



**T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

**DAMLA SULAMA SİSTEMLERİNDE DAMLATICILARIN TIKANMASINA
NEDEN OLAN KİRECİN KİMYASAL YOLLA GİDERİLMESİ**

ÖMER FARUK KARACA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**KAHRAMANMARAŞ
Ağustos – 2010**

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

DAMLA SULAMA SİSTEMLERİNDE DAMLATICILARIN TIKANMASINA
NEDEN OLAN KİRECİN KİMYASAL YOLLA GİDERİLMESİ

ÖMER FARUK KARACA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Kod No :

Bu Tez 13/08/2010 Tarihinde Aşağıdaki Jüri Üyeleri Tarafından
Oy Birliği ile Kabul Edilmiştir.

Doç. Dr. Kenan UÇAN
DANIŞMAN

Prof. Dr. Cafer
GENÇOĞLAN
ÜYE

Prof. Dr. Kadir
SALTALI
ÜYE

Yukarıdaki imzaların adı geçen öğretim üyelerine ait olduğunu onaylarım.

Prof. Dr. Süleyman TOLUN
Enstitü Müdürü

Bu çalışma K.S.Ü. Bilimsel Araştırma Projeleri Yönetim Birimi Başkanlığı
tarafından desteklenmiştir.

Proje No: 2009/1-14 YLS

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.

İÇİNDEKİLER	SAYFA
İÇİNDEKİLER.....	I
ÖZET	III
ABSTRACT	IV
ÖNSÖZ	V
ÇİZELGELER DİZİNİ.....	VI
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	VII
1. GİRİŞ.....	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR.....	2
3. MATERYAL VE YÖNTEM	11
3.1. Materyal.....	11
3.1.1. Denemenin Düzenlenmesi	11
3.1.2. Kullanılan Asidin Genel Özellikleri.....	13
3.2. Yöntem.....	13
3.2.1. Deneme Konuları.....	13
3.2.2 Sistemin Kireç ile Tıkanması.....	13
3.2.3. Eş Su Dağılım Etkenleri ve Sulama Yeknesaklığının Değerlendirilmesi	15
3.2.3.1. Yapım Farklılığı Katsayısı (Cv)	15
3.2.3.2. İstatistiksel Yeknesaklık(Us)	15
3.2.3.3. Damlama Türdeşliği (EU).....	16
3.2.3.4. Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (Cu).....	16
3.2.4. Tıkanmış Damlatıcılara Hidroklorik Asit (HCL) Muamelesi.....	17
3.2.5. Lateral Hattı Boyunca Oluşan Debi Değişimleri.....	17
3.2.6. Laboratuvar Analizleri	17
3.2.6.1 Kalsiyum + Magnezyum (Ca+Mg) Analizi	17
3.2.6.2. Magnezyum (Mg^{+2}) Analizi.....	18
3.2.6.3. Karbonat (CO_3^-) Analizi	18
3.2.6.4. Bi-Karbonat (HCO_3^-) Analizi	18
3.2.6.5. Klor (Cl^-) Analizi	19
3.2.6.6. Na, K, Ca Analizi	19
3.2.7. Verilerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi	19
3.2.8. Asit Uygulama Miktarı-Damlatıcı Açılma Yüzdesi İlişkisi	19

3.2.9. Asit Uygulama Miktarı-EC-pH-TDS-SAR İlişkisi	19
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	20
4.1. Sistemin Kireç ile Tıkanması.....	20
4.2. Eş Su Dağılım Etkenleri ve Sulama Yeknesaklığının Değerlendirilmesi	21
4.3. Tıkanmış Damlatıcılara HCl Asit Muamelesi.....	22
4.4. Lateral Hattı Boyunca Oluşan Debi Değişimleri	22
4.5. Laboratuvar Analizleri	24
4.6. Verilerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi	25
4.7. Asit Uygulama Miktarı-Damlatıcı Açılma Yüzdesi İlişkisi	26
4.8. Asit Uygulama Miktarı-EC-pH-TDS-SAR İlişkisi.....	28
4.8.1 Asit Uygulama miktarı-EC İlişkisi.....	28
4.8.2 Asit Uygulama miktarı-pH İlişkisi.....	30
4.8.3 Asit Uygulama miktarı-TDS İlişkisi	32
4.8.4 Asit Uygulama Miktarı – Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) İlişkisi.....	34
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	36
6. KAYNAKLAR.....	37
ÖZGEÇMİŞ	41

T.C.
KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

ÖZET

**DAMLA SULAMA SİSTEMLERİNDE DAMLATICILARIN
TIKANMASINA NEDEN OLAN KİRECİN KİMYASAL YOLLA GİDERİLMESİ**

Ömer Faruk KARACA

DANIŞMAN: Doç. Dr. Kenan UÇAN

Yıl: 2010

Sayfa: 50

Jüri : Doç. Dr. Kenan UÇAN

: Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN

: Prof. Dr. Kadir SALTALI

Bu çalışmada, % 25, 50 ve 100 oranlarında CaCO_3 karıştırılarak suni olarak tıkanmış damlatıcıların HCl asit çözeltisi kullanılarak açılması amaçlanmıştır. Aynı zamanda damlatıcılarda asit uygulaması esnasında sisteme giren ve çıkan sularda anyon ve katyon analizleri yapılmıştır. Bu amaçla 2.5, 5 ve 10 ppm'lik üç farklı asit çözeltisi kullanılmıştır. Ayrıca denemelerden sonra, tam açılmanın sağlanması amacıyla yüksek konsantrasyonlu 500 ve 1000 ppm'lik asit çözeltileri sisteme verilmiştir. Normal koşullarda beklenen tıkanma oranlarının elde edilmesi uzun zaman alacağı için Langelier Saturasyon İndeksi(LSI)'ne göre yüksek oranda çökelti oluşturma özelliğinde olan çözeltiler laterallere verilmiştir. Çalışma tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olacak şekilde yürütülmüştür. Yapılan ölçüm ve analizler sonucunda, uygulanan asit miktarına bağlı olarak açılma yüzdesinde belirli bir miktar artış olduğu belirlenmiştir. En yüksek asit miktarı olan 1000 ppm, farklı tıkanma oranlarına sahip laterallere uygulanmış ve açılma yüzdesi %40.91 olarak bulunmuştur. Alınan su örnekleri analiz edilmiş ve sadece 1000 ppm'lik uygulamanın kaynak çizelgelere göre toprak ve bitkide Cl zararı oluşturabileceği tespit edilmiştir. Sonuç olarak, yeterli açılma oranının elde edilmesi için laterallerin %10'dan fazla tıkanması beklenilmemelidir. Aksi takdirde, yüksek konsantrasyonlarda asit uygulamalarının toprak ve bitki üzerinde zararlı toksik etkiler yapacağı sözkonusu olacaktır.

Anahtar Kelimeler: Damlatıcı tıkanması, HCL asit uygulaması, Açılma oranı, LSI

**T.C.
UNIVERSITY OF KAHRAMANMARAŞ SÜTÇÜ İMAM
INSTITUTE FOR GRADUATE STUDIES IN SCIENCE AND ENGINEERING
DEPARTMENT OF AGRICULTURAL STRUCTURE AND IRRIGATION**

MSc THESIS

ABSTRACT

**THE ELIMINATION OF LIME THAT CAN CLOG THE EMITTERS BY
CHEMICAL METHODS IN DRIP IRRIGATION SYSTEMS**

Ömer Faruk KARACA

SUPERVIZOR: Associate Prof.Dr. Kenan UÇAN

Year: 2010

Pages: 50

**Jury : Assoc. Prof. Dr. Kenan UÇAN
: Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN
: Prof. Dr. Kadir SALTALI**

In this study, it is aimed to determine of suitable HCl acid application rates in order to eliminate the clogging that is exposed to 25%, 50% and 100% calcium carbonate (CaCO_3). At the same time, input and output water samples in the drippers during acid application were analysed in terms of anion and cation. For this reason, three different acid solution were used including 2.5, 5 and 10 ppm. Furthermore, 500 and 1000 ppm acid solutions with high concentration were distributed to the system after treatments in order to provide the full opening. The solutions that could clog the emitters according to Langelier Saturation Index (LSI) by forming lime deposit were distributed to lateral, since existing clogging rates would require very much time under normal conditions. The experiment was designed in the complete randomized plot design with three replications. In the conclusion of performing measurements and analyses, it is determined that there was a certain increase in the opening percentage of clogging. 1000 ppm was the highest acid amount was applied to different rates clogging laterals and opening percentage was detected as 40.91%. The collected water samples were analysed and it was determined that only the sample with 1000 ppm acid treatment led to negative effect on soil and plants by implementing existing water according to reference tables. As a result, laterals weren't clogged more than 10% in order to get suitable opening rates. Otherwise, it will occur that the acid treatments with high concentration can lead to harmful toxic effect on soil and plants.

Keywords: Emitters clogging, HCl acid application, Opening percentage, LSI

ÖNSÖZ

Su, yeryüzünde hayatın kaynağıdır. Bütün canlılar hayatlarını devam ettirebilmeleri için mutlak suya ihtiyaç duyarlar. Bitkiler, türe bağlı olarak % 90 – 95 oranlarında su içermektedir. Ülkemizde toplam sulanabilir 8.7 milyon hektar arazinin 5.3 milyon hektarı sulanabilmektedir. Türkiye'de hali hazırda sulanan alanın yaklaşık %94 'ünde açık kanal sistemleri, %6'luk kısmında ise basınçlı sulama sistemleri bulunmaktadır. Sulama metodu olarak %92 oranında salma sulama, %8 oranında yağmurlama, %1 oranında da damla sulama yöntemi kullanılmaktadır (Anonim, 2010e).

Tarımsal sulamada, kısıtlı olan tatlı su kaynaklarını doğru yöntemlerle ve tekniklerle daha az su, enerji ve işgücü kullanımı sağlayan teknolojilerin uygulamaya konulması ülkemiz bitkisel üretimimizin daha istikrarlı ve sürdürülebilir olması için büyük önem taşımaktadır. Bu amaçla sulu tarımda damla sulama yöntemi son yıllarda yoğun bir şekilde kullanılmaya başlamıştır. Damla sulama yönteminin hızla yaygınlaşmasında en önemli etken, damla sulama yöntemiyle sulama yapılan tarım alanlarından alınan ürünlerde verim artışlarının yüksek olması yanında, kalite artışlarına bağlı alınan prim ödemeleri, gübre kullanımdaki azalış, hastalıklarda azalmalara bağlı olarak az ilaç tüketiminin üreticiye kar olarak kalması ve en önemlisi kısıtlı olan sulama su kaynaklarının diğer yöntemlere göre çok daha az kullanılmasıdır.

Damla sulama sistemlerinin çalışması ile ortaya çıkan temel problemlerden biriside damlatıcıların tıkanmasıdır. Tıkanma problemleri tesisin düzenli çalışmasına sık sık engel olmakta ve sulama sisteminin etkinliğini azaltmaktadır. Önlem alınmadığı takdirde, tesis kurulduktan kısa bir süre sonra damlatıcılar tıkanıldığında, sistemin, tekrar çalışır konuma getirilmesi bakım maliyetini arttırmakta ve sistemin tekrar yeni baştan düzenlenmesine veya terk edilmesine sebep olmaktadır (Demir ve Uz, 1984). Tıkanmanın giderilmesi hususunda birçok yöntem kullanılmasına karşın, halen geçerliliği kanıtlanmış bir yöntem bulunmamaktadır. Bu nedenle damla sulamada damlatıcı tıkanmasının asit uygulaması ile açılma olanaklarının araştırılması uygun görülmüştür.

Tez çalışmamın konusu ve yürütülmesinde beni yönlendiren, tezin oluşturulmasından ölçüm alma ve değerlendirme aşamaları dahil tezin sonuçlanmasına kadar geçen aşamada bilgisini ve desteğini esirgemeyen danışman hocam Doç. Dr. Kenan UÇAN'a, araştırmamın her safhasında gerekli bölüm imkanlarını temin eden Prof. Dr. Cafer GENÇOĞLAN'a, çalışmam boyunca hep yanımda olan Arş.Gör. Sedat BOYACI'ya ve manevi olarak desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Ağustos 2010**Ömer Faruk KARACA****KAHRAMANMARAŞ**

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 1. Suyun Damlatıcıları Tıkama Potansiyeli	2
Çizelge 2. Bazı Sulama Suyu Kalite Belirteçleri	2
Çizelge 3. Tıkanmaya Neden Olan Etmenler	3
Çizelge 4. Klor Uygulama Yöntemlerine Göre Sistemde Olması Gereken Kalıntı Miktarları	6
Çizelge 5. Sulama Suyu Analiz Sonuçları.....	13
Çizelge 6. Ölçülen Sıcaklık ve Hesaplanan Alkalilik ve Kalsiyum Sertlik Değerine Bağlı Olarak Hesaplama Esas Alınan Farklı LSI Faktörü Değerleri	14
Çizelge 7. Uygun Tıkanmayı Sağlayacak LSI Ölçütünün Tespiti İçin Farklı Oranlara Sahip Karışımların Laboratuvar Ortamında Belirlenmesi.....	20
Çizelge 8. Tıkanmanın Sağlanması Amacıyla Farklı Tarihler Ait Sulama Suyu-CO₃-NaOH Uygulamaları	21
Çizelge 9. Eş Su Dağılım Etkenleri ve Sulama Yeknesaklığı Değerlendirme Ölçütleri ...	21
Çizelge 10. Tıkanıklığın Açılması Amacıyla Farklı Tarihlerde Lateral Gruplarına Uygulanan Asit Karışımları.....	22
Çizelge 11. Asit Uygulamaları Sonucunda Alınan Su Örneklerine Ait Ortalama Değerler	24
Çizelge 12. Sulama Suyunun Önemli Kalite Özellikleri	24
Çizelge 13. Toprakta Cl Toksikite İndeksi	24
Çizelge 14. Sulama Sularının SAR Değerlerine Göre Sınıflandırılması.....	25
Çizelge 15. Tıkanma Oranları İçin SPSS Analiz Tablosu	25
Çizelge 16. Tıkanma Yüzdesi ve Asit Uygulama Miktarına Bağlı Olarak Değişen Açılma Yüzdeleri	26

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1. Laterallerde Görülen Tortu ve Tuz Oluşumu	5
Şekil 2. Çalışma Alanı Genel Görünüşü	11
Şekil 3. Kurulan Deney Düzenekinin Tertip Biçimi	12
Şekil 4. Tüm Sistemin Lateral Hatlarında Görülen Debi Değerlerinin Ortalaması	23
Şekil 5. Tek Bir Lateral Hattı Boyunca Mesafeye Bağlı Olarak Debide Görülen Değişimler.....	23
Şekil 6. Asit Uygulaması ve Tıkanma Oranlarına Bağlı Olarak Değişen Açılma Yüzdeleri	27
Şekil 7. %25, %50 ve %100 Tıkalı Damlatıcılarda Uygulanan Asit Miktarına Bağlı Olarak Görülen EC Değişimi	29
Şekil 8. %25, %50 ve %100 Tıkalı Damlatıcılarda Uygulanan Asit Miktarına Bağlı Olarak Görülen pH Değişimi	31
Şekil 9. %25, %50 ve %100 Tıkalı Damlatıcılarda Uygulanan Asit Miktarına Bağlı Olarak Görülen TDS Değişimi	33
Şekil 10. %25, %50 ve %100 Tıkalı Damlatıcılarda Uygulanan Asit Miktarına Bağlı Olarak Görülen SAR Değişimi.....	35

1. GİRİŞ

Toprak ve su kaynakları ülkelerin önemli doğal kaynakları arasında yer almaktadır. Özellikle su, tüm canlılar için vazgeçilemez doğal bir kaynaktır. Suyun en fazla kullanıldığı yer ise tarımsal faaliyetlerdir.

Sürekli azalan su kaynaklarının yanı sıra suya talebin süreklilik arz eden bir artış eğilimine girmesi, ülkemizin sahip olduğu su kaynakları potansiyelinin tüm talepleri esas alan planlı, etkili ve sürdürülebilir kullanımını gerektirmektedir. Bu anlamda, sınırlı sulama suyu kaynakları koşullarında sulama suyunun zaman içinde yönetimi, hassas kestirim olanaklarının araştırılması ve uygulanması ile su kaynaklarının tasarrufu yönünde kullanılabilir olan tüm yöntemlerin araştırılması ve değerlendirilmesi günümüzde büyük önem kazanmaktadır (Anonim, 2010f). Bu amaca uygun olarak özellikle yeni sulama teknolojilerin kullanılması oldukça önemlidir. Bu teknolojilerin en önemlisi ise damla sulama sistemleridir. Damla sulama, özel filtreler kullanılarak suyun içindeki kum, kil, yosun vb. kalıntılardan temizlendikten sonra tarla, bahçe ve seralardaki bitkilere su ve gübre vermek için özel olarak üretilmiş damla sulama boruları kullanarak doğrudan bitkilerin kök bölgesine suyun ve gübrenin damlalar halinde azar azar ve sık sık verilmesi demektir (Anonim, 2010g).

Damla sulama yönteminde temel ilke, bitkide nem eksikliğinden kaynaklanan bir gerilim oluşturmada, her defasında az miktarda sulama suyunu sık aralıklarla yalnızca bitki köklerinin geliştiği ortama vermektir. Bu yöntemde bazen günlük, hatta günde birden fazla sulama yapılabilir. Su, basınçlı bir boru ağıyla bitki yakınına yerleştirilen damlatıcılara kadar iletilir ve damlatıcılardan düşük basınç altında toprak yüzeyine verilir. Su buradan infiltrasyonla toprak içerisine girer, yerçekimi ve kapiler kuvvetlerin etkisi ile bitki köklerinin geliştiği toprak hacmini ıslatır. Bitki sırası boyunca ıslak bir şerit elde edilir ve bitki sıraları arasında ıslatılmayan kuru bir alan kalır. Böylece, mevcut sulama suyundan en üst düzeyde yararlanılmış olunur.

