

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**YAĞIŞ VE TUZLU SULAMA SUYU DÖNGÜLERİNİN TOPRAK FİZİKSEL
VE HİDROLİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ**

Mahmut Hilmi SEÇMEN

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**ANKARA
2025**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

YAĞIŞ VE TUZLU SULAMA SUYU DÖNGÜLERİNİN TOPRAK FİZİKSEL VE HİDROLİK ÖZELLİKLERİNE ETKİLERİ

M. Hilmi SEÇMEN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Gülüzar Duygu SEMİZ

Sulama suyu kalitesi başta drenaj ve erezyon problemlerine neden olan toprak hidrolik özellikleri olmak üzere toprakta yapısal bozulmalara neden olabilmektedir. Özellikle sulama suyunun SAR ve tuzluluk düzeyleri arasındaki ilişki, toprak tekstürünün etkisi, toprak içeriğindeki kalsiyum ve sulamalardan sonra meydana gelecek yağışlar da eklendiğinde çok daha karmaşık ancak henüz tam olarak anlaşılmayan bir mekanizma olduğu ortaya çıkmaktadır. Bu çalışmada, yukarıda sıralanan etmenlerin toprağın hidrolik özelliklerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, killi tın (CL) ve tın (L) tekstürlü bozulmamış toprak örnekleri materyal olarak alınmış ve elektriksel iletkenliği 4 ve 8 dS/m, SAR değeri 10 ve 20 olan dört farklı kalitede hazırlanmış düşük kaliteli su ve yağmur suyunu simüle etmek amacıyla saf su uygulanmıştır. Böylece killi tın (CL), tın (L) ve CaCl₂ çözeltisiyle doymunluğa ulaştırılmış kalsiyuma doymun killi tın (Ca-Doy-CL) ve kalsiyuma doymun tın (Ca-Doy-L) toprak olacak şekilde dört farklı toprak kullanılmıştır. Toprak örnekleri hidrolik iletkenlik cihazında doymun akış koşulları oluşturularak her bir düşük kaliteli su 3 hafta süreyle uygulanmış ve takibinde 2 hafta süreyle saf su uygulanmıştır. Farklı kalitede suların oluşturulmasında NaHCO₃, NaCl ve CaCl₂ tuzları kullanılmıştır. Farklı kalitede hazırlanmış su uygulamalarının toprakların doymun hidrolik iletkenliği, agregat ortalama ağırlıklı çapları, toprak su karakteristik eğrileri, hacim ağırlıkları ve porozitelerinde yaptığı etkiler ile tuzlu sodyumlu su uygulamalarının ardından yağmur suyunun doymun hidrolik iletkenliğe yaptığı etkileri araştırılmıştır. Araştırmada tüm topraklarda, su kalitesi ve zamana bağlı olarak hidrolik iletkenlik değerlerinde meydana gelen azalma istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (p<0.001). Hidrolik iletkenlik değerlerinde meydana gelen azalma su uygulamalarına göre karşılaştırıldığında $T_1S_2 > T_2S_2 > T_1S_1 > T_2S_1$ şeklinde meydana geldiği bulunmuştur. Toprak tekstürleri karşılaştırıldığında, CL toprakta meydana gelen hidrolik iletkenlik azalması L toprağa göre daha fazla olmuştur. Kalsiyuma doyurulmuş topraklarda ise başlangıç durumunda, doyurulmamış topraklara oranla daha yüksek hidrolik iletkenlik gözlenirken, ilerleyen günlerde kalsiyuma doyurulmamış topraklarla benzer seviyelere düşmüştür. Düşük kaliteli su uygulamaları sonrası uygulanan yağmur suyu (saf su), tüm topraklarda hidrolik iletkenlik değerlerini daha da şiddetli bir düzeyde azaltmıştır. Hidrolik iletkenlik değerlerindeki azalmanın ana mekanizmasının toprakta meydana gelen şişme, dispersiyon ve kil hareketi olduğu görülmüştür. Düşük kaliteli suların uygulanması sonrası tüm topraklarda su tutulumu ve hacim ağırlıklarının arttığı buna karşılık agregat ortalama ağırlıklı çap ve porozite değerlerinin azaldığı belirlenmiştir.

Nisan 2025, 127 sayfa

Anahtar Kelimeler: Hidrolik iletkenlik, düşük kaliteli su, elektriksel iletkenlik, sodyum adsorpsiyon oranı, toprak su karakteristik eğrisi, hacim ağırlığı, porozite, agregat ortalama ağırlıklı çap

ABSTRACT

PhD Thesis

EFFECTS OF RAINFALL AND SALINE IRRIGATION WATER CYCLES ON SOIL PHYSICAL AND HYDRAULIC PROPERTIES

M. Hilmi SEÇMEN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Science
Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Gülüzar Duygu SEMİZ

Irrigation water quality can cause structural deterioration in soil, primarily soil hydraulic properties, drainage and erosion problems. When the relationships between SAR and irrigation water salinity levels are added to the effects of soil texture, calcium content in the soil and post-irrigation rainfall, a much more complex but not yet fully understood mechanism emerges. This study aims to determine the effects of the factors listed above on the hydraulic properties of soil. For this purpose, undisturbed soil samples with clay loam (CL) and loam (L) textures were taken as material, four different low-quality waters with electrical conductivity of 4 and 8 dS/m, SAR value of 10 and 20 were prepared, and pure water was applied to simulate rainwater. Thus, four different soils were used as clayey loam (CL), loam (L) and calcium saturated clayey loam (Ca-Saturated-CL) and calcium-saturated loam (Ca-Saturated-L). Saturated flow conditions were created in the hydraulic conductivity device for soil samples, each low-quality water was applied for 3 weeks, and then pure water was applied for 2 weeks. NaHCO₃, NaCl and CaCl₂ salts were used in the preparation of different quality waters. The effects of low-quality water applications on saturated hydraulic conductivity, average weighted aggregate diameters, soil water characteristic curves, bulk density and porosity of soils were determined. The effects of rainwater on saturated hydraulic conductivity after low quality water applications were investigated. In the study, the decrease in hydraulic conductivity values depending on water quality and time in all soils was found to be statistically significant ($p < 0.001$). Comparing the water applications, it was determined that the decrease in hydraulic conductivity values occurred as $T_1S_2 > T_2S_2 > T_1S_1 > T_2S_1$. Comparing the soil textures, the decrease in hydraulic conductivity in CL soil was greater than in L soil. In calcium-saturated soils, higher hydraulic conductivity was observed in the initial state compared to unsaturated soils, but in the following days it decreased to similar levels with calcium-unsaturated soils. Rainwater (pure water) applied after low-quality water applications reduced hydraulic conductivity values in all soils to an even greater extent. It was observed that the main mechanism of the decrease in hydraulic conductivity values was swelling, dispersion and clay migration in the soil. It was determined that water retention and bulk density increased in all soils after the application of low-quality water, while mean weight diameter of aggregates and porosity values decreased.

April 2025, 127 pages

Key Words: Saturated hydraulic conductivity, poor quality water, electrical conductivity, sodium adsorption rate, soil water characteristic curves, bulk density, porosity, aggregate mean weight diameter

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Araştırma konumun seçiminde yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. G. Duygu SEMİZ'e sonsuz şükranlarımı sunarım. Çalışmam süresince maddi ve manevi desteklerini ve alakasını esirgemeyen zorlandığım günlerde yardımına koşan hocam Sn. Prof. Dr. H. Sabri ÖZTÜRK'e (Ankara Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Öğretim Üyesi) teşekkür ederim. Ayrıca tüm kaynaklarını ve bilgi birikimini benimle koşulsuz paylaşan hocam Sn. Prof. Dr. Engin YURTSEVEN'e (Ankara Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Öğretim Üyesi) teşekkür ederim.

M. Hilmi SEÇMEN
Ankara, Nisan 2025

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI	
ETİK	i
ÖZET	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	x
1. GİRİŞ	1
2. KURUMSAL TEMELLER VE KAYNAK ÖZETLERİ.....	7
2.1 Laboratuvar Permeametre Cihazı Kullanılarak Yapılan Hidrolik İletkenlik Çalışmaları.....	7
2.2 Su Kalitesi ve Hidrolik İletkenlik Çalışmaları	9
2.3 Su Kalitesi ve Toprak Fiziksel Özellikleriyle İlgili Çalışmalar	19
3. MATERYAL ve YÖNTEM	22
3.1 Materyal.....	22
3.1.1 Araştırmada kullanılan topraklar	22
3.1.2 Toprakların alındığı yerler ve alınma yöntemi	22
3.1.3 Araştırma topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	23
3.1.4 Araştırmada kullanılan suların özellikleri	23
3.1.5 Toprakların Kalsiyum Klorür (CaCl ₂) ile doyurulma işlemi.....	24
3.2 Yöntem	25
3.2.1 Araştırma uygulamaları ve ardıl araştırma düzeni.....	25
3.2.2 Araştırmanın kurulması ve yürütülmesi	26
3.2.3 Sabit seviyeli yöntemle göre toprak hidrolik iletkenliğinin belirlenmesi.....	28
3.2.4 Analizler.....	29
3.2.4.1 Toprak analizleri.....	29
3.2.4.2 Su analizleri	36
3.2.4.3 Verilerin değerlendirilmesi.....	37
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	38
4.1 Tuzlu ve Sodyumlu Su Uygulamalarının Toprakların Hidrolik İletkenlikleri Üzerine Etkileri	39
4.1.1 T ₁ S ₁ -T ₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik bulguları	39
4.1.2 T ₂ S ₁ -T ₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik bulguları.....	43
4.1.3 T ₁ S ₂ -T ₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik bulguları	46
4.1.4 T ₂ S ₂ -T ₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik bulguları	50
4.2 Tuzlu ve Sodyumlu Su Uygulamalarının Toprakların Farklı pF Değerlerinde Tutukları Su Miktarları Üzerine Etkileri	54
4.2.1 pF 0'da tutulan su miktarı	55
4.2.2 pF 1'de tutulan su miktarı.....	56
4.2.3 pF 2'de tutulan su miktarı	57
4.2.4 pF 2.54'de tutulan su miktarı.....	58
4.2.5 pF 3'de tutulan su miktarı.....	59
4.2.6 pF 4.2'de tutulan su miktarı.....	61
4.3 Tuzlu ve Sodyumlu Su Uygulamalarının Toprakların Agregat Ortalama Ağırlıklı Çapları Üzerine Etkileri.....	67
4.4 Tuzlu ve Sodyumlu Su Uygulamalarının Toprakların Hacim Ağırlıkları Üzerine Etkileri	70
4.5 Tuzlu ve Sodyumlu Su Uygulamalarının Toprakların Özgül Ağırlıkları Üzerine Etkileri	73

4.6 Tuzlu ve Sodyumlu Su Uygulamalarının Toprakların Toplam Gözeneklilik (Porozite) Üzerine Etkileri	74
5. SONUÇ	78
KAYNAKLAR	86
EKLER	94
ÖZGEÇMİŞ.....	127

SİMGELER DİZİNİ

°C	Santigrat
%	Yüzde
cm	Santimetre
cm ³	Santimetreküp
dS	Desisiemens
h	Saat
h	Yükseklik
g	Gram
kPa	Kilopascal
l	Litre
m	Metre
me	Miliekvalent
m ²	Metrekare
ml	Mililitre
mm	Milimetre
mmol	Milimol
r	Yarıçap
s	Saniye
µm	Mikrometre
µS	Mikrosiemens
π	Pi sayısı

Kısaltmalar

AgNO ₃	Gümüş nitrat
Ca	Kalsiyum
CaCl ₂	Kalsiyum klorür
CaCO ₃	Kalsiyum karbonat
CFC	Kritik flokülasyon değeri
C ₂ H ₃ NaO ₂	Sodyum asetat
C ₂ H ₇ NO ₂	Amonyum asetat
CL	Killi tın
Cl	Klor
CO ₂	Karbondioksit
CO ₃	Karbonat
EC	Elektriksel iletkenlik
ECe	Saturasyon ekstraktı tuz konsantrasyonu
EDTA	Etilen diamin tetra asetik asit
ESP	Değişebilir sodyum yüzdesi
HCl	Hidroklorik asit
HCO ₃	Bikarbonat
JPM	İstatistik paket programı
K	Potasyum
Ks	Doygun hidrolik iletkenlik
KDK	Katyon değişim kapasitesi

L	Tın
MgCl ₂	Magnezyum klorür
Mg	Magnezyum
MWD	Ortalama ağırlık çapı
Na	Sodyum
NaCl	Sodyum klorür
NH ₄	Amonyum
OAÇ	Ortalama ağırlıklı çap
PAR	Potasyum adsorpsiyon oranı
pF	Toprak suyunun tutulma gücünün tansiyon cinsinden ifadesi
pH	Toprak reaksiyonu
PVC	Polivinilklorid
SAR	Sodyum adsorpsiyon oranı
SL	Kumlu tın
SO ₄	Sülfat
N	Normalite
NaHCO ₃	Sodyum bikarbonat
V	Hacim

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Toprak örneği tutucusu	25
Şekil 3.2 Hidrolik iletkenlik cihazı	25
Şekil 3.3 Hidrolik iletkenlik cihazı su tankı.....	26
Şekil 3.4 Araştırmada kullanılan hidrolik iletkenlik cihazları	27
Şekil 3.5 Hidrolik iletkenlik cihazı çalışma şeması	29
Şekil 3.6 Çoklu elek yöntemi ıslak eleme cihazı	30
Şekil 3.7 Sandbox cihazı.....	32
Şekil 3.8 Tarla kapasitesi tayin cihazı.....	33
Şekil 3.9 Solma noktası tayin cihazı	33
Şekil 3.10 Kumpas ile çap ölçümü.....	34
Şekil 4.1 $T_1S_1-T_0$ ardıl uygulaması sonrası toprakların hidrolik iletkenlik grafiği ...	40
Şekil 4.2 $T_2S_1-T_0$ ardıl uygulaması sonrası toprakların hidrolik iletkenlik grafiği ...	44
Şekil 4.3 $T_1S_2-T_0$ ardıl uygulaması sonrası toprakların hidrolik iletkenlik grafiği ...	48
Şekil 4.4 $T_2S_2-T_0$ ardıl uygulaması sonrası toprakların hidrolik iletkenlik grafiği ...	52
Şekil 4.5 CL toprağın toprak su karakteristik eğrileri.....	62
Şekil 4.6 Ca-Doy-CL toprağın toprak su karakteristik eğrileri	62
Şekil 4.7 L toprağın toprak su karakteristik eğrileri	63
Şekil 4.8 Ca-Doy-L toprağın toprak su karakteristik eğrileri	63
Şekil 4.9 Düşük kaliteli su uygulamalarına göre toprakların agregat ortalama ağırlık çap grafiği.....	69
Şekil 4.10 Düşük kaliteli su uygulamalarına göre toprakların hacim ağırlığı grafiği 72	
Şekil 4.11 Düşük kaliteli su uygulamalarına göre toprakların porozite grafiği	75

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Toprakların fiziksel özellikleri.....	23
Çizelge 3.2 Toprakların tuzluluk özellikleri	23
Çizelge 3.3 Toprakların kireç kapsamı ve organik madde içerikleri.....	23
Çizelge 3.4 Şehir şebeke suyunun analiz değerleri.....	24
Çizelge 3.5 Araştırmada kullanılan suların iyonik bileşimi.....	24
Çizelge 3.6 Araştırmada kullanılan topraklar	25
Çizelge 3.7 Araştırmada kullanılan düşük kaliteli su uygulamaları	25
Çizelge 3.8 Araştırma düzeni ve uygulama süreleri	26
Çizelge 3.9 Sabit seviyeli yöntemle göre toprakların hidrolik iletkenliklerinin belirlenme aşamaları	29
Çizelge 4.1 Anova analizi sonuçları.....	38
Çizelge 4.2 T ₁ S ₁ -T ₀ ardıl uygulaması Welch t-testi analizi sonuçları.....	39
Çizelge 4.3 T ₂ S ₁ -T ₀ ardıl uygulaması Welch t-testi analizi sonuçları.....	43
Çizelge 4.4 T ₁ S ₂ -T ₀ ardıl uygulaması Welch t-testi analizi sonuçları.....	47
Çizelge 4.5 T ₂ S ₂ -T ₀ ardıl uygulaması Welch t-testi analizi sonuçları.....	51
Çizelge 4.6 pF 0'da toprak numunelerinde tutulan su miktarına ait varyans analizi sonuçları	55
Çizelge 4.7 pF 0'da tutulan su miktarına ait ortalamalar	55
Çizelge 4.8 pF 1'de toprak numunelerinde tutulan su miktarına ait varyans analizi sonuçları.....	56
Çizelge 4.9 pF 1'de tutulan su miktarına ait ortalamalar	57
Çizelge 4.10 pF 2'de toprak numunelerinde tutulan su miktarına ait varyans analizi sonuçları	57
Çizelge 4.11 pF 2'de tutulan su miktarına ait ortalamalar	58
Çizelge 4.12 pF 2.54'de toprak numunelerinde tutulan su miktarına ait varyans analizi sonuçları	58
Çizelge 4.13 pF 2.54'de tutulan su miktarına ait ortalamalar	59
Çizelge 4.14 pF 3'de toprak numunelerinde tutulan su miktarına ait varyans analizi sonuçları	60
Çizelge 4.15 pF 3'de tutulan su miktarına ait ortalamalar	60
Çizelge 4.16 pF 4.2'de toprak numunelerinde tutulan su miktarına ait varyans analizi sonuçları	61
Çizelge 4.17 pF 4.2'de tutulan su miktarına ait ortalamalar	61
Çizelge 4.18 Agregat ortalama ağırlık çap değerlerine ait varyans analizi sonuçları	67

Çizelge 4.19 Agregat ortalama ağırlık çap değerlerine ait ortalamalar	68
Çizelge 4.20 Hacim ağırlığı değerlerine ait varyans analizi sonuçları.....	71
Çizelge 4.21 Hacim ağırlığı değerlerine ait ortalamalar	71
Çizelge 4.22 Düşük kaliteli su uygulamalarına göre toprakların özgül ağırlık analizi sonuçları	73
Çizelge 4.23 Porozite değerlerine ait varyans analizi sonuçları	74
Çizelge 4.24 Porozite değerlerine ait ortalamalar	75

1. GİRİŞ

Toprak ve su kaynaklarından faydalı bir şekilde yararlanmak, bu kaynakları geliştirmek ve toplum yararına koruma ve kullanma dengesini en iyi şekilde gözetmek son yıllarda bilinçli bir farkındalık olmuştur. Bu durum su kaynaklarının her alanda en doğru şekilde yönetimini gerektirir. Tarım sektörü, su tüketiminde önemli bir paya sahip olduğundan, su kaynaklarının yönetiminde de dikkat edilmesi gereken bir sektördür. Artan nüfus, hızlanan iklim değişikliği, sera gazı emisyonlarının sürekli artması ve tekrarlanan kuraklıklar tarıma ayrılan su hacminde ciddi bir tehdit oluşturmaktadır bu durumlara bağlı olarak özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde marjinal suların tarım arazilerinin sulanmasında su kaynağı olarak kullanılması gün geçtikçe artmaktadır. Bu tür suların tedbirsiz kullanımı sonucu toprakların agregat stabilitesinde bozulma, hidrolik iletkenliklerinde azalma, yüzey akış ve erozyon gibi sorunlar meydana gelmektedir. Bu olumsuz etkiler nedeniyle, özellikle sulama sularının tuz içerikleri ve SAR düzeyleri tarımsal üretimin sürdürülebilirliği için periyodik olarak test edilmelidir.

Toprak hidrolik iletkenliği hidrolojik su döngüsünün önemli bir etkenidir. Bu etkisinden dolayı toprakta meydana gelen su döngüsünün anlaşılmasında diğer toprak özellikleri ile ilişkili olarak hidrolik iletkenliğin sayısal büyüklüğünün belirlenmesi oldukça önemlidir. Toprakların hidrolik iletkenlik özelliğinin bilinmesi kil tipi, toprak sıkışması, toplam porozite, por büyüklük dağılımı, por geometrisi, bünye ve strüktür gibi toprak özellikleri hakkında fikir vermekte ve çıkarımlar yapılmasına olanak sağlamaktadır. Ayrıca hidrolik iletkenlik toprakların geçirgenlik özelliklerini ve dolayısıyla topraklarda tuz ve tarımsal kimyasalların taşınma ve yıkanmasını kontrol eden önemli fiziksel bir özellik olup, tarım toprakları içinde yersel değişkenlik göstermektedir (Sarıyev vd. 2020). Hidrolik iletkenlik, toprakta suyun sızması ve akışı, yeraltı suyunun beslenmesi ve çözelti transferi gibi toprak su akışının tanımlanmasının yanı sıra sulama ve drenaj sistemlerinin tasarlanması ve modellenmesi için de önemli bir parametredir (Bagarello vd. 2005, Zeng vd. 2013).

Toprağın hidrolik iletkenliği toprakta bulunan gözeneklerin sayısına ve çapına bağlı olarak o toprağın ortalama su iletme özelliğini temsil etmektedir (Kessler ve Oosterbaan

1974). Doymuş hidrolik iletkenlik ise doymuş bir toprağın suyu ne kadar hızlı iletebileceğini kontrol eden kritik bir parametredir ve toplam gözeneklilik, gözenek boyutu ve gözeneklerin kıvrımlılığı gibi toprak koşullarını ve ayrıca viskozite ve yoğunluk gibi toprak suyunun özelliklerini yansıtır (Buelow, Steenwerth ve Parikh, 2015). Doymuş hidrolik iletkenlik, toprak-bitki-su etkileşimlerini ve toprak profili boyunca su ve kirletici madde hareketini ve tutulumunu anlamak için en önemli toprak özelliklerinden biri olarak kabul edilmektedir (Dep ve Shukla 2012).

Toprağın hidrolik özelliklerinin toprak dokusu, kil mineralojisi, toprak yapısı, hacim ağırlığı, toprak çözelti konsantrasyonu ve kimyası, değişebilir katyonların bileşimi ve katyon değişim kapasitesi, şişme ve biyolojik aktivite gibi birçok faktörden etkilendiği bilinmektedir (Rezaei vd. 2021). Kararlı toprak agregaları, bitki büyümesi için faydalı olan yeterli hidrolik iletkenliği korumada önemlidir. Toprağın hidrolik iletkenliğini korumak, sulama suyunun toprakta hareketini, depolanmasını ve bitkilerin kullanımına sunulmasını sağlar. Ayrıca, uygulanan sulama suyunun kök bölgesinde yeniden dağıtılması için yeterli bir toprak hidrolik iletkenliği gereklidir (Awedat 2014). Toprağın hidrolik özelliklerinin bozulmasının iki ana sonucu vardır. Birincisi toprağa daha az su sızar ve bunun sonucunda toprak alt katmanlarında bitkinin kullanabileceği su miktarı azalır, ikincisi ise yüzey akış oluşur ve buna bağlı su kaybı ve toprak erozyonu artabilir (Bauder ve Brock 2001).

Hidrolik iletkenlik, arazide yerinde yapılan denemelerle veya laboratuvarda toprak örnekleri üzerinde belirlenebilir. Her iki durumda da toprak kitlesinde belirli akış koşulları oluşturulmakta ve ölçülen boşalım miktarının hidrolik iletkenlik değeri ile akış koşulları ve boşalım arasındaki ilişkiyi veren eşitlikte yerine konmasıyla hidrolik iletkenlik değeri hesaplanmaktadır (Gemalmaz 1992). Hidrolik iletkenliğin arazide belirlenmesi sırasında toprağın tam doymuşluğu sağlanamayabilir ayrıca hızlı bir doymuşluk süreci sırasında toprak gözeneklerinde hava hapsolabilir, bu gibi etkiler sahada ölçülen hidrolik iletkenlik değerlerini azaltabilir (Fodor vd. 2011). Hidrolik iletkenliğin laboratuvar şartlarında belirlenmesinde ise yüksek geçirgenliğe sahip topraklar (örneğin kumlu topraklar) için sabit su yüksekliği yöntemi, düşük geçirgenliğe sahip topraklar (örneğin killi topraklar) için düşen su yüksekliği yöntemi, sert killer veya

aşırı düşük hidrolik iletkenliğe sahip topraklar için ise genellikle darbe testleri kullanılmaktadır (Zhang vd. 2000). Hidrolik iletkenliğin belirlenmesinde laboratuvar yöntemlerinin avantajları, hidrolik yükün, sıcaklığın ve akış koşullarının tam olarak tanımlanmış olması, hapsolan havanın etkilerinin en aza indirilmiş olması ve hidrolik iletkenliğin (Ks) Darcy denklemi (Hidrolik iletkenliğin birincil tanımlayıcı denklemi) kullanılarak hesaplanması sayılabilir (Jacka vd. 2014). Hidrolik iletkenliğin belirlenmesinde arazi ve laboratuvar yöntemlerinin haricinde korelasyon yöntemleri de kullanılmaktadır. Korelasyon yöntemleri, kolayca belirlenebilen bir toprak özelliği (örneğin tane boyut dağılımı, tekstür vb.) ile hidrolik iletkenlik değeri arasındaki önceden belirlenmiş ilişkiyi tahmin edilmektedir fakat bu yöntemle elde edilen hidrolik iletkenlik değeri kesin bir değer değildir (Stibinger 2014).

Sulama suları, kimyasal içeriklerine ve uzun süre kullanılması durumunda toprakta yaratacağı etkilere göre sınıflandırılmaktadır. Bu sınıflandırmalarda dikkate alınan en önemli özellikler suyun elektriksel iletkenliği (EC) ve sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) değerleridir. Ancak son yıllarda geleneksel olmayan (tuzlu ve atık) suların da sulamada kullanılması, sınıflandırmada sorunların çıkmasına neden olmaktadır. Çünkü bu tür sular karmaşık birçok etmen içerir ve çok sayıda değişken tarafından denetlenebilir (Hamdy 1988). Tuzlu-sodyumlu su, baskın katyon olarak sodyumun (Na) bulunduğu aşırı tuzlara sahip su olmasıyla karakterize edilir ve bu tür sular toprak çözeltisindeki sodyum miktarını diğer ana katyonlara (Ca, Mg ve K) göre artırır. Bu sular, toprak agregat stabilitesi, infiltrasyon ve doymuş hidrolik iletkenlik (Ks) üzerinde olumsuz etkilerle ilişkili olduğu bilinen yüksek sodyum adsorpsiyon oranlarına sahiptir (Awedat 2014). Özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde sulama suları önemli miktarda Na, Ca ve Mg tuzları içerdiğinden bu tuzların hidrolik iletkenlik üzerine olan etkileri büyük ölçüde nisbi oranlarına bağlıdır (Chaudhari 2001).

Sulama suyunda sodyum fazlalığı ve tuzluluk en önemli iki sorundur. Sodyum tehlikesi toprağın fiziksel özellikleri üzerinde yapacağı olumsuz etkilerinden dolayı sodyuma bağlıdır. Suyun sodyum tehlikesi genellikle sodyum adsorpsiyon oranı olarak ifade edilir ve şu şekilde hesaplanır: $SAR = Na^+ / (\sqrt{(Ca^{+2} + Mg^{+2})/2})$. SAR, sodik sulama suyunun toprağın yapısal stabilitesi üzerindeki potansiyel etkilerinin bir göstergesidir (Ayers ve

Westcot 1989). Tarım açısından tuzluluk, su ve toprak suyunda bulunan çözünmüş mineral tuzların hacim veya ağırlık esaslı konsantrasyonudur (Ghassemi vd. 1995). Tuzluluk tehlikesi ise sulama suyuyla gelen tuzların bitkinin kök bölgesi içinde birikmeye başlamasıyla oluşan ve toprak nemli olsa bile bitkinin kökleriyle bu suyu alamadığı durumdur. Toprak çözeltisinin artan ozmotik basıncı nedeniyle mahsul, topraktan yeterli suyu çekemez ve bu nedenle mahsulün büyümesi ve verimi azalır (Maas ve Hoffman 1977).

Sulama suyunun tuz miktarı ve sodyum adsorbsiyon oranı toprağın fiziksel yapısında önemli değişiklikler meydana getirdiği bilinmektedir. Sulama yapılırken mutlaka toprağa belirli bir miktarda tuz iletimi olmaktadır (Yurtseven 1999). Toprakta absorbe edilen sodyum adsorbsiyon oranı %10–15'i geçtiğinde, kil kompleksleri disperse olur, toprak işleme güçleşir, geçirgenlik azalır, çimlenme zayıflar, yani toprakta artan sodyum miktarı bitki gelişimini olumsuz yönde etkiler (Temizel ve Tok 2019).

Sodyum toplam tuzluluğa doğrudan katkıda bulunmasına ve hassas ürünler için toksik etki yapmasına rağmen sodyumun yüksek konsantrasyonuyla ilgili temel sorun, toprağın fiziksel özellikleri (toprak yapısının bozulması) üzerindeki etkisidir. Yüksek SAR değerine sahip sulama sularının sürekli kullanımı sonucu toprak kolloidleri üzerinde adsorbe edilmiş sodyumun miktarına bağlı olarak toprağın fiziksel yapısında bozulma başlar. Toprağın fiziksel yapısındaki bu bozulma, toprak kilinin dağılmasına ve toprağın kurduğunda sert ve kompakt, ıslakken ise geçirimsiz hale gelmesine neden olur (Zaman vd. 2018).

Toprağın sahip olduğu çözünebilir tuzların konsantrasyonu ve yüksek SAR dispersiyon yoluyla toprak strüktürünün bozulmasına neden olur ve hidrolik iletkenlik değerini önemli ölçüde etkiler. Bunun nedeni dispers kil partiküllerinin, toprakta hidrolik akışın gerçekleştiği makro gözenekleri tıkamasıdır (Karimpour-Reihan 2002). Sodyuma doymuş topraklar kalsiyum ile doymuş topraklardan daha fazla hidrate ve dispers olurlar. Bunun sonucunda sodyum yoğunluğu yüksek olan topraklarda kil kompleksleri gibi değişim yüzeylerinin etkisi azalır ve toprak agregatları parçalanarak toprak strüktürü bozulur, kalsiyum ise toprak tanelerini kümeleştirici bir etki ortaya koyarak agregat oluşumunu

teşvik eder (Özdemir 1998). Sodyum kaynaklı toprak dispersiyonunda toprak yapısı bozulduğundan hidrolik iletkenlik azalır. Hidrolik iletkenlik azalması durumunda ise su toprağa sızamaz ve üst toprak tabakasında su birikmelerine neden olur, oluşan bu olumsuz durum bitki büyümesini azaltır ve sonuçta organik madde ayrışma oranlarını azaltan anaerobik topraklar oluşur (Pearson 2003).

Yüksek sodyum konsantrasyonuna bağlı fiziksel süreçlerin başında toprağın dağılması ve agregatların şişmesi gelir. Kil parçacıklarını birbirine bağlayan kuvvetlerin aralarına fazla sayıda sodyum iyonu girdiğinde bu kuvvetler bozulur ve kil parçacıkları genişleyerek şişmeye başlar ve toprağın dağılmasına neden olur. Sodyum kaynaklı dispersiyonun sonucunda üç ana problem ortaya çıkar bunlar, infiltrasyonun azalması, hidrolik iletkenliğin azalması ve yüzey kabuklanmasıdır (Hanson vd. 1999). Toprak çözeltisi içinde dağılmış kil parçacıklarının çöktüğü durumda ise toprak gözenekleri tıkanabilir, ayrıca dağılmış parçacıklar çimento benzeri bir toprak oluşturabilirler. Bu gözenek tıkaçıcı ve çimento benzeri yapı bitkilerin büyümesini zorlaştırır, aynı zamanda suyun akışını ve suyun toprağa sızmasını engeller (Ayers ve Westcot 1989). Rhoades ve Loveday'e (1990) göre belirli bir suyun sodyumluluk tehlikesini belirli bir toprak tipi için sulama ve yağmur dönüşümlü koşullar altında, agregat kararlılığı, kil dağılımı ve toprak geçirgenliği analizleri yaparak değerlendirmek gerekir.

Bu çalışmanın temel amaçları; 1. Farklı SAR seviyelerine ve farklı elektriksel iletkenlik değerlerine sahip tuzlu sodyumlu su uygulamalarının toprakların (CL ve L) doymuş hidrolik iletkenlikleri üzerine olan etkilerini laboratuvar şartlarında hidrolik iletkenlik cihazı kullanarak araştırmak. 2. Tuzlu sodyumlu su uygulamalarının kalsiyuma doymuş toprakların (Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L) hidrolik iletkenlikleri üzerine olan etkisini araştırmak ve kalsiyum katyonunun flokülasyon gücünü değerlendirmek. 3. Tuzlu sodyumlu su uygulamalarının toprakların agregat stabilitesi, hacim ağırlığı, porozite ve toprak su içerikleri gibi fiziksel özelliklerde meydana getirebileceği değişimleri laboratuvar şartlarında analiz ederek araştırmak. 4. Tuzlu sodyumlu su uygulamaları ardından yağmur suyunu simüle etmek amacıyla saf su uygulamasının toprakların doymuş hidrolik iletkenliklerinde meydana getireceği değişimi araştırmak.

Sulama sularındaki çözünebilir tuzların konsantrasyonu özellikle de sulama suyunun aşırı sodyum içeriği toprak yapısının bozulup dispers olmasına ve gözenek tıkanıklığına neden olmakta ve suyun toprağa nüfuz etmesini engellemektedir, bu nedenle sulama suyu kalitesi sulanan bir tarım alanında toprak yönetimi ve suyun kullanımı açısından kritik öneme sahip olduğu gibi ekim için ürün seçimini de etkilemektedir. Bu çalışmayla değişen kalitedeki tuzlu sodyumlu sulama sularının kullanımı sonucu topraklarda meydana gelecek kil şişmesi, dağılması ve gözenek tıkanmasının toprak hidrolik iletkenliği üzerindeki etkisini araştırmak ulaşılmak istenen hedeflerin başında gelmektedir. Bu tür suların toprak hacim ağırlığı, agregat stabilitesi, porozite gibi fiziksel özelliklerde meydana getireceği değişimleri araştırmak bir diğer amaçtır. Tuzlu sodyumlu su uygulamaları sonrası yağmur suyunun uygulamasının toprak hidrolik iletkenliği üzerine olan etkilerini araştırmak amaçlardan bir diğeridir. Tuzlu sodyumlu suların sulama amaçlı kullanılabilmesi için bu tür suların toprak hidrolik özelliklerini ne şekilde etkilediğinin bilinmesi buna göre yönetim stratejilerinin belirlenerek yönergeler hazırlanması için bilgi üretmek bir diğer amaçtır. Yağmur ve sulamanın düzenli olarak gerçekleştiği tarımsal üretim yapılan bölgelerde su kalite standartları kurak bölgeler için mevcut kalite standartlarından farklı olabilir. Bu çalışmayla hem kurak hem de yağışın tarımsal üretimde bir faktör olduğu bölgeler için düşük kaliteli su ve yağış döngüsünün toprak fiziksel özellikleri üzerinde yapacağı etkiler hakkında bilgi üretmek amaçlardan bir diğeridir. Yıkama yoluyla tuzlu topraklarda yapılan ıslah çalışmalarında hidrolik iletkenlik değeri gerekli olduğundan bu çalışma ile aynı alanda yapılacak çalışmalara kaynak oluşturmak bir diğer amaçtır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Laboratuvar Permeametre Cihazı Kullanılarak Yapılan Hidrolik İletkenlik Çalışmaları

Shwetha ve Varija (2015) doygun hidrolik iletkenlik değerlerini kullanarak toprak su tutma eğrisini tahmin etmek için ampirik bir ilişki geliştirmek amacıyla bir çalışma yapmışlardır. alışmalarını Hindistan'ın Karnataka eyaletinin Pavanje nehri havzasının farklı yerlerinden ve farklı derinliklerden topladıkları kumlu tınlı ve tınlı kumlu tekstürlü yüz bir toprak numunesinde yürütmüşlerdir. Toprakların hidrolik iletkenlik değerlerini laboratuvar şartlarında permeametre cihazı kullanarak değişken düşen seviyeli hidrolik yük yöntemiyle belirlemişlerdir. Toprak su tutma eğrisi verilerini ise basınç plakası aparatı kullanarak 33, 100, 300, 500, 1000 ve 1500 kPa matris potansiyellerinde uyguladıkları basınçlardan elde etmişlerdir. Tahmin doğruluklarını farklı istatistiksel yöntem kullanarak değerlendirmişlerdir. Sonuç olarak doygun hidrolik iletkenlik verilerini kullanarak toprak nem tutma eğrisini tahmin etmek için geliştirdikleri denklemin Pavanje nehri havzası toprakları için kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Sarı (2017) bazı toprak özelliklerinin toprak hidrolik iletkenliği üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla Tekirdağ ilinde bir çalışma yürütmüştür. alışmasında 53 farklı noktadan ve 4 farklı derinlikten (0-30, 30-60, 60-90, 90-120 cm) bozulmamış toprak örnekleri almıştır. Hidrolik iletkenlik ölçümlerini laboratuvar şartlarında permeametre cihazında sabit seviyeli yöntemle göre belirlemiş ve sonuçları Darcy Yasası'na göre hesaplamıştır. alışmalarının sonunda, hidrolik iletkenlik ile kil ve hacim ağırlığı arasında, negatif ve %1 düzeyinde önemli, hidrolik iletkenlik ile kum, tane yoğunluğu ve porozite arasında pozitif ve %1 düzeyinde önemli ilişki bulmuştur. Hidrolik iletkenlik ile silt, organik madde arasında pozitif ve önemsiz, hidrolik iletkenlik ile kireç, pH, EC arasında negatif ve önemsiz ilişkiler bulmuştur. Ayrıca hidrolik iletkenlik ile arazi kullanımı arasında yapılan interaksiyonlarda ise %1 düzeyinde önemli ilişki bulmuştur.

Sarı ve Sağlam (2018) 15 farklı noktadan ve her noktada iki farklı derinlikten (0-30 cm ve 30-60 cm) olacak şekilde 30 adet bozulmuş ve 30 adet bozulmamış toplam 60 toprak

numunesi toplamışlardır. Laboratuvar şartlarında permeametre cihazı kullanarak sabit seviyeli yöntemle göre toprakların hidrolik iletkenlik analizlerini yapmışlardır. Hidrolik iletkenlik değerlerini ise 2, 8, 24 ve 48'inci saatlerde olacak şekilde Darcy Yasası'na göre belirlemişlerdir. Çalışmalarının sonunda bozulmuş ve bozulmamış toprak numunelerinin hidrolik iletkenlik analiz sonuçları üzerine korelasyon analizi yapmışlar ve 2, 8, 24 ve 48'inci saatlerdeki korelasyonları %1 düzeyinde önemli bulmuşlardır.

Adem vd. (2022) Etiyopya'da toprakların hidrolik iletkenlik değerlerini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında sabit seviyeli hidrolik yük ve düşen seviyeli hidrolik yük yöntemi olmak üzere iki farklı yöntemi kullanmışlardır. Çalışmalarının sonunda, kumlu tın toprak için sabit seviyeli hidrolik yük yöntemine göre ortalama K_s değerini 0.0013 cm/s olarak bulmuşlardır, aynı toprakları düşen seviyeli hidrolik yük yöntemiyle yaptıklarında ise K_s değerinin 0.00124-0.00173 cm/s aralığında değiştiğini belirtmişlerdir. Killi toprakta ise sadece düşen seviyeli hidrolik yük yöntemini kullanmışlar ve K_s 'yi ortalama 0.000124 cm/s olarak bulmuşlardır.

Sabtow ve Kızıloğlu (2022) stabilize kent çamurunun jipsle birlikte karıştırılarak uygulandığı tuzlu sodyumlu bir toprağa temiz su ve arıtılmış atık su uygulamalarının toprağın hidrolik iletkenliğinde meydana getireceği değişimi araştırmak amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmalarını, 3 arıtma çamuru dozu (50, 100 ve 150 t/ha), 3 ıslanma kuruma döngüsü (0, 7 ve 14 gün) ve 2 su tipi (temiz su ve arıtılmış atık su) ile 3 tekerrürlü olarak yürütmüşlerdir. Toprakların hidrolik iletkenlik değerlerini sabit seviyeli ICW laboratuvar permeametrosi kullanılarak doygun koşullar altında farklı zaman aralıklarında (2, 12 ve 24 saat) ölçmüşlerdir. Çalışmalarının sonunda uygulanan arıtma çamuru dozu artışının, toprakların hidrolik iletkenlik değerini önemli ölçüde, ölçüm aralığına bağlı olarak ise çok önemli ölçüde etkilediğini ve stabilize atık çamuru karıştırılmış topraklarda normal sulama suyu ve arıtılmış atık su uygulamalarının toprakların hidrolik iletkenlik değerlerinde artışa neden olacağını bildirmişlerdir.

