., Ramsey, M.H., John, E.A., 2004. Heterogeneity of cadmium concentration in soil as a source of uncertainty in plant uptake and its implication for human health risk assessment. *Sci. Total Environ.*, 326, 49-53.
- Minhas, P.S. and Samra, J.S., 2004. Wastewater Use in Peri-Urban Agriculture: Impacts and Opportunities. Central Soil Salinity Research Institute, Karnal, India.
- Mizrahi, Y., Taleisnik, E., Kagan-Zur, V., Zohas, Y., Offenbach, R., Matan, R., Golan, E., 1988. A saline irrigation regime for improving tomato fruit quality without reducing yield. *J. Am. Soc. Hortic. Sci.*, 113, 202-205.
- Mohammad, M.J. and Mazahreh, N., 2003. Changes in soil fertility parameters in response to irrigation of forage crops with secondary treated wastewater. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34, 1281-1294.
- Mohammad, M.J.A., 1986. The effect of sand H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> application on the availability of Fe, Mn and Zn in calcareous soils. (MS Thesis), Washington State University, Pullman, USA.
- Mojid, M.A., Wyseure, G.C.L., 2013. Implications of municipal wastewater irrigation on soil health from a study in Bangladesh. *Soil Use Manage.*, 29, 384-396.
- Mojiri, A., 2011. Effects of municipal wastewater on physical and chemical properties of saline soil. *J. Biol. Environ. Sci.*, 5, 71-76.
- Morais, S., Costa, F.G., Pereira, M.L., 2012. Heavy Metals and Human Health. *Environmental Health - Emerging Issues and Practice*, Oosthuizen, J. (ed). In Tech Europe, Rijeka, Croatia, 227-246.
- Munsuz, N., Ünver, İ., 1995. Su Kalitesi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fak. Yayın No:839, Ders Kitabı No: 40, 335s. Ankara.
- Najafi, P., 2006. Effects of using subsurface drip irrigation and treated municipal waste water in irrigation of tomato. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 9 (14), 2672-2676.
- Nakayama, F.S., Bucks, D.A., 1986. Trickle Irrigation for Crop Production, Elsevier Science Publishers. Amsterdam, Netherlands, USA.
- Negreanu, Y., Pasternak, Z., Jurkevitch, E., Cytryn, E., 2012. Impact of treated wastewater irrigation on antibiotic resistance in agricultural soils. *Environmental Science Technology*, 46, 4800-4808.
- Neilsen, G.H., Stevenson, D.S., Fitzpatrick, J.J., Brownlee, C.H., 1989. Nutrition and yield of young apple trees irrigated with municipal wastewater. *J. Am. Soc. Hort. Sci.*, 114, 377-383.
- Nollet, L.M.L., 2000. Water Analysis. Merce Dekker, Inc. 270 Madison Avenue. New York.

- Olsen, S.R., Cole, V., Watanable, F.S. and Dean, L.A., 1954. Estimation of Available Phosphorus in Soils by Extraction with Sodium Bicarbonate. U.S. Dep. Of Agr. Cir. 939, Washington D.C.
- Ors, S., Sahin, U., Kiziloglu, F.M., 2015. Yield, quality and irrigation water use of drip-irrigated silage maize with different irrigation techniques. Pak. J. Agri. Sci., Vol. 52 (3), 595-607.
- Osma, E., Ozyigit, I.I., Leblebici, Z., Demir, G., Serin, M., 2012. Determination of heavy metal concentrations in tomato (*Lycopersicon esculentum* Miller) grown in different station types. Romanian Biotechnological Letters, Vol. 17, No. 1.
- Özbahçe, A., Tarı, A.F., Çetin, Ö., 2012. Toprak nemi izlenerek oluşturulan sulama programından uygun pan katsayısının tahmini: Domates örneği. 9. Sebze Tarımı Sempozyumu, 399-406, 12-14 Eylül 2012. Konya.
- Özkan, C. F., 2008. Antalya ve Çevresi Örtüaltı Domates Yetiştiriciliğinde Toprak Verimliliği, Bitki Besleme, Bazı Kalite ve Stres Parametreleri Arasındaki İlişkiler. (Doktora Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Ana Bilim Dalı, Ege Üniversitesi, İzmir.
- Pereira, B.F.F., He, Z.L. Silva, M.S. Herpin, U. Nogueira, S.F. Montes, C.R. and Melfi, A.J., 2011. Reclaimed wastewater: Impact on soil-plant system under tropical conditions. J. Hazard. Mater., 192, 54-61.
- Pescod, M.B., 1992. Wastewater Treatment and Use in Agriculture. FAO Irrigation and Drainage Paper No. 47, FAO, Rome.