Tüm bu üstünlüklerine rağmen, 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. Bu nedenle etkili bir filtrasyon işlemi, sistemin başarısı için oldukça önemlidir. Ayrıca suya karıştırılan asitli gübrelerle suyun PH dengesi düşürülerek tıkanmaların önüne geçilirken diğer yandan damlatıcıların civarındaki toprağın da PH 'ı düşer ki bu bize yüksek PH'dan dolayı alınamayan formada bulunan Fe, Mn, B, Cu ve Zn gibi mikro elementler PH 6.5 civarında alınmaya başlarlar. Böylece yaprak ve topraktan yapılan gübre uygulamaları azaltılarak işletmede ekonomik açıdan belirli bir oranda tasarruf sağlanabilmektedir.

Bu çalışmada, LSI değerlerine göre laboratuvar koşullarında % 25, 50 ve 100 oranlarında kalsiyum karbonat (CaCO_3) tıkanmasına maruz bırakılmış damlatıcıları açmak için uygun HCl asit uygulama oranlarının belirlenmesi amaçlanmıştır. Aynı zamanda ortamda zarar oluşturabilme ihtimaline karşı damlatıcılarda asit uygulaması sırasında sisteme giren ve çıkan sularda anyon ve katyon analizleri ile EC ve pH ölçümleri yapılmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

İstatistiklere göre ülkemizde yıllık kullanılabilecek su miktarı 40 milyar m³'tür. Bu suyun; % 75'i tarımda, % 10'u sanayide, % 15'i insan ihtiyaçları için kullanılır. Tarımda kullanılan suyun % 80'i salma sulama, %16'sı yağmurlama ve %4'ü ise damla sulamada kullanılmaktadır. Tarımsal sulamada suyun verimliliği (Verilen suyun bitki tarafından alınan miktarı) salma sulamada %30, yağmurlamada %60, damla sulamada ise %98'dir (Güngör, 2010). Damla sulamanın tüm bu üstünlüklerine rağmen, karşılaşılan en büyük sorun damlatıcılarda zamanla ortaya çıkan tıkanmadır. Tıkanma, bir veya birkaç etmene bağlı olarak oluşmaktadır.

Yüksek oranda asılı haldeki inorganik ve organik maddeyi içeren suda, çökelti oluşumuna sebep olan mikro-organizmalar, ağır metaller, sülfatlar ve damlatıcılarda büyük bir sorun olan çözünmemiş kimyasal bileşenler bulunmaktadır (Gilbert ve ark., 1979). Bu özelliklerin birinin veya birkaçının bir arada bulunması ile tıkanma sorunları baş gösterebilmektedir.

Damlatıcı tıkanma sorunları sulama suyu kaynağına bağlı olarak değişiklik göstermektedir. Su kaynakları genellikle yüzey ve yeraltı suları olarak 2 grupta sınıflandırılmaktadır. Bu kaynakların her birinin kendine özgü tıkanma biçimleri vardır. Çizelge 1'de sulama sularının damlatıcıları tıkanma potansiyeli, Çizelge 2'de ise bazı sulama suyu kalite belirteçleri verilmiştir.

Çizelge 1. Suyun Damlatıcıları Tıkanma Potansiyeli (Todd, 1980; Nakayama ve Bucks, 1986)

Tıkanma Etmeni	Az	Orta	Şiddetli
Fiziksel			
Asılı Haldeki Katılar (max. ppm)	<50	50 – 100	>100
Kimyasal			
pH	<7.0	7.0 – 8.0	>8.0
Toplam çözünmemiş Katılar (max. ppm)	<500	500 – 2000	>2000
Manganez (max. ppm)	<0.1	0.1 – 1.5	>1.5
Demir (max. ppm)	<0.1	0.1 – 1.5	>1.5
Kalsiyum (Sertlik) (max. ppm)	<40	40 – 80	>80
Hidrojen Sülfür (max. ppm)	<0.5	0.5 – 2.0	>2.0
Sertlik (CaCO ₃)	<150	150 – 300	>300
Biyolojik			
Bakteri Popülasyonu (max. miktar/mL)	<10000	10000 - 50000	>50000

Çizelge 2. Bazı Sulama Suyu Kalite Belirteçleri (Hanson ve ark., 1997; Hassan, 1998)

Bileşen	Sorun Düzeyi		
Verim Etkileri	Düşük	Orta	Şiddetli
EC - mmhos/cm	< 0.75	0.75 – 3.0	> 3.0
NO ₃ - mg/L	< 5	5 – 30	> 30
Özel İyon Toksititesi			
Bor - mg/L	< 0.7	0.7 – 3.0	> 3.0
Klor - me/L	< 4	4 – 10	>10.0
Klor – ppm	< 142	142 – 355	> 355
Sodyum (Adj SAR)	< 3.0	3 – 9	> 9

Yüzey sularındaki tıkanma sorunlarını önlemek için tam yosun, balık, salyangoz, tohum ve diğer organik atıkların süzülmesi gerekmektedir. Yüzey suyu kullanımındaki

temel sorun kimyasal çökelme değildir. Başka bir deyişle, yeraltı suları çökelebilen ve kabuk oluşturabilen çökeltiler içinde yüksek düzeyde mineral içermektedirler. Yüzeye yakın kuyularda (<30 m) bakteriler ile ilgili tıkanma sorunları oluşurken, kimyasal çökeltiye derin kuyularda daha sık rastlanmaktadır (Knapp ve ark., 1986). Fiziksel tıkanma sorunları yeraltı sularında genellikle daha az oranda görülmektedir. Kapalı boru sistemlerinde ise damlatıcı sistemin laminar akışı, labirent sistemin türbülans akışından daha çok damlatıcı tıkanmasına neden olmaktadır (Abbott, 1985).

Damlatıcılar fiziksel (iri kum), biyolojik (bakteri ve alg) ve kimyasal (kabuk oluşumu) birikimler sonucu tıkanmaktadır. Tıkanma çoğunlukla birkaç bağımsız veya birbirine bağlı bazı etmenler sonucu ortaya çıkmaktadır. Damlatıcılarda tıkanmaya neden olan bazı etmenler kökenlerine göre Çizelge 3’de verilmiştir. Örneğin, çökelti oluşumu çoğunlukla bakteriyel faaliyetler, suyun pH değerindeki değişimler ve suyun sıcaklık ve basıncındaki dalgalanmalar ile ilgili olmaktadır.

Çizelge 3. Tıkanmaya Neden Olan Etmenler (James, 1988)

A. Fiziksel (Asılı Parçacıklar)	B. Kimyasal (Çökelmeler)	C. Biyolojik (Bakteri ve Algler)
a. Organik	a. Kalsiyum karbonat	a. Yosun kalıntıları
(1) Yosun, Sucul Bitkiler ve Algler	b. Kalsiyum sülfat	b. Bakteri çamurları
(2) Balık, Salyangoz vb.	c. Ağır metaller, oksitler, hidroksitler, karbonatlar, silikatlar ve sülfatlar	c. Mikrobiyal yığınlar
b. İnorganik	d. Gübreler	
(1) Kum	(1) Fosfat	
(2) Silt	(2) Sıvı amonyum	
(3) Kil	(3) Demir, çinko, bakır ve mangan	

Kil, silt, kum, bitki parçacıkları ile cansız ve canlı mikro-organizmalar gibi asılı halde bulunan maddeler damlatıcılarda önemli sorunlar oluşturmaktadır. Birikme yaptıkları için bu parçacıklar filtreleri ve sistem elemanlarını tıkırlar.

Tıkanmanın denetimi için uygun yöntemin seçimi, sorunun tipine bağlıdır. Dinlendirme havuzları, süzüm işlemleri, boru şebekesi, filtre v.b. işlemler tıkanmaya neden olan bazı fiziksel oluşumları giderebilir. Fakat, kimyasal ve biyolojik nedenlerle meydana gelen tıkanmanın önlenmesi için sisteme asit, oksidant, algisit ve bakterisit gibi kimyasalların verilmesi gerekir (Kanber, 1999).

Kil-silt parçacıkları filtre delik çapları ve damlatıcılardan daha büyük çaplara sahiptirler. Çoğu kez, laterallerde akımın yavaş olduğu kesimlerde kütsel formlarda yığılarak, tıkanmaya neden olabilirler. Ayrıca kil parçacıkları, filtre ve damlatıcı içlerine sıvanarak akış miktarını azaltabilirler. Bunun yanında bazı koşullar altında kil kümeleşebilmekte ve tıkanmaya neden olan agregat haline dönüşebilmektedir. Kümeleşmeyen kil ve silt parçacıkları damlatıcıları tıkamak için oldukça küçüktür. Damlatıcıyı tıkama özelliğinde olan kum parçacıkları çoğunlukla kuyulardan pompalanan su ile sisteme alınmaktadır. Eğer bu asılı konumdaki katılar kil büyüklüğündeki

parçacıklardan oluşursa ve agregatlaşma meydana gelmezse, bazı asılı haldeki katıları içeren su, mikro-sulama sistemleri ile güvenli kullanılabilir. Araştırmalar daha büyük parçacıklar filtre edildiği sürece, 500 ppm'den daha büyük olan asılı haldeki katıları içeren suyu kullanmanın damlatıcı tıkanmasına neden olmadığını göstermektedir (Pitts, 1985).

Su çoğunlukla çok amaçlı bir çözücü olarak değerlendirilmektedir. Su içindeki belli bir maddenin çözünürlüğü sıcaklık, basınç, pH, redox potansiyeli ve çözeltideki diğer maddelerin göreceli konsantrasyonlarındaki değişikliklerle kontrol edilmektedir. Mikro-sulama sistem damlatıcılarının tıkanmasına neyin neden olabileceğini tahmin etmek için, mineral çökelti (tortu) süreci iyi anlaşılmalıdır. Karbondioksit gazı (CO₂) mineral çözünme ve çökeltilerde oldukça önemlidir. Su bazen CO₂'i havadan adsorbe eder, ancak toprak içerisinde su geçişi olduğu için daha fazlası çürüyen organik maddelerden adsorbe edilir. Yeraltı suyunda basınç altında CO₂ konsantrasyonu karbonik asit oluşumu için artış gösterir. Bu zayıf asit, suda çözünebilir kalsiyum bikarbonatı oluşturmak için kalsiyum karbonat vb. gibi mineral bileşenleri hızlı bir şekilde çözer. Bu süreç kalsiyum karbonatın çözünmesine, taşınmasına ve bazı koşullarda tekrar kalsiyum karbonat olarak çökmesine neden olur. Damlatıcı tıkanması fiziksel, biyolojik ve kimyasal nedenlerden kaynaklanmaktadır. Tıkanma sorunları çoğunlukla sülfür ve demir bakterisi nedeniyle ortaya çıkar. Sulama sisteminde pompa çalıştırıldığında su laterallere girdiği için temin hattı ve manifold boyunca hızlı bir su akışı olur. Sisteme basınç uyguladığında, su hızı asılı haldeki parçacıkların sistemde birikmesine neden olacak şekilde düşer. Sonuçta oluşan bakteriyel salgı boru sisteminin kenarına tutunur ve filtreleme cihazları içinden geçer ve damlatıcıları tıkayacak kadar büyük parçacıklarla birleşir. İnorganik parçacıkların biyolojik salıya tutunması damlatıcı tıkanmasının temel nedenidir. Su kalitesi analizi yapılmasının sulama sisteminin tasarımı ve işletiminde son derece önemlidir. Lateral ve ana hatların düzenli olarak tazyikli su ile basınç uygulamasının tıkanmayı önleyeceğini ve her sulama sisteminin birkaç filtrasyon yöntemine ihtiyaç duyduğu rapor edilmiştir (Pitts ve ark., 1990).

Kimyasal tıkanma genellikle kalsiyum, magnezyum, demir ve manganez gibi minerallerin biri veya birkaçının çökmesi sonucu oluşmaktadır. Kireç çökme sorunu esasen suyun pH değerine bağlıdır. pH değeri 6'dan daha aşağı düştüğünde çoğunlukla çözünmemiş CO₂ ve küçük bir miktar karbonik asit suda bulunmaktadır. pH değerleri 6.5–10 arasında ise, bikarbonat baskın olur. Su sistemden buharlaştığı zaman, suda yeteri kadar kalsiyum varsa bikarbonat çöker. Keller ve Bliesner, (1990) tarafından yapılan bir çalışmada bikarbonat konsantrasyonu 2 me/l'den daha büyük ve pH değeri 7.5'den fazla olan suyun muhtemelen kalsiyum çökeltilerini oluşturma özelliğinde olduğu tespit edilmiştir. Kalsiyum karbonat çökmesi damlatıcı ve mini-yağmurlayıcılarda beyazımsı bir tortu biçiminde gözlenebilir.

Çökme, suyun sıcaklığı (karbonat çözünürlüğü suyun sıcaklığı ile ters orantılıdır), çamaşır suyu veya suyla etkileşime giren gübreler vb. bazı kimyasalların damla sulama sistemine enjekte edilmesi sonucu da oluşabilmektedir. Minerallerin çökmesi sonucu damlatıcı içindeki su akışını kısmen veya tamamen engelleyen barlaşma meydana gelir. İç kısımda bar oluşumu kesitsel alanı azaltır ve boru hattının pürüzlülüğünü artırır (Pitts, ve ark., 1990). Bu iki durumun bir araya gelmesi ile parçacıkların çökmesine sebep olan suyun hızında azalma olur. Bikarbonat ve suyun pH değeri arasındaki bu ilişki, düşen pH değerinin sistemde karbonat tıkanmasını önleyeceği veya

azaltacağını göstermektedir. Düşen pH, mevcut karbonat çökmesini çözer ve kireç oluşumunu önler (Anonim, 2010c).

Sulama sistemindeki barlaşma, sulama suyunun değişen koşullara karşı verdiği kimyasal tepkiden kaynaklanmaktadır. Çökmenin oluşumu birkaç etmene bağlıdır. Örneğin pH, sıcaklık, çözeltideki maddelerin konsantrasyonu, zaman vb. bağlı olarak Ca ve PO₄ yedi farklı kombinasyona dönüşebilmektedir. Bunlardan üç tanesi (hypometa ve pirofosfat) çözünemez haldedir. Doğal olarak oluşan brushite (CaHPO₄·2H₂O) ve whitlockite (Ca₃(PO₄)₂) sırasıyla 0,32 g/L (her 3785 litre için 1,17 kg) ve 0,02 g/L (her 3785 litre için 0,077 kg) çözünabilir haldedirler. Bu bileşiklerin tamamının çözünürlüğü artan pH ile azalmaktadır (Boman ve Ontermma, 1994).

Çoğu sulama sisteminde akışlar dakikada 378–3785 litre arasında değiştiği için büyük oranda çözünmemiş kimyasallar sürekli olarak sulama sistemine taşınmaktadır (Boman ve Ontermma, 1994).

Demir, damlatıcıları tıkayabilen diğer bir mineral tortu kaynağıdır. Oksit biçimindeki demire çoğunlukla tüm topraklarda rastlanmaktadır (Cowan ve Weintritt, 1976) ve bu çoğunlukla demir bikarbonat olarak yeraltı suyunda çözünmektedir. Hava ile temas ettiğinde, çözünabilir demir bikarbonat çözünemez veya koloidal demir hydroidlerini oksidize ederek çökeltir. Sonuçta bazen sulama kuyularında karşılaşılan kırmızı renkli su ortaya çıkar. Manganez bazen demirle bir araya gelir, fakat genellikle daha düşük konsantrasyonlardadır. Büyük miktarda hidrojen sülfür içeren sert, kireçli sular kullanıldığında çökme sorunları genellikle oluşmaz. Hidrojen sülfür asidite özelliğinden dolayı kalsiyum karbonatın (CaCO₃) çökmesini azaltır. Ayrıca, yüksek oranda sülfür içeren sular da çökme yoluyla tıkanmaya neden olurlar (Pitts ve ark., 1990).

Sistem içerisinde ve damlatıcıların dış kısımlarında meydana gelen çökelmeler tıkanmanın önemli başka bir kimyasal nedenidir. Özellikle tuzlu suların kullanıldığı sistemlerde, suyun buharlaşması nedeniyle damlatıcıların üstünde bir tuz kabuğu oluşabilir ve eğer bir sonraki sulamaya kadar erimezse damlatıcıları tıkayabilir (Şekil 1).



Şekil 1. Laterallerde Görülen Tortu ve Tuz oluşumu

Yeraltı suları ise çoğunlukla metan içermektedir ve içme suyu sistemindeki 3–20 ppm’lik metan konsantrasyonu ince bir zar görünümündeki biofilm oluşumuna neden olmaktadır (Reijnen, 1994).

Genel olarak kullanılan klor enjeksiyon yöntemleri farklılık göstermesine rağmen genellikle üç sınıfta toplanmaktadır. Bunlar:

- Sürekli Klorlama: Klor her sulamanın başından sonuna kadar sürekli olarak enjekte edilmeli. Bu en etkili yöntemdir, fakat klor tüketimi diğer yöntemlerden daha fazladır.
- Her sulamanın son 1 – 2 saatinde klorlama: Hem klor tüketimi hem de etkinliği bir önceki yönteme oranla genellikle daha düşüktür. Alanın en uzak kısmındaki klor kalıntısı 2 – 3 ppm civarında olmalıdır.
- Kesikli Klorlama: Bu yöntem, çok uzun sulama süresi (10 saat) veya darbe şeklinde sulama yapıldığı takdirde tavsiye edilmektedir (Anonim, 2010h).

Klorun etkili olabilmesi için her klorlama yöntemi esnasında sistemde olması gereken klor kalıntı miktarları Çizelge 4’de verilmiştir.

Çizelge 4. Klor Uygulama Yöntemlerine Göre Sistemde Olması Gereken Kalıntı Miktarları (Anonim, 2010h).

