



T.C.  
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ  
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

**SULAMA SUYU KALİTESİNİN DAMLATICI  
TIKANIKLIĞINA ETKİLERİ**

**ZEKERİYE ÖZGE**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ  
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI**

**KAHRAMANMARAŞ 2018**

**T.C.**  
**KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ**  
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**SULAMA SUYU KALİTESİNİN DAMLATICI**  
**TIKANIKLIĞINA ETKİLERİ**

**ZEKERİYE ÖZGE**

**Bu tez,**  
**Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında**  
**YÜKSEK LİSANS**  
**derecesi için hazırlanmıştır.**

**KAHRAMANMARAŞ 2018**

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü öğrencisi Zekeriye ÖZGE tarafından hazırlanan “SULAMA SUYU KALİTESİNİN DAMLATICI TIKANIKLIĞINA ETKİLERİ” adlı bu tez, jürimiz tarafından 22/01/2018 tarihinde oy birliği ile Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Servet TEKİN (DANIŞMAN) .....

Biyosistem Mühendisliği

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yrd. Doç. Dr. Yusuf AYDIN (ÜYE) .....

Biyosistem Mühendisliği

Siirt Üniversitesi

Prof. Dr. Hasan DEĞİRMENCİ (ÜYE) .....

Biyosistem Mühendisliği

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Doç. Dr. Mustafa ŞEKKELİ .....

Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

## TEZ BİLDİRİMİ

Tez içindeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edilerek sunulduğunu, ayrıca tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada, alıntı yapılan her türlü kaynağa eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

Zekeriye ÖZGE

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

# SULAMA SUYU KALİTESİNİN DAMLATICI TIKANIKILIĞINA ETKİLERİ (YÜKSEK LİSANS TEZİ)

Zekeriye ÖZGE

## ÖZET

Çalışma Adana ilinde bulunan Zirai Üretim İşletmesi Tarımsal Yayım ve Hizmetiçi Eğitim Merkezi Müdürlüğü bahçesine kurulan damla sulama test masasında 2015 ve 2016 yıllarında yürütülmüştür. Çalışmada biber bitkisinin tuz eşik değeri dikkate alınarak 3 farklı tuzlu sulama konusu oluşturulmuştur. Denemede, tuz içeriği düşük olan ve EC<sub>w</sub> değeri 1.5 dS/m olan T<sub>d</sub>, orta tuz içeriğinde ve EC<sub>w</sub> değeri 3.0 dS/m T<sub>o</sub> ve yüksek tuz içeriğine sahip ve EC<sub>w</sub> değeri 5.0 dS/m T<sub>y</sub> konusu oluşturulmuştur. Ayrıca, denemede kuyu suyu T<sub>k</sub> konusu olarak ele alınmıştır. Oluşturulan tuz oranları C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> sınıfında olan kuyu suyuyla belli oranlarda seyreltilmiş ve istenilen tuz eşik değerlerine ulaşılmıştır. Farklı tuzlu sulama suyunun biber bitkisinin iki yetişme dönemi boyunca içten geçik (in-line) damlatıcılarda tıkanma ve damlatıcılarda su dağılımına etkin olan parametrelerin (damlatıcı yapımcı farklılık katsayısı (C<sub>v</sub>), debi değişim katsayısı (q<sub>var</sub>); su dağılım üniformitesi (DU); Christiansen eşdağılım üniformitesi (UC); düzeltilmiş Christiansen eşdağılım üniformitesi (adjUC); istatistiksel damlatıcı üniformitesi (U<sub>s</sub>), damlatıcı su çıkış dağılım üniformitesi (EU<sub>s</sub>) belirlenmesi amaçlanmıştır. Damlatıcı yapımcı farklılık katsayısı (C<sub>v</sub>) değeri %1.38-12.98 arasında değiştiği belirlenmiştir. Çalışma sonunda yüksek C<sub>v</sub> değerine ulaşılması konulara uygulanan tuzlu suyun tıkanmaya neden olduğu sonucuna varılmıştır. Ayrıca tıkanma debi değişim miktarlarında düşüslere neden olmuştur. Çalışmada damlatıcı performans parametreleri değerlendirildiğinde su dağılım üniformitesi (DU) %74.89 - % 98.5 arasında, Christiansen eşdağılım üniformitesi (UC) %68.41- %97.9, düzeltilmiş Christiansen eşdağılım üniformitesi (adjUC) %85.2-98.9 ve istatistiksel damlatıcı üniformitesi (U<sub>s</sub>) %74.1- %98.6 değerleri arasında olduğu belirlenmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Su kalitesi, Damlatıcı, Tıkanıklılık, Dağılım üniformitesi

Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Ocak / 2018

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Servet TEKİN

Sayfa Sayısı: 56

# THE EFFECTS OF THE WATER QUALITY ON THE DRIPPER CLOGGING

ZEKERİYE ÖZGE

## ABSTRACT

The studies were conducted at a drip test bench installed in the research area of Directorate of Agricultural Production Enterprise, Agricultural Extension and In-Service Training Center in Adana between 2015 and 2016 years. The research was carried out at three different saline irrigation treatments considering the salt threshold value of the pepper plant. The first treatment is  $T_d$  which has low salt content and EC<sub>w</sub> value of 1.5 dS/m, the second treatment is  $T_o$  which has medium salt content and EC<sub>w</sub> value of 3.0 dS/m and the third treatment is  $T_y$  which has high salt content and EC<sub>w</sub> value of 5.0 dS/m. Furthermore, the well water was treated as  $T_k$  in the experiment. The salt ratios formed were diluted to a certain ratio with the well water of the C<sub>2</sub>S<sub>1</sub> class and the desired salt threshold values were reached. The aim of this study was to determine some parameters which are clogging in-line drippers and effect the water distribution in drippers such as ripping variation coefficient (C<sub>v</sub>), flow rate coefficient of variation (q<sub>var</sub>), water distribution uniformity (DU), Christiansen uniform distribution uniformity (UC), adjusted Christiansen uniform distribution uniformity (adjUC), statistical uniformity (U<sub>s</sub>), dripping water outlet distribution uniformity (EUs) at three different saline irrigation treatments during the two growing periods of the pepper plant. CV values were determined to vary between 1.38 and 2.98%. As a result of this search, it was concluded that the high C<sub>v</sub> value was caused by the clogging of the salt water applied. In addition, clogging caused decreases in flow rate. When the dripper performance parameters were evaluated in the study, DU values were determined between 74.89-98.5%, UC values were determined between 68.41 – 97.9, adjUC values were determined between 85.2-98.9% and U<sub>s</sub> values were also determined between 74.1-98.6%.

**Key words:** Water quality, Dripper, Clogging; Distribution uniformity

Kahramanmaraş Sütçü İmam University

Graduate School of Naturel and Applied in Sciences

Department of Biyosistem Engineering, January / 2018

Supervisor: Assist. Prof. Dr. Servet TEKİN

Page Numbers: 56

## TEŞEKKÜR

Araştırma konumun seçiminde, çalışmalarımın yürütülmesinde, değerlendirilmesinde ve yazımında yakın ilgi ve yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Servet TEKİN'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım. Tez izleme komitesinde yer alarak çalışmalarımın her aşamasında verdikleri destek ve katkılarından dolayı Sayın Yrd. Doç. Dr. Yusuf AYDIN'a ve Sayın Prof. Dr. Hasan DEĞİRMENCİ'ye teşekkür ederim. Ayrıca çalışmamın her aşamasında verdiği destek ve katkılardan dolayı Sayın Doç. Dr. Ali AYBEK'e çok teşekkür ederim. Çalışmalarımda yapmış oldukları desteklerden dolayı Adana Zirai Üretim İşletmesi Tarımsal Yayım ve Hizmetiçi Eğitim Merkezi Müdürü Sayın Arkan AKAL'a, Müdür Yardımcısı Sayın Bülent AYHAN'a, Sayın Ercan KORKUT'a, Ayşe Mine YILDIZ'a ve isimlerini yazamadığım tüm mesai arkadaşlarıma ayrı ayrı teşekkür ederim. Tez boyunca göstermiş oldukları sabırlarından ve yakın-manevi desteklerinden dolayı eşim Cansel ve kızım Ebru'ya sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Zekeriye ÖZGE

## İÇİNDEKİLER

	Sayfa No
ÖZET .....	I
ABSTRACT .....	II
TEŞEKKÜR .....	III
İÇİNDEKİLER.....	IV
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	IV
ŞEKİLLER DİZİNİ .....	VI
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR .....	4
2.1. Sulamada Tuzlu Suların Kullanımı.....	4
2.2. Damlatıcılarda Tıkanıklık ve Tıkanıklığın Damlama Türdeşliğe Etkisi .....	8
3. MATERYAL VE METOD .....	16
3.1. Materyal.....	16
3.1.1. Araştırma Alanı .....	16
3.1.2. Damla Sulama Test Masası .....	16
3.1.3. Sulama Suyu Kaynakları .....	19
3.2. Metod.....	22
3.2.1. Araştırma Konuları .....	22
3.2.2. Tuzlu Suyun Hazırlanması .....	22
3.2.3. Sulama Suyu Analizleri .....	22
3.2.4. Damla Sulama Sistemi Performans Parametreleri .....	23
3.2.4.1. Damlatıcı debi değişimi.....	24
3.2.4.2. Damlatıcı üniformitesi.....	25
3.2.4.3. Damlatıcı yapımcı farklılık katsayısı.....	25
3.2.4.4. Damla sulama su dağılım üniformitesi .....	25
3.2.4.4.1. Su dağılım üniformitesi .....	25
3.2.4.4.2. Christiansen eşdağılım katsayısı.....	26
3.2.4.4.3. Düzeltilmiş Christiansen eş dağılım katsayısı .....	26
3.2.4.4.4. İstatistiksel damlatıcı üniformitesi .....	26
4. BULGULAR VE TARTIŞMA.....	27
4.1. Damlatıcı Debi Dağılımı .....	27
4.2. Damlatıcı Yapımcı Farklılık Katsayısı .....	30
4.3. Damlatıcı Debi Değişimi .....	32
4.4. Damlatıcı Su Çıkış Dağılım Üniformitesi .....	35
4.5. Damlatıcı Performans Parametreleri .....	37
4.5.1. Su dağılım üniformitesi .....	37
4.5.2. Christiansen eşdağılım üniformitesi.....	39
4.5.3. Düzeltilmiş Christiansen eşdağılım üniformitesi .....	42
4.5.4. İstatistiksel damlatıcı üniformitesi.....	44
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER .....	47
KAYNAKLAR.....	479
ÖZGEÇMİŞ.....	56



## ÇİZELGELER DİZİNİ

### Sayfa No

Çizelge 3.1. Çalışmada konulara uygulanan tuzlu sulama suyunun kimyasal analiz sonuçları .....	19
Çizelge 3.2. Çalışmada 2010 yılı ve uyarlanmış 2015 yılı sulama tarihleri, sulama miktarları sulama aralıkları ve uyarlanmış 2015 yılına ait meteorolojik veriler.....	20
Çizelge 3.3. Çalışmada 2011 yılı ve uyarlanmış 2016 yılı sulama tarihleri, sulama miktarları ve uyarlanmış 2016 yılına ait meteorolojik veriler.....	21
Çizelge 4.1.Uyarlanmış 2015 yılının ilk ve son sulama uygulamalarının konularına ait lateral boyunca damlatıcı debi ve ortalama debi değerleri.....	27
Çizelge 4.2.Uyarlanmış 2016 yılının ilk ve son sulama uygulamalarının konularına ait lateral boyunca damlatıcı debi ve ortalama debi değerleri.....	29
Çizelge 4.3.Uyarlanmış 2015 ve 2016 yıllarına ait deneme konuları için damlatıcı yapımca farklılık katsayısı .....	31
Çizelge 4.4.Uyarlanmış 2015 ve 2016 yıllarına ait deneme konuları için damlatıcı debi değişim değerleri .....	33
Çizelge 4.5. Uyarlanmış 2015 ve 2016 yıllarına ait deneme konuları için damlatıcı üniformite değerleri.....	35
Çizelge 4.6.Uyarlanmış 2015 ve 2016 yıllarına ait deneme konuları için su dağılım üniformite değerleri.....	38
Çizelge 4.7.Uyarlanmış 2015 ve 2016 yıllarına ait deneme konuları için Christiansen eşdağılım üniformite değerleri .....	40
Çizelge 4.8.Uyarlanmış 2015 ve 2016 yıllarına ait deneme konuları için düzeltilmiş Christiansen eşdağılım üniformite değerleri .....	42
Çizelge 4.9.Uyarlanmış 2015 ve 2016 yıllarına ait deneme konuları için istatistiksel damlatıcı üniformite değerleri .....	45

## ŞEKİLLER DİZİNİ

### Sayfa No

Şekil 3.1. Denemenin yürütüldüğü damla sulama test düzeneğinin yeri ve konumu.....	16
Şekil 3.2.Damla sulama test masası detayı ve damla sulama test alanından görünüm .....	17
Şekil 3.3. Denemede konuları için oluşturulmuş lateraller .....	18
Şekil 3.4. Test masasını oluşturan öğeler a) Su deposu b) Santrifüj pompa c) Su sayacı d)Manometre e) Küresel vana f) Filtre .....	18
Şekil 3.5. Sistem performans parametrelerinin hesaplanması amacıyla geliştirilen Microsoft Excel programının görüntüsü.....	24
Şekil 4.1. Uyarlanmış 2015 yılının ilk ve son sulama uygulama konularına ait lateral boyunca damlatıcı debi dağılımı .....	28
Şekil 4.2. Uyarlanmış 2016 yılının ilk ve son sulama uygulamakonularına ait lateral boyunca damlatıcı debi değişimi.....	30
Şekil 4.3. Deneme boyunca damlatıcı yapımcı farklılık katsayısı değişimi.....	32
Şekil 4.4. 2015 ve 2016 yılları için damlatıcı debi değişimi .....	34
Şekil 4.5.Sulama dönemi boyunca damlatıcı su çıkış dağılım üniformite değişimi .....	36
Şekil 4.6. Tüm konulara ait 2015 ve 2016 yılları için su dağılım üniformite dağılımı.....	39
Şekil 4.7.Tüm konulara ait 2015 ve 2016 yılları için Christiansen eşdağılım üniformite dağılımı.....	41
Şekil 4.8.Tüm konulara ait 2015 ve 2016 yılları için düzeltilmiş Christiansen eşdağılım üniformite dağılımı .....	43
Şekil 4.9.Tüm konulara ait istatistiksel damlatıcı üniformite dağılımı.....	46

## 1.GİRİŞ

Birleşmiş Milletler (BM) Ekonomik ve Sosyal İşler Dairesi'nin 2017'de yayınladığı Dünya Nüfus Tahminleri Raporu'na göre, dünya nüfusu son 12 yılda 1 milyar artarak 7.6 milyara ulaştığını ve dünya nüfusunun 2030 yılında 8.6 milyara ve yüzyıl sonunda 11.2 milyara ulaşacağı belirtilmektedir.(UNFPA, 2017). Nüfustaki bu hızlı artış, birçok ülkede gıda üretiminin karşılanabilmesinde anahtar etmen olan sulama ve drenaj olanaklarının önemini artırmaktadır. Artan nüfusa karşı beslenme ihtiyacının karşılanması günümüzde en büyük sorun olarak güncelliğini korumaktadır. Bunun yanında sadece tarımsal verimin artırılması ile gıda üretimi ve tüketimi arasındaki denge sağlanamamaktadır. Günümüzde tarım arazilerinin ve sulama sularının sınırlı olması, tarımsal verimin artırılmasını mümkün kılmamaktadır. Bu nedenle, dünyada ve ülkemizde tarımsal yönden kalite yönünden iyi olan sulama sularının gittikçe azalması, kalitesi kötü olan sulama sularının tarım arazilerinde kullanılmasını zorunlu hale getirmiştir.

Son 10 yılda kayda değer bir şekilde tarımsal üretim için tuzlu suların kullanımı artmıştır. Genel olarak sulanan tarım alanlarının yaklaşık %10'unun tuzluluk problemi ile karşı karşıya olduğu kabul edilmektedir (Dinar, 2009). Sulama suyunda tuz konsantrasyonlarının artması ile birlikte genel olarak tuzluluk sorunları ortaya çıkmaktadır (Ayman, 2003). Dünyadaki tüm yer altı suyu kaynaklarının yarısından fazlası tuzludur. Tuzlu suların tarım alanlarında sulama amaçlı kullanılması için, bitkileri tuzluluğun nasıl etkilediğinin bilinmesi, tuzluluk seviyelerinin kabul edilebilir değerler içerisinde bulunması için sabit tutulması ve düşük değerlerin kabul edilmesi gerekmektedir (Hassanpour ve Aliabadi, 2009). Tuzlu suların sulama amacı ile kullanılması özellikle yoğun tarım yapılan kurak ve yarı kurak bölgelerde, ikincil tuzluluğun en temel sebeplerinden birisi olmaktadır (Szabolcs, 1994).

Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde, tarımsal üretimin başladığı dönemlerden bu yana tarım alanlarında toprakların verimliliğini olumsuz yönde etkileyen, ürün verimini sınırlandıran en önemli sorunlardan birisi de tuzluluktur (Yazar ve ark. 2010). Yağışların yıldan yıla azalması ve mevcut su kaynaklarının öncelikli olarak evsel ve endüstriyel alanlara kaydırılması, özellikle bu iklim bölgelerinde geleneksel üretim yöntemlerinin değiştirilmesi gerçeğini ortaya koymaktadır. Tuzluluk artışına bağlı olarak, sürdürülebilir tarım alanlarının önümüzdeki 25 yıl içerisinde % 30'unun, 21. Yüzyılın ortalarında ise % 50'sinin tahrip olabileceği bildirilmektedir (Munns 2002, Bonilla ve ark. 2004, Ahmadi ve ark. 2009). Türkiye, 1.5 milyon ha alanda tuzluluk problemi ile karşı karşıya

bulunmaktadır. Bunun için yeni üretim alanlarını tarıma açmak zorunlu olmaktadır. Ancak, üretim alanlarının son sınırına gelindiğinden, tuzdan etkilenmiş sorunlu topraklardan yararlanma olanağını ciddi biçimde dikkate alma zorunluluğu ortaya çıkmaktadır. Ülkemizde damla sulama yöntemi, 1970'li yıllardan sonra hızlı bir şekilde tercih edilmeye başlanmış ve günümüzde hızla kullanımı yaygınlaşmaktadır (Kanber ve ark. 1986; Tekinel ve ark. 1989). Günümüzde çoğu seralarda olmak üzere, önemli bir alan damla sulama yöntemi ile sulanmaktadır (Kanber 1997). Modern sulama yöntemlerinden biri olan ve sulama suyunu bir iletim sistemiyle taşıyarak, damlatıcı adı verilen özel yapılara sahip araçlarla bitki kök bölgesine uygulayan damla sulama sistemlerinin en önemli kısıtlarının başında, damlatıcıların zamanla tıkanarak sistem performansının önemli ölçüde düşmesidir.

Tıkanan damlatıcıların belirlenmesi, temizlenmesi veya değiştirilmesi oldukça güç ve pahalıdır. Damlatıcıların kısmen veya tamamen tıkanması su dağıtım türdeşliğini ve sulama randımanını düşürür, kısaca sistem performansını azaltır ve sonuçta üretim ve kalite kayıplarına yol açabilir. Damla sulama sistemlerinde kullanılan damlatıcılar, sulama suyunda bulunan çeşitli katı parçacıklar ve organik maddeler ile suda eriyebilir kimyasal maddelerin çökmesi ve mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşan ürünler ile kolaylıkla tıkanabilmekte ve bu sistemlerin kullanımında en önemli sorun olarak ortaya çıkmaktadır. Damla sulama yönteminin etkinliği ise damlatıcılardan akan suyun üniformitesine bağlıdır. Damlatıcı debi değişimleri damlatıcı dağılım üniformitesine ve farklı su dağılım desenlerine neden olmaktadır. Damlatıcı debilerindeki çok küçük bir değişim, beklenen üniformite değerlerinde sapmalara neden olabilmektedir. Tarımsal sulamada sulama etkinliğinin (>%95) yüksek olması için, damla sulama sistemindeki tüm damlatıcılar eşit üniformiteye sahip olması ve yapım katsayılarının istenilen oranlarda olması yeğlenmektedir. Ayrıca, basınç değişimleri, damlatıcı tıkanmaları, yapım farklılıkları ve sıcaklık değişimleri gibi etmenler sebebiyle, benzer iki damlatıcı arasında eşit koşullarda imal edilse bile akış farklılıkları bulunur. Bu faktörler damla yönteminin etkinliğine önemli derecede etki eder.

Damla sulama sistemi ile bitki besin maddelerinin uygulanması da (fertigasyon) damlatıcıların tıkanmasına katkıda bulunur. Fiziksel etmenlerce tıkanma uygun filtre seçimiyle önemli ölçüde önlenabilir. Ancak, damlatıcıların kimyasal etmenlerle tıkanmalarına karşı filtre sistemlerinin her hangi bir etkisi bulunmamaktadır. Bu nedenle sulama suyunda bulunan yüksek konsantrasyondaki eriyebilir tuzlar, önemli düzeyde tıkanma sorunu oluşturur.

Damlaticuların tıkanmasını önlemede uygulanacak yöntemlerin başarısı, tıkanma etmenlerinin doğru bilinmesine bağlı olduğundan su analizleri yapılarak, belirli kalitede bir suyun kullanılması sonucunda damlatıcı tıkanmasına neden olabilecek etmenlerin saptanması ve buna göre koruma programlarının uygulanması büyük önem taşımaktadır.

Bu çalışmada farklı tuz oranlarına sahip (1.5 dS/m, 3.0 dS/m ve 5.0 dS/m) tuzlu sulama suyunun biber bitkisinin iki yetişme dönemi (2010 ve 2011 yılı ) boyunca damla sulama laterallerinde içten geçik (in-line) damlatıcılarda tıkanmanın damlatıcı debi değişimleri ( $q_{var}$ ) ve dağılım üniformalitelerinin ( $C_v$ ,  $DU$ ,  $UC$ ,  $adjUC$ ,  $U_s$  ve  $EUs$ ) etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.



## 2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

### 2.1. Sulamada Tuzlu Suların Kullanımı

Yüzyıllar boyunca su tükenmeyen bir kaynak olarak kabul edilmekteydi. Ancak, suyun kalitesindeki ve miktarındaki azalma ile ortaya çıkan artan su kısıtı son yıllarda büyük sorun olarak ortaya çıkmıştır. Günümüzde tüm Avrupa nüfusunun yaklaşık %70'ine ve Avrupa'daki ülkelerin yarısını kapsayan alan bugün su stresi ile karşı karşıyadır (Hochstrat ve Wintgens, 2003). Su stres indeksi, bir ülkenin toplam kullandığı suyun toplam yenilenebilir tatlı suyuna oranı olarak ifade edilir ve su kaynakları üzerine olan baskının ifadesinde bir belirteç olarak kullanılır. Yüzde 10'dan küçük değerler düşük stres faktörünü, % 10-20 gelişme için sınırlayıcı ve bazı yatırımların yapılması gerekliliğini göstermektedir. Yüzde 20'den yüksek su stresi indeksinde ise arzı ve talebi dengelemek için geniş çaplı önlemlerin alınması gerekliliğini ve rekabet halindeki kullanıcıların anlaşmazlığını çözecek adımların atılması gerekliliğini ifade etmektedir (OECD, 2003). Hochstrat ve Wintgens, (2003)'de yürüttükleri çalışma sonucunda Türkiye için ortaya çıkan su stres indeksi değeri % 19 gibi oldukça yüksek bir değerde olduğunu ve Türkiye için stratejik su tasarrufu tedbirlerinin acilen yerine getirilmesini rapor etmişlerdir.

Dünya üzerinde temiz su kaynaklarının sınırlı olması, hızlı nüfus artışı, küresel ısınma ve iklim değişikliği nedeniyle ortaya çıkan kuraklık, kentsel ve endüstriyel su gereksinimlerinin de giderek artması tarımsal sulamada kullanılan su kaynakları üzerindeki baskıların artmasına yol açmaktadır (Granberry ve ark. 2012). Su kaynaklarının % 75'inin tarımsal amaçlarla kullanıldığı göz önünde bulundurulduğunda, su tasarrufu sağlayan, suyu daha etkin olarak uygulayan basınçlı sulama tekniklerinin kullanılmasını kaçınılmaz kılmaktadır. Damla sulama sistemleri son yıllarda tarımsal alanlarda hızlı bir şekilde giderek artan oranlarda kullanılmaya başlanmıştır (Noori ve Thamiry, 2012; Yazar ve ark. 2010).

Kapluhan (2013)'deki çalışmasında küresel iklim değişikliğinin düzensiz yağışlara neden olacağı ve bunun sonucunda ırmak, göl ve yer altı su kaynaklarının seviyelerinde azalmalara neden olacağını belirtmiştir. Yaşanan bu durumdan su kaynaklarının en büyük kullanıcısı olan tarım sektöründe sudan kısıntıya gidilmesi üzerinde baskı yaratacağını ve bu baskıyı azaltmak için yeni su kaynaklarına yönelmenin şart olduğunu vurgulamıştır. Ayrıca, damla sulama gibi yeni modern sulamaların suyun tasarruf edilmesinde etkin olacağını fakat bu tür sulama yöntemlerinin etkin kullanılması için kullanılma kriterlerine dikkat edilmesini belirtmiştir.

Önder ve Önder (2007)'deki çalışmalarında küresel iklim değişikliğinin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkileri yüksek olduğunu ve yağışların sabit olduğu varsayıldığında bile, yüzey akışlarının, küresel ısınmaya bağlı olarak % 30 dolayında azalacağı bildirilmiştir. Araştırmacılar, özellikle azalan su kaynaklarına alternatif su kaynaklarının (tuzlu su, drenaj suyu, atık su, deniz suyu vb.) eklenmesini ve kullanılma durumlarının analiz edilmesini önermişlerdir. Ayrıca çalışmada, kısıtlı sulama programlarını ve sulama yöntemlerinde (damla sulama, yağmurlama sulama, mikro yağmurlama sulama v.b.) su kaynaklarını daha etkin bir şekilde kullanılmasına ve önemli ölçüde su tasarrufu sağlayacağını belirtmişlerdir. Önder ve Önder (2007)'deki çalışmalarında Seyhan ovası gibi sulamanın yoğun yapıldığı ve tuzlu su uygulamaları ve damla sulama yöntemleriyle yapılan sulamalarda zamanla sulama sistemlerinin etkinliğinin azaldığını ve olumsuz çevresel etkilerinin fazla olduğunu belirtmişlerdir.