- Petersen, K., Willumsen, J., Kaak, K., 1998. Composition and taste of tomatoes as affected by increased salinity and different salinity sources. J. Hortic. Sci. Biotechnol., 73 (2), 205-215.
- Petro-Turzo, M., 1987. Flavor of tomato and tomato products. Food Rev. Int. 2(3):309-351.
- Polat, A., 2013. Su kaynaklarının sürdürülebilirliği için arıtılan atıksuların yeniden kullanımı. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 6 (1), 58-62.
- Postel, S., 1999. Pillars of Sand: Can the Irrigation Miracle Last? New York: W.W. Norton and Company.
- Rai, P.K. and Tripathi, B.D., 2008. Heavy metals in industrial wastewater, soil and vegetables in Lohta village India. Toxicological and Environmental Chemistry, 90 (2), 247-257.
- Rao, A.V., Agarwal, S., 2000. Role of antioxidant lycopene in cancer and heart disease. J. Am. Coll. Nutr., 19, 563-569.
- Rattan, R.K., Datta, S.P., Chhonkar, P.K., Suribabu, K., Singh, A.K., 2005. Long-term impact of irrigation with sewage effluents on heavy metal content in soils, crops and groundwater: a case study. Agriculture, Ecosystems and Environment, 109, 310-322.
- Reeve, E., Prince, A.L. and Bear, F.E., 1948. The Boron Needs of New Jersey Soils. New Jersey Agricultural Exp.Sta. New Jersey.
- Reeves, R.D., Baker, A.J.M., Bgrhidi, A., Berazaín, R., 1996. Nickel-accumulating plants from the ancient serpentine soils of Cuba. New Phytologist, 133 (2), 217-224.
- Rhoades, J.D., 1996. Salinity: Electrical Conductivity and Total Dissolved Gases. Method of Soil Analysis: Chemical Methods. SSSA, Madison, WI. Part, 3, 417-437.



- Richards, L.A., 1953. Modulus of rupture as an index of soil crusting. *Soil sci. Soc. Amer. Proc.*, 17, 321-323.
- Rosegrant, M.W., Ringler, C., Benson, T., Diao, X., Resnick, D., Thurlow, J., Torero, M., Orden, D., 2006. *Agriculture and Achieving the Millennium Development Goals*. The World Bank (Agriculture and Rural Development Department), Washington, DC.
- Rusan, M.J.M., Hinnawi, S. and Rousan, L., 2007. Long-term effect of wastewater irrigation of forage crops on soil and plant quality parameters. *Desalination*, 215, 143-152.
- Rybicki, S., 1997. *Phosphorus Removal From Wastewater: A Literature Review*. Division of Water Resources Engineering Department of Civil and Environmental Engineering Royal Institute of Technology. (Editors: E. Płaza, E. Levlin, B. Hultman) Report No:1. Stockholm.
- Sağlam, M.T. ve Bellitürk, K., 2003. Su kirliliği ve toprak üzerindeki etkisi. *Alatırım Dergisi*, 2 (1), 46-49.
- Sahin, U., Ors, S., Kızıloğlu, F.M., Kuslu, Y., 2014. Evaluation of water use and yield responses of drip-irrigated sugar beet with different irrigation techniques. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 74 (3), 302-310.
- Saltalı, K., Brohi, A.R. and Bilgili, A.V., 2000. The effect of tobacco waste on the soil characteristics and plant nutrient contents of alkaline soils. *Proceedings of International Symposium on Desertification (ISD)*, Congress Book, 531-534 p, June 13-17, Konya, Turkey.
- Samaras V., Tsadilas, C.D. and Tsialtas, J.T., 2009. Use of treated wastewater as fertilization and irrigation amendment in pot-grown processing tomatoes. *Journal of Plant Nutrition*, 32, 741-754.
- Sardo, V., Germana, C., 1988. Water stress and orange yield. *Fourth International Symposium On Water Supply and Irrigation in The Open And Under Protected Cultivation*. *Acta Horticulturae*, 228.
- Schachtschabel, P., Blume, H.P., Brümmer, G., Hartge, K.H. and Schwertmann, U., 1995. *Toprak Bilimi (Çevirenler; H. Özbek, Z. Kaya, M. Gök, H. Kaptan) Ç.Ü. Ziraat Fak. Genel Yayın No: 73, Ders Kitapları Yayın No: 16. 816 s, Adana.*
- Seckler, D., Amarasinghe, U., Molden, D., De Silva, R., Barker, R., 1998. *World Water Demand and Supply, 1990-2025: Scenarios and issues*. Research Report #19, IIMI Colombo, Sri Lanka.