Yöntem	Kalıntı Miktarı
Sürekli klorlama	0.5 – 1 ppm
Her sulamanın son 1 – 2 saatinde klorlama	2 – 3 ppm
Kesikli klorlama	2 – 3 ppm

Farklı klor dozlarının damlatıcılarda meydana gelen tıkanmalara ve buna bağlı olarak debi değişimlerine etkisini belirlemek amacıyla, ESALQ (Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz") Tarım Mühendisliği Bölümünün sulama laboratuvarında deneysel bir araştırma yürütülmüş ve denemede 5 adet damlatıcı tipi (Streamline 200. Rom 172, Dripline 2000. Tinen 17 ve Typhoon 20) 4 farklı klor düzeyi (150. 300. 450 ve 600 ml-1) test edilmiştir. 60 dakika süresince uygulanan klor düzeyi bu süre sonundan itibaren 12 saat boru içerisinde bırakılmış ve ardından her bir damlatıcı debisi ölçülmüştür. Sonucunda bir damlatıcı tipi hariç tüm damlatıcı tiplerinde uygulanan klorun akış oranını arttırdığı görülmüştür. Bir damlatıcı tipinde uygulanan klor, üniformite katsayısının (EU) azalmasına neden olmuş, başka bir damlatıcı tipinde klorun etkinliği ikinci uygulamadan sonra belirgin olarak arttığı tespit edilmiştir (Coelho, 2001; Çamoğlu, 2004).

Bresler (1975), damla sulama yöntemindeki işletimsel zorlukların bazen damlatıcıların tıkanmasından kaynaklanabileceğini belirtmiştir.

David (1989) ve Boman (1989), tıkanmanın bitki verimini etkileyen dağıtım üniformitesi üzerinde belirli bir etkiye sahip olduğu için, sulama sistemini etkileyen etmenlerden biri olduğu konusunda aynı fikirdedirler.

Ravina ve ark. (1992), damlatıcı kenarlarındaki son bölümlerin başlangıçtaki bölümlerle ilişkili olarak daha fazla tıkanma oluşturma eğiliminde olduğunu tespit etmişlerdir.

El-Berry ve ark. (2003), tarafından su kalitesi ve delik boyutunun damlatıcı tıkanması üzerine etkisi konulu çalışmada 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 belirtilmektedir. Bu nedenle on-line tip damlatıcı yerine in-line tip damlatıcı kullanılmalı, normal damlatıcıların yerine ise basınç düzenleyici damlatıcılar kullanılmalıdır. Ayrıca, basınç dengeleyici özelliğe sahip damlatıcılar tıkanmaya karşı daha dayanıklı bulunmuşlardır.

Sulama suyundaki bikarbonat miktarı, asit ilavesi ile istenilen düzeye indirgenebilmektedir. Bu amaçla, 1 me/l bikarbonatı etkisiz hale getirmek için 1233.48 m³ suya %98'lik sülfirik asitten 61.16 kg veya 33.77 lt ilave edilmelidir (Traynor, 1980).

Sulama suyundaki 1.5-2 me/l'yi geçen HCO₃ miktarı, bitki yeşil aksamı ile sulama hatlarında beyaz kireçli bir çökelti oluşturabilir ve mikro-jet sulama sistemlerinde damlatıcıları tıkayabilir (Gregory, 2001).

Metcalf ve Eddy (2003), atık suların kalsiyum karbonat çökeltisi oluşturma potansiyellerini belirlemek amacıyla yaptıkları çalışmada sudaki kalsiyum karbonat konsantrasyonunun tahmini için LSI veya Ryzner indeksini kullanmışlardır.

Oron ve ark. (1979), çeşme suyu ile Netafim labirent damlatıcılarının benzer bir çalışma alanında damlatıcı tıkanmalarını ve bitki tepkilerini araştırmıştır. Damlatıcı tıkanması, bir sulama mevsimi sonunda akış oranlarının ölçülmesi ile belirlenmiştir. Çalışmada, laterallerin baş kısımlarında son kısımlardan daha fazla tıkanmış damlatıcı bulunduğunu ortaya çıkarmıştır. Bu durumun, sistemin genelinde hız ile ilişkili olarak basınçta meydana gelen farklılıklardan kaynaklandığı belirtilmiştir. Sonuçta, çıkan suyun damlatıcı tıkanmasına neden olacağı sonucuna varılmıştır.

Gilbert ve ark, (1982), Colorado nehir suyunda aldıkları 6 örnek ile birlikte 8 farklı damlatıcı kullanarak tıkanma konusunda damlatıcı ve atık su kalitesinin etkisini araştırmak için bir çalışma yürütmüşlerdir. Damlatıcı performansı, her deneme parseli için akış oranlarındaki azalma ile yakından ilişkili bulunmuştur. Buna ek olarak, bireysel damlatıcıların akış oranları dereceli bir silindir kullanılarak zaman zaman ölçülmüştür. Damlatıcılar, akış oranı başlangıç akış oranının %50'si kadar azaldığında başarısız olarak sınıflandırılmıştır. Tek başına elek filtre kullanmanın tıkanmayı gidermede %68 oranında başarısız olduğunu göstermiştir. Kum ve elek filtre kombinasyonunda ise bu başarısızlık oranını %23'e düşmüştür. Daha sonraki sülfirik asitli uygulamalarında ise başarısızlık oranını %8'e düşmüştür. Bu çalışmada, fiziksel etmenlerin (kum, sediment ve plastik parçacıklar) damlatıcı tıkanmasında %55 oranında etkili olduğu tespit edilmiştir. Kimyasal çökelti damlatıcılardaki tıkanma oranını %2 oranında etkilerken, Bakteriyel biyokütle %11 oranında etkilemiştir. Diğer fiziksel ve/veya kimyasal etmenlerle olan bir kombinasyon ise başarısızlığı %12 etkilemiştir. Hem su kalitesi hem de damlatıcı tasarımının uzun dönemde ve başarılı bir damla sulama için çok önemli olduğu sonucuna varılmıştır. Asılı haldeki katıları çıkarmak için kum ve elek filtre kombinasyonu, kimyasal çökeltiyi azaltmak için asit uygulaması ve sediment oluşumunu engellemek için de tazyikli yıkama yapılması önerilmiştir.

Smajstrla ve ark. (1983), Florida'da turuncgil bahçelerinde yaptığı bir çalışmada tıkanma yüzdeleri, 5 yıl süreyle aylık olarak ölçülmüştür. Spray-jet ile karşılaştırıldığında tıkanma yüzdeleri damla sulamada daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Spray-jet'lerden çoğunun böceklerle, damlatıcıların çoğunun ise demir tortuları nedeniyle tıkanmış olduğunu belirlenmiştir. Damlatıcıların, aşırı oranda kullanıldıkları yaz ayları ile karşılaştırıldıklarında, daha az oranda kullanıldıkları 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 (%2.5) olmuştur. Değerlendirilen iki tip elektromanyetik su uygulama biriminin, çalışma süresince damlatıcı tıkanma yüzdeleri üzerine herhangi bir etkisinin olmadığı belirlenmiştir.

Adin (1987), havuz atıkları, elek filtreleme ve damlatıcı tıkanması ile ilgili çalışmıştır. Katı parçacıkların çıkarılması, damla sulamada atık suların başarılı bir şekilde tekrar kullanımı için oldukça önemli bir işlemdir. Sonuçta, katı parçacık çıkarma randımanı filtre ortam büyüklüğü olarak yaklaşık 1.20 mm ve filtre havuz derinliğinde ise 0.45 m artmıştır. Katı parçacık çıkarma randımanı (özellikle küçük parçacıklar için) $2.2 \text{ L m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ 'lik artan filtreleme hızı nedeni ile azalmıştır. Elek filtreler ($80\mu\text{m}$ & $130\mu\text{m}$), filtrelerin yüzey kısmının tıkanması için yeterli olan sadece %1'lik parçacık çıkarma randımanında çok yetersiz bir biçimde çalıştırılmıştır. Filtre çamurlarının oluşumu esnasında filtreden akan su içine geçen büyük parçacıklar, çoğunlukla damla sulama hatları ve damlatıcılardaki tıkanma ihtimalini artırırlar. Damla sulama şirketleri, tıkanmayı azaltmak ve dağıtım üniformitesini sürdürmek için damlatıcı tasarımı ve diğer sistem parçalarında büyük değişiklikler yapmışlardır.

Adin ve Sacks (1991), oksidasyon havuzu atık sularını kullanarak tıkanma etmenleri ve sorunların üstesinden gelmede teknik ölçümler geliştirmek için damlatıcılardaki tıkanma mekanizmasının tanımlanmasını amaçlayan hem arazi hem de laboratuvar deneyleri yürütmüşlerdir. Her biri çoklu tekrarlamalı olacak şekilde üç tip damlatıcı test edilmiştir. Bunlardan ikisi basınçsız düzenleyicili uzun akış yollu labirent damlatıcılar; üçüncüsü ise otomatik kısa akış yollu labirent damlatıcıdır. Damlatıcı performansı laterallerin başlangıç, orta ve sonunda yer alan özel damlatıcıların akış oranlarına bağlı olarak oluşmuştur. Sonuç olarak; laterallerin sonundaki damlatıcıların, başlangıç ve ortada yer alanlara göre daha fazla tıkanma oranlarına sahip olduğu ve otomatik kısa akış yollu labirent damlatıcıların daha küçük tıkanma oranlarına sahipken, kontrolsüz uzun akış yollu labirent damlatıcıların daha yüksek tıkanma oranları sahip olduğu tespit edilmiştir. Atık sudaki tıkanmanın birincil olarak suda asılı halde bulunan katılardan kaynaklandığı, bunun yanında asılı haldeki katıların tıkanma işlemini başlatmadığı sonucuna varılmıştır. Filtre edilmiş atık suyu dağıtan damlatıcıların kademeli sediment birikimini ve zamanla oluşacak yersel tıkanmaya maruz kalmalarının aksine, filtre edilmemiş atık suları tahliye eden damlatıcıların, damlatıcıların içinden geçen daha büyük parçacıklar nedeniyle mevcut tıkanmaya karşı hassas olduğu belirlenmiştir. Damlatıcı yapısındaki değişiklikler ve oksitleyici ve pıhtı oluşturuvcu ön uygulamaların tıkanma eğilimini azalttığı öne sürülmüştür.

Ravina ve ark. (1992), farklı muamele, filtreleme ve uygulama koşulları altında göl suyu karışımını dağıtan farklı tip damlatıcıların performans değerlendirmesi amacıyla bir arazi çalışması yürütmüşlerdir. Atık su 40, 80 ve 120 mesh'lik otomatik tazyikli yıkama yapan elek filtre içinde üç farklı düzeyde filtre edilmiştir. Hem basınç düzenleyicili hem de düzenleyicisiz 12 farklı tip damlatıcı test edilmiştir. Damlatıcı performansı hem lateral tahliyelerinin sürekli ölçülmesiyle hem de bireysel damlatıcılardan çıkan tahliyenin kesikli

biçimde ölçülmesiyle belirlenmiştir. Tıkalı damlatıcılar her damlatıcı tipinde ve tüm filtreleme koşulları altında gözlemlenmiştir. Sonuç olarak; düzenli klorlama uygulamalarının damla sulama sistemlerinin uzun süreli ve güvenilir biçimde işletilmesini sağladığı, büyük tahliye oranlarına sahip damlatıcılarda tıkanmanın daha az olmasına rağmen, tıkanma hassasiyetinin damlatıcı tipiyle ilişkili olmadığı, damlatıcılarda yersel tıkanmanın, tam tıkanmadan daha yaygın olarak görüldüğü ve tıkanmanın ani olan bir olaydan çok kademeli olarak gelişen bir süreç olduğu tespit edilmiştir.

Capra ve Scicolone (2004), tarafından önceden herhangi bir işleme uğramamış 5 farklı kentsel atık suyu, 6 çeşit filtre (çakıl ortamı, disk ve elek) ve 4 tip damlatıcı (vorteks ve labirent) kullanılarak elde edilen deneysel sonuçlara göre, aynı debiye sahip damlatıcılardan vorteks damlatıcıların tıkanmaya karşı labirent damlatıcılardan daha hassas olduğu tespit edilmiştir. Yerel (lokal) olarak imal edilmiş disk filtreler damlatıcıları toplam ve yersel tıkanmaya karşı koruyamamaktadır. 1:1 oranında seyreltilmiş ve dinlendirilmiş atık su, damlatıcılar ve filtreler açısından en iyi performansı sağlamıştır.

Kimyasal uygulama çoğunlukla biyolojik salgı ve kimyasal çökeltme nedeniyle oluşan damlatıcı tıkanmasını önlemek için gereklidir (Pitts ve ark., 1990).

Karbonat çökeltme oranına bağlı olarak ihtiyaç duyulan asit enjeksiyonu, sulama döngüsü esnasında kesikli olarak yapılmalıdır. Ayrıca sistemi pH=4 düzeyinde sabitlemek için 30–60 dakika asit enjeksiyonuna gereksinim vardır (Anonim, 2010c). Burada 1–2 ppm serbest klorun kapalı boru sistemindeki sürekliliği sağlanmalıdır. Bunun için de genellikle 5–6 ppm’lik başlangıç konsantrasyonu gereklidir. Daha sorunlu sularda ise, pH= 5–7 arasının korunması için sürekli asit enjeksiyonu uygulanmalıdır (Anonim, 2010d).

Ravina ve ark., (1997) farklı filtreleme koşullarında kimyasal muamelelerin etkisini de ekleyerek, ikincil kanalizasyon atıkları ve yağmur suyunu içeren rezervuar suyunu kullanarak iki farklı tip damlatıcı performansını araştırmışlardır. Deneme planı Ravina ve ark., (1992)’de kullanılan ile benzerlik göstermiştir. Damlatıcı performansı bireysel damlatıcılardaki tahliye oranının elle ölçülmesinin yanı sıra her damla sulama lateralindeki basınç ve akış oranının otomatik olarak ölçülmesiyle belirlenmiştir. Sonuç olarak; temin edilen suyun klorlanması, damlatıcı tıkanmasının hafifletilmesi ve damla sulama laterallerinin yeteri düzeyde işletilmesi için gerekli olduğu, günlük olarak ve her üç günde bir yapılan klorlamanın benzer etkiye sahip olduğu, 10 günde bir yapılan klorlamanın ise daha etkili olduğu belirtilmiştir.

Stephen D.E. (1985), tıkanma sorunlarını önlemek için günlük 1–2 ppm konsantrasyonlu Cl eklemeyi ve oluşacak çökeltilerin ortadan kaldırılması için de 30 – 60 dk/gün de 10–20 ppm konsantrasyonlu Cl eklemeyi önermiştir. Eğer damlatıcı tıkanmaları daha ciddi boyutlarda ise, tazyikle yıkamadan önce 24 saatlik yüksek konsantrasyonlu (500 ppm) Cl enjekte edilmelidir (Schwankl ve Prichard., 1990).

Organik maddelerin tam olarak ortadan kaldırılması için çoğunlukla 12 saatlik veya daha fazla temas süresi gerekir. 10 ppm’lik klor enjektesi bazen baştan sona kadar 1 ppm’lik serbest klorun devamlılığı için gereklidir. Ayrıca klor sisteme eklendiğinde, eklenen miktarın yeterli olup olmadığını öğrenebilmek amacıyla, serbest haldeki artı kloru ölçen bir test cihazı kullanılmalıdır (Pitts ve ark., 1990).

Evans (2001), en azından 30 dakika 1 ppm'lik serbest bir klor kalıntısının laterallerin en son kısmında olmasını önermiştir. Netafim (2000b), 0.5 ppm'lik klor kalıntısı sağlayan sürekli bir klorlamayı veya 2–3 ppm'lik klor kalıntısı sağlayan kesikli bir klorlamayı önermiştir.

Nakayama ve Bucks (1981), yüksek sıcaklık ve pH değerinde yüksek demir içeriğinin kolayca çözünmüş biçimden çözünmemiş biçime dönüşebileceğini ve sonuç olarak damlatıcı tıkanmasına neden olabileceğini belirtmişlerdir.

Kreij ve ark. (2002), tarafından orta ve aşırı düzeyde damlatıcı tıkanmasına maruz kalmış seraların incelenmesi amacıyla yapılan denemede, gübre karışım tankındaki 0,11 ppm'lik metan konsantrasyonun kısa dönemde borulu damlatıcıları, uzun dönemde ise labirent tip damlatıcıları tıkadığını tespit etmiştir. Aynı araştırmada formik ve asetik asidin, çoğunlukla damlatıcı salgısından izole edilen bir fungus olan *Trichoderma*'nın büyümesini teşvik ettiği, ticari anti-tıkanma etmenlerinin (organik asit içeren) drenaj suyuna eklenen fungusu yok etmede yeterli olmadığı sonucuna varılmıştır.

Keller ve Bliesner (1990) mikro-organizmalardan oluşmuş, filtreler içinden geçen parçacık görünümlü cisimleri yakalayan bakteri biçimi olan glue (zamlık) tarafından üretilen salgının damlatıcıları kolaylıkla tıkalabileceğini rapor etmiştir.

Damlatıcı tıkanması, dikdörtgensel damlatıcılarda silisyumlu algler ve *Flagilaria*'nın büyümesine neden olan taban suyunun silisyumu ile ilişkilidir (Van der Burg, 1999).