Çakmak ve ark. (2005)'de yürüttükleri çalışmada, özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerine sahip Akdeniz ülkelerinde, artan nüfusa yeterli besin sağlanması için, sulanan alanların artırılması hedeflenirken, sulama suyu kaynakları aynı kalmakta hatta son yıllarda çevre kirliliği ve doğal dengenin bozulması sonucu, iklim değişimi ve düşük yağışlar nedeniyle su kaynaklarında azalma gözlemlediklerini raporlamışlardır.

Türkiye'nin su kaynakları, toprak potansiyeline göre oldukça sınırlıdır. Bu sebepten dolayı su, sulanabilir alanların genişletilebilme olanağının bulunması karşısında, bitkisel üretimi sınırlayan en önemli etmen sayılmaktadır. Sorunun çözümü için ya alternatif su kaynaklarının (tuzlu su, atık su, drenaj suyu vb.) kullanımı özendirilmeli ya da sulama sistemlerinin işletilmesinde kısıntılı ve iklimin uygun olduğu yerlerde tamamlayıcı sulama teknikleri kullanılmalıdır. Bu güncel sorun için ilgili araştırma ve planlamalar şimdiden yapılmalıdır (Çakmak ve Kendirli 2002; Tekin, 2011).

Alternatif sulama suyu kaynaklarının yeniden tarımda kullanımı diğer birçok ülkede olduğu gibi, ülkemizde de artan bir ilgi görmektedir. Ancak, alternatif suların (tuzlu su, atık su, drenaj suları) uygun biçimde artılmaz ve yönetilmezse, sulamada yeniden kullanımı çevresel problemleri de beraberinde getirebilir (Weber ve ark. 1996; Kızıloğlu ve ark. 2008).

Kaya (2010)'daki çalışmasında ülkemizin birçok bölgesinin kurak ve yarı kurak iklim bandında yer aldığını ve özellikle kurak tarım alanlarında bitkilerin yetişme döneminde doğal yağışların yetersiz olması durumunda, yüksek verim ve kalite için en uygun yöntemle tarımsal sulama yapılması gerektiğini rapor etmiştir. Ayrıca, Kaya (2010) çalışmasında ülkemizde yapılan sulu tarımın sulama ihtiyacının karşılanması, yeraltı ile

yerüstü tatlı su kaynaklarımızın daha etkin ve tasarruflu kullanılmasını zorunlu hale getirilebileceğini ve dünyadaki su kıtlığı ve kısıtlı olan kaynaklar göz önünde bulundurulduğu takdirde tuzlu su bu durumda çok iyi bir kaynak olacağını vurgulamıştır.

Bozkurt ve Ödemiş (2007)'deki çalışmalarında, tarımsal alanlardan elde edilen geri dönüşüm sularının damla sulamada kullanılması durumunda, damla sulama sistem etkinliğinin denetim birimine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmada, damla sulama sistemlerinde atık suların kullanımında en önemli hususun sulama suyu kalitesinin iyileştirilmesine yönelik sistem unsurlarının (filtreleme ve klorlama) en iyi düzeyde gerçekleştirilmesinin önemini belirtmişlerdir. Aksi durumda bu tür suların dikkate alınmadan tarımsal sulamada kullanılması durumunda sistemin ilk yatırım giderleri yüksek olan damla sulama sistemlerinin tıkanarak elden çıkmasının kaçınılmaz olduğunu vurgulamışlardır.

Sulama sularının kalite özelliği, bitkinin verim ve diğer parametrelerine (boy, yaprak alan indeksi, meyve kalitesi vb.) ve toprağın özelliklerine olan etkisi yüksektir. Bitkisel üretimi kısıtlandıran en önemli faktörlerden biri olan tuzluluk özellikleri olumsuz çevre yaratmada önemli faktörlerdendir (Gong ve ark. 2005, Martinez ve ark. 2007, Sankar ve ark. 2008). Bu özeliğinden dolayı tarımsal amaçlı suların kimi kimyasal özelliklerini bilmek gerekir. Bu özellikler sırasıyla *i*) suda eriyebilir tuzların toplam konsantrasyonları, *ii*) sodyum iyonunun diğer katyonlara olan oranı ve etkileşimi, *iii*) toksik özellikte olan özel iyonların konsantrasyonu, *iv*) bikarbonat iyonlarının ( $\text{HCO}_3$ ,  $\text{CO}_3$  vb.) konsantrasyonlarıdır (Ayyıldız, 1990).

Beltran (1999)'daki çalışmasında, tuzlu suların tarımda kullanılması durumunda kullanım stratejilerinin ve etkilerinin iyi analiz edilmesini belirtmiştir. Özellikle tuzlu su, drenaj suyu veya atık sular gibi alternatif su kaynakları tarımsal sulama olarak tercih edilmesi durumunda suyun uygulama yöntemlerine dikkat edilmesi gerektiğini vurgulamıştır. Ayrıca yazar çalışmasında özellikle tuzlu suların uzun dönem sulama amaçlı kullanılması durumunda sulama yöntemlerinde olumsuz etkilerinin olabileceğini belirtmiştir.

Arslan ve ark. (2007)'de Bafra ovasında yürüttükleri çalışmalarında yüksek taban suyu yüksekliği ve tuzluluğun bölgedeki sürdürülebilir tarıma etkilerini araştırmışlardır. Ayrıca, ovada yüksek tuz içerikli sulama sularının dönemsel olarak fazla kullanılmasının toprak ve çevreye olumsuz etki verdiğini belirlemişlerdir. Çalışmada, tuzlu taban sularının modern sulama yöntemlerinden olan damla sulama yöntemiyle uygulanması durumunda



yöntemin etkinliğinin azalacağını ve ekonomik olarak tarımsal işletmelere yük getireceğini vurgulamışlardır.

USSL (1954)'e göre tuzluluk ve alkalilik bakımından bir sulama alanının değerlendirilmesinde sulama suyu kalitesinin dikkate alınması gereken faktörlerden biri olduğu ve toprağa yeteri kadar kaliteli sulama suyunun verilmesiyle tuzluluğun kontrolünün mümkün olabileceğini vurgulamıştır. Ayrıca çalışmada, tuzlu sulama sularının basınçlı sulama yöntemlerinden damla sulama yöntemiyle uygulanması durumunda damlaticılarda tıkanıklığının yanında, toprak ve bitki üzerinde etkilerinin de dikkate alınması önerilmiştir.

Pasternak ve ark (1986) Güney İran bölgesinde Marvdasht şehrinde yürüttükleri domates çalışmasında, farklı tuzlu su içeren tuzlu suları (1.2 dS/m olan kontrol su ve elektriksel iletkenliği 4.5 dS/m ve 7.5 dS/m olan sulama suları) 3 farklı sulama yönteminde (yüzeyaltı damla sulama, damla sulama ve karık sulama) kullanmış ve etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda tuz değeri 1.2 dS/m'den 4.5 dS/m'ye çıkmasıyla birlikte verimde azalma olduğunu ve tuzluluk 7.5 dS/m olduğu durumlarda ise 1.2 dS/m olan kontrollü suya göre ürün veriminde % 60 azalma olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, araştırmacılar sulama suyunda artan tuzla birlikte özellikle gömülü ve damla sulama yönteminde farklı dağılım üniformitelerinin olduğunu ve damlaticıların zamanla tıkanıldığını belirtmişlerdir.

Danierhan ve ark (2013)'de Çin'de Tarım nehir bölgesinde yürüttükleri 3 yıllık pamuk çalışmasında farklı damlaticı akışlarına (1.8, 2.2, 2.6 ve 3.2 L/h) sahip damla sulama yönteminde damlaticı tıkanma ve toprak tuzluluğu dağılımı incelenmiştir. Çalışma sonunda çalışmada yüksek oranda damlaticı akışlarının seçilmesinin bölgenin kurak ve yarı kurak özellikte olmasından kaynaklandığını fakat yüksek oranda tuzlu sulama sularının uygulanmasıyla birlikte damlaticı tıkanıklıklarının tuza bağlı olarak değiştiğini ve damlaticı üniformitelerini etkilediğini belirtmişlerdir. Ayrıca damlaticılara uygulanan yüksek akış değerlerinin zamanla toprakta tuzlanma üzerinde yıkanmalara neden olduğunu fakat damlaticılarda dağılıma negatif etkide bulunduğunu çalışmalarında vurgulamışlardır.

Ayyıldız (1990)'daki çalışmasında, sulama sularının içerdiği tuzların cinsi ve miktarlarının gerek toprak özelliklerine gerekse bitkilerin gelişmelerine olumsuz etki ettiğini belirtmiştir. Ayrıca sulama suyundaki tuz konsantrasyonlarının su dağılım desenini etkilediğini ve bu etkiden dolayı da bitki gelişmesini olumsuz etkilediğini belirtmiştir. Damla sulama yönteminde tıkanıklık, bitki için gerekli nem dağılımlarında değişkenliklere neden olmaktadır. Tuzlu sulama suyunun diğer olumsuz etkisi ise toprakta biriken tuz

oranı ve miktarıdır. Bu olumsuzluk toprağın ozmotik basıncını artırarak toprak suyunun bitkilere elverişliliğini azaltmasına neden olduğunu belirtmiştir.

Yurtsever ve Sönmez (1992)'deki çalışmalarında kaliteli bir sulama suyunun belirlenmesinde sadece kimyasal analizlerini göz önünde bulundurmanın yeterli olmadığını, bunun yanında suyun kullanılacağı ortamın şartlarını da göz önünde bulundurmanın doğru olacağını bildirmişlerdir. Sulama suyu kalitesinin kullanım için uygunluğunu belirlerken sulanacak arazi toprağının fiziksel özellikleri, sulama yöntemi uygunluğu, bitkilerin tuza dayanıklılığı ve arazinin drenaj yeterliliği gibi faktörlerinde göz önünde tutulması gerektiğini belirtmişlerdir.

## **2.2. Damlatıcılarda Tıkanıklık ve Tıkanıklığın Damlama Türdeşliğine Etkisi**

Modern sulama yöntemlerinden birisi olan damla sulama, suyu bir iletim sistemiyle taşıyan ve damlatıcı adı verilen özel yapılara sahip araçlarla bitki kök bölgesine uygulama yöntemidir. Damla sulama sistemlerinin en önemli kısıtlarından birisi tıkanıklıktır. Tıkanma damla sulama sistemlerinde en yaygın ve en ciddi sorundur. Tıkanan damlatıcıların belirlenmesi, temizlenmesi veya değiştirilmesi oldukça güç ve pahalıdır. Damlatıcıların kısmen veya tamamen tıkanması su dağıtım türdeşliğini düşürür ve sulama randımanını azaltır. Tıkanma genellikle planlama aşamasında su niteliği faktörlerinin ihmal edilmesi veya sistemin uygun şekilde işletilip gerekli bakımların yapılmaması durumunda ortaya çıkmaktadır. Damlatıcıların zamanla tıkanması, sulamada kullanılan suların niteliklerine bağlıdır (Nakayama ve Bucks, 1986; Kırnak ve ark. 2004; Granberry ve ark., 2012; Noori ve Thamiry, 2012).

Granberry ve ark. (2012)'de yaptıkları çalışmada damlatıcı debilerindeki en ufak bir sapma, beklenen türdeşlik değerinden daha düşük değerlerle sonuçlanacağını belirtmişlerdir. Ayrıca çalışmada, damla sulama sistemi iyi şekilde tasarlanmaz ve koşullara uygun olarak doğru işletilmez ise içme suyu olarak kullanılacak kalitedeki sular bile damla sulama sistemlerinde giderilmesi kolay ve ucuz olmayan tıkanma sorunlarının ortaya çıkmasına neden olabilmektedir. Damla sulama sistemlerinde karşılaşılan en önemli sorunların başında damlatıcı tıkanıklığı gelmektedir. Araştırmacılar, damla sulama sistemlerinde tıkanmanın damlatıcıların debilerinin farklı olmasına, dolayısıyla damlatıcı üniformitesinin azalmasına, sistem performansının azalmasına ve sonuçta üretim ve kalite kayıplarına yol açabileceğini belirtmişlerdir.

Kırnak ve ark. (2004)'de yürüttükleri çalışmada damla sulama sistemlerinde damlatıcılar, sulama suyunda bulunan çeşitli katı parçacıklar ve organik maddeler ile suda

eriyebilir kimyasal maddelerin çökmesi ve mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşan ürünler ile kolaylıkla tıkanabilmekte ve bu sistemlerin kullanımında en önemli sorun olarak ortaya çıktığını belirtmişlerdir. Araştırmacılar, bu nedenle damlatıcıların tıkanmasında kullanılan sulama suyunun kalitesi birinci derecede önem taşıdığını ve su kalitesinin bölgesel veya yerel olarak değiştiğini ifade etmişlerdir.

Asgari ve ark. (2012)'de yaptıkları çalışma sonucunda damlatıcıların su dağılım üniformitesi üzerine suda erimiş kimyasalların tıkanma etkisinin hidrolik üniformiteden daha fazla olduğunu belirlemişlerdir.

Dosoretz ve ark. (2011) damlatıcılarda tıkanma etmenlerini dört ana grupta toplamışlardır; (i) suda askıda bulunan partiküllerin damlatıcı akış yolunu fiziksel olarak tıkaması; (ii) suda çözünen tuzların çökmesi yoluyla kimyasal tıkanması; (iii) kolloidal veya çözünebilir organik makro moleküllerin hidrofobik etkileşimi nedeniyle absorpsiyon; (iv) yosun gelişmesi ve biofilm oluşmasıyla damlatıcıların biyolojik tıkanmasıdır.

Tıkanma etmenlerinin en önemlilerinden biri suda askı halinde bulunan (süspanse) katı maddelerden (silt, ince kum) kaynaklanan fiziksel tıkanmadır. Diğer taraftan sulama suyunda yüksek konsantrasyondaki eriyebilir tuzlar, önemli düzeyde tıkanma sorunu oluşturmaktadır; yüksek Ca, Mg, Fe ve Mn ve HCO<sub>3</sub> konsantrasyonu ile yüksek pH ve sıcaklık, kimyasal tıkanmaya neden olmaktadır. Damla sulama açısından sulama suyunda pH>7.5 olması ve yüksek düzeyde Ca, Mg içermesi durumunda, Ca ve Mg karbonatları şeklinde çökerek damlatıcılarda kısmen ya da tamamen tıkanmaya neden olmaktadır. Suda erimiş tuzların çözünürlükleri düşük ise bu elementler damlatıcıların tıkanmasına neden olabilir. Maddelerin suda çözünürlükleri suyun sıcaklığına, pH'a, redoks potansiyeline ve suda çözülmüş madde konsantrasyonuna bağlıdır (Nakayama ve Bucks,1986; Capra ve Scicolone, 1998).

Nakayama ve ark. (1978), Nakayama ve Bucks (1981) ve Bucks ve ark. (1979)'da yaptıkları çalışmalar sonucunda damlatıcılarda tıkanmaya karşı zamanında önlem alınmaz ise, bakım-onarım giderleri, su uygulama türdeşliği ve akış miktarı, ürün kalitesi ve verimi olumsuz olarak etkileneceğini belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar damlatıcı tıkanıklığı sorununu çözmek için farklı yöntemler olduğunu belirtmişlerdir. Bunlar sırasıyla (i) tıkanmaya dayanıklı ve daha az bakım gerektiren damlatıcılar geliştirmek, (ii) damla sulama sistemine verilmeden sulama suyu kalitesini dikkate almak, (iii) uygun sulama stratejilerini dikkate alınmasını araştırmacılar rapor etmişlerdir.

Bralts ve ark. (1983), Nakayama ve Bucks (1986), Smajstrla ve ark. (1998), Pitts ve ark. (1985)'de yürüttükleri çalışmalarda damla sulama sistemi ile bitki besin maddelerinin

uygulanması da gübrelemenin (fertigasyon) damlatıcıların tıkanmasına katkıda bulunduğunu ve genel olarak çözünürlüğü yüksek olan gübrelerin damlatıcıları tıkama riski, çözünürlüğü düşük olan gübrelerden daha az olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar çalışmalarında sulama sırasında kullanılan üre, amonyum nitrat, amonyum sülfat, monoamonyum fosfat ve fosforik asit suyun pH'sını düşürmekte, potasyum nitrat ise yükselttiğini vurgulamışlardır. Ayrıca, suyun kaynağında çözünemez durumda  $\text{CaCO}_3$  ve  $\text{MgCO}_3$  bulunduğu sulama suyunun pH'sında meydana gelebilecek bir artış bunların çökmesine dolayısıyla damlatıcıların tıkanmasına neden olabileceğini araştırmalarında ifade etmişlerdir. Yüksek kalsiyum (Ca) ve gübrelerle verilen fosfor (P), fosfor bileşikleri şeklinde çökelebilmekte ve sonuç olarakta damla sulamada tıkanmalara neden olmaktadır.

Bozkurt ve Özekici (2006)'deki çalışmalarında bitki besin maddelerinin damla sulama sistemi ile verildiği durumlarda özellikle mikro elementlerin sulama suyundaki eriyebilir tuzlarla etkileşimleri gözden uzak tutulmamasını önermektedirler.

Bozkurt ve Sayılıkıran (2003) ve Yazar (2012)'deki çalışmalarında damla sulama sistemlerinde su analizlerine dayanarak uygun filtreler seçilerek fiziksel etmenlerin damlatıcıları tıkanmasının önüne geçilebileceğini fakat suda erimiş halde bulunan tuzların neden olduğu kimyasal tıkanmaya karşı filtrelerin herhangi bir etkisi bulunmadığını belirtmişlerdir.

De Melo ve ark. (2008)'deki çalışmalarında kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) karbonatlarının damlatıcı tıkanıklığı ve su dağılım üniformitesi üzerine etkilerini incelemişler ve su dağılım üniformitesinde damlatıcı tıkanıklığı nedeniyle önemli azalmalar meydana geldiğini, damlatıcı debi farklılıklarının arttığını bildirmişlerdir.

Capra ve Sciolone (1998) su kalitesi parametrelerinden toplam askıdaki katı madde, toplam demir, elektriksel iletkenlik, Ca, Mn, Mg konsantrasyonlarında artışın damlatıcı tıkanıklığını artıran etmeler olarak belirtmişlerdir.

Dosoretz ve ark. (2011)'deki çalışmalarında damla sulama sistemlerinde kimyasal ve biyolojik tıkanmalar ve bunların sistem performansı üzerine etkilerini araştırmışlar ve biyolojik ve kimyasal tıkanmaların lateral sonlarında daha belirgin olduğunu ve bunun nedeni olarak lateral sonlarında akış hızının düşük olmasını göstermişlerdir.

Bozkurt ve Ödemiş (2007)'de yürüttükleri çalışmalarında Hatay-Samandağ yöresinde kullanılan sulama sularının damla sulama sistemlerinde kullanılan damlatıcılarda oluşturabileceği kimyasal tıkama potansiyellerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma sonucunda, yörede kullanılan sulama sularının kimyasal niteliklerinden bazılarının, gerekli önleyici tedbirler alınmadığı sürece, damla sulamada “Orta” veya “Yüksek” düzeyde

tıkanıklığa neden olabileceği belirlenmiştir. Suların mangan ve toplam demir içerikleri, tüm örnek noktalarında, tıkama açısından sorun çıkarmayacak düzeydedir. TDS açısından genelde “orta” düzeyde sorunlu çıkarken, kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içeriklerine bağlı olan sertlik dereceleri damlatıcı tıkanması açısından en ciddi sorun olarak belirlenmiştir. Bu nedenle, yöredeki damla sulama sistemlerinin işletiminde, sulama suları içindeki damlatıcı tıkanıklığına neden olan kimyasal faktörler belirlendikten sonra filtrasyon, tarla gözlemleri, boru hatlarının yıkanması ve kimyasal su iyileştirmeleri gibi önleyici tedbirlerin alınması gerektiğini belirtmişlerdir.

Dworschak (2013)'deki çalışmasında kireç ve diğer tuzlar hemen hemen bütün su kaynaklarında yaygın olarak bulunduğunu ve su içinde yeterince CO<sub>2</sub> varsa sudaki kireç çözelti olarak kaldığını belirtmiştir. Ayrıca, araştırmacı su sıcaklığı artması durumunda suda çözünür kirecin azaldığını belirlemiştir. Bu olayın kirecin çökmesine ve damla sulama sistemlerinde damlatıcıların kısmen veya tamamen tıkanmasına, borularda, vanalarda ve diğer ek parçalarda kireçlenmeye neden olduğunu belirtmiştir.

Tarchitzky ve ark. (2013)'deki çalışmalarında damlatıcıların tıkanmasında en yaygın nedenlerden biri kalsiyum çökmesi yani kireçlenmeden kaynaklandığını belirtmiştir. Bu sorun kullanılan suyun yüksek pH'sı ve sudaki yüksek CaCO<sub>3</sub> konsantrasyonu ile ilgilidir. Aynı zamanda hava sıcaklığındaki aşırı değişimler de bu olayı hızlandırdığını araştırmacılar çalışmalarında belirtmişlerdir.

Solomon (1979)'daki çalışmasında damlatıcıların çok küçük olan iç çaplarını hatasız yapabilmek çok zor olduğunu hatta bir damlatıcının imalatı sırasında, kalıp dökme makinasında kontrol edilmesi gerekli birçok faktör olduğunu belirtmiştir. Malzeme özelliği ve karışım oranı, viskozite hızı, döküm sıcaklığı, basınç ve sıcaklık enjeksiyonu ve döngü süresi bu faktörlerden sayılabilir. Bu nedenlerden her hangi birinde oluşan hata veya değişim, doğrudan damlatıcı özelliklerini de etkilendiğini araştırmacı rapor etmiştir.

Gilbert ve ark. (1982)'deki Amerika Birleşik Devletinde arazi koşullarında yürüttükleri çalışmalarında 6 farklı özelliğe sahip Colorado nehir suyunun damlatıcılarda tıkanıklığa etkilerini incelemişlerdir. Ayrıca çalışmada yörede yaygın olarak kullanılan 8 farklı damlatıcı dikkate alınmıştır. Çalışma sonucunda damlatıcı performanslarının akış oranlarındaki azalma ile yakından ilişkili olduğunu ve tıkanma üzerine etkisini rapor etmişlerdir. Ayrıca çalışmada uzun süre sulamalarda düşük kalitedeki suların kullanılması durumunda damlatıcılarda su dağılımına etkisinin yüksek olduğu belirtilmiştir.

Smajsra ve ark. (1983), 5 yıl süreyle Florida'da turunçgil bahçelerinde yaptığı bir araştırmada tıkanma yüzdeleri aylık olarak ölçülmüştür. Damla sulama ile Spray-jet

karşılaştırıldığında tıkanma yüzdeleri damla sulamada daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Damlatıcıların çoğunun demir tortuları ile Spray-jet'lerden çoğunun ise böcekler nedeniyle tıkanmış olduğu belirlenmiştir. Damlatıcıların, daha az oranda kullanıldıkları kış ayları ile aşırı oranda kullanıldıkları yaz ayları karşılaştırıldıklarında, kış aylarında daha sık tıkanmış oldukları tespit edilmiştir. Tıkanma yüzdeleri 1979 yılında % 2.5'den 1983 yılında % 21.3'e yıllık olarak artış göstermiştir. Spray-jet'lerin tıkanma yüzdelerinde ise düşüş olmuştur. Çalışma süresince değerlendirilen iki tip elektromanyetik su uygulama biriminin, damlatıcı tıkanma yüzdeleri üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

English (1984), yapmış oldukları çalışmada damlatıcıların tıkanma sebeplerini araştırmışlardır. Damlatıcıların çok küçük su geçiş kanallarına sahip olmaları sebebiyle yabancı maddeler tarafından tıkanmış olduğunu yapmış oldukları çalışmalar sonucunda belirtmiştir. Damla sulama sistemlerinde damlatıcıların tıkanmasını önlemek için de sulama suyunun süzülmesinin önemli olduğunu vurgulamıştır. Damla sulama sistemlerinde süzülmuş tüm su kaynaklarının kullanılabilirliğini belirtmiştir.

Pitts ve ark. (1985)'de yürüttükleri çalışmalarında, damlatıcılarda fiziksel tıkanmalara sulama suyundaki kum parçacıkları ve asılı materyallerin sebep olduğunu ve tıkanmaya neden olan bu maddelerin sisteme su kaynağından geldiğini ve bundan dolayı da su kalitesinin damlatıcı tıkanıklığı üzerinde etkisinin olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca parçacıklar kil formunda olduğu durumunda çökelerek tıkanmalara neden olduğunu vurgulamışlardır.

Knapp ve ark. (1986)'deki yürüttükleri çalışmada suyun kimyasal kompozisyonu tıkanmada etkin olduğunu ve eğer kalitesiz sulama sularının kullanılması durumunda sisteme ciddi hasarlar verebileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar taban suları çökelme ve kabuklaşma oluşturabilen yüksek düzeylerde mineraller içerdiğinden damlatıcılarda tıkanmalarına neden olabileceğini çalışmalarında vurgulamışlardır. Araştırmacılar bu tip tıkanmayı damlatıcılarda ikinci tıkanma nedeni olduğunu ifade etmişlerdir. Çalışmada, derin kuyulardan elde edilen suların kimyasal tıkanmalara, yüzeysel kuyulardan (30 m'den az) ve durgun sulardan alınan sulama sularının çoğunlukla bakterilerle ilgili tıkanma sorunu oluşturduğunu araştırmacılar belirtmişlerdir.