- Sezen, Y., 1991. *Toprak Kimyası*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın no:127, Erzurum.
- Sezen, Y., 1995. *Gübreler ve Gübreleme*. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, Yayın no:303, Erzurum.
- Shacklette, H.T., 1980. Elements in Fruits and Vegetables from Areas of Commercial Production in the Conterminous United States. *U.S. Geol. Surv. Prof. Pap.*, 1178, 149.
- Shahalam, A., Zahra, B.M.A. and Jaradat, A., 1998. Wastewater irrigation effect on soil, crop and environment: a pilot scale study at Irbid, Jordan. *Water, Air and Soil Pollution*, 106, 425-445.
- Shahnazari, A., Liu, F., Andersen, M.N., Jacobsen, S., Jensen, C.R., 2007. Effects of partial root-zone drying on yield, tuber size and water use efficiency in potato under field conditions. *Field Crops Research*, 100, 117-124.

- Shao, G.C., Zhang, Z.Y., Liu, N., Yu, S.E., Xing, W.G., 2008. Comparative effects of deficit irrigation (DI) and partial rootzone drying (PRD) on soil water distribution, water use, growth and yield in greenhouse grown hot pepper. *Scientia Horticulturae*, 119 (1), 11-16.
- Sheoran, I.S., Singal, H.R and Singh, R., 1990. Effect of cadmium and nickel on photosynthesis and enzymes of the photosynthetic carbon reduction cycle in pigeon pea (*Cajanus cajan L.*). *Photosynthesis Research*, 23, 345-351.
- Shiklomanov, I.A., 1999. *World Water Resources: Modern Assessment and Outlook for the 21st Century.* (Summary of World Water Resources at the Beginning of the 21st Century, prepared in the framework of the IHP UNESCO). Federal Service of Russia for Hydrometeorology and Environment Monitoring, State Hydrological Institute, St. Petersburg.
- Sipahi, N., 1987. Harran Ovasında Domates Su Tüketimi, T.C. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müd., Köy Hizmetleri Ş.Urfa Araş. Enst. Müd. Yayınları, Genel Yayın No:43,Rapor Serisi No:29, Ş.Urfa.
- Sommers, L.E., Nelson, D.W., Clifford, D., 1980. Use of Sewage Sludge in Crop Production. Purdue University. AY-240.
- Soon, Y.K., 1998. Determination of Cadmium, Chromium, Cobalt, Lead and Nickel in Plant Tissue. In: Kalra, Y.P. Ed. Handbook of reference methods for plant analysis, , CRC Press, New York, 193-198.
- Sönmez, N., Ayyıldız, M., 1964. Tuzlu ve Sodyumlu Toprakların Teşhis ve Islahı, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 229, Ankara.
- Sparling, G.P., Williamson, J.C., Magesan, G.N., Schipper, L.A., Lloyd-Jones, A.R., 1999. Hydraulic conductivity in soils irrigated with wastewaters of differing strengths: field and laboratory studies. *Australian Journal of Soil Research*, 37 (2), 391-402.
- Sparling, G.P., Barton, L., Duncan, L., McGill, A., Speir, T.W. and Schipper, L.A., 2006. Nutrient leaching and changes in soil characteristics of four contrasting soils irrigated with secondarytreated municipal wastewater for four years. *Australian Journal of Soil Research*, 44, 107-116.
- Stikic, R., Popovic, S., Srdic, M., Savic, D., Jovanovic, Z., Prokic, L.J., Zdravkovic, J., 2003. Partial Root Drying (Prd): A new technique for growing plants that saves water and improves the quality of fruit. *Bulg. J. Plant Physiol., Special Issue*, 164-171.
- Stoll, M., Loveys, B., Dry, P., 2000. Hormonal changes induced by partial rootzone drying of irrigated grapevine. *Journal of Experimental Botany*, 51 (350), 1607-1634.
- Şahin Ü., Doğan Demir, A., Demir Y., Okuroğlu M., 2014. Türkiye’de atık suların tarımsal yönetimi. 12.Ulusal Kültürteknik Sempozyumu, 21-23 Mayıs/Tekirdağ (Poster), 727-731.
- Tarantino, E., Rubino, P., 1982. Comparison of irrigation methods and regimes on processing tomatoes in the Metaponto area. *Irrigazione*, 29 (2), 17-26.
- Tarchitzky, J., Golobati, Y., Keren, R., Chen, Y., 1999. Wastewater effects on montmorillonite suspensions and hydraulic properties of sandy soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 63, 554-560.