Riberio ve ark., (2008) tarafından yüksek alg içeriğine sahip suyun kullanımı nedeniyle damlatıcıları açmak için nitrik asit ve sodyum hipoklorid kullanım etkinliğinin belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada tıkanma açısından pH ve demir orta, fosfor ise yüksek derecede riskli bulunmuştur. Ayrıca alg üremesine katkıda bulunan suyun, kabul edilebilir değerden 100 kat daha büyük olan (1 ppm) gölden sulama amaçlı alınan su olduğu belirlenmiştir. pH=5.0 değerinde % 65'lik nitrik asit ve % 12'lik sodyum hipoklorid uygulaması, tüm sektörlerde gelişme göstererek uygulamadan önce ve sonra değerlendirilen tüm kısımlarda su dağıtım üniformite indekslerine bağlı olarak etkili olmuştur. Su dağıtım üniformite indeksleri ve varyasyon katsayısı (CV) arasında iyi bir ilişki tespit edilmiştir.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

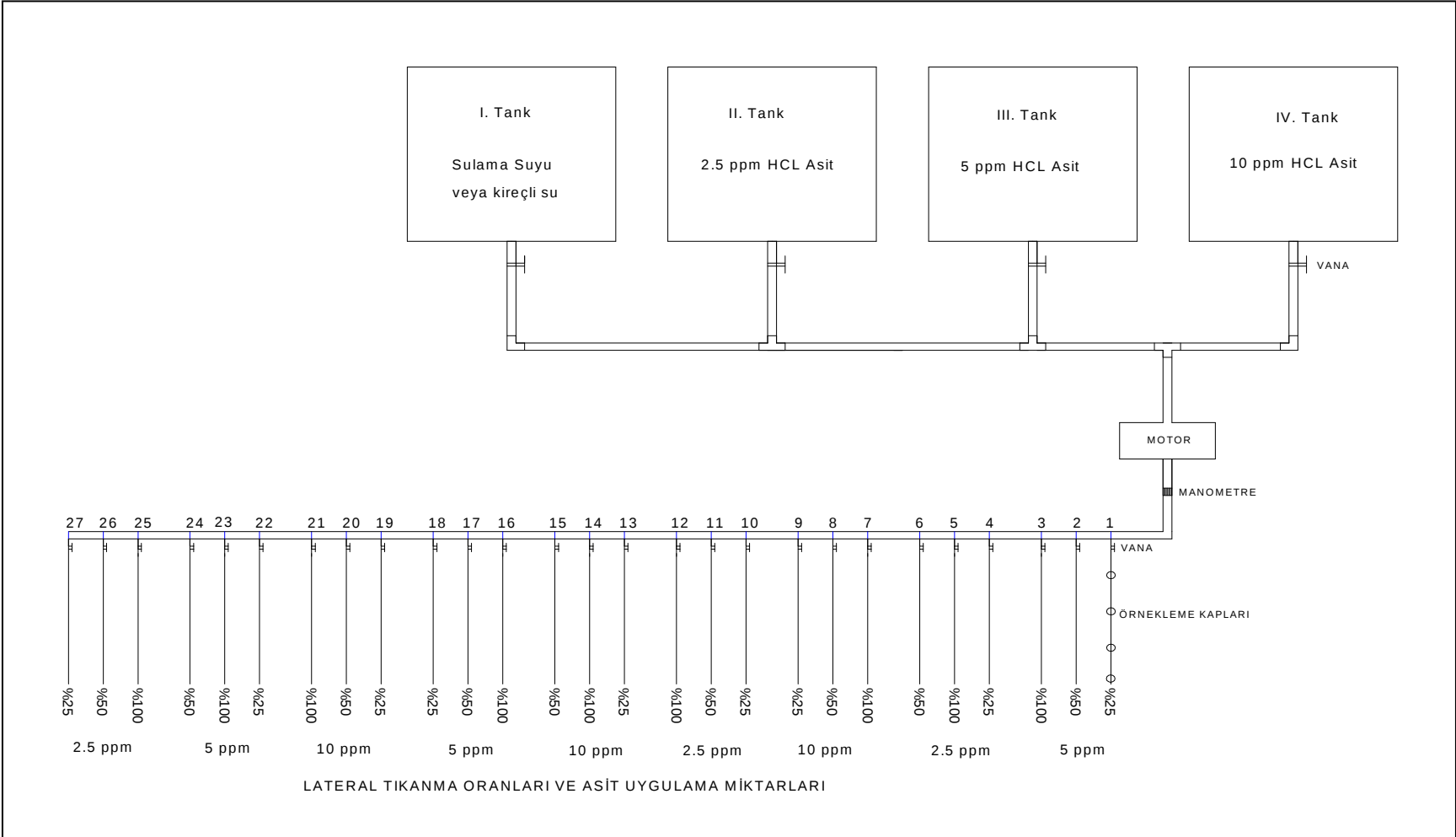
3.1.1. Denemenin Düzenlenmesi

Deneme, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Yerleşkesi Ziraat Fakültesi deneme alanında yürütülmüştür. Deneme alanı $37^{\circ} 36' N$, $36^{\circ} 55' E$ enlem ve boylamlarında olup, deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 600 m dir. Deneme alanı için düz ve düze yakın bir topoğrafya seçilmiştir (Şekil 2).



Şekil 2. Çalışma Alanı Genel Görünüşü

Çalışmada üç adet asit uygulaması, bir adet de sulama suyu uygulaması olmak üzere toplam dört adet $1 m^3$ hacimli plastik tank kullanılmıştır (Şekil 2 ve 3). Sulama sisteminde ise 40 ve 63 mm çaplı PE ana boru ile damlatıcı aralığı 20 cm, damlatıcı debisi 4 L/saat olan 16 mm çaplı içten geçik (in-line) damlatıcıya sahip lateraller kullanılmıştır. Ancak yapılan arazi denemelerinde damlatıcı debisinin 3 L/saat olduğu belirlenmiş, bundan sonraki işlemler de bu değere göre gerçekleştirilmiştir. Her bir lateralde 50 adet damlatıcı olacak şekilde lateral uzunlukları 10 m alınmıştır. Sisteme gerekli basıncı sağlamak için 1.5 kW gücünde elektrik motoru, basınç değerini belirlemek için ise pompadan sonra 0-6 barlık manometre eklenmiştir. Damlatıcı içerisindeki akış yolu boyunca kimyasal madde birikimini engellemek için, işletme basıncını zorunlu kalmadıkça 1 atm'den az seçmemek gerekir (Güngör ve ark., 2004). Bu nedenle sistem 1.5 atm basınç altında çalıştırılmıştır.



Şekil 3. Kurulan Deney Düzenekinin Tertip Biçimi

Denemede kullanılan sulama suyu Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Avşar Yerleşkesinden temin edilmiştir. Alınan sulama suyu örneği Tüzüner (1990)'da verilen yöntemler kullanılarak analiz edilmiş ve analiz sonuçları Çizelge 5'de verilmiştir. Yapılan analizler sonucunda çalışmada kullanılan sulama suyu sınıfının C₂S₁, iyi nitelikli sulama suyu olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 5. Sulama Suyu Analiz Sonuçları

Suyun Sınıfı	EC (µS/m)	pH	SAR (me/l)	Kasyonlar (ppm)			Anyonlar (ppm)			
				Ca ⁺² +Mg ⁺²	Na ⁺	K ⁺	CO ₃ ⁻²	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻
C ₂ S ₁	410	7,26	0,01	121,6	0,46	2,17	-	122	13,92	56,8

3.1.2. Kullanılan Asidin Genel Özellikleri

Çalışmada Hidroklorik (HCl) asit kullanılmıştır. HCl güçlü bir asit olup molekül yapısı bir klor atomu ile bir hidrojen atomundan meydana gelir. Karbonatlar, hidroklorik asitle şiddetli bir tepkime gerçekleştirirler ve karbondioksit açığa çıkar (Anonim, 2010a). Denemede kullanılan HCl asit %37'lik olup yoğunluğu 1.19 g/cm³'tür.

HCl asit uygulaması ile damla sulama sistemlerinde aşağıdaki tepkimeler oluşmaktadır. Sisteme verilen HCl ile ortamdaki kireç (CaCO₃) tepkimeye girerek, aşağıda reaksiyonda görüldüğü gibi tuz, su ve karbondioksit oluşur.



HCl ile oluşan reaksiyonda kireç çözülerek ortamdan uzaklaştırılması sağlanır. Ancak tuz oluşum aşamasında sulama suyundan gelen sodyum, magnezyum vb. iyonlardan dolayı hangi tuzun oluşacağı tam olarak kestirilememektedir. Bu durum lateral gruplarında uygulanan yüksek asit konsantrasyonuna bağlı olarak açılma yüzdelerinde farklılıklara neden olabilir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme Konuları

Çalışma, ana konu olarak %25, %50 ve %100 tıkanma oranları, alt konu olarak 2.5, 5.0 ve 10 ppm HCL asit uygulaması olacak şekilde planlanmıştır ve tesadüf parselleri deneme desenine göre üç tekerrürlü olacak biçimde yürütülmüştür. Bunlara ek olarak, tıkanmış damlatıcıların tamamen açılması amacıyla yüksek konsantrasyonlardaki 500 ve 1000 ppm'lik asit çözeltileri kullanılmıştır.

3.2.2. Sistemin Kireç ile Tıkanması

Çalışmanın başlangıcında sulama suyu doğrudan damlatıcılara verilerek tıkanma sağlanmaya çalışılmıştır. Bu amaçla, damlatıcılar üstte olacak şekilde laterallere su verilmiştir. Lateraller içindeki su buharlaşınca kadar (yaklaşık 2 saat) beklenmiştir. Bu işlemler gün boyunca tekrarlanmıştır. Günlük debi ölçümleri yapılarak tıkanmalar belirlenmeye çalışılmıştır. Çalışmalara bir ay boyunca devam edilmiştir. Sonuçta

laterallerde kesikli su verme yöntemiyle istenilen seviyede tıkanma sağlanamadığı için aşağıda açıklanan LSI kullanılmıştır. Bu indekse göre sulama suyuna belirli oranlarda kireç eklenerek oluşturulan kireçli su damlatıcılara verilmiştir.

LSI bir su içinde kalsiyum karbonat çökeltisinin oluşup oluşmayacağını belirleyen bir indekstir (Anonim, 2010k). Analiz sonucu bulunan değerlere göre çizelgeden elde edilen faktörler yardımıyla LSI değeri belirlenmiştir (Çizelge 6).

$$LSI = pH + AF + CF + TF - 12.1$$

Eşitlikte;

pH = Sulama suyu asidik-bazik değeri (pH metre ile ölçülür.)

AF = Alkalilik faktörü (Na iyonu konsantrasyonuna göre belirlenmiştir.)

CF = Kalsiyum Sertlik faktörü (Ca iyonu konsantrasyonuna göre belirlenmiştir.)

TF = Sıcaklık faktörü (Ölçülen sulama suyu sıcaklıklarına göre belirlenmiştir.)

Çizelge 6. Ölçülen Sıcaklık ve Hesaplanan Alkalilik ve Kalsiyum Sertlik Değerine Bağlı Olarak Hesaplamada Esas Alınan Farklı LSI Faktörü Değerleri (Anonim, 2010k).

Sıcaklık (°C)	Faktör	Alkalilik (ppm)	Faktör	Kalsiyum Sertlik Değeri (ppm)	Faktör
0	0.0	5	0.7	5	0.3
3	0.1	25	1.4	25	1.0
8	0.2	50	1.7	50	1.3
12	0.3	75	1.9	75	1.5
16	0.4	100	2.0	100	1.6
19	0.5	150	2.2	150	1.8
24	0.6	200	2.3	200	1.9
29	0.7	300	2.5	300	2.1
34	0.8	400	2.6	400	2.2
41	0.9	800	2.9	800	2.5

LSI değerlendirmesi ;

- LSI>+ 2,0 ise şiddetli kabuk oluşur.
- +0,5<LSI<+ 2.0 ise kabuk oluşur.
- LSI=0 ise su denge halindedir.
- -2.0<LSI<-0,5 ise su hafif korozif özelliktedir.
- LSI<- 2,0 ise su şiddetli koroziftir.

Çalışmada LSI indeksine göre belirlenen kireçli su karışımı istenilen tıkanma oranları (%25, %50 ve %100) elde edilinceye kadar lateral gruplarına uygulanmıştır. Tanktaki suyun tamamen bitmesi yaklaşık 8 saat, bekleme süresi ise 12 saat sürmüştür. Her uygulama sonunda sisteme temiz su verilerek tıkanan damlatıcılar belirlenmiş ve istenilen tıkanma oranı elde edildiği anda o laterale ait mini vana kapatılmıştır. Kalan laterallerde ise istenilen oran elde edilinceye kadar aynı biçimde kireç ve su uygulanmasına devam edilmiştir.

Tıkanma oranlarının belirlenmesinde Smajsttrla ve ark. (1983) tarafından yapılan çalışmaya benzer şekilde toplam damlatıcı sayısındaki tıkanan damlatıcıların kontrol edilmesi yöntemi kullanılmıştır. Bunun için her lateral, sahip olduğu 50 adet damlatıcı üzerinden değerlendirilmiştir.

3.2.3. Eş Su Dağılım Etkenleri ve Sulama Yeknesaklığının Değerlendirilmesi

Sistemde suyun araziye yeknesak olarak dağılıp dağılmadığının tespit edilmesi amacıyla mevcut damlatıcılarda Yapım Farklılığı Katsayısı (C_v), İstatistiksel Yeknesaklık (U_s), Damlama Türdeşliği (EU) ve Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (C_u) değerleri belirlenmiştir. Bu değerler aşağıdaki denklemler yardımıyla belirlenmiştir.

3.2.3.1. Yapım Farklılığı Katsayısı (C_v)

Yapım farklılığı katsayısı (coefficient of manufacturing variation) damlatıcıların herhangi bir yerde kullanılmadan önce aynı büyüklük ve tipte olan damlatıcılarda oluşan debi değişikliğinin bir ifadesidir ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunmuştur (ASAE, 2002).

Burada,

$$C_v = \frac{S}{\bar{X}}$$

$\bar{X}$ = Damlatıcıların ortalama debisi (L/saat)

S = Damlatıcı debilerindeki standart sapma.

$$S = \left[\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1} \right]^{1/2}$$

Burada,

x_i = Bir damlatıcı debisi (L/saat)

n = Damlatıcı sayısı

3.2.3.2. İstatistiksel Yeknesaklık (U_s)

İstatistiksel yeknesaklık kavramı, ilk olarak Wilkon ve Sulares tarafından yağmurlama sulama sistemlerinin değerlendirilmesi amacıyla tanımlanmış ve bu yaklaşım daha sonra damla sulama sistemlerinin değerlendirilmesinde de kullanılmıştır (Bralts ve Edwards, 1986). Bu yaklaşımın kullanılması ile damlatıcı debi yeknesaklığı üzerine etkili olan hidrolik değişim ve damlatıcı performansının değişimi ayrı ayrı değerlendirilebilmekte ve değişime ilişkin güven sınırları belirlenebilmektedir (Bralts, Edwards ve Kesner, 1985).

İstatistiksel türdeşlik Bralts ve Kesner (1983) tarafından aşağıdaki gibi belirlenmiştir.

$$U_s = 100(1 - V_q) = 100\left(1 - \frac{Sq}{\bar{q}}\right)$$

Burada;

U_s = İstatiksel yeknesaklık (%)

V_q = Damlatıcı debilerindeki toplam değişim

S = Damlatıcı debilerinin standart sapması

$\bar{q}$ = Ortalama damlatıcı debisi (L/h)

3.2.3.3. Damlama Türdeşliği (EU)

Damlama türdeşliği (emission uniformity), sabit basınç altında damlatıcılar arasındaki debi değişiminin ifadesinde kullanılmaktadır (Bozkurt, 1996). Mevcut bir sistem için tarla ölçümlerinden elde edilen verilerden yararlanarak bulunabilmektedir (Keller ve Karmeli, 1975).

Tarla testine dayalı damlama türdeşliği (EU), tarla verilerinden elde edilen en düşük debili damlatıcıların 1/4'ünün ortalamasının, tüm damlatıcı debilerinin ortalamasına oranı olarak ifade edilir ve aşağıdaki eşitlik yardımıyla bulunmuştur (Keller ve Karmeli, 1975).

$$EU = 100\left(\frac{q_n}{q_a}\right)$$

Burada,

EU = Tarla testine dayalı damlama türdeşliği (%)

q_n = Damlatıcılardan en düşük debili 1/4'ünün ortalaması (L/h)

q_a = Tüm damlatıcı debilerinin ortalaması (L/h)

3.2.3.4. Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (Cu)

Yıldırım ve Korukçu (1996), lateral ve manifold boru hatlarında, yalnızca boru hattının uç noktaları arasındaki basınç yükleri arasındaki farklılığı dikkate alma yerine, boru hattı boyunca tüm damlatıcı ya da lateral giriş debileri arasındaki değişimi dikkate almak ve eş su dağılımı bakımından, bu değişim düzeyini kabul edilebilir sınırlar içerisinde kalacak biçimde proje yapılmasının uygun olacağını ve bu amaçla da yaygın olarak, Christiansen eşdağılım katsayısından (Christiansen uniformity coefficient) yararlanıldığını belirtmişlerdir. Bu katsayı aşağıdaki eşitlik yardımı ile hesaplanmıştır.

$$Cu = 100\left(1 - \frac{\Delta q_0}{q_0}\right)$$

Burada,

Cu = Chiristiansen eşdağılım katsayısı (%)

Δq_0 = Her bir damlatıcı ya da lateral giriş debisinin ortalamadan olan mutlak sapmaların ortalaması

q_0 = Ortalama damlatıcı ya da lateral giriş debisi

3.2.4. Tıkanmış Damlatıcılara Hidroklorik Asit (HCl) Uygulaması

İstenilen tıkanma oranları (%25, %50 ve %100) sağlanmış damlatıcılara farklı tanklarda hazırlanmış 2.5, 5 ve 10 ppm HCl asit çözeltileri uygulanmıştır. Her bir asit uygulaması 3 farklı tıkanma oranı ve 3 tekrerrür olmak üzere 9 lateralden oluşmuştur. Mevcut tıkalı damlatıcıların açılması amacıyla asit uygulama oranlarına 500 ve 1000 ppm değerleri de ilave edilmiştir.

Uygulama, asidin tank içerisinde tam olarak karıştırıldıktan sonra sisteme verilmesiyle başlamıştır. Tüm laterallerin sonundan su çıkışı olduğu anda asitli su karışımı kesilmiş ve yarım saat beklenilerek asit-kireç tepkimesinin oluşması sağlanmıştır. Bu durum tanktaki asit-sulama suyu karışımı bitene kadar kesikli klorlama şeklinde devam etmiştir. Aynı zamanda uygulama devam ederken örnekleme kapları ile tank ve 9'lu lateral gruplarından toplamda 10 adet su örneği alınmış ve anyon-kasyon analizleri yapılmıştır. Su örnekleri her uygulamada uygulamanın ilk 30. dakikasında olmak üzere 2 metrede bir damlatıcılara denk gelen noktalardan alınmıştır. Alınan örnekler karıştırılarak her lateral için tek bir karışım elde edilmiştir. Asit verilmesini müteakip ilk yarım saat sonra temiz suyun bulunduğu tank ile sisteme tekrar pompa ile su verilmiş ve damlatıcılar tek tek kontrol edilerek herhangi bir açılmanın olup olmadığına bakılmıştır. Her bir asit uygulaması 3 tekrerrürlü olarak yapılmıştır.