Boman (1989) ve David (1989)'de damla sulamada tıkanıklığın su dağılım ve bitki verimini üzerine etkisi ile ilişkili çalışmalarında tıkanmanın damla sulamada suyun dağılım yeknesaklığı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu ve bitki veriminde düşümlere neden olduğunu çalışmalarında belirtmişlerdir.

Wallach (1990)'daki çalışmasında sulama suyunun bitkinin istediği oranda ve eşit miktarda verilmesi durumunda verim artışlarının olacağını ve sulama suyunun yeknesak dağılımı önemli olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar sulama yöntemlerinin uygulamalarında sulama yeknesaklığının arazinin topoğrafik yapısıyla, rüzgâr hızına, yapılan planlamanın şekline ve sistemindeki hidrolik özelliklerine bağlı olduğu açıklamışlardır. Ayrıca özellikle damla sulamada tıkanıklık suyun yeknesaklığında önemli faktör olduğunu bildirmişlerdir.

Nakayama ve ark. (1991), yaptıkları araştırmalarda damla sulama sistemlerinde damlatıcı tıkanmasının sebeplerini ve neden olan sebepleri belirlemeye çalışmışlardır. Ayrıca araştırmacılar, tıkanmaya fiziksel, kimyasal ve biyolojik etmenlerin önemli rol oynadığını ve etkin olduğunu belirtmişlerdir. Özellikle damla sulamada tıkanmada su kalitesinin önemli olduğunu, eğer bu tip suların kullanılması durumunda etkilerinin dikkate alınmasını ve tıkanmayı engelleyecek kontrol önlemlerinin alınmasını çalışmalarında vurgulamışlardır.

Adin ve Sacks (1991)'de hem arazi hem de laboratuvar koşullarında yürüttükleri çalışmalarında, damlatıcı performansının laterallerin başlangıç, orta ve sonunda yer alan damlatıcıların akış oranlarına bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar çalışmalarında, başlangıç ve ortada yer alan damlatıcıların, lateral sonundaki damlatıcılara göre daha fazla tıkanma olduğunu bulmuşlardır. Araştırmacılar çalışmalarında, kısa akış yollu labirent damlatıcıların daha az tıkanma oranlarına sahipken, kontrolsüz uzun akış yollu labirent damlatıcıların daha çok tıkanmaya sahip olduğu tespit edilmiştir. Damlatıcılardaki tıkanmanın birincil olarak atık suda asılı halde bulunan katılardan kaynaklandığı, bunun yanında asılı haldeki katıların tıkanma işlemini başlatmadığı sonucuna varmışlardır. Tıkanmanın başlanmasının sulama suyunda bulunan tuzdan kaynaklandığını ve tuzlu suların tıkanmada etkin olduğunu çalışmalarında vurgulamışlardır.

Capra ve Scicolone (2004)'de 5 faklı kentsel atık suyu, 6 değişik filtre (disk, elek ve çakıl ortamı) ve 4 farklı damlatıcı tipi (labirent ve vorteks) üzerinde yürüttükleri çalışmalarında, aynı debiyeye sahip damlatıcılardan vorteks damlatıcıların labirent damlatıcılara göre daha hassas olduğunu tespit etmişlerdir. Yerel olarak üretilmiş disk filtrelerin damlatıcıları tıkanmaya karşı koruyamadığını belirlemişlerdir. Ayrıca, belli oranda seyreltilmiş ve dinlendirilmiş kentsel atık suyun filtre ve damlatıcıların performansına olumlu etki yaptığını belirtmişlerdir.

Tüzel (1993)'deki çalışmasında damlatıcı performanslarının birçok faktöre bağlı olduğunu bu faktörlerin birisinin debi değişimi olduğunu belirtmiştir. Ayrıca araştırmacı damlatıcı performanslarının damlatıcı tıkanıklığına, damlatıcılar arasındaki yapım farklılıklarına, su sıcaklığındaki değişimlere ve damlatıcıların yıpranmalarına bağlı olduğunu çalışmasında vurgulamıştır. Araştırmacı, damlatıcı performansının damla sulama yönteminde önemli faktör olduğunu ve damlatıcı performansının sistem performansını ve sulama yeknesaklığını etkilediğini belirtmiştir.

Keller ve Bliesner, (1990), Bozkurt ve Özekici (2006), Noori ve Thamiry (2012)'deki araştırmacılar damla sulama sistemlerinin performansının damlatıcı debilerinin türdeşliğine bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar damlatıcı yapım farklılıkları, basınç değişimleri, damlatıcı tıkanması ve sıcaklık değişimleri damla sulama türdeşliğine etkili olduğunu vurgulamışlardır.

Wu ve ark. (1986)'deki çalışmalarında sulama süresince tüm damlatıcıların aynı miktar da sulama suyunu bitki kök bölgesine verilmesiyle bitki verim etkinliğinin artacağını ve tıkanıklığın sistem performansında önemli etken olduğunu belirtmişlerdir.

Bozkurt, (1996)'deki çalışmasında yapım farklılıkları dışında kalan diğer faktörler damlatıcı akış rejimine ve dolayısıyla sulama yeknesaklığının bozulmasına neden olan etmenler çeşitli önlemlerle kontrol altına alınabileceğini belirtmişlerdir. Ayrıca, araştırmacı, damlatıcı yapım farklılıkları üretim sırasında oluşan yapım hatalarından kaynaklandığını ve sonra kontrol edilmesi ve düzeltilmesi bulunmadığını çalışmasında belirtmiştir. Aynı zamanda, tüm etkenler uygun düzeyde sağlansa bile yapım farklılıkları dikkate alınmadan projelene sistemler su dağılım türdeşliği düşük sonuçlara neden olduğunu ve buda toprakta farklı nem dağılımlarına yol açacağını raporlamıştır.

Camp ve ark. (1997)'de yürüttükleri çalışmalarında, üç farklı damla sulama sistemi tasarlayarak farklı tarla koşullarında damla sistemlerin uygulama randımanını, damlatıcı debi eş dağılımını ve damlatıcı tıkanmasını esas alarak damla sulama sistemlerinin performansını değerlendirmişlerdir. Araştırma sonucunda araştırmacılar üç farklı damla sulama sisteminde damlatıcı basınçlarında büyük bir dalgalanmanın olduğu gözlemlemiş fakat sistemin temizlenmesinden sonra bu basınç dalgalanmalarındaki değişimler istatistiksel anlamda önemli bulunmadığını belirtmişlerdir.

Ravina ve ark. (1997)'de ikincil arıtımdaki kanalizasyon atıkları ve yağmur suyunu içeren rezervuar suyunu kullanarak farklı filtreleme koşullarında kimyasal muamelelerin etkisini de ekleyerek iki farklı tip damlatıcı performansını araştırmışlardır. Damlatıcı performansı her damla sulama lateralindeki basınç ve akış oranının otomatik olarak



ölçülmesinin yanı sıra ve bireysel damlatıcılardaki tahliye oranının elle ölçülmesiyle belirlenmiştir. Sonuç olarak; temin edilen sulama suyunun klorlanması, damlatıcı tıkanmasını azaltması ve damla sulama laterallerinin yeteri düzeyde işletilmesi için gerekli olduğu, günlük olarak veya üç günde bir yapılan klorlamanın benzer etkiye sahip olduğu, 10 günde bir yapılan klorlamanın ise sistem açısından daha etkili olduğu belirtilmiştir.

El-Berry ve ark. (2003), sulama suyunda bulunan kirleticilerin konsantrasyonundaki ve delik boyutundaki artış, damlatıcı debisi üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğu ve bu etkinin tüm damlatıcı tiplerini eşit oranda etkilemediği, su kalitesi ve delik çapının damlatıcı tıkanması üzerine etkisi konulu araştırmada belirtilmektedir. Ayrıca, basınç dengeleyici özelliğe sahip damlatıcılar tıkanmaya karşı daha uzun ömürlü bulunmuştur. Bu sebeple araştırmacılar içten geçik (in-line) tip damlatıcılar kullanılmasını, normal damlatıcıların yerine ise basıncı ayarlanabilir damlatıcılar tercih edilmesi gerektiğini önermektedir.

Burt (2004)'deki çalışmasında damla sulama sistemlerinde damlatıcı su dağılım türdeşliğini incelemiştir. Araştırma sonucunda laterallerin yıpranması, laterallerdeki basınç farkına, su dağılım türdeşliğinin ve damlatıcıların tıkanmasına, uygun olmayan drenaj koşullarına ve üretici firma varyasyon katsayısına bağlı olarak değiştiğini belirtmiştir.

Barragan ve ark. (2006)'da damlatıcı su çıkış eş dağılımlarını mikro sulama sistemlerinde incelemiş ve bu değer için bir formül geliştirmeye çalışmıştır. Bu araştırmada damlatıcı su çıkış eş dağılımının sistemin üretici firma varyasyon katsayısı, hidrolik varyasyon katsayısı ve damlatıcı sayısının bir fonksiyonu olduğunu belirtmişlerdir.

Badr ve ark. (2009)'deki araştırmalarında damlatıcı debi türdeşliğine, damla sulama sisteminde damlatıcı debisi, işletme basıncı, lateral uzunluğu, lateral çapı ve damlatıcıların imalat kalitelerinin etki ettiğini belirtmişlerdir.

### 3.MATERYAL VE METOD

#### 3.1. Materyal

##### 3.1.1. Araştırma Alanı

Çalışma, Adana ilinin Yüreğir ilçesinde bulunan Zirai Üretim İşletmesi Tarımsal Yayım ve Hizmetiçi Eğitim Merkezi Müdürlüğü bahçesine kurulan damla sulama test düzeneğinde 2015 ve 2016 yıllarında yürütülmüştür (Şekil 3.1). Damla sulama test masası denizden 20 m yükseklikte; 37°01' Kuzey enlemi, 35°20' Doğu boylamlara sahip alana konumlandırılmıştır.

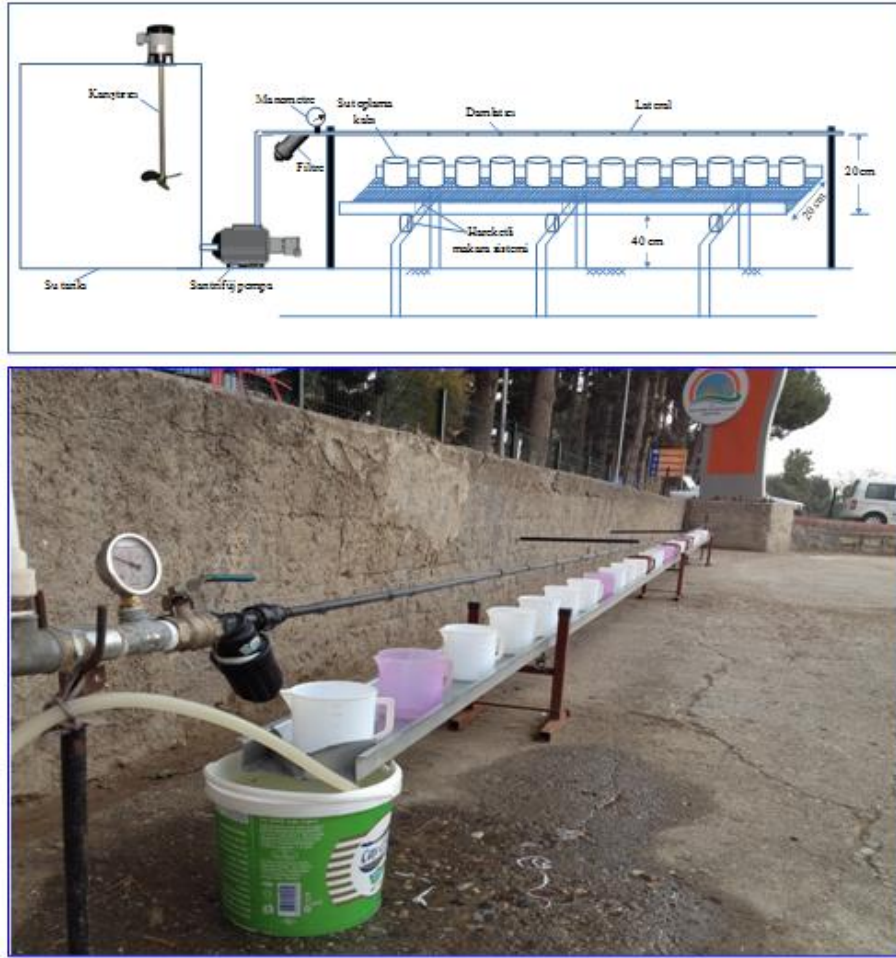


Şekil 3.1. Denemenin yürütüldüğü damla sulama test düzeneği yer ve konumu

##### 3.1.2. Damla Sulama Test Masası

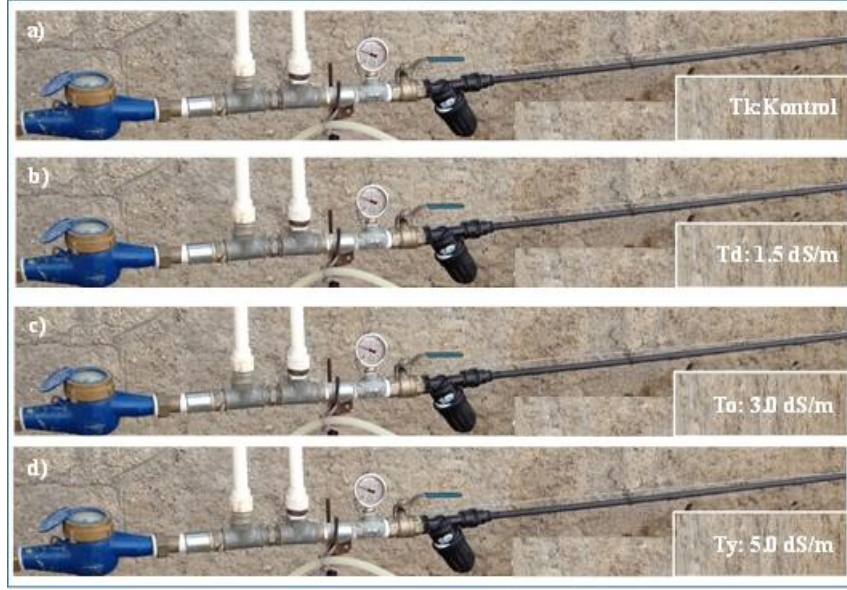
Adana Zirai Üretim İşletmesi Tarımsal Yayım ve Hizmetiçi Eğitim Merkezi Müdürlüğü bahçesine konumlandırılmış damla sulama test sistemi su tankı, santrifüj pompa, filtre, basınç ölçer (manometre), vana ve lateral hattından oluşturulmuştur (Şekil 3.2). Test masası; askı sistemi, ana boru hattı ve laterallerin yerleştirilmesi için askı sistemlerinden oluşmaktadır. Test masası yerden 40 cm yükseklikte, 11 m uzunluğunda ve 20 cm genişliğinde oluşturulmuştur. Damla sulama test masasında test edilen lateraller gergi tellerine test masasından 20 cm yüksekliğe konumlandırılmıştır. Test masasında damla laterallerinde yük kayıplarının olmaması için damla lateralleri gerginleştirilmiştir. Test masasının paslanmasının önlenmesi için galvanizli sac kullanılmıştır. Ayrıca masanın altında test masası boyutlarında hareketli pano oluşturulmuş. Panonun hareketliliğini

sağlamak için pano altına 3 m aralıklarla makara yerleştirilmiştir. Ayrıca masadan dönen tuzlu su bir drenaj sistemiyle tekrar depoya verilmiştir (Şekil 3.2).



Şekil 3.2. Damla sulama test masası detayı ve damla sulama test alanından görünüm

Çalışmada kullanılan lateral çapı 16 mm, damlatıcı aralığı 33 cm ve damlatıcı debisi 4 L/h olan içten geçik (in-line) damlatıcı kullanılmıştır. Çalışmada 11 metre uzunluğunda konulara uygun olarak 4 farklı lateral hazırlanmıştır. 1. lateral (Şekil 3.3a) kontrol amaçlı oluşturulmuş ve bu laterale sadece kuyu suyu uygulaması yapılmıştır. Çalışmada oluşturulan 2. Lateral (Şekil 3.3b) 1.5 ds/m tuz uygulaması olan  $T_d$  konusu için oluşturulmuş ve uyarlanmış 2015-2016 yıllarındaki sulama programına tabi tutulmuştur.  $T_o$  konusu olan 3.0 dS/m tuz uygulaması için 3. lateral (Şekil 3.3c) hazırlanmış ve aynı sulama programı uygulanmıştır. Son olarak 4. lateral (Şekil 3.3d) 5.0 dS/m tuz konsantrasyonunda olan  $T_y$  konusu için oluşturulmuş ve 2 yıllık biber sulama programına tabi tutulmuştur.



Şekil 3.3. Denemede konular için oluşturulmuş lateraller

Test düzeneğinin ana boru girişine filtre (Şekil 3.4f) yerleştirilmiştir. Damlatıcı laterallerinde basınç kontrolü için lateral başına  $4 \text{ kg/cm}^2$  silikon ve basınç değişimlerinden etkilenmeyecek gliserinli manometre (Şekil 3.4d) kullanılmıştır. Denemede 2 ton kapasiteli depoda (Şekil 3.4a) biriktirilen tuzlu su  $0.74 \text{ kW}$  gücünde ve  $100\text{L/dak.}$  maksimum debiye sahip bir santrifüj pompa (Şekil 3.4b) yardımıyla kurulan düzeneğe verilmiştir. Ayrıca 2 ton kapasiteli deponun içerisine karıştırıcı yerleştirilmiş ve tuzlu suyun depoda çökmesi önlenmiştir. Suyun kontrolü için sistemin başına küresel vana (Şekil 3.4e) yerleştirilmiştir.



Şekil 3.4. Test masasını oluşturan ögeler: a) Su deposu, b) Santrifüj pompa, c) Su sayacı, d) Manometre, e) Küresel vana f) Filtre

### 3.1.3. Sulama Suyu Kaynakları

Çalışmada 1.5 dS/m, 3.0 dS/m ve 5.0 dS/m elektriksel iletkenliğinde olan tuzlu sular ve Adana Zirai Üretim İşletmesi Tarımsal Yayım ve Hizmetiçi Eğitim Merkezi Müdürlüğünde hem içme hem de arazi sulaması için kullanılan kuyu suyu kullanılmıştır. Çalışmada alınan sulama suyu derin kuyudan elde edilmiştir. Tuzlu ve kuyu sularının karıştırılması için damla sulama test sistemin başına konumlandırılmış 2 ton kapasiteli tanktan yararlanılmıştır. Tuzlu su ve kuyu suyunun karıştırılması ve tuzun tankta çökmemesi için tank içerisine karıştırıcı yerleştirilmiştir. Ayrıca sözü edilen tankta alg gelişmesinin önlenmesi ve sıcaktan etkilenmemesi için, beyaz yağlı boyayla boyanmıştır.

Kuyudan alınan sulama suyu kontrol konusu ( $K_k$ ) örnekleri USSL (1954)'de verilen yöntemler kullanılarak analiz edilmiş ve analizler sonucunda denemede kullanılan sulama suyunun sınıfının  $C_2S_1$  olduğu belirlenmiştir. Denemede kullanılan sulama suyunun elektriksel iletkenlik değeri ( $EC_w$ ) 0.64 dS/m ölçülmüş ve sodyum absorpsiyon oranı (SAR) değeri 0.39 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.1).

Çalışmada tuzluluk eşik değeri düşük olan  $T_dS_1$  konusuna uygulanan sulama suyu örnekleri USSL (1954)'de verilen yöntemler kullanılarak analiz edilmiş ve sulama suyunun  $EC_w$  değeri 1.53 dS/m ölçülmüş ve SAR değeri 5.83 olarak hesaplanmıştır (Çizelge 3.1). Analizler sonucunda denemede kullanılan sulama suyunun sınıfının  $C_3S_2$  olduğu belirlenmiştir. Aynı şekilde  $T_oS_1$  ve  $T_yS_1$  konularına ait sulama suyunun kimyasal özellikleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Analizler sonucunda  $T_oS_1$  konusuna uygulanan sulama suyunun sınıflandırması  $C_4S_2$  ve  $T_yS_1$  konusuna uygulanan sulama suyunun sınıflandırması  $C_4S_3$  olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.1. Çalışmada konulara uygulanan tuzlu sulama suyunun kimyasal analiz sonuçları

Konular	$EC_w$ (dS/m)	pH	Kasyonlar, me/L					Anyonlar, me/L					SAR
			Na	K	Ca	Mg	$\Sigma$	$CO_3$	$HCO_3$	Cl	$SO_4$	$\Sigma$	
$T_dS_1$	1.5	7.9	10.3	0.10	4.5	1.7	16.6	0.2	4.9	10.4	1.1	16.6	5.83
$T_oS_1$	2.9	7.8	20.7	0.10	3.7	2.8	27.3	0.6	4.2	20.3	2.2	27.3	11.33
$T_yS_1$	5.2	7.9	40.1	0.14	4.5	3.4	48.1	0.4	4.8	39.4	3.5	48.1	20.13
$T_k$	0.64	7.8	0.71	0.03	3.94	2.55	7.2	-	5.67	0.83	0.74	7.2	0.39

Çalışmada damla sulama lateraline uygulanacak sulama suyu miktarları daha önce yürütülen biber çalışmasının 2 yıllık sulama programı (2010 ve 2011 yılı) dikate alınarak uygulanmıştır. Araştırmada 2010 yılı biber sulama programı 2015 yılında, 2011 yılı biber sulama programı ise 2016 yılına uyarlanmıştır. Biber sulamasının ilk yılında ve ikinci

yılında 25 sulama uygulaması ele alınmış, toplamda 50 sulama uygulaması sisteme uygulanmıştır. Sulama uygulamalarında biber sulamasının sulama aralıkları dikkate alınarak sisteme tuzlu su uygulaması yapılmıştır. Sulama programında günlük sulama miktarları mm'den m<sup>3</sup>'e dönüştürülmüş ve su sayacında kontrollü şekilde damla laterale verilmiştir. Çalışmada 2010 yılı ve uyarlanmış 2015 yılı sulama programı ve sulama aralıkları Çizelge 3.2'de verilmiştir. Çalışmada 2015 yılına ait günlük hava sıcaklık ve güneşlenme şiddeti verileri Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınmış ve yıllara ait iklim verileri Çizelge 3.2 verilmiştir.

Çizelge 3.2. Çalışmada 2010 yılı ve uyarlanmış 2015 yılı sulama tarihleri, sulama miktarları, sulama aralıkları ve uyarlanmış 2015 yılına ait meteorolojik veriler

2010 yılı sulama tarihleri	Uyarlanmış 2015 yılı sulama tarihleri	Sulama suyu miktarı mm	Sulama aralığı gün	Hava Sıcaklığı °C	Uyarlanmış 2015 yılına ait güneşlenme şiddeti kW h /m <sup>2</sup>
15.04.2010	15.04.2015	15		16.9	6.9
20.04.2010	20.04.2015	20	5	18.6	5.5
28.04.2010	28.04.2015	20	8	22.8	6.4
07.05.2010	07.05.2015	30	10	23.2	2.3
11.06.2010	11.06.2015	32	4	23.3	6.4
18.06.2010	18.06.2015	37	7	26.4	7.1
25.06.2010	25.06.2015	30	7	26.0	6.2
01.07.2010	01.07.2015	35	6	26.4	7.5
07.07.2010	07.07.2015	34	6	27.1	6.4
12.07.2010	12.07.2015	32	5	28.1	6.6
20.07.2010	20.07.2015	30	8	28.8	7.5
26.07.2010	26.07.2015	33	6	28.4	6.3
03.08.2010	03.08.2015	30	8	33.7	6.1
10.08.2010	10.08.2015	38	7	29.7	5.9
16.08.2010	16.08.2015	35	6	30.5	6.2
21.08.2010	21.08.2015	30	5	29.7	6.5
27.08.2010	27.08.2015	38	6	28.5	6.6
31.08.2010	31.08.2015	32	4	27.5	5.1
05.09.2010	05.09.2015	30	5	28.4	5.6
13.09.2010	13.09.2015	31	8	29.8	5.3
21.09.2010	21.09.2015	30	8	24.6	3.0
30.09.2010	30.09.2015	28	9	25.2	3.6
07.10.2010	07.10.2015	24	7	21.9	4.7
14.10.2010	14.10.2015	20	7	24.7	4.2
25.10.2010	25.10.2015	20	11	20.0	0.9

Çalışmada 2011 yılı ve uyarlanmış 2016 yılı sulama programı, sulama aralıkları ve Adana Meteoroloji Bölge Müdürlüğü'nden alınan ortalama günlük sıcaklık değerleri ve ortalama günlük güneşlenme şiddeti değerleri Çizelge 3.3'de verilmiştir.

Çalışmada uyarlanmış 2016 yılı için toplam 750 mm tuzlu sulama suyu damla lateraline uygulanmıştır. Test masasına yerleştirilen lateralin uyarlanmış arazi çalışması gibi etkilenmesi için test masası açık alanda oluşturulmuştur. Bu amaçla tarla koşullarında

lateralin hidrolik özelliklerine etki eden iklim koşulları (sıcaklık, güneşlenme şiddeti) dikkate alınmış ve test dönemi boyunca ilgili iklim verileri kayıt altına alınmıştır (Çizelge 3.3.)