2.2 Su Kalitesi ve Hidrolik İletkenlik Çalışmaları

Minhas ve Sharma (1986) toprakların doygun hidrolik iletkenliğini ölçmek ve kil dağılım derecesini belirlemek amacıyla iki farklı toprak tekstürü kullanarak (SL ve CL) hazırladıkları kolonlarda bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında yağmur suyunu simüle etmek amacıyla ($EC=0.02$ dS/m) saf su ile birlikte sodyum adsorpsiyon oranı farklı olan (5, 15, 30 ve 45) ve elektriksel iletkenlik değeri farklı olan (15, 30, 60 ve 90 me/l) bir dizi farklı kalitede sulama suyu hazırlamışlardır. Çalışmalarını toprak kolonlarını tuzlu su, saf su, tuzlu su yıkaması şeklinde planlamışlardır. Toprak kolonlarından sabit bir hidrolik iletkenlik değeri elde edilene kadar farklı zaman aralıklarında süzülen suyu toplamışlar ve topladıkları süzüklerde, kil içeriği, elektriksel iletkenlik ve SAR değerlerini, standart tekniklerle ölçmüşlerdir. Sonuç olarak süzük suyundaki SAR artışları ve elektriksel iletkenlikte ki azalmanın, toprakların kil dağılımını artırdığını ve hidrolik iletkenliği azalttığını belirtmişlerdir. SAR 5 konusunda bile tuzlu suyun yerini yağmur suyu aldığında hidrolik iletkenlikte ciddi düşüşler gözlemlendiğini düşüşün kumlu killi topraklarda daha yüksek olduğunu, tuzlu suyun tekrar uygulanması sonucunda ise iyileşmenin önemsiz olduğunu belirtmişlerdir.

Chaudhari (2001) Killi, killi tın ve siltli tın toprak tekstürlerini kullanarak su kalitesinin doygun hidrolik iletkenlik, kil dağılımı ve kil şişmesi üzerine olan etkilerini incelemek amacıyla bir çalışma yürütmüştür. Çalışmasını altı farklı SAR seviyesi, (2.5 ile 30 arası) ve dört farklı elektrolit konsantrasyonu (5 ila 50 me/L arası) içeren 24 farklı çözelti kombinasyonunda yürütmüştür. Çalışmasının sonunda doygun hidrolik iletkenliği killi toprakta 0.009 ila 0.157 arasında, killi tın toprakta 0.016 ila 0.235 arasında ve siltli tınlı toprakta ise 0.453 ila 22.76 cm/h arasında değiştiğini bulmuştur. Çalıştığı tüm topraklar için doygun hidrolik iletkenliğin değiştirilebilir sodyum yüzdesi'ne (ESP) önemli ölçüde bağlı olduğunu, dispersiyon ve şişmenin, kil ve killi tınlı topraklarda doygun hidrolik iletkenlikteki değişiklikleri yöneten önemli süreçler olduğunu belirtmiştir.

Patterson (2001) Killi tın toprak tekstürü ve farklı SAR değerlerine sahip sulama suları kullanarak bir araştırma yapmıştır. Çalışmasında toprağa, üç saatlik aralıklarla altı su uygulaması yapmış ve sonuç olarak doygun koşullardaki hidrolik iletkenlik değerinin,

sulama suyunun artan SAR değerine bağlı olarak azaldığını belirlemiştir, meydana gelen bu azalmayı sodyumun toprak partiküllerini dispers edici etkisine atfetmiştir.

Shainberg vd. (2001) ön ıslatma hızının toprakların hidrolik iletkenliği üzerine olan etkilerini incelemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında, ESP'si 2, 6 ve 10 arasında değişen kum, tın, tınlı kum, kumlu kil ve 2 farklı kil içerikli toprak kullanmışlardır. Hava kuru hale getirdikleri toprak numunelerini kolonlara paketlemişler ve kolonları saf su kullanarak kapillariteyle 3 farklı hızda (1.7, 4.25 ve 50 mm/s) ön ıslatmaya tabi tutmuşlardır. Ön ıslatma işleminden sonra doymuş hidrolik iletkenliği yine deiyonize su kullanarak sabit yük yöntemiyle belirlemiştir. Tınlı kum ve tın tekstürlü toprakların hidrolik iletkenliklerinin ön ıslatma hızlarından etkilenmediğini, buna karşılık kumlu kilin ve 2 farklı kil içerikli toprakların hidrolik iletkenliklerinin ön ıslatma hızından etkilendiğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak ön ıslatma hızının hidrolik iletkenlik üzerindeki etkisinin özellikle düşük ESP'li topraklarda kil içeriği arttıkça daha belirgin olduğunu ve ayrıca saf su ile yıkanan sodik toprakların hidrolik iletkenliklerinin artan ıslatma hızlarıyla daha düşük değerlere düştüğünü belirtmişlerdir.

Zhang ve Norton (2002) Magnezyum'un kil şişmesini, parçalanmasını ve kil dispersiyonunu teşvik ettiğini ve doymuş hidrolik iletkenliği azalttığını varsayarak bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarını iki farklı toprak kullanarak paketledikleri toprak kolonlarında yapmışlardır. Çalışmalarında 250, 10, 2, 0.5 ve 0 mmol konsantrasyonlarında Ca içeren çözeltiler ile yine aynı konsantrasyonlarda Mg içeren çözeltiler hazırlamışlar ve hazırladıkları bu çözeltileri ardışık olarak toprak kolonlarına uygulayarak toprak kolonlarını yıkamışlardır. Ca ve Mg için kritik flokülasyon değerlerini (CFC) flokülasyon testleri yaparak belirlemiştir. . CFC'leri her iki toprakta da Mg'de Ca'dan daha yüksek bulmuşlardır ve Mg'nin Ca'dan daha dağıtıcı olduğu sonucuna varmışlardır. Toprakların agregat kararlılıklarını, ıslak eleme yöntemi ile değerlendirmişlerdir. Her iki toprağın 1-2 mm agregalarını kullanarak analiz ettikleri ağırlıklı çap değerlerini Ca çözeltisi uyguladıkları topraklarda Mg çözeltisi uyguladıkları topraklara kıyasla önemli ölçüde daha büyük (P= 0.05) bulmuşlardır. Hidrolik iletkenlik değerlerini ise yüksek Mg konsantrasyonlu çözeltiler uyguladıkları kolonlarda düşük

değerlerde bulmuşlardır. Sonuç olarak Mg'li çözelti uygulamanın topraklarda daha fazla kil dağıttığını ve hidrolik iletkenliği daha fazla düşürdüğü sonucuna varmışlardır.

Levy vd. (2005) toprak sodikliği, tuzluluğu ve ıslatma oranının toprakların doymuş hidrolik iletkenliği üzerine olan birleşik etkilerini incelemek amacıyla laboratuvar şartlarında toprak kolonlarında iki ayrı deney seti şeklinde bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında İsrail'in farklı bölgelerinden örnekledikleri değiştirilebilir sodyum yüzdesi (ESP) seviyeleri farklı olan tınlı kum, tın, kumlu kil ve kil olmak üzere 4 farklı toprak tekstürü kullanmışlardır. Birinci deney setinde ESP'si 1 ila 20 aralığında değişen toplam 60 toprak numunesi kullanarak saf su ile hızlı bir yıkamanın (ıslatma hızı 50 mm/h) toprakların doymuş hidrolik iletkenlik üzerine olan etkisini incelemişlerdir. İkinci deney setinde ise 4 farklı ESP seviyesi içeren toplam 16 toprak numunesinde yağmur suyunu simule etmek amacıyla saf su ve elektiriksel iletkenliği 2 dS/m olan tuzlu su kullanarak iki ayrı ıslatma hızının (2 ve 50 mm/h) doymuş hidrolik iletkenlik üzerine olan etkilerini incelemişlerdir. İlk deney sonucunda sodikliğin doymuş hidrolik iletkenlik üzerine olan olumsuz etkisinin, büyük ölçüde toprak tekstürüne bağlı olduğunu, ikinci deney sonucunda ise özellikle tınlı, kumlu killi ve killi topraklarda su kalitesi, ıslatma oranı ve ESP arasında ki üçlü etkileşimin hidrolik iletkenlik üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak hidrolik iletkenliğin tuzluluk, sodiklik ve ıslatma oranına bağımlı olduğunu ve hidrolik iletkenliği tahmin ederken bu parametrelerin, tek tek değil aynı anda değerlendirilmesi gerektiğini vurgulamışlardır.

Bhardwaj vd. (2008) İsrail'de sodik topraklarda arıtılmış atık su, tuzlu-sodik su ve tuzlu kaynak suyuyla yapılan sulamaların toprakların hidrolik iletkenliklerinde, kil şişme durumlarında ve agregat stabiliteelerinde olan etkilerini araştırmak amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Üç farklı su kalitesinin kullanıldığı deney sahasından laboratuvar çalışmaları için bozulmuş ve bozulmamış toprak numuneleri almışlardır. Kontrol ve sulanan alanlardan örnekleme işlemini, sulama mevsiminin sonunda (2005 sonbaharı) ve takip eden yağışlı mevsimden sonra (2006 ilkbaharı) olmak üzere iki kez yapmışlardır. Sonuç olarak, her iki örnekleme sezonu için de arıtılmış atık su ile sulanan alandan alınan numunelerin, hidrolik iletkenlik ve agregat stabiliteelerinin tuzlu-sodik su ve tuzlu kaynak suyu ile sulanan alanlardan alınan numunelerden önemli ölçüde daha yüksek değerler

verdiğini bulmuşlardır. Sonbahar numunelerinin, ilkbahar numunelerine kıyasla genel olarak daha yüksek hidrolik iletkenlik ve daha düşük kil şişme seviyeleri sergilediğini buna karşılık ilkbahar numunelerinin agregat stabilitesinin sonbahar numunelerinden daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Hidrolik iletkenlik, kil şişme durumu ve agregat stabilitesi sonuçlarındaki bu mevsimsel değişimleri, toprakların tuzluluk ve sodikliğindeki mevsimsel değişimlerle ilişkilendirmişlerdir.

Ben - Hur vd. (2009) İsrail'in farklı bölgelerinde tuzlu ve sodik koşullar altında kalmış toprakların yapısal bozulmalarını ve doygun hidrolik iletkenliklerini araştırmak amacıyla toprak kolonlarında bir çalışma yürütmüşlerdir. İki farklı değiştirilebilir sodyum yüzdesi (ESP) (4.5 ve 10) seviyesi içeren killi ve tınlı kum toprağı laboratuvar şartlarında eleyerek iki farklı agregat çapında toprak hazırlamışlardır (< 1 mm ve 2-4 mm arası). Her bir agregat boyutu ve her bir ESP seviyesi için hazırladıkları toprak kolonlarını yavaş ve hızlı ön ıslatmaya tabi tutmuşlar ve sonra hidrolik iletkenlik değerlerini sabit seviyeli bir cihaz (Mariotte şişesi) aracılığıyla belirlemişlerdir. Sonuç olarak farklı ıslatma hızlarının tınlı kum tekstüre sahip toprağın hidrolik iletkenliği üzerinde hiçbir etkiye sahip olmadığını ancak, kumlu tın toprağın büyük agregalı kolonlarında ölçülen hidrolik iletkenlik değerlerinin küçük agregalı kolonlarında ölçülenden çok daha büyük olduğunu bulmuşlardır. Buna karşılık killi toprakta büyük agregalı kolonlarda, hızlı ön ıslatmadan sonra belirledikleri hidrolik iletkenlik değerlerini, yavaş ön ıslatmadan sonraki değerlerden önemli ölçüde daha küçük bulduklarını belirtmişlerdir. Ayrıca killi toprak kolonlarında diyonize su kil dağılımı meydana getirdiğinden hidrolik iletkenlik değerlerini önemli ölçüde azalttığını belirtmişlerdir.

Arienzo vd. (2012) Sodyum ve potasyumun, toprak yapısal kararlılığı ve toprak hidrolik iletkenliği üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında kil tekstürlü toprak içeren bir uygulama sahasından aldıkları hem yüzey hem de alt toprak numunelerini laboratuvar şartlarında kolonlarda paketlemişlerdir. Çalışmalarında şarap imalathanesi atık suyunu kullanarak sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) ve potasyum adsorpsiyon oranı (PAR) 5 ila 40 aralığında olacak şekilde ve elektrolit konsantrasyonları 2.5 ila 640 me/l aralığında olacak şekilde muhtelif çözeltiler hazırlamışlar ve bunu toprak kolonlarına uygulamışlardır. PAR ve SAR oranı 20 ve 40

olan çözeltilerin uygulandığı kolonlarda elektrolit konsantrasyonu azaldıkça hidrolik iletkenlik değerlerinde de bir azalma olduğunu ancak PAR çözeltilerinde meydana gelen hidrolik iletkenlik azalmalarının , aynı orana karşılık gelen SAR çözeltilerinden önemli ölçüde daha küçük olduğunu bulmuşlardır. Sonuç olarak uygulanan sulama suyunun sodyum içeriğine kıyasla yüksek potasyum içermesi durumunda toprak stabilitesinin daha fazla korunduğunu belirtmişlerdir.

Fahu vd. (2013) farklı tuz konsantrasyonları ve farklı SAR oranları içeren sulama sularının, ESP'si sıfır olan sodyum içermeyen topraklar ile ESP'si 30 olan sodyum içeren toprakların doymuş hidrolik iletkenlikleri üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla bir laboratuvar çalışması yürütmüşlerdir. Çalışmalarında farklı sulama suyu tuz konsantrasyonlarını (2.5, 10 ve 25 mmol/L) ve farklı SAR (0, 10 ve 30) değerlerini ve ayrıca kontrol konusu olarak saf su konusunu (EC= 0) kullanmışlardır. Sodik olan toprağı, SAR seviyesi 30, tuz konsantrasyonu 2.5 mmol/L olan su ile yıkadıklarında, doymuş hidrolik iletkenliklerin küçük değerlerde olduğunu (0.04–0.10 cm/h), ancak aynı toprağı aynı SAR seviyesi ve 25 mmol/L'li tuz konsantrasyonu olan su ile yıkadıklarında ise hidrolik iletkenlik değerlerinin önemli oranda arttığını (0.8-2.5 cm/h) bildirmişlerdir. Tüm su konuları için, sodik olmayan toprak kolonlarında doymuş hidrolik iletkenlik değerlerinin 0.75–13.25 cm/h aralığında değiştiğini ve sodik toprak kolonlarında ise 0.06–6.50 cm/h aralığında değiştiğini bildirmişlerdir. Ayrıca sodik toprakta doymuş hidrolik iletkenliğin yıkama suyundaki artan tuz konsantrasyonu ve azalan SAR ile arttığını buna karşılık sodik olmayan toprakta hidrolik iletkenliğin yıkama suyundaki artan tuz konsantrasyonu ve azalan SAR ile azaldığını bildirmişlerdir.

Shang vd. (2014), toprak doymuş hidrolik iletkenliğinin, toprak gözenek dağılımının ve toprak gözeneklerinin fraktal boyutunun, normal şebeke suyu, arıtılmış atık su ve farklı SAR değeri (3,10 ve 20) içeren suları kullanarak nasıl değiştiğini araştırmak amacıyla 2 yıl süreli bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarının sonunda, su konularına göre toprak hidrolik iletkenliğinin, normal şebeke suyu>SAR 3>arıtılmış atık su>SAR 10>SAR 20 şeklinde değiştiğini bildirmişlerdir. Arıtılmış atık su konusunda, bu sulara bulunan askıdaki katı partiküllerin ve çözülmüş organik maddenin toprak hidrolik iletkenliği üzerine yapacağı olumsuz etkinin sodyumun yapacağı olumsuz etkiden daha önemli

olduğunu belirtmişlerdir. Artırılmış atık su ile yapılan sulamalar sonucu toprak gözenek dağılımının, tuzlu-sodik sularla yapılan sulamalara kıyasla daha iyi olduğunu belirtmişlerdir. Toprak gözeneklerinin fraktal boyutunun ise artırılmış atık su ile yapılan sulamalardan sonra arttığını bunun nedeni olarakta bu sulardaki asılı partiküllerin ve çözülmüş organik maddenin gözenekleri tıkanmasından kaynaklandığını ayrıca farklı SAR seviyeli sularla yapılan sulamalar sonucu SAR'daki artışla fraktal boyutun artmadığını belirtmişlerdir.

Reading vd. (2015) kalsiyum klorür, sodyum klorür ve magnezyum klorür kullanarak hazırladıkları çözeltilerin, sodyumlu killi bir toprağın doygun hidrolik iletkenliği üzerine olan etkilerini araştırmak amacıyla laboratuvar şartlarında bir dizi kolon deneyi yürütmüşlerdir. İki farklı tuzluluk seviyesinde (50 me/l ve 100 me/l) hazırladıkları su konularını üç tekerrür olacak şekilde uygulamışlardır. Toprak kolonlarının hidrolik iletkenlik değerlerini sabit yük yöntemi kullanarak belirlemişlerdir. Çalışmalarının sonunda 100 me/l tuzluluk seviyesindeki çözeltinin uygulanması sonucu ölçülen K_s 'nin, 50 me/l çözeltinin uygulanması sonucu ölçülen K_s 'nin yaklaşık iki katı olduğunu belirtmişlerdir ve kararlı bir hidrolik iletkenlik değeri elde etmek için uzun süreli yıkama işlemi gerektiğini bildirmişlerdir.

Schacht ve Marschner (2015) artırılmış atık suyla sulamanın, doğal suyla sulamaya kıyasla toprağın hidrolik iletkenliği ve toprak agregat stabilitesi üzerine olan etkilerini değerlendirmek için bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarını sırasıyla avakado, muz, armut ve mango yetiştirilen dört farklı meyve bahçesinde ve dört farklı atık su kullanarak yapmışlardır. Kullandıkları atık suların SAR değerleri sırasıyla, (3.23, 2.52, 4.31, 3.29), EC değerleri ise sırasıyla (1.59, 1.41, 1.31, 0.88 dS/m) dir. Hidrolik iletkenliği belirlemek için mini disk infiltrometre kullanarak yerinde infiltrasyon ölçümleri yapmışlardır. Agregat stabilitesi analizlerini ise üst toprak örneklerinde (0-10 cm) ıslak eleme yöntemiyle belirlemişlerdir. Deneme sonucunda ortalama hidrolik iletkenlik değerlerinin artırılmış atık suyla sulamanın yapıldığı alanlarda doğal suyla sulama yapılan alanlara kıyasla %42.9 ila %50.8 oranında azaldığını belirtmişlerdir. Toprak agregat stabilitesinin ise tüm artırılmış atık su sahalarında %11.3 ila %32.4 daha düşük olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak artırılmış atık suyun sulama için kullanımının uygulanabilir, ancak toprağın

fiziksel ve kimyasal özelliklerini etkilediği için potansiyel olarak zararlı bir seçenek olduğunu belirtmişlerdir.

Bourazanis vd. (2016) arıtılmış belediye atık suyu ve açık kanaldan elde ettikleri sulama suyu kullanarak sulama yapmanın doygun hidrolik iletkenlik üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Araştırmalarını killi tınlı bir toprakta yürütmüşler ve hidrolik iletkenliği iki sulama periyodundan sonra üst toprak katmanından (0-15 cm) örnekledikleri bozulmamış toprak numunelerinde belirlemişlerdir. Toprak örneklerini, hidrolik iletkenliği potansiyel olarak etkileyen bir dizi faktör açısından (pH, E_{Ce}, SAR, ESP, K, Na, Mg) analiz etmişlerdir. İki sulama periyodunu dikkate alarak faktörlerin her biri için, aralarındaki farkları tespit etmek amacıyla varyans analizi yapmışlardır ve istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar bulmuşlardır. Tüm faktörler ile hidrolik iletkenlik arasındaki korelasyonda ise toprak E_{Ce} ve CaCO₃ için pozitif, SAR, ESP ve hacim ağırlığı için negatif ilişki bulmuşlardır. Sonuç olarak iki uygulama arasındaki farkları doğrulamışlar fakat belediye atık suyu ile hidrolik iletkenlik arasındaki gözlemlenen azalma ile sulama suyu ile hidrolik iletkenlik arasında gözlemlenen azalmayı mevcut kriterlere göre açıklayamamışlardır. Belediye atık suyunun sulama amaçlı kullanımıyla ilgili tüm yönleri açıklığa kavuşturmak için daha spesifik araştırmalara ihtiyaç olduğunu belirtmişlerdir.

Ali vd. (2018) Australya'nın farklı bölgelerinden topladıkları farklı pH seviyeleri içeren tınlı, kumlu tınlı ve killi tın tekstürlü üç toprakta, farklı SAR ve farklı pH değerleri içeren çözeltilerin toprakların hidrolik iletkenlikleri üzerine olan etkilerini araştırmak amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında, NaHCO₃, MgCl₂ ve NaCl tuzlarını kullanarak laboratuvar şartlarında sulama suları hazırlamışlardır. Toprakları PVC silindirlere paketlemişler ve hidrolik iletkenliği Mariotte düzeneğine benzer bir düzenek kullanarak belirlemişlerdir. Her toprak kolonunu başlangıçta pH ve SAR'ın en yoğun çözeltisiyle yıkamışlar ve toprak kolonlarının K_s'si sabitlendiğinde aynı SAR ve pH'ın bir sonraki daha seyreltilmiş çözeltisini uygulamışlardır. Çalışmalarının sonunda, sulama suyunun pH değerinin doygun hidrolik iletkenliğe olan etkisinin topraktan toprağa değişmekte olduğunu ve sulama suyunun EC değerine de bağlı olduğunu bildirmişlerdir. Asidik ve nötr topraklarda hidrolik iletkenliğin pH bağımlılığının alkali topraktakinden

daha fazla olduğunu belirtmişlerdir. Sonuç olarak toprağın Ks'sini doğru bir şekilde tahmin etmek için, toprağın orijinal pH'sını ve sulama suyunun pH, EC ve SAR'ını dikkate almak gerektiğini belirtmişlerdir.

Ali vd. (2019) sulama suyu pH'sının toprağın doymuş hidrolik iletkenliği (Ks), kation değişim kapasitesi, net parçacık yükü ve dağılımı üzerindeki etkisini araştırmak amacıyla laboratuvar şartlarında toprak kolonlarında bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında farklı pH'ya, alkaliniteye, kil içeriğine ve minerolojiye sahip dokuz toprak kullanmışlardır. Çözelti olarak iki farklı sodyum adsorpsiyon oranına (20 ve 40), yedi farklı elektriksel iletkenliğe (0.8, 1.5, 2.5, 5, 10, 25 ve 50 dS/m) ve dört farklı pH'ya (6, 7, 8 ve 9) sahip çözeltiler hazırlamışlardır. Çalışmalarının sonunda, çözelti pH'sındaki artışın kil dispersiyonuna neden olduğunu bulmuşlardır. Ayrıca toprakların yıkanma işlemi sırasında yerinden oynayan parçacıkların gözeneklere hareket ederek Ks azalmasına neden olduğunu, bu etkinin asidik ve düşük kil içerikli topraklarda daha belirgin olduğunu bulmuşlardır. Sonuç olarak toprağın Ks azalmasını doğru bir şekilde tahmin etmek için toprağın orijinal pH'sını, kil içeriğini ve minerolojisini ayrıca sulama suyunun pH'sını, elektriksel iletkenliğini ve sodyum adsorpsiyon oranını dikkate almanın gerekli olduğunu belirtmişlerdir.

Klopp ve Daigh (2020) doymuş akış koşulları altında tuzlu ve sodik sulama sularının simektit kil tipinin hakim olduğu topraklarda toprak hidrolik iletkenliğini nasıl etkilediğini belirlemek amacıyla dört farklı toprak tekstürüyle (SiCsmektitik, CLsmektitik, CLkarıştırılmış, SLsmektitik) hazırladıkları toprak kolonlarında, bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında NaCl ve CaCl₂ tuzlarını kullanarak elektriksel iletkenlikleri (0.5, 1, 2, 4, 8 dS/m) ve sodyum adsorpsiyon oranları (0, 3, 6, 12, 20) farklı olan bir dizi çözelti hazırlamışlardır. Sonuç olarak yüksek killi smektitik topraklarda ister tek seferlik yıkama olsun isterse yüksek EC ve düşük SAR'lı sulama suları ile uzun süreli yıkama yapılmış olsun doymuş hidrolik iletkenlikte büyük değişiklikler olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca yüksek killi smektitik topraklar tuzlu-sodik oldukları durumlarda SAR'dan kaynaklı hidrolik iletkenliğin azalmasını önlemek için sulama suyu aralıklarının daha kısa tutulması suretiyle dikkatli yönetilmesi gerektiğini belirtmişlerdir.

Tang vd. (2020) toprak tuzluluğunun ıslanma-kuruma döngüleri sırasında toprağın agregat yapısı, su tutma kapasitesi ve hidrolik iletkenliği üzerine olan etkilerini araştırmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarını siltli tın ve siltli kil olmak üzere iki toprak tekstürü kullanarak toprak kolonlarında yürütmüşlerdir. NaCl tuzunu kullanarak farklı konsantrasyonlarda (0, 3, 6, 9 ve 12 g/l) sulama suları hazırlamışlardır. Hazırladıkları sulama sularını toprak kolonlarına 2 ay ara ile üç sulama etkinliği şeklinde uygulamışlardır. Her etkinlikten sonra toprak tuzluluğunun doğal kararlı koşullarını oluşturmak için kolonları buharlaşmaya maruz bırakmışlardır. Üçüncü sulama ve kurutma işleminden sonra toprakların hacim ağırlığı, toprak-su karakteristik eğrisi ve doymuş hidrolik iletkenlik değerlerini belirlemişlerdir. Çalışmalarının sonunda, siltli tın ve siltli kil'de suya dayanıklı makroagregat (0.25-2 mm) oranının, toprak tuz içeriği arttıkça arttığını bildirmişlerdir. Her iki toprakta da hacim ağırlığı değerlerinin arttığını fakat siltli kil toprakta meydana gelen artışın siltli tın toprakta ki artışından çok daha fazla olduğunu bildirmişlerdir. Aynı matris potansiyelinde, su tutma kapasitesinin siltli kil toprakta toprak tuz içeriği arttıkça arttığını, buna karşılık, silt tın toprakta su tutma kapasitesinin, toprak tuz içeriği arttıkça önce arttığını ve ardından azaldığını bildirmişlerdir. Ayrıca silt tın toprakta hidrolik iletkenlik değerinin artan tuzluluk ile arttığını bildirmişlerdir.

Awedat vd. (2021) toprak profili boyunca kil şişmesi, kil dağılımı ve hareketinin doygun hidrolik iletkenlik üzerine olan etkisini incelemek amacıyla laboratuvar şartlarında bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında iki farklı tekstüre sahip toprağı, iki farklı hacim ağırlığını esas alarak (1.0 ve 1.2 g/cm³) paketlemişler ve hazırladıkları toprak kolonlarını üç farklı sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) içeren su ile yıkamışlardır (iyi kaliteli su, SAR 10 ve SAR 50). Bu uygulamalardan sonra tüm toprak kolonlarını saf su kullanarak tekrar yıkamışlardır. Çalışmalarının sonunda, son aşamadaki saf su uygulamasının özellikle sodyumlu su ile muamele edilmiş kolonlarda hidrolik iletkenliği azalttığını bulmuşlardır. Hacim ağırlığı 1.2 g/cm³ esasına göre paketlenmiş kolonlarda saf su uygulaması sonrası hidrolik iletkenlik değerinin, hacim ağırlığı 1.0 g/cm³ esasına göre paketlenmiş kolonlardan daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Bu durumu makro gözenekliliğe bağlı olarak dağılmış kilin toprak sütunu boyunca hareket etmesine ve sızıntı suyundan daha kolay dışarı çıkmasına atfetmişlerdir.

Adeyemo vd. (2022) tuzluluk ve sodyumluluğun toprakların doymun hidrolik özellikleri üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla laboratuvar şartlarında toprak kolonlarında bir çalışma yürütmüşlerdir. İsrail'in farklı bölgelerinden örnekledikleri kumlu tın, kumlu killi tın ve killi olmak üzere 3 farklı toprak tekstüründe çalışmışlardır. Çalışmalarında NaCl ve CaCl₂ tuzlarını kullanarak beş farklı SAR seviyesi, (2, 5, 10, 20 ve 50) ve dört farklı elektrolit konsantrasyonu (5, 20, 80 ve 200 mmolc/L) içeren 20 farklı çözelti hazırlamışlardır. Toprak kolonlarını, 200 mmolc/ L'lik konsantre bir çözelti ile başlayıp 5 mmolc/L'lik seyreltik bir çözelti ile sona erene kadar belirli bir sabit SAR ve art arda azalan elektrolit konsantrasyonuna sahip çözeltilerle yıkamışlardır. Kolonlardan sızan suyu sabit zaman aralıklarında sürekli toplamışlar ve doymun koşullardaki hidrolik iletkenliği darcy eşitliğini kullanarak hesaplamışlardır, ayrıca toprakların tuzluluk ve sodiklikteki değişikliklere tepkisini karşılaştırmak amacıyla üç tekstür sınıfı içinde bozunma ve tersine çevrilebilirlik indeksleri hazırlamışlardır. Sonuç olarak toprakların bozunmaya karşı yatkinlığının SAR ile arttığını, kil içeriği yüksek topraklarda daha büyük bozunma duyarlılığı olduğunu ayrıca SAR'daki artışla birlikte tersine çevrilebilirlik derecesinin azaldığını belirtmişlerdir.

Yan vd. (2023) farklı konsantrasyonlarda K⁺ ve Na⁺ içeren (K⁺/Na⁺) (0/1 (K₀Na₁)), (1/1 (K₁N₁)) ve (1/0 (K₁Na₀)), tuzlu sulama sularının, tuz taşınımı ve toprak yapısal özellikleri üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla toprak kolonlarında bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında kontrol konusu olarak saf su kullanmışlardır. Çalışmalarının sonunda, kontrol konusu ile K₀Na₁, K₁Na₁ ve K₁Na₀ konularını karşılaştırdıklarında doymun hidrolik iletkenliğin sırasıyla %43.62, %29.04 ve %18.06 oranında önemli ölçüde (p<0.05) azaldığını bulmuşlardır. Kil dispersiyonuna bağlı olarak makro gözeneklerin mikro gözeneklere dönüşmesi sonucu, K₀Na₁ konusunda toplam toprak porozitesinin kontrol konusu ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde azaldığını buna karşılık K₁Na₀ konusunda toprak makro gözeneklerin oranının arttığını bulmuşlardır. Ayrıca tuzlu sulama sularında potasyumun sodyuma göre yüksek bağıl konsantrasyonu, sodyumluluğun neden olduğu makro gözeneklerin dağılması riskini azaltarak toprak agregat stabilitesini daha elverişli hale getirdiğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak yeterli düzeyde potasyum içeren tuzlu sulama sularının akılcı kullanımının, sodyumun neden olacağı toprak yapısal bozulmalarını azaltacağını bildirmişlerdir.

2.3 Su Kalitesi ve Toprak Fiziksel Özellikleri ile İlgili Çalışmalar

Suarez vd. (2006) tınlı ve killi toprakta sulama suyu kalitesinin infiltrasyon üzerine olan etkilerini incelemek amacıyla laboratuvar şartlarında toprak kolonlarında bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında beş farklı sodyum adsorpsiyon oranı (SAR) (2, 4, 6, 8, 10) ve iki farklı elektriksel iletkenlik seviyesi içeren (EC) (1 ve 2 dS/m) su kullanmışlardır. Yağmur suyu ve düşük kaliteli su uygulamalarını dönüşümlü olarak sulama ve kuruma döngüsü şeklinde uygulamışlardır. Sonuç olarak sulama suyunun SAR'ındaki artışın hem tınlı hem de killi toprakta infiltrasyon üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu ve sodyumun infiltrasyon üzerindeki olumsuz etkisinin tınlı toprakta SAR 2'nin üzerinde killi toprakta ise SAR 4'ün üzerinde belirgin olarak görüldüğünü bildirmişlerdir. İnfiltrasyondaki azalmaların hem sulama suyu hem de yağmur suyu simülasyonları sırasında belirgin olduğunu ancak yağmur simülasyonları sırasında infiltrasyonun daha düşük değerlerde olduğunu bildirmişlerdir.

Gonçalves vd. (2010) Brezilya'da arıtılmış atık suyla sulanan topraklarda toprak gözenekliliğindeki değişimleri araştırmak amacıyla bir çalışma yapmışlardır. Çalışmalarını, ekili ve arıtılmış atık suyla sulanan toprak, ekili ve arıtılmış sodik yeraltı suyuyla sulanan toprak ve sulanmayan ve ekilmeyen toprak (kontrol) olacak şekilde üç farklı parselde yürütmüşlerdir. Deneme sonrası 0-2 m toprak profilinin 8 farklı derinliğinden bozulmamış toprak numuneleri alarak toprak su tutma eğrilerini oluşturmuşlardır. Toprakların gözenek boyut dağılımlarını ise oluşturdukları su tutma eğrilerinden tahmin etmişlerdir. Sonuç olarak arıtılmış atık su ve arıtılmış yeraltı suyuyla sulamanın mikro gözeneklilikte (0.2 ila 50 µm çap aralığı) bir azalmaya yol açtığını buna karşılık toprak profili boyunca kriptogözeneklilikte (<0.2 µm) ise önemli bir artış olduğunu belirlemişlerdir. Ayrıca uygulanan her iki atık suda da sodyum iyonu bulunmasının bu iyonun gözenek boyut dağılımı üzerindeki etkisinin önemli olduğunu belirtmişlerdir.

Huang vd. (2011) Çin'in kuzeybatısında bulunan Minqin Havzası'nda aşırı tuzlu yeraltı suyu kullanımının toprakta tuz birikimi ve toprak fiziksel özellikleri üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Farklı konsantrasyonlarda

hazırladıkları (0.8, 2 ve 5 g/l) tuzlu sulama sularını deneme alanında oluşturdukları parsellere uygulamışlardır. Uygulama sonrası iki farklı derinlikten (0-45 ve 45-60 cm) aldıkları bozulmamış toprak örneklerini kullanarak toprak su tutma eğrilerini, toprak gözenekliliğini ve gözenek boyut dağılımlarını belirlemişlerdir. Dört farklı derinlikten aldıkları (0-20, 0-45, 45-60 ve 80-100 cm) bozulmuş toprak örneklerinde ise suya dayanıklı agregat yüzdesini belirlemişlerdir. Saturasyon çamuru süzüğünün elektriksel iletkenliğini (ECe) ise sulama sezonu boyunca parsellerin 0-30, 30-60, ve 60-90 cm derinliklerinden aldıkları toprak örneklerinde belirlemişlerdir. Sonuç olarak toplam gözenekliliğin ve suya dayanıklı agregat yüzdesinin sulama suyu tuzluluğunun artmasıyla birlikte azaldığını, ECe'nin ise özellikle yüzey toprağında sulama suyunun tuzluluğunun artmasıyla birlikte arttığını bildirmişlerdir. Ayrıca oluşturdukları su tutma eğrisinden tahmin ettikleri su tutma kapasitesinin ise sulama suyunun tuzluluğunun artmasıyla birlikte arttığını bildirmişlerdir.

Safadoust vd. (2017) farklı kalitede hazırladıkları suların killi tın toprağın gözenek boyut dağılımı, havalandırma gözenekliliği, toprak su karakteristiği ve mekanik direnç üzerine olan etkilerini araştırmak amacıyla bozulmamış toprak numunelerinde bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmalarında EC (1.6 ve 10 dS/m) ve SAR değeri (1.5 ve 12) farklı olan sular kullanmışlar ve bozulmamış toprak numunelerini hazırladıkları çözeltilerle önce doygunluk sonra kurutma şeklinde döngülere tabi tutmuşlardır. Sonuç olarak her SAR seviyesinde sulama suyu EC'si arttıkça toprak makro gözenekliliğinin arttığını bildirmişlerdir. Her EC seviyesinde ise sulama suyunun SAR değeri arttıkça tarla kapasitesindeki nem içeriği ve toprakta tutulan suyun arttığını bildirmişlerdir. Meydana gelen bu artışları toprakta ki yapısal bozulmaya, kil şişmesine ve dispersiyona bağlamışlardır. Ayrıca SAR'daki artışla birlikte mikro gözeneklilik ve penetrasyon direncinin arttığını makro gözeneklilik ve havalandırma gözenekliliğinin azaldığını bildirmişlerdir.

Tekin (2018) farklı tuzlu su uygulamalarının toprak tuzluluğu, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi ve solma noktası üzerine olan etkilerini incelemek amacıyla bir çalışma yapmıştır. Çalışmasını sera koşullarında ve çizgi kaynaklı yağmurlama sistemi kullanarak yapmıştır. Denizden alınan yüksek tuz içeriğindeki deniz suyuna kanal suyu eklemesi

yaparak tuzlu sulama suları hazırlamıştır, çalışmasında kullandığı tuzlu suların elektriksel iletkenlik değerleri, 2.13 ila 19.37 dS/m arasında değişmiştir. Sonuç olarak uygulanan tuzlu suyun toprakta tuz birikimine neden olduğunu ve yüksek derişimdeki tuzun toprağın fiziksel özelliklerini etkilediğini bildirmiştir. Uygulamalar sonrası toprak profilinin ilk katmanında hacim ağırlığının yaklaşık %16 arttığını; benzer şekilde tarla kapasitesi değerlerinin, tüm katmanlarda farklı düzeylerde olmakla birlikte, ortalama %49; solma noktası değerlerinin ise yaklaşık %52 arttığını ve buna bağılı olarak elverişli su kapasitesinin ise yaklaşık %41 düzeyinde arttığını bildirmiştir.

Peker (2021) sodyum içeren tuzlu sulama sularının neden olduğu toprak fiziksel özelliklerindeki değişimleri izlemek amacıyla arazi koşullarında bir çalışma yürütmüştür. Çalışmasında NaCl ve NaHCO₃ tuzları ile hazırladığı EC değerleri 3 dS/m'den düşük ve SAR değerleri 20 ve 40 olan sulama sularını damla sulama yöntemi ile önceden hazırladığı parsellere uygulamıştır. Deneme süresince 15 sulama yapmış ve her beş sulama sonrası 0-10, 10-20 ve 20-30 cm derinlikten toprak örnekleri alarak fiziksel, kimyasal ve hidrolojik özellikleri incelemiştir. Sonuç olarak sodyum bikarbonatlı suyun kullanılması ile hacim ağırlığının arttığını, buna karşılık infiltrasyon hızının önemli derecede azaldığını bildirmiştir. Suyu dayanıklı agregat yüzdesi için ise en düşük değerleri NaHCO₃ ile hazırladığı su uygulamasının SAR 40 düzeyinden elde ettiğini bildirmiştir. Sodyum içeren sularla uzun süreli sulamaların yapılacağı durumlarda, toprakların fiziksel, kimyasal ve hidrolojik özelliklerinin değerlendirilmesinde sulama suyu kalitesi, tuz çeşidi, sulama dönemi, sulama sıklığı gibi faktörlerin göz önünde bulundurulması gerektiğini bildirmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Araştırmada kullanılan topraklar

Killi tın (CL) ve tın (L) toprak tekstürleri ile bu iki toprak tekstürünün kalsiyum klorür (CaCl_2) çözeltisiyle doymunluğa ulaştırılması sonucu elde edilen kalsiyuma doymun killi tın (Ca-Doy-CL) ve kalsiyuma doymun tın (Ca-Doy-L) olmak üzere dört farklı toprak kullanılmıştır.

3.1.2 Toprakların alındığı yerler ve alınma yöntemi

Yapılan ön etüt çalışması sonucunda Ankara ili ve çevresinde tekstür sınıfları killi tın (CL) ve tın (L) olan toprakların bulunduğu yerler tespit edilmiştir. Killi tın toprak Ankara ili Haymana ilçesi, $39^0 36' -52.38''$ K ve $32^0 41' -38.57''$ D koordinatlarından, tın toprak ise Ankara ili Polatlı ilçesi Köselers mevki $39^0 37' -16.21''$ K ve $32^0 21' -58.95''$ D koordinatlarından alınmıştır.

Orijinal toprak yapısının korunması ve tarla koşullarını temsil eden akış desenlerinin tahrip olmaması amacıyla araştırmada bozulmamış toprak numuneleri kullanılmıştır. Bozulmamış toprak numuneleri Blake ve Hartge (1986)'da belirtilen esaslar dâhilinde 0-30 cm derinlikten normal çakma işlemi kullanılarak tek yönden dikey olarak alınmıştır. Arazi çalışması yürütülürken iki toprak tekstürü için de toprak numuneleri 4 m^2 'lik bir alan içinden alınmıştır (De Long vd. 2012). Diğer toprak analizleri için ise bozulmuş toprak numuneleri alınarak laboratuvara getirilmiş ve laboratuvarında hava kuru hale getirilen toprak numuneler 2 mm 'lik elekten elenerek analizlere hazır hale getirilmiştir.

3.1.3 Araştırma topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Araştırmada kullanılan toprakların birtakım fiziksel özellikleri çizelge 3.1’de, tuzluluk özellikleri ise çizelge 3.2’de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Toprakların fiziksel özellikleri

Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Tekstür Sınıfı	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)	Hacim Ağırlık (g/cm ³)	Özgül Ağırlık (g/cm ³)	Hidrolik İletkenlik (cm/h)	Porozite (%)
31.3	32.5	36.2	CL	26.6	14.7	1.30	2.61	2.04	50.20
44.7	35.2	20.1	L	18.7	10.9	1.37	2.62	3.29	47.71

Çizelge 3.2 Toprakların tuzluluk özellikleri

Tekstür Sınıfı	Toprak Ekstrakt pH	Toprak Ekstrakt EC (dS/m)	Çözünebilir İyonlar (me/l)								KDK me/100g	ESP (%)	SAR
			Ca ⁺²	Mg ⁺²	Na ⁺¹	K ⁺¹	CO ₃	HCO ₃	Cl	SO ₄			
CL	7.16	0.66	5.54	0.56	1.26	0.08	0.00	2.56	1.94	2.94	26.25	1.40	0.72
L	7.26	0.65	3.40	3.05	1.26	0.10	0.00	4.49	1.90	1.42	22.95	1.53	0.70

Araştırmada kullanılan toprakların kireç kapsamı ve organik madde içerikleri çizelge 3.3’de verilmiştir.