3.2.5. Lateral Hattı Boyunca Oluşan Debi Değişimleri

Sistemin LSI ile tıkanmasından sonra 27 adet lateral içinden tüm tıkanma oranları ve asit uygulama miktarlarını kapsayacak şekilde 9 lateralde debi ölçümleri yapılmıştır. Daha sonra bu ölçüm değerlerinin ortalaması alınarak tek bir değer elde edilmiş ve böylece 10 m'lik lateral hattı boyunca tıkanmanın hangi aralıklarda daha fazla olabileceği gözlenmeye çalışılmıştır.

3.2.6. Laboratuvar Analizleri

Farklı asit uygulamaları sonucunda toplanan su örneklerinde EC, su sıcaklığı ve pH ölçümleri ile Tüzüner (1990)'da belirtilen yöntemlere göre anyon (CO_3^{2-} , HCO_3^- , Cl^- ve SO_4^{2-}) ve kasyon (Ca^{++} , Mg^{++} , Na^+ ve K^+) analizleri yapılmıştır. Ayrıca verilen asit miktarının tanktaki ve damlatıcılardaki değişim oranlarına bu konuda daha önceden hazırlanmış standart çizelgelerden bakılarak bitki veya toprakta Cl zararı ortaya çıkarıp çıkarmayacağı belirlenmeye çalışılmıştır.

3.2.6.1. Kalsiyum + Magnezyum (Ca+Mg) Analizi

Süzülmüş su örneğinden 10 ml alınıp bir beher içine konulmuş ve saf su eklenerek toplam hacim 25 ml'ye tamamlanmıştır. Beher içerisindeki örnekler üzerine bir miktar (10 damla) tampon çözelti ($\text{NH}_4\text{Cl}+\text{NH}_4\text{OH}$) damlatıldıktan sonra 2-3 damla eriocromblack indikatörü konulmuş, oluşan pembe rengin maviye dönüşmesine kadar dijital büret yardımı ile örnek Versanat çözeltisi ile titre edilerek harcanan çözelti miktarı not edilmiştir. Ca+Mg miktarı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\text{Ca+Mg} = \frac{(\text{S} - \text{Şahit}) * \text{N} * 1000}{\text{V}}$$

Eşitlikte;

S = Ca+Mg saptanması için harcanan versanat çözeltisi (ml)

N = Versanat çözeltisinin normalitesi

V = Ca+Mg saptanması için alınan örnek hacmi (ml)

3.2.6.2. Magnezyum (Mg^{+2}) Analizi

Yapılan Ca+Mg ve Ca analizleri sonucu Mg miktarı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\text{Mg} = (\text{Ca+Mg}) - (\text{Ca})$$

3.2.6.3. Karbonat (CO_3^-) Analizi

Süzülmüş su örneğinden 10 ml alınıp bir beher içine konulmuş ve örnek üzerine 2 damla fenolfitaleyn damlatılmıştır. Mevcut beyaz renk pembeye dönüşüyorsa CO_3 miktarı sıfır alınmıştır. Renk pembeye dönüşüyorsa, pembe rengin tekrar beyaza dönüşmesine kadar örnek H_2SO_4 ile titre edilerek harcanan miktarı not edilmiştir. Şahidin belirlenmesi için de saf sudan yine 10 ml örnek alınmış ve aynı işlemlere tabi tutulmuştur. CO_3^- miktarı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\text{CO}_3 = \frac{(2y - \text{Şahit}) * \text{N} * 1000}{\text{V}}$$

Eşitlikte;

y = CO_3 saptanması için harcanan H_2SO_4 çözeltisi (ml)

N = H_2SO_4 çözeltisinin normalitesi

V = CO_3 saptanması için alınan örnek hacmi (ml)

3.2.6.4. Bi-Karbonat (HCO_3^-) Analizi

CO_3^- analizi yapılan örnekler HCO_3^- analizinde de kullanılmıştır. Örnek üzerine 2 damla metil oranj damlatılmış ve oluşan rengin sarıdan portakal kırmızısına dönüşmesine kadar örnek üzerine H_2SO_4 titre edilerek harcanan miktarı not edilmiştir. HCO_3 miktarı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$\text{HCO}_3 = \frac{(\text{Z} - 2y) * \text{N} * 1000}{\text{V}}$$

Eşitlikte;

Z = HCO_3 saptanması için harcanan H_2SO_4 çözeltisi (ml)

y = CO_3 saptanması için harcanan H_2SO_4 çözeltisi (ml)

N = H_2SO_4 çözeltisinin normalitesi

V = HCO_3 saptanması için alınan örnek hacmi (ml)

3.2.6.5. Klor (Cl⁻) Analizi

CO₃⁼, HCO₃⁻ analizi yapılan örnekler Cl⁻ analizinde de kullanılmıştır. Örnek üzerine birkaç damla Potasyum Kromat (K₂CrO₄) çözeltisi damlatılmıştır. Oluşan rengin açık sarıdan kiremit rengine dönüşmesine kadar örnek Gümüş Nitrat (AgNO₃) çözeltisi ile titre edilerek harcanan miktarı not edilmiştir. Cl⁻ miktarı aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır.

$$Cl^- = \frac{(S - \text{Şahit}) * N * 1000}{V}$$

Eşitlikte;

S = Cl⁻ saptanması için harcanan AgNO₃ çözeltisi (ml)

N = AgNO₃ çözeltisinin normalitesi

V = AgNO₃ saptanması için alınan örnek hacmi (ml)

3.2.6.6. Na, K, Ca Analizi

Filtre kağıdından süzölmüş su örneğinden 25 ml alınarak flame fotometre aletinin su çekme kısmına verilmiş ve sonuçlar ppm olarak elde edilmiştir.

3.2.7. Verilerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

Farklı tıkanma oranlarına bağlı olarak elde edilen açılma yüzdesi değerleri SPSS 15.0 paket programında Tesadüf Parselleri Deneme Planı kullanılarak yapılan analiz sonucunda, asit miktarlarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 15’de verilmiştir. Muameleler rastgele olacak şekilde seçilmiştir.

3.2.8. Asit Uygulama Miktarı-Damlatıcı Açılma Yüzdesi İlişkisi

Farklı miktarlarda tıkanmaya maruz bırakılmış damlatıcılara değişik oranlarda verilmiş asit uygulama miktarları ile damlatıcı açılma yüzdesi değerleri arasında doğrusal bir ilişkinin olup olmadığı belirlenmeye çalışılmıştır.

3.2.9. Asit Uygulama Miktarı-EC-pH-TDS-SAR İlişkisi

Farklı oranlarda tıkalı damlatıcılara uygulanan asit miktarları ile EC, pH, TDS ve SAR değerleri arasındaki doğrusal ilişki tespit edilmeye çalışılmıştır. Bu amaçla analiz sonucu elde edilen değerler alt ve üst sınır değerleri ile karşılaştırılmış ve zarar oluşturup oluşturmadığına bakılmıştır. Böylece uygulanan asit sonucu damlatıcılardan çıkan suların zamanla bitki ve ortama yapacağı etki belirlenmeye çalışılmıştır.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Sistemin Kireç ile Tıkanması

Laboratuvar analizleri sonucu yüksek oranda çökelti oluşturma özelliğine sahip LSI ölçütünü elde etmek için farklı oranlarda sulama suyu-CO₃-NaOH karışımı kullanılmıştır (Çizelge 7). Buradaki NaOH, CO₃ çözünme miktarının arttırılması amacıyla ilave edilmiştir. Çizelge 7’de görüldüğü gibi denemede kullanmak için hazırlanan sulama suyuna ait LSI değeri -2.65 çıkmıştır. Farklı sulama suyu-CO₃-NaOH karışımları kullanılarak farklı LSI değerleri elde edilmiştir. Sistemin yavaş yavaş tıkanması arzu edildiği için Çizelge 6’dan da yararlanılarak LSI>+2 koşulunu sağlayan en yakın değer (2.48) kullanılmıştır. Daha büyük değerler sistemin hızlı bir şekilde tıkanmasını sağlayacağı düşünülerek tercih edilmemiştir.

Çizelge 7. Uygun Tıkanmayı Sağlayacak LSI Ölçütünün Tespiti İçin Farklı Oranlara Sahip Karışımların Laboratuvar Ortamında Belirlenmesi

Sıra No	Su (ml)	Kireç (gr)	NaOH (gr)	pH	EC (dS/m)	T (°C)	TF	Ca		Na		LSI	LSI Ölçütleri
								Ca (ppm)	CF	Na (ppm)	AF		
Sulama Suyu	-	-	-	7.60	0.411	26.5	0.650	16.6	0.706	3.5	0.490	-2.65	şiddetli korozif
1	500	10.00	1.00	11.69	12.860	28.3	0.686	104	1.616	42	1.604	3.50	çok şiddetli kabuk oluşur
2	500	7.50	1.00	11.98	13.550	27.1	0.662	211	1.922	177	2.254	4.72	çok şiddetli kabuk oluşur
3	500	5.00	1.00	11.89	12.700	27.4	0.668	239	1.978	172	2.244	4.68	çok şiddetli kabuk oluşur
4	1000	2.00	0.70	11.89	8.630	26.9	0.658	305.8	2.106	502	2.677	5.23	çok şiddetli kabuk oluşur
5	1000	0.50	0.58	11.53	3.840	28.1	0.682	49	1.288	435	2.626	4.03	çok şiddetli kabuk oluşur
6	1000	0.30	0.20	11.00	1.039	27.3	0.666	15.2	0.657	178.6	2.257	2.48	çok şiddetli kabuk oluşur

LSI’ne göre damlatıcılarda tıkanmanın sağlanması amacıyla uygulanan sulama suyu-CO₃-NaOH tarih ve miktarları Çizelge 8’de verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi tarla koşullarında yapılan çalışmada istenen oranlarda tıkanmaların elde edilmesi amacıyla toplam 12 uygulama yapılmıştır. Tıkanma oranı elde edildiğinde mevcut lateral kapatılmış, diğer laterallere ise karışım verilmeye devam edilmiştir. Uygulamalarda başlangıçta bir ton su için 300 gr kireç miktarı kullanılırken daha sonraki uygulamalarda %100 tıkanma koşullarının daha hızlı bir şekilde elde edilmesi amacıyla kullanılan kireç miktarı arttırılmıştır.

Çizelge 8. Tıkanmanın Sağlanması Amacıyla Farklı Tarihlerle Ait Sulama Suyu-CO₃-NaOH Uygulamaları

Sıra no	Tarih	Lateral no	Uygulanan su miktarı (ton)	Uygulanan kireç miktarı (gr)	Uygulanan NaOH miktarı (gr)
1	23.07.2009	1,2,3,4,5,6,7,8,9	1	300	200
2	27.07.2009	10,11,12,13,14,15,16,17,18	1	300	200
3	30.07.2009	19,20,21,22,23,24,25,26,27	1	300	200
4	06.08.2009	1,2,9,10,11,13,15,16,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27	1	300	200
5	10.08.2009	1,9,10,11,13,15,16,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27	1	300	200
6	11.08.2009	1,9,10,11,13,15,16,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27	1	500	200
7	14.08.2009	1,9,18,19,20,21,22,23,24,25,26,27	1	500	200
8	20.08.2009	1,18,19,20,21,22,23,24,25,26	1	500	200
9	25.08.2009	18,19,20,21,22,23,24,25,26	1	1000	200
11	01.09.2009	18,19,20,22,23,24,25,26	1	1000	200
12	07.09.2009	18,19,20,22,23,24,25,26	1	1000	200

4.2. Eş Su Dağılım Etkenleri ve Sulama Yeknesaklığının Değerlendirilmesi

Debi ölçümleri sonucunda belirlenen değerler Çizelge 9’da verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi yapım farklılığı katsayısı 0.05 değerinden küçük olduğu için ASAE (2002)’de tanımlanan sınırlara göre mükemmel olarak sınıflandırılmıştır. İstatistiksel yeknesaklık değeri %90’dan daha büyük olduğu için Bralts ve ark. (1985)’e göre mükemmel olarak sınıflandırılmıştır. Damlama türdeşliği, Bralts (1986)’da anlatılan ölçütlere göre %94 değerinden daha büyük olduğu için mükemmel olarak sınıflandırılmıştır. Son olarak Christiansen Yeknesaklık Katsayısında ise ölçülen değer Wu ve Gitlin (1973a,b, 1974a,b) ile Korukçu ve Yıldırım (1984)’de belirtilen ölçütlere göre uygun olarak görülmüştür.

Çizelge 9. Eş Su Dağılım Etkenleri ve Sulama Yeknesaklığı Değerlendirme Ölçütleri

Belirlenen Ölçüt Adı	Değeri
Yapım Farklılığı Katsayısı (C _v)	0,048
İstatistiksel Yeknesaklık(U _s) (%)	95,2
Damlama Türdeşliği (EU) (%)	95,0
Christiansen Yeknesaklık Katsayısı (Cu)	96,3

4.3. Tıkanmış Damlatıcılara HCL Asit Muamelesi

Tıkalı damlatıcıların açılması amacıyla farklı tarihlerde uygulanan HCl asit uygulaması Çizelge 10'da verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi toplam 9 uygulama yapılmıştır. Bu uygulamalar yaklaşık 2 ay (11.09.2009-20.10.2009) sürmüştür. Uygulamalarda 1 ton sulama suyuna farklı tanklarda 2.5, 5.0 ve 10.0, 500 ve 1000 ppm HCl asit çözeltisi olacak şekilde karıştırılarak uygulanmıştır.

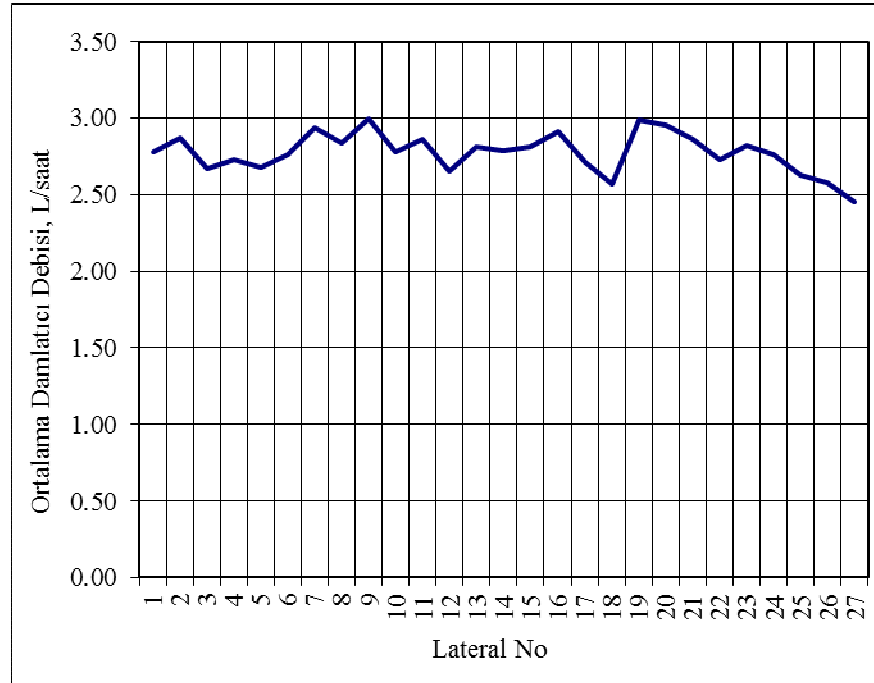
Çalışmada Anonim, 2010h'da önerildiği gibi kesikli klorlama yöntemi kullanılmıştır. Uygulama, sistemin asitli su ile tamamen doldurulup 30 dakika (1/2 saat) beklenilmesi ve tekrar asitli su uygulanması şeklinde yürütülmüştür.