Çizelge 3.3. Çalışmada 2011 yılı ve uyarlanmış 2016 yılı sulama tarihleri, sulama miktarları, sulama aralıkları ve uyarlanmış 2016 yılına ait meteorolojik veriler

2011 yılı sulama tarihleri	Uyarlanmış 2016 yılı sulama tarihleri	Sulama suyu miktarı mm	Sulama aralığı gün	Hava sıcaklığı °C	Uyarlanmış 2016 yılına ait güneşlenme şiddeti kW h /m <sup>2</sup>
19.04.2011	19.04.2016	5	-	23.9	7.1
25.04.2011	25.04.2016	10	6	21.0	5.9
29.04.2011	29.04.2016	5	4	20.5	7.0
18.05.2011	18.05.2016	30	19	22.0	6.7
24.05.2011	24.05.2016	30	6	21.1	7.4
01.06.2011	01.06.2016	30	8	24.1	6.2
07.06.2011	07.06.2016	30	6	23.7	7.3
10.06.2011	10.06.2016	30	3	23.7	5.9
17.06.2011	17.06.2016	32	7	29.2	8.2
22.06.2011	22.06.2016	31	5	30.5	7.6
29.06.2011	29.06.2016	35	7	27.7	7.0
05.07.2011	05.07.2016	30	6	29.0	6.0
11.07.2011	11.07.2016	31	6	30.3	7.6
15.07.2011	15.07.2016	39	4	29.8	6.8
21.07.2011	21.07.2016	35	6	28.9	6.2
27.07.2011	27.07.2016	40	6	30.0	7.1
04.08.2011	04.08.2016	30	8	30.5	6.6
09.08.2011	09.08.2016	34	5	30.8	6.6
15.08.2011	15.08.2016	35	6	30.6	5.2
19.08.2011	19.08.2016	35	4	29.8	6.3
24.08.2011	24.08.2016	36	5	29.8	5.6
29.08.2011	29.08.2016	30	5	28.4	6.0
06.09.2011	06.09.2016	37	8	27.9	5.3
13.09.2011	13.09.2016	32	7	27.6	5.3
21.09.2011	21.09.2016	38	8	26.3	5.3

## 3.2. Metod

### 3.2.1. Araştırma konuları

Çalışmada 3 farklı tuzlu su konusu oluşturulmuştur. Oluşturulan tuz konuları biber bitkisinin düşük, orta ve yüksek tuz eşik değerleri düşünülerek oluşturulmuştur. Oluşturulan tuzlu su konsantrasyonları *i)* 1.5 dS/m düşük tuz içeriğine sahip  $T_d$  konusu, *ii)* 3.0 dS/m orta tuz içeriğine sahip  $T_o$  konusu ve *iii)* 5.0 dS/m yüksek tuz içeriğine sahip  $T_y$  konusudur. Oluşturulan tuz oranları C2S1 sınıfında olan kuyu suyuyla belli oranlarda seyreltilmiş ve istenilen tuz eşik değerlerine ulaşılmıştır.

Çalışmada oluşturulan damla sulama test masasındaki laterale her sulama yılı için toplam 25 sulama uygulaması yapılmıştır. Değerlendirme aşamasında sulama uygulamasının başlangıcı olan ilk sulama ve son sulama olan 25nci sulama uygulaması değerleri çalışmada dikkate alınmıştır. Çalışmada dikkate alınan sulama konuları  $S_1$  ve  $S_{25}$  olarak oluşturulmuştur.

### 3.2.2. Tuzlu Suyun Hazırlanması

Deneme konuları gereği sulama suyunda farklı tuzluluk değeri (EC) oluşturmak için, piyasada satılan NaCl ve  $MgSO_4$  tuzları kullanılmıştır. Na kaynaklı bir tuz çeşidi ile Ca: Mg=1 ve SAR =5 (zararsız ya da kabul edilebilir SAR değeri) için istenilen tuzluluk düzeyinde sulama suyu hazırlamak için Çizikçi (1997) ve Üzen (2009)'dan yararlanılmıştır.

### 3.2.3. Sulama Suyu Analizleri

Araştırmada sulama sularının niteliğinin belirlenmesi için aşağıda belirtilen analizler yapılmıştır.

*Toplam tuz:* Sulama suyunun 25 °C deki elektriksel iletkenliği ölçülerek bulunmuş ve dS/m birimiyle ifade edilmiştir (Richards,1954; Tan, 2005).

*pH:* Cam elektrotlu pH metre ile ölçülmüştür (Tüzüner, 1990; Tan, 2005).

*Sodyum (Na) ve Potasyum (K):*Alev fotometresinde yapılan akıma standart NaCl çözeltisinden elde edilen veriler grafikte değerlendirilip me/L olarak ifade edilmiştir (Richards, 1954; Tan, 2005).

*Kalsiyum (Ca):* Richards (1954) ve Tan (2005)'de belirtilen esaslara göre, versanat titrasyonu yöntemine göre belirlenmiştir. Bu yöntemine göre, 10 ml örnek alınmış ve üzerine



sodyum hidroksit (NaOH) damlatılmıştır. Örneğe kalsiyum belirteci olarak, amonyum pürpurat eklenerek rengi portakal kırmızısına dönüştürülmüştür. Sonra portakal kırmızı rengindeki örnek rengi mor veya eflatuna dönünceye kadar versenatla titre edilmiştir. Ayrıca Blank Eriyiği kullanılarak işlem kontrol örnekte yinelenmiştir. Blank Eriyiği için harcanan versenat miktarı ile örnek için harcanan versenat arasından farktan gidilerek kalsiyum tayini yapılmıştır.

*Magnezyum (Mg):* Kalsiyum belirlemede olduğu gibi titrasyonla tayin edilmiştir. Titrasyon işlemi rengin maviye dönüşmesine kadar devam edilmiş ve aynı işlem kontrol örnekte yinelenmiştir. Örnek için harcanan versenat ile kontrol örneğine harcanan versenat arasındaki farktan gidilerek örnek için magnezyum tayini yapılmıştır (Richards, 1954; Kanber ve Ünlü, 2010).

*Karbonat ( $CO_3$ ) ve Bikarbonat ( $HCO_3$ ):* USSL (1954), Tüzüner (1990) ve Tan (2005)'de belirtilen esaslara göre titrasyon işlemi yapılmıştır. Titrasyon işlemi önce karbonat için yapılmış ve bu amaçla 50 ml su örneğine fenolfitaleyn damlatılmıştır. Pembe renk görüldüğünde 0.01 N sülfürik asitle titre edilmiştir. Daha sonra aynı örneğe metil oranj indikatörü damlatılmış ve portakal rengi görülünceye dek 0.01 N sülfürik asitle titre edilmiştir. Her iki aşamada kullanılan örnek, harcanan asit ve asidin normalitesi kullanılarak karbonat ve bikarbonat miktarları belirlenmiştir.

*Klor (Cl):* Örneklerde potasyum kromat indikatörü kullanılarak, standart  $AgNO_3$  çözeltisi ile titrasyon yapılmıştır. Harcanan çözülden klor (Cl) hesaplanmıştır (Richards, 1954).

*Sülfat ( $SO_4$ ):* Diğer katyon ve anyon analizleri yapıldıktan sonra katyon toplamından anyon toplamları çıkarılarak bulunan değer sülfat olarak yazılmıştır (Tüzüner, 1990).

#### **3.2.4. Damla Sulama Sistemi Performans Parametreleri**

Damla sulama sistemi performans parametreleri belirlenmesi için 30 adet damlatıcı seçilmiş ve 2 tekrarlı olarak debileri ölçülmüştür. Ölçümlere düzenekte yer alan laterallerin tamamında aynı anda başlanmış ve bitirilmiştir. Akış ölçümleri damlatıcıların altına yerleştirilen 2 litre kapasiteli su kapları ile yapılmıştır. Ölçüm sonucunda test masasının üzerinde bulunan hareketli pano yatay şekilde çekilerek damlatıcıdan çıkan debi miktarı hacimsel olarak ölçekli silindir kapla ölçülmüştür. Performans parametreleri her farklı tuz konsantrasyonu ve dönem için ayrı ayrı yapılarak değişimler izlenmiştir. Performans

parametrelerinin hesaplanması amacıyla bir Microsoft Excel programı geliştirilmiştir. Anılan programa ilişkin sayfa görüntüsü Şekil 3.5’de verilmiştir.

	A	B	C	D	E	F	G
1							
2			<b>3 dS/m'lik Tuzlu Su Uygulaması</b>				
3	Test tarihi:25.04/2017						
4	Sulama Tarihi:19.04.2011						
5							
6	Damlatici no	Damlatici debisi mL/10dak	Küçükten-Büyükçe aralanan Q değerleri (mL/10dak)	q(L/h)			Mutlak d
7	1	718		666	2,66	-0,432	0,43171
8	2	762		670	2,68	-0,416	0,41571
9	3	673		670	2,68	-0,416	0,41571
10	4	756		677	2,71	-0,388	0,38771
11	5	680		678	2,71	-0,384	0,38371
12	6	700		680	2,72	-0,376	0,37571
13	7	778		680	2,72	-0,376	0,37571
14	8	709		690	2,76	-0,336	0,33571
15	9	718		698	2,79	-0,304	0,30371
16	10	771		699	2,80	-0,3	0,29971
17	11	726		702	2,81	-0,288	0,28771
18	12	730		706	2,82	-0,272	0,27171
19	13	692		708	2,83	-0,264	0,26371
20	14	680		710	2,84	-0,256	0,25571
21	15	758		716	2,86	-0,232	0,23171
22	16	683		716	2,86	-0,232	0,23171
23	17	680		728	2,91	-0,184	0,18371
24	18	806		731	2,92	-0,172	0,17171
25	19	702		747	2,99	-0,108	0,10771
26	20	749		756	3,02	-0,072	0,07171
27	21	700		757	3,03	-0,068	0,06771
28	22	788		760	3,04	-0,056	0,05571
29	23	764		760	3,04	-0,056	0,05571
30	24	670		769	3,08	-0,02	0,01971
31	25	708		770	3,08	-0,016	0,01571
32	26	713		776	3,10	0,008	0,00829
33	27	770		786	3,14	0,048	0,04829
34	28	668	Parametreler	804	3,22	0,12	0,12029
35	Ortalama debi (mL/10dak)	723,29	Ortalama damlatıcı debisi (mL/10dak)	721,79		Toplam	6,19
36	Standart sapma	40,10	Ortalama damlatıcı debisi L/h	4,33			
37			¼25 den az debi (mL/10dak)	4721,00			
38			Ortalama ¼25 den az debi (mL/10dak)	674,43			
39			Ortalama ¼25 den az debi (L/h)	4,05			
40			Damlama türdeşliği (DL%)	93,44			
41			Orvar	0,17			
42			Yagun farklılık katsayısı Cv	5,56			
43			Christiansen Uniformitesi (UC)	94,89			
44			Statistical Uniformitesi (Uv)	94,44			
45			Düzeltilmiş Christiansen Uniformitesi (adjUC)	95,56			
46			Damlatici üniformitesi (EUv)	57,17			
47							

\* Su toplama kaplarında 10 dakika süreyle biriken su miktarları damlatıcı no'larına göre girildiğinde program önce bu değerleri L/h'e dönüştürmekte ve tüm hesaplamalar L/h debiler üzerinden yapılmaktadır.

Şekil 3.5. Sistem performans parametrelerinin hesaplanması amacıyla geliştirilen Microsoft Excel programının görüntüsü

### 3.2.4.1. Damlatıcı Debi Değişimi ( $q_{var}$ )

Damlatıcı debi değişimi ( $q_{var}$ ) aşağıdaki eşitlikle belirlenmektedir (Karmeli ve Keller, 1975):

$$q_{var} = \left( \frac{q_{max} - q_{min}}{q_{max}} \right) \quad (3.1)$$

Eşitlikte,  $q_{max}$ , maksimum damlatıcı debisi (L/h);  $q_{min}$ , minimum damlatıcı debisi (L/h)'dir.

### 3.2.4.2. Damlatıcı Üniformitesi (EUs)

Nokta ve çizgi kaynaklı lateraller için damlatıcı üniformitesi (EU) aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (Karmeli ve Keller, 1975).

$$EUs = 100 \left( 1.0 - \frac{1.27}{\sqrt{Ne}} C_v \right) \frac{q_{\min}}{q_{ort}} \quad (3.2)$$

Eşitlikte, EUs, tasarım damlatıcı üniformitesi (%); Ne, damlatıcı sayısı; C<sub>v</sub>, yapımcı farklılık katsayısı; q<sub>min</sub>, sistemde minimum damlatıcı debisi (L/h); q<sub>ort</sub>, ortalama damlatıcı debisi (L/h)'dir.

### 3.2.4.3. Damlatıcı Yapımcı Farklılık Katsayısı (Cv)

Lateral üzerinde damlatıcılar yapımından kaynaklanan farklılıklardan dolayı aynı özellikte olmaları olanaksızdır. Bu nedenle, damlatıcı debileri yapımdan kaynaklanan farklılıklar sergilerler. Damlatıcı Yapımcı Farklılık Katsayısı (C<sub>v</sub>), rastgele seçilen damlatıcıların aynı basınçta debilerinin ölçülmesiyle hesaplanır (Keller ve Bliesner, 1990; ASAE, 2003):

$$C_v = \frac{(q_1^2 + q_2^2 + \dots + q_n^2 - n\bar{q}^2)^{1/2}}{\bar{q}(n-1)^{1/2}} \quad (3.3)$$

Eşitlikte, C<sub>v</sub>:Yapımcı farklılık katsayısı; q<sub>1</sub>, q<sub>2</sub>,..., q<sub>n</sub>, damlatıcı debileri (L/h);  $\bar{q}$ , ortalama damlatıcı debisi (L/h); n: Test edilen damlatıcı sayısıdır.

### 3.2.4.4. Damla Sulamada Su Dağılım Üniformiteleri

#### 3.2.4.4.1. Su dağılım üniformitesi (DU)

Damlatıcılardan uygulanan suyun su dağılım üniformitesi (DU) aşağıdaki eşitlikle belirlenmektedir (Keller ve Bliesner, 1990; ASAE, 2003).

$$DU = 100 \cdot \left( \frac{q_{1q}}{q_o} \right) \quad (3.4)$$

Eşitlikte, DU, su dağılım üniformitesi (%); q<sub>1q</sub>, damlatıcı debilerinden en küçük değere; sahip 1/4'ün (alt çeyrek) ortalaması (L/h); q<sub>o</sub>, ortalama damlatıcı debisi (L/h)'dir.

#### 3.2.4.4.2. Christiansen eşdağılım katsayısı (UC)

Lateral ve manifold boru hatlarında, damlatıcılar veya lateral giriş debileri arasındaki farklılık düzeyinin ifadesinde Christiansen eşdağılım katsayısı (UC) kullanılır (ASAE, 2003; Christiansen, 1942).

$$UC = 100 \cdot \left(1 - \frac{\Delta q_o}{q_o}\right) \quad (3.5)$$

Eşitlikte, UC, Christiansen eşdağılım katsayısı (%);  $\Delta q$ , her bir damlatıcı debisinin ortalamadan olan mutlak sapmalarının ortalaması;  $q$ , ortalama damlatıcı debisidir.

#### 3.2.4.4.3. Düzeltilmiş Christiansen Eşdağılım Katsayısı (adjUC)

Düzeltilmiş Christiansen Eşdağılım Katsayısı (adjUC) aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (ASAE, 2003; Christiansen, 1942).

$$adjUC = 100 \cdot (1 - 0.798 \cdot CV) \quad (3.6)$$

#### 3.2.4.4.4. İstatistiksel Damlatıcı Üniformitesi (Us)

İstatistiksel Damlatıcı Üniformitesi (Us) aşağıdaki eşitlikle hesaplanır (Bralts ve Kesner, 1983):

$$Us = 100 \cdot \left(1 - \frac{Sq}{q_o}\right) \quad (3.7)$$

Eşitlikte, Us, İstatistiksel damlatıcı üniformitesi (%); Sq, damlatıcı debilerinin standart sapması (L/h);  $q_o$ , ortalama damlatıcı debisi (L/h)'dir.

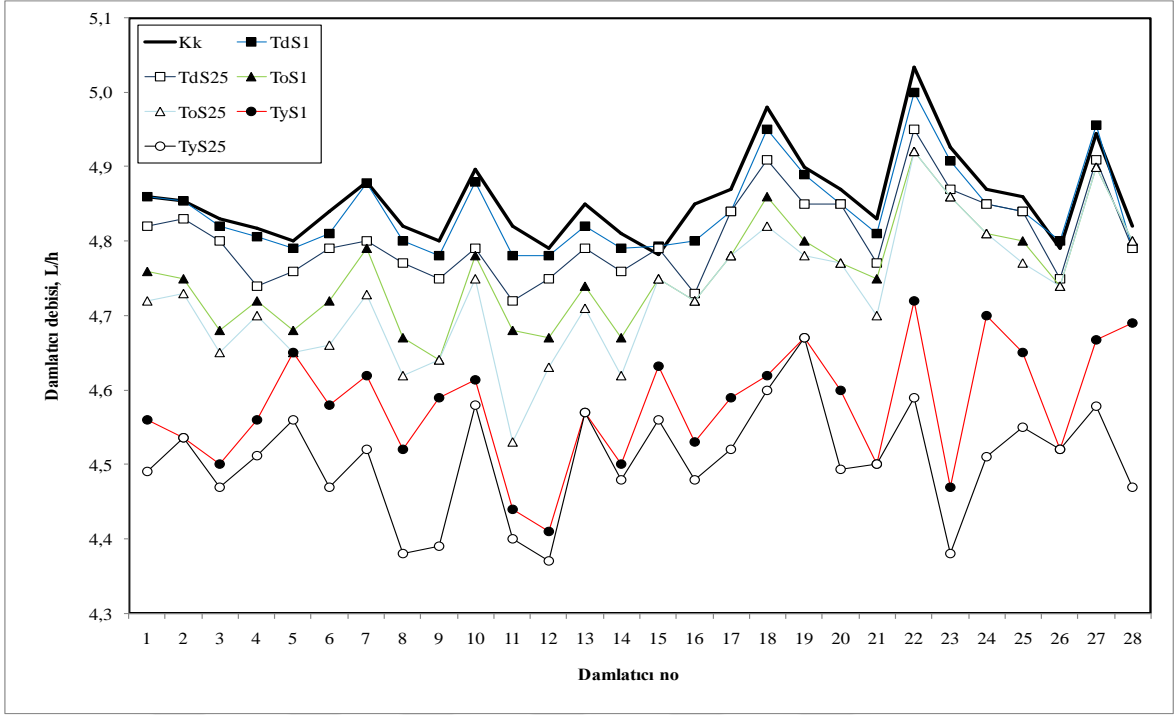
## 4. BULGULAR VE TARTIŞMA

### 4.1. Damlatıcı Debi Dağılımı

Çalışmada uyarlanmış 2015 yılına ait konular için lateral boyunca ortalama damlatıcı debilerinin dağılımı Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1’de; uyarlanmış 2016 yılına ait damlatıcı debilerinin değişimi Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2’de verilmiştir. Çalışmada biber bitkisinin sulama programındaki ilk sulama konusu ( $S_1$ ) ve son sulama için ( $S_{25}$ ) uygulanan farklı tuzlu sulama suyu konuları ( $T_d$ ,  $T_o$ ,  $T_y$ ) dikkate alınmıştır.

Çizelge 4.1. Uyarlanmış 2015 yılının ilk ve son sulama uygulamalarının konularına ait lateral boyunca damlatıcı debi ve ortalama debi değerleri

Damlatıcı no	Damlatıcı debisi, L/h						
	Uyarlanmış 2015 yılı						
	$K_k$	$T_dS_1$	$T_dS_{25}$	$T_oS_1$	$T_oS_{25}$	$T_yS_1$	$T_yS_{25}$
1	4,86	4.86	4.82	4.76	4.72	4.56	4.49
2	4.85	4.85	4.83	4.75	4.73	4.54	4.54
3	4.83	4.82	4.80	4.68	4.65	4.50	4.47
4	4.82	4.81	4.74	4.72	4.70	4.56	4.51
5	4.80	4.79	4.76	4.68	4.65	4.65	4.56
6	4.84	4.81	4.79	4.72	4.66	4.58	4.47
7	4.88	4.88	4.80	4.79	4.73	4.62	4.52
8	4.82	4.80	4.77	4.67	4.62	4.52	4.38
9	4.80	4.78	4.75	4.64	4.64	4.59	4.39
10	4.90	4.88	4.79	4.78	4.75	4.61	4.58
11	4.82	4.78	4.72	4.68	4.53	4.44	4.40
12	4.79	4.78	4.75	4.67	4.63	4.41	4.37
13	4.85	4.82	4.79	4.74	4.71	4.57	4.57
14	4.81	4.79	4.76	4.67	4.62	4.50	4.48
15	4.78	4.79	4.79	4.75	4.75	4.63	4.56
16	4.85	4.80	4.73	4.72	4.72	4.53	4.48
17	4.87	4.84	4.84	4.78	4.78	4.59	4.52
18	4.98	4.95	4.91	4.86	4.82	4.62	4.60
19	4.90	4.89	4.85	4.80	4.78	4.67	4.67
20	4.87	4.85	4.85	4.77	4.77	4.60	4.49
21	4.83	4.81	4.77	4.75	4.70	4.50	4.50
22	5.03	5.00	4.95	4.92	4.92	4.72	4.59
23	4.93	4.91	4.87	4.86	4.86	4.47	4.38
24	4.87	4.85	4.85	4.81	4.81	4.70	4.51
25	4.86	4.84	4.84	4.80	4.77	4.65	4.55
26	4.79	4.80	4.75	4.74	4.74	4.52	4.52
27	4.94	4.96	4.91	4.90	4.90	4.67	4.58
28	4.82	4.79	4.79	4.80	4.80	4.69	4.47
Ortalama debi ( $q_{ort}$ )	4.86	4.84	4.81	4.76	4.73	4.58	4.51
Standart sapma (std)	9.89	11.53	30.94	35.75	57.42	43.71	61.68



Şekil 4.1. Uyarlanmış 2015 yılının ilk (S<sub>1</sub>) ve son sulama uygulama konularına (S<sub>25</sub>) ait lateral boyunca damlatıcı debi dağılımı

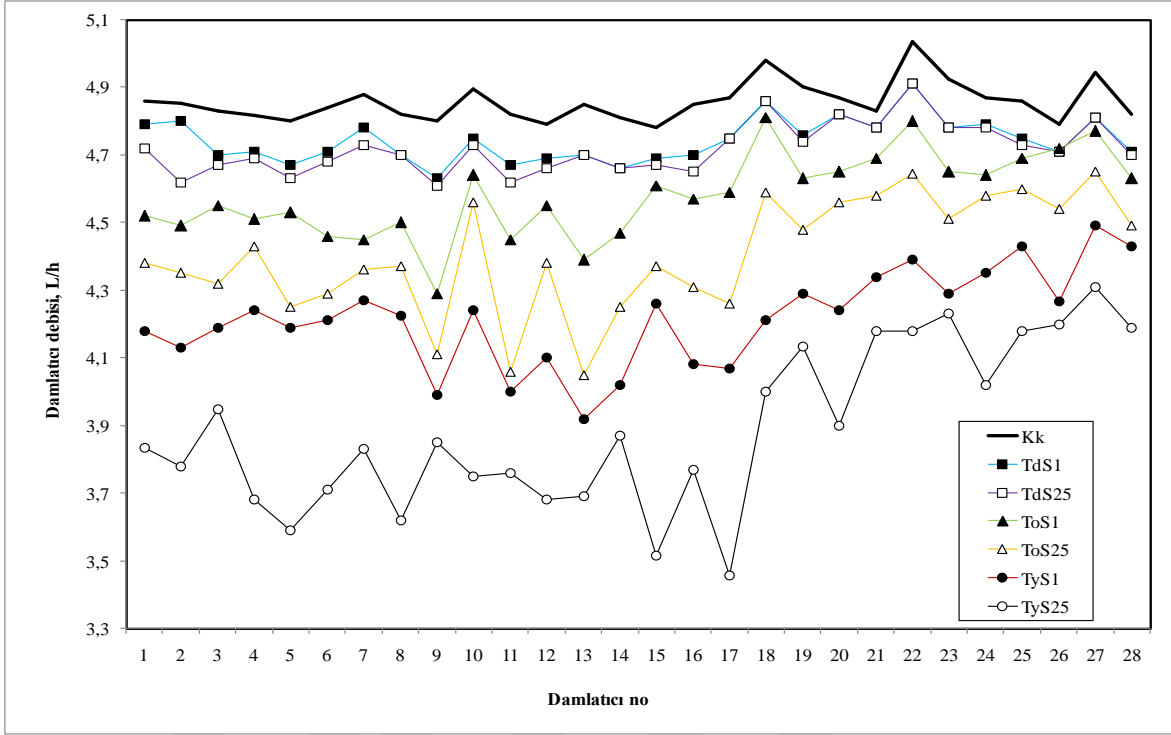
Çalışma sonunda ortalama debi değişimleri uyarlanmış 2015 yılı için düşük tuz konsantrasyonuna sahip sulama suyu konusunda sulama başında 4.84 L/h (*std:11.53*) iken 25nci sulama uygulamasında 4.81 L/h(*std:30.94*), orta tuz değerinde sulama başında (1. sulama) 4.76 L/h (*std:35.75*) iken son sulamada (25.sulama) 4.73 L/h (*std:57.42*) ve en yüksek tuzlu su uygulamasında ilk sulamada 4.58 L/h (*std:43.71*) iken son sulamada bu değer 4.51 L/h (*std:61.68*) olduğu belirlenmiştir. Tuzlu su uygulamalarında başladıktan sonra ilk yıl bazı damlatıcılarda sulama sezonu sonuna doğru tıkanıklıklar olduğu ve bu tıkanıklıkların lateral hattı boyunca damlatıcılarda debi değişimlerine neden olduğu saptanmıştır. Çalışmanın başlangıcında kuyu suyu uygulaması olan kontrol konusunda (K<sub>k</sub>) ortalama debi değişimi 4.86 L/h (*std:9.89*) iken sezon sonu en düşük ortalama debi değişimine (4.51 L/h) en yüksek tuzlu sulama suyu konusu olan T<sub>y</sub>S<sub>25</sub>'den elde edilmiştir (Çizelge 4.1 ve Şekil 4.1).