Çizelge 3.3 Toprakların kireç kapsamı ve organik madde içerikleri

Tekstür Sınıfı	Kireç CaCO ₃ (%)	Organik Madde (%)
CL	3.09	0.25
L	2.81	0.32

3.1.4 Araştırmada kullanılan suların özellikleri

Araştırmada elektriksel iletkenlik (EC) değerleri 0, 4 ve 8 dS/m olan ve SAR seviyeleri 10 ve 20 olan düşük kaliteli tuzlu sodyumlu sular hazırlanmış ve kullanılmıştır.

Elektriksel iletkenlik seviyesi sıfır (EC= 0) olan su yağmur suyunu simüle etmek amacıyla kullanılmıştır. Düşük kaliteli sular şehir şebeke suyuna gerekli miktarda NaHCO_3 , NaCl ve CaCl_2 tuzları eklenerek hazırlanmıştır. Şehir şebeke suyunun analiz sonuçları çizelge 3.4’de verilmiştir.

Çizelge 3.4 Şehir şebeke suyunun analiz değerleri

pH	EC (dS/m)	Çözünebilir İyonlar (me/l)								SAR
		Ca^{+2}	Mg^{+2}	Na^{+1}	K^{+1}	CO_3	HCO_3	Cl	SO_4	
7.03	0.25	1.48	0.65	0.50	0.04	0.00	1.32	1.12	0.23	0.49

Araştırmada kullanılan suların iyon konsantrasyonları Extract Chem Software Programı ile hesaplanmıştır (Suarez ve Taber 2012), suların iyonik bileşimi çizelge 3.5’de verilmiştir. Hazırlanan suların elektriksel iletkenliği, EC metre ile ölçülerek kontrol edilmiştir. Araştırmaya başlamadan önce hidrolik iletkenlik cihazlarının tank hazne hacimleri hesaplanmıştır. Her bir uygulama için 170 litre su tanklarda hazırlanmıştır.

Çizelge 3.5 Araştırmada kullanılan suların iyonik bileşimi

Düşük Kaliteli Sular	SAR	EC (dS/m)	Ca (me/l)	Mg (me/l)	Na (me/l)	K (me/l)	CO_3 (me/l)	HCO_3 (me/l)	Cl (me/l)	SO_4 (me/l)
T ₀	0	0	-	-	-	-	-	-	-	-
T ₁ S ₁	10.15	3.95	12.22	0.65	25.80	0.04	0.00	11.88	25.68	0.23
T ₂ S ₁	10.09	8.12	35.52	0.65	42.50	0.04	0.00	20.18	57.38	0.23
T ₁ S ₂	20.92	4.03	4.32	0.65	33.70	0.04	0.00	15.78	21.78	0.23
T ₂ S ₂	20.31	7.98	17.32	0.65	60.70	0.04	0.00	29.28	48.28	0.23

3.1.5 Toprakların Kalsiyum Klorür (CaCl_2) ile doyurulma işlemi

Killi tın (CL) ve tın (L) tekstürlü bozulmamış toprak numuneleri, her tekstür 10 paralel olacak şekilde toplam 20 adet numune şekil 3.1’de görülen hidrolik iletkenlik cihazı setinin parçası olan toprak örneği tutucusuna yerleştirilmiş ve şekil 3.2’de görülen hidrolik iletkenlik cihazı kabına konulmuştur. 0.1 N kalsiyum klorür (CaCl_2) çözeltisi hazırlanmış ve cihazın su tankına doldurulmuştur. Cihaz 2 gün (48 saat) süreyle sürekli çalışır halde tutulmuş ve cihazın kapalı sistem düzeneği yardımıyla topraklar CaCl_2

çözeltisi ile doyurulmuştur. Her bir düşük kaliteli su uygulaması öncesi 20 yeni toprak numunesinin CaCl_2 çözeltisi ile doyurulma işlemi yukarıda anlatıldığı şekilde yapılmıştır.



Şekil 3.1 Toprak örneği tutucusu



Şekil 3.2 Hidrolik İletkenlik cihazı

3.2 Yöntem

3.2.1 Araştırma uygulamaları ve ardıl araştırma düzeni

Araştırma, farklı tuzluluk düzeyinde hazırlanmış dört su uygulamasının, dört farklı toprağa uygulanmasıyla yürütülmüştür. Topraklar 10 paralel olacak şekilde hazırlanmış ve araştırma süresince toplam 160 adet bozulmamış toprak numunesi kullanılmıştır ((4x4)x10=160). Kullanılan topraklar çizelge 3.6'da, farklı tuzluluk düzeyinde hazırlanmış su uygulamaları ise çizelge 3.7'de verilmiştir.

Çizelge 3.6 Araştırmada kullanılan topraklar

1	Killi tın (CL)
2	Tın (L)
3	CaCl_2 ile doyurulmuş killi tın (Ca-Doy-CL)
4	CaCl_2 ile doyurulmuş tın (Ca-Doy-L)

Çizelge 3.7 Araştırmada kullanılan düşük kaliteli su uygulamaları

Uygulamalar	
T_0 (Yağış)	EC= 0 dS/m, SAR= 0
T_1S_1	EC= 4 dS/m, SAR= 10
T_2S_1	EC= 8 dS/m, SAR= 10
T_1S_2	EC= 4 dS/m, SAR= 20
T_2S_2	EC= 8 dS/m, SAR= 20

Toprakların hidrolik iletkenlik değerleri sabit su seviyeli hidrolik iletkenlik cihazı kullanılarak doğgun akış koşulları altında belirlenmiştir. T_0 (yağış) uygulaması, dört farklı düşük kaliteli su uygulamasının her biriyle ardıl olarak uygulanmıştır. Araştırma düzeni ve uygulama süreleri izelge 3.8’de verilmiştir. Ayrıca düşük kaliteli su uygulamalarının topraklara 21 gün süreyle uygulanması sonrasında hidrolik iletkenlik cihazından çıkartılan sayılı toprak numunelerinde toprak su potansiyeli (pF), agregat ortalama ağırlıklı çapı, hacim ağırlığı ve porozite analizleri yapılarak toprakların fiziksel özelliklerinde meydana gelmiş olan değişimlerde araştırılmıştır.

Çizelge 3.8 Araştırma düzeni ve uygulama süreleri

$T_1S_1-T_0$ Ardıl Uygulaması	$T_2S_1-T_0$ Ardıl Uygulaması	$T_1S_2-T_0$ Ardıl Uygulaması	$T_2S_2-T_0$ Ardıl Uygulaması
T_1S_1 (3 hafta)	T_2S_1 (3 hafta)	T_1S_2 (3 hafta)	T_2S_2 (3 hafta)
T_0 (2 hafta)	T_0 (2 hafta)	T_0 (2 hafta)	T_0 (2 hafta)

3.2.2 Araştırmanın kurulması ve yürütülmesi

Araştırmaya $T_1S_1-T_0$ ardıl araştırma uygulamasıyla başlanmıştır. Laboratuvarda bulunan iki ayrı hidrolik iletkenlik cihazının su tanklarına öncelikle T_1S_1 ’e ait düşük kaliteli su doldurulmuştur (şekil 3.3). Sonraki aşamada dört farklı topraktan her toprak 10 paralel olacak şekilde toplam 40 bozulmamış toprak numunesi şekil 3.4’de görülen iki ayrı hidrolik iletkenlik cihazına yerleştirilmifir.



şekil 3.3 Hidrolik iletkenlik cihazı su tankı



Şekil 3.4 Araştırmada kullanılan hidrolik iletkenlik cihazları

Cihazın kapalı sistem düzeneği yardımıyla 24 saat sürekli devam eden bir akış koşulu oluşturularak cihaz 21 gün (üç hafta) süreyle çalışır halde tutulmuştur. Her gün için aynı saat esas alınarak akış koşulu bozulmadan her bir toprak numunesine ait ölçüm büretinde 60 dakikalık zaman dilimi içinde toplanan su hacmi belirlenmiş ve toprak numunelerinin hidrolik iletkenlik değerleri ayrı ayrı hesaplanmıştır. Üç haftalık süre bitiminde T_1S_1 uygulaması tamamlanmıştır ve T_1S_1 'e ait su hidrolik iletkenlik cihazlarının içindeki toprakların konumu bozulmadan tahliye edilmiştir.

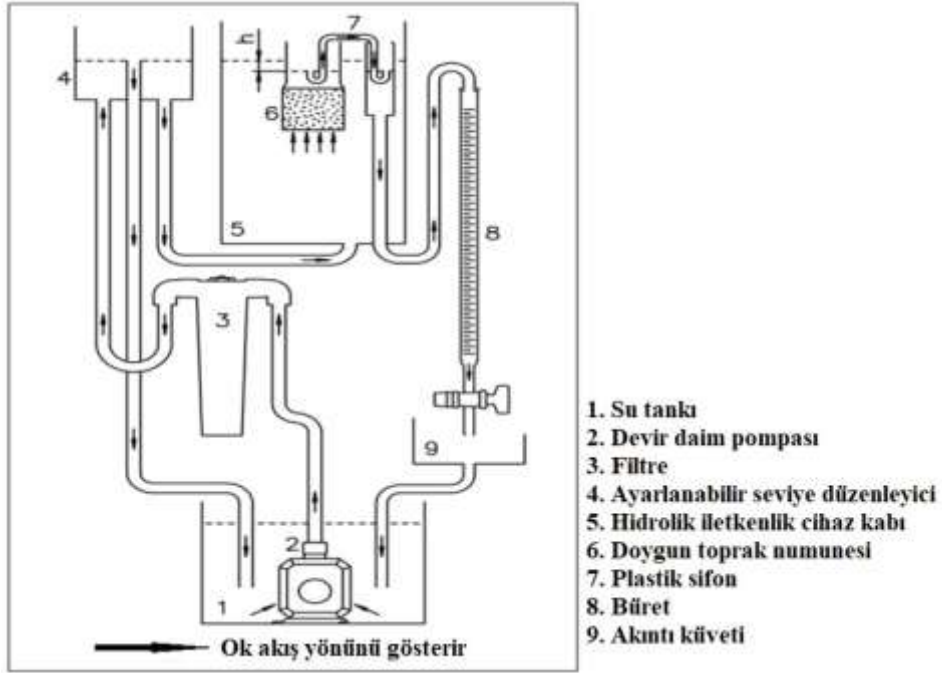
T_1S_1 uygulamasının tamamlanması sonrasında, dört farklı toprağın (CL, L, Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L) her birinden beş paralel olacak şekilde toplam 20 bozulmamış toprak numunesi hidrolik iletkenlik cihazlarından çıkartılmıştır. Bu numunelerde toprak su potansiyeli (pF) analizi (2 paralel), hacim ağırlığı analizi (2 paralel) ve 1 toprak numunesinde ise agregat ortalama ağırlıklı çap analizi yapılmıştır (aynı numune içerisinden 3 paralel alınmıştır). Ayrıca hacim ağırlığı analizleri yapıldıktan sonra aynı numunelerde özgül ağırlık analizleri de yapılmış ve toprakların poroziteleri hesaplanmıştır. Böylece düşük kaliteli su uygulamalarının toprakların fiziksel özelliklerinde yapacakları değişimler değerlendirilmiştir. T_0 (yağış) uygulaması ise hidrolik iletkenlik cihazlarında kalan toprak numunelerine 14 gün (iki hafta) süreyle cihaz sürekli çalışır halde tutularak uygulanmış ve toprakların hidrolik iletkenlik değerleri aynı esaslar dikkate alınarak her gün için tekrar belirlenmiştir. Böylece düşük kaliteli su uygulamasından sonra T_0 (yağış) uygulanarak toprakların hidrolik iletkenliklerinde olabilecek değişim araştırılmıştır.

$T_1S_1-T_0$ ardıl araştırma uygulaması tamamlandıktan sonra, $T_2S_1-T_0$ ardıl araştırma uygulamasına geçilmiştir. $T_2S_1-T_0$ uygulaması için de öncelikle dört farklı topraktan 10 paralel olacak şekilde toplam 40 yeni toprak numunesi hidrolik iletkenlik cihazlarına konulmuş ve cihazların su tanklarına T_2S_1 'e ait düşük kaliteli su doldurulmuştur. Üç hafta süreyle T_2S_1 uygulanmıştır ve uygulama sonrasında da yukarıda anlatıldığı şekliyle toprak su potansiyeli analizi, hacim ağırlığı analizi, agregat ortalama ağırlıklı çap analizi ve özgül ağırlık analizleri yapılmıştır. Hidrolik iletkenlik cihazlarında kalan toprak numunelerine ise iki hafta süreyle T_0 (yağış) uygulanmış ve $T_2S_1-T_0$ ardıl uygulaması tamamlanmıştır. Sonraki aşamada sırasıyla $T_1S_2-T_0$ ve $T_2S_2-T_0$ ardıl araştırma uygulamaları aynı esaslar dikkate alınarak gerçekleştirilmiş ve yapılan değerlendirmeler ile araştırma tamamlanmıştır.

Farklı sıcaklık derecelerinde suyun viskozitesinin farklı olması ve toprak geçirgenliğinin toprak çözeltilisinin viskozitesi ile ilişkili olması nedeniyle araştırma süresince laboratuvar ortam sıcaklığı $20^{\circ}C$ 'de sabit tutulmuştur. Ayrıca araştırma süresince buharlaşma kaybını önlemek için hidrolik iletkenlik cihazlarının ve cihaz su tanklarının üstü streç filmle kapatılmıştır.

3.2.3 Sabit seviyeli yöntemle göre toprak hidrolik iletkenliğinin belirlenmesi

Toprakların hidrolik iletkenlik değerleri hidrolik iletkenlik cihazında sabit seviyeli yöntemle göre tayin edilmiştir. Bu yöntemde bir hidrolik yük altında belirli kalınlıktaki bir toprak sütununun gözeneklerinden birim zamanda hacim olarak geçen suyun ölçülmesi yöntemin temel prensibini oluşturur (Tüzüner, 1990). Sabit seviye yöntemine göre cihazın çalışma şeması aşağıda şekil 3.5'de, toprakların hidrolik iletkenliklerinin belirlenme aşamaları da aşağıda çizelge 3.9'da verilmiştir.



Şekil 3.5 Hidrolik iletkenlik cihazı çalışma şeması (Eijkelkamp 2022).

Çizelge 3.9 Sabit seviyeli yöntemle toprakların hidrolik iletkenliklerinin belirlenme aşamaları

Toprak Tekstür Sınıfı	Baş. Saati (t_1)	Bitiş Saati (t_2)	Tank Su Seviyesi (h_1) (cm)	Numune Su Seviyesi (h_2) (cm)	$t=t_2-t_1$ (dak.)	$h=h_2-h_1$ (mm)	Büret Su Miktarı $\frac{V}{L}$ (cm^3)	Silindir Boy $\frac{L}{F}$ (cm)	Silindir Kesit Alanı $\frac{F}{L}$ (cm^2)	Hidrolik İletkenlik K_s (cm/saat)
CL	13.00	14.00	3.5	6.6	60	31	24.9	5	19.63	2.05
L	13.00	14.00	3.5	6.3	60	28	36.0	5	19.63	3.29

3.2.4 Analizler

3.2.4.1 Toprak analizleri

Hidrolik iletkenlik analizi: Araştırmada aşağıda verilen Darcy Eşitliği (1.1) yardımıyla hidrolik iletkenlik değerleri hesaplanmıştır (Klute ve Dirksen 1986).

$$K = 144 \frac{Q.L}{h.A} \quad (1.1)$$

K: Hidrolik iletkenlik (m/gün)
Q: Birim zamanda geçen su miktarı (cm³/dk)

$$Q = V/t$$

V: Bürette okunan su miktarı (cm³)
t: Zaman (büretteki suyun birikme zamanı) (dk)
L: Silindirin boyu (cm)
h: Hidrolik yük (mm) $h = h_2 - h_1$
h₂: Numune üzerinde okunan su seviyesi (mm)
h₁: Tankta okunan su seviyesi (mm)
A: Silindirin yatay kesit alanı (cm²)

Hidrolik iletkenlik değeri cm/saat birimine çevrilmek için 4.17 katsayısı ile çarpılmıştır.

Çoklu elek yöntemiyle agregat ortalama ağırlıklı çap analizi: Araştırmada şekil 3.6'da gösterilen ıslak eleme cihazı kullanılmıştır (Saygın Deviren, 2013).



Şekil 3.6 Çoklu elek yöntemi ıslak eleme cihazı

Kullanılan elek çapları (mm), 2.0, 1.0, 0.5, 0.25, 0.125, 0.053 mm dir. Agregatların ortalama ağırlık çap (OAÇ) değerleri aşağıdaki eşitlik (1.2) yardımıyla hesaplanmıştır (Saygın Deviren, 2013).

$$OA\check{C} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} m_i \cdot d_i}{\sum_{i=1}^{i=n} m_i} \quad (1.2)$$

Eşitlikte;

OAÇ: Ortalama ağırlıklı çap (mm),
i: Elek çapları(mm),
n: Çalışmada kullanılan toplam elek sayısı,
m: i. elek üzerinde kalan örnek miktarı,
d: i. elek çapı (mm).

Çoklu elek yöntemi işlev basamakları: Her bir tuzlu sodyumlu su uygulamasından sonra dört toprağın (CL, L, Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L) her birinden bir adet bozulmamış toprak numunesi hidrolik iletkenlik cihazından çıkartılarak laboratuvar ortamında hava kuru hale getirilmiş ve 4 mm'lik elekten elenmiştir. Elenmiş hava kuru toprak numunelerinden ıslak eleme analizi için 3 paralel olacak şekilde 4 g tartılmış ve ıslak eleme setinin ilk eleği olan 2 mm'lik elek üzerine yerleştirilmiştir ve toprak numuneleri spre y yardımcıyla hafifçe ıslatılmıştir. Sonraki aşamada 5 dk boyunca cihaz çalıştırılarak ıslak eleme işlemi saf su içerisinde gerçekleştirilmiştir. İşlem sonrasında her bir elek üzerinde kalan fraksiyon miktarı etüv de 105 0C'de kurutulup, tartılmış ve toprak numunelerinin ortalama ağırlık çapları hesaplanmıştir.

Toprakta farklı tansiyon (pF) değerlerinde tutulan nem miktarı analizi: Her bir tuzlu sodyumlu su uygulamasından sonra dört toprağın (CL, L, Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L) her birinden iki adet bozulmamış toprak numunesi hidrolik iletkenlik cihazından alınmıştir. pF 1.0 ve pF 2.0 basınçlarında su tutma düzeyleri aşağıda şekil 3.7'de gösterilen Sand-Box cihazı kullanılarak tespit edilmiştir (Klute,1986).

Numuneler Sand-Box cihazının kum havuzu kullanılarak doyurulmuştur. Do ygun toprak numunelerine herhangi bir basınç uygulamadan önce, do ygunluktaki su içeriği do ymuş

su içeriği olarak kabul edilmiştir. Ardından pF 1.0 ve pF 2.0 tansiyon değerlerinde su tutma ölçümleri yapılmıştır.



şekil 3.7 Sandbox cihazı

pF 2.54 değerinde (Tarla kapasitesi) toprakta tutulan nem miktarı analizi: pF 2.54 tansiyon değerinde (tarla kapasitesi) toprakta tutulan nem miktarı kuru ağırlık esasına göre aşağıda şekil 3.8'de gösterilen tarla kapasitesi tayin cihazında belirlenmiştir (Tüzüner, 1990).

pF 3 değerinde ve pF 4.2 değerinde (Solma noktası) toprakta tutulan nem miktarı analizi: pF 3 ve pF 4.2 tansiyon değerlerinde toprakta tutulan nem miktarları kuru ağırlık esasına göre aşağıda şekil 3.9'da gösterilen solma noktası tayin cihazında belirlenmiştir (Tüzüner, 1990).



Şekil 3.8 Tarla kapasitesi tayin cihazı



Şekil 3.9 Solma noktası tayin cihazı

Hacim ağırlığı analizi: Her bir tuzlu sodyumlu su uygulamasından sonra dört toprağın (CL, L, Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L) her birinden iki adet bozulmamış toprak numunesi hidrolik iletkenlik cihazından çıkartılarak etüv de 105 °C’de 24 saat süreyle kurutulmuştur. Kurutma işleminden sonra bozulmamış toprak numuneleri çelik silindirleri içerisinde dikkatli bir şekilde çıkartılmış ve 0.01 mm hassasiyetli kumpas yardımıyla boyutları belirlenmiştir (Şekil 3.10). Kumpas ile boyutları belirlenen toprak numunelerinin hacimleri aşağıdaki eşitlik (1.3) yardımıyla hesaplanmıştır.

$$V_{\text{toprak}} = \pi \cdot r^2 \cdot h \quad (1.3)$$

Hacimleri belirlenen toprak numunelerinin hacim ağırlıkları ise aşağıdaki eşitlik (1.4) yardımıyla hesaplanmıştır (Blake ve Hartge 1986).

$$\text{Hacim ağırlığı (g/cm}^3\text{)} = \frac{\text{Fırın kuru toprak ağırlığı (g)}}{\text{Toprak Hacmi (cm}^3\text{)}} \quad (1.4)$$



Şekil 3.10 Kumpas ile çap ölçümü

Özgül ağırlık analizi: Hacim ağırlıkları belirlenen toprak numuneleri ufalanarak 2 mm'lik elekten elenmiştir. Piknometre metodu kullanılarak toprakların özgül ağırlık analizleri yapılmıştır (U.S.Salinity Lab. Staff 1954).

Porozite analizi: Toprak numunelerinin porozite değerleri aşağıdaki eşitlik (1.5) yardımıyla hesaplanmıştır (U.S.Salinity Lab. Staff 1954).

$$P = \left(1 - \frac{\rho_b}{\rho_p}\right) 100 \quad (1.5)$$

P: Porozite (%)

ρ_b : Hacim ağırlığı (g/cm³)

ρ_p : Tane yoğunluğu (g/cm³)

Toprakta tekstür analizi: Toprakların tekstür analizi, 50 g toprak örneği kullanılarak dispers edilen örneklerde hidrometre yardımıyla 'Bouyoucos' yöntemine göre belirlenmiştir (Bouyoucos 1951).

Toprakta organik madde analizi: Toprak organik maddesi, 'Walkley-Black' yöntemine göre, topraktaki organik maddenin 1 N K₂Cr₂O₇ ve H₂SO₄ ile oksitlenmesi ve sonrasında 0.5 N FeSO₄ · 7H₂O ile titrasyonu ile belirlenmiştir (Jackson 1967).

Toprakta kireç analizi: Toprağın seyreltik HCl ile Scheibler kalsimetresinde işleme tabi tutulması ile karbonatlardan (kalsit, CaCO₃; dolomit, CaCO₃.MgCO₃ ve mağnezit, MgCO₃) çıkan CO₂ gazının kapalı bir boruda tutulması ve hacminin ölçülmesi ve bu hacimden gidilerek toprağın karbonat kısmının hesaplaması ile belirlenmiştir (Çağlar 1958).

Elektriksel iletkenlik (dS/m): Saturasyon süzüğünde EC metre ile tayin edilmiştir (Richards 1954).

Toprak reaksiyonu (pH): Saturasyon süzüğünde cam elektrotlu pH metre ile tayin edilmiştir (Richards 1954).

Toprakta değişebilir sodyum yüzdesi (ESP) analizi: 1N C₂H₇NO₂ ile ekstrakte edilmesi suretiyle belirlenmiştir (Richards 1954).

Toprakta katyon değişim kapasitesi (KDK) analizi: Toprağın değişim komplekslerindeki negatif elektrik yüklerinin, pH= 8.2 olan C₂H₃NaO₂ çözeltisindeki Na ile doyurulmasından ve çözelti fazlasının yıkanıp giderilmesinden sonra adsorbe edilmiş sodyum miktarını, 1N C₂H₇NO₂ çözeltisindeki NH₄ ile yer değiştirerek belirlenmiştir (Bower vd. 1952).

Toprakta SAR analizi: Sodyum adsorbsiyon oranı $SAR = [Na] / (([Ca] + [Mg]) / 2)^{1/2}$ formülü kullanılarak hesaplama yoluyla belirlenmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff 1954).

Toprakta çözünebilir katyonların analizi: (Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺): Sature edilmiş topraktan elde edilen süzüklerden alınan numunelerde Na⁺ ve K⁺, alev fotometre cihazında belirlenmiştir, Ca⁺² ve Mg⁺² ise EDTA ile titrasyonla belirlenmiştir (Richards 1954).

Toprakların çözünebilir anyonların analizi: (CO₃⁻², HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄⁻²): Sature edilmiş topraktan elde edilen süzüklerden alınan numunelerde; CO₃⁻²; Richards 1954'de

belirtilen metoda göre H₂SO₄ titrasyonu ile belirlenmiştir. **HCO₃⁻**; Richards 1954'de belirtilen metoda göre H₂SO₄ titrasyonu ile belirlenmiştir. **Cl⁻**; Richards 1954'de belirtilen metoda göre AgNO₃ titrasyonu ile belirlenmiştir. **SO₄⁻²**; Richards 1954'de belirtilen metoda göre hesaplanarak belirlenmiştir (Richards 1954).

3.2.4.2 Su analizleri

Elektriksel iletkenlik (dS/m): Su numunesinde EC metre ile tayin edilmiştir (Richards 1954).

pH analizi (pH): Su numunesinde cam elektrotlu pH metre ile tayin edilmiştir (Richards 1954).

Suda SAR analizi: Sodyum adsorbsiyon oranı SAR= [Na]/(([Ca]+[Mg])/2)^{1/2} formülü kullanılarak hesaplama yoluyla belirlenmiştir (U.S. Salinity Lab. Staff 1954).

Suda çözünebilir katyonların analizi: (Ca⁺², Mg⁺², Na⁺, K⁺): Su numunesinden alınan örneklerde Na⁺ ve K⁺, alev fotometre cihazında belirlenmiştir, Ca⁺² ve Mg⁺² ise EDTA ile titrasyonla belirlenmiştir (Richards 1954).

Suda çözünebilir anyonların analizi: (CO₃⁻², HCO₃⁻, Cl⁻, SO₄⁻²): Su numunesinden alınan örneklerde; **Karbonat (CO₃⁻²)**; Richards 1954'de belirtilen metoda göre H₂SO₄ titrasyonu ile belirlenmiştir. **Bikarbonat (HCO₃⁻)**; Richards 1954'de belirtilen metoda göre H₂SO₄ titrasyonu ile belirlenmiştir. **Klor (Cl⁻)**; Richards 1954'de belirtilen metoda göre AgNO₃ titrasyonu ile belirlenmiştir. **Sülfat (SO₄⁻²)**; Richards 1954'de belirtilen metoda göre hesaplanarak belirlenmiştir (Richards 1954).

3.2.4.3 Verilerin değerlendirmesi

Düşük kaliteli su uygulamaları sonrası araştırma topraklarının (CL, L, Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L) hidrolik iletkenlik değerlerini istatistiksel olarak değerlendirmek amacıyla iki ve üç yönlü tam faktöriyel ANOVA analizi yapılmıştır (Montgomery 2017). ANOVA sonuçları istatistiksel olarak anlamlı farklılık gösterdiğinde ($P \leq 0.05$), ortalamalar arasındaki farkı değerlendirmek amacıyla Welch t-testi yapılmıştır (Ergin ve Koskan 2023). Ayrıca düşük kaliteli su uygulamaları sonrası toprakların farklı pF değerlerinde tuttukları su miktarlarında, agregat ortalama ağırlıklı çap değerlerinde, hacim ağırlıklarında ve porozite değerlerindeki değişimin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını değerlendirmek amacıyla en küçük önemli fark (LSD) testi yapılmıştır (Carmer ve Swanson 1973). Tüm istatistiksel analizlerde Python ve JPM programı kullanılmış ve sonuçların değerlendirmesi Yurtsever'e (1984) göre yapılmıştır.

Düşük kaliteli su uygulamaları sonrası, toprakların hidrolik iletkenlik değerlerinin zamana bağlı değişiminin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını değerlendirmek amacıyla Welch t-testi yapılmıştır. Welch'in t-testi, gruplar arası varyans eşitliği varsayımını gerektirmemesi nedeniyle heterojen veri setleri üzerinde daha güvenilir sonuçlar sağlamaktadır (Ergin ve Koskan 2023). Çoklu karşılaştırmaların getirdiği hata oranını kontrol altına almak ve yanlış keşif oranını (False Discovery Rate, FDR) minimize etmek amacıyla Benjamini-Hochberg (FDR-BH) düzeltmesi (Gutiérrez-Hernández ve García 2024) uygulanmıştır. Bu yöntem, çoklu hipotez testleri sonucunda elde edilen p-değerlerinin düzeltilmesini sağlayarak, istatistiksel olarak anlamlı bulunan sonuçların güvenilirliğini artırmaktadır (Gutiérrez-Hernández ve García 2024).

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

Araştırmada, su uygulamaları, toprak tekstürleri, zaman ve bunların ikili ve üçlü etkileşimlerinin hidrolik iletkenlik üzerindeki etkileri tam faktöriyel ANOVA analizi ile değerlendirilmiştir, sonuçlar çizelge 4.1’de verilmiştir. Bulgular, tüm ana etkilerin ve etkileşimlerin hidrolik iletkenlik üzerinde istatistiksel olarak anlamlı olduğunu göstermiştir ($p < 0.001$). Su uygulamaları, 33.84 kareler toplamı ($df = 7$, $F = 5934.24$) ile en yüksek varyans açıklamasını sağlamıştır, bu durum su uygulamalarının hidrolik iletkenlik üzerindeki etkisinin dominant olduğunu ifade etmektedir. Bununla birlikte toprak (kareler toplamı = 2742.21, $df = 3$, $F = 1122204.55$) ve zaman faktörü (kareler toplamı = 8133.63, $df = 20$, $F = 499282.06$) anlamlı etkiler sergilemiş, ancak su uygulamalarına kıyasla daha az anlamlılık göstermiştir. İkili etkileşim (su uygulamaları x toprak tekstürü), (su uygulamaları x zaman), (toprak tekstürü x zaman) ve üçlü etkileşim (su uygulamaları x toprak tekstürü x zaman) istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($p < 0.001$). Elde ettiğimiz bu sonuç bu faktörlerin bir arada hidrolik iletkenlik üzerinde karmaşık bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. Özellikle, üçlü etkileşimin (su uygulamaları x toprak tekstürü x zaman), (kareler toplamı = 77.38, $df = 420$, $F = 226.18465$) anlamlı olması, su uygulamaları, toprak tekstürü ve zamanın birleşik etkisinin hidrolik iletkenlikte önemli bir rol oynadığını ortaya koymaktadır.

Çizelge 4.1 Anova analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Kareler Toplamı	df	F Değeri	p-Değeri	Açıklama
Su uygulamaları	33.84	7	5934.24	<0.0001	Su uygulamalarının hidrolik iletkenlik üzerindeki etkisi.
Toprak tekstürü	2742.21	3	1122204.55	<0.0001	Toprakların hidrolik iletkenlik üzerindeki etkisi.
Zaman	8133.63	20	499282.06	<0.0001	Zamanın hidrolik iletkenlik üzerindeki etkisi.
Su uygulamaları x Toprak tekstürü	221.29	21	12937.12	<0.0001	Toprakların su uygulamalarına verdiği tepki.
Su uygulamaları x Zaman	240.34	140	2107.58	<0.0001	Su uygulamalarının zamanla değişimi.
Toprak tekstürü x Zaman	136.70	60	2797.18	<0.0001	Toprakların zamanla değişimi.
Su uygulamaları x Toprak tekstürü x Zaman	77.38	420	226.18	<0.001	Toprakların su uygulamalarına zaman içinde verdiği tepki.
Kalıntı varyansı	3.20	3920			Modelin açıklayamadığı hata payı.

4.1 Tuzlu ve Sodyumlu Su Uygulamalarının Toprakların Hidrolik İletkenlikleri Üzerine Etkileri

4.1.1 T₁S₁-T₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik bulguları

T₁S₁ düşük kaliteli su uygulaması dört toprağa (CL, L, Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L) 21 gün süreyle uygulanmış ve toprakların hidrolik iletkenlik değerleri her gün için belirlenmiştir. T₀ (yağış) ise T₁S₁ sonrası 14 gün süreyle dört toprağa uygulanmış ve toprakların hidrolik iletkenlik değerleri T₁S₁'de olduğu gibi her gün için belirlenmiştir. T₁S₁'e ait hidrolik iletkenlik analiz sonuçları ek 1-2'de, T₀'a ait hidrolik iletkenlik analiz sonuçları ise ek 3-4'de verilmiştir.

T₁S₁-T₀ ardıl uygulamasına ait hidrolik iletkenlik değerlerinin zamana bağlı değişiminin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını değerlendirmek amacıyla yapılan Welch t-testi sonuçları çizelge 4.2'de detaylı istatistiksel analiz sonuçları ise ek 17'de verilmiştir.

Çizelge 4.2 T₁S₁-T₀ ardıl uygulaması Welch t-testi analizi sonuçları

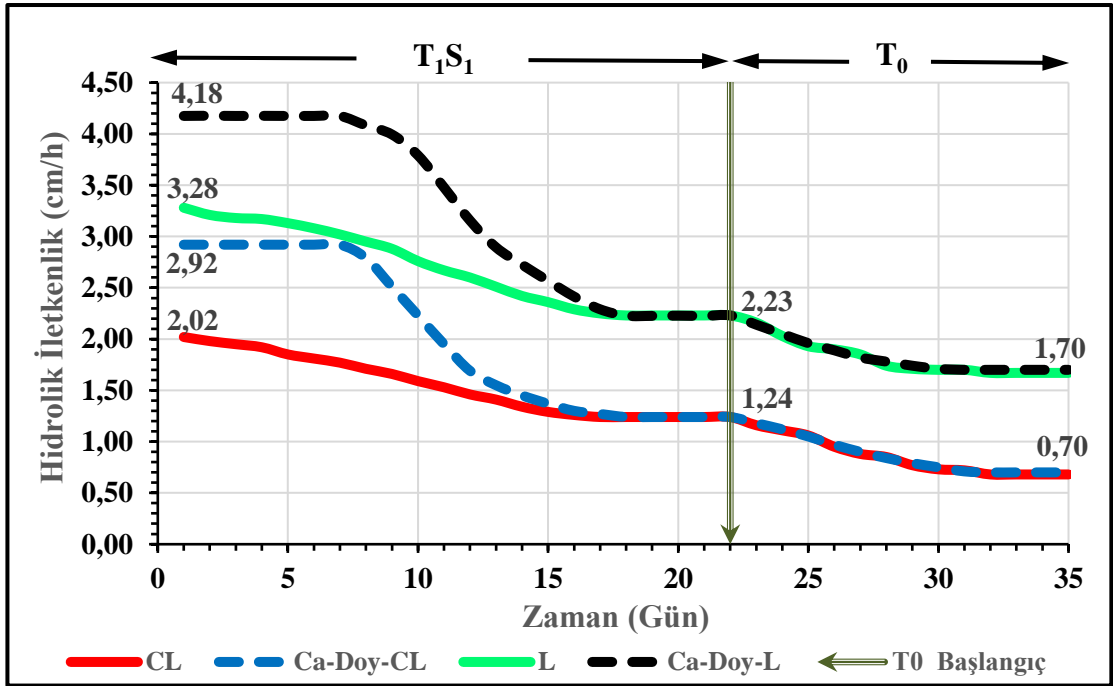
Topraklar	Su Uygulamaları	Anlamlı farkın olduğu günler
CL	T ₁ S ₁	[2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16]
CL	T ₁ S ₁ sonrası T ₀	[2, 3, 4, 5, 6, 8, 11]
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	[8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18]
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁ sonrası T ₀	[2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
L	T ₁ S ₁	[2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]
L	T ₁ S ₁ sonrası T ₀	[2, 3, 4, 5, 6, 7]
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	[8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18]
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁ sonrası T ₀	[2, 3, 4, 5, 6, 7, 8]

T₁S₁'in uygulanması sonrası hidrolik iletkenlik değerleri CL toprakta 2'nci günden 16'ncı güne kadar, L toprakta ise 2'nci günden 17'inci güne kadar istatistiksel olarak p<0.05 seviyesinde anlamlı farklılık göstermiştir (Çizelge 4.2). Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise her iki toprak için hidrolik iletkenlik değerlerindeki değişim kendi arasında önemli bulunmamıştır. Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L topraklarda ise toprak kararlılığındaki değişime bağlı olarak hidrolik iletkenlik değerleri 8'inci günden 18'inci

güne kadar istatistiksel olarak $p < 0.05$ seviyesinde anlamlı farklılık göstermiştir (Çizelge 4.2). 18'inci günden 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise her iki toprak için hidrolik iletkenlik değerlerindeki değişim kendi arasında önemli bulunmamıştır.

T_1S_1 sonrası uygulanan T_0 'da ise CL toprakta 2, 3, 4, 5, 6, 8, 11'inci günlerde, L toprakta ise 2, 3, 4, 5, 6, 7'nci günlerde hidrolik iletkenlik değerleri istatistiksel olarak $p < 0.05$ seviyesinde anlamlı farklılık göstermiştir. Bununla birlikte Ca-Doy-CL toprakta 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10'ncü günlerde, Ca-Doy-L toprakta ise 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8'inci günlerde T_0 istatistiksel olarak $p < 0.05$ seviyesinde anlamlı farklılık göstermiştir (Çizelge 4.2).

$T_1S_1-T_0$ ardıl uygulaması sonrası toprakların hidrolik iletkenlik değerlerindeki değişimi gösteren grafik ise şekil 4.1'de verilmiştir.



Şekil 4.1 $T_1S_1-T_0$ ardıl uygulaması sonrası toprakların hidrolik iletkenlik grafiği

CL toprakta hidrolik iletkenlik değeri 1'inci gün 2.02 cm/h olarak hesaplanmıştır, zamanla doğrusal olarak azalan hidrolik iletkenlik değeri 16'ncı günde 1.26 cm/h seviyesine kadar azalmıştır, sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise hidrolik iletkenlik değerlerinde önemli bir değişim olmamıştır (Şekil 4.1). Ca-Doy-CL toprakta

ise 1'inci gün hidrolik iletkenlik değeri 2.92 cm/h olarak hesaplanmıştır, 8'inci günden itibaren toprak kararlılığındaki değişime bağlı olarak azalma eğilimine giren hidrolik iletkenlik değeri 18'inci günde 1.24 cm/h seviyesine kadar azalmıştır. Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise hidrolik iletkenlik değerlerinde önemli bir değişim olmamıştır (Şekil 4.1). L toprakta hidrolik iletkenlik değeri 1'inci gün 3.28 cm/h olarak hesaplanmıştır, aynı şekilde zamanla doğrusal olarak sürekli azalma gösteren hidrolik iletkenlik değeri 18'inci günde 2.23 cm/h seviyesine kadar azalmıştır. Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise hidrolik iletkenlik değerlerinde önemli bir değişim olmamıştır (Şekil 4.1). Buna karşılık Ca-Doy-L toprakta 1'inci gün hidrolik iletkenlik değeri 4.18 cm/h olarak hesaplanmıştır, 8'inci günden itibaren toprak kararlılığındaki değişime bağlı olarak azalma eğilimine giren hidrolik iletkenlik değeri 18'inci günde 2.23 cm/h seviyesine kadar azalmıştır. Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise hidrolik iletkenlik değerlerinde önemli bir değişim olmamıştır (Şekil 4.1). T₀'ın uygulanması sonrası ise CL ve Ca-Doy-CL toprakların hidrolik iletkenlik değerleri 1.24 cm/h seviyesinden sırasıyla 0.68 ve 0.70 cm/h seviyesine kadar azalmıştır (Şekil 4.1). L ve Ca-Doy-L toprakların hidrolik iletkenlik değerleri ise 2.23 cm/h seviyesinden sırasıyla 1.67 ve 1.70 cm/h seviyesine kadar azalmıştır (Şekil 4.1).

T₁S₁ düşük kaliteli su uygulaması sonrası hem CL hem de L toprakta hidrolik iletkenlik değerlerinin zamana bağlı olarak azalması iki nedene dayandırılmaktadır, birincisi suyun hareketiyle birlikte kararsız agregalardaki yerinden oynamış kil parçacıklarının dispers olması ve topraktaki bazı gözenekleri tıkamış olmasıdır. Konuyla ilgili yapılan önceki çalışmalar bu durumu desteklemektedir Hillel (2004) yaptığı çalışmada agreganın gevşemesi ve parçalanmasıyla ayrılan kil parçacıklarının göçü ve dağılması akış sırasında gözeneklerin bir dereceye kadar tıkanmasına neden olacağını ve oluşan bu durumun gözenekli ortamda su akışına karşı direnci artıracığını ifade etmiştir. Hidrolik iletkenlik azalmasının ikinci nedeni ise uygulanan T₁S₁ düşük kaliteli suyun sodyum konsantrasyonuna bağlı olarak her iki toprakta kil şişmesi ve dağılması meydana geldiği ve hidrolik iletkenliklerin buna bağlı olarak azaldığıdır. Konuyla ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında da toprak çözeltilisinin sodyum doygunluk düzeyinin kil dağılımını ve toprağın hidrolik iletkenliğini etkilediği bildirilmiştir (Shainberg ve Letey 1984).

Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L topraklarda ise her iki toprağın kalsiyum ile doymunluğa ulaştırılmış olmaları agregaları kararlı hale getirmiş ve başlangıç koşullarında CL ve L topraklara kıyasla daha yuiksek hidrolik iletkenlik değerleri elde edilmiştir. Başlangıçtaki yuiksek hidrolik iletkenlik değerlerinin kil parçacıklarının flokülasyonundan ve kil parçacıkları arasında kohezif bağların gelişmesinden kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Moutier vd. (1998) yaptıkları bir çalışmada toprakların kalsiyumla muamele edilmesi sonrasında hidrolik iletkenlik değerlerinde başlangıç artışı bildirmişler ve bu artışı kil parçacıkları arasındaki kohezif bağların gelişmesi ile ilişkilendirmişlerdir. Yaptığımız bu çalışmada da benzer bir durum meydana gelmiştir, her iki toprağın kalsiyum ile doymunluğa ulaştırılması sırasında kil parçacıklarının flokülasyonuna bağlı olarak b yuiksek gizeneklerin oluşması akış kanallarını genişletmiş ve başlangıçta yuiksek hidrolik iletkenlik değerleri elde edilmiştir fakat ilerleyen s uireçte toprakların hidrolik iletkenlik değerlerinde kademeli bir azalma olmuştur. Bu kademeli azalma her iki toprağın uzun s uire (21 g un) hidrolik iletkenlik cihazında tuzlu sodyumlu suya maruz kalmasına ve bu sudan gelen sodyumun zamanla topraktaki kalsiyumla yer değiştirmesi esasına dayandırılmıştır. T₁S₁ d uşuk kaliteli su uygulamasından kaynaklı sodyum, hem Ca-Doy-CL hem de Ca-Doy-L toprakta kil şişmesi ve dağılmasını artırmış ve ilerleyen zamanda toprakların hidrolik iletkenlik değerlerini azaltmıştır.

T₁S₁ sonrası uygulanan T₀'da (yağış) ise d ort toprakta da meydana gelen hidrolik iletkenlik azalmasını uygulanan suyun, toprak çuizeltilerinin EC'sini SAR seviyesinden daha hızlı azaltarak topraklarda kil şişmesi ve dağılması meydana getirmiş olmasına ve iletken toprak gizeneklerinin hızlı bir şekilde tıkanmış olmasına atfedilmektedir. Tuzlu sodyumlu sularla sulama yapılan toprakların daha sonra saf suyla yıkanması sonucunda hidrolik iletkenlikteki değişimleri araştıran çalışmalara bakıldığında da benzer durum g u r u l m e k t e d i r , Shainberg ve Letey (1984) konuyla ilgili yaptıkları bir çalışmada saf su uygulaması sonrası toprak çuizeltisindeki elektrolit konsantrasyonu azaldıkça toprağın şişmesinde artış olacağını bildirmişlerdir.

4.1.2 T₂S₁-T₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik bulguları

T₂S₁ düşük kaliteli su uygulaması dört toprağa (CL, L, Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L) 21 gün süreyle uygulanmış ve toprakların hidrolik iletkenlik değerleri her gün için belirlenmiştir. T₀ (yağış) ise T₂S₁ sonrası 14 gün süreyle dört toprağa uygulanmış ve toprakların hidrolik iletkenlik değerleri aynı şekilde her gün için belirlenmiştir. T₂S₁'e ait hidrolik iletkenlik analiz sonuçları ek 5-6'da, T₀'a ait hidrolik iletkenlik analiz sonuçları ise ek 7-8'de verilmiştir.

T₂S₁-T₀ ardıl uygulamasına ait hidrolik iletkenlik değerlerinin zamana bağlı değişiminin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını değerlendirmek amacıyla yapılan Welch t-testi sonuçları çizelge 4.3'de detaylı istatistiksel analiz sonuçları ise ek 18'de verilmiştir.

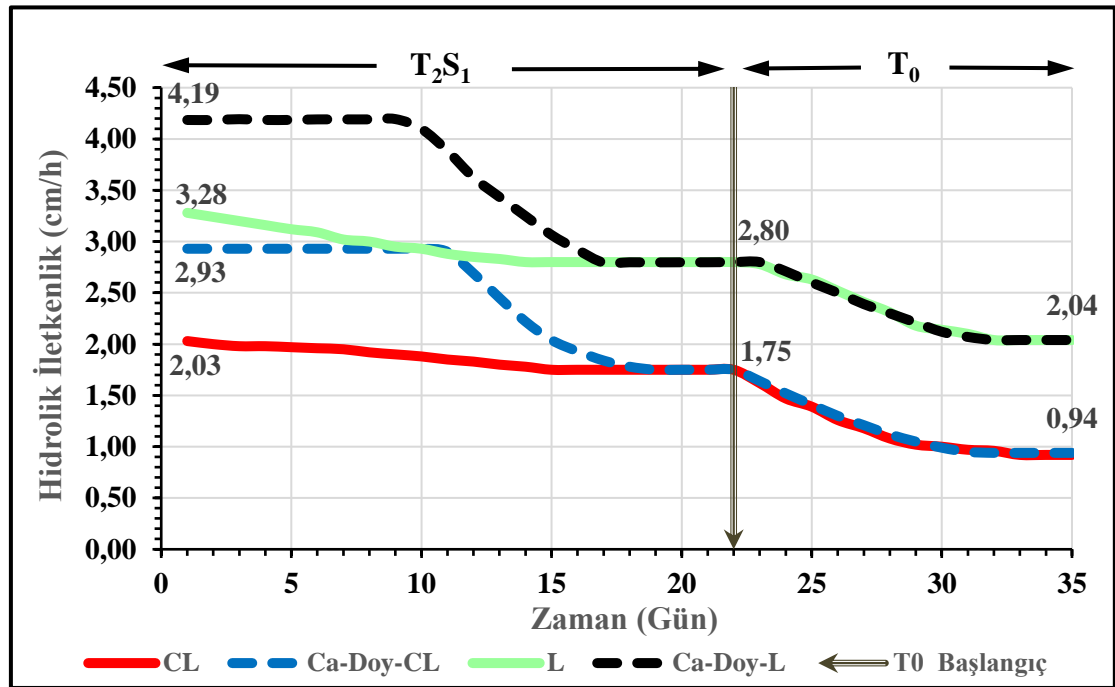
Çizelge 4.3 T₂S₁-T₀ ardıl uygulaması Welch t-testi analizi sonuçları

Topraklar	Su Uygulamaları	Anlamlı farkın olduğu günler
CL	T ₂ S ₁	[2, 8, 11, 13, 15]
CL	T ₂ S ₁ sonrası T ₀	[2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12]
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	[12, 13, 14, 15, 16, 17, 18]
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁ sonrası T ₀	[2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
L	T ₂ S ₁	[2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12]
L	T ₂ S ₁ sonrası T ₀	[3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	[10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁ sonrası T ₀	[3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]

T₂S₁'in uygulanması sonrası CL toprakta 2, 8, 11, 13, 15'inci günlerde, L toprakta ise 2, 3, 4, 5, 6, 7, 9, 11, 12'nci günlerde hidrolik iletkenlik değerleri istatistiksel olarak p<0.05 seviyesinde anlamlı farklılık göstermiştir (Çizelge 4.3). Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise her iki toprak için hidrolik iletkenlik değerlerindeki değişim kendi arasında önemli bulunmamıştır. Ca-Doy-CL toprakta 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18'inci günlerde ve Ca-Doy-L toprakta ise 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17'nci günlerde hidrolik iletkenlik değerleri istatistiksel olarak p<0.05 seviyesinde anlamlı farklılık göstermiştir (Çizelge 4.3). Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise her iki toprak için hidrolik iletkenlik değerlerindeki değişim kendi arasında önemli bulunmamıştır.

T_2S_1 sonrası uygulanan T_0 'da ise CL toprakta 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 12'nci günlerde, L toprakta ise 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11'inci günlerde hidrolik iletkenlik değerleri istatistiksel olarak $p < 0.05$ seviyesinde anlamlı farklılık göstermiştir. Bununla birlikte T_0 uygulaması Ca-Doy-CL toprakta 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10'ncü günlerde, Ca-Doy-L toprakta ise 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11'inci günlerde istatistiksel olarak $p < 0.05$ seviyesinde anlamlı farklılık göstermiştir (Çizelge 4.3).

T_2S_1 - T_0 ardıl uygulaması sonrası toprakların hidrolik iletkenlik değerlerindeki değişimi gösteren grafik ise şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2 T_2S_1 - T_0 ardıl uygulaması sonrası toprakların hidrolik iletkenlik grafiği

T_2S_1 'in uygulanması sonrası CL toprakta hidrolik iletkenlik değeri 1'inci gün 2.03 cm/h olarak belirlenmiştir, zamanla doğrusal olarak azalan hidrolik iletkenlik değeri 15'inci günde 1.75 cm/h seviyesine kadar azalmıştır. Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise hidrolik iletkenlik değerlerinde önemli bir değişim olmamıştır (Şekil 4.2). Ca-Doy-CL toprakta ise 1'inci gün hidrolik iletkenlik değeri 2.93 cm/h olarak belirlenmiş, 11'inci günden itibaren toprak kararlılığındaki değişime bağlı olarak azalma eğilimine giren hidrolik iletkenlik değeri 19'uncu günde 1.75 cm/h seviyesine kadar

azalmıştır. Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde hidrolik iletkenlik değerlerinde önemli bir değişim olmamıştır (Şekil 4.2). L toprakta ise hidrolik iletkenlik değeri 1'inci gün 3.28 cm/h olarak hesaplanmıştır, zamanla doğrusal olarak azalma gösteren hidrolik iletkenlik değeri 14'üncü günde 2.80 cm/h seviyesine kadar azalmıştır. Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise hidrolik iletkenlik değerlerinde önemli bir değişim olmamıştır (Şekil 4.2). Buna karşılık Ca-Doy-L toprakta 1'inci gün hidrolik iletkenlik değeri 4.19 cm/h olarak hesaplanmıştır, 11'inci günden itibaren toprak kararlılığındaki değişime bağlı olarak azalma eğilimine giren hidrolik iletkenlik değeri 17'nci günde 2.80 cm/h seviyesine kadar azalmıştır. Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise hidrolik iletkenlik değerinde önemli bir değişim olmamıştır (Şekil 4.2). T₀'ın uygulanması sonrası ise CL ve Ca-Doy-CL topraklarda hidrolik iletkenlik değerleri 1.75 cm/h seviyesinden sırasıyla 0.92 cm/h ve 0.94 cm/h seviyesine azalmıştır (Şekil 4.2). L ve Ca-Doy-L topraklarda ise hidrolik iletkenlik değerleri 2.80 cm/h seviyesinden 2.04 cm/h seviyesine azalmıştır (Şekil 4.2).

T₂S₁ düşük kaliteli su uygulaması sonrası CL ve L tekstürlü topraklarda meydana gelen hidrolik iletkenlik değerlerindeki azalma diğer düşük kaliteli su uygulamalarıyla karşılaştırıldığında daha az gerçekleşmiştir. Bu duruma T₂S₁'in SAR düzeyinin sabit tutulup EC'sinin artırılmış olmasının etkili olduğu değerlendirilmektedir. T₂S₁ düşük kaliteli su uygulamasında sodyum katyon konsantrasyonu 42.50 me/l iken kalsiyum katyon konsantrasyonu 35.52 me/l seviyesindedir. Uygulanan suyun yüksek kalsiyum konsantrasyonu ve elektriksel iletkenliğine bağlı yüksek iyonik kuvvetin hem CL toprakta hem de L toprakta kil dispersiyonunu engellediği ve hidrolik iletkenliklerin azalmasını önlediği değerlendirilmektedir. Konuyla ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında da artan toprak veya sulama suyu tuzluluğunun sodyum kaynaklı dispersiyon riskini azaltabileceği şeklindedir (Tadesse vd. 2009). Bununla birlikte T₂S₁'in uygulanması sonrası hem CL toprakta hem de L toprakta meydana gelen düşük miktarda da olsa hidrolik iletkenlik azalması durumunu ise daha çok gevşek kil parçacıklarının dispers olmasına ve suyla birlikte hareket ederek topraktaki bazı gözenekleri tıkamış olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir.

Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L topraklarda ise 11'inci güne kadar hidrolik iletkenlik değerlerinin sabit kalarak korunmuş olması diğer düşük kaliteli su uygulamaları ile karşılaştırıldığında en uzun süreli sabit kalmadır. Bu durum toprakların hem kalsiyumla doygunluğa ulaştırılmış olmalarına hem de T₂S₁'in yüksek kalsiyum konsantrasyonuna (Ca= 35.52 me/l) atfedilmektedir. Yüksek kalsiyum konsantrasyonu her iki toprakta da agregaları kararlı halde tutmuş ve buna bağlı olarak uzun bir süre hidrolik iletkenlik değerini koruduğu değerlendirilmektedir. Yapılan önceki çalışmalara baktığımızda da, Yılmaz vd.'ye (2005) göre hidrolik iletkenlik ile kalsiyum arasında önemli bir pozitif ilişki olduğu bildirilmiştir, ayrıca Brock (1991) tarafından bildirildiğine göre, kalsiyum klorürün yüksek çözünme oranı, toprak profilinden hızla geçtiği için toprak fiziksel özellikleri üzerinde kısa vadeli iyileştirici etkilere sahip olabileceği şeklindedir önceki çalışmalar elde ettiğimiz bulguları desteklemektedir. Fakat hem Ca-Doy-CL hem de Ca-Doy-L toprağın 21 gün gibi uzun bir süre hidrolik iletkenlik cihazında tuzlu sodyumlu suyla yıkanma koşullarına maruz kalması kil şişmesi ve dağılmasını artırmış, kalsiyumun floküle etme gücünü zamanla kırarak toprakların hidrolik iletkenlik değerlerinde azalma meydana getirmiştir.

T₀ (yağış) sonrası toprakların hidrolik iletkenlik değerlerinde meydana gelen azalmanın nedeni ise T₁S₁-T₀ ardıl uygulamasında değinildiği gibi T₀ uygulamasının su kalitesi, toprak çözeltilerinin EC'sini SAR seviyesinden daha hızlı azaltmış ve topraklarda kil şişmesi ve dağılması meydana getirmiştir, dağılan kil toprak gözeneklerini tıkayarak hidrolik iletkenlikleri azaltmıştır.

4.1.3 T₁S₂-T₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik bulguları

T₁S₂ düşük kaliteli su uygulaması dört toprağa (CL, L, Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L) 21 gün süreyle uygulanmış ve toprakların hidrolik iletkenlik değerleri her gün için belirlenmiştir. T₀ (yağış) ise T₁S₂ sonrası 14 gün süreyle dört toprağa uygulanmış ve toprakların hidrolik iletkenlik değerleri T₁S₂'de olduğu gibi her gün için belirlenmiştir. T₁S₂'ye ait hidrolik iletkenlik analiz sonuçları ek 9-10'da, T₀'a ait hidrolik iletkenlik analiz sonuçları ise ek 11-12'de verilmiştir.

$T_1S_2-T_0$ ardıl uygulamasına ait hidrolik iletkenlik değerlerinin zamana bağlı değişiminin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını değerlendirmek amacıyla yapılan Welch t-testi sonuçları çizelge 4.4’de detaylı istatistiksel analiz sonuçları ise ek 19’da verilmiştir.

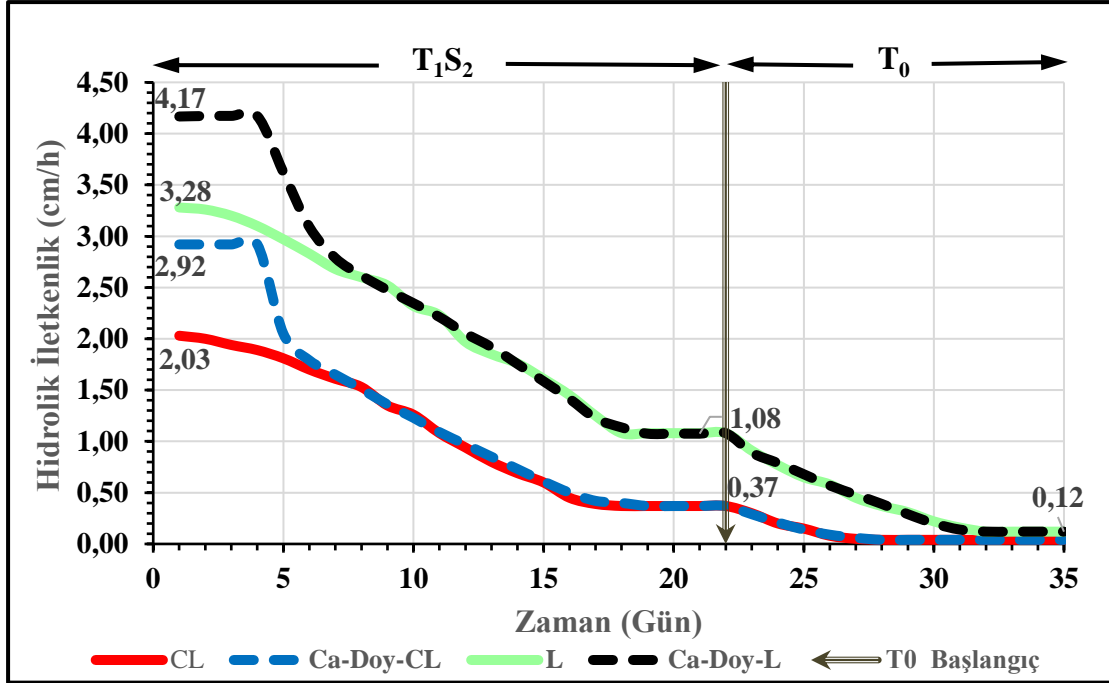
Çizelge 4.4 $T_1S_2-T_0$ ardıl uygulaması Welch t-testi analizi sonuçları

Topraklar	Su Uygulamaları	Anlamlı farkın olduğu günler
CL	T_1S_2	[3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]
CL	T_1S_2 sonrası T_0	[2, 3, 4, 5]
Ca-Doy-CL	T_1S_2	[5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 19]
Ca-Doy-CL	T_1S_2 sonrası T_0	[2, 3, 4, 5, 6]
L	T_1S_2	[3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18]
L	T_1S_2 sonrası T_0	[2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]
Ca-Doy-L	T_1S_2	[5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]
Ca-Doy-L	T_1S_2 sonrası T_0	[2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]

T_1S_2 ’nin uygulanması sonrası hidrolik iletkenlik değerleri CL toprakta 3’üncü günden 17’nci güne kadar, L toprakta ise 3’üncü günden 18’inci güne kadar istatistiksel olarak $p<0.05$ seviyesinde anlamlı farklılık göstermiştir (Çizelge 4.4). Sonraki 21’inci güne kadar geçen süre içerisinde ise her iki toprak için hidrolik iletkenlik değerlerindeki değişim kendi arasında önemli bulunmamıştır. Ca-Doy-CL toprakta hidrolik iletkenlik değerleri 5’inci günden 17’nci güne kadar ve 19’uncu günde, Ca-Doy-L toprakta ise 5’inci günden, 19’uncu güne kadar istatistiksel olarak $p<0.05$ seviyesinde anlamlı farklılık göstermiştir (Çizelge 4.4). Sonraki 21’inci güne kadar geçen süre içerisinde ise her iki toprak için hidrolik iletkenlik değerlerindeki değişim kendi arasında önemli bulunmamıştır.

T_1S_2 sonrası uygulanan T_0 ’da ise CL toprakta 2, 3, 4, 5’inci günlerde, L toprakta ise 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11’inci günlerde hidrolik iletkenlik değerleri istatistiksel olarak $p<0.05$ seviyesinde anlamlı farklılık göstermiştir. Bununla birlikte Ca-Doy-CL toprakta 2, 3, 4, 5, 6’ncı günlerde, Ca-Doy-L toprakta ise 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10’ncü günlerde T_0 istatistiksel olarak $p<0.05$ seviyesinde anlamlı farklılık göstermiştir (Çizelge 4.4).

$T_1S_2-T_0$ ardıl uygulaması sonrası toprakların hidrolik iletkenlik değerlerindeki değişimi gösteren grafik ise şekil 4.3’de verilmiştir.



Şekil 4.3 $T_1S_2-T_0$ ardıl uygulaması sonrası toprakların hidrolik iletkenlik grafiği

T_1S_2 'nin uygulanması sonrası CL toprakta hidrolik iletkenlik değeri 1'inci gün 2.03 cm/h olarak belirlenmiştir, zamanla doğrusal olarak azalan hidrolik iletkenlik değeri 18'inci günde 0.37 cm/h seviyesine kadar azalmıştır. Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise hidrolik iletkenlik değerlerinde önemli bir değişim olmamıştır (Şekil 4.3). Ca-Doy-CL toprakta ise 1'inci gün hidrolik iletkenlik değeri 2.92 cm/h olarak belirlenmiş, 5'inci günden itibaren toprak kararlılığındaki değişime bağlı olarak azalma eğilimine giren hidrolik iletkenlik değeri 19'uncu günde 0.37 cm/h seviyesine kadar azalmıştır. Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde hidrolik iletkenlik değerlerinde önemli bir değişim olmamıştır (Şekil 4.3). L toprakta ise hidrolik iletkenlik değeri 1'inci gün 3.28 cm/h olarak hesaplanmıştır, zamanla doğrusal olarak azalma gösteren hidrolik iletkenlik değeri 18'inci günde 1.08 cm/h seviyesine kadar azalmıştır. Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise hidrolik iletkenlik değerlerinde önemli bir değişim olmamıştır (Şekil 4.3). Buna karşılık Ca-Doy-L toprakta 1'inci gün hidrolik iletkenlik değeri 4.17 cm/h olarak hesaplanmıştır, 5'inci günden itibaren toprak

kararlılığındaki değişime bağlı olarak azalma eğilimine giren hidrolik iletkenlik değeri 19'uncu günde 1.08 cm/h seviyesine kadar azalmıştır. Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise hidrolik iletkenlik değerinde önemli bir değişim olmamıştır (Şekil 4.3). T₀'ın uygulanması sonrası hem CL hem de Ca-Doy-CL toprakta hidrolik iletkenlik değerleri 0.37 cm/h seviyesinden 0.04 cm/h seviyesine azalmıştır (Şekil 4.3). L ve Ca-Doy-L topraklarda ise hidrolik iletkenlik değerleri 1.08 cm/h seviyesinden 0.12 cm/h seviyesine azalmıştır (Şekil 4.3).

T₁S₂ düşük kaliteli su uygulaması sonrası, CL ve L tekstürlü toprakların hidrolik iletkenlik değerlerinde meydana gelen azalma miktarı diğer düşük kaliteli su uygulamalarıyla karşılaştırıldığında daha önemli seviyede gerçekleşmiştir. T₁S₂ uygulamasında SAR seviyesinin artırılarak (SAR= 20), EC'nin azaltılmış (EC= 4 dS/m) olması her iki toprağın hidrolik iletkenliklerinin önemli seviyede azalmasında etkili olmuştur. T₁S₂ uygulamasında SAR seviyesine bağlı olarak sodyum katyon konsantrasyonu artarken (Na= 33.70 me/l) kalsiyum katyon konsantrasyonu (Ca= 4.32 me/l) azalmıştır, bu durum her iki toprağında T₁S₂ uygulamasına karşı daha duyarlı yapmıştır, uygulanan suyun yüksek sodyum miktarı topraklarda kil şişmesi ve dispersiyonunu artırarak diğer su uygulamalarına kıyasla toprakların hidrolik iletkenliklerini önemli düzeyde azaltmıştır. Konuyla ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında da yüksek SAR ve düşük elektrolit konsantrasyonunun toprağın hidrolik iletkenliğini azalttığı şeklindedir (Chaudhari 2001). Ayrıca T₁S₂'nin uygulanması sonrası CL toprakta hidrolik iletkenlik değerlerinin L toprağa kıyasla önemli seviyede azalmış olmasını CL toprağın yüksek kil miktarına ve L toprağa kıyasla daha az makro gözenekli yapıya sahip olmasına dayandırılmaktadır. Sonuç olarak T₁S₂ düşük kaliteli su uygulamasının SAR düzeyinin artırılmış olması, her iki toprakta da hidrolik iletkenlik değerlerini önemli düzeyde azaltmıştır ancak azalmanın büyüklüğü toprakların kil miktarına ve gözenek yapısına bağlı olarak değiştiği değerlendirilmektedir.

Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L topraklarda ise T₁S₂'nin uygulanması 5'inci günden itibaren hidrolik iletkenlik değerlerinde çok hızlı bir azalma meydana getirmiştir oluşan bu duruma düşük kaliteli su uygulamasının yüksek SAR seviyesinin neden olduğu değerlendirilmektedir (Şekil 4.3). T₁S₂'nin yüksek SAR seviyesi toprakta kil parçacıkları

arasındaki kohezif bağların güçlendirilmesine yardımcı olan Ca iyonlarının dispersiyonunu ve toprak yapısının zayıflamasını hızlandırmış ve uygulamanın 5'inci gününden itibaren her iki toprakta da hızlı bir hidrolik iletkenlik azalmasına neden olmuştur. Buna bağlı olarak makro gözeneklerin tıkanması ve sayısının azalması ise birim zamanda topraklardan geçen su hacmini yani hidrolik iletkenliği hızlı bir şekilde azaltmıştır. Sonuç olarak hem Ca-Doy-CL ve hem de Ca-Doy-L toprağın kalsiyumla doyunluğa ulaştırılarak kil parçacıkları arasındaki kohezif bağların güçlendirilmiş olması uygulanan düşük kaliteli suyun yüksek SAR seviyesi karşısında fazla dayanıklı kalamamış ve hidrolik iletkenlik değerleri hızlı bir şekilde azalmıştır.

T₀'ın (yağış) uygulanması sonrası toprakların hidrolik iletkenliklerinde meydana gelen azalma durumu ise T₀'ın toprak EC'sini hızlı bir şekilde azaltmış olmasına atfedilmiştir. Azalan EC ile birlikte korunan yüksek SAR seviyesi toprakların yapısını bozmuş ve agregat dağılımını ve parçacık taşınımını hızlandırmıştır, bu durum ise toprak hidrolik iletkenlik değerlerini azaltmıştır. Konuyla ilgili yapılan çalışmalara bakıldığında da tuzlu-sodyumlu suyla sulanan bir toprağa sonrasında yağmur kalitesine yakın su uygulanmasının toprak EC'sini SAR'dan daha hızlı azaltacağını ve toprak geçirirliliğinin ve yapısının bozulacağı şeklindedir (Mace ve Amrhein 2001). Ayrıca Frenkel vd. (1978) yaptıkları bir çalışmada dağılım ve parçacık hareketinden kaynaklanan hidrolik iletkenlikteki ani değişimlerin geri döndürülemeyeceğini bildirmişlerdir.

4.1.4 T₂S₂-T₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik bulguları

T₂S₂ düşük kaliteli su uygulaması dört toprağa (CL, L, Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L) 21 gün süreyle uygulanmış ve toprakların hidrolik iletkenlik değerleri her gün için belirlenmiştir. T₀ (yağış) ise T₂S₂ sonrası 14 gün süreyle dört toprağa uygulanmış ve toprakların hidrolik iletkenlik değerleri T₂S₂'de olduğu gibi her gün için belirlenmiştir. T₂S₂'ye ait hidrolik iletkenlik analiz sonuçları ek 13-14'de, T₀'a ait hidrolik iletkenlik analiz sonuçları ise ek 15-16'da verilmiştir. T₂S₂-T₀ ardıl uygulamasına ait hidrolik iletkenlik değerlerinin zamana bağlı değişiminin istatistiksel olarak anlamlı olup olmadığını değerlendirmek amacıyla yapılan Welch t-testi sonuçları çizelge 4.5'de, detaylı istatistiksel analiz sonuçları ise ek 20'de verilmiştir.

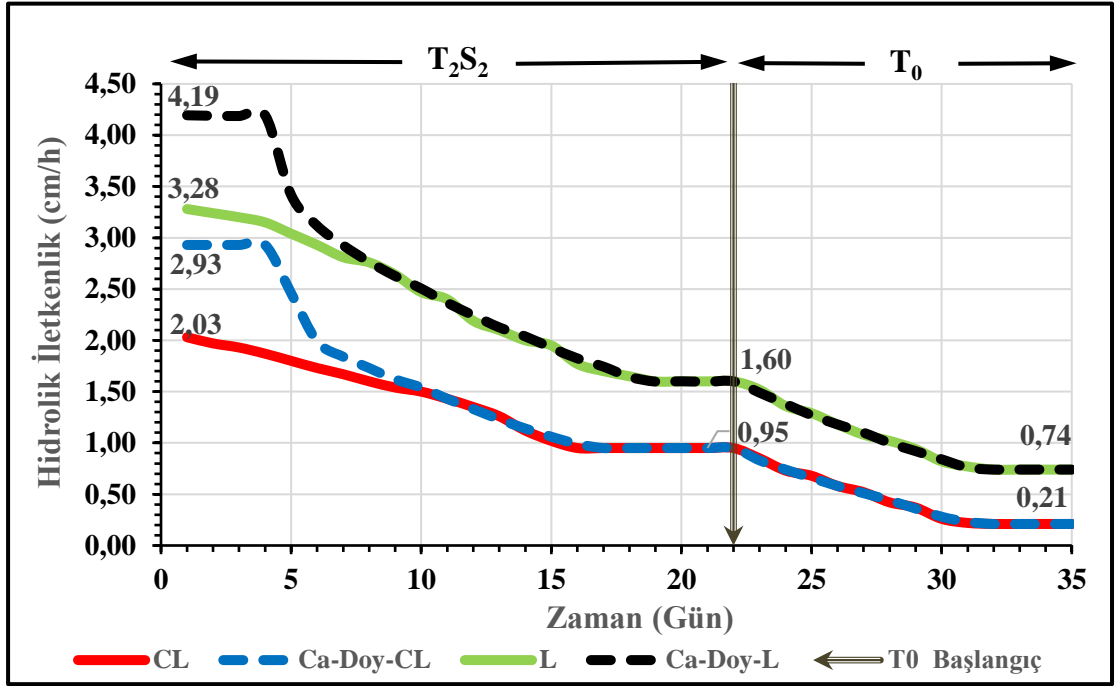
Çizelge 4.5 T₂S₂–T₀ ardıl uygulaması Welch t-testi analizi sonuçları

Topraklar	Su Uygulamaları	Anlamli farkın olduğu günler
CL	T ₂ S ₂	[2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16]
CL	T ₂ S ₂ sonrası T ₀	[2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	[5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17]
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂ sonrası T ₀	[2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]
L	T ₂ S ₂	[3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]
L	T ₂ S ₂ sonrası T ₀	[2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11]
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	[5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19]
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂ sonrası T ₀	[2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10]

T₂S₂'nin uygulanması sonrası hidrolik iletkenlik değerleri CL toprakta 2'nci günden 16'ncı güne kadar, L toprakta ise 3'üncü günden 19'uncu güne kadar istatistiksel olarak p<0.05 seviyesinde anlamlı farklılık göstermiştir (Çizelge 4.5). Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise her iki toprak için hidrolik iletkenlik değerlerindeki değişim kendi arasında önemli bulunmamıştır. Ca-Doy-CL toprakta hidrolik iletkenlik değerleri 5'inci günden, 17'nci güne kadar, Ca-Doy-L toprakta ise 5'inci günden, 19'uncu güne kadar istatistiksel olarak p<0.05 seviyesinde anlamlı farklılık göstermiştir (Çizelge 4.5). Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise her iki toprak için hidrolik iletkenlik değerlerindeki değişim kendi arasında önemli bulunmamıştır.

T₂S₂ sonrası uygulanan T₀'da ise CL toprakta 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10'uncu günlerde, L toprakta ise 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11'inci günlerde hidrolik iletkenlik değerleri istatistiksel olarak p<0.05 seviyesinde anlamlı farklılık göstermiştir. Bununla birlikte Ca-Doy-CL toprakta ve Ca-Doy-L toprakta 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10'uncu günlerde T₀ istatistiksel olarak p<0.05 seviyesinde anlamlı farklılık göstermiştir (Çizelge 4.5).

T₂S₂–T₀ ardıl uygulaması sonrası toprakların hidrolik iletkenlik değerlerindeki değişimi gösteren grafik ise şekil 4.4'de verilmiştir.



Şekil 4.4 T₂S₂-T₀ ardıl uygulaması sonrası toprakların hidrolik iletkenlik grafiği

T₂S₂'nin uygulanması sonrası CL toprakta hidrolik iletkenlik değeri 1'inci gün 2.03 cm/h olarak belirlenmiştir, zamanla doğrusal olarak azalan hidrolik iletkenlik değeri 16'nci günde 0.95 cm/h seviyesine kadar azalmıştır. Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise hidrolik iletkenlik değerlerinde önemli bir değişim olmamıştır (Şekil 4.4). Ca-Doy-CL toprakta ise 1'inci gün hidrolik iletkenlik değeri 2.93 cm/h olarak belirlenmiştir, 5'inci günden itibaren toprak kararlılığındaki değişime bağlı olarak azalma eğilimine giren hidrolik iletkenlik değeri 17'nci günde 0.95 cm/h seviyesine kadar azalmıştır. Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise hidrolik iletkenlik değerlerinde önemli bir değişim olmamıştır (Şekil 4.4). L toprakta ise hidrolik iletkenlik değeri 1'inci gün 3.28 cm/h olarak hesaplanmıştır, zamanla doğrusal olarak sürekli azalma gösteren hidrolik iletkenlik değeri 19'uncu günde 1.60 cm/h seviyesine kadar azalmıştır. Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise hidrolik iletkenlik değerlerinde önemli bir değişim olmamıştır (Şekil 4.4). Buna karşılık Ca-Doy-L toprakta 1'inci gün hidrolik iletkenlik değeri 4.19 cm/h olarak belirlenmiştir, 5'inci günden itibaren toprak kararlılığındaki değişime bağlı olarak azalma eğilimine giren hidrolik iletkenlik değeri 19'uncu günde 1.60 cm/h seviyesine kadar azalmıştır. Sonraki 21'inci güne kadar geçen süre içerisinde ise hidrolik iletkenlik değerlerinde önemli bir değişim

olmamıştır (Şekil 4.4). T_0 'ın uygulanması sonrası ise hem CL hem de Ca-Doy-CL toprakta hidrolik iletkenlik değerleri 0.95 cm/h seviyesinden 0.21 cm/h seviyesine azalmıştır (Şekil 4.4). L ve Ca-Doy-L toprakta ise hidrolik iletkenlik değerleri 1.60 cm/h seviyesinden 0.74 cm/h seviyesine azalmıştır (Şekil 4.4).

T_2S_2 uygulamasında hem SAR seviyesinin (SAR= 20) hem de EC'nin artırılmış olması (EC= 8 dS/m) hem CL toprakta hem de L toprakta hidrolik iletkenlik değerlerinde önemli bir azalma meydana getirmiştir, bu durum su kalitesinin toprak hidrolik iletkenlik üzerindeki olumsuz etkisini belirgin bir şekilde göstermiştir. Hidrolik iletkenlik değerlerinde meydana gelen azalmayı hem kilin şişmesine hem de şişmeye bağlı agregatlar arası gözenek hacminin azalmış olmasına bağlı olduğu değerlendirilmektedir. Yapılan önceki çalışmalara bakıldığında da kilin şişmeye karşı gösterdiği duyarlılığın, toprak çözeltilisinin SAR değerindeki artış ile arttığı şeklindedir (Quirk ve Schofield, 1955). Ayrıca Ben-Hur ve Yolcu (2009) yaptıkları çalışmada toprak şişmesinin agregatlar arası gözenek hacmini azalttığını bildirmişlerdir.

T_2S_2 'nin uygulandığı diğer iki toprak olan Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L toprakta ise 5'inci günden itibaren T_1S_2 uygulamasında olduğu gibi çok hızlı ve ani bir hidrolik iletkenlik azalması meydana gelmiştir (Şekil 4.4). Bu durum T_2S_2 uygulamasının yüksek SAR seviyesine bağlı olarak sodyumun toprak agregatlarını tahrip etmesine ve toprak makro gözeneklerini tıkamış olmasına atfedilmektedir.

T_0 'ın (yağış) uygulanması sonrası toprakların hidrolik iletkenliklerinde meydana gelen azalmanın nedeni ise önceki düşük kaliteli su uygulamasında değinildiği gibi T_0 'ın uygulanmasıyla birlikte toprak çözeltilisindeki EC'nin azalması kil şişmesi ve dağılması meydana getirmiş ve bu durum da hidrolik iletkenlik değerlerini azaltmıştır. Yapılan çalışmalarda bu durumu desteklemektedir, Pratt ve Suarez'e (1990) göre tuzlu-sodyumlu suların kullanımından sonra düşen yağış, toprak sızma oranını ve topraktaki su hareketini önemli ölçüde azaltabilir şeklindedir.

Araştırmada kullanılan topraklar düşük kaliteli su uygulamalarının kalite parametreleri olan EC ve SAR seviyesindeki değişikliklere duyarlı olduklarını göstermişlerdir.

Özellikle T₁S₂ ve T₂S₂ uygulamalarının yüksek SAR seviyeleri toprakların hidrolik iletkenlik değerlerinde önemli seviyede azalma meydana getirmiştir. Düşük kaliteli su uygulamalarına bağlı olarak kil fraksiyonunun şişmesi ve agregat dağılması sonucu toprak gözeneklerinin tıkanmış olması dört toprakta da hidrolik iletkenlik değerlerindeki kademeli azalmanın başlıca nedeni olarak değerlendirilmektedir. Ayrıca CL toprakta hidrolik iletkenlik değerlerinde azalma daha fazla olmuştur bu durum CL toprağın yüksek kil içeriğinden dolayı kil dispersiyonunun bu toprakta daha fazla gerçekleşmiş olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir. L toprakta ise hem kil miktarının az olması hem de suyun toprak içerisinde hızlı akışına izin veren fazla sayıda makro gözenek içeriyor olması CL toprağa kıyasla hidrolik iletkenlik değerlerini daha az azalttığı değerlendirilmektedir. Önceki çalışmalarda bu durumu desteklemektedir, Mahdee'ye (2025) göre, kil içeriğinin etkisi hidrolik iletkenlikte çok güçlüdür çünkü kil parçacıkları gözenek boyutunu küçültür ve toprak şişmesini artırır, böylece iletkenlikte daha fazla sınırlamaya neden olur, kum içeriğindeki artış ise geçirgenliği iyileştirerek, hidrolik iletkenlik değerini artırır şeklindedir.

4.2 Tuzlu ve Sodyumlu Su Uygulamalarının Toprakların Farklı pF Değerlerinde Tuttukları Su Miktarları Üzerine Etkileri

Toprak su karakteristiği eğrisi, belirli bir matris potansiyelinde denge halinde toprakta tutulan su miktarını tanımlar. Toprak su karakteristiği, toprakta ki gözenek boşluklarının boyutu ve bağlanabilirliğiyle ilgili önemli bir hidrolik özellik olup, toprak tekstürü, strüktürü ve organik madde de dahil olmak üzere diğer bileşenlerden güçlü bir şekilde etkilenir (Tuller vd. 2004). Toprak su karakteristiği eğrisi ayrıca toprak nem karakteristik eğrisi veya toprak-su tutma eğrisi olarak da adlandırılır. Tuzlu-sodyumlu sulama sularının bir toprağın fiziksel özellikleri üzerinde yapacağı etkileri incelemenin farklı bir yöntemi de, tuzluluk ve sodyumluluğun toprak-su tutma eğrisi üzerinde yapacağı etkisini değerlendirmektir (Robinson 2003).

Düşük kaliteli su uygulamalarının hidrolik iletkenlik cihazında 21 gün süreyle topraklara uygulanması sonrası dört toprak konusundan 2'şer paralel olacak şekilde toplam 8 toprak

numunesi hidrolik iletkenlik cihazından alınarak farklı pF değerlerinde tuttıkları su miktarlarının analizleri yapılmış ve toprak su karakteristik eğrileri hazırlanmıştır.

4.2.1 pF 0'da tutulan su miktarı

Toprakların pF 0'da tuttıkları su miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları izelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6 pF 0'da toprak numunelerinde tutulan su miktarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob>F
Toprak (T)	3	1694.8240	335.2768	0.001**
Su uygulamaları (S)	4	417.3060	61.9148	0.001**
(T)x(S)	12	2.8060	0.1388	0.9994 öd
Hata	20	33.7000		
Toplam	39	2148.6360		

** : İstatiksel olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli

öd: önemli değil

Varyans analizi sonuçları incelendiğinde toprak (T) ve su uygulamaları (S) istatistiksel olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuş fakat (T)x(S) interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi yapılarak belirlenmiş ve izelge 4.7'de verilmiştir.