Çizelge 10. Tıkanıklığın Açılması Amacıyla Farklı Tarihlerde Lateral Gruplarına Uygulanan Asit Karışımları

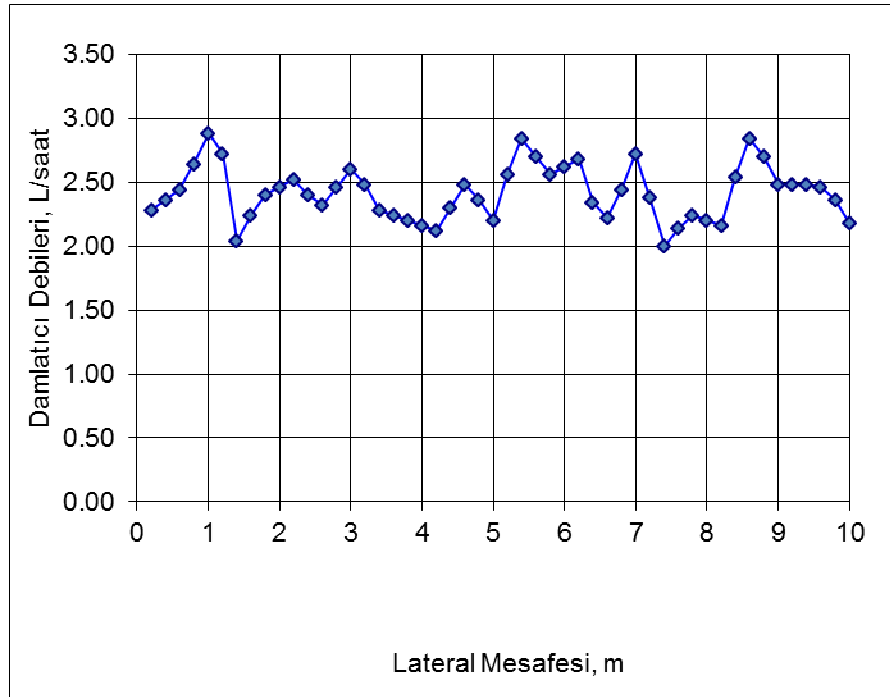
Sıra No	Tarih	Lateral No	Uygulanan su Miktarı (ton)	Uygulanan HCl Asit Miktarı (ppm)	Su Uygulama Şekli
1	11.09.2009	26,27,22,11,1,23,4,2,3	1	2,5	asit + 30 dakika bekle
2	14.09.2009	26,27,22,11,1,23,4,2,3	1	2,5	asit + 30 dakika bekle
3	17.09.2009	26,27,22,11,1,23,4,2,3	1	2.5	asit + 30 dakika bekle
4	30.09.2009	13,12,24,14,6,21,5,10,9	1	5	asit + 30 dakika bekle
5	03.10.2009	13,12,24,14,6,21,5,10,9	1	5	asit + 30 dakika bekle
6	06.10.2009	13,12,24,14,6,21,5,10,9	1	5	asit + 30 dakika bekle
7	14.10.2009	25,19,16,20,18,7,8,17,15	1	10	asit + 30 dakika bekle
8	17.10.2009	25,19,16,20,18,7,8,17,15	1	10	asit + 30 dakika bekle
9	20.10.2009	25,19,16,20,18,7,8,17,15	1	10	asit + 30 dakika bekle
10	25.11.2009	6,7,8,9,10,11,18,19,20	1	500	asit + 30 dakika bekle
11	28.10.2009	3,4,5,13,15,16,23,24,25	1	1000	asit + 30 dakika bekle

4.4. Lateral Hattı Boyunca Oluşan Debi Değişimleri

Sistemde tüm lateral hatlarında görülen debi değişim değerlerinin ortalaması Şekil 4'de verilmiştir. Bu amaçla her lateral hattı için ortalama bir debi değeri belirlenmiştir. Şekil 4 incelendiğinde, debideki değişimlerin motora yakın olan bölgelerde daha az, uzak bölgelerde ise daha fazla olduğu görülmüştür. En küçük debi değeri en son lateral olan 27 nolu lateralde ölçülmüştür. Tek bir lateral hattı boyunca ölçülen debi değerlerindeki değişimler ise Şekil 5'de verilmiştir. Şekil 5'de görüldüğü gibi, damlatıcı debileri 2 L/saat ve 2.88 L/saat arasında değişmiştir.



Şekil 4. Tüm Sistemin Lateral Hatlarında Görülen Debi Değerlerinin Ortalaması



Şekil 5. Tek Bir Lateral Hattı Boyunca Mesafeye Bağlı Olarak Debiye Görülen Değişimler

4.5. Laboratuvar Analizleri

Çalışma esnasında alınan su örneklerinde anyon-kasyon analizleri, EC, su sıcaklığı ve pH ölçümleri yapılmış olup elde edilen değerler Çizelge 11’de verilmiştir.

Çizelge 11. Asit Uygulamaları Sonucunda Alınan Su Örneklerine Ait Ortalama Değerler (ppm)

Asit Uygulama Miktarı	Kasyonlar				Anyonlar				TDS
	Ca	Mg	K	Na	CO ₃ ⁼	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼	
2.5	25.98	59.79	1.19	2.47	0.00	11.07	4.90	292.80	398.20
5	20.18	57.84	1.05	2.50	0.00	18.37	3.45	267.18	370.58
10	22.87	51.34	0.98	2.45	0.33	14.73	4.90	247.83	345.43
500	51.34	50.74	1.00	2.80	0.00	37,76	55.86	227.86	427.27
1000	60.40	57.36	1.70	2.96	0.00	48.19	94.25	217.30	482.18

Çizelgede görüldüğü gibi 1000 ppm dışındaki analiz edilen tüm su örnekleri Cl değerleri açısından Çizelge 12’de verilen su kalite sınıfı değerlerine göre çok iyi olarak (<17.75) sınıflandırılmaktadır. Ancak 1000 ppm’lik uygulama sonucunda elde edilen Cl değeri kötü sınıfa girmektedir. Bunun yanında toplam çözünmüş tuzlar (TDS) değerlerine bakıldığında ise analiz sonuçları 175-525 arasında elde edilmiş olup benzer şekilde Çizelge 13’e göre iyi olarak sınıflandırılmaktadır. Çizelge 13’de elde edilen Cl miktarının toprakta oluşturacağı toksite etkisi açısından bakıldığında 500 ve 1000 ppm’lik çözeltilerin ortamda zarar oluşturma eğiliminde olduğu, ancak 2.5, 5 ve 10 ppm’lik çözeltilerin ise zararsız olduğu görülmektedir (Çizelge 14).

Çizelge 12. Sulama Suyunun Önemli Kalite Özellikleri

Su Kalite Sınıfı	EC (dS/m)	Toplam Çözünmemiş Tuz (TDS) (ppm)	%Na Top. Çöz.Tuz	Bor (ppm)	Cl (ppm)
Çok iyi	<0.25	<175	<20	<0.33	<17.75
İyi	0.25 - 0.75	175 - 525	20 - 40	0.33 - 0.67	17.75 - 44.38
Orta	0.75 - 2.0	525 - 1400	40 - 60	0.67 - 1.00	44.38 - 88.75
Kötü	2.0 - 3.0	1400 - 2100	60 - 80	1.00 - 1.25	88.75 - 177.50
Çok kötü	>3.0	>2100	>80	>1.25	>177.50

Çizelge 13. Toprakta Cl Toksitesi İndeksi (Çolakoğlu, 2010)

me/l	ppm	Sorun Düzeyi
2	70	Zararsız
2 – 4	70 – 140	Az Zararlı
4 – 10	140 – 350	Problemli
10	350	Çok Zararlı

Çizelge 14. Sulama Sularının SAR Değerlerine Göre Sınıflandırılması (WPCR, 1991)

	I. Sınıf (çok iyi)	II. Sınıf (iyi)	III. Sınıf (kullanılabilir)	IV. Sınıf (ihtiyatla kullanılmalı)
Sodyum adsorbsiyon oranı (SAR)	<10	10 - 18	18 - 26	<26

4.6. Verilerin İstatistiksel Olarak Değerlendirilmesi

SPSS 15.0 paket programında yer alan Tesadüf Parselleri Deneme Planı kullanılarak yapılan analiz sonucunda, asit miktarlarına ait varyans analiz sonuçları belirlenmiştir. Yapılan değerlendirme sonucunda asit uygulamaları arası fark istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($p < 0.01$).

Sonuç olarak, asit miktarındaki artışa bağlı olarak açılma yüzdesinde de istatistiksel olarak artış gözlenmiştir. En büyük açılma yüzdesi en yüksek konsantrasyona sahip 10 ppm'de görülmüştür. Ancak tıkanma oranları arasında istatistiksel olarak herhangi bir fark görülmemiştir (Çizelge 15). Yani tıkanmanın %25 veya %100 olması açılma yüzdesi üzerinde herhangi bir etki oluşturmamıştır. Açılma yüzdesi tıkanma oranlarından bağımsız, uygulanan asit miktarlarına bağlı olarak değişmiştir. Bu durum, asidik çözelti ile kirecin reaksiyonu sonucu oluşan CO₂ gazının basıncı ile ilişkili olabilir.

Çizelge 15. Tıkanma Oranları İçin SPSS Analiz Tablosu

	Hata Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Hata Kareler Ortalaması	F	P ^a
Tıkanma Oranları (V ₂)	21.811	2	10.906	1.917	0.171
Hata	125.125	22	5.688		
Genel	1244.068	27			

^a %25, %50 ve %100 tıkanmalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.01$).

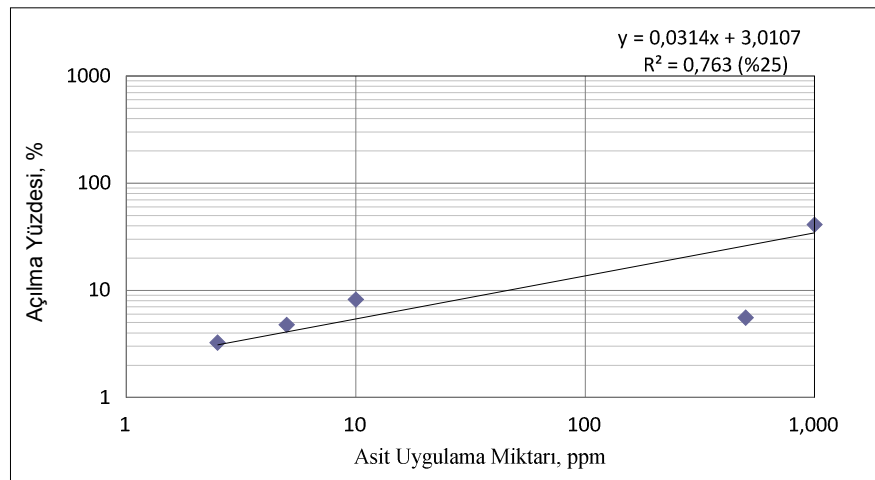
4.7. Asit Uygulama Miktarı-Damlatıcı Açılma Yüzdesi İlişkisi

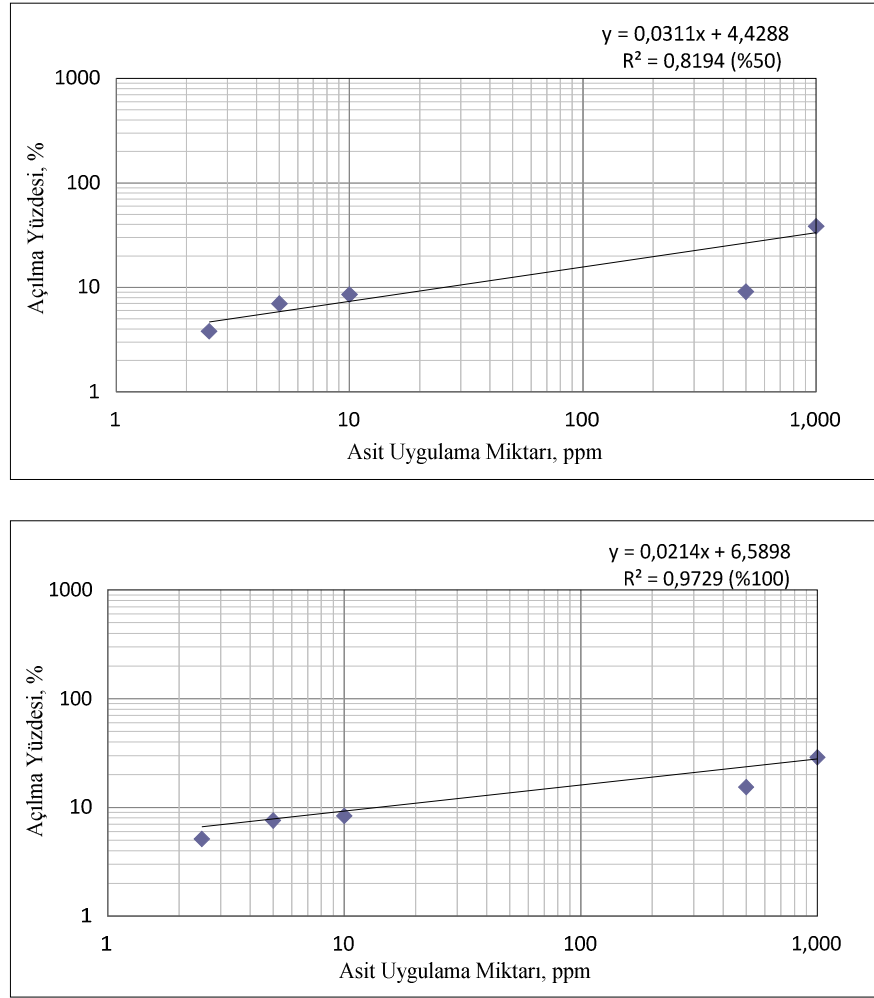
Çalışmada tıkanma yüzdesi ve asit uygulama miktarına bağlı olarak oluşan açılma yüzdeleri Çizelge 16'da verilmiştir. Çizelgede görüldüğü gibi tıkanma yüzdelere bağlı olarak en az açılma 2.5 ppm asit uygulanan laterallerde meydana gelirken, en fazla açılma 1000 ppm asit uygulaması yapılan laterallerde meydana gelmiştir.

Çizelge 16. Tıkanma Yüzdesi ve Asit Uygulama Miktarına Bağlı Olarak Değişen Açılma Yüzdeleri

Tıkanma Yüzdesi (%)	Asit Uyg. Mik (ppm)	Ortalama Açılma Yüzdesi (%)
25	2.5	3.25
	5	4.76
	10	8.20
	500	5.56
	1000	40.91
50	2.5	3.80
	5	6.99
	10	8.53
	500	9.09
	1000	38.46
100	2.5	5.15
	5.0	7.59
	10	8.38
	500	15.38
	1000	28.95

Asit uygulamaları bağlı olarak %25, 50 ve 100 tıkanma oranlarında elde edilen açılma yüzdeleri Şekil 6'da verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi asit miktarındaki artışa bağlı olarak açılma yüzdesi de artmıştır.





AY: Açılma Yüzdesi; AU: Asit Uygulama Miktarı

Şekil 6. Asit Uygulaması ve Tıkanma Oranlarına Bağlı Olarak Değişen Açılma Yüzdeleri

Şekil 4 incelendiğinde, uygulanan asit miktarının açılma yüzdesi ile olan doğrusal ilişkisini gösteren R^2 değerleri %25 tıkalı laterallerde 0.763, %50 tıkalı laterallerde 0.819 ve %100 tıkalı laterallerde ise 0.972 olarak bulunmuştur. Tıkanma oranı arttıkça açılma oranında da belirli bir miktar düşüşün olduğu görülmüştür. Asit uygulaması 1000 ppm olanda %25 tıkalı damlatıcılarda ortalama açılma yüzdesi %40.91 iken, %100 olan damlatıcılarda bu değer %28.95 olarak tespit edilmiştir.

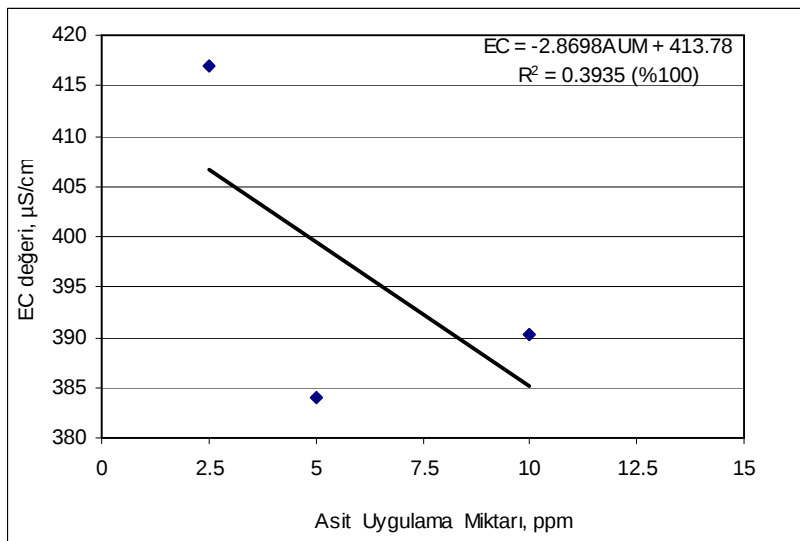
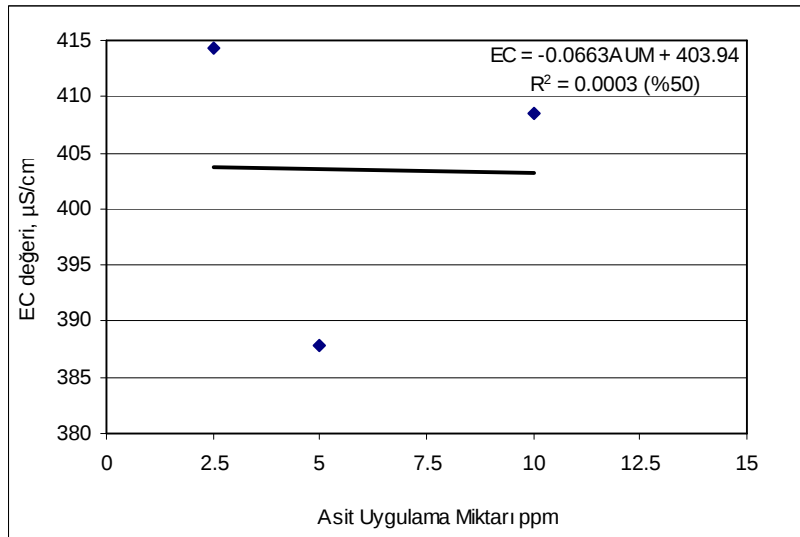
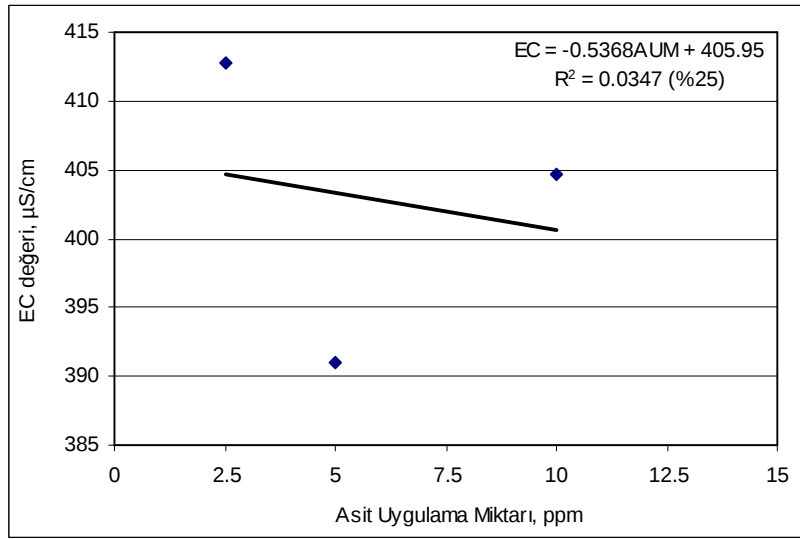
Çizelge 13’de görüldüğü gibi yüksek konsantrasyonlarda (500 ve 1000 ppm) uygulanan asit miktarlarının toprak için zamanla olumsuz etki oluşturacağı tahmin edilmektedir. Bu durum damlatıcılarda oluşan tıkanmanın %25’i aşmaması gerektiğini göstermektedir.