Çalışmanın uyarlanmış 2016 yılı için ortalama debi değişimi 4.86 L/h olan kontrol konusunda (K<sub>k</sub>) iken en düşük ortalama debi değişimine 3.89 L/h (*std:84.25*) en yüksek tuzlu sulama suyu konusu olan T<sub>y</sub>S<sub>25</sub>'den elde edilmiştir (Çizelge 4.2 ve Şekil 4.2). İlk sulama uygulamalarında T<sub>d</sub>S<sub>1</sub> konusunda 4.74 L/h (*std:23.44*), T<sub>o</sub>S<sub>1</sub> 4.58 L/h (*std:62.86*) ve T<sub>y</sub>S<sub>1</sub>4.22 L/h (*std:79.16*) ortalama debi değerleri elde edilirken sezon sonu olan 25nci

sulama uygulamasında bu değerler sırasıyla 4.72 L/h (*std*:30.94), 4.40 L/h (*std*:82.29) ve 3.89 L/h (*std*:84.25) olarak ölçülmüştür. Çalışmada toplam 50 sulama uygulaması yapılan sulama sezonundaki debi değişimleri incelendiğinde en düşük debi değerlerine yüksek tuz konsantrasyonu olan  $T_y$  konusunda elde edilmiştir. Kontrol konusuyla karşılaştırıldığında sezon sonunda  $T_dS_{25}$  konusunda % 2.88,  $T_oS_{25}$  konusunda %9.46 ve yüksek tuzlu sulama suyu uygulaması olan  $T_yS_{25}$  konusunda ise %19.95 oranında damlatıcı debilerinde azalma görülmüştür. (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2).

Çizelge 4.2. Uyarlanmış 2016 yılının ilk ve son sulama uygulamalarının konularına ait lateral boyunca damlatıcı debi ve ortalama debi değerleri

Damlatıcı no	Damlatıcı debisi, L/h						
	Uyarlanmış 2016 yılı						
	$K_k$	$T_dS_1$	$T_dS_{25}$	$T_oS_1$	$T_oS_{25}$	$T_vS_1$	$T_vS_{25}$
1	4.86	4.79	4.72	4.52	4.38	4.18	3.83
2	4.85	4.80	4.62	4.49	4.35	4.13	3.78
3	4.83	4.70	4.67	4.55	4.32	4.19	3.95
4	4.82	4.71	4.69	4.51	4.43	4.24	3.68
5	4.80	4.67	4.63	4.53	4.25	4.19	3.59
6	4.84	4.71	4.68	4.46	4.29	4.21	3.71
7	4.88	4.78	4.73	4.45	4.36	4.27	3.83
8	4.82	4.70	4.70	4.50	4.37	4.22	3.62
9	4.80	4.63	4.61	4.29	4.11	3.99	3.85
10	4.90	4.75	4.73	4.64	4.56	4.24	3.75
11	4.82	4.67	4.62	4.45	4.06	4.00	3.76
12	4.79	4.69	4.66	4.55	4.38	4.10	3.68
13	4.85	4.70	4.70	4.39	4.05	3.92	3.69
14	4.81	4.66	4.66	4.47	4.25	4.02	3.87
15	4.78	4.69	4.67	4.61	4.37	4.26	3.52
16	4.85	4.70	4.65	4.57	4.31	4.08	3.77
17	4.87	4.75	4.75	4.59	4.26	4.07	3.46
18	4.98	4.86	4.86	4.81	4.59	4.21	4.00
19	4.90	4.76	4.74	4.63	4.48	4.29	4.13
20	4.87	4.82	4.82	4.65	4.56	4.24	3.90
21	4.83	4.78	4.78	4.69	4.58	4.34	4.18
22	5.03	4.91	4.91	4.80	4.64	4.39	4.18
23	4.93	4.78	4.78	4.65	4.51	4.29	4.23
24	4.87	4.79	4.78	4.64	4.58	4.35	4.02
25	4.86	4.75	4.73	4.69	4.60	4.43	4.18
26	4.79	4.71	4.71	4.72	4.54	4.27	4.20
27	4.94	4.81	4.81	4.77	4.65	4.49	4.31
28	4.82	4.71	4.70	4.63	4.49	4.43	4.19
Ortalama debi ( $q_{ort}$ )	4.86	4.74	4.72	4.58	4.40	4.22	3.89
Standart sapma (std)	9.89	23.44	30.94	62.86	82.29	79.16	84.25



Şekil 4.2. Uyarlanmış 2016 yılının ilk (S<sub>1</sub>) ve son sulama (S<sub>25</sub>) uygulama konularına ait lateral boyunca damlatıcı debi değişimi

Sudaki tuz ve çevresel etkilerden dolayı damlatıcı tıkanıkları ortaya çıktığı ve bundan dolayı ortalama damlatıcı debilerinde azalmalar olduğu söylenebilir. Aynı şekilde deneme sonuçlarına benzer bulgular çok sayıda araştırmacı tarafından rapor edilmiştir (Ayyıldız, 1990, Knapp ve ark. 1986; Pitts ve ark. 1985; Wu ve ark. 1986; Bozkurt, 1996). Ayrıca, Yazar ve ark. 2017 ve Beltran 1999'daki çalışmalarında damla sulama sistemlerinde kullanılan damlatıcılar, sulama suyunda bulunan çeşitli katı parçacıklar ve organik maddeler ile suda eriyebilir kimyasal maddelerin çökmesi ve mikroorganizma faaliyetleri sonucunda oluşan ürünler ile kolaylıkla tıkanabilmekte ve zaman boyutunda damlatıcılarda debi değişimlerine etki ettiklerini rapor etmişlerdir. Yukarıda özetlenen araştırma sonuçlarının ışığında, sunulan çalışmada, suyun niteliği ve özellikle yüksek tuz içeriği damlatıcılarda debi değişimlerinde önemli etkiye sahip olduğu söylenebilir.

#### 4.2. Damlatıcı Yapımcı Farklılık Katsayısı (Cv)

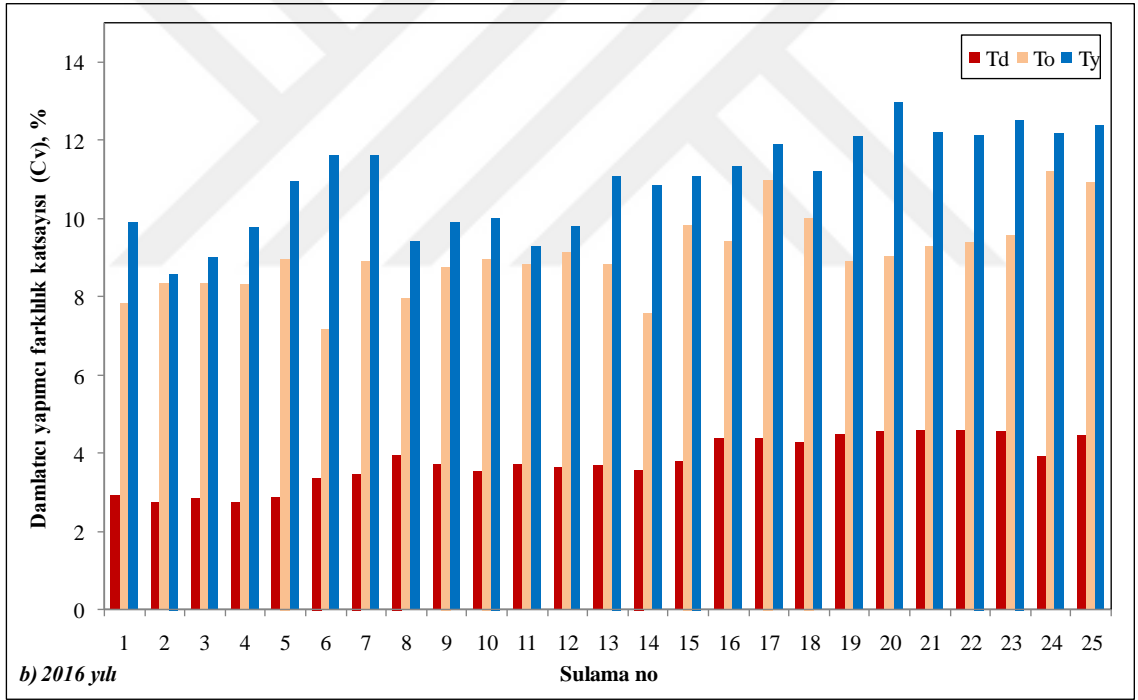
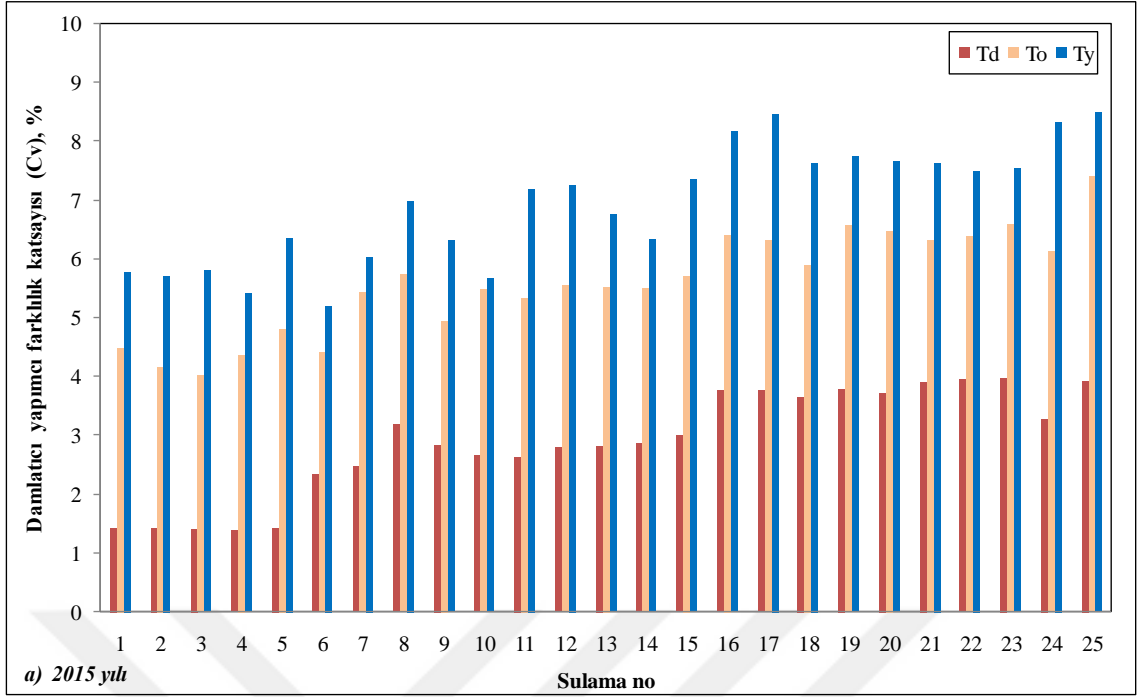
Konulara göre 2015 ve 2016 yıllarına ait damlatıcı yapımcı farklılık katsayısı (Cv) değerleri Çizelge 4.3 ve değişimleri Şekil 4.3'de verilmiştir. Çizelge 4.3'de görüleceği gibi 2015 yılı için en küçük Cv değeri % 1.38 T<sub>d</sub>S<sub>4</sub> konusunda elde edilirken, en yüksek Cv değeri %8.48 T<sub>y</sub>S<sub>25</sub> konusunda belirlenmiştir. Kontrol konusu olan K<sub>k</sub> için Cv değeri her iki yıl içinde %1.22 olarak hesaplanmıştır.



Çalışmanın yürütüldüğü 2016 yılı için en düşük Cv değerine %2.73 değeri ile  $T_dS_4$  konusunda ve en yüksek Cv değerine ise %12.98 değeri ile  $T_yS_{20}$  konusunda elde edilmiştir. Sonuçta, artırılan tuzla birlikte Cv değerlerinde artış gözlemlenmiş ve en yüksek Cv değerleri yüksek tuz konsantrasyonuna sahip  $T_y$  konularında elde edilmiştir (Çizelge 4.3). Zaman içerisinde artan tuzla birlikte damlatıcılarda tıkanıklıklar artmış ve bu artışla birlikte damlatıcı yapımçı farklılık katsayısı (Cv) değerinde yükselmeler belirlenmiştir. Yazar ve ark. 2017; Nakayama ve Bucks, 1986; Kırnak ve ark. 2004 ve Granberry ve ark. (2012 )’deki çalışmalarında damlatıcıların zamanla tıkanması, sulamada kullanılan suların niteliklerine bağlı olduğunu ve tıkanıklıkla damlatıcı yapımçı farklılık katsayısı (Cv) arasında ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak çalışmada elde edilen bulgularla yukarıda değinilen araştırmacıların bulgularıyla örtüşmektedir.

Çizelge 4.3. Uyarlanmış 2015 ve 2016 yıllarında uygulanan sulamaya ait deneme konuları için damlatıcı yapımçı farklılık katsayısı (Cv) değerleri

Sulama no	Damlatıcı yapımçı farklılık katsayısı (Cv), %					
	$T_d$		$T_o$		$T_y$	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
1	1.43	2.92	4.49	7.82	5.79	9.93
2	1.43	2.75	4.17	8.35	5.71	8.59
3	1.41	2.84	4.01	8.36	5.80	9.00
4	1.38	2.73	4.36	8.31	5.40	9.76
5	1.42	2.87	4.81	8.96	6.35	10.95
6	2.34	3.38	4.41	7.18	5.20	11.62
7	2.46	3.47	5.44	8.92	6.03	11.62
8	3.18	3.97	5.73	7.96	6.98	9.41
9	2.84	3.70	4.95	8.77	6.31	9.92
10	2.66	3.56	5.47	8.98	5.67	10.03
11	2.64	3.71	5.34	8.82	7.18	9.27
12	2.79	3.64	5.55	9.16	7.27	9.81
13	2.81	3.69	5.52	8.83	6.75	11.10
14	2.87	3.59	5.51	7.59	6.33	10.85
15	2.99	3.80	5.72	9.86	7.35	11.08
16	3.77	4.39	6.41	9.41	8.17	11.33
17	3.76	4.37	6.32	10.99	8.47	11.89
18	3.66	4.27	5.90	10.01	7.64	11.19
19	3.79	4.49	6.56	8.90	7.75	12.09
20	3.73	4.54	6.47	9.06	7.65	12.98
21	3.90	4.58	6.31	9.29	7.62	12.20
22	3.96	4.60	6.38	9.38	7.50	12.13
23	3.97	4.54	6.60	9.58	7.54	12.52
24	3.28	3.91	6.13	11.21	8.33	12.19
25	3.93	4.45	7.40	10.91	8.48	12.40



Şekil 4.3. Deneme boyunca damlatıcı yapımcı farklılık katsayısı değişimi

#### 4.3. Damlatıcı Debi Değişimi ( $q_{var}$ )

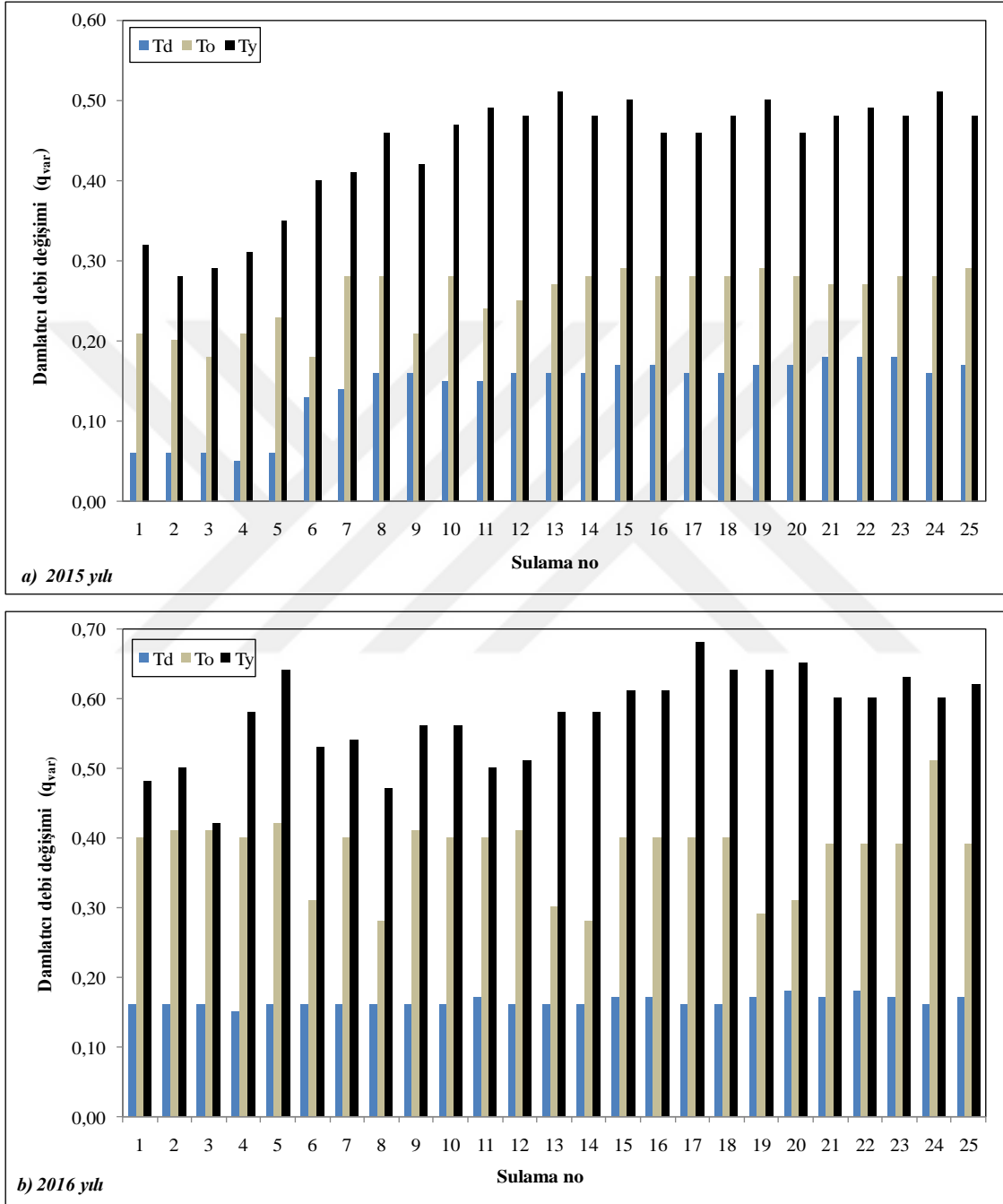
Çalışmada iki yıllık (2015 ve 2016) sulama programı sonucunda oluşturulan farklı konulara ait damlatıcı debi değişim değerleri ( $q_{var}$ ) Çizelge 4.4’de verilmiştir. Ayrıca tüm sulamalara ait  $q_{var}$  değişimleri Şekil 4.4’de gösterilmiştir.

Çizelge 4.4. Uyarlanmış 2015 ve 2016 yıllarında uygulanan sulamaya ait deneme konuları için damlatıcı debi değişim değerleri

Sulama no	Damlatıcı debi değişimi ( $q_{var}$ )					
	$T_d$		$T_o$		$T_y$	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
1	0.06	0.16	0.21	0.40	0.32	0.48
2	0.06	0.16	0.20	0.41	0.28	0.50
3	0.06	0.16	0.18	0.41	0.29	0.42
4	0.05	0.15	0.21	0.40	0.31	0.58
5	0.06	0.16	0.23	0.42	0.35	0.64
6	0.13	0.16	0.18	0.31	0.40	0.53
7	0.14	0.16	0.28	0.40	0.41	0.54
8	0.16	0.16	0.28	0.28	0.46	0.47
9	0.16	0.16	0.21	0.41	0.42	0.56
10	0.15	0.16	0.28	0.40	0.47	0.56
11	0.15	0.17	0.24	0.40	0.49	0.50
12	0.16	0.16	0.25	0.41	0.48	0.51
13	0.16	0.16	0.27	0.30	0.51	0.58
14	0.16	0.16	0.28	0.28	0.48	0.58
15	0.17	0.17	0.29	0.40	0.50	0.61
16	0.17	0.17	0.28	0.40	0.46	0.61
17	0.16	0.16	0.28	0.40	0.46	0.68
18	0.16	0.16	0.28	0.40	0.48	0.64
19	0.17	0.17	0.29	0.29	0.50	0.64
20	0.17	0.18	0.28	0.31	0.46	0.65
21	0.18	0.17	0.27	0.39	0.48	0.60
22	0.18	0.18	0.27	0.39	0.49	0.60
23	0.18	0.17	0.28	0.39	0.48	0.63
24	0.16	0.16	0.28	0.51	0.51	0.60
25	0.17	0.17	0.29	0.39	0.48	0.62

Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4 incelendiğinde 2015 yılı için en düşük  $q_{var}$  0.05 değeriyle en düşük tuz uygulaması olan  $T_d$  konusunun 4. sulamasında elde edilmiş ve konu olarak  $T_dS_4$  olarak adlandırılmıştır. Aynı yıl için en yüksek  $q_{var}$  değerine ise  $T_yS_{13}$  ve  $T_yS_{24}$  konusunda 0.51 olarak belirlenmiştir. Kontrol konusu olan  $K_k$  için damlatıcı debi değişim katsayısı her iki yıl içinde 0.05 olarak hesaplanmıştır. 2016 yılına ait deneme sonuçlarına göre en düşük  $q_{var}$  değerine  $T_d$  konusunda 0.15 olarak 4. sulamada ( $S_4$ ) elde edilmiştir. Çalışmada en yüksek  $q_{var}$  değeri olan 0.68 değerine  $T_yS_{17}$  konusunda olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.4, Şekil 4.4). Ayrıca 2015 yılı için ortalama  $q_{var}$  değerleri  $T_d$ : 0.141,  $T_o$ : 0.256  $T_y$ : 0.439 olurken ikinci yıl için bu değerler sırasıyla  $T_d$  : 0.164,  $T_o$ : 0.380 ve  $T_y$ : 0.573 olarak hesaplanmıştır. Sonuç olarak zaman içerisinde ve uygulanan fazla tuz uygulaması sonucunda damlatıcılarda su dağılım özelliği değişmiş ve buda damlatıcılarda tıkanıklıklara neden olmuştur. Ayrıca test edilen damla lateralleri açık alanda olduğundan dış iklim koşullarına maruz kalmıştır. İlk yıl ortalama hava sıcaklık değeri 26.0 °C ve

ikinci yıl ise bu değer 27.1 °C ve dönemsel güneşlenme şiddeti ilk yıl için 5.6 kW h/m<sup>2</sup>, ikinci yıl ise bu değer 6.5 kW h/m<sup>2</sup> olarak ölçülmüştür (Çizelge 3.2, Çizelge 3.3). Bu değerler dikkate alındığında teste maruz bırakılan laterallerin sudaki tuzla beraber iklimsel etkilerin tıkanmada etkili olduğu söylenebilir.



Şekil 4.4. 2015 ve 2016 yılları için uygulanan sulamaya ait damlatıcı debi değişimi

Danierhan ve ark (2013)'de Çin'de yürüttükleri 3 yıllık pamuk çalışmasında farklı damlatıcı akışlarının damlatıcı tıkanıklığına etkilerini incelenmiş ve özellikle bölgenin kurak ve yarı kurak özellikte olmasından ve sulama suyundaki tuzluluktan dolayı damlatıcı

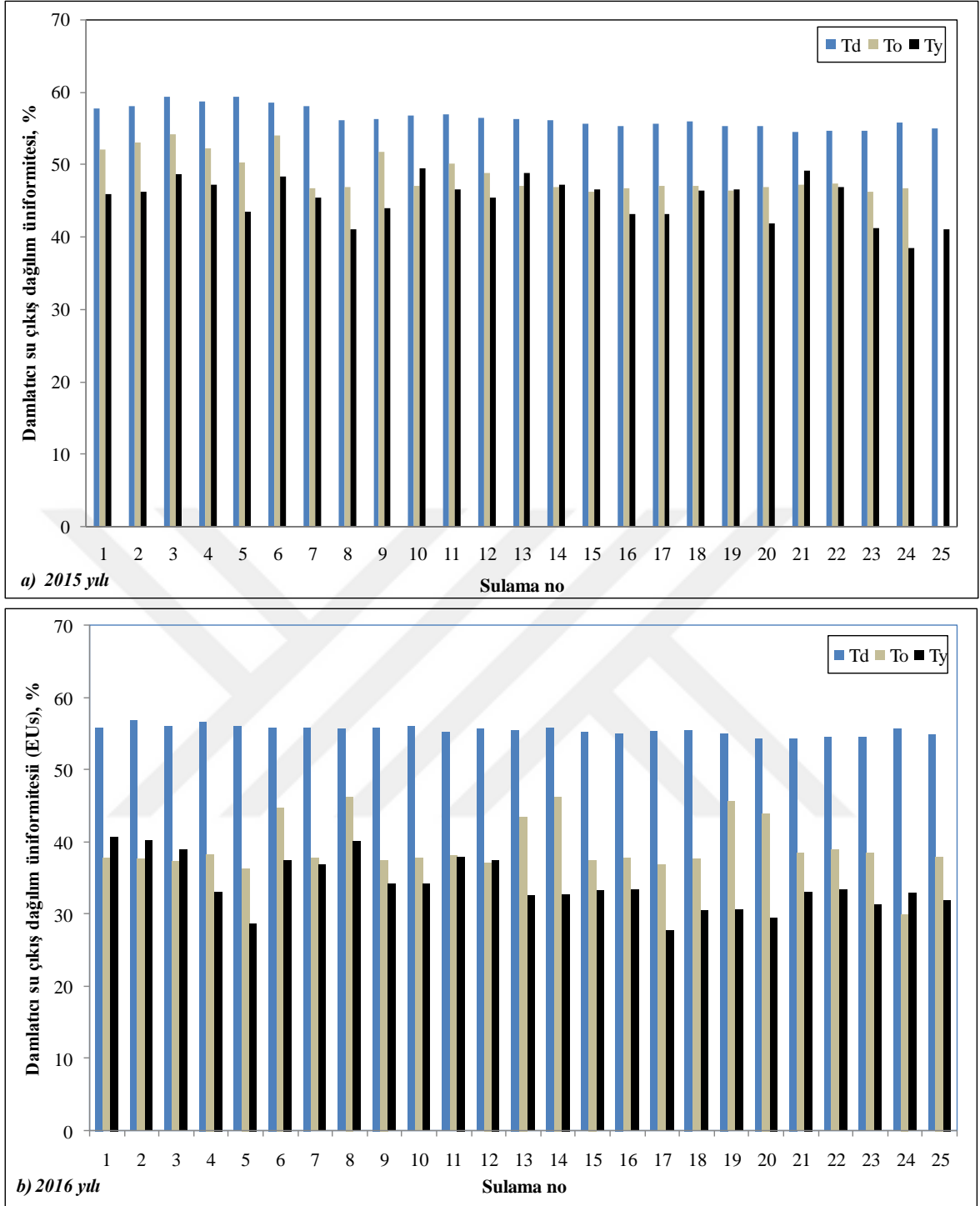
tıkanıklıklarında etkin olduğunu çalışmalarında rapor etmişlerdir. Nakayama ve Bucks (1986)'daki çalışmalarında sulama suyunun pH>7.5 olması ve yüksek düzeyde Na, Ca, Mg içermesi durumunda, Na, Ca ve Mg karbonatları şeklinde çökerek damlatıcılarda kısmen ya da tamamen tıkanmaya neden olacağını ve sıcaklık gibi dış iklimsel faktörlerin damlatıcılarda tıkanmalarda etkin olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, Capra ve Scicolone (1998)'deki suda erimiş tuzların çözünürlükleri suyun sıcaklığına, pH'ına, redoks potansiyeline ve suda çözünmüş madde konsantrasyonuna bağlı olduğunu çalışmalarında belirtmişlerdir. Çalışma sonunda elde edilen bulgular yukarıda değinilen araştırmacıların bulgularıyla örtüşmektedir.