Çizelge 4.7 pF 0'da tutulan su miktarına ait ortalamalar

pF 0'da tutulan su miktarı (%)						
Tekstür Sınıfı	Başlangıç Toprağı	T ₁ S ₁	T ₂ S ₁	T ₁ S ₂	T ₂ S ₂	Ort.
CL	49.5	53.9	51.8	58.0	56.0	53.840b
Ca-Doy-CL	51.0	55.1	53.1	59.4	57.6	55.240a
L	36.3	40.8	38.9	45.8	43.5	41.060c
Ca-Doy- L	37.2	41.6	39.7	47.3	44.7	42.100c
Ort.	43.500e	47.850c	45.875d	52.625a	50.450b	
LSD _{0.05} (Tekstür): 1.211 LSD _{0.05} (Su Uygulaması): 1.354						

Çizelge 4.7 incelendiğinde düşük kaliteli su uygulamalarının EC ve SAR seviyelerine bağlı olarak toprakların pF 0’da tuttukları su miktarları artmıştır. Tutulan su miktarı başlangıç topraklarında ortalama %43.500 iken T₁S₂ düşük kaliteli su uygulaması sonrası ortalama %52.625’e yükselmiş ve en büyük ortalama değer olarak bulunmuştur.

4.2.2 pF 1’de tutulan su miktarı

Toprakların pF 1’de tuttukları su miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.8 pF 1’de toprak numunelerinde tutulan su miktarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob>F
Toprak (T)	3	1869.0680	426.1441	0.001**
Su uygulamaları (S)	4	597.6740	102.2014	0.001**
(T)x(S)	12	12.7020	0.7240	0.7132 öd
Hata	20	29.2400		
Toplam	39	2508.6840		

** : İstatiksel olarak P<0.01 seviyesinde önemli
öd: önemli değil

Varyans analizi sonuçları incelendiğinde toprak (T) ve su uygulamaları (S) istatistiksel olarak P<0.01 seviyesinde önemli bulunmuş fakat (T)x(S) interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi yapılarak belirlenmiş ve çizelge 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.9 pF 1’de tutulan su miktarına ait ortalamalar

pF 1’de tutulan su miktarı (%)						
Tekstür Sınıfı	Başlangıç Toprağı	T ₁ S ₁	T ₂ S ₁	T ₁ S ₂	T ₂ S ₂	Ort.
CL	46.5	50.8	48.2	55.6	53.4	50.900b
Ca-Doy-CL	47.5	51.3	50.1	57.1	54.9	52.180a
L	31.7	36.6	34.5	43.2	40.9	37.380c
Ca-Doy-L	32.3	37.6	35.2	44.6	42.6	38.460c
Ort.	39.500e	44.075c	42.000d	50.125a	47.950b	
LSD _{0.05} (Tekstür): 1.128 LSD _{0.05} (Su Uygulaması): 1.261						

Çizelge 4.9 incelendiğinde düşük kaliteli su uygulamalarına bağlı olarak toprakların pF 1’de tuttukları su miktarları artmıştır. Tutulan su miktarı başlangıç topraklarında ortalama %39.500 iken T₁S₂ düşük kaliteli su uygulaması sonrası ortalama %50.125’e yükselmiş ve en büyük ortalama değer olarak bulunmuştur.

4.2.3 pF 2’de tutulan su miktarı

Toprakların pF 2’de tuttukları su miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları çizelge 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.10 pF 2’de toprak numunelerinde tutulan su miktarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob>F
Toprak (T)	3	1056.7710	234.8380	0.001**
Su uygulamaları (S)	4	816.3740	136.0623	0.001**
(T)x(S)	12	12.4740	0.6930	0.7400 öd
Hata	20	30.0000		
Toplam	39	1915.6190		

** : İstatiksel olarak P<0.01 seviyesinde önemli
öd: önemli değil

Varyans analizi sonuçları incelendiğinde toprak (T) ve su uygulamaları (S) istatistiksel olarak P<0.01 seviyesinde önemli bulunmuş fakat (T)x(S) interaksyonu önemsiz

bulunmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi yapılarak belirlenmiş ve çizelge 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.11 pF 2’de tutulan su miktarına ait ortalamalar

pF 2’de tutulan su miktarı (%)						
Tekstür Sınıfı	Başlangıç Toprağı	T ₁ S ₁	T ₂ S ₁	T ₁ S ₂	T ₂ S ₂	Ort.
CL	38.2	42.3	39.9	48.9	45.6	42.980b
Ca-Doy-CL	38.8	43.2	40.6	51.8	48.7	44.620a
L	26.8	32.8	30.0	39.8	37.5	33.380c
Ca-Doy-L	27.2	33.2	30.8	39.7	38.1	33.800c
Ort.	32.750e	37.875c	35.325d	45.050a	42.475b	
LSD _{0.05} (Tekstür): 1.143 LSD _{0.05} (Su Uygulaması): 1.277						

Çizelge 4.11 incelendiğinde düşük kaliteli su uygulamalarına bağlı olarak toprakların pF 2’de tuttukları su miktarları artmıştır. Tutulan su miktarı başlangıç topraklarında ortalama %32.750 iken T₁S₂ düşük kaliteli su uygulaması sonrası ortalama %45.050’ye yükselmiş ve en büyük ortalama değer olarak bulunmuştur.

4.2.4 pF 2.54’de tutulan su miktarı

Toprakların pF 2.54’de tuttukları su miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları çizelge 4.12’de verilmiştir.

Çizelge 4.12 pF 2.54’de toprak numunelerinde tutulan su miktarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob>F
Toprak (T)	3	496.4510	130.0972	0.001**
Su uygulamaları (S)	4	119.6260	23.5114	0.001**
(T)x(S)	12	27.9340	1.8301	0.1120 öd
Hata	20	25.4400		
Toplam	39	669.4510		

** : İstatiksel olarak P<0.01 seviyesinde önemli
öd: önemli değil

Varyans analizi sonuçları incelendiğinde toprak (T) ve su uygulamaları (S) istatistiksel olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuş fakat (T)x(S) interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi yapılarak belirlenmiş ve çizelge 4.13’de verilmiştir.

Çizelge 4.13 pF 2.54’de tutulan su miktarına ait ortalamalar

pF 2.54’de tutulan su miktarı (%)						
Tekstür Sınıfı	Başlangıç Toprağı	T ₁ S ₁	T ₂ S ₁	T ₁ S ₂	T ₂ S ₂	Ort.
CL	26.6	28.5	27.6	30.1	29.1	28.380b
Ca-Doy-CL	28.0	29.1	29.8	30.4	31.4	29.740a
L	18.7	21.2	19.8	24.5	22.7	21.380d
Ca-Doy-L	19.8	22.1	20.8	27.5	24.6	22.960c
Ort.	23.275c	25.225b	24.500b	28.125a	26.950a	
LSD _{0.05} (Tekstür): 1.052 LSD _{0.05} (Su uygulaması): 1.176						

Çizelge 4.13 incelendiğinde düşük kaliteli su uygulamalarına bağlı olarak toprakların pF 2.54’de tuttukları su miktarları artmıştır. Tutulan su miktarı başlangıç topraklarında ortalama %23.275 iken T₁S₂ düşük kaliteli su uygulaması sonrası ortalama %28.125’e yükselmiş ve en büyük ortalama değer olarak bulunmuştur.

4.2.5 pF 3’de tutulan su miktarı

Toprakların pF 3’de tuttukları su miktarına ilişkin varyans analiz sonuçları çizelge 4.14’de verilmiştir.

Çizelge 4.14 pF 3’de toprak numunelerinde tutulan su miktarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob>F
Toprak (T)	3	231.2190	53.5974	0.001**
Su uygulamaları (S)	4	197.2800	34.2976	0.001**
(T)x(S)	12	14.0960	0.8169	0.6325 öd
Hata	20	28.7600		
Toplam	39	471.3550		

** : İstatiksel olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli

öd: önemli değil

Varyans analizi sonuçları incelendiğinde toprak (T) ve su uygulamaları (S) istatistiksel olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuş fakat (T)x(S) interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi yapılarak belirlenmiş ve çizelge 4.15’de verilmiştir.

Çizelge 4.15 pF 3’de tutulan su miktarına ait ortalamalar

pF 3’de tutulan su miktarı (%)						
Tekstür Sınıfı	Başlangıç Toprağı	T ₁ S ₁	T ₂ S ₁	T ₁ S ₂	T ₂ S ₂	Ort.
CL	19.8	22.3	21.1	24.5	23.2	22.180b
Ca-Doy-CL	20.4	23.6	22.4	25.9	25.2	23.500a
L	14.3	17.4	15.8	20.5	18.9	17.380d
Ca-Doy-L	14.9	18.5	17.3	23.5	22.0	19.240c
Ort.	17.350e	20.450c	19.150d	23.600a	22.325b	
LSD _{0.05} (Tekstür): 1.119 LSD _{0.05} (Su uygulaması): 1.251						

Çizelge 4.15 incelendiğinde düşük kaliteli su uygulamalarına bağlı olarak toprakların pF 3’de tuttukları su miktarları artmıştır. Tutulan su miktarı başlangıç topraklarında ortalama %17.350 iken T₁S₂ düşük kaliteli su uygulaması sonrası ortalama %23.600’e yükselmiş ve en büyük ortalama değer olarak bulunmuştur.

4.2.6 pF 4.2’de tutulan su miktarı

Toprakların pF 4.2’de tuttukları su miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları çizelge 4.16’da verilmiştir.

Çizelge 4.16 pF 4.2’de toprak numunelerinde tutulan su miktarına ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob>F
Toprak (T)	3	93.8720	19.7045	0.001**
Su uygulamaları (S)	4	284.4500	44.7812	0.001**
(T)x(S)	12	32.7580	1.7190	0.1371 öd
Hata	20	31.7600		
Toplam	39	442.8400		

** : İstatiksel olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli
öd: önemli değil

Varyans analizi sonuçları incelendiğinde toprak (T) ve su uygulamaları (S) istatistiksel olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuş fakat (T)x(S) interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi yapılarak belirlenmiş ve çizelge 4.17’de verilmiştir.

Çizelge 4.17 pF 4.2’de tutulan su miktarına ait ortalamalar

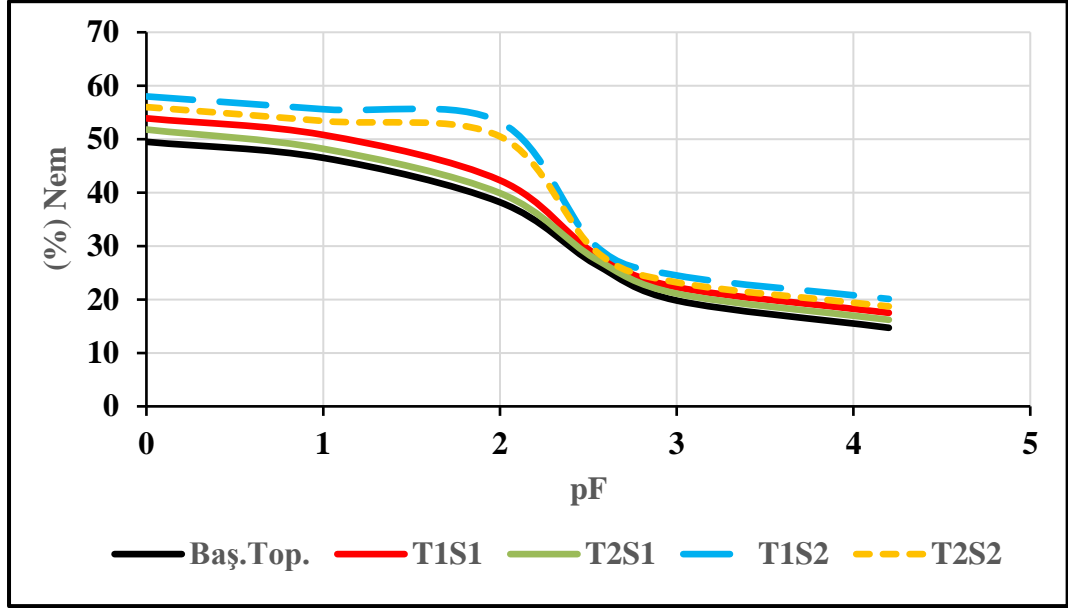
pF 4.2’de tutulan su miktarı (%)						
Tekstür Sınıfı	Başlangıç Toprağı	T ₁ S ₁	T ₂ S ₁	T ₁ S ₂	T ₂ S ₂	Ort.
CL	14.7	17.5	16.2	20.1	18.7	17.440b
Ca-Doy-CL	14.8	18.3	18.6	20.9	21.4	18.800a
L	10.9	14.4	12.5	18.6	16.4	14.560c
Ca-Doy-L	11.4	16.3	14.3	22.6	19.4	16.800b
Ort.	12.950d	16.625c	15.400c	20.550a	18.975b	

LSD_{0.05}(Tekstür): 1.176
LSD_{0.05}(Su uygulaması): 1.314

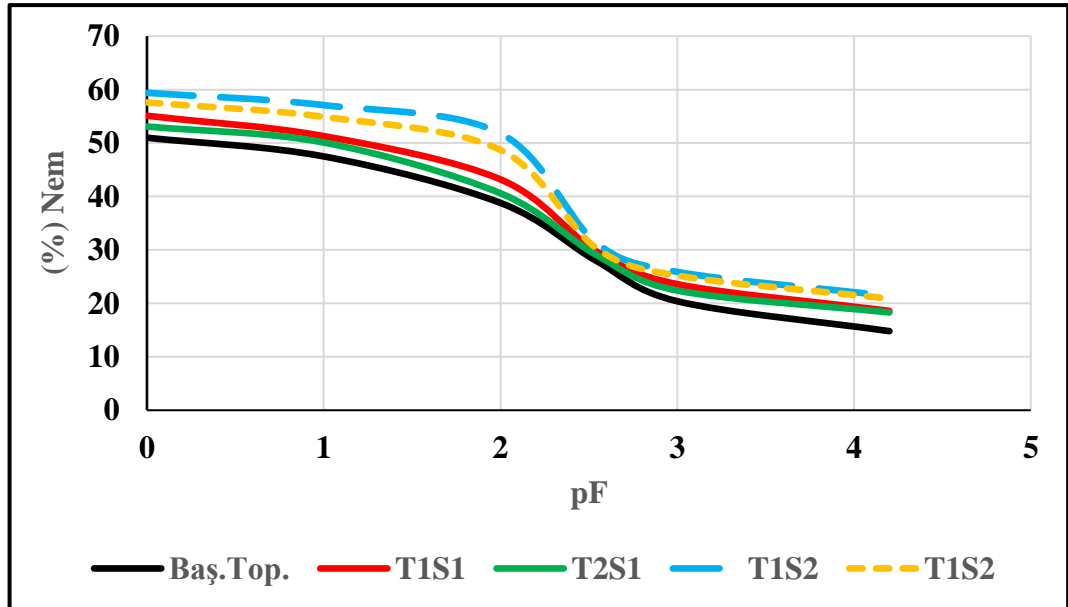
Çizelge 4.17 incelendiğinde düşük kaliteli su uygulamalarına bağlı olarak toprakların pF 4.2’de tuttukları su miktarları artmıştır. Tutulan su miktarı başlangıç topraklarında

ortalama %12.950 iken T₁S₂ düşük kaliteli su uygulaması sonrası ortalama %20.550'ye yükselmiş ve en büyük ortalama değer olarak bulunmuştur.

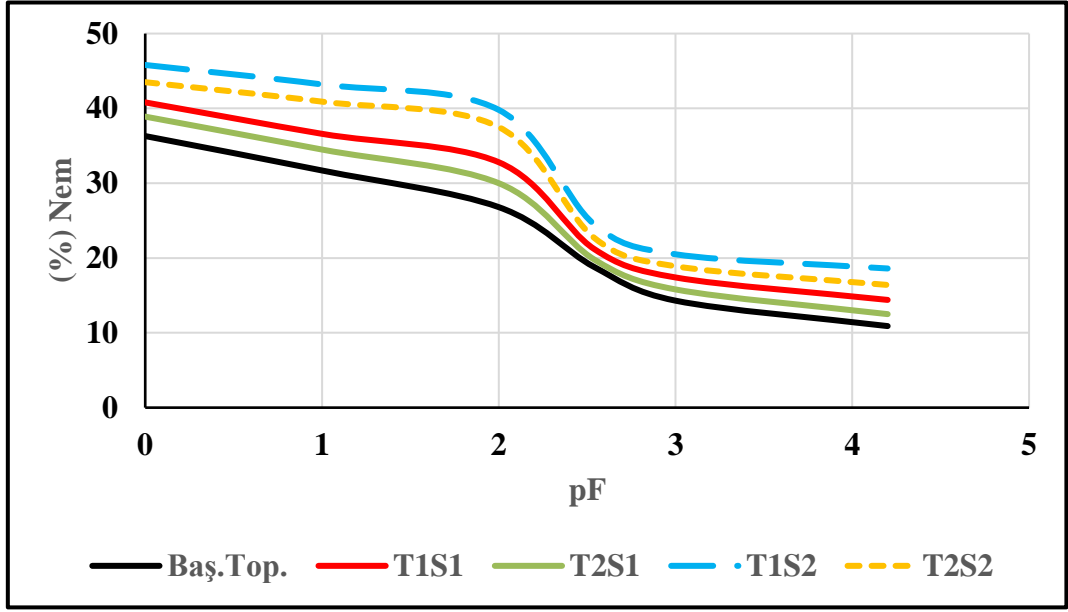
CL ve Ca-Doy-CL toprağın toprak su karakteristik eğrileri şekil 4.5 ve şekil 4.6'da, L ve Ca-Doy-L toprağın toprak su karakteristik eğrileri ise şekil 4.7 ve şekil 4.8'de verilmiştir.



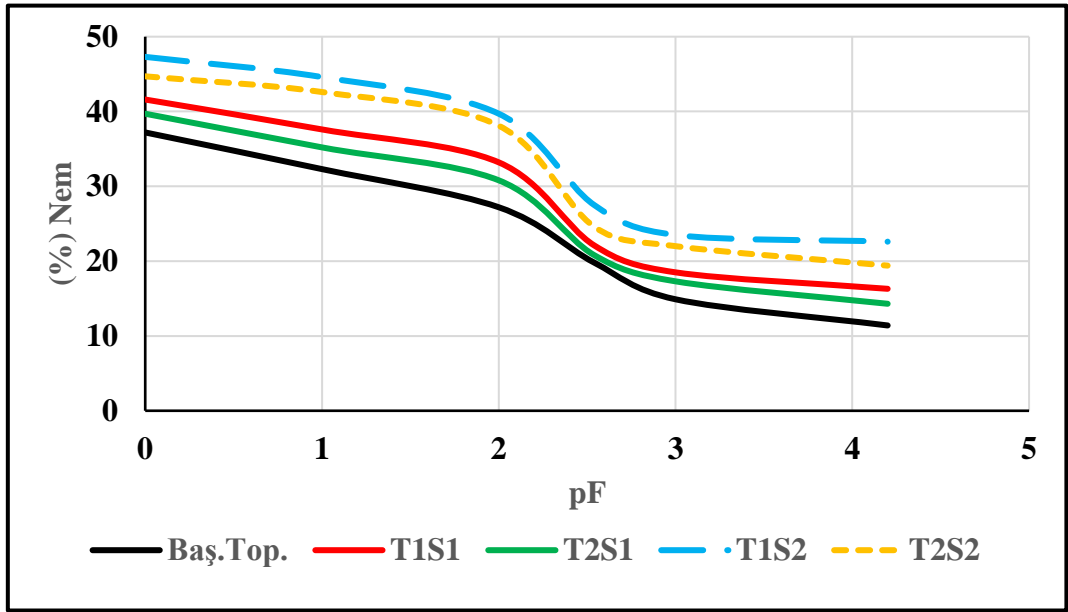
Şekil 4.5 CL toprağın toprak su karakteristik eğrileri



Şekil 4.6 Ca-Doy-CL toprağın toprak su karakteristik eğrileri



Şekil 4.7 L toprağın toprak su karakteristik eğrileri



Şekil 4.8 Ca–Doy–L toprağın toprak su karakteristik eğrileri

Düşük kaliteli su uygulamaları toprakların gözenek boyut dağılımını değiştirdiği gibi topraklarda nem tutulumu ve nem salınımını da etkileyerek toprak su karakteristik eğrilerinin şeklini değiştirmiştir. Düşük kaliteli su uygulamalarının tuzluluk ve SAR düzeylerinin artması, toprak su karakteristik eğrilerinin değerlerinde artışa neden olmuştur. Düşük kaliteli su uygulamalarına bağlı olarak toprak çözeltilerindeki tuz

konsantrasyonunun artmasıyla dört toprakta da (CL, L, Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L) toprak su karakteristik eğrilerinde yukarı doğru bir kayma görülmektedir, elde ettiğimiz bu sonuç toprak çözeltilerindeki tuz konsantrasyonunun artmasının toprakların matris emilimini belirli ölçüde artırdığını gösterir, bu durum temelde Wang vd.'nin (2019) yaptığı araştırma sonuçlarıyla tutarlıdır. Ayrıca Guo vd. (2014) farklı çözeltili konsantrasyonlarının toprak su tutma eğrileri üzerindeki etkilerini inceledikleri araştırmalarında suyun tuzluluğunun doymuş nem içeriği üzerinde belirli bir etkisi olduğunu ve toprakların doygunluğunun suyun tuzluluğunun artmasıyla birlikte arttığını bildirmişlerdir. Yaptığımız çalışmada da düşük kaliteli su uygulamalarının artan tuzluluk ve SAR değerleri dört toprakta da nem tutulumunu başlangıç topraklarına kıyasla artırmış ve en yüksek artış T_1S_2 konusunda görülmüştür (Şekil 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8).

Hem düşük basınç değerlerinde hem de yüksek basınç değerlerinde CL toprağın toprak su içeriği L toprağa kıyasla daha yüksek bulunmuştur, bu durumun CL toprağın kil miktarının yüksek olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Düşük kaliteli su uygulamaları CL toprakta makro gözenekleri azaltarak suyu tutan daha fazla mikro gözenek oluşumunu sağlamış ve tüm matris potansiyellerinde daha fazla su tutulumu gerçekleşmiştir. Yapılan önceki çalışmalarda bu durumu desteklemektedir, Hillel'e (1998) göre su tutulumu ile kil içeriği arasında pozitif bir ilişki olduğunu çünkü kil fraksiyonunun kılcal kuvvetler üreten mikro gözeneklerin ve menisküslerin oluşumunu desteklediğini ve ek olarak kil fraksiyonunun toprak matrisinin özgül yüzey alanını ve dolayısıyla su adsorpsiyonunu artırdığını bildirmiştir. Ayrıca, Rawls vd.'de (1982), kil içeriğinin toprak-su tutma eğrilerini etkileyen en önemli tekstür faktörü olduğunu belirtmişlerdir.

Araştırmada toprak su karakteristik eğrilerinin farklı bölgelerinin özelliklerini daha iyi anlamak amacıyla, uygulanan basınç değerine göre toprak su karakteristik eğrileri ıslak bölge (0–2 pF), nemli bölge (2–3 pF) ve kuru bölge (3–4.2 pF) olmak üzere üç su tutma aralığı bölgesine ayrılmıştır.

Islak bölge (0–2 pF), bu bölge yüksek su içeriğine karşılık gelen bölge olup, toprak su karakteristik eğrileri incelendiğinde uygulanan düşük kaliteli su uygulamaları (T_1S_1 ,

T₂S₁, T₁S₂, T₂S₂), sonrası toprakların su tutulumunun başlangıç topraklarına kıyasla arttığı görülmektedir (Şekil 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8). En yüksek su tutulumu dört toprakta da T₁S₂ uygulaması sonrasında bulunmuştur. Ayrıca bu bölgede toprak su karakteristik eğrilerinin şekillerinin düz takip etmiş olması ve birbirlerine paralel olması, uygulanan basıncın toprak su karakteristik eğrilerinde önemli bir değişime yol açmadığını göstermektedir (Şekil 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8).

Islak bölgede yüksek su tutulumunun nedeni, düşük kaliteli su uygulamalarının EC ve SAR seviyelerine bağlı olarak topraklarda makro gözeneklerin azalması sonucu mikro gözeneklerin artmış olmasına ve uygulanan düşük basıncın suyu mikro gözeneklerden uzaklaştırmada yetersiz kalmasına dayandırılmaktadır. Yapılan önceki çalışmalara baktığımızda da Mace ve Amrhein (2001), değişen SAR ve elektrolit konsantrasyonlarına sahip suları kullanarak kil şişmesi ve dağılımı üzerine yaptıkları çalışmada toprakta meydana gelecek şişmenin, makro gözenek sayısını azaltacağını ve düşük basınçlarda su tutma kapasitesini artıracığını bildirmişlerdir. Başka bir çalışmada ise Liu vd. (2019), düşük basınçlarda yüksek su tutulumunun bir diğer nedeni olarak gevşek toprak parçacıklarının koparak su iletim kanallarının dar bölgelerini tıkaması sonucu su iletimindeki azalmadan kaynaklandığını bildirmişlerdir. Sonuç olarak uygulanan tuzlu sodyumlu su konuları sonrası düşük basınç değerlerinde toprak su içeriklerinin bu şekilde yüksek olması saha koşullarında toprak yüzeyinin ciddi bozulmalara maruz kalabileceğini göstermektedir. Ayrıca bu durumdaki toprakların düşük drenaj kapasitesine sahip olması beklenir, bu durum ise aşırı yüzey akışa, erozyona ve ürün yetiştirme ve sulamada zorluklara neden olabilir.

Nemli bölge (2–3 pF), bu bölgede uygulanan basıncın artmış olması topraklarda tutulan su miktarında kademeli bir azalma başlatmış ve toprak gözeneklerinden suyun drene olması hızlanmıştır, toprak su karakteristik eğrileride bu durumdan etkilenmiş ve daha dikey bir durum almıştır (Şekil 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8). Topraklarda en fazla nem değişimi bu bölgede gerçekleşmiş olmasına rağmen düşük kaliteli su uygulamalarına bağlı olarak dört toprakta da toprak su içerikleri başlangıç topraklarına kıyasla artmıştır (Şekil 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8). Toprak su içeriklerinin bu şekilde artmış olması düşük kaliteli su uygulamalarının toprakların gözenek boyut dağılımlarında makro gözeneklilikten mikro

gözenekliliğe doğru değişiklikler meydana getirmiş olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Sonuç olarak toprak su karakteristik eğrilerinin şeklide dikkate alındığında bu bölgede (2–3 pF), su kalitesi uygulamalarının toprakların fiziksel özellikleri üzerinde daha fazla etkili olduğu görülmüştür.

Kuru bölge (3–4.2 pF), bu bölgede düşük kaliteli su uygulamalarına bağlı olarak (T_1S_1 , T_2S_1 , T_1S_2 , T_2S_2), dört toprakta da toprakların su tutulumunun başlangıç topraklarına kıyasla arttığı görülmektedir ve en yüksek su tutulumu T_1S_2 konusunda bulunmuştur. Kuru bölgede toprakların yüksek nem içerikleri su uygulamalarının kalitesine bağlı olarak toprak agregatlarının parçalanması sonucu yüksek su tutma potansiyeli olan mikro gözeneklerin sayısının ve toprak hacim ağırlıklarının artmış olmasına dayandırılmaktadır. Elde ettiğimiz bu bulgu Öztürk vd.'nin (2023) belirttikleri, kuru bölgedeki daha yüksek nem içeriği, koloidal yüzeylerde su tutulması ve makro gözeneklerin mikro gözeneklere dönüşmesiyle mikro gözenek miktarının artması nedeniyle olabilir yaklaşımıyla örtüşmektedir.

Ayrıca yüksek basınç bölgesinde hem CL hem de Ca-Doy-CL toprakta toprak su karakteristik eğrileri birbirlerine yaklaşıyor birleşme eğilimi gösterirken, buna karşılık L ve Ca-Doy-L toprakta bu birleşme eğilimi görülmemiştir (Şekil 4.5, 4.6, 4.7 ve 4.8). Bu durum CL toprağın hem su tutma kapasitesinin yüksek olmasına hem de düşük kaliteli su uygulamaları sonrası kilin dağılmasıyla birlikte, mikro gözenekli yapının artmış olmasının adsorpsiyon alanını artırarak toprak suyunu adsorbe etme kapasitesini yükseltmiş olmasından ileri geldiği değerlendirilmektedir. Sonuç olarak yüksek basınç bölgesinde (3–4.2 pF) suyun toprak parçacık yüzeylerine sıkıca adsorbe edilmesi sonucu toprak su karakteristik eğrileri birbirlerine yaklaşmışlardır. Konuyla ilgili yapılan önceki çalışmalarda bulgularımızı desteklemektedir, Rusell (2014) toprağın su tutma kapasitesinin çoğunlukla toprak parçacıklarının adsorpsiyonu yoluyla gerçekleştiğini ve daha küçük parçacıkların daha büyük bir yüzey alanına ve su moleküllerini daha iyi çekme kapasitesine sahip olduğunu bildirmiştir. Ayrıca Peng vd. (2022), toprak suyunun hem toprak adsorpsiyon kuvveti hem de kapillar kuvvet tarafından tutulabileceğini ancak, kapillar kuvvetin genellikle düşük basınç uygulanması aşamasında su moleküllerini

çekerken, yüksek basınç aşamasında ise su moleküllerinin toprak parçacıkları tarafından esas olarak adsorpsiyon kuvveti tarafından tutulacağını bildirmiştir.

4.3 Tuzlu ve Sodyumlu Su Uygulamalarının Toprakların Agregat Ortalama Ağırlıklı Çapları Üzerine Etkileri

Agregat stabilitesi, agregatlar içindeki bağların darbe, kesme ve aşınma gibi dış kuvvetler ve sıkışmış havanın kaçması ve şişmesinden kaynaklanan iç kuvvetler tarafından bozulmasına veya kırılmasına karşı direnç olarak tanımlanmaktadır. Agregat stabilitesinin, toprak kalitesinin bir göstergesi olarak hizmet edebilmesi için çok sayıda ve çeşitli yöntemler geliştirilmiştir, geliştirilen bu yöntemlerden biride ortalama ağırlık çaptır. Ortalama ağırlık çap toprak agregatlarının boyut dağılımını tek bir parametreyle ifade eden ve en yaygın kullanılan indekstir (Angers vd. 2006).

Araştırmada düşük kaliteli su uygulamalarının hidrolik iletkenlik cihazında 21 gün süreyle topraklara uygulanması sonrası dört toprak konusundan 1'er bozulmamış toprak numunesi hidrolik iletkenlik cihazından alınarak hava kuru hale getirildikten sonra çoklu elek yöntemiyle agregat büyüklük dağılım analizleri yapılmış ve toprakların agregat stabiliteyi ortalama ağırlık çap (OAÇ) cinsinden belirlenmiştir. Analizler bozulmamış toprak numunelerinden 3 ayrı örnek alınarak tekrarlamalı olarak yapılmıştır. Agregat ortalama ağırlık çap değerlerine ait varyans analizi sonuçları çizelge 4.18'de verilmiştir.

Çizelge 4.18 Agregat ortalama ağırlık çap değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob>F
Toprak (T)	3	0.04134	4.0890	0.0127*
Su uygulamaları (S)	4	4.8292	358.2485	0.001**
(T)x(S)	12	0.02781	0.6877	0.7530 öd
Hata	40	0.13480		
Toplam	59	5.03314		

*: İstatistiksel olarak P<0.05 seviyesinde önemli

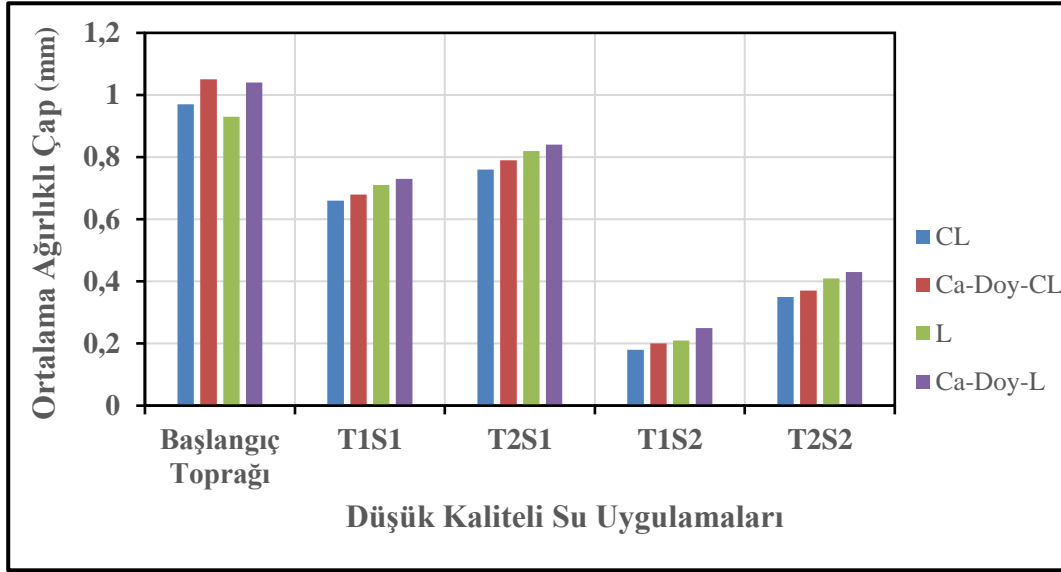
** : İstatistiksel olarak P<0.01 seviyesinde önemli, öd: önemli değil

Varyans analizi sonuçları incelendiğinde toprak (T) ve su uygulamaları (S) istatistiki açıdan önemli bulunmuş fakat (T)x(S) interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi yapılarak belirlenmiştir, LSD test sonuçları çizelge 4.19’da verilmiştir. Düşük kaliteli su uygulamalarına göre toprakların agregat ortalama ağırlık çap grafiği ise şekil 4.9’da verilmiştir.

Çizelge 4.19 Agregat ortalama ağırlık çap değerlerine ait ortalamalar

Agregat Ortalama Ağırlık Çap Değerleri (mm)						
Tekstür Sınıfı	Başlangıç Toprağı	T ₁ S ₁	T ₂ S ₁	T ₁ S ₂	T ₂ S ₂	Ort.
CL	0.97	0.66	0.76	0.18	0.35	0.584b
Ca-Doy-CL	1.05	0.68	0.79	0.20	0.37	0.618ab
L	0.93	0.71	0.82	0.21	0.41	0.616ab
Ca-Doy-L	1.04	0.73	0.84	0.25	0.43	0.658a
Ort.	0.998a	0.695c	0.803b	0.210e	0.390d	
LSD _{0.05} (Tekstür): 0.054 LSD _{0.05} (Su uygulaması): 0.061						

Çizelge 4.19 incelendiğinde düşük kaliteli su uygulamalarına bağlı olarak toprakların ortalama ağırlık çap değerleri azalmıştır. Başlangıç topraklarında 0.998 mm olan ortalama ağırlık çap değeri, T₁S₂ sonrası 0.210 mm’ye azalmış ve en düşük değer olarak bulunmuştur.



Şekil 4.9 Düşük kaliteli su uygulamalarına göre toprakların agregat ortalama ağırlık çap grafiği

Toprak agregat boyut dağılımının önemli bir göstergesi olan agregat ortalama ağırlık çap değerleri (OAÇ), dört toprakta da başlangıç topraklarında yüksek değerlerde olmasına karşılık düşük kaliteli su uygulamaları sonrası önemli azalma göstermiştir (Çizelge 4.19).

Başlangıç topraklarında daha büyük OAÇ değerleri elde edilmişken farklı kalitedeki su uygulamalarının artan EC ve SAR seviyesine bağlı olarak toprakların yapısal dayanımlarının bozulduğu ve stabilitelelerinin dayanıksız hale gelerek OAÇ değerlerinin azaldığı değerlendirilmektedir. Özellikle T₁S₂ ve T₂S₂ uygulamalarında SAR seviyesine bağlı olarak sodyum konsantrasyonunun artması toprak agregalarının dağılmasına, elektriksel çift tabakanın kalınlığının artmasına, toprak parçacıkları arasındaki çekim kuvvetinin azalmasına neden olmuş ve tüm topraklarda OAÇ değerlerini başlangıç değerlerine kıyasla önemli düzeyde azaltmıştır. Konuyla ilgili yapılan çalışmalara baktığımızda da sulama suyunda tuz içeriğinin artmasıyla birlikte bitişik dağınık çift tabakalar arasındaki ara tabaka boşluğunun genişlemesi nedeniyle toprak agregatlarının şişerek dağılacığı (Velde ve Meunier 2008) şeklindedir. Ayrıca OAÇ değerlerinin azalmasına ıslanan agregalar içinde hapsolmuş havanın patlamasının da etkili olduğu değerlendirilmektedir. Ruiz-Vera ve Wu (2006) sodik sularla yapılan çalışmalarda, agreganın dağılmasını hem agrega içerisinde sıkışmış havaya hem de kademeli olarak kilin şişmesine bağlı olduğunu ancak bu iki sürecin agrega dağılması üzerindeki etkilerini

birbirinden ayırmanın çok zor olduğunu bildirmişlerdir. Düşük kaliteli su uygulamalarının yüksek sodyum içerikleri kil dispersiyonu ve agregat dağılması meydana getirerek toprak kararlılık göstergesi olan ortalama ağırlıklı çap değerlerini azaltmış olması doygun koşullar altında su hareketini de kısıtlayarak tüm topraklarda hidrolik iletkenlik değerlerini azalttığı değerlendirilmektedir. Yapılan önceki çalışmalarda bu durumu desteklemektedir Crescimanno vd. (1995) yaptıkları bir çalışmada agregat kararlılığı azaldığında hidrolik iletkenlikte %25'lik bir azalma olduğunu ve bunun da toprağın çatlamaya karşı duyarlılığını artırdığını bildirmişlerdir.

Araştırmada CL toprakta L toprağa kıyasla daha düşük OAÇ değerleri elde edilmiştir bu durum CL toprağın yüksek kil içeriğine sahip olmasına atfedilmektedir. CL toprağın yüksek kil içeriğinin artabilen diferansiyel şişmeye bağlı olarak toprak agregatlarının parçalanmasında etkili olduğu değerlendirilmektedir. Konuyla ilgili yapılan çalışmalara baktığımızda da Emdad vd.'ye (2004) göre agregaların parçalanmaya karşı direncinin, kil içeriğindeki artışla artacağı şeklindedir. Ayrıca toprakların agregat ortalama ağırlıklı çap değerlerinin düşük olmasını her iki toprağında yüksek organik madde içeriğinden yoksun olmasından kaynaklandığı da değerlendirilmektedir. CL toprağın (%0.25) ve L toprağın (%0.32) düşük organik madde içerikleri yüksek SAR seviyeli su uygulamaları karşısında toprak parçacıklarını bağlamak için güçlü bir etki oluşturamamıştır. Agregat kararlılığıyla ilgili yapılan çalışmalarda da toprağın organik madde içeriğinin, birincil toprak parçacıklarının fiziksel ve kimyasal bağlanmasında önemli bir rol oynadığı ve toprağın kararlılığını ve dağılma ve şişmeye karşı direncini artırdığı şeklindedir (Lado vd. 2004).

4.4 Tuzlu ve Sodyumlu Su Uygulamalarının Toprakların Hacim Ağırlıkları Üzerine Etkileri

Hacim ağırlığı doğal koşullar altında bulunan fırın kuru toprak ağırlığının kapladığı hacme oranı olarak tanımlanmaktadır. Toprağın dinamik bir özelliği olan hacim ağırlığı, parçacık büyüklük dağılımı, organik madde içeriği, değişebilir katyonların miktarı, kireç içeriği, arazi kullanım durumu, nem içeriği, toprak işleme ve iklim gibi faktörlere bağlı olarak değişmektedir (Al-Qinna ve Jaber 2013). Hacim ağırlığı değerleri, toprak strüktürünün değerlendirilmesi, porozitenin hesaplanması, hacimsel toprak su içeriğinin

tespiti, uygulanacak sulama suyunun hesaplanması gibi uygulamalarda bilinmesi gereken bir toprak kalite parametresidir (Blake ve Hartge 1986).

Düşük kaliteli su uygulamalarına göre toprakların hacim ağırlığı değerlerine ait varyans analizi sonuçları çizelge 4.20’de verilmiştir.