- Tardieu, F., Davies, W.J., 1992. Stomatal response to abscisic acid is a function of current plant water status. *Plant Physiology*, 98, 540-545.

- Taşan, M., 2006. Samsun Koşullarında Domates Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi. (Y.Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Ondokuz Mayıs Üniversitesi, Samsun.
- Tekinel, O., Kırdar, C., 1978. Sulama suları niteliğinin değerlendirilmesinde yeni gelişmeler. *Topraksu Dergisi*, 48, 38-56.
- Thybo, A.K., Bechmann, E.I. and Brandt, K., 2005. Integration of sensory and objective measurements of tomato quality: quantitative assessment of the effect of harvest date as compared with growth medium (soil versus rockwool), electrical conductivity, variety and maturity. *J Sci Food Agric.*, 85, 2289-2296.
- Tinsley, J., 1967. *Soil Science Manual of Experiment*. Department of Soilsience, University of Aberdeen, Aberdeen.
- Todd, D.K., 1980. *Groundwater Hydrology*. John Wiley and Sons, 282 p, New York.
- Tuna, A.L., Bürün, B., 2003. Mısırdaki mineral beslenme ve bazı toprak özellikleri üzerine kentsel atık suların etkisi. *Dumlupınar Üniversitesi Fen Bilimleri Dergisi*, 4, 7-15.
- Tunc, T. and Sahin, U., 2015. The changes in the physical and hydraulic properties of a loamy soil under irrigation with simpler-reclaimed wastewaters. *Agricultural Water Management*, 158, 213-224.
- Tunç, T., 2013. Farklı İşlemlerle Arıtılmış Atıksuların Sulamada Kullanımının Toprak ve Bitki Özellikleri ile Su Kullanımına Etkisi. (Doktora Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Turhan, A., Seniz, V., 2009. Estimation of certain chemical constituents of fruits of selected tomato genotypes grown in Turkey. *Afr. J. Agric. Res.*, 4, 1086-1092.
- Turhan, N., 2007. Erzurum ve Çevre İllerde Yetiştirilen Domates Çeşitlerinin Bazı Kimyasal Özelliklerinin Belirlenmesi. (Y.Lisans Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Atatürk Üniversitesi, Erzurum.
- Tünay, O., Eremektar, G., Alp, K., 1991. İstanbul Naylon Sanayi AŞ. Atıksu Karakterizasyonu Çalışma Raporu, İTÜ İnşaat Fakültesi, 20 s. İstanbul.
- Tüzel, İ. Anaç, H. S., 1991. Damla sulama sistemlerinde damlatıcı tıkanması ve koruma uygulamaları. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28 (1), 239-254.
- Tüzüner, A., 1990. *Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı*, T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Ul, M.A., Dorsan, F., Tüzel, İ.H., 1994. Sanayi domatesinde değişik sulama aralığı ve düzeyinin verim üzerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31 (2-3), 1-8.
- Ulgen, N. and Yurtsever, N., 1974. *Turkey Fertilizers and Fertilization Guide*. Soil and Fertilizer Research Institute, Tech. Pub. No:28, Ankara, Turkey.
- Ulrich, A., Ririe, D., Hills, F.J., George, A.G., Morse, M.D., 1959. *Plant Analysis: A Guide for Sugar Beet Fertilization*. University of California, Agricultural Experiment Station.
- USSL, 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. USDA, Handbook, 60, 47 p. USA.
- Uyanöz, R., 2000. Konya'da Sulama Suyu Olarak Kullanılan Atık Suların Tarım Topraklarının Bazı Fiziksel, Kimyasal ve Biyolojik Özelliklerine Etkileri. (Doktora Tezi), Fen Bilimleri Enstitüsü, Selçuk Üniversitesi, Konya.

- Ünlü, H., Padem, H., 2009. Organik domates yetiştiriciliğinde çiftlik gübresi, mikrobiyal gübre ve bitki aktivatörü kullanımının verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri, *Ekoloji*, 19 (73), 1-9.
- Vazquezmontiel, O., Horan, N.J., Mara, D.D., 1996. Management of domestic wastewater for reuse in irrigation. *Water Sci. Technol.*, 33 (10-11), 355-362.
- Veselov, D., Kudoyarova, G., Symonyan, M. and Veselov, S.T., 2003. Effect of cadmium on ion uptake, transpiration and cytokinin content in wheat seedlings. *Bulg. J. Plant Physiol., Special Issue*, 353-359.
- Vogeler, I., 2009. Effect of long-term wastewater application on physical soil properties. *Water Air Soil Pollution*, 196, 385-392.