#### 4.4. Damlatıcı Su Çıkış Dağılım Üniformitesi (EUs)

Çalışmada  $T_d$ ,  $T_o$  ve  $T_y$  konusuna ait 2015 ve 2016 yıllarına ait damlatıcı su çıkış dağılım üniformitesi (EUs) değerleri Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4.5. Uyarlanmış 2015 ve 2016 yıllarında uygulanan sulamaya ait deneme konuları için damlatıcı üniformite değerleri

Sulama no	Damlatıcı su çıkış dağılım üniformitesi (EUs), %					
	$T_d$		$T_o$		$T_y$	
	2015	2016	2015	2016	2015	2016
1	57.62	55.85	51.99	37.87	45.83	40.68
2	58.02	56.81	53.06	37.67	46.23	40.22
3	59.31	56.07	54.14	37.38	48.62	38.98
4	58.59	56.62	52.12	38.37	47.21	33.18
5	59.25	56.06	50.30	36.42	43.43	28.72
6	58.52	55.85	53.90	44.76	48.23	37.43
7	58.02	55.78	46.74	37.77	45.44	36.79
8	56.08	55.62	46.89	46.19	41.00	40.01
9	56.17	55.81	51.74	37.50	43.84	34.26
10	56.67	55.95	46.93	37.74	49.37	34.25
11	56.92	55.12	50.01	38.10	46.44	38.05
12	56.32	55.70	48.75	37.15	45.38	37.47
13	56.29	55.49	47.07	43.57	48.70	32.68
14	56.05	55.81	46.77	46.32	47.13	32.73
15	55.51	55.15	46.16	37.49	46.57	33.31
16	55.25	55.05	46.70	37.82	43.10	33.36
17	55.52	55.40	47.07	36.81	43.16	27.76
18	55.86	55.57	47.04	37.64	46.34	30.52
19	55.27	55.04	46.30	45.56	46.51	30.74
20	55.31	54.34	46.90	44.02	41.88	29.59
21	54.50	54.36	47.22	38.46	49.07	33.11
22	54.65	54.51	47.34	38.99	46.85	33.48
23	54.61	54.53	46.21	38.51	41.13	31.37
24	55.78	55.63	46.61	29.97	38.35	32.91
25	54.86	54.81	45.32	37.98	40.95	31.92



Şekil 4.5. Sulama dönemi boyunca damlatıcı su çıkış dağılım üniformite değişimi

Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5’de görüldüğü gibi en yüksek EUs değerine uyarlanmış 2015 yılında 3. sulamada % 59.31 elde edilirken, en düşük değere ise 2016 yılında % 27.76 17. sulamada ulaşılmıştır. Çalışmanın ilk yılında ortalama % 57 EUs değerindeyken, ikinci yılda bu değer ortalama % 55.0 olduğu belirlenmiştir. Çizelge 4.5 ve Şekil 4.5 incelendiğinde düşük damlatıcı üniformite değerleri elde edildiği görülmüştür. Bu

değerlerin % 27.7 ile % 59.3 arasında değiştiği ve değer olarak çok düşük olduğu görülmektedir. Bu düşük değer damlatıcılar arasında debi değişimleri arasında yüksek standart sapmalardan ve damlatıcı yapımçı farklılık katsayısında (Cv) kaynaklandığı söylenebilir. Barragan ve ark. (2006)'daki çalışmalarında damlatıcı su çıkış eş dağılımlarının sistemin üretici firma yapım katsayısı, hidrolik varyasyon katsayısı ve damlatıcı sayısının bir fonksiyonu olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca Badr ve ark. (2009)'deki araştırmalarında damlatıcı debi türdeşliğine, damla sulama sisteminde damlatıcı debisi, işletme basıncı, lateral uzunluğu, lateral çapı ve damlatıcıların imalat kalitelerinin etki ettiğini belirtmişlerdir. Yukarıda verilen araştırmacıların bulgu ve sonuçlarıyla, çalışmada elde edilen bulgu ve sonuçlar benzerlik göstermektedir.

#### **4.5. Damlatıcı Perforans Parametreleri**

##### **4.5.1. Su dağılım üniformitesi (DU)**

Çalışmada her iki sulama dönemi için konulara göre ortalama damlatıcı debilerinin dağılım üniformite (DU) değerleri Çizelge 4.6'da ve DU değişimleri Şekil 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 incelendiğinde ortalama DU değerleri ilk yıl için % 97.0, orta tuzlu sulama konuları için % 93.8 ve yüksek tuz sulama konuları için % 90.6 değerinde olduğu belirlenmiştir. 2016 yılı için ortalama DU değerleri T<sub>d</sub> konusu için % 95.8, T<sub>o</sub> konusu için %89.0 ve T<sub>y</sub> konusu için %81.1 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca kontrol konusu olan K<sub>k</sub> için DU değeri % 98.8 olarak hesaplanmıştır.

Çalışma her iki yılın sonunda ortalama DU değerleri incelendiğinde yüksek tuz uygulamaları olan T<sub>y</sub> konularında DU değerinde düşüşler saptanmıştır. Bu düşüşler sulama suyundaki yüksek tuzdan dolayı kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca yüksek tuz konusuna uygulanan sulama suyunda yüksek oranda sodyum (Na) (40.1 me/L) ve magnezyum (Mg) (3.4 me/L) iyonlarının (Çizelge 3.1) olması damlatıcılarda kireç çökelmelerine ve tıkanmalara neden olduğu belirlenmiştir. Çalışmada su dağılım üniformitesi (DU)'nun uygunluğu ASEA (1994)'e göre değerlendirildiğinde düşük tuz içeriği uygulama konuları olan T<sub>d</sub> konusu için birinci ve ikinci yıl için “çok iyi” (Çİ), orta tuz konusunda çoğunlukla “iyi” (İ) ve yüksek tuz uygulama konusunda ise ilk yıl iyi fakat ikinci senede bu değerler damla sulamasında istenmeyen “orta” (O) sınıfta olduğu görülmüştür (Çizelge 4.6). Çalışmada özellikle artan tuza bağlı olarak damla üniformitelerindeki değişimler sınıflandırmayı istenmeyen duruma getirdiği söylenebilir.

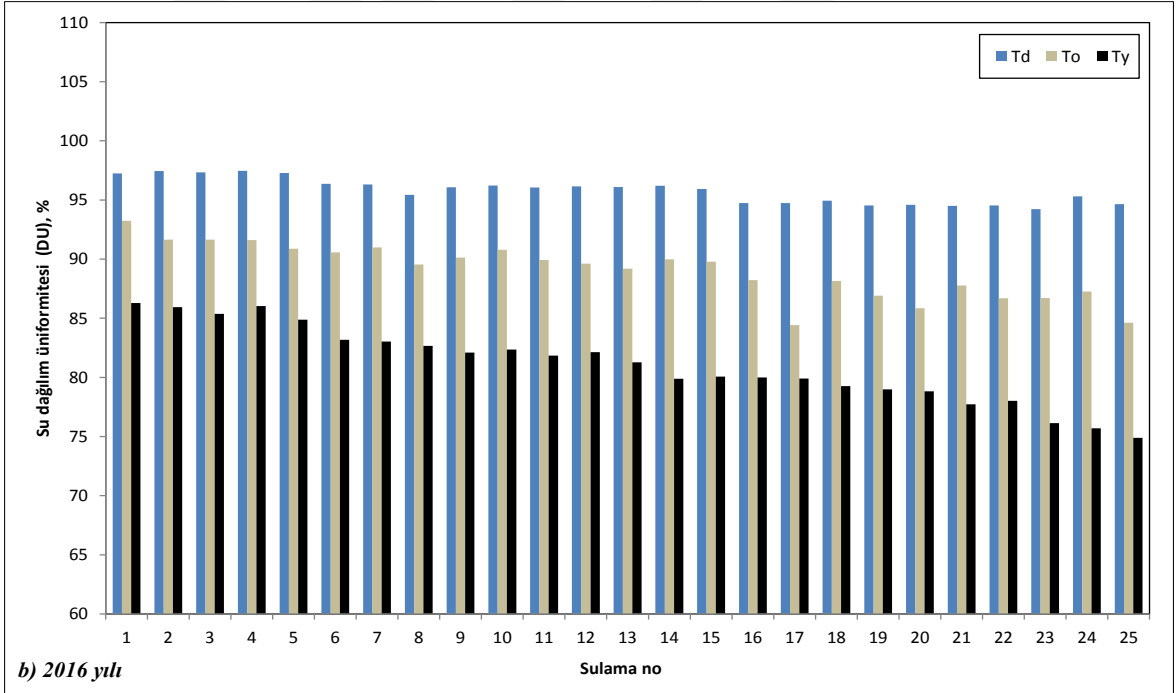
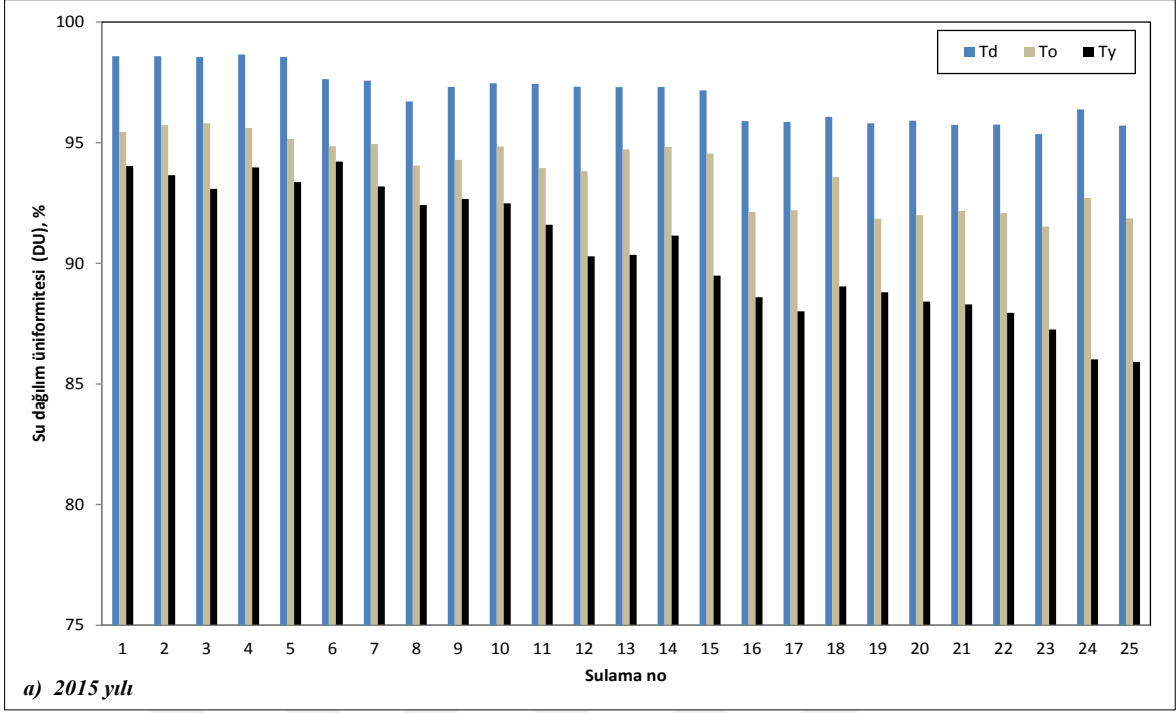
Çizelge 4.6. Uyarlanmış 2015 ve 2016 yıllarında uygulanan sulamaya ait deneme konuları için su dağılım üniformite değerleri

SN*	Su dağılım üniformitesi (DU), %											
	T <sub>d</sub>				T <sub>o</sub>				T <sub>y</sub>			
	2015	Sınıf	2016	Sınıf	2015	Sınıf	2016	Sınıf	2015	Sınıf	2016	Sınıf
1	98.59	Çİ	97.25	Çİ	95.44	Çİ	93.24	İ	94.03	Çİ	86.29	İ
2	98.59	Çİ	97.44	Çİ	95.73	Çİ	91.65	İ	93.65	İ	85.94	İ
3	98.55	Çİ	97.34	Çİ	95.81	Çİ	91.65	İ	93.09	İ	85.37	İ
4	98.66	Çİ	97.47	Çİ	95.61	Çİ	91.61	İ	93.98	İ	86.03	İ
5	98.56	Çİ	97.28	Çİ	95.16	Çİ	90.87	İ	93.37	İ	84.88	İ
6	97.64	Çİ	96.36	Çİ	94.86	Çİ	90.56	İ	94.22	İ	83.18	İ
7	97.57	Çİ	96.32	Çİ	94.95	Çİ	90.99	İ	93.19	İ	83.03	İ
8	96.71	Çİ	95.44	Çİ	94.06	Çİ	89.54	İ	92.42	İ	82.67	İ
9	97.31	Çİ	96.08	Çİ	94.29	Çİ	90.13	İ	92.67	İ	82.09	İ
10	97.47	Çİ	96.22	Çİ	94.85	Çİ	90.78	İ	92.49	İ	82.35	İ
11	97.44	Çİ	96.06	Çİ	93.95	İ	89.93	İ	91.60	İ	81.85	İ
12	97.32	Çİ	96.15	Çİ	93.82	İ	89.61	İ	90.29	İ	82.13	İ
13	97.30	Çİ	96.09	Çİ	94.73	Çİ	89.19	İ	90.35	İ	81.27	İ
14	97.31	Çİ	96.20	Çİ	94.82	Çİ	89.99	İ	91.15	İ	79.88	O
15	97.17	Çİ	95.93	Çİ	94.55	Çİ	89.78	İ	89.49	İ	80.06	O
16	95.90	Çİ	94.73	Çİ	92.13	İ	88.22	İ	88.60	İ	79.99	O
17	95.86	Çİ	94.73	Çİ	92.20	İ	84.42	İ	88.01	İ	79.91	O
18	96.08	Çİ	94.94	Çİ	93.58	İ	88.15	İ	89.04	İ	79.27	O
19	95.81	Çİ	94.54	Çİ	91.85	İ	86.91	İ	88.80	İ	78.98	O
20	95.91	Çİ	94.59	Çİ	92.00	İ	85.84	İ	88.42	İ	78.82	O
21	95.74	Çİ	94.50	Çİ	92.17	İ	87.76	İ	88.30	İ	77.73	O
22	95.75	Çİ	94.54	Çİ	92.08	İ	86.69	İ	87.95	İ	78.01	O
23	95.36	Çİ	94.22	Çİ	91.53	İ	86.70	İ	87.26	İ	76.14	O
24	96.38	Çİ	95.31	Çİ	92.71	İ	87.26	İ	86.02	İ	75.69	O
25	95.71	Çİ	94.64	Çİ	91.86	İ	84.63	İ	85.91	İ	74.89	O

\*SN: Sulama no, Çİ: çok iyi; İ: iyi, O: orta

De Melo ve ark. (2008) ve Bozkurt ve Ödemiş (2007)'da yürüttükleri çalışmalarında sulama sularındaki kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içeriklerine bağlı olan sertlik derecelerinin damlatıcı tıkanması açısından en ciddi sorun olduğunu ve bu nedenle, yöredeki damla sulama sistemlerinin işletiminde, sulama suları içindeki damlatıcı tıkanıklığına neden olan kimyasal faktörler belirlendikten sonra filtrasyon, tarla gözlemleri, boru hatlarının yıkanması ve kimyasal su iyileştirmeleri gibi önleyici tedbirlerin alınması gerektiğini belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar damla sulamada istenmeyen eş su dağılımlarının damla sınıflandırmasını orta ve kabul edilemez durumlara getirebileceği vurgulamışlardır. Deneme sonunda elde edilen sonuçlar ve bulgular yukarıda değinilen araştırmacılarla uyum göstermektedir.





Şekil 4.6. Tüm konulara ait 2015 ve 2016 yılları uygulanan sulamaya ait su dağılım üniformite dağılımı

#### 4.5.2. Christiansen eşdağılım üniformitesi (UC)

Çalışmada her iki sulama dönemi için konulara göre ortalama damlatıcı debilerinin Christiansen eşdağılım üniformite (UC) değerleri Çizelge 4.7’de ve dönemsel UC değişimleri Şekil 4.7’de verilmiştir.

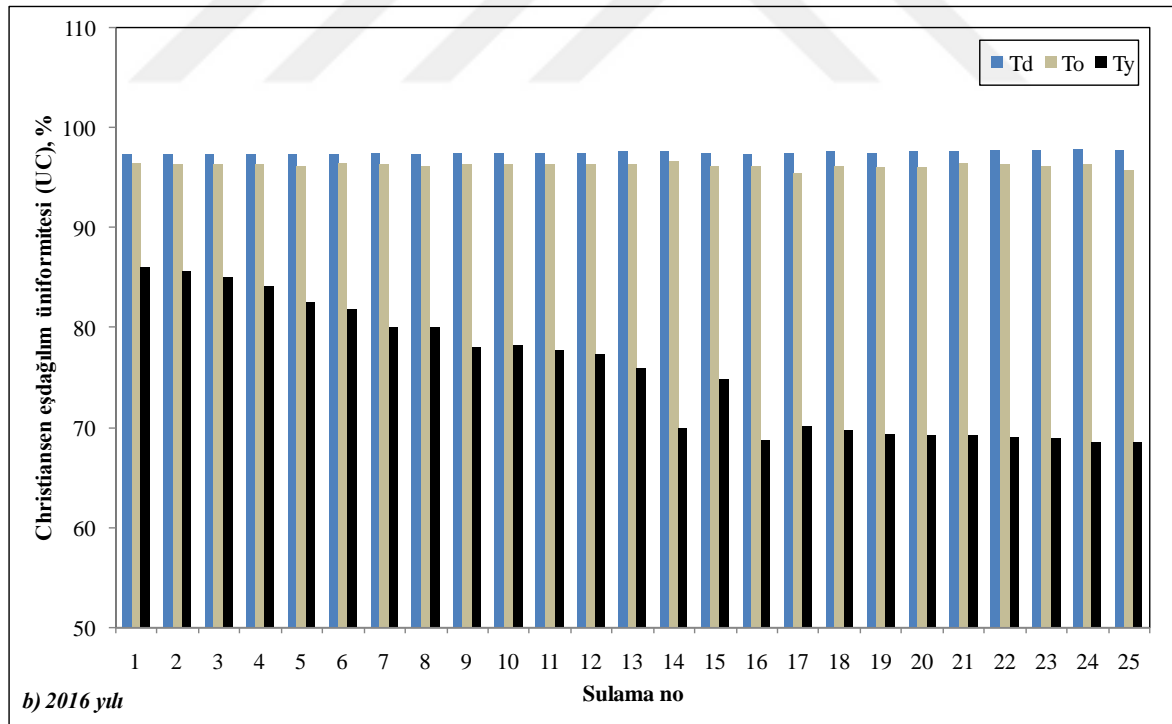
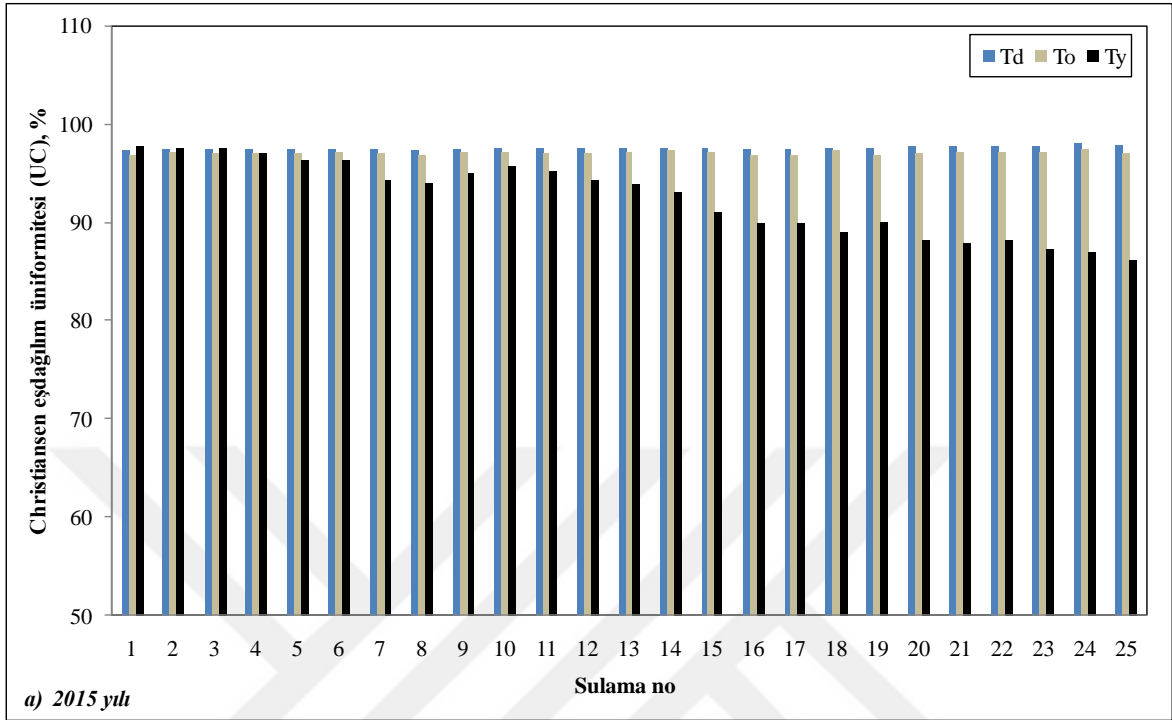
Çizelge 4.7. Uyarlanmış 2015 ve 2016 yıllarında uygulanan sulamaya ait deneme konuları için Christiansen eşdağılım üniformite değerleri

SN*	Christiansen eşdağılım üniformitesi (UC), %											
	T <sub>d</sub>				T <sub>o</sub>				T <sub>y</sub>			
	2015	Sınıf	2016	Sınıf	2015	Sınıf	2016	Sınıf	2015	Sınıf	2016	Sınıf
1	97.35	Çİ	97.19	Çİ	96.94	Çİ	96.43	Çİ	97.75	Çİ	86.01	İ
2	97.38	Çİ	97.32	Çİ	97.09	Çİ	96.32	Çİ	97.64	Çİ	85.54	İ
3	97.38	Çİ	97.29	Çİ	97.08	Çİ	96.27	Çİ	97.58	Çİ	85.09	İ
4	97.43	Çİ	97.31	Çİ	97.03	Çİ	96.27	Çİ	97.01	Çİ	83.99	İ
5	97.46	Çİ	97.31	Çİ	96.96	Çİ	96.14	Çİ	96.37	Çİ	82.53	İ
6	97.43	Çİ	97.29	Çİ	97.09	Çİ	96.43	Çİ	96.25	Çİ	81.85	İ
7	97.47	Çİ	97.34	Çİ	97.02	Çİ	96.31	Çİ	94.29	Çİ	79.99	O
8	97.37	Çİ	97.23	Çİ	96.92	Çİ	96.18	Çİ	94.05	Çİ	79.98	O
9	97.49	Çİ	97.35	Çİ	97.13	Çİ	96.32	Çİ	95.03	Çİ	78.06	O
10	97.57	Çİ	97.43	Çİ	97.12	Çİ	96.33	Çİ	95.67	Çİ	78.18	O
11	97.58	Çİ	97.39	Çİ	97.05	Çİ	96.27	Çİ	95.21	Çİ	77.71	O
12	97.53	Çİ	97.44	Çİ	97.04	Çİ	96.23	Çİ	94.23	Çİ	77.28	O
13	97.60	Çİ	97.50	Çİ	97.19	Çİ	96.26	Çİ	93.85	Çİ	75.94	O
14	97.63	Çİ	97.54	Çİ	97.23	Çİ	96.53	Çİ	93.05	Çİ	69.82	Z
15	97.64	Çİ	97.47	Çİ	97.15	Çİ	96.20	Çİ	91.05	Çİ	74.82	O
16	97.47	Çİ	97.32	Çİ	96.85	Çİ	96.12	Çİ	89.94	İ	68.77	Z
17	97.51	Çİ	97.40	Çİ	96.94	Çİ	95.44	Çİ	89.89	İ	70.08	O
18	97.64	Çİ	97.54	Çİ	97.23	Çİ	96.11	Çİ	88.99	İ	69.69	Z
19	97.59	Çİ	97.41	Çİ	96.87	Çİ	95.95	Çİ	90.04	Çİ	69.31	Z
20	97.69	Çİ	97.52	Çİ	97.03	Çİ	95.95	Çİ	88.21	İ	69.09	Z
21	97.67	Çİ	97.54	Çİ	97.09	Çİ	96.38	Çİ	87.86	İ	69.15	Z
22	97.76	Çİ	97.62	Çİ	97.19	Çİ	96.22	Çİ	88.12	İ	69.03	Z
23	97.74	Çİ	97.62	Çİ	97.10	Çİ	96.20	Çİ	87.33	İ	68.86	Z
24	97.99	Çİ	97.87	Çİ	97.40	Çİ	96.26	Çİ	87.03	İ	68.49	Z
25	97.81	Çİ	97.70	Çİ	97.07	Çİ	95.73	Çİ	86.09	İ	68.41	Z

\*SN: Sulama no, Çİ: çok iyi; İ: iyi, O:orta; Z: zayıf

Çizelge 4.7 ve Şekil 4.7 incelendiğinde ortalama Christiansen eşdağılım üniformite değerleri ilk yıl için % 97.6, orta tuzlu sulama konuları için % 97.1 ve yüksek tuz sulama konuları için % 92.5 değerinde olduğu belirlenmiştir. 2016 yılı için ortalama UC değerleri T<sub>d</sub> konusu için % 97.4, T<sub>o</sub> konusu için % 96.2 ve T<sub>y</sub> konusu için % 75.5 olarak hesaplanmıştır. Ayrıca kontrol konusu olan K<sub>k</sub> için ortalama UC değeri % 95.6 olarak hesaplanmıştır. Çalışmanın ilk yılında en yüksek UC değerine 24nci sulama olan T<sub>d</sub> konusunda (T<sub>d</sub>S<sub>24</sub>) % 97.9 ve en düşük değere ise %86.9 ile 25nci sulama olan T<sub>y</sub> konusundan (T<sub>y</sub>S<sub>25</sub>) elde edilmiştir. Çalışmanın ikinci yılında ise en yüksek değere 24ncü sulama olan T<sub>d</sub> konusunda (T<sub>d</sub>S<sub>24</sub>) %97.8 olarak elde edilirken, en düşük değere ise 25nci sulamada T<sub>y</sub> konusunda (T<sub>y</sub>S<sub>25</sub>) % 68.4 olarak elde edilmiştir. Çalışmada elde edilen Christiansen eşdağılım üniformite değerleri ASEA (1994)'e göre değerlendirildiğinde düşük ve orta tuz konularında sınıflandırma olarak çok iyi (Çİ) sınırlarında olduğu fakat yüksek tuz konusunda ise iyi (İ), orta (O) ve zayıf (Z) sınırlar arasında olduğu saptanmıştır.