4.8. Asit Uygulama Miktarı-EC-pH-TDS-SAR İlişkisi

4.8.1. Asit Uygulama Miktarı – EC İlişkisi

Tıkalı damlatıcılara uygulanan asit miktarlarına bağlı olarak değişen EC değerleri Şekil 7’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi farklı oranlarda tıkatılmış damlatıcılarda asit uygulama miktarlarına bağlı olarak EC değerlerinde azalma olmuştur. Elde edilen EC değerleri 385–420 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişmiştir. Tıkanma oranı %25 ve 50 olan damlatıcılarla uygulanan asit miktarları arasındaki ilişkinin derecesi olan R^2 değerleri sırasıyla 0.0347 ve 0.0003 olarak değişirken, %100 tıkalı damlatıcılarda ise 0.39 olarak bulunmuştur. Bu durum tıkanma oranı arttıkça uygulanan asit miktarının EC üzerindeki negatif etkisinin daha fazla olacağını göstermektedir. Bu ise, yüksek oranda oluşan kireç tıkanmalarında asit uygulaması sonucu beklenen açılma oranlarının yakalanamaması, sulama suyunda bulunan iyonların (Ca, Mg, Na vb.) ortamda asitten gelen klor ile tepkimeye girerek oluşturduğu tuzların tekrar çökmesi ile açıklanabilir.

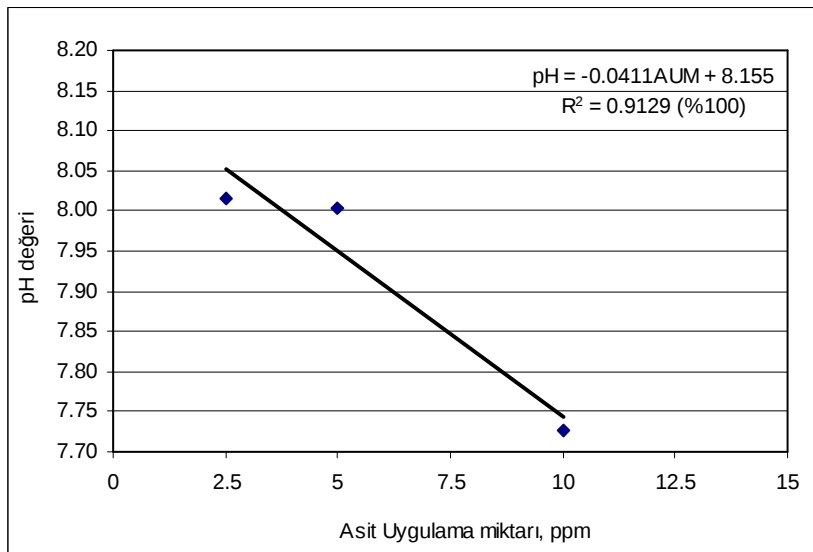
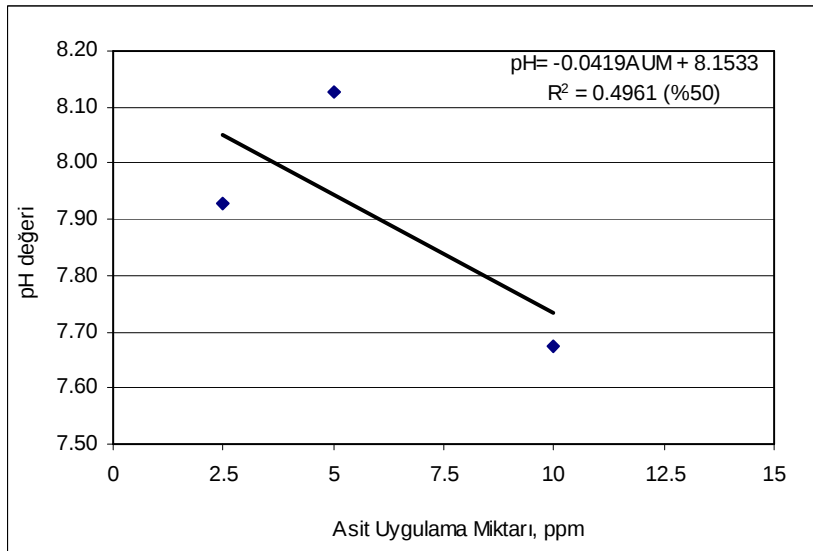
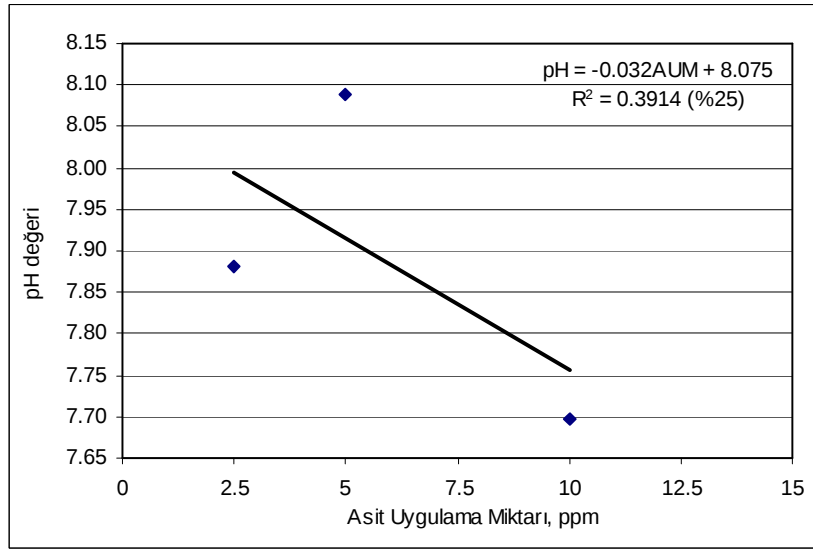
Asit uygulamasından sonra elde edilen sulara başlangıçta C_2S_1 olan su kalite sınıfı değişmemiştir. Su kalite sınıfı açısından değerlendirildiğinde tıkalı damlatıcıların tamamı için, damlatıcılardan çıkan sular toprak veya bitkide herhangi bir zararlı etkiye neden olmayacağı belirtilebilir.



Şekil 7. % 25, 50 ve 100 Tıkalı Damlatıcılarda Uygulanan Asit Miktarına Bağlı Olarak Görülen EC Değişimi

4.8.2. Asit Uygulama Miktarı – pH İlişkisi

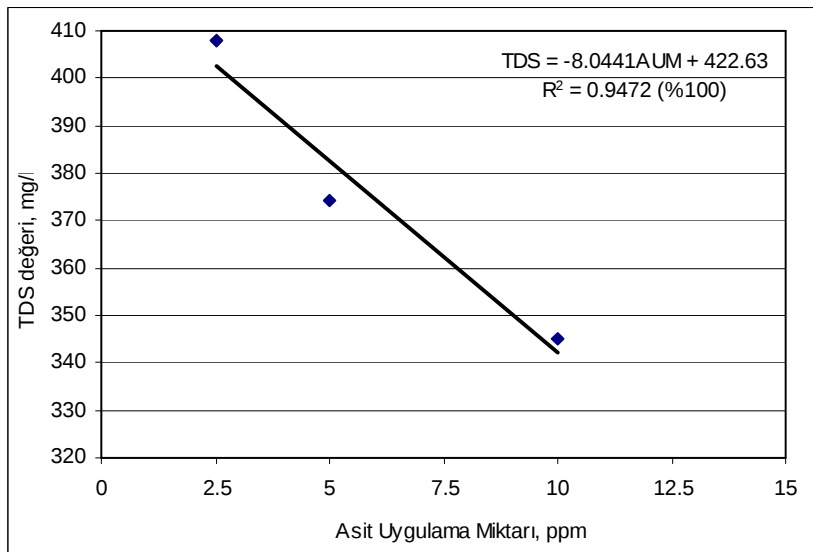
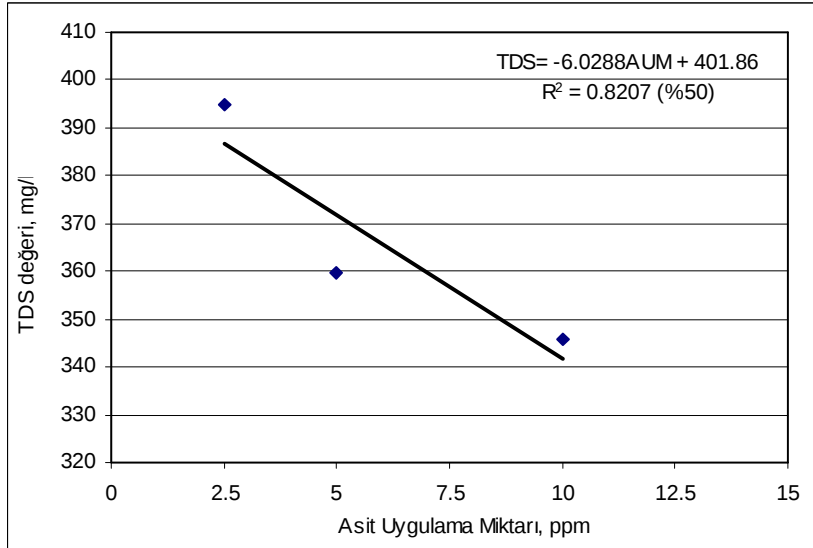
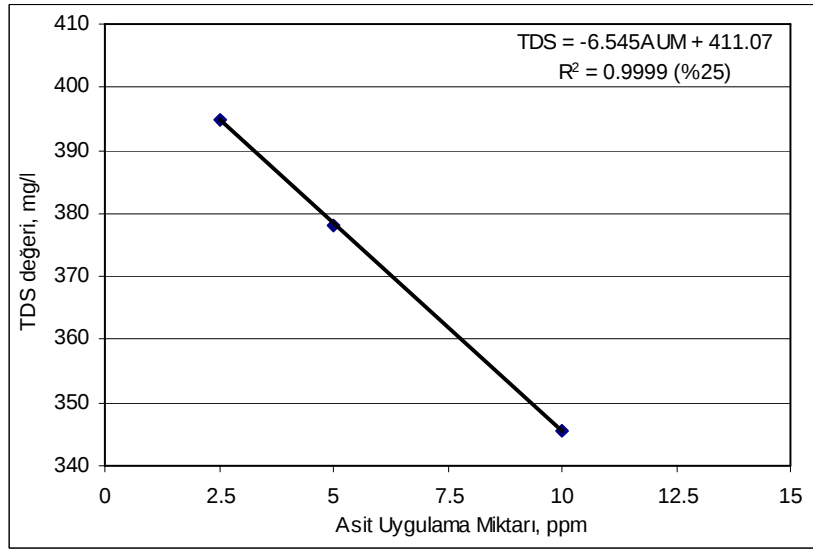
Tıkalı damlatıcılara uygulanan asit miktarlarına bağlı olarak değişen pH değerleri Şekil 8’de verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi farklı oranlarda tıkatılmış damlatıcılarda asit uygulama miktarlarına bağlı olarak pH değerlerinde önemli miktarlarda azalma olmuştur. Tıkanma oranı %25, 50 ve 100 olan damlatıcılarla uygulanan asit miktarları arasındaki ilişkinin derecesi olan R^2 değerleri sırasıyla 0.3914, 0.4961 ve 0.9129 olarak elde edilmiştir. Elde edilen pH değerleri 7.65–8.15 arasında değişmiştir. Damlatıcılardan alınan sular bazik özellik göstermektedir. Bu bağlamda uygulanan asit miktarlarının ortama yeteri kadar asitlik özellik kazandıramadığı görülmüştür. Eldeki değerler ile Evans, 2001’de belirtildiği gibi klorun etkinliğinin optimum olması için gerekli olan pH 5.5–6.0 değerlerine ulaşamamıştır. Bu ise tıkanıklığın istenilen seviyede açılmasını engellemiştir. İstenen seviyede pH değeri elde etmek için uygulanan asit miktarını artırmak gerekir. Fakat bu durum toprak ve bitkide geri dönüşü olmayan olumsuz sonuçların ortaya çıkmasına neden olabilir. Bu nedenle asit miktarını arttırmak ilk bakışta olumlu gelse de dikkat edilmesi gereken bir konudur.



Şekil 8. % 25, 50 ve 100 Tıkalı Damlatıcılarda Uygulanan Asit Miktarına Bağlı Olarak Görülen pH Değişimi

4.8.3. Asit Uygulama Miktarı – TDS İlişkisi

Tıkalı damlatıcılara uygulanan asit miktarlarına bağlı olarak değişen TDS değerleri Şekil 9’da verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi farklı oranlarda tıkanmış damlatıcılarda asit uygulama miktarlarına bağlı olarak TDS değerlerinde önemli miktarlarda azalma olmuştur. Tıkanma oranı %25, 50 ve 100 olan damlatıcılarla uygulanan asit miktarları arasındaki ilişkinin derecesi olan R^2 değerleri sırasıyla 0.999, 0.827 ve 0.947 olarak elde edilmiştir. Elde edilen TDS değerleri 330–410 ppm arasında değişmiştir. Asit uygulaması sırasında damlatıcılardan alınan sular, TDS açısından sulama suyu kalite kriterlerine göre iyi sınıfına girdiği görülmektedir (Çizelge 12).

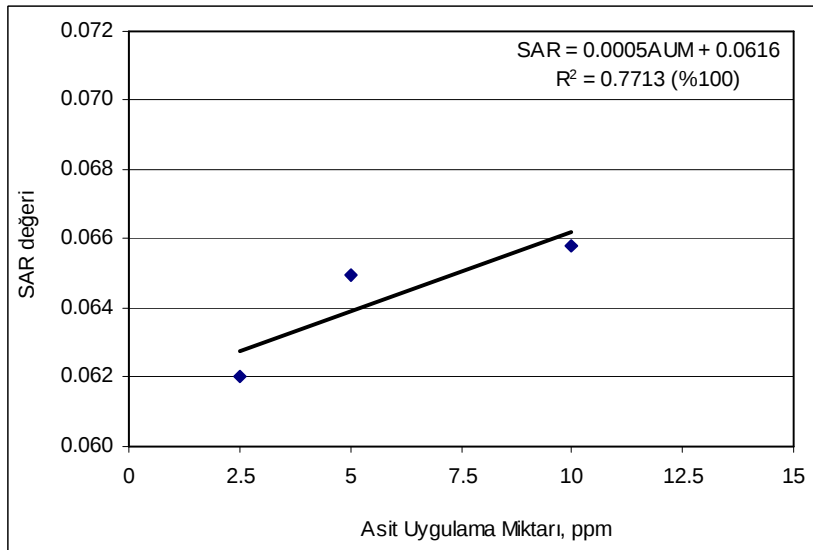
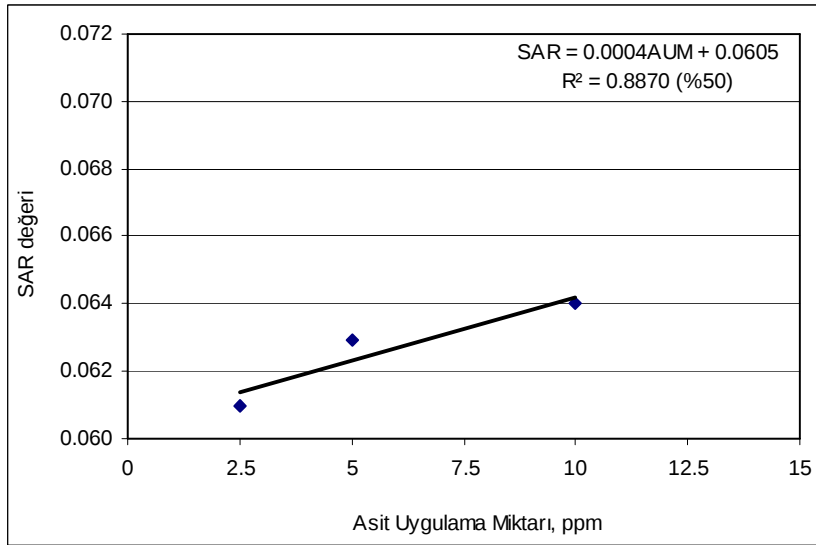
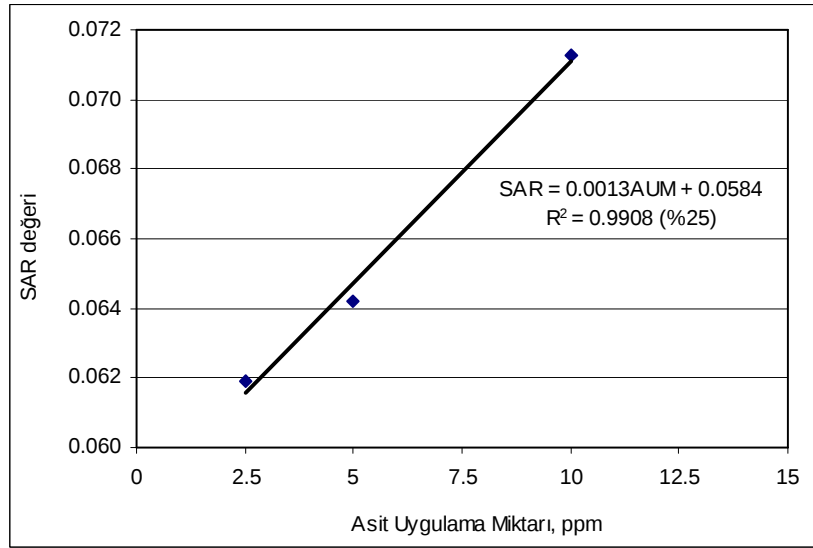


Şekil 9. % 25, 50 ve 100 Tıkalı Damlatıcılarda Uygulanan Asit Miktarına Bağlı Olarak Görülen TDS Değişimi

4.8.4. Asit Uygulama Miktarı – Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) İlişkisi

Tıkalı damlatıcılara uygulanan asit miktarlarına bağlı olarak değişen SAR değerleri Şekil 10’da verilmiştir. Şekilde görüldüğü gibi farklı oranlarda tıkanmış damlatıcılarda asit uygulama miktarlarına bağlı olarak SAR değerlerinde artış olmuştur. Tıkanma oranı %25, 50 ve 100 olan damlatıcılarda uygulanan asit miktarı arasındaki ilişkinin derecesi olan R^2 değerleri 0.9908, 0.8870 ve 0.7713 olarak elde edilmiştir. SAR değerleri 0.060-0.072 arasında değişmiş olup çok az miktarda bulunmuştur. SAR değeri tek değerlikli katyon aktivitesinin iki değerlikli katyon aktivitesinin kareköküne oranı ile ilgilidir ($SAR = \frac{Na}{\sqrt{Ca + Mg}}$). SAR değeri bilinen bir sistemde değerin bozulmaması için tek değerli

katyon aktivitesinin belirli bir oranda değişmesine karşılık iki değerli katyonun bu oranın karesi, üç değerli katyonun ise bu oranın küpü kadar değişmesi gerekir (Sağlam, 2008). Araştırmada SAR değerinin artması asit uygulaması ile SAR değerinin hesaplanmasında kullandığımız katyonların oranlarındaki değişim ile ilişkilendirilebilir. Aynı zamanda Çizelge 11’de HCl konsantrasyonuna bağlı olarak HCl konsantrasyonu arttıkça Ca + Mg konsantrasyonu ve SO_4^- konsantrasyonu da azalmaktadır. Bu durum Ca + Mg ile SO_4^- ’ten tıkanma yüzeylerinin de çökmesine, dolayısıyla SAR değerinin azalmasına neden olabilir. Tüm bu değerlere rağmen SAR değeri 10’dan küçük olduğu için ortamda herhangi bir alkalileşme sorununa yol açmayacaktır. (Çizelge 13).