- Wakrim, R., Wahbi, S., Tahy, H., Aganchich, B., Serraj, R., 2005. Comparative effects of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relations and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris L.*). *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 106, 275-287.
- Walker, C., Lin, H.S., 2008. Soil property changes after four decades of wastewater irrigation: A landscape perspective. *Catena*, 73, 63-74.
- Walkley, A. and Black, I.A., 1934. An examination of the degtjareff method for determining organic carbon in soils: effect of variations in digestion conditions and of inorganic soil constituents. *Soil Sci.*, 63, 251-263.
- Wang, J., Wang, G. and Wanyan, H., 2007. Treated wastewater irrigation effect on soil, crop and environment: Wastewater recycling in the loess area of China. *Journal of Environmental Sciences*, 19, 1093-1099.
- Webber, L.R., 1978. Incorporation of non-segregated, noncomposted solid waste and soil physical properties. *Journal of Environmental Quality*, 7, 397-400.
- Weil, R.R. and Kroontje, W., 1979. Physical condition of a Davidson clay loam after five years of heavy poultry manure application. *Journal of Environmental Quality*, 8, 387-392.
- Welch, R.M., 1981. The biological significance of nickel. *Journal of Plant Nutrition*, 3 (1-4), 345-356.
- Westcot, D.W., 1997. Quality Control of Wastewater for Irrigated Crop Production. *Water Reports-10*, FAO, Rome.
- Will, E. and Faust, J.E., 2005. Irrigation Water Quality for Greenhouse Production. *Agricultural Extension Service*, PB 1617, The University of Tennessee, USA.
- Wold, A.B., Rosenfeld, H.J., Holte, K., Baugerod, H. and Haffner, K., 2004. Colour of post-harvest ripened and vine ripened tomatoes as related to total antioxidant capacity and chemical composition. *Int. J. Food Sci. Technol.*, 39, 295-302.
- Xie, K., Wang, X.X., Zhang, R., Gong, X., Zhang, S., Mares, V., Gavilán, C., Posadas, A., Quiroz, R., 2012. Partial root-zone drying irrigation and water utilization efficiency by the potato crop in semi-arid regions in China. *Scientia Horticulturae*, 134, 20-25.
- Yakupoğlu, T., Öztürk, E., Özdemir, N. ve Özkaptan, S., 2010. Asit topraklarda düzenleyici uygulamalarının mısır bitkisinin mikroelement içeriğine etkisi. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, 25 (2), 100-105.
- Yamasaki, S., Dillenburg, L. R., 1999. Measurements of leaf relative water content in *araucaria angustifolia*. *Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal*, 11 (2), 69-75.
- Yang, M. D., Sykes, R. M., 1998. Trophic-dynamic modeling in a shallow eutrophic river ecosystem. *Ecological Modelling*, 105, 129-139.

- Zavadil, J., 2009. The Effect of municipal wastewater irrigation on the yield and quality of vegetables and crops. *Soil and Water Res.*, 4 (3), 91-103.
- Zebge-Dominguez, A.J., Behboudian, M.H., Lang, A., Clothier, B.E., 2003. Short communication. deficit irrigation and partial rootzone drying maintain fruit dry mass and enhance fruit quality in 'Petopride' processing tomato (*Lycopersicon esculentum*, Mill.). *Scientia Horticulturae*, 98, 505-510.
- Zegbe, A.J. Behboudian, M.H. and Clothier, B.E., 2007. Response of tomato to partial rootzone drying and deficit irrigation. *Rev. Fitotec. Mex.*, 30 (2), 125-131.
- Zegbe, A.J., Behboudian, M.H. and Clothier, B.E., 2004. Partial rootzone drying is a feasible option for irrigating processing tomatoes. *Agricultural Water Management*, 68, 195-206.
- Zheng, S.A, Zheng, X., Zhang, T., Liu, S., Li, X., 2012. Distribution and fractionation of heavy metals in soil profiles irrigated with wastewater for different periods of time. *Fresenius Environmental Bulletin*, 21 (10), 2881-2890.

## ÖZGEÇMİŞ

1984 yılında Çorum İskilip'te doğdu. İlk, orta ve lise öğrenimini Ankara'da tamamladı. 2002 yılında girdiği Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojileri Bölümü'nden 2006 yılında mezun oldu. Aynı yıl Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Ana Bilim Dalı'nda yüksek lisans öğrenimine başladı. 2009 yılında yüksek lisans öğrenimini tamamlayıp Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü'ne Araştırma Görevlisi olarak atandı. 2010 yılında doktora eğitimine başladı. Halen Bingöl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü'nde çalışma hayatını sürdürmektedir. Evli ve bir kız çocuğu bulunmaktadır.