Damla sistemine uygulanan yüksek tuz içerikli sulama suyu, damla sulama sisteminin eş su dağılımını etkilemiş ve yıl sonuna doğru artan tuz çökmesiyle beraber tıkanmalar oluşmuştur.



Şekil 4.7. Tüm konulara ait 2015 ve 2016 yıllarda uygulanan sulamaya ait Christiansen eşdağılım üniformite dağılımı

Tarchitzky ve ark. (2013)'deki çalışmalarında damlatıcıların tıkanmasında en yaygın nedenlerden birisinin kalsiyum çökmesi yani kireçlenmeden kaynaklandığını

belirtmiştir. Artan kireçlenmeyle birlikte damla sistemi üzerinde eş su dağılımlarının sapmalar oluşturduğunu ve bu nedenden damlatıcı sınıflanmalarının kötüye yakın değerlerde olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca kullanılan suyun yüksek pH'sı ve sudaki yüksek CaCO<sub>3</sub> konsantrasyonu tıkanmada itici güç olduğunu, hava sıcaklığındaki aşırı değişimler de bu olayı hızlandığını araştırmacılar çalışmalarında belirtmişlerdir. Çalışma sonunda elde edilen Christiansen eşdağılım üniformite değerlerindeki düşüşler yukarıda atf edilen araştırmacıların bulgularıyla örtüştüğü söylenebilir.

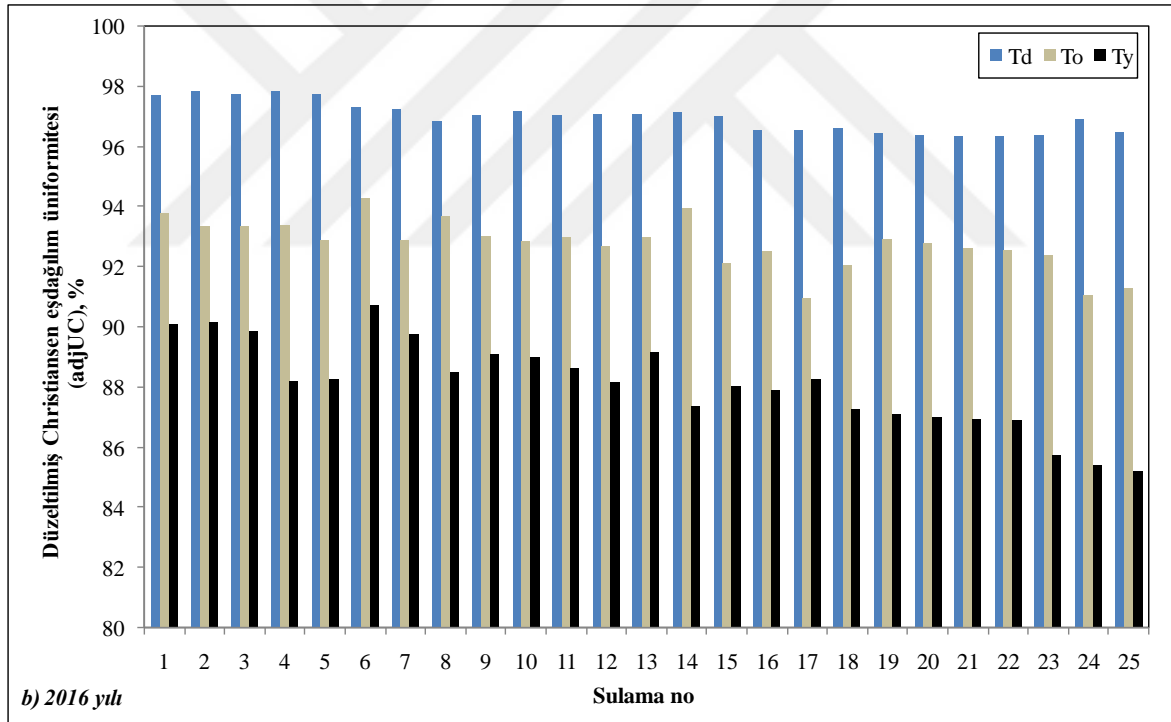
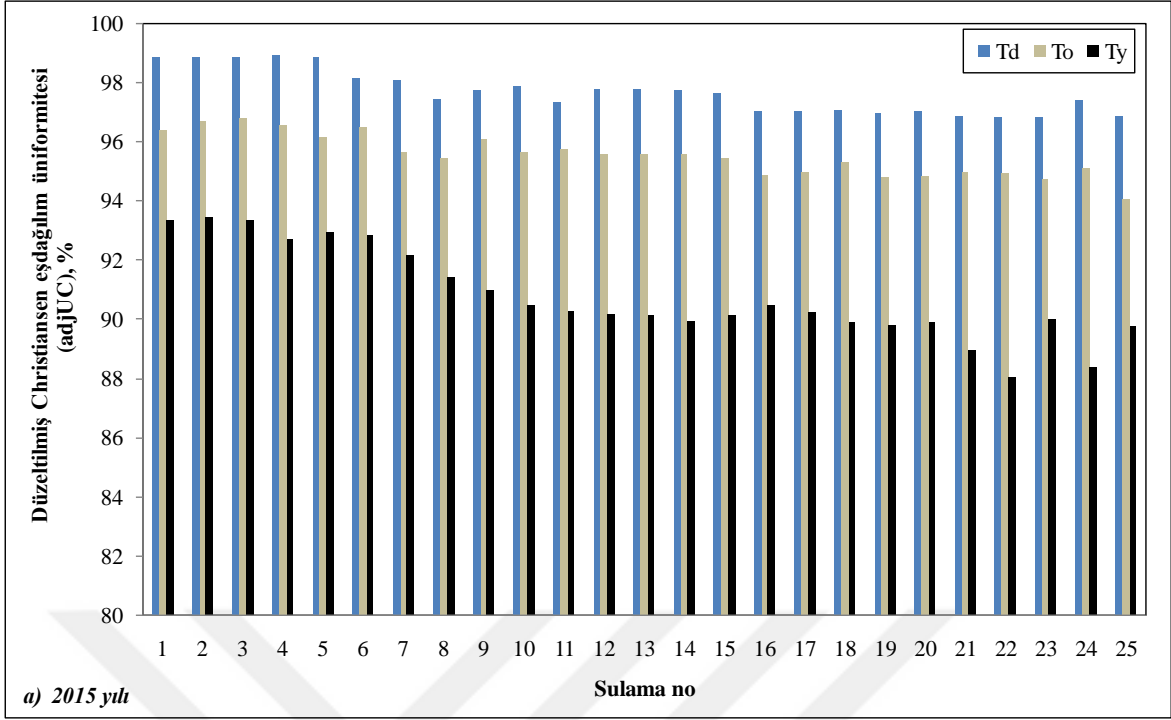
#### 4.5.3. Düzeltilmiş Christiansen eşdağılım üniformitesi (adjUC)

Çalışmada iki sulama dönemi boyunca farklı tuzlu sulama konularına ait düzeltilmiş Christiansen eşdağılım üniformite (adjUC) değerleri Çizelge 4.8'de ve dönemsel adjUC değişimleri Şekil 4.8'de verilmiştir.

Çizelge 4.8. Uyarlanmış 2015 ve 2016 yıllarında uygulanan sulamaya ait deneme konuları için düzeltilmiş Christiansen eşdağılım üniformite değerleri

SN*	Düzeltilmiş Christiansen eşdağılım üniformite (adjUC), %											
	T <sub>a</sub>				T <sub>o</sub>				T <sub>y</sub>			
	2015	Sınıf	2016	Sınıf	2015	Sınıf	2016	Sınıf	2015	Sınıf	2016	Sınıf
1	98.86	Çİ	97.67	Çİ	96.42	Çİ	93.76	Çİ	93.38	Çİ	90.08	Çİ
2	98.86	Çİ	97.81	Çİ	96.67	Çİ	93.34	Çİ	93.45	Çİ	90.15	Çİ
3	98.87	Çİ	97.74	Çİ	96.80	Çİ	93.33	Çİ	93.37	Çİ	89.82	İ
4	98.90	Çİ	97.82	Çİ	96.52	Çİ	93.37	Çİ	92.69	Çİ	88.21	İ
5	98.87	Çİ	97.71	Çİ	96.16	Çİ	92.85	Çİ	92.93	Çİ	88.26	İ
6	98.14	Çİ	97.30	Çİ	96.48	Çİ	94.27	Çİ	92.85	Çİ	90.73	Çİ
7	98.04	Çİ	97.23	Çİ	95.66	Çİ	92.88	Çİ	92.18	Çİ	89.73	İ
8	97.46	Çİ	96.83	Çİ	95.43	Çİ	93.64	Çİ	91.43	Çİ	88.49	İ
9	97.74	Çİ	97.05	Çİ	96.05	Çİ	93.01	Çİ	90.97	Çİ	89.08	İ
10	97.88	Çİ	97.16	Çİ	95.64	Çİ	92.83	Çİ	90.48	Çİ	88.99	İ
11	97.36	Çİ	97.04	Çİ	95.74	Çİ	92.96	Çİ	90.27	Çİ	88.60	İ
12	97.78	Çİ	97.09	Çİ	95.57	Çİ	92.69	Çİ	90.20	Çİ	88.17	İ
13	97.76	Çİ	97.06	Çİ	95.59	Çİ	92.96	Çİ	90.11	Çİ	89.14	İ
14	97.71	Çİ	97.14	Çİ	95.61	Çİ	93.94	Çİ	89.95	İ	87.34	İ
15	97.62	Çİ	96.96	Çİ	95.44	Çİ	92.13	Çİ	90.14	Çİ	88.01	İ
16	97.00	Çİ	96.50	Çİ	94.89	Çİ	92.49	Çİ	90.48	Çİ	87.86	İ
17	97.00	Çİ	96.52	Çİ	94.96	Çİ	90.97	Çİ	90.24	Çİ	88.23	İ
18	97.08	Çİ	96.59	Çİ	95.29	Çİ	92.01	Çİ	89.90	İ	87.27	İ
19	96.97	Çİ	96.42	Çİ	94.76	Çİ	92.90	Çİ	89.82	İ	87.06	İ
20	97.02	Çİ	96.38	Çİ	94.84	Çİ	92.77	Çİ	89.89	İ	86.98	İ
21	96.89	Çİ	96.34	Çİ	94.97	Çİ	92.59	Çİ	88.92	İ	86.95	İ
22	96.84	Çİ	96.33	Çİ	94.91	Çİ	92.52	Çİ	88.02	İ	86.88	İ
23	96.83	Çİ	96.38	Çİ	94.73	Çİ	92.36	Çİ	89.98	İ	85.71	İ
24	97.38	Çİ	96.88	Çİ	95.11	Çİ	91.06	Çİ	88.35	İ	85.37	İ
25	96.86	Çİ	96.45	Çİ	94.09	Çİ	91.30	Çİ	89.74	İ	85.19	İ

\*SN: Sulama no, Çİ: çok iyi; İ: iyi, O:orta



Şekil 4.8. Tüm konulara ait 2015 ve 2016 yıllarında uygulanan sulamaya ait düzeltilmiş Christiansen eşdağılım üniformite dağılımı

Çalışmada elde edilen verilere göre 2015 yılı için en yüksek adjUC değeri (% 98.9) T<sub>d</sub> konusunda elde edilirken, en düşük değere (% 88.02) ise T<sub>y</sub> konusunda ulaşılmıştır. Çalışmanın ikinci yılında en düşük adjUC değeri % 85.2 ile T<sub>y</sub>S<sub>25</sub> konusunda ölçülmüştür (Çizelge 4.8). Kontrol konusu için her iki yılda da ortalama % 99.0 adjUC değeri bulunmuştur. Çalışmada elde edilen veriler ASEA (1994) sınıflamasına göre düzeltilmiş

Christiansen eşdağılım üniformite değerleri  $T_d$  konusu için çok iyi (Çİ),  $T_y$  konusu için iyi (İ) sınıfında olduğu belirlenmiştir. Diğer üniformitedekiler gibi artan tuzla birlikte damla eş su dağılımlarında düşüşler görülmüştür. Ortalama adjUC değeri dikkate alındığında dönem başındaki üniformite değerinde yaklaşık %11 oranında düşüş olduğu görülmüştür. Dönemsel adjUC değerlerindeki değişim ve düşüşler Şekil 4.8'de gösterilmiştir.

Bir çok araştırmacı (Nakayama ve Bucks, 1986; Kırnak ve ark. 2004; Granberry ve ark. 2012; Noori ve Thamiry, 2012) çalışmalarında damla sulama sistemlerinin en yaygın ve önemli kısıtlarından birisi tıkanıklık olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar çalışmalarında damlatıcıların kısmen veya tamamen tıkanması su dağıtım türdeşliğini düşürdüğünü ve sulama randımanını azalttığını belirtmişlerdir. Ayrıca araştırmacılar damlatıcıların zamanla tıkanmanın sulamada kullanılan suların niteliklerine bağlı olduğunu araştırmalarında vurgulamışlardır. Yukarıda atıf edilen araştırmacıların bulgu ve vurguladığı noktalarla, çalışmada elde edilen sonuçlar ve bulgular benzerlik göstermektedir.

#### **4.5.4. İstatistiksel damlatıcı üniformitesi (Us)**

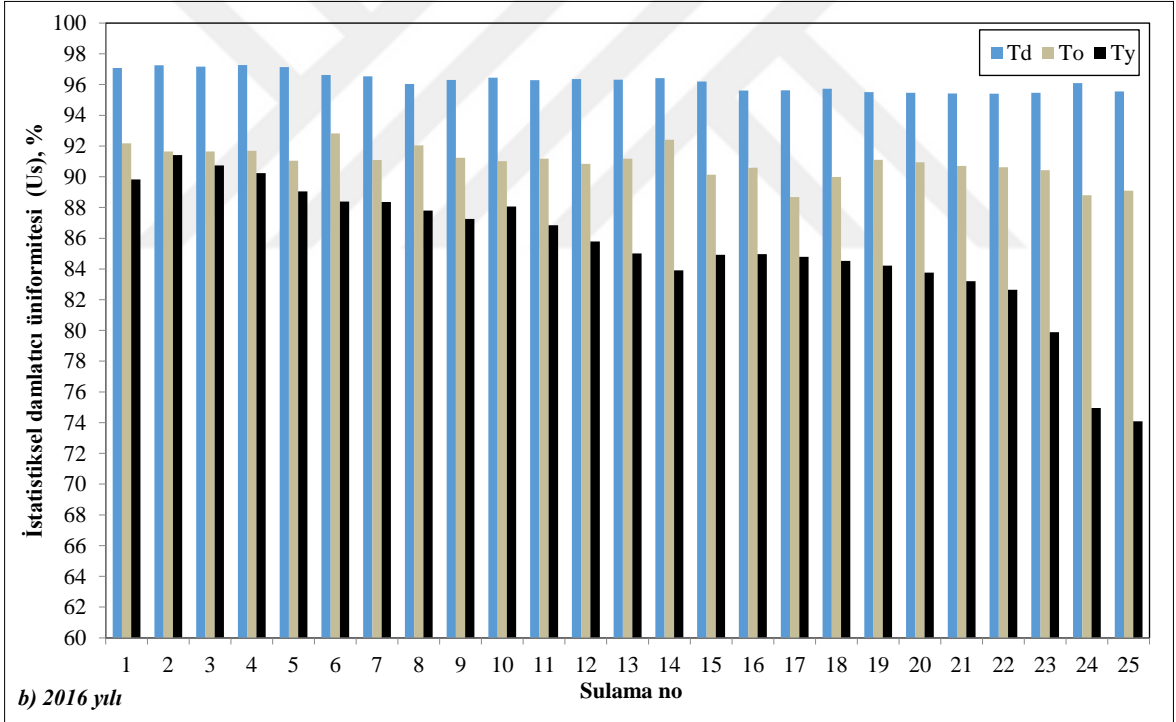
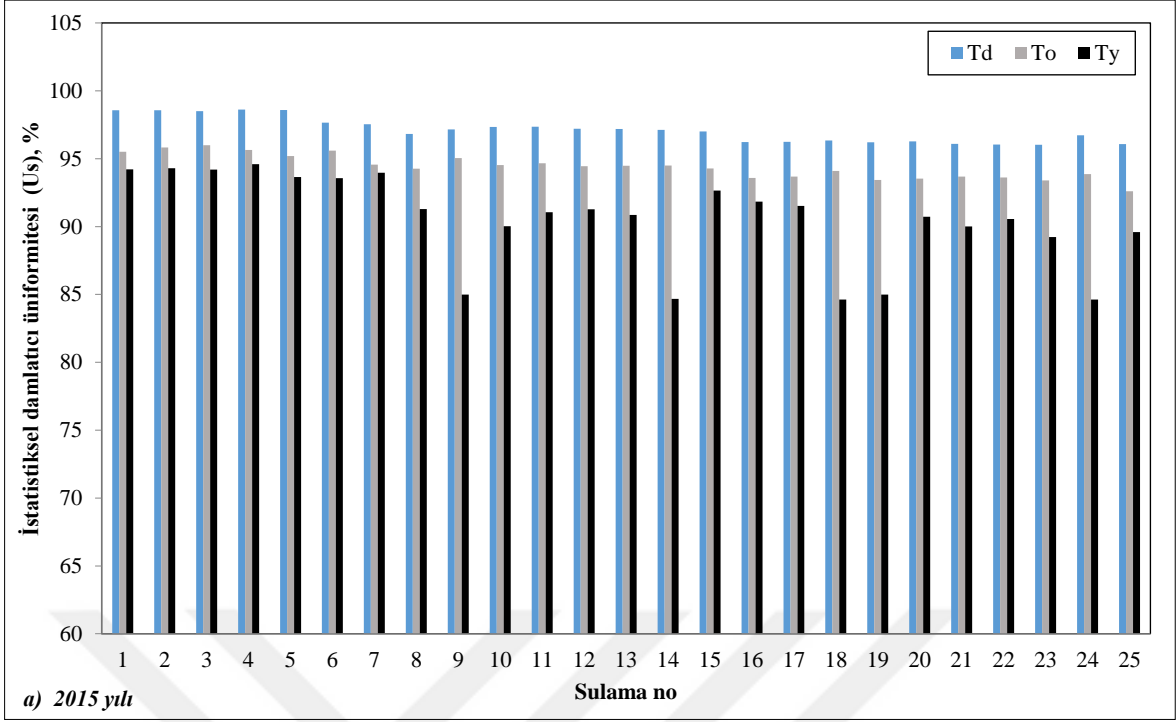
Çalışmada iki sulama dönemi boyunca farklı tuzlu sulama konularına ait istatistiksel damlatıcı üniformite (Us) değerleri Çizelge 4.9'da verilmiş ve dönemsel Us değişimleri Şekil 4.9'de gösterilmiştir. Çalışmada Us değerleri % 74.9 ile % 98.6 arasında değişmiştir. En düşük Us değerine denemenin yürütüldüğü 2016 yılında  $T_yS_{25}$  konusunda ulaşılrken, en yüksek Us değerine 2015 yılında  $T_dS_4$  konusunda ulaşılmıştır. ASEA (1994) sınıflamasına göre her iki yılda elde edilen üniformiteler sınıflandırılmış, elde edilen sınıflandırma değerleri Çizelge 4.9'da gösterilmiştir. Çizelge 4.9'da görüldüğü gibi  $T_d$  konusundan elde edilen istatistiksel damlatıcı üniformite değerleri çok iyi (Çİ) sınıfındayken,  $T_o$  konusunda çok iyi (Çİ), iyi (İ) ve  $T_y$  konularında ise iyi (İ), orta (O), zayıf (Z) sınıflar arasında çıkmıştır. Çalışmada daha önce elde edilen üniformiteye benzer şekilde eş su dağılımlarındaki sapmalar ve değişimler gibi istatistiksel damlatıcı üniformite değerlerinde yüksek farklılıklar görülmüştür. Bu dağılım farklılığı daha öncede değinildiği gibi sudaki yüksek tuz konsantrasyonu ve çevresel iklim etkisinden kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca, damla sulama yönteminin etkinliği damlatıcılardan akan suyun üniformitesine bağlıdır. Damlatıcı debi değişimleri damlatıcı dağılım üniformitesine ve farklı su dağılım desenlerine neden olmaktadır. Damlatıcı debilerindeki çok küçük bir değişim beklenen üniformite değerlerinde sapmalara neden olabilmektedir.

Çizelge 4.9. Uyarlanmış 2015 ve 2016 yıllarında uygulanan sulamaya ait deneme konuları için istatistiksel damlatıcı üniformite değerleri

SN*	İstatistiksel damlatıcı üniformitesi (Us), %											
	T <sub>a</sub>				T <sub>o</sub>				T <sub>y</sub>			
	2015	Sınıf	2016	Sınıf	2015	Sınıf	2016	Sınıf	2015	Sınıf	2016	Sınıf
1	98.57	Çİ	97.08	Çİ	95.51	Çİ	92.18	İ	94.21	İ	89.83	İ
2	98.57	Çİ	97.25	Çİ	95.83	Çİ	91.65	İ	94.29	İ	91.41	İ
3	98.51	Çİ	97.16	Çİ	95.99	Çİ	91.64	İ	94.20	İ	90.73	İ
4	98.62	Çİ	97.27	Çİ	95.64	Çİ	91.69	İ	94.60	İ	90.24	İ
5	98.58	Çİ	97.13	Çİ	95.19	Çİ	91.04	İ	93.65	İ	89.05	İ
6	97.66	Çİ	96.62	Çİ	95.59	Çİ	92.82	İ	93.57	İ	88.38	İ
7	97.54	Çİ	96.53	Çİ	94.56	İ	91.08	İ	93.97	İ	88.36	İİ
8	96.82	Çİ	96.03	Çİ	94.27	İ	92.04	İ	91.29	İ	87.80	İ
9	97.16	Çİ	96.30	Çİ	95.05	Çİ	91.23	İ	84.99	İ	87.26	İ
10	97.34	Çİ	96.44	Çİ	94.53	İ	91.02	İ	90.03	İ	88.06	İ
11	97.36	Çİ	96.29	Çİ	94.66	İ	91.18	İ	91.06	İ	86.85	İ
12	97.21	Çİ	96.36	Çİ	94.45	İ	90.84	İ	91.28	İ	85.79	İ
13	97.19	Çİ	96.31	Çİ	94.48	İ	91.17	İ	90.86	İ	85.01	İ
14	97.13	Çİ	96.41	Çİ	94.49	İ	92.41	İ	84.67	İ	83.91	O
15	97.01	Çİ	96.20	Çİ	94.28	İ	90.14	İ	92.65	İ	84.92	O
16	96.23	Çİ	95.61	Çİ	93.59	İ	90.59	İ	91.83	İ	84.96	O
17	96.24	Çİ	95.63	Çİ	93.68	İ	88.68	İ	91.53	İ	84.79	O
18	96.34	Çİ	95.73	Çİ	94.10	İ	89.99	İ	84.63	O	84.52	O
19	96.21	Çİ	95.51	Çİ	93.44	İ	91.10	İ	84.99	O	84.21	O
20	96.27	Çİ	95.46	Çİ	93.53	İ	90.94	İ	90.73	İ	83.76	O
21	96.10	Çİ	95.42	Çİ	93.69	İ	90.71	İ	90.01	İ	83.21	O
22	96.04	Çİ	95.40	Çİ	93.62	İ	90.62	İ	90.55	İ	82.64	O
23	96.03	Çİ	95.46	Çİ	93.40	İ	90.42	İ	89.22	İ	79.89	O
24	96.72	Çİ	96.09	Çİ	93.87	İ	88.79	İ	84.62	O	74.95	Z
25	96.07	Çİ	95.55	Çİ	92.60	İ	89.09	İ	89.60	İ	74.09	Z

\*SN: Sulama no, Çİ: çok iyi; İ: iyi, O:orta; Z: zayıf

Tarımsal sulamada sulama etkinliğinin (>%95) yüksek olması için, damla sulama sistemindeki tüm damlatıcılar eşit üniformiteye sahip olması ve yapım katsayılarının istenilen oranlarda olması yeğlenmektedir. Ayrıca, Özekici ve Sneed, (1995) yılındaki çalışmalarında basınç değişimleri, tıkanıklık, yapım farklılıkları ve sıcaklık değişimleri gibi etmenler sebebiyle, benzer iki damlatıcı arasında eşit koşullarda imal edilse bile akış farklılıkları bulunduğunu belirtmişlerdir. Özekici ve Sneed (1995)'de değindiği bulgu ve sonuçlar çalışmada elde edilen bulgulara benzerlik gösterdiği söylenebilir.