Şekil 10. %25, 50 ve 100 Tıkalı Damlatıcılarda Uygulanan Asit Miktarına Bağlı Olarak Görülen SAR Değişimi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Genel olarak bakıldığında, %25, 50 ve %100 tıkanma oranlarına sahip laterallere uygulanan 2.5, 5 ve 10 ppm'lik üç farklı asit uygulamasının mevcut tıkanma oranlarını açmada yeterli olmadığı görülmüştür. Ancak 500 ve 1000 ppm ile yapılan uygulamalarda yeterli sayılabilecek %15.38 ve %40.11 değerleri elde edilmiştir. Bu bağlamda çalışmada oluşturulan tıkanma oranları bu değerden daha büyüktür. Dolayısıyla uygulanan asit miktarının etkili olabilmesi ve ortamda herhangi bir zararlı etki oluşturmaması için tıkanma değerlerinin % 9'u geçmemesi gerekir.

Kesikli klorlama yöntemi ile uygulanan asit miktarındaki artışa bağlı olarak açılma yüzdesinde de belli bir miktar artış olmuştur, ancak bu istenilen düzeyde gerçekleşmemiştir. Uygulamalar sonucunda alınan su örneklerinde yapılan anyon ve kation analizlerine göre ortamda herhangi bir zararlı etki oluşmadığı tespit edilmiştir. Yapılan istatistik analizler sonucunda, asit uygulamaları arasındaki fark istatistiksel olarak çok önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Ancak %25, %50 ve %100 tıkanmalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur ($p > 0.01$). Tıkanma oranı açılma yüzdesi üzerinde etkili değildir. En fazla açılma yüzdesi en yüksek konsantrasyona sahip 10 ppm'de görülmüştür. Açılma yüzdesi tıkanma oranlarından bağımsız, uygulanan asit miktarlarına bağlı olarak değişmiştir.

Laboratuvar analizleri sonucu elde edilen değerlere göre, çıkan sular EC, pH ve TDS açısından değerlendirilmiştir. Her üç ölçüt içinde uygulanan asit miktarına bağlı olarak doğrusal bir azalış gözlenmesine rağmen, bu değerlerin zarar oluşturacak eşik değerlerini geçmemesi sonucu ortamda herhangi bir zararlı etki tespit edilmemiştir. Ancak üstteki ölçütlerin tersine sadece SAR değerlerinde uygulanan asit miktarlarına bağlı olarak doğrusal bir artış gözlenmiştir. Fakat, bu değerlerin zarar oluşturacak düzeyden çok küçük olması nedeniyle ortamda herhangi bir zararlı etki oluşturmayacağı söylenebilir.

Sonuç olarak, uygulanan asit miktarları ortamda herhangi bir olumsuz etki oluşturmamış, ancak mevcut tıkanma oranlarının açılmasında da yeteri kadar etkili olmamıştır. Bu nedenle damlatıcı tıkanmaları konusunda;

- Damlatıcıların %10'dan daha fazla tıkanması beklenilmemelidir.
- Tıkalı damlatıcıların açılması için ilk bakışta asit miktarındaki artış iyi bir yöntem olarak görülmesine rağmen, zamanla uygulanan asit miktarındaki artış nedeniyle ortamda oluşabilecek zararlı etki hususunda dikkatli olunmalıdır.
- Asit uygulamaları sırasında, verilecek asitten gelen iyonlara karşı yetiştirilecek bitkinin hassas olup olmadığı önceden belirlenmelidir.
- Asit uygulamaları sonucunda, verilen asidin etkili olabilmesi için lateral için de 30-60 dakika boyunca kalmalı, daha sonra sistemde kalıntı oluşturmaması için tazyikli su ile yıkama yapılmalıdır.
- Eğer sulamada düşük kaliteli veya yüksek oranda kireç içeren sular kullanılacaksa, asit uygulamasından önce iyi bir filtre sisteminin kurulması gereklidir. Aynı zamanda gerekli laboratuvar analizlerinin de yapılması önerilir.

6. KAYNAKLAR

- ABBOTT, J.S. 1985. Emitter Clogging Causes And Prevention. ICID Bull. 34 (2), 11–20.
- ADIN, A. 1987. Clogging İn Irrigation Systems Reusing Pond Effluents And İts Prevention. Water Science and Technology, 19(12): 323-331.
- ADIN, A., and M. Sacks. 1991. Dripper Clogging Factors İn Wastewater Irrigation. Journal Of Irrigation And Drainage Engineering, 117(6): 813-825.
- ANONİM, 2010a. http://tr.wikipedia.org/wiki/Hidroklorik_asit (05.06.2009).
- ANONİM, 2010b. <http://www.dsi.gov.tr/topraksu.htm> (25.08.2010).
- ANONİM, 2010c. <http://ceventura.ucdavis.edu> (11.12.2009).
- ANONİM, 2010d. <http://www.trickl-eez.com/acid.htm> (26.02.2010).
- ANONİM, 2010e. http://www.tarimmerkezi.com/yazar_kose.php?hid=6109 (05.05.2010).
- ANONİM, 2010f. <http://www.konyatopraksu.gov.tr> (01.06.2010).
- ANONİM, 2010g. <http://www.tarimsirketleri.info/7/sulama.html> (15.06.2010).
- ANONİM, 2010h. <http://www.netafim.com> (21.07.2010).
- ANONİM, 2010k. www.poolshop.com.au/images/fact16_the%20langelier%20index.pdf (30.06.2010).
- ASAE Standards, 2001a. EP405.1. Design And Installation Of Microirrigation Systems. St. Joseph, MI: ASAE, 48th Edition.
- ASAE, 2002. Design and Installation of Microirrigation Systems. ASAE EP405.1 Dec.01, p.903-907.
- BOMAN, B.J. 1989. Emitter and Spaghetti Tubing Effects on Microsprinkler Flow Uniformity. Transaction of ASAE vol.32 (1): January–February. 168-172.
- BOMAN, B. J., and E. O. ONTERMAA. 1994. Citrus Microsprinkler Clogging: Costs, Causes, and Cures. Proc. Fla. State Hort. Soc. 10:739-747.
- 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, s.20, Adana.
- BRALTS, V., F., KESNER, C., D., 1983. Drip Irrigation Field Uniformity Estimation. Transactions of the ASAE 26(5), p.1369-1374.
- BRALTS, V., F., EDWARDS, D., M., KESNER, C., D., 1985. Field Evaluation of Drip/Trickle Irrigation Submain Units. Third International Drip/Trickle Irrigation Congress, Fresno-California, U.S.A., p.274-280.
- BRALTS, V., F., EDWARDS, D., M., 1986. Field Evaluation of Drip Irrigation Subnain Units, Transactions of the ASAE 29(6), p.1659-1664.
- BRESLER, E. 1975. Trickle – Drip Irrigation: Principles and Application to Water. Management in Tropical Soils. Agronomy Mimeo, July.
- CAPRA, A., and Scicolone, B. 2004. Emitter And filter Tests For Wastewater Reuse By Drip Irrigation. Department of Agro-forestry and Environmental Sciences, Hydraulic Section, Reggio Calabria Mediterranean University, Calabria, Italy.
- COELHO, R., D., 2001. Biological Clogging of Netafim's Drippers and Recovering Process through Chlorination Impact Treatment. ASAE Annual International Meeting, Paper No: 012231, California, USA.
- COWAN, J.C., and Weintritt, D.J. 1976. Water-Formed Scale Deposits. Gulf Publishing Co. Houston TX.
- ÇAMOĞLU, G. 2004. Farklı Yapımcı ve Yapım Özelliklerine Sahip Damlatıcılarda Eş Su Dağılımının İncelenmesi. Ç.O.M.Ü. Fen Bil. Enst Y. Lisans Tezi, ÇANAKKALE.

- ÇOLAKOĞLU, H. 2010. Sera Yetiştiriciliğinde Gübreleme. www.toros.com.tr (05.05.2010).
- DAVID, J., FAKHER, M. and PETER WALLER, M. (1989). Effects of Chemical Clogging on Drip-Tape Irrigation Uniformity. J. of Transaction of the ASAE, vol. 32, 1202-1206
- DEMİR, V., UZ, E. 1994. Damla Sulama Sistemlerinde Kullanılan Filtreler. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi Cilt:31 Sayı:2-3, S.177-184, İZMİR.
- EL-BERRY, A. M., BAKEER, G. A. 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.
- EVANS, R.G. 2001. Microirrigation. Irrigated Agriculture and Extension Center. Department of Biological Systems Engineering. Washington State University, Prosser, WA.
- GILBERT, R.G., NAKAYAMA, F.S. and BUCKS, D.A. 1979. Trickle Irrigation: Prevention of Clogging. Trans. ASAE. 22(3): 514-519.
- GILBERT, R.G., NAKAYAMA, F.S., BUCKS, D.A., FRENCH, O.F., ADAMSON, K.C., and JOHNSON, R.M. 1982. Trickle irrigation: Predominant Bacteria in Treated Colorado River Water And Biologically Clogged Emitters. Irrigation Science, Berlin, v.3, p.123-32.
- GÜNGÖR, Y., ERÖZEL, A.Z., ve YILDIRIM, O., 2004. Sulama. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 1540/493, Ankara.
- GÜNGÖR, T. 2010. Tarımda Damla Sulama İle Üretimi Artırmak Mümkün, <http://www.kobifinans.com.tr/tr/sektor/011302/18845> (21.05.2010).
- GREGORY, J. 2001. Uses of Sulfuric Acid as a Water Amendment in Agriculture. Proceedings, International Irrigation Show. The Irrigation Association, San Antonio, TX. DOI: 10.1016/S0160-4120(02)00157-5
- HANSON, B., SCHWANKL, L, GRATTAN, S., and PRICHARD, T. 1997. Drip Irrigation for Row Crops. Division of Agriculture and Natural Resources. Publication 3376. University of California, Davis. 238 pgs.
- HASSAN, F. 1998. Micro-irrigation Management and Maintenance. Agro Industrial Management. Fresno, CA. 233 pages.
- JAMES, L.G. 1988. Principles of Farm Irrigation System Design. John Wiley and Sons Inc., New York, 543 s.
- KANBER, R., 1999. Sulama. Ç.Ü. Ziraat Fak. Genel Yayın No: 174, Ders Kitapları Yayın No: A-52, s.418-459, Adana.
- KELLER, J., and BLIESNER, R.D. 1990. Sprinkle and Trickle Irrigation. New York: Van Nostrand Reinhold.
- KELLER, J., KARMELI, D., 1975. Trickle Irrigation Design. Rain Bird Sprinkler Manufacturing Corporation Glendora, California, U.S.A., p.1-5, 17-18, 46-49.
- 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.
- KREIJ, C. de., VAN DER BURG, A.M.M., and RUNIA, W.T. 2002. Drip Irrigation Emitter Clogging in Dutch Greenhouses as Affected by Methane and Organic Acids. Division of Glasshouse Horticulture, Applied Plant Research, P.O. Box 8, 2670 AA Naaldwijk, The Netherlands.

- KORUKÇU, A., YILDIRIM, O., 1984. Damla Sulamasında Su Dağılımı Açısından Yan Boru Uzunluklarının Saptanması. I. Ulusal Kültürteknik Kongresi, Ç.Ü.Z.F, s.16-39, Adana.
- METCALF and EDDY, Inc. 2003. Wastewater Engineering: Treatment and Reuse. Mcgraw Hill Book Co., New York, NY.
- NAKAYAMA, F.S., and BUCKS, D.A. 1981. Temperature Effect on Calcium Carbonate Precipitate Clogging of Trickle Emitters, US Water Cons. Lab. Phoenix, USA.
- NAKAYAMA, F.S., and BUCKS, D.A. 1986. Trickle Irrigation for Crop Production. Elsevier Science Publishers. Amsterdam, Netherlands.
- NETAFIM IRRIGATION, Inc. 2000b. Chlorination of Drip Irrigation Systems. www.netafim.com, Fresno, CA. (05.05.2010)
- ORON, G., SHELEF, G., and TRUZYNSKI, B. 1979. Trickle Irrigation Using Treated Wastewaters. Journal of Irrigation and Drainage Division, ASCE, 108(2): 115-126.
- PITTS, D.J., FERGUSON, J.A., and 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.
- PITTS, D.J., HAMAN, D.Z., and SMAJSTRLA, A.G. 1990. Causes and Prevention of Emitter Plugging in Microirrigation Systems, Bulletin 258. University of Florida, Gainesville, FL.
- RAVINA, I., PAZ, E., SOFER, Z., MARCU, A., SHISHA, A., and SAGI, G. 1992. Control of Emitter Clogging in Drip Irrigation with Reclaimed Wastewater. Irrigation Science, v.13, p.129-139.
- RAVINA, E.P., SOFER, Z., MARCU, A., SHISHA, A., SAGI, G., and LEV, Y. 1997. Control of Clogging in Drip Irrigation with Stored Treated Municipal Sewage Effluent. Agricultural Water Management, 33(2-3): 127-137.
- REIJNEN, G.K., 1994. Behandeling Van Methaanhoudend Groundwater. (Treatment of Methane Containing Groundwater). Kiwa, Nieuwegein. Report 123, p. 120.
- RIBERIO, T.A.P., PATERNIANI, J.E.S., and COLETTI, C. 2008. Chemical Treatment to Unclog Dripper Irrigation Systems Due To Biological Problems. Sci. Agric. (Piracicaba, Braz.), v.65, n.1, p.1-9.
- SAĞLAM, M.T., 2008. Toprak Kimyası. NKÜ Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, No:1.
- SCHWANKL, L., and PRICHARD, T. 1990. Clogging of Buried Drip Irrigation Systems. California Ag., 44:3, 16-17.
- SMAJSTRLA, A.G., KOO, R.C., WELDON, J.H., HARRISON, D.S., and ZAZUETA, F.S., 1983. Clogging of Trickle Irrigation Emitters Under Field Conditions. Proc. Fla. State Hort. Soc. 96, 13-17.
- STEPHEN, D.E. 1985. Filtration and Water Treatment for Microirrigation. Drip/Trickle Irrig. in Action. The Third International Drip /Trickle Irrig. Cong.. ASAE publ. vol. (1).
- TODD, D.K. 1980. Groundwater Hydrology. John Wiley and Sons, N.Y. p.282.
- TRAYNOR, Joe, 1980. Ideas in Soil and Plant Nutrition. Kovak Books, Bakersfield, CA.
- TÜZÜNER, A., 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı, T.C. Tarım Orman ve Köyişleri Bakanlığı Köy Hiz. Genel Müd., Ankara, 375s.
- VAN DER BURG, N. 1999. Bronwater kunnen filters en druppelaars verstopen. (Ground water can block filters and emitters). Groenten Fruit/Glasgroente 28, 26.
- YILDIRIM, O., KORUKÇU, A., 1996. Damla Sulama Sistemlerinin Projelenmesi. A.Ü. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ders Notları (Basılmamış), s.62-70, Ankara.

- WPCR, 1991. Turkish Water Pollution Control Regulation Technical.
- WU, I., P., GITLIN, H. M., 1973a. Hydraulics and Uniformity for Drip Irrigation. Journal of the Irrigation Drainage Division, ASCE, Vol. 99, No. IR2, Proc. Paper 9786, p.157-168.
- WU, I., P., GITLIN, H. M., 1973b. Design of Pressure, Length of a Drip Irrigation Line. ASAE, Paper, No. PR 73-10, St. Joseph, Michigan 49085, p.21.
- WU, I., P., GITLIN, H. M., 1974a. Drip Irrigation Design Based on Uniformity. Transactions of the ASAE 17(3), p.157-168.
- WU, I., P., GITLIN, H. M., 1974b. Design of Drip Irrigation Lines. Hawaii Agricultural Experiment Station, Technical Bulletin No. 96, University of Hawaii, p.29.

ÖZGEÇMİŞ

1979 yılında Adana'da doğdu. İlk, Orta ve Lise öğrenimini Adana'da tamamladı. 2000 yılında girdiği Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünden 2004 yılı Haziran döneminde mezun oldu. 2007 yılında Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans eğitime başladı. Halen aynı bölümde eğitime devam etmektedir.