Çizelge 4.20 Hacim ağırlığı değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob>F
Toprak (T)	3	0.02459	7.5019	0.0015**
Su uygulamaları (S)	4	0.02220	5.0801	0.0054**
(T)x(S)	12	0.00220	0.1678	0.9986 öd
Hata	20	0.02185		
Toplam	39	0.07084		

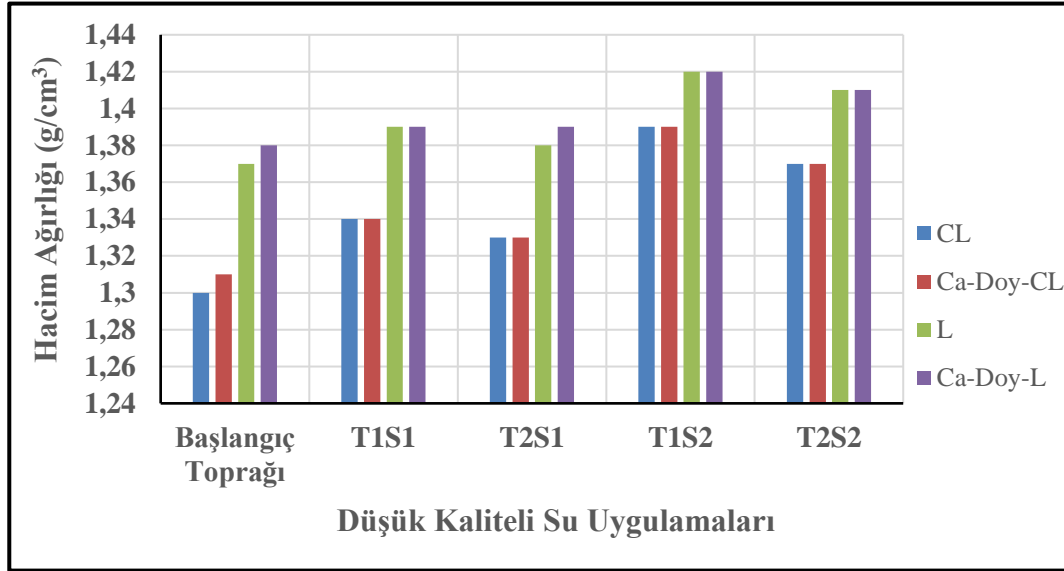
** : İstatiksel olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli
öd: önemli değil

Varyans analizi sonuçları incelendiğinde toprak (T) ve su uygulamaları (S) istatistiki açıdan önemli bulunmuş fakat (T)x(S) interaksiyonu önemsiz bulunmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi yapılarak belirlenmiştir, LSD test sonuçları çizelge 4.21’de verilmiştir. Düşük kaliteli su uygulamalarına göre toprakların hacim ağırlığı grafiği ise şekil 4.10’da verilmiştir.

Çizelge 4.21 Hacim ağırlığı değerlerine ait ortalamalar

Hacim ağırlığı analiz sonuçları (g/cm ³)						
Tekstür Sınıfı	Başlangıç Toprağı	T ₁ S ₁	T ₂ S ₁	T ₁ S ₂	T ₂ S ₂	Ort.
CL	1.30	1.34	1.33	1.39	1.37	1.346b
Ca-Doy-CL	1.31	1.34	1.33	1.39	1.37	1.347b
L	1.37	1.39	1.38	1.42	1.41	1.394a
Ca-Doy-L	1.38	1.39	1.39	1.42	1.41	1.398a
Ort.	1.339c	1.365bc	1.358bc	1.405a	1.390ab	
LSD _{0.05} (Tekstür): 0.031 LSD _{0.05} (Su uygulaması): 0.034						

Çizelge 4.21 incelendiğinde düşük kaliteli su uygulamalarına bağlı olarak toprakların hacim ağırlığı değerleri artmıştır. Hacim ağırlığı değerlerinin ortalamaları başlangıç topraklarında 1.339 g/cm^3 iken T_1S_2 'nin uygulanması sonrası 1.405 g/cm^3 değerine yükselmiş ve en büyük ortalama değer olarak bulunmuştur.



Şekil 4.10 Düşük kaliteli su uygulamalarına göre toprakların hacim ağırlığı grafiği

Farklı kalitede hazırlanmış düşük kaliteli suların uygulanması toprakların tuzluluğunun artmasına ve toprak yapılarının bozulmasına neden olmuş ve uygulamalar sonrası dört toprakta da hacim ağırlıkları başlangıç topraklarına kıyasla artmıştır. Özellikle T_1S_2 ve T_2S_2 uygulamalarının su kalitelerine bağlı olarak toprakların hacim ağırlığı değerlerinde meydana gelen artışlar T_1S_1 ve T_2S_1 uygulamalarına kıyasla daha büyük olmuştur (Çizelge 4.21). Elde edilen sonuçlar Shakir vd.'nin (2002), hacim ağırlığının genellikle tuzlu ve sodyumlu koşullar altında arttığını belirten yaklaşımıyla örtüşmektedir.

Düşük kaliteli su uygulamalarının 21 güne kadar uzun bir süre topraklara uygulanması ve bu suların yüksek sodyum konsantrasyonları topraklarda agregatların şişmesine ve dağılmasına neden olmuştur. Su kalitelerine bağlı olarak, CL ve L toprakta sodyum kaynaklı agregat dağılmasının şiddeti çok sayıda mikro gözeneklerin oluşmasına ve topraklarda daha sıkışık bir yapı meydana gelmesine neden olmuş ve her iki toprağında hacim ağırlıklarını artırmıştır. Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L topraklarda ise yine uygulanan

suyun kalitesine bağı olarak yüksek sodyum konsantrasyonu ve 21 güne kadar uzun bir süre bu suların uygulanmış olması her iki toprakta da sodyumun dağıtıcı etkisi karşısında kalsiyumun floküle edici gücü kırılmış ve toprakların katyon değişim yüzeylerinden kalsiyumun taşınmasına sebep olmuştur, sodyum kaynaklı agregat dağılması kalsiyum tarafından engellenememiş ve topraklarda çok sayıda mikro gözeneklerin oluşmasına ve sıkışık bir yapı meydana gelmesine neden olmuş ve sonuçta her iki toprağın hacim ağırlıkları artmıştır. Konuyla ilgili yapılan araştırmalara bakıldığında da, Yurtseven'e (1999) göre, tuzluluğun toprakları dispers ettiği ve boşluk hacmini azaltarak birim hacimde katı madde miktarını artırıp hacim ağırlıklarında artış meydana getirdiği şeklindedir. Sonuç olarak araştırmada kullanılan düşük kaliteli suların uygulanması sonrası artan EC ve SAR seviyesiyle birlikte toprakların hacim ağırlıkları da artmış ve birim hacim başına daha fazla ağırlık kazanmışlardır.

4.5 Tuzlu ve Sodyumlu Su Uygulamalarının Toprakların Özgül Ağırlıkları Üzerine Etkileri

Toprak özgül ağırlığı, gözenek boşluğu dikkate alınmadan, kuru toprak ağırlığının hacmine oranı olarak tanımlanır. Bu nedenle, toprağın tüm organik ve mineral parçacık bileşenlerinin ortalama yoğunluğunu temsil eder. Toprağın kimyasal ve mineralojik bileşiminin bir göstergesi olarak karakterizasyonunda ve ayrıca askıda parçacıkların sedimentasyon süresinin hesaplanması için tekstür analizinde ve toprak gözenekliliğinin hesaplanmasında büyük öneme sahiptir (Santos vd. 2022). Düşük kaliteli su uygulamalarına göre toprakların özgül ağırlık analizi sonuçları çizelge 4.22'de verilmiştir.

Çizelge 4.22 Düşük kaliteli su uygulamalarına göre toprakların özgül ağırlık analizi sonuçları

Özgül ağırlık analiz sonuçları (g/cm ³)					
Tekstür Sınıfı	Başlangıç Toprağı	T ₁ S ₁	T ₂ S ₁	T ₁ S ₂	T ₂ S ₂
CL	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61
Ca-Doy-CL	2.61	2.61	2.61	2.61	2.61
L	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62
Ca-Doy-L	2.62	2.62	2.62	2.62	2.62

Çizelge 4.22 incelendiğinde uygulanan düşük kaliteli suların toprakların özgül ağırlıklarını başlangıç topraklarına kıyasla değiştirmedeği görülmüştür.

4.6 Tuzlu ve Sodyumlu Su Uygulamalarının Toprakların Toplam Gözeneklilik (Porozite) Üzerine Etkileri

Toprağın gözenekliliği, gözenek boşluğunu, yani toprağın hacminin katı madde tarafından işgal edilmeyen kısmını karakterize eder. Gözeneklilik, su, hava ve diğer sıvıların hareketi, kimyasalların taşınması ve tepkimesi, köklerin ve diğer biyotaların ikametgahı gibi toprakta meydana gelen hemen hemen her şeyin kritik yönlerini etkiler ve onlardan etkilenir. Bir toprağın gözenekliliği, dolgu yoğunluğuna, parçacık boyutu dağılımına, parçacıkların şekli de dahil olmak üzere çeşitli faktörlere bağlıdır. Gözenekliliğin en önemli özelliği, hacimsel su içeriğinin üst sınırı olmasıdır (Nimmo, 2004).

Düşük kaliteli su uygulamalarına göre toprakların porozite değerlerine ait varyans analizi sonuçları çizelge 4.23’de verilmiştir.

Çizelge 4.23 Porozite değerlerine ait varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F Değeri	Prob>F
Toprak (T)	3	28.78714	5.9999	0.0044**
Su uygulamaları (S)	4	32.52024	5.0834	0.0054**
(T)x(S)	12	3.27526	0.1707	0.9985 öd
Hata	20	31.98640		
Toplam	39	96.56904		

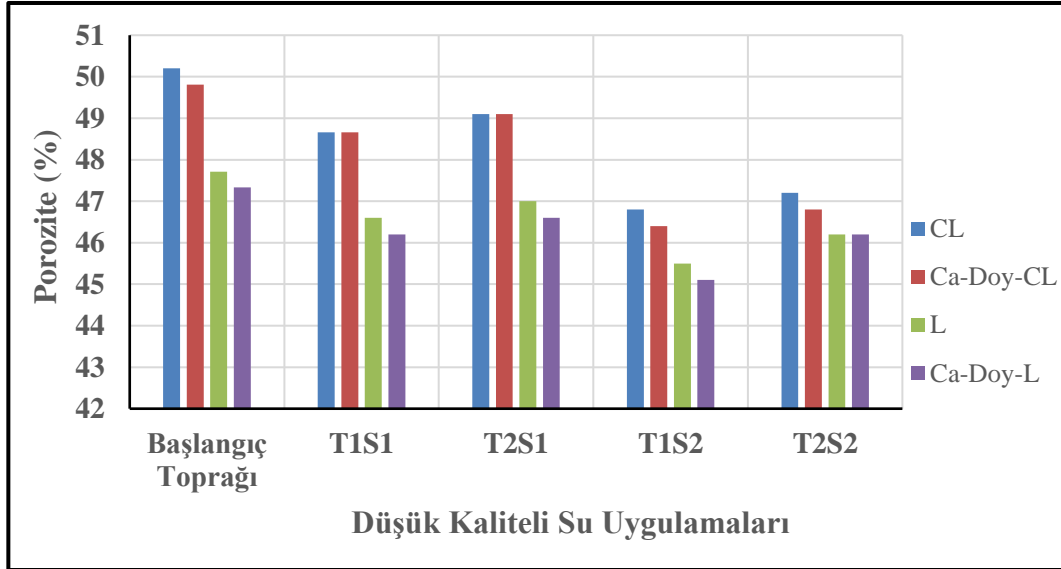
** : İstatiksel olarak $P < 0.01$ seviyesinde önemli
öd: önemli değil

Varyans analiz sonuçları incelendiğinde toprak (T) ve su uygulamaları (S) istatistiki açıdan $P < 0.01$ seviyesinde önemli bulunmuş fakat (T)x(S) interaksyonu önemsiz bulunmuştur. Ortalamalar arasındaki farklılıklar LSD testi yapılarak belirlenmiştir, LSD test sonuçları çizelge 4.24’de verilmiştir. Düşük kaliteli su uygulamalarına göre toprakların porozite grafiği ise şekil 4.11’de verilmiştir.

Çizelge 4.24 Porozite değerlerine ait ortalamalar

Porozite analiz sonuçları (%)						
Tekstür Sınıfı	Başlangıç Toprağı	T ₁ S ₁	T ₂ S ₁	T ₁ S ₂	T ₂ S ₂	Ort.
CL	50.20	48.66	49.04	46.74	47.51	48.429a
Ca-Doy-CL	50.00	48.66	49.04	46.74	47.51	48.390a
L	47.71	46.95	47.33	45.80	46.19	46.793b
Ca-Doy-L	47.33	46.95	46.95	45.80	46.19	46.640b
Ort.	48.807a	47.803ab	48.088ab	46.270b	46.847b	
LSD _{0.05} (Tekstür): 1.180 LSD _{0.05} (Su uygulaması): 1.319						

Çizelge 4.24 incelendiğinde düşük kaliteli su uygulamalarına bağlı olarak toprakların porozite değerleri azalmıştır. Porozite değerlerinin ortalamaları başlangıç topraklarında %48.807 iken T₁S₂'nin uygulanması sonrası %46.270'e azalmış ve en düşük ortalama değer olarak bulunmuştur.



Şekil 4.11 Düşük kaliteli su uygulamalarına göre toprakların porozite grafiği

Düşük kaliteli su uygulamalarının EC ve SAR seviyeleri toprakların hacim ağırlıklarını etkilediği gibi aynı zamanda porozite durumlarını da etkilemiştir. CL ve Ca-Doy-CL toprakta başlangıç porozite değerleri sırasıyla %50.20 ve %50.00 iken uygulamalar sonrası porozite değerlerinin azaldığı görülmüştür. Aynı durum L ve Ca-Doy-L toprakta da gerçekleşmiş, başlangıç topraklarının porozite değerleri sırasıyla %47.71 ve %47.33

iken düşük kaliteli su uygulamaları sonrası her iki toprağın porozite değerleri azalmıştır. Toprakların porozite değerlerindeki azalma, SAR değeri yüksek olan T₁S₂ ve T₂S₂ sonrası daha belirgin olmuştur.

Araştırmada toprak gözenekliliğini etkileyen ana faktörün su uygulamalarının kalitesine bağlı olarak agregat dağılımı olduğu değerlendirilmektedir. Uygulanan düşük kaliteli suların artan EC ve SAR seviyeleri toprakların agregat yapısını bozmuş ve kili dağıtmıştır. Dağılmış kil Pilgrim ve Huff'nın (1983), belirttikleri gibi akış süreci sırasında hareket ederek çeşitli boyutlardaki gözeneklerde birikmiş ve gözenekleri tıkayarak gözenek hacimlerini azaltmıştır. Kil hareketine bağlı olarak toprak gözeneklerinin tıkanması ise sıkışmış katmanlar meydana getirmiş ve toprakların porozite değerlerini azaltmıştır. Yapılan önceki çalışmalara baktığımızda Shabeeb (2010), sodyum iyon konsantrasyonundaki artışın, büyük toprak agregatlarının parçalanmasına ve daha küçük agregatların oranında artışa yol açarak, agregatlar arası gözeneklerin ve agregat içi gözeneklerin boyutlarında bir azalmaya neden olacağını bildirmiştir. Ayrıca Van Dijck ve Van Asch (2002) toprak sıkışması, toprak agregatları arasındaki temas yüzey alanını artırarak gözenek boyutlarında azalmaya yol açacağını belirtmişlerdir. Sonuç olarak tuzlu sodyumlu su ile sulama yapmanın ıslanma, kuruma, şişme, büzülme döngüleri ile birlikte toprak parçacıklarının sıkışmasına ve dolayısıyla hacim ağırlıklarının artmasına ve gözenekliliğin azalmasına neden olacağını söyleyebiliriz.

Yapılan önceki çalışmalar değerlendirildiğinde toprakların hidrolik iletkenlik değerlerinin büyük ölçüde toprak gözenekliliğine ve gözenek boyut dağılımına bağlı olduğunu ve bu iki parametrenin uygulanan sulama suyunun kalitesinden etkilendiğini göstermektedir (Alaoui vd. 2011, Speirs vd. 2011). Bu çalışmada da toprakların gözenekliliğinde meydana gelen değişiklikler toprakların hidrolik iletkenliklerini etkilemiştir. Agregatlar arası gözeneklerin küçük olduğu CL toprakta, kil şişmesi ve dağılımından kaynaklanan gözenek hacmindeki azalma hidrolik iletkenliği önemli seviyede azaltmıştır. Buna karşılık gözeneklerin büyük olduğu L toprakta ise kil şişmesi ve dağılımı agregatlar arası gözeneklerin hacmini azaltsa da bu gözenekler nispeten büyük kalmış ve hidrolik iletkenlikteki azalma CL toprağa göre daha az gerçekleşmiştir. Tüm bu sonuçlara bakarak, hidrolik iletkenliğin büyük oranda toprak gözenekliliği

tarafından yönetildiğini, uygulanan suyun yüksek SAR seviyesinin toprak gözenekliliği ve gözenek yapısı üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğunu ve toprakların yapısal bozulmasından sorumlu başlıca süreçlerin kil şişmesi ve kil dağılması olduğunu söyleyebiliriz. Yapılan çalışmalarda bu durumu desteklemektedir, Levy vd. (1999) yaptıkları çalışmada toprak yapısının fiziksel olarak parçalanmasından ve değiştirilebilir sodyumdan etkilenen toprakların hidrolik iletkenlik değerlerinde meydana gelen azalmadan sorumlu birincil süreçlerin şişme ve dağılma olduğunu bildirmişlerdir.

5. SONUÇ

Hem su kaynaklarının kullanımına olan aşırı talep ve kuraklık tehdidi hem de çiftçilerin düşük kaliteli sulama sularını kullanarak ürün yetiştirmek için farklı uygulama arayışları marjinal suların tarımda kullanımını değerlendirmeye alan yeni bir yaklaşım olmuştur ancak bu tür suların özellikle de tuzlu sodyumlu suların sulama amacıyla kullanılması, toprakların yapısal kararlılığını bozma potansiyeline sahiptir. Bu nedenle tuzlu sodyumlu suların sulama amacıyla kullanılmasının temel belirleyicilerinden biri toprak hidrolik iletkenliğidir. İyi bir toprak hidrolik iletkenliği sulama suyunun toprakta hareketi, depolanması ve bitkilerin faydalanabilmesi için uygun bir ortam sağlar, bozulması ise yüzey akış, havalanma ve tuzluluk gibi karmaşık sorunlara neden olur.

Yaptığımız araştırmada farklı seviyelerde düşük kaliteli tuzlu sodyumlu sular hazırlanmış ve test edilen topraklara hidrolik iletkenlik cihazında 21 gün boyunca uygulanmıştır. Hem CL hem de L tekstürlü toprakda başlangıç aşamasında yüksek hidrolik iletkenlik değerleri elde edilmiştir. İlerleyen süreç içerisinde uygulanan suların kalitesine bağlı olarak toprakların hidrolik iletkenlik değerleri azalma eğilimine girmiştir, düşük kaliteli suların uygulama sürelerinin son aşamasında ise her iki toprakta da azalan hidrolik iletkenlik değerleri sabit duruma ulaşmıştır. Bu durum doymun koşullar altında toprak içindeki su akışının başlangıç aşamasında makro gözeneklerde meydana geldiğini göstermektedir, her iki toprakta da başlangıç koşullarında ölçülen yüksek hidrolik iletkenlik değerlerinin bu tercihli akışa bağlı olduğu değerlendirilmektedir. Bu bulgu Hillel'in (2004) belirttiği gibi doymun koşullar altında toprak içindeki su akışının öncelikle makro gözeneklerde meydana geldiği yaklaşımıyla uyumludur. Araştırmanın ilerleyen sürecinde ise düşük kaliteli su konularından gelen sodyum ile topraklarda tutulan değişebilir katyonlar arasında hızlı bir iyon değişimi gerçekleşmiş ve toprak agregalarında kil dispersiyonu meydana gelmiştir bu dispersiyona bağlı olarak toprak gözenek ağındaki makro gözenekler tıkanmış ve su hareketi mikro gözenekler tarafından kontrol edilmeye başlamıştır. Toprakta su akışının mikro gözenekler tarafından kontrol edilmeye başlamasıyla hidrolik iletkenlik değerleri önemli düzeyde azalmıştır, tuzlu sodyumlu suların uygulama sürelerinin son aşamasında ise her iki toprakta azalan hidrolik iletkenlik değerleri küçük değişimler göstererek daha kararlı hale gelmiştir. Kararlı durum

süresince muhtemelen düşük kaliteli sulardan gelen sodyum katyonuna bağlı olarak mikro gözeneklerde kil dispersiyonu devam etmiştir fakat bu dispersiyon toprakların hidrolik iletkenlik değerleri üzerinde etkili olmamıştır. Sonuç olarak toprak hidrolik iletkenliği ile toprak gözenekliliği arasında güçlü bir ilişki olduğu ve hidrolik iletkenliğin toprak gözenekliliğindeki değişikliklere özellikle makro gözeneklilikteki değişikliklere karşı oldukça duyarlı olduğu görülmüştür.

Araştırmada toprakların doygun hidrolik iletkenlik değerlerinde meydana gelen azalma durumu uygulanan tuzlu sodyumlu suların kalitesine göre farklı oranlarda olmuştur. Hidrolik iletkenlik değerlerinde meydana gelen azalma su uygulamalarına göre karşılaştırıldığında $T_1S_2 > T_2S_2 > T_1S_1 > T_2S_1$ şeklinde sıralanmıştır. Düşük kaliteli suların artan SAR seviyeleri hidrolik iletkenlik değerlerinin azalmasında etkili olmuş ve en düşük hidrolik iletkenlik değerleri, T_1S_2 uygulaması sonucu CL toprakta elde edilmiştir. Araştırmada SAR değeri 10 olan T_1S_1 ve T_2S_1 uygulamaları sonrası toprakların hidrolik iletkenlik değerlerinde meydana gelen azalmanın daha çok yerinden oynamış kararsız agregatların dispers olması sonucu kil parçacıklarının su ile taşınarak makro gözenekleri belli bir seviyede tıkamış olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Öte yandan SAR değeri 20 olan T_1S_2 ve T_2S_2 uygulamaları T_1S_1 ve T_2S_1 uygulamalarına kıyasla hidrolik iletkenlik değerlerini önemli ölçüde azaltmıştır, meydana gelen önemli düzeydeki azalmanın her iki su uygulamasının kil dağılım potansiyelini artıracak seviyede yüksek sodyum konsantrasyonuna sahip olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir. T_1S_2 ve T_2S_2 'nin yüksek sodyum konsantrasyonları hem agregatlar arası gözeneklerin hacmini azaltan makroskobik şişmeye neden olmuş ve gözenek boyut dağılımlarını daha küçük gözenek boyutlarına doğru kaydırmış hem de şiddetli bir agregat parçalanmasına neden olarak toprak gözeneklerini tıkamıştır.

Araştırmada tuzlu sodyumlu su uygulamalarının kalitesine bağlı olarak CL toprakta meydana gelen hidrolik iletkenlik azalması L toprağa göre daha fazla olmuştur. CL toprağın hidrolik iletkenlik azalmasına gösterdiği yüksek duyarlılık, yüksek kil miktarına, mikro gözeneklerin yüksek oranına ve uygulanan suların kalitesine bağlı olarak kilin şişmesi, dağılması ve dağılan kilin mikro gözenekler tarafından tutularak birikim üretmesine atfedilmektedir. Buna karşılık L toprakta muhtemelen suyun toprak içerisinde

hızlı akışına ve dağılmış kil parçacıklarının hareket etmesine izin veren daha fazla makro gözenek bulunması doymuş koşullar altında tercihli akış yolları sağlayarak kil hareketliliğine bağlı gözenek tıkanıklığını sınırlanmış ve CL toprağa kıyasla yüksek hidrolik iletkenlik değerlerini korumuştur. Elde ettiğimiz bu sonuç önceki çalışmalarda bildirildiği gibi, sodyumun olumsuz etkilerinin kil oranı yüksek topraklarda daha belirgin görüleceği (Levy vd. 2003) yaklaşımıyla örtüşmektedir. Sonuç olarak hem CL toprakta hem de L toprakta meydana gelen hidrolik iletkenlik azalmasının ana mekanizması, agreganın gevşemesi, kilin şişmesi ve dağılması ve dağılan kilin hareketiyle toprakların iletken gözeneklerinin tıkanması arasındaki süreçlerin bir sonucu olduğu değerlendirilmektedir.

Araştırmada tuzlu sodyumlu su uygulamaları sonrası Ca-Doy-CL ve Ca-Doy-L toprakların genel eğilimi ise başlangıç koşullarında hidrolik iletkenlik değerlerinin yüksek olması ve belli bir süre sonra hidrolik iletkenlik değerlerinin CL ve L toprakların değerlerine yakın değerlere azalması idi. Her iki toprakta da başlangıç koşullarında elde edilen yüksek hidrolik iletkenlik değerleri toprakların önceden kalsiyum ile doygunluğa ulaştırılma aşamasında toprak çözeltisinde artan kalsiyum konsantrasyonunun toprakların değişim bölgelerine bağlanan kalsiyumu artırmış olmasına ve kümeli yapının oluşumunu hızlandırmış olmasına atfedilmektedir, kalsiyumun güçlü bağlanma kuvveti toprakları yapısal olarak kararlı hale getirmiştir. Bu kararlı durum sayesinde uygulanan tuzlu sodyumlu sular karşısında her iki toprakta başlangıç aşamasında yüksek hidrolik iletkenlik değerlerini korumuştur. Önceki çalışmalarda bu durumu desteklemektedir, Zhang ve Norton'a (2002) göre, çift pozitif yüklü iyonlar (Ca^{+2} ve Mg^{+2}), toprak parçacıkları arasında katyonik köprüler oluşturarak toprak yapısını iyileştirmeyi destekler, ayrıca bu katyonlar kil ve organik maddeyi floküle etme eğilimleri nedeniyle kil dağılımını azaltmada önemli bir rol oynar şeklindedir. Bununla birlikte toprakların hidrolik iletkenlik cihazında 21 güne kadar uzun bir süre tuzlu sodyumlu su uygulamalarına mağruz kalması bu sulardan gelen sodyumun değişim bölgelerinde tutulan kalsiyum ile yer değiştirmesine neden olmuş ve kalsiyumun flokülasyon üzerindeki pozitif etkisini azaltarak toprak kararlılığını bozmuştur. Uygulanan suların kalitesi ve buna bağlı bozulan toprak kararlılığı her iki toprakta da başlangıç koşullarında elde edilen yüksek hidrolik iletkenlik değerlerini zamanla azaltmıştır. Bir başka deyişle

kil değişim bölgelerinde artan sodyum katyonuna bağlı olarak toprakların hidrolik iletkenlikleri azalmıştır. Sonuç olarak kalsiyum ile doyurularak yapısal kararlılıkları artırılmış toprakların uzun süre tuzlu sodyumlu su uygulamaları altında yüksek hidrolik iletkenlik değerlerini koruyamadığı görülmüştür.

Araştırmada her bir düşük kaliteli tuzlu sodyumlu su uygulamasını yağmur suyunu simüle eden T_0 (yağış) uygulaması takip etmiştir. Tuzlu sodyumlu su uygulamaları sonrası uygulanan T_0 , tüm topraklarda hidrolik iletkenlik değerlerini azaltmıştır. Ancak SAR'ı 20 olan T_1S_2 ve T_2S_2 'nin uygulanması sonrası uygulanan T_0 , toprakların hidrolik iletkenlik değerlerinde meydana gelen azalmayı daha belirgin yapmıştır. T_0 sonrası hidrolik iletkenlik değerlerinde meydana gelen azalma durumu mevcut çözünebilir iyonların hızlı bir şekilde yıkanmasına ve toprak çözeltilisindeki EC'nin SAR'dan daha hızlı azalmış olmasına atfedilmektedir, toprak çözeltilisindeki EC'nin SAR'dan hızlı azalması kil dağılmasına neden olmuş ve toprak gözenekleri önemli seviyede tıkanmıştır. Konuyla ilgili yapılan çalışmalara baktığımızda da Wienhold ve Trooien (1995), yağmur suyunun topraktan geçişi sırasında, toprak çözeltilisinin tuz konsantrasyonunun seyreleceğini ancak değişim kompleksindeki sodyum miktarı üzerinde bu seyrelmenin çok az etkisinin olacağını bildirmişlerdir, ayrıca, Oster (1994) tuzlu olmayan suyla sulama yapmanın veya yağışın, yüzeye yakın toprak suyunun EC'sini azaltacağını ancak ESP'yi EC azalmasıyla aynı büyüklükte azaltmayacağını bildirmiştir. Bununla birlikte T_0 uygulaması sonrası hidrolik iletkenlik değerlerinde meydana gelen azalmanın toprakların mikro gözeneklerinde meydana gelen dispersiyondan kaynaklandığıda değerlendirilmektedir. Konuyla ilgili yapılan çalışmalara baktığımızda Hanson vd. (1999) yağış konulu su toprak çözeltilisi ile toprak agregalarının iç çözeltilisi arasında ozmotik potansiyel farkına neden olur ve mikro gözeneklere doğru su hareketi sonucu bu bölgedeki kili dağıtır şeklindedir. Sonuç olarak yaptığımız araştırmada tuzlu sodyumlu su kullanımı sonrası meydana gelen agregat dağılması ve buna bağlı azalan toprak hidrolik iletkenliğinin yağmur suyuna yakın kalitede su kullanımı sonucu daha fazla azaldığı görülmüştür. Elde ettiğimiz bulgulara dayanarak şunu söyleyebiliriz, arazi şartlarında tekrarlanan tuzlu sodyumlu su uygulamaları toprak çözeltilisi SAR'ını yükseltebilir, ardından uygulanacak olan tuzu olmayan su ya da yoğun bir yağış ise SAR üzerinde çok az veya hiç etkisi olmadan toprak çözeltilisi EC'sini etkili bir şekilde azaltabilir. Toprak yüzeyinde hızlı ve etkili bir EC

azalması sonucunda ise yüzeye yakın agregatlarda sodyumun dağıtıcı etkisine bağlı olarak kil şişmesi ve dağılması meydana gelebilir ve yüzey hidolik iletkenliği önemli düzeyde azalabilir. Sonuç olarak arazi şartlarında uygulanan sulama suyunun SAR değerinin yağıştan sonra toprak hidroluk iletkenliğini kontrol eden önemli bir faktör olduğunu söyleyebiliriz.

Yaptığımız çalışmada düşük kaliteli su uygulamalarının toprak kararlılık göstergesi olan ortalama ağırlıklı çap değerleri üzerine olan etkileri de araştırılmıştır. Uygulanan düşük kaliteli suların kalite parametreleri olan EC ve SAR seviyesindeki artışlar toprak agregatlarını dağıtarak kil dispersiyonu meydana getirmiş ve tüm topraklarda agregat ortalama ağırlıklı çap değerleri azalmıştır. Ancak azalma miktarı SAR değeri 20 olan T₁S₂ ve T₂S₂ uygulamalarında T₁S₁ ve T₂S₁ uygulamalarına kıyasla daha önemli seviyede olmuştur. Bu durum T₁S₂ ve T₂S₂'nin yüksek sodyum içeriğinin şiddetli bir kil dispersiyonu meydana getirmiş olmasına ve toprak agregatlarını önemli düzeyde dağıtmış olmasından kaynaklandığı değerlendirilmektedir. Ayrıca meydana gelen agregat dağılması makro gözenekleri tıkayarak doymuş koşullar altında su hareketini önemli düzeyde kısıtlamış ve tüm topraklarda hidroluk iletkenlik değerlerini azaltmıştır. Yapılan önceki çalışmalara baktığımızda benzer durum görülmektedir, So ve Aylmore (1993) yaptıkları çalışmada toprak çözeltisinde veya toprak değişim kompleksinde artan sodyumun toprak agregatlarının su ile taşınacak ölçüde küçük parçalara dağılmasına neden olacağını ve daha büyük gözeneklerin tıkanarak hidroluk iletkenliğin azalacağını bildirmişlerdir. Bir diğer çalışmada ise Abu-Sharar vd. (1987) hidroluk iletkenlikteki azalma durumunu, toprak makro gözeneklerinin yüzdesinde azalmaya yol açan agregat dağılmasından kaynaklanabileceğini bildirmişlerdir. Bunlarla birlikte toprak parçacıklarının bağlanmasında önemli rol oynayan ve toprak agregat dağılımını engelleyebilme kabiliyetine sahip olan organik madde içeriğinin hem CL hem de L toprakta düşük olmasında agregat dağılmasında ve buna bağlı hidroluk iletkenlik azalmasında etkili olduğu değerlendirilmektedir. Elde ettiğimiz bulgulara dayanarak tuzlu sodyumlu sulama suyuyla sulanan topraklarda agregat kararlılığının korunması ve hidroluk iletkenliğin azalmasını önlemek için düşük ıslatma oranı sağlayan damla sulama yöntemi veya mini yağmurlama sulama yönteminin kullanılmasının faydalı olacağını söyleyebiliriz.

Araştırmada tuzlu sodyumlu su uygulamalarının toprağın önemli hidrolik karakteristiklerinden olan toprak su karakteristik eğrileri deseni üzerindeki etkileri de incelenmiştir. Hem CL hem de L toprakta, toprak su karakteristik eğrilerinin hidrolik iletkenlik ve toprak gözenek boyut dağılımları ile yakın ilişkili olduğu görülmüştür. Uygulanan düşük kaliteli sulara bağlı olarak sodyumluluk ve tuzluluk arttıkça ozmotik potansiyel ile birlikte toprak su potansiyeli de artmış buna karşılık toprak suyunun enerjisi azalmış ve toprakların su tutma kapasiteleri düşmüştür, toprakların su tutma kapasitelerinin düşmüş olması bitkinin su kullanılabilirliğinin azalacağı anlamına gelmektedir. Elde ettiğimiz bulgular tuzlu sodyumlu suların sulama amaçlı kullanımı dikkate alındığında su tutulmasını değerlendirmek ve sulama planını oluşturmak amacıyla toprak suyu dinamiğinin göstergesi olan toprak su tutma kapasitesi ve farklı pF değerlerinde gravimetrik su içerikleri gibi fiziksel özelliklerin bilinmesinin önemini göstermiştir.

Yaptığımız araştırmada toprak fiziksel özelliklerinin temel parametreleri olan hacim ağırlığı ve porozite ile doymuş hidrolik iletkenlik arasında yakın bir ilişki olduğu görülmüştür. Araştırmada farklı kalitedeki suların uygulamaları altında, EC ve SAR seviyelerinin artması toprak numunelerinde hem tuz birikimi meydana getirmiş hem de agregat dispersiyonuna neden olmuştur. Dispersiyonun etkisiyle su ile taşınabilecek kadar küçük olan agregatlar ve kil fraksiyonları toprak örneklerinin akış yollarında hareket ederek belirli katmanlarda birikmiş ve bu birikim bölgelerinde makro gözenek oranını azaltıp mikro gözenek oranını artırarak sıkıştırılmış bir yapı oluşturmuştur. Oluşan bu sıkıştırılmış yapıya bağlı olarak toprakların hacim ağırlıkları başlangıç hacim ağırlıklarına kıyasla artarken porozite ve doymuş hidrolik iletkenlik değerleri azalmıştır. Konuyla ilgili yapılan çalışmalara baktığımızda da benzer bir durum görülmektedir, Van Dijck ve Van Asch'ın (2002) bildirdiğine göre hacim ağırlığının artması, büyük gözeneklerin oranını azaltırken, daha yüksek oranda küçük gözenekler geliştirir, toprağın sıkışmış olması, toprak agregaları arasındaki temas yüzey alanını artırarak gözenek boşluğunda azalmaya yol açar şeklindedir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre tarla sulama sürecinde sulama suyu tuzluluğunun zamanla toprak profilinde tuz konsantrasyonunu artıracak ve toprak hacim ağırlığı, porozite ve hidrolik iletkenlik gibi fiziksel özellikler üzerinde olumsuz etkilerinin olacağını söyleyebiliriz.

Tuzlu sodyumlu suların toprakların doygun hidrolik iletkenlik, agregat boyut dağılımı, porozite, hacim ağırlığı ve su tutma kapasitesi gibi fiziksel özellikleri değiştirme potansiyeli yaptığımız bu araştırmayla görülmüştür. Araştırma sonucunda elde ettiğimiz sonuçları dikkate aldığımızda sulama amaçlı kullanılacak suyun iyonik bileşimi önemli miktarda sodyum içeriyorsa, toprak hidrolik iletkenliğinin azalacağını ve buna bağlı olarak kök bölgesine ulaşması gereken su miktarında da azalma olacağını söyleyebiliriz. Tarla koşullarında hidrolik iletkenliğin azalması bozulan drenaja ve toprak profilinin uzun süre ıslak kalmasına neden olacak ve toprak işlemeyi zorlu hale getirecektir, bozulmuş bir hidrolik iletkenlik, yüksek yoğunluklu yağış sırasında yüzey akışın artmasına ve dolayısıyla ürün için gerekli olan su temininin azalmasına neden olacaktır bu durum ise özellikle su kaynağının sınırlı olduğu koşullarda verim azalmasıyla sonuçlanacaktır. Ayrıca 0-30 cm derinlikten aldığımız yüzey topraklarına uyguladığımız tuzlu sodyumlu düşük kaliteli suların meydana getirdiği kil dağılması ve dağılan kilin hareketiyle gözeneklerin tıkanarak hidrolik iletkenliğin azalmış olması toprak yüzeyinin dağılmaya ve bozulmaya karşı yüksek duyarlı olduğunu da göstermiştir. Bu sonuca dayanarak tuzlu sodyumlu su uygulamaları yapılan alanlarda su hareketine katkıda bulunan makro gözenek oluşumunu desteklemek ve yüzey hidrolik iletkenliğini korumak amacıyla toprak işleme azaltılmalı gerekiyorsa sık toprak işleme yapılmalıdır.

Kurak ve yarı kurak bölgelerde sulama amaçlı bu tür sular kullanılmadan önce hem sulama için uygunluğunu hem de uygulanacağı toprağın yapısal stabilitesine olan etkilerini belirlemek amacıyla önceden laboratuvar şartlarında alternatif uygulamalar yapılabilir. Ayrıca arazi şartlarında sulama yapılan alanın yakınında küçük bir kontrol alanı belirlenerek bu alanda sulama uygulamasının başlangıcından itibaren toprak fiziksel özellikleri periyodik olarak incelenebilir böylece erken dönemde toprak fiziksel bozulması tespit edilebilir ve gerekli görülürse sulamalar kesilebilir. Ayrıca su temininin sulamadan yağışa geçtiği koşullarda özellikle toprak profilinin üst kısmında SAR'daki azalış, EC'deki azalıştan daha yavaş olacaktır, dolayısıyla elektiriksel iletkenlikte meydana gelecek hızlı bir azalma potansiyel bir sodyum tehlikesi nedeniyle başta hidrolik iletkenlik olmak üzere toprak fiziksel özellikleri üzerinde olumsuz bir etki oluşturabilir. Bu nedenle uygun bir toprak ortamının korunması için toprak tuzluluğunu düzenlenmesi önemlidir. Bu durum dikkate alındığında özellikle kış yağışlarından önce toprak EC'sini stabil

tutmak ve mekânsal dağılımını korumak için uygun şekilde planlanmış bir damla sulama yöntemiyle su-tuz düzenlemesi yapmak bu olumsuz etkiyi azaltmada yardımcı olabilir. Tüm bu olumsuz durumlar dikkate alındığında tuzlu sodyumlu sulama sularının pratikte kullanımını için EC ve SAR seviyelerinin bilinmesi, uygun toprak yönetimi için önemli olduğu kadar sulu tarımın uzun vadeli sürdürülebilirliği için de esastır.

CL ve L toprak tekstürlerini ve hidrolik iletkenlik cihazını kullanarak laboratuvar şartlarında yaptığımız araştırmada araştırma uygulaması olarak farklı kalitede hazırladığımız düşük kaliteli suların EC ve SAR değerlerindeki değişimleri dikkate aldık. Toprakların doygun hidrolik iletkenliğini belirlemek için kullandığımız laboratuvar yöntemi hızlı ve ucuz bir yöntem olup, korelasyon yöntemlerinde kullanılan belirli toprak özelliklerinin (tekstür, gözeneklilik) hidrolik iletkenlikle ilişkilendirilmesi gibi belirsizliklere ve rastgele hatalara da sahip değildir. Kullandığımız laboratuvar yönteminin nispeten temsiliyet açısından dezavantajları olsada güvenilir sonuçlar elde etmek için çok sayıda paralel toprak örneğinde çalışarak bu sorunu en aza indirdik. Elde ettiğimiz sonuçlar su kalitesine bağlı olarak toprakta meydana gelen kil şişmesi, dağılması ve dağılan kilin hareketi sonucu gözenek boyutundaki değişikliklerin hidrolik iletkenliği azalttığını ve toprak fiziksel özelliklerini olumsuz etkilediğini göstermiştir. Bununla birlikte tuzlu sodyumlu su uygulamaları sonrası simüle edilmiş yağmur suyu uygulaması toprakların hidrolik iletkenlik değerlerini daha çok azaltmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlara dayanarak şunu söyleyebiliriz ki hem kurak bölgelerde hem de yağışın ve sulamanın düzenli olarak gerçekleştiği bölgelerde tuzlu sodyumlu sulama sularının uygunluk kriterleri değerlendirilirken bu tür suların uygulandıktan sonra yapacağı etki sadece dikkate alınmamalıdır daha önemlisi uygulama sonrası meydana gelecek bir yağıştan sonra toprak üzerinde ortaya çıkaracağı etki de dikkate alınmalıdır. Ayrıca laboratuvar şartlarında toprakların doygun hidrolik iletkenlik değerleri belirlenirken genellikle şebeke suyu kullanılmaktadır yaptığımız çalışma ile toprakların hidrolik iletkenlik değerleri belirlenirken kullanılan suyun EC ve SAR değerlerinin dikkate alınması gerektiği de görülmüştür.