Şekil 4.9. Tüm konulara ait istatistiksel damlatıcı üniformite dağılımı



## 5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

Bu çalışmada farklı tuz oranlarına sahip (1.5 dS/m, 3.0 dS/m ve 5.0 dS/m) tuzlu sulama suyunun biber bitkisinin iki yetiştirme dönemi (2010 ve 2011 yılı ) boyunca damla sulama laterallerinde içten geçik (in-line) damlatıcılarda tıkanmanın damlatıcı debi değişimleri ( $q_{var}$ ) ve dağılım üniformalitelerinin ( $C_v$ ,  $DU$ ,  $UC$ ,  $adjUC$ ,  $U_s$  ve  $EUs$ .) etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma sonunda konulara ait damlatıcı debi değişimleri ilk yıl için 4.51-4.84 L/h arasında iken ikinci yıl ise bu değerler 3.89-4.74 L/h arasında değişmiştir. Kontrol konusunda ise her iki yılda da 4.86 L/h saptanmıştır. Çalışma sonunda debi değişimleri incelendiğinde en düşük debi değerlerine yüksek tuz konsantrasyonu olan  $T_y$  konusunda elde edilmiştir. Kontrol konusuyla karşılaştırıldığında sezon sonunda  $T_dS_{25}$  konusunda % 2.88,  $T_oS_{25}$  konusunda % 9.46 ve yüksek tuzlu sulama suyu uygulaması olan  $T_yS_{25}$  konusunda ise % 19.95 oranında damlatıcı debilerinde azalma görülmüştür. Sonuç olarak suyun niteliği ve özellikle yüksek tuz içeriği damlatıcılarda tıkanmayla birlikte debi değişimlerinde önemli etkiye sahip olduğu söylenebilir.

Çalışmada artırılan tuzla birlikte damlatıcı yapımcı farklılık katsayısı ( $C_v$ ) değerlerinde artış gözlemlenmiş ve en yüksek  $C_v$  değerleri yüksek tuz konsantrasyonuna sahip  $T_y$  konularında elde edilmiştir. Zaman içerisinde artan tuzla birlikte damlatıcılarda tıkanıklıklar artmış ve bu artışla birlikte damlatıcı yapımcı farklılık katsayısı ( $C_v$ ) değerinde yükselmeler belirlenmiştir.

Ayrıca açık alanda yürütülen çalışmada damla lateralleri dış iklim koşullarına maruz kaldığından tuzun tıkanma etkisinin arttığı belirlenmiştir. Özellikle hava sıcaklığı, güneşlenme şiddeti gibi dış hava koşulları damla laterallerinde ve damlatıcıların yapım ve hidrolik özelliğini bozduğu saptanmıştır.

Çalışmada kullanılan tuzlu sulama suyunun pH değerleri 7.8-7.9 değerlerde olduğu ve Na değerinin 10.3-40.1 me/L sahip olduğu belirlenmiştir. Özellikle kullanılan tuzlu suların pH değerleri 7.5'den büyük olması ve yüksek düzeyde Na, Mg içermesi durumunda, Na ve Mg karbonatları şeklinde çökerek damlatıcılarda kısmen ya da tamamen tıkanmaya neden olacağını belirlenmiştir.

Çalışmada sulama sularındaki kalsiyum (Ca) ve magnezyum (Mg) içeriklerine bağlı olan sertlik derecelerinin damlatıcı tıkanması açısından en ciddi sorun olduğu saptanmıştır. Özellikle damla sulama sistemlerinin işletiminde, sulama suları içindeki damlatıcı

tıkanıklığına neden olan faktörlerin dikkate alınması gerektiği ve tıkanıklığı önleyici tedbirler alınması önerilebilir.

Çalışmada damlatıcı su çıkış dağılım üniformitesi (EUs) değerleri % 29.6 ile % 59.3 arasında değiştiği ve değer olarak çok düşük olduğu görülmektedir. Bu düşük değer damlatıcılar arasındaki debi değişimlerinin yüksek standart sapmalarından ve damlatıcı yapımı farklılık katsayısından (Cv) kaynaklandığı söylenebilir.

Çalışma sonunda damlatıcı performans parametreleri değerlendirildiğinde su dağılım üniformitesi (DU) %74.89 - % 98.5 arasında, Christiansen eşdağılım üniformitesi (UC) %68.41- %97.9, düzeltilmiş Christiansen eşdağılım üniformitesi (adjUC) %85.2-98.9 ve istatistiksel damlatıcı üniformitesi (Us) %74.1- %98.6 değerleri arasında olduğu belirlenmiştir. Bulunan veriler analiz edildiğinde tüm konular için sulamanın başında yüksek üniformite değerleri olduğu saptanmış fakat ikinci yılda bu değerlerin azaldığı görülmüştür. Bu azalmaların ve sapmaların sudaki yüksek tuz konsantrasyonu ve çevresel iklim etkisinden kaynaklandığı söylenebilir. Ayrıca, damla sulama yönteminin etkinliği damlatıcılardan akan suyun üniformitesine bağlıdır. Damlatıcı debi değişimleri damlatıcı dağılım üniformitesine ve farklı su dağılım desenlerine neden olmaktadır. Damlatıcı debilerindeki çok küçük bir değişim, beklenen üniformite değerlerinde sapmalara neden olabileceği söylenebilir.

Çalışmada tuzlu su uygulamalarının damlatıcıların tıkanmasını hızlandırdığı ve tıkanmayı artırdığı da bir başka sonuç olarak belirlenmiştir.

Modern sulama yöntemlerinden biri olan ve sulama suyunu bir boru sistemiyle taşıyarak, damlatıcı adı verilen özel yapılara sahip araçlarla bitki kök bölgesine uygulayan damla sulama sistemlerinin en önemli kısıtlarının başında, damlatıcıların zamanla tıkanarak sistem performansının önemli ölçüde düşmesidir. Tıkanan damlatıcıların belirlenmesi, temizlenmesi veya değiştirilmesi oldukça güç ve pahalıdır. Damlatıcıların kısmen veya tamamen tıkanması su dağıtım türdeşliğini ve sulama randımanını düşürür, kısaca sistem performansını azaltır ve sonuçta üretim ve kalite kayıplarına yol açabilir.

## KAYNAKLAR

- Adin, A. Sacks, M. 1991. Dripper clogging factors in wastewater irrigation. Journal of Irrigation and Drainage Engineering, 117(6): 813-825.
- Ahmadi, A.K., Liaghat, A., Dehghanisani, H. 2009. The effect of acidification and magnetic field on emitter clogging under saline water application. Journal of Agricultural Science, 1(1): 132-141.
- Arslan, H., Güler, M., Cemek, B., Demir, Y. 2007. Bafra ovası yeraltı suyu kalitesinin sulama açısından değerlendirilmesi. Namık Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 4(2): 219-226.
- ASAE. 1994. Design and Installation of Microirrigation Systems. EP405, American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, 724-727.
- ASAE. 2003. Field evaluation of micro irrigation systems. EP458. American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, 760-76.
- Asgari, A., Ejlali, F., Ghassemi-Sahebi, F., Pourkhiz, I. 2012. Assessment of emitter clogging by chemical component on water application uniformity in drip irrigation. International Research Journal of Applied and Basic Sciences, 3 (9): 1813-1817.
- Ayman, A.F. 2003. The use of saline water in agriculture in the near east and north Africa Region: present and future. Journal of Crop Production, 7(1-2): 299-323.
- Ayyıldız, M. 1990. Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları:1196, Ders Kitabı:344s.1-282, Ankara.
- Badr, A.A., Gomaa, A.H., Amer, K.H., Hamza, A.S. 2009, Design and evaluation of trickle irrigation laterals with single and varying pipe sizes. Misr Journal of Agricultural Engineering, 26 (4): 1836-1854.
- Barragan, J., Bralts, V., Wu, I.P. 2006. Assessment of emission uniformity for micro-irrigation design. Biosystems Engineering, 93(1): 89-97.
- Beltran, J. M. 1999. Irrigation With Saline Water: Benefits and Environmental Impact. Water Resources, Development and Management Service, Land and Water Development Division, FAO, Rome, Italy.
- Boman, B.J. 1989. Emitter and spaghetti tubing effects on microsprinkler flow uniformity. Transaction of ASAE, 32 (1): 168-172.
- Bonilla, I., El-Hamdaoui, A., Bolanos, L. 2004, Boron and calcium increase Pisumsativum seed germination and seedling development under salt stress, Plant Soil. 267(1-2), 97-107
- Bozkurt, S., Sayılıkiran, G. 2003 Sera hıyar yetiştiriciliğinde farklı sulama yöntemleri ve sulama düzeylerinin bitki gelişimi ve verime etkileri. Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 22: 61-66.

- Bozkurt, S. 1996. İçten Geçik (in-Line) Damlatıcılarda Yapım Farklılıklarının Eş Su Dağılımına Etkileri. Ç.Ü. Fen Bil. Ens. Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Bozkurt, S., Ödemiş, B., 2007. Geri dönüşüm sularının damla sulamada kullanım olanakları. Ulusal Çevre Mühendisliği Kongresi, 24-27 Ekim 2007, İzmir, s:778-780.
- Bozkurt, S., Özekici, B. 2006. The effect of fertigation management in different types of in-line emitters on trickle irrigation system performance. Journal of Applied Sciences 6(5), 1165-1171
- Bralts, V.F., Kesner, C.D. 1983 Drip Irrigation Field Uniformity Estimation Transactions of the ASAE.26(5): 1369-1374.
- Bucks, D. A., Nakayama, F. S., GilbertT, R. G. 1979. Trickle Irrigation Water Quality and Prevetive Maintenance. Agricultural Water Management, 2(2), 68:149-162.
- Burt, C. M. 2004. Rapit field evaluation of drip and microspray distribution uniformity. Irrigation and drainage systems, 18: 275-297
- Camp, C.R., Sadler, E.J., and Busscher, W.J. 1997. A Comparison of Uniformity Measures for Drip Irrigation Systems. Tarnsactions of the ASAE, 40(4):993-999
- Capra, A., and Scicolone, B. 2004. Emiter and Filter Tests For Wastewater Reuse By Drip Irrigation. Department of Agro-forestry and Environmental Sciences, Hydraulic Section, Reggio Calabria Mediterranean University, Calabria, Italy.
- Capra, A., Scicolone, B. 1998. Water quality and distribution uniformity in drip/trickle irrigation systems.Journal of Agricultural Engineering Research.70(4), 355–365
- Christiansen, J.E., 1942. Hydraulic of Springling System for Irrigation. Trans. ASCE: 107: 221-239
- Çakmak, B. ve Kendirli, B. 2002 Sürdürülebilir Tarımda Sulama ve Çevre. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı Türktarım Dergisi, sayı: 145, s.21-23, Ankara
- Çakmak, B., Aküzüm, T., Çiftçi, N., Zaimoğlu, Z., Acar, B., Şahin, M. ve Gökalp, Z. 2005. Su Kaynaklarını Geliştirme ve Kullanımı. TMMOB-ZMO VI. Teknik Kongresi, 3-7 Ocak 2005. Ankara, s.191-211
- Çizikci, S. 1997. Değişik Tuzluluk, SAR ve Ca:Mg Oranlarına Sahip Sulama Sularının Ispanağın Çimlenme ve Verimine Olan Etkileri. KHGM Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı. APK Daire Başkanlığı. Toprak ve Su Kaynakları Şube Müd. Yayınları. No: 106; 205-219.
- Danierhan, S., Shalamu, A., Tumaerbai, H., Guan, D.H. (2013). Effects of emitter discharge rates on soil salinity distribution and cotton (*Gossypium hirsutum* L.) yield under drip irrigation with plastic mulch in an arid region of Northwest China. Journal of Arid Land, 5(1): 51-59.

- David, J., Fakher, M. and Peter Waller, M. (1989). Effects of Chemical Clogging on Drip-Tape Irrigation Uniformity. *Journal of Transaction of the ASAE*, vol.32, 1202-1206
- De Melo, R. F., Coelho, R. D., Teixeira, M. B. 2008. Clogging of commercial drippers by calcium and magnesium precipitates using four langelier saturation indexes. *Irrigation Science*. 13(4), 525–539
- Dinar, M., 2009. Cost Effective Use of saline water for irrigation. *netafim greenhouse. greenhouse articles. Saline Water for Irrigation*, p.308.
- Dosoretz, C., Tarchitzky, J., Katz, I., Kenig, E., Chen, Y. 2011. Development and effects of a fouling layer in distribution and irrigation systems applying treated wastewater effluent. In: Levy G, Fine P, Bar-Tal A (eds) *Use of treated sewage water in agriculture: impacts on crops and soil environment*. Blackwell Publishing, Oxford, pp 328–350
- Dworschak, R. 2013. Merus, green and sustainable water treatment since 1996. <http://www.merusonline.com>
- El-berry, A.M., Bakeer; G. and Al-Weshali, A. M. 2003 The effect of water quality and aperture size on clogging of emitters. *Agric. Eng. Dept., Fac of Agric., Cairo Univ., Egypt*.
- English, S. D., 1984. *Filtration and water Treatment for Micro Irrigation*, St. Joseph: ASAE, 50-57.
- Gillbert, R.G., Nakayama, F.S., Bucks, D. A., French, O.F., Adamson, K.C., Johnson, R.M. 1982. Trickle irrigation: predominant bacteria in treated colorado river water and biologically clogged emitters. *Irrigation Science*, 3: 123-32.
- Gong, H., Zhu, X., Chen, K., Wang, S., Chenglie, Z. 2005. Silicon alleviates oxidative damage of wheat Plants in pots under drought. *Plant Science*, 169 (2): 313-321.
- Granberry, D.M., Harrison, K.A., Kelley, W. T. 2012. Drip chemigation: Injecting fertilizer, acid and chlorine *Univ. of Georgia, Cooperative Extension, Athens, GA*, 1130
- Hassanpour, D., Aliabadi F., 2009. The use of saline water for irrigation in medicinal and aromatic plants farming. *International Journal of Water Resources and Environmental Engineering* 2.-2147483648 (2010): 009-015.
- Hocstrat, R., Wintgens T. 2003. AQUIREC. Report on Milestone M3.I, Draft of Wastewater Reuse Potential Estimation, Interim report.
- Kanber, R., Eylem, M. ve Tok, A. 1986. Çukurova Koşullarında Karık ve Damla Yöntemleri ile Sulama çileğın Verim ve Su Tüketimi. *Köy Hizmetleri Araş. Enst. Genel Yayın No:135. no: 77 Tarsus. s.39*.
- Kanber, R., 1997. Sulama. *Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No:174. 530 sayfa*.

- Kanber, R., ve Ünlü, M. 2010. Tarımda Su ve Toprak Tuzluluğu. Ç.Ü. Ziraat Fak. Gen. Yay. No:281. Ders Kitapları Yay. No:A-87 Adana. 307 s.
- Kapluhan, E. 2013. Türkiye’de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi. Marmara Coğrafya Dergisi, 16: 487-510.
- Karmeli, D., Keller, J. 1975. Trickle Irrigation Design. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corp., Glendora, California, 133 pp.
- Keller, J., Bliesner, R.D. 1990. Sprinkle and Trickle Irrigation. Van Nostrand Reinhold, New York, 652 pp.
- Kırnak, H., Doğan, E., Demür, S., Yalçın, S. 2004. Determination of hydraulic performance of trickle irrigation emitters used in irrigation systems in the Harran Plain. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 28: 223-230.
- Kızıloğlu, F.M., Turan M., Sahin U., Kuslu Y., Dursun A. 2008 Effects of untreated and treated wastewater irrigation on some chemical properties of cauliflower (*Brassica oleracea* L. var. botrytis) and red cabbage (*Brassica oleracea* L. var. rubra) grown on calcareous soil in Turkey. Agricultural Water Management, 95: 716-724.
- Knapp, M.S., Burns, W.S., and Sharp, T.S. 1986. Preliminary Assessment of the Groundwater Resources of Western Collier County, Florida. Technical Publication: 86-1, South Florida Water Management District.
- Kaya S., Evren S., Dasci E., Adıguzel, MC., Yılmaz, H. (2010). Effects of different irrigation regimes on vegetative growth, fruit yield and quality of drip-irrigated apricot trees. African Journal of Biotechnology. 9-36. (In press).
- Martinez, J.P., Silva, H., Ledent, J.F. and Pinto, M. 2007. Effects of Drought Stress on the Osmotic Adjustment, Cell Wall Elasticity and Cell Volume of Six Cultivars of Common Beans (*Phaseolus vulgaris* L.) European Journal of Agronomy, 26: 30-38.
- Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell & Environment, 25: 239-250.
- Nakayama, F.S., Bucks, D.A., 1981. Emitter clogging effects on trickle irrigation uniformity. Trans. ASAE [N.S] 24(1): 77-80.
- Nakayama, F.S., Bucks, D.A. 1991. Water quality in drip/trickle irrigation: A review. Irrigation Science, 12: 87-192.
- Nakayama, F.S., Bucks, D. A. 1986. Trickle Irrigation for Crop Production. Elsevier Science Publishers. Amsterdam, Netherlands.
- Nakayama, F.S., Gilbert, R.G., Bucks, D.A. 1978. Water treatments in trickle irrigation system. Journal of Irrigation and Drainage, 104 (IR1): 23-34.

- Noori, J. S., Thamiry, H.A. 2012. Hydraulic and statistical analyses of design emission uniformity of trickle irrigation systems. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 138: 791–798.
- OECD 2003. Organisation for Economic Co-operation and Development. *Water: Performance and challenges in the OECD countries. Environmental Performance Reviews*. Paris, France.
- Önder, D., Önder, S. 2007. İklim değişikliğinin Ülkemizin Su Kaynaklarına ve Tarımsal Kullanıma Etkileri. 1.Türkiye İklim Değişikliği Kongresi, TİKDEK, 2007. İstanbul 8s.
- Özekici, B., Sneed, R.E. 1995 Manufacturing Variation for Various Trickle Irrigation On-Line Emitters. ASAE Paper No: 0883-8542/95/1102-0235.
- Pasternak, D., De Malch, Y., Borovic, I. 1986. Irrigation with brackish water under desert conditions v. effect of time of application of brackish water on production of processing tomatoes. *Agricultural Water Management*, 12(1-2): 149-158.
- Pitts, D.J., Ferguson, J.A., Gilmour, J.T. 1985. Plugging Characteristics of Drip-Irrigation Emitters Using Backwash from a Water-Treatment Plant. Bulletin 880, Arkansas Agricultural Experiment Station, University of Arkansas, Fayetteville.
- Ravina, E.P., Sofer, Z., Marcu, A., Shisha, A., Sagi, G., Lev, Y. 1997. Control of clogging in drip irrigation with stored treated municipal sewage effluent. *Agricultural Water Management*, 33(2-3):127-137.
- Richards, S.D. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, USDA, Handbook 60. pp: 22- 26.
- Sankar, B., Abdul-Jaleel, C., Manivannan, P., Kishorekumar, A., Somasundaram, R., Panneerselvan, R. 2008. Relative Efficacy of Water Use in Five Varieties of *Abelmoschus esculentus* L. Moench under Water Limited Conditions. *Biointerfaces*, 62: 125-129.
- Smajstrla, A.G., Boman, B.G., Hamman, D.Z., Pitts, D.J., Zazueta, F.S. 1998. Field evaluation of microirrigation water application uniformity” Cooperative Extension Service-University of Florida, Bulletin, 265.
- Smajstrla, A.G., Koo, R.C., Weldon, J.H., Harrison, D.S., Zazueta, F.S. 1983. Clogging of Trickle Irrigation Emitters Under Field Conditions. *Proceeding Florida State Horticultural Society*, 96: 13-17.
- Solomon, K. 1979. Manufacturing variation of trickle emitters. *Transaction ASAE [N.S.]* 22(5):1034-1038, 1043.
- Szabolcs, I. 1994. Prospects of Soil Salinity for the 21st Century. 15th International Congress of Soil Science, Acapulco, Mexico p.514.
- Tan, K.H. 2005. *Soil Sampling, Preparation and Analysis*. Florida, USA.623 p.

- Tarchitzky, J., Rimon, A., Kenig, E., Dosoretz, C.G. ve Chen, Y. 2013. Biological and chemical fouling in drip irrigation systems utilizing treated wastewater. *Irrigation Science*, 31: 1277-288.
- Tekin, S. 2011. Tuzlu Sulama Sularının Buğdayda Verim ve Kaliteye Etkisi Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Doktora Tezi. Adana.
- Tekinel, O., Kanber, R., Önder, S., Baytorun, R., Baştuğ, R. 1989. The effects of trickle and conventional irrigation methods on some crops yield and water use efficiency under Çukurova conditions. *Irrigation Theory and Practice*, Edt. Rydzewski, J.B. ve Ward, C:F. University of Southampton, UK. p.641-651.
- Tüzel, İ.H. 1993. Damla sulama sistemlerinde sulama yeknesaklığının değerlendirilmesi. *E. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30 (1-2): 119-126.
- Tüzüner, A.1990. Toprak ve Su Analizleri El Kitabı. Tokb, Köy Hizmetleri Genel Müd., Toprak ve Gübre Araştırma Ens., 374s, Ankara.
- UNFPA 2017. The State of world population 2017. *Worlds Apart - Reproductive Health and Rights in the Age of Inequality*. ed: Arthur Erken, s:140
- USSL 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. USDA, Agriculture Handbook no.60, 160s., USA.
- Üzen, N. 2009. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Koşullarında Yetiştirilen Kimi Pamuk Çeşitlerinin Farklı Seviyelerdeki Tuz stresine Gösterdikleri Tepkilerin İncelenmesi Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Adana.
- Wallac, R.1990. Effective irrigation uniformity as related to root zone depth. *Irrigation Science*, 11: 15-21.
- Weber, B., Avnimelech, Y., Juanico, M. 1996. Salt enrichment of municipal sewage: new prevention approaches in Israel. *Environmental Management*, 20: 487-495.
- Wu, I.P., Gitlin, H.M., Solomon, K.H., Saruwatari, C.A. 1986. Desing Principles-System Desing. In: Nakayama, F. S. and D. A. Bucks (Ed.), *Trickle Irrigation for crop Production*. Elsevier Science Publishers B.V., P.O. Box 211 1000 AE Amsterdam, Netherland
- Yazar, A., İncekaya, Ç. ve Sezen, M, S., 2012. Quinoa (*Chenopodium Quinoa* Willd) bitkisinin damla sistemiyle tatlı ve tuzlu su kullanarak uygulanan farklı sulama stratejilerine verim tepkisi ve toprakta tuz birikimi. II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu. 24-25 Mayıs 2012, s.21-28. Bornova, İzmir.
- Yazar, A., Tangolar, S., Sezen, S.M., Bozkurt-Çolak, Y., Gence, I B., Bilir-Ekbiç, H., Sabır, A. 2010. Bağlarda su yönetiminde yeni yaklaşımlar: yaprak su potansiyeli kullanılarak çukurova koşullarında yüksek kaliteli verim için optimum sulama zamanının belirlenmesi. TÜBİTAK-TOVAG-106747 proje sonuç raporu.
- Yazar, A.,Tekin,S., Sezen, M., Torun, M.B., Çolak Bozkurt, Y. 2017. Damla sulama sistemlerinde damlatıcıların kimyasal tıkanıklığını önlemede asit uygulamalarına



alternatif yeni bir yaklaşım: Moleküler Salınım Teknolojisi. TUBİTAK-115O593  
proje sonuç raporu.

Yurtsever, E., Sönmez, B. 1992. Sulama Sularının Değerlendirilmesi. T.K.B. Köy  
Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araşt. Enst. Müd. Gen. Yay. No:  
181 Teknik Yay. No: T-63 Ankara



## ÖZGEÇMİŞ

### Kişisel Bilgiler

Adı, soyadı : Zekeriye ÖZGE  
Uyruğu : T.C.  
Doğum tarihi ve yeri : 26.02.1976/ Kadirli-Osmaniye  
Medeni hali : Evli  
Telefon : 0322 3441644/139  
Adres : Ziraî Üretim İşletmesi Tarımsal Yayım ve Hizmetiçi Eğitim Merkezi  
Müdürlüğü Yüreğir/Adana  
E-posta : zekeriyeozge@yandex.com.tr

### Eğitim

Derece	Eğitim Birimi	Mezuniyet tarihi
Lisans	Kahramanmaraş Sütçüimam Üniversitesi Ziraat Fakültesi Biyosistem mühendisliği Bölümü	2014
Yüksek Okul	Kahramanmaraş Sütçü imam Üniversitesi Meslek Yüksekokulu Tarım Alet ve Makineleri Bölümü	1999
Lise	Malatya Ziraat Meslek Lisesi	1995

### Yabancı Dil

İngilizce

### Yayımları

1. Tekin, S., Boyacı, S., Sezen, S.M., Gönen, E., Soylu E., Soyugüzel, E., **Özge, Z.**, Ketenci, A.M., Üstün, Y. 2016. Kahramanmaraş Yöresinde Yaygın Olarak Kullanılan Damla Sulama Damlatıcılarının Hidrolik Özelliklerinin Değerlendirilmesi, KSU J. Nat. Sci., 19(4): 445-453.