KAYNAKLAR

- Abu Sharar TM, Bingham, F.T., Rhoades, J.D. 1987. Reduction in hydraulic conductivity in relation to clay dispersion and dis-aggregation. *Soil Sci Soc Am J* 51:342–346
- Adem, K.T., Rabba, Z.A., Tukura, N.G. 2022. Estimation of Saturated Hydraulic Conductivity for Different Soil Types in Jimma Zone, Ethiopia. *International Journal of Engineering Applied Sciences and Technology*, 2022 Vol. 6, Issue 9, Pages 37-45.
- Adeyemo, T., Kramer, I., Levy, G.J., Mau, Y. 2022. Salinity and sodicity can cause hysteresis in soil hydraulic conductivity. *Geoderma*, Volume 413.
- Alaoui, A., Lipier, J., Gerke, H. 2011. A Review of the changes in the soil pore system due to soil deformation: a hydradynamic perspective. *Soil Tillage Res* 115, 1-15.
- Ali, A., Bennett, J.M.L., Marchuk, A., Biggs, A. 2018. Impact of irrigation wastewater pH on saturated hydraulic conductivity of acidic, neutral, and alkaline Kaolinitic soils. *Proceedings of the National Soil Science Conference 2018*.
- Ali, A., Biggs, A.J.W., Marchuk, A., Bennett, J.McL. 2019. Effect of Irrigation Water pH on Saturated Hydraulic Conductivity and Electrokinetic Properties of Acidic, Neutral, and Alkaline Soils. *Soil Science Society of America Journal*.
- Al-Qinna, M.I., Jaber, S.M. 2013. Predicting soil bulk density using advanced pedotransfer functions in an arid environment. *Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers* 56: 963-976.
- Angers, D.A., Bullock, M.S., Mehuys, G.R. 2006. Aggregate stability to water. *Soil sampling and methods of analysis 2*, 811-819.
- Arienzo, M., Christen, E.W., Jayawardane, N.S., Quayle, W.C. 2012. The relative effects of sodium and potassium on soil hydraulic conductivity and implications for winery wastewater management. *Geoderma*, volumes 173-174, March 2012, pages 303-310.
- Ayers, R.S. ve Westcot, D.W. 1989. *Water Quality for Agriculture*. FAO irrigation and drainage papers No. 29. Rome, Italy
- Awedat, M.A. 2014. Effect of Dispersed Clay and Soil Pore Size on the Hydraulic Conductivity of Soils Irrigated with Saline-Sodic Water. PhD Thesis, University Of Southern Queensland.
- Awedat, A.M. , Zhu,Y., Bennett, J.M.L., Raine, S.R. 2021. The impact of clay dispersion and migration on soil hydraulic conductivity and pore networks. *Geoderma*, Volume 404 115297.
- Bagarello, V. , Castellini, M., Iovino, M. 2005. Influence of the pressure head sequence on the soil hydraulic conductivity determined with tension infiltrometer *Applied Engineering in Agriculture*, 21 (2005), pp. 383-391.
- Bauder, J. ve Brock, T. 2001. Irrigation water quality, soil amendment, and crop effects on sodium leaching. *Arid Land Research and Management*.15(8):101-113.

- Ben-Hur, M. , Yolcu, G., Uysal, H., Lado, M. ve Paz, A. 2009. Soil structure changes: aggregate size and soil texture effects on hydraulic conductivity under different saline and sodic conditions. *Australian Journal of Soil Research*, 2009, 47, 688–696.
- Bhardwaj, A.K., Mandal, U.K., Bar-Tal, A., Gilboa, A., Levy, G.J. 2008. Replacing saline–sodic irrigation water with treated wastewater: effects on saturated hydraulic conductivity, slaking, and swelling. *Irrig. Sci.* 26,139-146.
- Blake, G. R. ve Hartge, K.H. 1986. Bulk Density, in A. Klute, ed., *Methods of Soil Analysis, Part I. Physical and Mineralogical Methods: Agronomy Monographno. 9* (2nd ed.), pp. 363-375.
- Bourazanis, G., Katsileros, A., Kosmas, C., Kerkides, P. 2016. The Effect of Treated Municipal Wastewater and Fresh Water on Saturated Hydraulic Conductivity of a Clay-Loamy Soil. *Water Resources Management* 30(8):2867-2880.
- Bouyoucos, G.J. 1951. A recalibration of the hydrometer method for making mechanical analysis of soils. *Agronomy journal* 43:435-438.
- Bower, C. A., Reitemeier, R. F., Fireman, M. 1952. Exchangeable Cation Analysis Of Saline And Alkali Soils: *SoilSci.* 73, 251-261.
- Brock, T.A. 1991. Effect of irrigation water quality, amendment and crop on salt leaching and sodium displacement. *scholarworks. montana. Edu.*
- Buelow, M.C., Steenwerth, K., & Parikh, S. J. 2015. The effect of mineral-ion interactions on soil hydraulic conductivity. *Agricultural Water Management*, 152, 277–285.
- Carmer, S. G., Swanson, M. R. 1973. An Evaluation of Ten Pairwise Multiple Comparison Procedures by Monte Carlo Methods. *Journal of the American Statistical Association*, 68(341), 66-74.
- Chaudhari, S.K. 2001. Saturated hydraulic conductivity, dispersion, swelling and exchangeable sodium percentage of different textured soils as influenced by water quality. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 32 (15&16): 2439-2455.
- Crescimanno, G., Iovino, M. and Provenzano. G. 1995. Influence of salinity and sodicity on soil structural and hydraulic characteristics. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59:1701-1708.
- Çağlar, K.Ö. 1958. *Toprak İlimi A.Ü.Ziraat Fakültesi Yayınları No:10.*
- Deb, S.K., Shukla, M.K. 2012. Variability of hydraulic conductivity due to multiple factors. *Am. J. Environ. Sci.* 2012, 8, 489-502.
- De Long, C., Skousen, J. And Pena-Yewtukhiw, E. 2012. Bulk density of rocky mine soils in forestry reclamation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 76: 1810-1815. DOI 10.2136/sssaj2011.0380
- Eijkelkamp, R. (2022). *Laboratory permeameters.* Netherlands.
- Emdad, M.R., Raine, S.R., Smith, R.J., & Fardad, H. 2004. Effect of water quality on soil structure and infiltration under furrow irrigation. *Irrigation Science*, 23, 5560.

- Ergin, M., Koskan, O. 2023. Comparison of Student – t, Welch’s t, and Mann – Whitney U Tests in Terms of Type I Error Rate and Test Power. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, (2023) 37 (2), 223-231
- Fahu, L., Hong, Y., Changle, P., Qiang, X. 2013. Soil hydraulic conductivity affected by slight saline water irrigation in North China[J]. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering (Transactions of the CSAE)*, 2013, 29(2): 73-80.
- Fodor, N., Sandor, R., Orfanus, T., Lichner, L., Rajkai, K. 2011. Evaluation method dependency of measured saturated hydraulic conductivity. *Geoderma*, Volume 165, Issue 1, 15 October 2011, pages 60-68.
- Frenkel, H. Goertzen, JO & Rhoades, JD. 1978. Effects of clay type and content, exchangeable sodium percentage, and electrolyte concentration on clay dispersion and soil hydraulic conductivity. *Soil Science Society of America Journal*, vol. 42, no. 1, pp. 32-39.
- Gemalmaz, E. 1992. Örneklenen toprak hacmi ile arazide ölçülen hidrolik iletkenlik değerlerinin varyansı arasındaki ilişki, IV. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Bildirileri, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tanımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Erzurum.
- Ghassemi, F., Jakeman, AJ & Nix, HA. 1995. *Salinisation of land and water resources*, University of New South Wales Press, Sydney.
- Gonçalves, R.A., Gloaguen, T.V., Folegatti, M.V., Libardi, P.L., Lucas, Y., Montes, C.R., 2010. Pore size distribution in soils irrigated with sodic water and wastewater. *R.Bras.Ci.Solo*,34:701-707, 2010.
- Guo, Q., Wang Y. and Nan L.(2014): Effect of solute type and salinity on soil water retention curve, *Chinese Journal of Soil Science*,45(2): 340-344.
- Gutiérrez-Hernández, O., García, L. V. 2024. Trends in Vegetation Seasonality in the Iberian Peninsula: Spatiotemporal Analysis Using AVHRR-NDVI Data (1982–2023). *Sustainability* 2024, 16(21), 9389;
- Hamdy, A. 1988. Research Work at Bari Institute for Reuse of Low Quality Water and Its Impact On Soil and Plants. International seminar, 16-21, January, Egypt. 14-21.
- Hanson, B., Grattan, S. ve Fulton, A. 1999. *Agricultural Salinity and Drainage*. University of California Irrigation Program, University of California, Davis. California
- Hillel, D. 1998. *Environmental soil physics*. San Diego, Academic Press, 1998. 771p.
- Hillel, D. 2004. *Introduction to environmental soil physics*. Elsevier, San Diego, CA, USA.
- Huang, C.H., Xue, X., Wang, T., Mascellis, R., Giacomo, G., You, Q., Peng, F., Tedeschi, A. 2011. Effects of saline water irrigation on soil properties in northwest China. *Environ Earth Sci*. DOI 10.1007/s12665-010-0738-5
- Jacka, L., Pavlasek, J., Kuraz, V., Pech, P. 2014. A Comparison of three measuring methods for estimating the saturated hydraulic conductivity in the shallow subsurface layer of mountain podzols. *Geoderma* 219-2220, 82-88.
- Jackson, M.L., 1967. *Soil Chemical Analysis*. Prentice Hall of India Private Limited, NewDelhi.

- Karimpour-Reihan. 2002. Effect of salinity and sodicity on soil physical properties (structure hydraulic conductivity) in Damghan Playa. 17th WCSS, 14-21 August, Thailand. Symposium No:33. Paper No:2054.
- Kessler, J. ve Oosterbaan, Rj. 1974. Drainage Principles and Applications. International Institute for Land Reclamation and Improvement. The Netherlands.
- Klopp, H.W., Daigh, M.A.L. 2020. Measured saline and sodic solutions effects on soil saturated hydraulic conductivity, electrical conductivity and sodium adsorption ratio. *Arid Land Research and Management*, 34:3, 264-286.
- Klute, A. 1986. Water retention: Laboratory methods. *Methods of soil analysis: part 1- physical and mineralogical methods* 635-662.
- Klute, A. ve Dirksen, C. 1986. Hydraulic conductivity and diffusivity, laboratory methods. p. 687–732. In A. Klute (ed.) *Methods of soil analysis. Part 1*. SSSA, Madison, WI.
- Quirk, J.P., Schofield, R.K. 1955. The effect of electrolyte concentration on soil permeability. *Australian Journal of Soil Research* 6, 163-78.
- Lado M., Ben-Hur, M. ve Shainberg, I. 2004. Soil wetting and texture effects on aggregate stability, seal formation and erosion. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 68: 1992–1999.
- Levy, G.J., A. Rosenthal, J. Rorchitzky, I. Shainberg and Cehn, Y. 1999. Soil hydraulic conductivity changes caused by irrigation with reclaimed water waters. *Journal of Environ. Qual.* 28:1658-1664.
- Levy, G.J., A.I. Mamedov, and D. Goldstein. 2003. Sodicity and water that of the rate of wetting, particularly on clayey soils. quality effects on slaking of aggregates from semi-arid soils. *Soil Use of saline water reduced the impact of fast wetting Sci.* 168:552–562.
- Levy, G. J., Goldstein, D. ve Mamedov, A. I. 2005. Saturated Hydraulic Conductivity of Semiarid Soils: Combined Effects of Salinity, Sodicity, and Rate of Wetting, *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 69, 653– 662.
- Liu, Q., Zhao, B., Santamarina, J.C. 2019. Particle migration and clogging porous media: a convergent flow microfluidics study. *J. Geophys. Res. Solid Earth* 124, 9495–9504.
- Maas, E.V. ve Hoffman, G.J. 1977. Crop Salt Tolerance – Current Assessment *J. Irrigation and Drainage Division, ASCE*, 103:115-134.
- Mace, J.E. ve Amrhein, C. 2001. Leaching and reclamation of soil irrigated with moderate SAR waters. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*65:199-204.
- Mahdee, H.S. 2025. Assessment of Hydraulic conductivity in Iraqi soils (Articular review). *Dijlah J. Agric. Sci.* 3(1):46-59, 2025
- Minhas, P. S. ve Sharma, D. R. 1986. Hydraulic Conductivity and Clay Dispersion as Affected by Application Sequence of Saline and Simulated Rain Water Central Soil Salinity Research Institute, Kamal-132001, India. *Irrig Sci* (1986) 7:159-167.
- Montgomery, D. C. 2017. Design and Analysis of Experiments (Chapter 3). John Wiley & Sons.

- Moutier, M., Shainberg, I., Levy, G.L. 1998. Hydraulic gradient, aging and water quality effects on hydraulic conductivity of a vertisol. *Soil Sci.Soc.Am.Proc.*62, 1488/1496.
- Nimmo, J.R. 2004. Porosity and Pore Size Distribution. *Encyclopedia of Soils in the Environment*, Elsevier, London, 295-303.
- Oster, J. D. 1994. Irrigation with poor quality water. *Agric. Water Manage.* 25:271-297.
- Özdemir, N. 1998. Toprak Fiziği. OMÜ yayınları Ders kitabı No:30.
- Öztürk, H.S., Deviren Saygin, S., Coptu, N.K., Izci, E., Erpul, G., Demirel, B., Saysel, A.K., Babaei, M. 2023. Hydro-physical deterioration of a calcareous clay-rich soil by sodic water in Central Anatolia, Türkiye. *Geoderma Regional*, 2023, 33, e00649
- Patterson, A.R. 2001. Consideration of soil sodicity when assessing land application. *Environmental-Health Protection Guidelines Technical Sheet Reference 01/7*.
- Pearson, E. 2003. *The Basics of Salinity and Sodicity Effects on Soil Physical Properties*. USA.
- Peker, A.E. 2021. Sodyum Klorürlü Ve Sodyum Bikarbonatlı Sulama Sularının Kullanımına Bağlı Olarak Toprağın Fiziksel Ve Kimyasal Özelliklerindeki Değişimin Belirlenmesi. Doktora Tezi. Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Ankara.
- Peng, Y., Yin, Z., Zhou, C., Ding, X. 2022. Micromechanical analysis of capillary suction effect on bearing capacity of unsaturated fine granular foundation soil using coupled CFD-DEM method. *Comput. Geotech.* 2022, 153, 105092.
- Pilgrim, D.H. ve Huff, D.D. 1983. Suspended sediment in rapid subsurface stormflow on a large field plot. *Earth Surface Processes and Landforms*, vol. 8, no. 5, pp. 451- 63.
- Pratt, P. F. ve Suarez, D. L. 1990. Irrigation water quality assessments. Pages 220–236 in K. K. Tanji, ed. *Agricultural salinity assessment and management*. Am. Soc. Civil Eng. Manuals and Reports on Engineering Practice No. 71. ASCE, New York, NY.
- Rawls, W.J., Brakensiek, D.L. and Saxton, K.E. 1982. Estimation of soil water properties. *Trans. ASAE* 25:1316-1320.
- Reading, L.P., Lockington, D.A., Bristow, K.L., Baumgartl, T. 2015. Are we getting accurate measurements of Ksat for sodic clay soils? *Agricultural Water Management*. Volume 158, Pages 120-125.
- Rezaei, M., Shahbazi, K., Shahidi, R., Davatgar, N., Bazargan, K., Rezaei, H., Saadat, S., Seuntjens, P., Cornelis, W. 2021. How to relevantly characterize hydraulic properties of saline and sodic soils for water and solute transport simulations. *Journal of Hydrology*. Volume 598 July 2021.
- Rhoades, J. D. and Loveday, J. 1990. Salinity in irrigated agriculture. Pages 1089–1142 in B. A. Stewart and D. R. Nielsen, eds. *Irrigation of agricultural crops*. Agron. No. 30. ASA, Madison, WI.
- Richards, L. A. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. USDA Agriculture Handbook 60, Washington D. C.

- Robinson, K.M. 2003. Effects Of Saline-Sodic Water On Ec, Sar, And Water Retention. Scholarworks. montana.edu
- Ruiz-Vera, M.V., Wu. L. 2006. Influence of sodicity, clay mineralogy, prewetting rate and their interaction on aggregate stability. Soil Sci. Soc. Am. J. 70, 1825–1833.
- Rusell, A.R. 2014. How water retention in fractal soils depends on particle and pore sizes, shapes, volumes and surface areas. Geotechnique 2014, 64, 379–390.
- Sabtow, H.A. ve Kızıloğlu, F.M. 2022. Stabilize Kent amuru ve Jips Uygulanmış Tuzlu Sodyumlu Topraklarda Arıtılmış Atıksuyun Islanma-Kuruma Dnglerinin Hidrolik İletkenliğe Etkisi. Trk Tarım – Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 10(9): 1741-1746, 2022.
- Safadoust, A., Dashtpeyma, B., Mosaddeghi, M., Asgarzadeh, H. 2017. Effects of Irrigation Water Quality on Some Soil Physical Indicators. Applied Soil Research. Volume 6, Issue 2, August 2018, Pages 58-69.
- Santos, C.F., Ribeiro, I.C., Pelegrino, M.H., Carneiro,J.P., Silva, B.M. 2022. A Simple Gravimetric Methodology to Determine Soil Particle Density. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 53:13, 1623-1629.
- Sarı, H. 2017. Tekirdağ İli Topraklarında Bazı Toprak zelliklerinin Topraktaki Hidrolik İletkenliğe Etkisi. Journal of Agricultural Sciences. 2017,32 (2): 95-103.
- Sarı, H., Sağlam, M.T. 2018. Aynı Noktadan Alınmış, Bozulmuş ve Bozulmamış Toprak rneklerinde Hidrolik İletkenlik İlişkisi. Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi. Cilt: 15 Sayı: 3,78-86.
- Sarıyev, A., Sesveren, S., Tln, Y., Kaman, H., Acar,M. 2020. Determination of unsaturated hydraulic conductivity at field conditions and mathematical modeling. Mediterranean Agricultural Sciences (2020) 33(2): 291-298.
- Saygın Deviren, S. 2013. Yağmurlama Denemeleri İle Sıçrama ve Yüzey Erozyonu Sedimentlerinde Agregat Büyüklük Dağılımı Ve Organik Karbon Değişimlerinin İncelenmesi. Doktora Tezi, Ankara Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Ana Bilim Dalı.
- Schacht, K., Marschner, B. 2015. Treated wastewater irrigation effects on soil hydraulic conductivity and aggregate stability of loamy soils in Israel. J.Hydrol. Hydromech. 63, 2015,1,47-54.
- Shabeeb, Y.J. 2010. Impact of rotation between surface and drip irrigation and irrigation water salinity on soil properties and plant growth in clayey soil. Master's thesis, College of Agriculture, University of Basra; 2010.
- Shainberg, I., Letey, J. 1984. Response of soils to sodic and saline conditions. Hilgardia 52,1–57.
- Shainberg, I., Levy, G.J., Goldstein, D., Mamedoy, A.I., Letey, J. 2001. Prewetting rate and sodicity effects on the hydraulic conductivity od soils. Australian Journal of Soil Research 39, 1279-1291.

- Shakir, M.S, Anwar-ul-Hassan & Razzaq, A. 2002. Effect of salts on bulk density, particle density and porosity of different soil series. *Asian Journal of Plant Sciences*, vol. 1, no. 1, pp. 5-6.
- Shang, F., Ren, S., Zou, T., Yang, P., Sun, N. 2014. Impact of simulated irrigation with treated wastewater and saline-sodic solutions on soil hydraulic conductivity, pores distribution and fractal dimension. *Computer and Computing Technologies in Agriculture VII: 7th IFIP WG 5.14*. 2014.
- Shwetha, P., Varija, K. 2015. Soil water retention curve from saturated hydraulic conductivity for sandy loam and loamy sand textured soils. *International Conference On Water Resources, Coastal And Ocean Engineering (Icwrcoe 2015)*.
- So, H.B. and Aylmore, L.A.G. 1993. How do sodic soils behave? The effects of sodicity on soil physical behaviour. *Aust. J. Soil Res.* 31:161-111.
- Speirs, S.D., Cattle, S.R., Melville, G.J. 2011. Impact of sodium adsorption ratio of irrigation water on the structural form of two vertosols used for cotton production *Soil Res.* 49(6). 481- 493.
- Suarez, D., Wood, J.D., Lesch, S.M. 2006. Effect of SAR on water infiltration under a sequential rain-irrigation management system. *Agricultural Water Management* 86, 150-164.
- Suarez, D.L. & Taber, P. 2012. ExtractChem Model. Retrieved from <https://www.ars.usda.gov/pacific-west-area/riverside-ca/agriculturalwater-efficiency-and-salinity-research-unit/docs/model/extractchem-model/>
- Stibinger, J. 2014. Examples of Determining the Hydraulic Conductivity of Soils Theory and Applications of Selected Basic Methods. J. E. Purkyně University in Ústí n. Labem, Faculty of the Environment.
- Tadesse, N., Bheemalingeswara, K., Berhane, A. 2009. Groundwater suitability for irrigation: a case study from Debre Kidane watershed, eastern Tigray, Ethiopia. *Momona Ethiopian. J. Sci.* 1
- Tang, S., She, D., Wang, H. 2020. Effect of salinity on soil structure and soil hydraulic characteristics. *Canadian Journal of Soil Science*, 2020.
- Tekin, S. 2018. Çizgi Kaynaklı Yağmurlama Sistemiyle Uygulanan Tuzlu Su Düzeylerinin Toprakta Bazı Fiziksel Özelliklere ve Tuz Dağılımına Etkisi. *Alatarım* 2018, 17 (1): 52 - 62
- Temizel, K.E. ve Tok, S. 2019. Farklı Sodyum Adsorbsiyon Oranı Değerlerine Sahip Sulama Sularının Bazı Toprak Özelliklerine Etkisi. *Journal of the Institute of Science and Technology*. Volume 9, Issue 3, 1729-1736, 01.09.2019.
- Tuller, M., Or, D., Hillel, D. 2004. Retention Of Water In Soil And The Soil Water Characteristic Curve. *Encyclopedia of Soils in the Environment*, 2004.
- Tüzüner, A. 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı, T.C. Tarım Orman Ve Köyişleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara.

- U. S. Salinity Laboratory Staff. 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils. U.S.D.A. Agricultural Handbook, No:60.
- Van Dijck, S., Van Asch, T.W. 2002. Compaction of loamy soils due to tractor traffic in vineyards and orchards and its effect on infiltration in southern France. *Soil and Tillage Research*, vol. 63, no. 3, pp. 141-53.
- Velde, B. ve Meunier, A. 2008. The origin of clay minerals in soils and weathered rocks. Springer-Verlag, Berlin Heidelberg, Germany.
- Wang, J., Wei Liu, W., Chen, W., Liu, P., Jia, B., Xu, H., Wen, L. 2019. Study on the mechanism of loess landslide induced by chlorine salt in Heifangtai terrain. *Japanese Geotechnical ...*, 2019 - jstage.jst.go.jp
- Wienhold, B.J., Trooien, T.P. 1995. Salinity and sodicity under irrigated Alfalfa in the Northern Great Plains. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 59, 1709–1714.
- Yan, S., Zhang, T., Zhang, B., Zhang, T., Cheng, Y., Wang, C., Luo, M., Feng, H. ve Siddique, K.H.M. 2023. The Higher Relative Concentration of K⁺ to Na⁺ in Saline Water Improves Soil Hydraulic Conductivity, Salt Leaching Efficiency and Structural Stability. *Soil*, 9,339-349,2023.<https://doi.org/10.5194/soil-9-339-2023>.
- Yılmaz, K., Celik, I., Kapur, S. & Ryan, J. 2005. Clay minerals, Ca/ Mg ratio and Fe-Al-Oxides in relation to structural stability, hydraulic conductivity and soil erosion in southeastern Turkey. *Turkish Journal of Agriculture*, 29, 29–37.
- Yurtseven, E. 1999. Sürdürülebilir Tarım ve Tuzluluk Etkileşimi. VII. Kültürteknik Kongresi Bildirileri. 11-14 Kasım 1999. Kapadokya. 237 - 245.
- Yurtsever, N. 1984. Deneysel istatistik Metotlar. Toprak ve Gübre Araşt. Enst. Md. Yayınları Yay. No. 121/56, Ankara.
- Zaman, M., Shahid, S.A., Heng, L. 2018. Guideline for salinity assessment, mitigation and adaptation using nuclear and related techniques. Springer Nature, 164, Cham.
- Zeng, C., Wang, Q., Zhang, F., Zhang, J. 2013. Temporal changes in soil hydraulic conductivity with different soil types and irrigation methods, *Geoderma*, Volumes 193–194, 2013, Pages 290-299.
- Zhang, M., Takahashi, M., Morin, R.H. ve Esaki, T. 2000. Evaluation and application of the 38 transient-pulse technique for determining the hydraulic properties of low permeability rocks-Part 1: Theoretical evaluation. *Geotechnical Testing Journal*, 23(1): 83-90.
- Zhang, X. C. ve Norton, L. D. 2002. Effect of exchangeable Mg on saturated hydraulic conductivity, disaggregation and clay dispersion of disturbed soils. *Journal of Hydrology*, 260, 194–205.

EKLER

- EK 1** T_1S_1 uygulaması killi tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş killi tın toprakta hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi
- EK 2** T_1S_1 uygulaması tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş tın toprakta hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi
- EK 3** T_1S_1 uygulaması sonrası killi tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş killi tın toprakta T_0 (yağış) uygulaması hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi
- EK 4** T_1S_1 uygulaması sonrası tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş tın toprakta T_0 (yağış) uygulaması hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi
- EK 5** T_2S_1 uygulaması killi tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş killi tın toprakta hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi
- EK 6** T_2S_1 uygulaması tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş tın toprakta hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi
- EK 7** T_2S_1 uygulaması sonrası killi tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş killi tın toprakta T_0 (Yağış) uygulaması hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi
- EK 8** T_2S_1 uygulaması sonrası tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş tın toprakta T_0 (yağış) uygulaması hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi
- EK 9** T_1S_2 uygulaması killi tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş killi tın toprakta hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi
- EK 10** T_1S_2 uygulaması tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş tın toprakta hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi
- EK 11** T_1S_2 uygulaması sonrası killi tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş killi tın toprakta T_0 (yağış) uygulaması hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi
- EK 12** T_1S_2 uygulaması sonrası tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş tın toprakta T_0 (yağış) uygulaması hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi
- EK 13** T_2S_2 uygulaması killi tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş killi tın toprakta hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi
- EK 14** T_2S_2 uygulaması tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş tın toprakta hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi
- EK 15** T_2S_2 uygulaması sonrası killi tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş killi tın toprakta T_0 (yağış) uygulaması hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi
- EK 16** $T_2 S_2$ uygulaması sonrası tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş tın toprakta T_0 (yağış) uygulaması hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi
- EK 17** $T_1S_1-T_0$ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları
- EK 18** $T_2S_1-T_0$ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları
- EK 19** $T_1S_2-T_0$ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları
- EK 20** $T_2S_2-T_0$ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları

EK 1 T₁S₁ uygulaması killi tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş killi tın toprakta hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi

Uygulama		T ₁ S ₁																																		
Su Kalitesi		SAR	EC (dS/m)	Ca (me/l)	Mg (me/l)	Na (me/l)	K (me/l)	CO ₃ (me/l)	HCO ₃ (me/l)	Cl (me/l)	SO ₄ (me/l)	Killi Tın (CL) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)								Kalsiyum ile Doymurulmuş Killi Tın (CL) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)																
		10.15	3.95	12.22	0.65	25.80	0.04	0.00	11.88	25.68	0.23	1. Top. Num	2. Top. Num	3. Top. Num	4. Top. Num	5. Top. Num	6. Top. Num	7. Top. Num	8. Top. Num	9. Top. Num	10. Top. Num	1. Top. Num	2. Top. Num	3. Top. Num	4. Top. Num	5. Top. Num	6. Top. Num	7. Top. Num	8. Top. Num	9. Top. Num	10. Top. Num					
1. Hafta	1. Gün	2.05	2.06	2.03	2.01	1.98	1.97	1.99	2.04	2.02	2.00	2.87	2.92	2.94	2.95	2.92	2.91	2.93	2.89	2.91	2.93	2.91	2.90	2.91	2.95	2.92	2.91	2.90	2.88	2.94	2.91	2.90	2.91	2.90		
	2. Gün	1.96	1.97	1.99	2.01	2.02	1.98	2.01	1.96	1.98	1.95	2.93	2.91	2.95	2.96	2.91	2.90	2.91	2.88	2.94	2.91	2.90	2.91	2.95	2.92	2.91	2.90	2.88	2.94	2.91	2.90	2.91	2.90	2.91	2.90	
	3. Gün	1.97	1.92	1.95	1.93	1.94	1.93	1.98	1.99	1.96	1.95	2.90	2.95	2.91	2.89	2.90	2.91	2.95	2.90	2.90	2.93	2.90	2.91	2.95	2.92	2.91	2.90	2.88	2.94	2.91	2.90	2.91	2.90	2.91	2.90	
	4. Gün	1.90	1.93	1.95	1.99	1.91	1.90	1.92	1.89	1.93	1.90	2.92	2.94	2.91	2.89	2.91	2.92	2.90	2.88	2.93	2.91	2.94	2.92	2.90	2.92	2.88	2.93	2.91	2.94	2.91	2.90	2.91	2.90	2.91	2.90	
	5. Gün	1.84	1.88	1.87	1.89	1.82	1.82	1.85	1.86	1.82	1.88	2.88	2.89	2.93	2.91	2.94	2.88	2.93	2.91	2.94	2.94	2.92	2.90	2.92	2.87	2.89	2.92	2.90	2.92	2.91	2.94	2.91	2.90	2.91	2.90	
	6. Gün	1.80	1.83	1.85	1.80	1.85	1.78	1.81	1.79	1.82	1.80	2.91	2.95	2.93	2.93	2.87	2.89	2.92	2.90	2.92	2.93	2.91	2.94	2.88	2.89	2.92	2.90	2.92	2.91	2.94	2.91	2.90	2.91	2.90		
	7. Gün	1.78	1.80	1.81	1.76	1.74	1.73	1.78	1.80	1.79	1.74	2.93	2.94	2.91	2.90	2.89	2.91	2.90	2.93	2.94	2.91	2.94	2.89	2.91	2.92	2.89	2.92	2.90	2.92	2.91	2.94	2.91	2.90	2.91	2.90	
2. Hafta	8. Gün	1.71	1.74	1.73	1.75	1.73	1.69	1.70	1.68	1.69	1.71	2.80	2.78	2.77	2.75	2.79	2.82	2.83	2.80	2.79	2.78	2.78	2.82	2.79	2.82	2.83	2.80	2.79	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78	2.78		
	9. Gün	1.65	1.64	1.68	1.69	1.70	1.64	1.63	1.65	1.67	1.69	2.52	2.55	2.54	2.53	2.51	2.50	2.48	2.47	2.51	2.50	2.50	2.52	2.55	2.54	2.53	2.51	2.50	2.48	2.47	2.51	2.50	2.50	2.50		
	10. Gün	1.56	1.57	1.54	1.58	1.60	1.63	1.65	1.62	1.60	1.59	2.24	2.23	2.18	2.17	2.21	2.26	2.27	2.25	2.18	2.26	2.27	2.24	2.23	2.18	2.17	2.21	2.26	2.27	2.25	2.18	2.26	2.27	2.24	2.23	
	11. Gün	1.54	1.55	1.56	1.58	1.51	1.48	1.49	1.51	1.53	1.50	1.98	1.97	1.93	1.95	1.93	1.95	1.98	1.91	1.94	1.98	1.98	1.98	1.97	1.93	1.95	1.93	1.95	1.98	1.91	1.94	1.98	1.98	1.98	1.98	
	12. Gün	1.44	1.42	1.46	1.50	1.49	1.46	1.44	1.47	1.45	1.44	1.71	1.69	1.65	1.67	1.72	1.70	1.69	1.68	1.71	1.70	1.70	1.71	1.69	1.65	1.67	1.72	1.70	1.69	1.68	1.71	1.70	1.70	1.70	1.70	
	13. Gün	1.40	1.38	1.39	1.37	1.35	1.44	1.48	1.43	1.40	1.42	1.54	1.57	1.56	1.53	1.52	1.50	1.57	1.58	1.55	1.56	1.56	1.54	1.57	1.56	1.53	1.52	1.50	1.57	1.58	1.55	1.56	1.56	1.56	1.56	
14. Gün	1.33	1.34	1.38	1.33	1.28	1.33	1.36	1.32	1.34	1.35	1.47	1.49	1.44	1.43	1.45	1.44	1.47	1.48	1.42	1.43	1.43	1.47	1.49	1.44	1.43	1.45	1.44	1.47	1.48	1.42	1.43	1.43	1.43	1.43		
3. Hafta	15. Gün	1.30	1.32	1.27	1.26	1.29	1.31	1.32	1.29	1.30	1.27	1.39	1.40	1.37	1.35	1.36	1.36	1.35	1.36	1.34	1.38	1.38	1.39	1.40	1.37	1.35	1.36	1.36	1.35	1.36	1.34	1.38	1.38	1.38	1.38	
	16. Gün	1.23	1.22	1.23	1.25	1.23	1.24	1.28	1.30	1.28	1.29	1.28	1.30	1.27	1.30	1.28	1.29	1.31	1.34	1.31	1.32	1.32	1.28	1.30	1.27	1.30	1.28	1.29	1.31	1.34	1.31	1.32	1.32	1.32	1.32	1.32
	17. Gün	1.25	1.22	1.26	1.22	1.24	1.21	1.22	1.26	1.24	1.26	1.28	1.24	1.26	1.29	1.27	1.29	1.26	1.25	1.24	1.27	1.27	1.28	1.24	1.26	1.26	1.29	1.27	1.29	1.26	1.25	1.24	1.27	1.27	1.27	1.27
	18. Gün	1.20	1.24	1.26	1.27	1.26	1.22	1.20	1.26	1.27	1.25	1.24	1.26	1.21	1.19	1.25	1.19	1.25	1.23	1.25	1.28	1.28	1.24	1.26	1.26	1.29	1.27	1.29	1.26	1.25	1.24	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
	19. Gün	1.23	1.21	1.25	1.26	1.22	1.23	1.22	1.20	1.26	1.27	1.21	1.22	1.26	1.23	1.24	1.28	1.25	1.22	1.24	1.26	1.26	1.23	1.26	1.26	1.29	1.27	1.29	1.26	1.25	1.24	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
	20. Gün	1.21	1.25	1.26	1.24	1.20	1.26	1.21	1.23	1.28	1.24	1.23	1.25	1.24	1.22	1.24	1.26	1.25	1.23	1.25	1.28	1.28	1.24	1.26	1.26	1.29	1.27	1.29	1.26	1.25	1.24	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27
	21. Gün	1.23	1.28	1.26	1.25	1.22	1.24	1.25	1.22	1.20	1.24	1.20	1.22	1.26	1.24	1.26	1.27	1.23	1.22	1.24	1.26	1.26	1.23	1.26	1.26	1.29	1.27	1.29	1.26	1.25	1.24	1.27	1.27	1.27	1.27	1.27

EK 2 T₁S₁ uygulaması tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş tın toprakta hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi

Uygulama		T ₁ S ₁																			
Su Kalitesi		SAR	EC (dS/m)	Ca (me/l)	Mg (me/l)	Na (me/l)	K (me/l)	CO ₃ (me/l)	HCO ₃ (me/l)	Cl (me/l)	SO ₄ (me/l)										
		10.15	3.95	12.22	0.65	25.80	0.04	0.00	11.88	25.68	0.23										
		Tın (L) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)										Kalsiyum ile Doyurulmuş Tın (L) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)									
Uygulama Süresi		1. Top. Num	2. Top. Num	3. Top. Num	4. Top. Num	5. Top. Num	6. Top. Num	7. Top. Num	8. Top. Num	9. Top. Num	10. Top. Num	1. Top. Num	2. Top. Num	3. Top. Num	4. Top. Num	5. Top. Num	6. Top. Num	7. Top. Num	8. Top. Num	9. Top. Num	10. Top. Num
1. Hafta	1. Gün	3.29	3.27	3.31	3.25	3.25	3.30	3.30	3.32	3.21	3.25	4.12	4.18	4.2	4.16	4.14	4.10	4.19	4.20	4.21	4.25
	2. Gün	3.21	3.19	3.20	3.25	3.21	3.18	3.19	3.24	3.22	3.23	4.14	4.18	4.19	4.20	4.21	4.17	4.19	4.18	4.15	4.16
	3. Gün	3.19	3.16	3.18	3.16	3.20	3.16	3.20	3.22	3.20	3.17	4.18	4.17	4.16	4.15	4.18	4.19	4.18	4.16	4.19	4.19
	4. Gün	3.19	3.16	3.15	3.2	3.21	3.22	3.16	3.16	3.15	3.14	4.15	4.18	4.16	4.14	4.19	4.20	4.18	4.20	4.19	4.17
	5. Gün	3.11	3.10	3.09	3.15	3.14	3.15	3.14	3.16	3.10	3.11	4.17	4.15	4.19	4.18	4.19	4.21	4.15	4.14	4.18	4.19
	6. Gün	3.07	3.09	3.10	3.05	3.11	3.10	3.05	3.06	3.08	3.09	4.16	4.20	4.19	4.13	4.18	4.15	4.18	4.17	4.19	4.20
	7. Gün	3.03	3.00	2.99	3.05	3.06	3.05	3.01	3.02	3.00	3.00	4.15	4.18	4.18	4.19	4.16	4.15	4.20	4.18	4.20	4.16
2. Hafta	8. Gün	2.91	2.98	2.96	2.99	3.01	2.95	2.98	2.93	2.92	2.91	4.05	4.06	4.09	4.12	4.09	4.11	4.09	4.04	4.07	4.10
	9. Gün	2.89	2.86	2.85	2.83	2.91	2.89	2.88	2.87	2.87	2.91	4.02	4.03	3.95	3.99	3.97	3.99	4.02	4.01	3.99	3.97
	10. Gün	2.77	2.75	2.78	2.72	2.78	2.75	2.73	2.76	2.74	2.78	3.80	3.82	3.85	3.74	3.75	3.76	3.82	3.80	3.76	3.81
	11. Gün	2.65	2.68	2.69	2.65	2.63	2.64	2.66	2.71	2.69	2.67	3.50	3.47	3.45	3.46	3.48	3.49	3.52	3.49	3.47	3.45
	12. Gün	2.65	2.58	2.56	2.57	2.61	2.63	2.58	2.59	2.57	2.62	3.14	3.16	3.10	3.11	3.18	3.19	3.20	3.16	3.18	3.13
	13. Gün	2.53	2.51	2.49	2.48	2.49	2.44	2.52	2.53	2.51	2.55	2.91	2.92	2.85	2.87	2.90	2.86	2.93	2.90	2.92	2.88
	14. Gün	2.44	2.42	2.43	2.40	2.42	2.39	2.43	2.41	2.44	2.38	2.73	2.76	2.71	2.69	2.75	2.74	2.74	2.70	2.71	2.72
3. Hafta	15. Gün	2.34	2.39	2.35	2.34	2.37	2.39	2.39	2.35	2.36	2.36	2.59	2.55	2.53	2.59	2.60	2.59	2.57	2.54	2.55	2.56
	16. Gün	2.30	2.28	2.27	2.31	2.33	2.30	2.27	2.28	2.26	2.29	2.43	2.40	2.41	2.45	2.44	2.39	2.38	2.45	2.40	2.39
	17. Gün	2.24	2.26	2.27	2.25	2.24	2.20	2.23	2.28	2.26	2.25	2.23	2.25	2.28	2.31	2.33	2.28	2.32	2.30	2.31	2.29
	18. Gün	2.23	2.20	2.19	2.18	2.22	2.24	2.26	2.24	2.26	2.25	2.20	2.18	2.25	2.24	2.26	2.25	2.23	2.24	2.21	2.22
	19. Gün	2.25	2.22	2.18	2.19	2.22	2.25	2.24	2.25	2.20	2.25	2.20	2.25	2.21	2.24	2.28	2.23	2.22	2.24	2.19	2.20
	20. Gün	2.20	2.19	2.23	2.25	2.27	2.24	2.23	2.23	2.20	2.24	2.19	2.18	2.23	2.28	2.24	2.22	2.26	2.21	2.23	2.24
21. Gün	2.21	2.25	2.24	2.20	2.23	2.20	2.22	2.24	2.24	2.22	2.21	2.19	2.20	2.18	2.25	2.27	2.29	2.25	2.21	2.20	

EK 3 T₁S₁ uygulaması sonrası killi tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş killi tın toprakta T₀ (yağış) uygulaması hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi

Uygulama		T ₀ (Yağış)									
		SAR		EC (dS/m)							
Su Kalitesi		0		0							
Uygulama Süresi		Killi Tın (CL) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)					Kalsiyum ile Doyurulmuş Killi Tın (CL) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)				
		1. Toprak Numunesi	2. Toprak Numunesi	3. Toprak Numunesi	4. Toprak Numunesi	5. Toprak Numunesi	1. Toprak Numunesi	2. Toprak Numunesi	3. Toprak Numunesi	4. Toprak Numunesi	5. Toprak Numunesi
1. Hafta	1. Gün	1.25	1.23	1.26	1.24	1.23	1.21	1.25	1.22	1.28	1.23
	2. Gün	1.16	1.13	1.18	1.19	1.16	1.16	1.15	1.19	1.21	1.21
	3. Gün	1.12	1.11	1.13	1.10	1.09	1.11	1.09	1.12	1.14	1.15
	4. Gün	1.04	1.06	1.08	1.07	1.04	1.03	1.06	1.08	1.05	1.01
	5. Gün	0.98	0.95	0.91	0.97	0.95	0.94	0.96	1.00	0.97	0.98
	6. Gün	0.87	0.89	0.92	0.85	0.86	0.89	0.88	0.90	0.90	0.94
	7. Gün	0.83	0.83	0.87	0.89	0.85	0.86	0.83	0.84	0.82	0.87
2. Hafta	8. Gün	0.74	0.78	0.77	0.79	0.75	0.77	0.79	0.81	0.83	0.77
	9. Gün	0.73	0.72	0.70	0.74	0.78	0.74	0.78	0.73	0.72	0.76
	10. Gün	0.70	0.74	0.75	0.70	0.69	0.68	0.69	0.73	0.71	0.72
	11. Gün	0.68	0.70	0.66	0.64	0.70	0.68	0.69	0.72	0.71	0.70
	12. Gün	0.70	0.67	0.66	0.68	0.67	0.68	0.70	0.74	0.71	0.68
	13. Gün	0.69	0.68	0.63	0.69	0.70	0.69	0.71	0.70	0.72	0.69
	14. Gün	0.68	0.64	0.70	0.69	0.68	0.68	0.70	0.72	0.70	0.68

EK 4 T₁S₁ uygulaması sonrası tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş tın toprakta T₀ (yağış) uygulaması hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi

Uygulama		T ₀ (Yağış)									
Su Kalitesi		SAR		EC (dS/m)							
		0		0							
		Tın (L) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)					Kalsiyum ile Doyurulmuş Tın (L) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)				
Uygulama Süresi		1. Toprak Numunesi	2. Toprak Numunesi	3. Toprak Numunesi	4. Toprak Numunesi	5. Toprak Numunesi	1. Toprak Numunesi	2. Toprak Numunesi	3. Toprak Numunesi	4. Toprak Numunesi	5. Toprak Numunesi
1 Hafta	1. Gün	2.20	2.26	2.24	2.23	2.23	2.25	2.20	2.21	2.25	2.22
	2. Gün	2.14	2.18	2.16	2.17	2.15	2.15	2.16	2.11	2.13	2.14
	3. Gün	2.06	2.01	2.03	2.00	2.04	2.04	2.04	2.07	2.03	2.05
	4. Gün	1.94	1.96	1.90	1.92	1.95	1.94	1.98	1.95	1.99	1.93
	5. Gün	1.92	1.88	1.90	1.89	1.92	1.87	1.89	1.90	1.92	1.88
	6. Gün	1.85	1.86	1.84	1.87	1.85	1.80	1.79	1.83	1.85	1.84
	7. Gün	1.74	1.75	1.73	1.70	1.77	1.80	1.77	1.76	1.82	1.77
2 Hafta	8. Gün	1.68	1.72	1.69	1.72	1.74	1.73	1.75	1.74	1.75	1.71
	9. Gün	1.68	1.71	1.70	1.69	1.70	1.69	1.72	1.74	1.70	1.68
	10. Gün	1.72	1.68	1.71	1.67	1.70	1.68	1.70	1.73	1.71	1.68
	11. Gün	1.68	1.64	1.66	1.69	1.68	1.67	1.69	1.73	1.70	1.71
	12. Gün	1.65	1.69	1.66	1.69	1.64	1.70	1.74	1.71	1.67	1.68
	13. Gün	1.67	1.64	1.68	1.66	1.69	1.71	1.67	1.69	1.72	1.70
	14. Gün	1.65	1.68	1.68	1.70	1.65	1.68	1.71	1.68	1.72	1.73

EK 5 T₂S₁ uygulaması killi tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş killi tın toprakta hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi

Uygulama		T ₂ S ₁																			
Su Kalitesi		SAR	EC (dS/m)	Ca (me/l)	Mg (me/l)	Na (me/l)	K (me/l)	CO ₃ (me/l)	HCO ₃ (me/l)	Cl (me/l)	SO ₄ (me/l)										
		10.09	8.12	35.52	0.65	42.50	0.04	0.00	20.18	57.38	0.23										
		Killi Tın (CL) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)										Kalsiyum ile Doymulmuş Killi Tın (CL) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)									
Uygulama Süresi		1. Top. Num	2. Top. Num	3. Top. Num	4. Top. Num	5. Top. Num	6. Top. Num	7. Top. Num	8. Top. Num	9. Top. Num	10. Top. Num	1. Top. Num	2. Top. Num	3. Top. Num	4. Top. Num	5. Top. Num	6. Top. Num	7. Top. Num	8. Top. Num	9. Top. Num	10. Top. Num
1. Hafta	1. Gün	2.06	2.05	2.01	2.00	2.06	2.02	2.03	2.05	2.01	2.05	2.90	2.94	2.91	2.96	2.94	2.91	2.94	2.91	2.93	2.91
	2. Gün	1.97	2.01	2.03	1.99	2.05	2.03	2.01	1.97	1.95	2.03	2.94	2.91	2.93	2.92	2.96	2.93	2.89	2.88	2.95	2.94
	3. Gün	1.95	1.96	1.98	2.00	1.97	1.98	2.00	1.97	2.04	1.99	2.91	2.94	2.93	2.95	2.96	2.91	2.93	2.97	2.90	2.93
	4. Gün	1.96	1.96	1.99	2.01	1.98	1.95	1.96	2.01	2.02	1.97	2.92	2.91	2.90	2.96	2.94	2.91	2.97	2.93	2.94	2.90
	5. Gün	1.95	1.94	1.99	2.01	1.97	2.03	1.99	1.95	1.96	1.95	2.91	2.93	2.90	2.96	2.91	2.94	2.93	2.96	2.89	2.94
	6. Gün	1.99	1.95	1.94	1.97	1.96	1.94	1.99	2.00	1.96	1.94	2.93	2.94	2.90	2.89	2.94	2.91	2.92	2.93	2.96	2.94
	7. Gün	1.94	1.93	1.95	1.96	1.93	1.92	1.99	1.94	1.97	1.99	2.90	2.93	2.89	2.93	2.95	2.91	2.96	2.94	2.90	2.96
2. Hafta	8. Gün	1.94	1.96	1.95	1.92	1.89	1.89	1.90	1.93	1.90	1.88	2.92	2.90	2.89	2.92	2.93	2.95	2.91	2.94	2.96	2.93
	9. Gün	1.88	1.87	1.92	1.94	1.95	1.90	1.88	1.89	1.92	1.87	2.95	2.91	2.92	2.94	2.90	2.93	2.90	2.96	2.93	2.94
	10. Gün	1.86	1.85	1.89	1.92	1.90	1.91	1.88	1.83	1.85	1.88	2.94	2.96	2.91	2.90	2.93	2.94	2.90	2.96	2.94	2.91
	11. Gün	1.85	1.84	1.88	1.86	1.81	1.85	1.89	1.83	1.84	1.81	2.95	2.90	2.85	2.88	2.96	2.91	2.86	2.90	2.96	2.87
	12. Gün	1.81	1.80	1.84	1.86	1.85	1.83	1.84	1.80	1.81	1.82	2.74	2.71	2.65	2.67	2.69	2.64	2.73	2.69	2.65	2.75
	13. Gün	1.81	1.78	1.82	1.81	1.79	1.80	1.77	1.76	1.80	1.81	2.43	2.48	2.45	2.46	2.45	2.41	2.46	2.47	2.38	2.48
14. Gün	1.77	1.79	1.79	1.80	1.79	1.77	1.80	1.79	1.73	1.75	2.17	2.18	2.16	2.14	2.25	2.27	2.20	2.24	2.28	2.26	
3. Hafta	15. Gün	1.74	1.73	1.72	1.77	1.74	1.75	1.77	1.78	1.75	1.72	2.09	2.03	2.11	2.09	1.97	2.03	2.08	1.98	2.05	2.00
	16. Gün	1.70	1.75	1.73	1.74	1.73	1.72	1.75	1.78	1.76	1.79	1.95	1.90	1.93	1.95	1.97	1.96	1.90	1.89	1.96	1.93
	17. Gün	1.73	1.75	1.77	1.74	1.79	1.78	1.70	1.76	1.74	1.76	1.88	1.84	1.82	1.79	1.81	1.78	1.86	1.88	1.87	1.85
	18. Gün	1.70	1.75	1.78	1.79	1.77	1.76	1.74	1.74	1.73	1.78	1.83	1.79	1.85	1.76	1.75	1.79	1.74	1.70	1.79	1.76
	19. Gün	1.72	1.74	1.79	1.74	1.75	1.74	1.78	1.79	1.74	1.75	1.73	1.70	1.68	1.74	1.78	1.76	1.81	1.75	1.77	1.78
	20. Gün	1.78	1.74	1.76	1.72	1.77	1.75	1.78	1.74	1.71	1.78	1.71	1.68	1.69	1.79	1.83	1.80	1.75	1.74	1.71	1.75
	21. Gün	1.70	1.78	1.74	1.75	1.74	1.79	1.74	1.71	1.75	1.76	1.76	1.71	1.78	1.71	1.82	1.73	1.78	1.70	1.78	1.69

EK 6 T₂S₁ uygulaması tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş tın toprakta hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi

Uygulama		T ₂ S ₁																			
Su Kalitesi		SAR	EC (dS/m)	Ca (me/l)	Mg (me/l)	Na (me/l)	K (me/l)	CO ₃ (me/l)	HCO ₃ (me/l)	Cl (me/l)	SO ₄ (me/l)										
		10.09	8.12	35.52	0.65	42.50	0.04	0.00	20.18	57.38	0.23										
		Tın (L) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)										Kalsiyum ile Doyurulmuş Tın (L) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)									
Uygulama Süresi		1. Top. Num	2. Top. Num	3. Top. Num	4. Top. Num	5. Top. Num	6. Top. Num	7. Top. Num	8. Top. Num	9. Top. Num	10. Top. Num	1. Top. Num	2. Top. Num	3. Top. Num	4. Top. Num	5. Top. Num	6. Top. Num	7. Top. Num	8. Top. Num	9. Top. Num	10. Top. Num
1. Hafta	1. Gün	3.28	3.25	3.31	3.33	3.24	3.23	3.26	3.32	3.32	3.30	4.17	4.20	4.14	4.20	4.21	4.17	4.18	4.19	4.21	4.18
	2. Gün	3.25	3.26	3.28	3.24	3.23	3.20	3.22	3.26	3.24	3.25	4.15	4.20	4.18	4.21	4.20	4.17	4.19	4.21	4.16	4.18
	3. Gün	3.18	3.20	3.19	3.18	3.22	3.22	3.21	3.23	3.17	3.18	4.17	4.19	4.21	4.22	4.16	4.18	4.19	4.19	4.22	4.20
	4. Gün	3.18	3.20	3.18	3.15	3.11	3.13	3.14	3.18	3.15	3.14	4.18	4.21	4.17	4.22	4.15	4.16	4.18	4.20	4.21	4.17
	5. Gün	3.09	3.10	3.08	3.11	3.13	3.13	3.14	3.14	3.13	3.10	4.19	4.19	4.18	4.22	4.19	4.16	4.17	4.18	4.20	4.18
	6. Gün	3.09	3.10	3.12	3.11	3.06	3.08	3.09	3.05	3.06	3.10	4.20	4.18	4.18	4.15	4.23	4.20	4.17	4.16	4.21	4.23
	7. Gün	3.05	3.06	3.00	3.02	2.98	3.00	3.03	3.04	2.98	3.00	4.18	4.20	4.20	4.19	4.22	4.18	4.22	4.16	4.19	4.17
2. Hafta	8. Gün	3.02	2.99	2.97	3.00	2.99	3.02	3.04	2.99	2.98	2.95	4.18	4.20	4.21	4.18	4.22	4.15	4.22	4.17	4.20	4.18
	9. Gün	2.99	2.92	2.95	2.99	2.99	2.94	2.99	2.88	2.93	2.90	4.24	4.23	4.18	4.16	4.17	4.19	4.20	4.22	4.18	4.17
	10. Gün	2.96	2.90	2.96	2.91	2.88	2.96	2.88	2.96	2.90	2.94	4.12	4.08	4.07	4.12	4.13	4.10	4.15	4.06	4.07	4.08
	11. Gün	2.90	2.85	2.86	2.91	2.92	2.84	2.85	2.90	2.86	2.86	3.92	3.92	3.87	3.85	3.84	3.88	3.80	3.89	3.95	3.91
	12. Gün	2.88	2.83	2.82	2.85	2.82	2.89	2.85	2.87	2.82	2.84	3.65	3.61	3.57	3.59	3.63	3.58	3.67	3.65	3.66	3.64
	13. Gün	2.85	2.81	2.87	2.79	2.84	2.77	2.79	2.85	2.88	2.89	3.40	3.41	3.42	3.45	3.46	3.43	3.40	3.45	3.47	3.45
	14. Gün	2.82	2.80	2.79	2.84	2.85	2.81	2.83	2.78	2.77	2.73	3.20	3.22	3.26	3.27	3.28	3.25	3.22	3.26	3.24	3.28
3. Hafta	15. Gün	2.77	2.79	2.78	2.82	2.84	2.81	2.83	2.80	2.79	2.80	3.04	3.02	3.01	3.04	3.08	3.11	3.09	3.05	3.09	3.11
	16. Gün	2.78	2.79	2.81	2.83	2.80	2.81	2.85	2.83	2.74	2.78	2.90	2.91	2.88	2.94	2.95	2.88	2.94	2.91	2.96	2.93
	17. Gün	2.81	2.84	2.79	2.78	2.75	2.80	2.79	2.81	2.82	2.80	2.81	2.84	2.74	2.75	2.79	2.81	2.78	2.77	2.84	2.82
	18. Gün	2.84	2.80	2.74	2.77	2.79	2.78	2.81	2.85	2.84	2.81	2.80	2.78	2.84	2.77	2.82	2.81	2.78	2.80	2.80	2.78
	19. Gün	2.78	2.79	2.81	2.82	2.84	2.80	2.74	2.79	2.81	2.80	2.81	2.85	2.74	2.76	2.79	2.84	2.80	2.81	2.78	2.79
	20. Gün	2.75	2.79	2.85	2.83	2.80	2.77	2.80	2.84	2.81	2.80	2.80	2.78	2.76	2.79	2.80	2.83	2.81	2.83	2.80	2.78
	21. Gün	2.84	2.81	2.78	2.79	2.81	2.83	2.80	2.78	2.77	2.81	2.81	2.78	2.75	2.77	2.85	2.81	2.83	2.80	2.78	2.80

EK 7 T₂S₁ Uygulaması Sonrası Killi Tın Toprakta ve Kalsiyum ile Doyurulmuş Killi Tın Toprakta T₀ (Yağış) Uygulaması Hidrolik İletkenlik Değerleri Çizelgesi

Uygulama		T ₀ (Yağış)										
Su Kalitesi		SAR	EC (dS/m)									
		0	0									
		Killi Tın (CL) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)					Kalsiyum ile Doyurulmuş Killi Tın (CL) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)					
Uygulama Süresi		1. Toprak Numunesi	2. Toprak Numunesi	3. Toprak Numunesi	4. Toprak Numunesi	5. Toprak Numunesi	1. Toprak Numunesi	2. Toprak Numunesi	3. Toprak Numunesi	4. Toprak Numunesi	5. Toprak Numunesi	
1 Hafta	1. Gün	1.73	1.76	1.75	1.72	1.77	1.77	1.74	1.76	1.72	1.75	
	2. Gün	1.64	1.60	1.60	1.63	1.65	1.62	1.65	1.67	1.65	1.63	
	3. Gün	1.48	1.48	1.47	1.46	1.48	1.53	1.50	1.53	1.49	1.54	
	4. Gün	1.41	1.37	1.42	1.37	1.40	1.42	1.45	1.38	1.39	1.43	
	5. Gün	1.25	1.27	1.28	1.25	1.23	1.28	1.32	1.30	1.29	1.33	
	6. Gün	1.19	1.15	1.20	1.17	1.17	1.23	1.18	1.20	1.20	1.22	
	7. Gün	1.09	1.06	1.07	1.09	1.07	1.09	1.13	1.13	1.11	1.12	
2 Hafta	8. Gün	1.00	0.99	1.04	1.05	1.00	1.08	1.04	1.04	1.03	1.06	
	9. Gün	0.97	1.02	0.99	1.00	1.03	0.97	0.99	1.02	1.00	0.99	
	10. Gün	0.95	0.99	0.98	0.94	0.99	0.91	0.94	0.95	0.97	0.96	
	11. Gün	0.97	0.99	0.95	0.93	0.98	0.92	0.93	0.95	0.92	0.96	
	12. Gün	0.94	0.90	0.94	0.90	0.90	0.90	0.92	0.96	0.97	0.94	
	13. Gün	0.90	0.93	0.95	0.90	0.91	0.90	0.94	0.92	0.97	0.95	
	14. Gün	0.91	0.90	0.94	0.90	0.93	0.93	0.91	0.97	0.95	0.93	

EK 8 T₂S₁ uygulaması sonrası tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş tın toprakta T₀ (yağış) uygulaması hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi

Uygulama		T ₀ (Yağış)									
Su Kalitesi		SAR		EC (dS/m)							
		0		0							
		Tın (L) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)					Kalsiyum ile Doyurulmuş Tın (L) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)				
Uygulama Süresi		1. Toprak Numunesi	2. Toprak Numunesi	3. Toprak Numunesi	4. Toprak Numunesi	5. Toprak Numunesi	1. Toprak Numunesi	2. Toprak Numunesi	3. Toprak Numunesi	4. Toprak Numunesi	5. Toprak Numunesi
1 Hafta	1. Gün	2.82	2.82	2.80	2.78	2.79	2.84	2.80	2.78	2.79	2.79
	2. Gün	2.80	2.75	2.79	2.78	2.79	2.77	2.81	2.81	2.79	2.83
	3. Gün	2.67	2.71	2.70	2.66	2.67	2.68	2.73	2.70	2.74	2.70
	4. Gün	2.65	2.61	2.63	2.65	2.62	2.58	2.60	2.63	2.61	2.59
	5. Gün	2.52	2.49	2.54	2.54	2.49	2.47	2.51	2.53	2.50	2.51
	6. Gün	2.45	2.40	2.41	2.39	2.38	2.35	2.39	2.38	2.40	2.41
	7. Gün	2.28	2.32	2.31	2.32	2.32	2.29	2.27	2.32	2.33	2.30
2 Hafta	8. Gün	2.19	2.17	2.19	2.20	2.17	2.18	2.22	2.20	2.23	2.23
	9. Gün	2.16	2.13	2.14	2.15	2.13	2.10	2.10	2.14	2.13	2.11
	10. Gün	2.09	2.08	2.12	2.13	2.10	2.06	2.04	2.07	2.09	2.10
	11. Gün	2.01	2.05	2.03	2.04	2.05	2.01	2.05	2.04	2.06	2.03
	12. Gün	2.03	2.03	2.03	2.04	2.05	2.02	2.06	2.05	2.03	2.04
	13. Gün	2.05	2.01	2.03	2.04	2.05	2.03	2.05	2.01	2.06	2.04
	14. Gün	2.01	2.05	2.02	2.06	2.04	2.00	2.03	2.06	2.05	2.04

EK 9 T₁S₂ uygulaması killi tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş killi tın toprakta hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi

Uygulama		T ₁ S ₂																			
Su Kalitesi		SAR	EC (dS/m)	Ca (me/l)	Mg (me/l)	Na (me/l)	K (me/l)	CO ₃ (me/l)	HCO ₃ (me/l)	Cl (me/l)	SO ₄ (me/l)										
		20.92	4.03	4.32	0.65	33.70	0.04	0.00	15.78	21.78	0.23										
		Killi Tın (CL) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)										Kalsiyum ile Doymulmuş Killi Tın (CL) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)									
Uygulama Süresi		1. Top. Num	2. Top. Num	3. Top. Num	4. Top. Num	5. Top. Num	6. Top. Num	7. Top. Num	8. Top. Num	9. Top. Num	10. Top. Num	1. Top. Num	2. Top. Num	3. Top. Num	4. Top. Num	5. Top. Num	6. Top. Num	7. Top. Num	8. Top. Num	9. Top. Num	10. Top. Num
1. Hafta	1. Gün	2.06	1.97	2.03	2.05	2.07	2.00	1.99	1.97	2.05	2.07	2.89	2.90	2.95	2.93	2.90	2.89	2.92	2.96	2.93	2.94
	2. Gün	1.95	1.97	1.99	2.03	2.05	2.04	1.99	1.97	2.05	1.99	2.90	2.94	2.91	2.89	2.96	2.93	2.90	2.91	2.90	2.93
	3. Gün	1.90	1.92	1.96	1.88	1.96	1.93	1.95	1.92	1.98	1.95	2.89	2.94	2.91	2.95	2.93	2.90	2.93	2.89	2.93	2.90
	4. Gün	1.84	1.86	1.88	1.89	1.91	1.92	1.90	1.88	1.91	1.94	2.93	2.94	2.90	2.93	2.89	2.91	2.93	2.90	2.89	2.94
	5. Gün	1.82	1.80	1.79	1.77	1.83	1.85	1.80	1.82	1.79	1.80	2.00	2.08	2.09	2.10	2.04	2.06	2.05	2.00	2.06	2.02
	6. Gün	1.66	1.69	1.70	1.75	1.71	1.73	1.70	1.72	1.69	1.67	1.75	1.79	1.84	1.80	1.75	1.86	1.83	1.80	1.77	1.74
	7. Gün	1.66	1.60	1.62	1.63	1.57	1.59	1.60	1.63	1.58	1.60	1.60	1.68	1.65	1.62	1.69	1.59	1.63	1.65	1.69	1.68
2. Hafta	8. Gün	1.48	1.54	1.55	1.51	1.52	1.55	1.54	1.55	1.52	1.50	1.48	1.47	1.52	1.54	1.55	1.56	1.53	1.50	1.47	1.49
	9. Gün	1.33	1.35	1.38	1.34	1.33	1.32	1.35	1.37	1.36	1.34	1.35	1.30	1.40	1.37	1.39	1.35	1.37	1.34	1.38	1.35
	10. Gün	1.25	1.24	1.25	1.24	1.29	1.27	1.27	1.30	1.27	1.24	1.18	1.20	1.16	1.23	1.27	1.25	1.28	1.24	1.20	1.26
	11. Gün	0.99	1.04	1.02	1.09	1.12	1.10	1.14	1.12	1.10	1.11	1.01	1.05	1.09	1.07	1.12	1.14	1.10	1.04	1.14	1.15
	12. Gün	0.90	0.99	0.94	0.96	0.94	0.97	0.95	0.90	0.92	0.96	0.91	0.92	0.96	0.95	1.06	1.05	0.97	1.02	0.94	0.96
	13. Gün	0.82	0.79	0.83	0.80	0.78	0.74	0.79	0.82	0.84	0.82	0.84	0.81	0.83	0.89	0.84	0.86	0.88	0.90	0.82	0.80
	14. Gün	0.69	0.71	0.67	0.69	0.66	0.69	0.72	0.65	0.67	0.70	0.68	0.71	0.69	0.72	0.75	0.76	0.72	0.78	0.73	0.77
3. Hafta	15. Gün	0.57	0.59	0.61	0.63	0.65	0.60	0.57	0.58	0.60	0.63	0.57	0.59	0.60	0.62	0.65	0.63	0.59	0.57	0.58	0.66
	16. Gün	0.40	0.39	0.42	0.48	0.49	0.45	0.47	0.44	0.46	0.45	0.48	0.47	0.49	0.42	0.54	0.52	0.50	0.51	0.49	0.53
	17. Gün	0.41	0.36	0.40	0.37	0.35	0.38	0.41	0.40	0.42	0.37	0.38	0.41	0.39	0.45	0.43	0.41	0.37	0.43	0.44	0.45
	18. Gün	0.35	0.42	0.37	0.38	0.40	0.36	0.37	0.35	0.39	0.33	0.39	0.41	0.39	0.38	0.37	0.42	0.45	0.39	0.37	0.38
	19. Gün	0.40	0.37	0.35	0.42	0.35	0.39	0.35	0.34	0.37	0.33	0.34	0.36	0.40	0.38	0.35	0.36	0.33	0.37	0.35	0.41
	20. Gün	0.42	0.39	0.35	0.33	0.36	0.37	0.41	0.39	0.34	0.36	0.35	0.39	0.34	0.40	0.33	0.41	0.36	0.34	0.38	0.36
	21. Gün	0.41	0.35	0.34	0.36	0.37	0.38	0.41	0.38	0.38	0.34	0.38	0.40	0.42	0.34	0.33	0.37	0.39	0.33	0.36	0.38

EK 10 T₁S₂ uygulaması tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş tın toprakta hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi

Uygulama		T ₁ S ₂																			
Su Kalitesi		SAR	EC (dS/m)	Ca (me/l)	Mg (me/l)	Na (me/l)	K (me/l)	CO ₃ (me/l)	HCO ₃ (me/l)	Cl (me/l)	SO ₄ (me/l)										
		20.92	4.03	4.32	0.65	33.70	0.04	0.00	15.78	21.78	0.23										
		Tın (L) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)										Kalsiyum ile Doymulmuş Tın (L) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)									
Uygulama Süresi		1. Top. Num	2. Top. Num	3. Top. Num	4. Top. Num	5. Top. Num	6. Top. Num	7. Top. Num	8. Top. Num	9. Top. Num	10. Top. Num	1. Top. Num	2. Top. Num	3. Top. Num	4. Top. Num	5. Top. Num	6. Top. Num	7. Top. Num	8. Top. Num	9. Top. Num	10. Top. Num
1. Hafta	1. Gün	3.24	3.33	3.27	3.26	3.28	3.25	3.30	3.35	3.29	3.26	4.14	4.13	4.18	4.19	4.17	4.15	4.20	4.17	4.15	4.19
	2. Gün	3.29	3.24	3.28	3.27	3.26	3.22	3.24	3.26	3.27	3.22	4.15	4.18	4.16	4.17	4.16	4.20	4.17	4.18	4.15	4.20
	3. Gün	3.18	3.21	3.19	3.18	3.16	3.24	3.19	3.20	3.22	3.21	4.18	4.20	4.15	4.17	4.15	4.16	4.20	4.14	4.18	4.20
	4. Gün	3.07	3.09	3.05	3.09	3.15	3.14	3.09	3.15	3.14	3.05	4.16	4.19	4.15	4.12	4.18	4.10	4.19	4.23	4.20	4.19
	5. Gün	2.98	2.95	2.99	3.05	3.06	2.99	2.87	2.89	2.88	2.99	3.68	3.61	3.56	3.69	3.64	3.68	3.58	3.60	3.59	3.60
	6. Gün	2.85	2.86	2.84	2.79	2.77	2.79	2.83	2.85	2.83	2.84	3.10	3.05	3.04	3.15	3.10	3.07	3.12	3.09	3.14	3.04
	7. Gün	2.69	2.67	2.64	2.67	2.70	2.72	2.76	2.66	2.63	2.66	2.75	2.71	2.78	2.83	2.88	2.79	2.75	2.81	2.78	2.79
2. Hafta	8. Gün	2.60	2.63	2.65	2.58	2.57	2.60	2.56	2.63	2.62	2.60	2.60	2.57	2.67	2.65	2.67	2.62	2.60	2.58	2.63	2.58
	9. Gün	2.54	2.52	2.53	2.51	2.53	2.47	2.55	2.50	2.51	2.50	2.45	2.48	2.43	2.45	2.49	2.46	2.51	2.50	2.49	2.50
	10. Gün	2.35	2.30	2.28	2.33	2.31	2.35	2.30	2.29	2.33	2.34	2.30	2.28	2.33	2.36	2.39	2.37	2.40	2.35	2.33	2.36
	11. Gün	2.22	2.24	2.25	2.23	2.21	2.19	2.19	2.24	2.23	2.25	2.25	2.18	2.20	2.26	2.22	2.17	2.19	2.21	2.25	2.19
	12. Gün	1.95	1.96	1.97	1.96	1.97	1.99	1.95	1.95	1.98	1.99	2.00	2.08	2.01	2.09	2.04	2.06	2.07	2.09	2.03	2.06
	13. Gün	1.84	1.85	1.85	1.80	1.88	1.84	1.89	1.90	1.84	1.84	1.93	1.90	1.95	1.89	1.96	1.90	1.92	1.87	1.96	1.91
3. Hafta	14. Gün	1.72	1.78	1.77	1.79	1.77	1.79	1.72	1.71	1.75	1.75	1.70	1.79	1.72	1.78	1.73	1.74	1.78	1.70	1.79	1.81
	15. Gün	1.62	1.62	1.65	1.59	1.62	1.60	1.65	1.58	1.60	1.61	1.55	1.62	1.57	1.61	1.59	1.60	1.63	1.59	1.54	1.56
	16. Gün	1.45	1.48	1.49	1.44	1.43	1.45	1.46	1.47	1.45	1.42	1.38	1.36	1.40	1.42	1.45	1.48	1.45	1.43	1.41	1.37
	17. Gün	1.20	1.25	1.26	1.24	1.28	1.20	1.22	1.28	1.27	1.26	1.23	1.25	1.17	1.23	1.18	1.26	1.28	1.24	1.21	1.20
	18. Gün	1.09	1.10	1.05	1.07	1.09	1.10	1.06	1.04	1.06	1.10	1.15	1.10	1.13	1.12	1.15	1.18	1.15	1.16	1.12	1.10
	19. Gün	1.08	1.10	1.08	1.05	1.09	1.07	1.08	1.05	1.09	1.06	1.02	1.11	1.09	1.01	1.07	1.09	1.10	1.08	1.10	1.08
	20. Gün	1.07	1.09	1.05	1.04	1.08	1.09	1.11	1.07	1.07	1.09	1.07	1.05	1.07	1.08	1.10	1.12	1.09	1.05	1.04	1.09
	21. Gün	1.08	1.10	1.07	1.08	1.07	1.09	1.09	1.05	1.07	1.08	1.08	1.10	1.07	1.05	1.04	1.10	1.08	1.12	1.04	1.07

EK 11 T₁S₂ uygulaması sonrası killi tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş killi tın toprakta T₀ (yağış) uygulaması hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi

Uygulama		T ₀ (Yağış)									
		SAR		EC (dS/m)							
Su Kalitesi		0		0							
Uygulama Süresi		Killi Tın (CL) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)					Kalsiyum ile Doyurulmuş Killi Tın (CL) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)				
		1. Toprak Numunesi	2. Toprak Numunesi	3. Toprak Numunesi	4. Toprak Numunesi	5. Toprak Numunesi	1. Toprak Numunesi	2. Toprak Numunesi	3. Toprak Numunesi	4. Toprak Numunesi	5. Toprak Numunesi
1. Hafta	1. Gün	0.36	0.35	0.41	0.39	0.35	0.39	0.41	0.38	0.34	0.35
	2. Gün	0.26	0.31	0.30	0.32	0.31	0.27	0.28	0.31	0.32	0.29
	3. Gün	0.23	0.18	0.19	0.21	0.19	0.17	0.19	0.23	0.24	0.20
	4. Gün	0.14	0.16	0.13	0.15	0.17	0.14	0.18	0.16	0.12	0.12
	5. Gün	0.09	0.08	0.10	0.08	0.04	0.07	0.08	0.08	0.09	0.11
	6. Gün	0.07	0.04	0.08	0.03	0.03	0.04	0.05	0.07	0.08	0.04
	7. Gün	0.03	0.05	0.06	0.05	0.03	0.02	0.04	0.02	0.03	0.07
2. Hafta	8. Gün	0.02	0.05	0.01	0.08	0.04	0.04	0.05	0.07	0.01	0.02
	9. Gün	0.07	0.02	0.01	0.08	0.04	0.01	0.05	0.07	0.02	0.03
	10. Gün	0.04	0.03	0.01	0.05	0.07	0.02	0.05	0.04	0.07	0.01
	11. Gün	0.01	0.05	0.06	0.03	0.04	0.05	0.07	0.03	0.01	0.02
	12. Gün	0.04	0.05	0.07	0.01	0.01	0.02	0.04	0.02	0.05	0.06
	13. Gün	0.05	0.06	0.07	0.01	0.01	0.04	0.04	0.05	0.01	0.04
	14. Gün	0.01	0.08	0.07	0.02	0.02	0.02	0.05	0.06	0.04	0.04

EK 12 T₁S₂ uygulaması sonrası tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş tın toprakta T₀ (yağış) uygulaması hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi

Uygulama		T ₀ (Yağış)										
Su Kalitesi		SAR	EC (dS/m)									
		0	0									
		Tın (L) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)					Kalsiyum ile Doyurulmuş Tın (L) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)					
Uygulama Süresi		1. Toprak Numunesi	2. Toprak Numunesi	3. Toprak Numunesi	4. Toprak Numunesi	5. Toprak Numunesi	1. Toprak Numunesi	2. Toprak Numunesi	3. Toprak Numunesi	4. Toprak Numunesi	5. Toprak Numunesi	
1. Hafta	1. Gün	0.99	1.06	1.13	1.12	1.10	1.09	1.06	1.12	1.14	0.99	
	2. Gün	0.89	0.95	0.93	0.91	0.88	0.89	0.93	0.88	0.91	0.86	
	3. Gün	0.75	0.76	0.80	0.79	0.75	0.77	0.75	0.79	0.84	0.80	
	4. Gün	0.66	0.63	0.69	0.64	0.65	0.69	0.70	0.67	0.64	0.68	
	5. Gün	0.55	0.59	0.61	0.60	0.57	0.58	0.59	0.58	0.53	0.55	
	6. Gün	0.48	0.44	0.48	0.39	0.46	0.47	0.50	0.47	0.49	0.45	
	7. Gün	0.40	0.37	0.39	0.35	0.34	0.37	0.40	0.39	0.41	0.40	
2. Hafta	8. Gün	0.34	0.33	0.30	0.28	0.29	0.28	0.27	0.30	0.28	0.31	
	9. Gün	0.25	0.20	0.24	0.22	0.19	0.17	0.21	0.23	0.20	0.19	
	10. Gün	0.19	0.15	0.16	0.14	0.18	0.15	0.13	0.14	0.17	0.12	
	11. Gün	0.10	0.14	0.11	0.12	0.14	0.11	0.09	0.14	0.11	0.13	
	12. Gün	0.09	0.11	0.13	0.12	0.13	0.14	0.10	0.11	0.13	0.11	
	13. Gün	0.12	0.10	0.10	0.14	0.13	0.09	0.09	0.12	0.15	0.13	
	14. Gün	0.14	0.12	0.10	0.13	0.09	0.10	0.12	0.11	0.14	0.11	

EK 13 T₂S₂ uygulaması killi tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş killi tın toprakta hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi

Uygulama		T ₂ S ₂																			
Su Kalitesi		SAR	EC (dS/m)	Ca (me/l)	Mg (me/l)	Na (me/l)	K (me/l)	CO ₃ (me/l)	HCO ₃ (me/l)	Cl (me/l)	SO ₄ (me/l)										
		20.31	7.98	17.32	0.65	60.70	0.04	0.00	29.28	48.28	0.23										
		Killi Tın (CL) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)										Kalsiyum ile Doymulmuş Killi Tın (CL) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)									
Uygulama Süresi		1. Top. Num	2. Top. Num	3. Top. Num	4. Top. Num	5. Top. Num	6. Top. Num	7. Top. Num	8. Top. Num	9. Top. Num	10. Top. Num	1. Top. Num	2. Top. Num	3. Top. Num	4. Top. Num	5. Top. Num	6. Top. Num	7. Top. Num	8. Top. Num	9. Top. Num	10. Top. Num
1. Hafta	1. Gün	2.03	1.98	2.01	2.08	2.02	2.06	2.05	1.99	1.97	2.06	2.90	2.95	2.92	2.90	2.93	2.90	2.94	2.92	2.96	2.94
	2. Gün	1.96	2.00	1.96	1.95	2.01	1.93	1.97	1.94	1.99	1.94	2.91	2.95	2.93	2.90	2.95	2.92	2.96	2.91	2.93	2.92
	3. Gün	1.95	1.94	1.90	1.92	1.95	1.88	1.85	1.93	1.95	1.99	2.90	2.95	2.93	2.91	2.94	2.96	2.93	2.90	2.93	2.94
	4. Gün	1.89	1.85	1.86	1.90	1.83	1.87	1.91	1.83	1.84	1.87	2.94	2.90	2.93	2.91	2.93	2.96	2.96	2.92	2.93	2.94
	5. Gün	1.79	1.80	1.81	1.83	1.77	1.78	1.82	1.78	1.82	1.75	2.40	2.45	2.48	2.49	2.42	2.47	2.51	2.53	2.42	2.46
	6. Gün	1.75	1.77	1.71	1.74	1.76	1.73	1.74	1.70	1.73	1.65	1.95	1.97	2.00	2.04	1.96	1.97	1.95	2.00	2.05	2.03
	7. Gün	1.69	1.71	1.65	1.62	1.68	1.69	1.63	1.69	1.71	1.62	1.77	1.89	1.82	1.85	1.88	1.79	1.89	1.85	1.86	1.81
2. Hafta	8. Gün	1.64	1.62	1.55	1.62	1.58	1.57	1.64	1.63	1.55	1.59	1.70	1.68	1.72	1.74	1.78	1.72	1.71	1.77	1.69	1.79
	9. Gün	1.58	1.52	1.50	1.50	1.57	1.59	1.57	1.50	1.56	1.50	1.58	1.65	1.61	1.66	1.64	1.60	1.63	1.58	1.55	1.68
	10. Gün	1.55	1.48	1.47	1.51	1.54	1.50	1.48	1.52	1.50	1.49	1.58	1.55	1.50	1.53	1.50	1.48	1.54	1.57	1.59	1.55
	11. Gün	1.45	1.40	1.41	1.47	1.42	1.41	1.43	1.44	1.42	1.40	1.40	1.38	1.42	1.45	1.44	1.49	1.42	1.41	1.43	1.48
	12. Gün	1.35	1.38	1.32	1.36	1.34	1.38	1.35	1.32	1.31	1.36	1.28	1.33	1.36	1.29	1.35	1.37	1.34	1.30	1.28	1.37
	13. Gün	1.30	1.24	1.25	1.23	1.27	1.28	1.22	1.25	1.29	1.25	1.20	1.25	1.21	1.27	1.22	1.18	1.19	1.25	1.21	1.27
14. Gün	1.14	1.12	1.09	1.08	1.10	1.11	1.14	1.15	1.13	1.12	1.14	1.16	1.13	1.09	1.12	1.15	1.17	1.11	1.17	1.15	
3. Hafta	15. Gün	1.00	0.98	1.02	1.08	1.05	1.06	1.04	1.00	0.95	0.99	1.04	1.06	1.08	1.05	1.03	1.09	1.07	1.05	1.02	1.08
	16. Gün	0.88	0.96	0.90	0.93	0.99	0.97	0.95	0.98	0.99	0.97	1.02	0.99	0.94	0.93	0.95	0.99	1.05	1.02	1.03	1.00
	17. Gün	0.95	0.99	0.91	0.96	0.93	0.97	0.94	0.95	0.91	0.99	0.93	0.95	0.97	0.90	0.98	1.00	0.95	0.96	0.91	0.97
	18. Gün	0.92	0.97	0.93	0.99	0.96	0.95	0.91	0.96	0.94	0.97	0.92	0.94	1.00	0.93	0.94	0.96	0.92	0.96	0.98	0.96
	19. Gün	0.96	0.94	0.93	0.90	0.98	0.99	0.97	0.92	0.94	0.96	0.90	0.96	0.94	0.99	0.93	0.97	0.95	0.96	0.94	0.95
	20. Gün	0.92	0.99	0.94	0.96	0.94	0.90	0.93	0.98	0.94	0.97	0.92	0.88	0.91	0.96	0.97	0.99	0.95	0.93	0.98	0.97
	21. Gün	0.90	0.94	0.98	0.97	0.92	0.97	0.94	0.90	0.99	0.94	0.95	0.93	0.88	0.90	0.96	0.94	0.97	0.99	0.95	0.98

EK 14 T₂S₂ uygulaması tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş tın toprakta hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi

Uygulama		T ₂ S ₂																			
Su Kalitesi		SAR	EC (dS/m)	Ca (me/l)	Mg (me/l)	Na (me/l)	K (me/l)	CO ₃ (me/l)	HCO ₃ (me/l)	Cl (me/l)	SO ₄ (me/l)										
		20.31	7.98	17.32	0.65	60.70	0.04	0.00	29.28	48.28	0.23										
		Tın (L) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)										Kalsiyum ile Doyurulmuş Tın (L) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)									
Uygulama Süresi		1. Top. Num	2. Top. Num	3. Top. Num	4. Top. Num	5. Top. Num	6. Top. Num	7. Top. Num	8. Top. Num	9. Top. Num	10. Top. Num	1. Top. Num	2. Top. Num	3. Top. Num	4. Top. Num	5. Top. Num	6. Top. Num	7. Top. Num	8. Top. Num	9. Top. Num	10. Top. Num
1. Hafta	1. Gün	3.33	3.31	3.28	3.23	3.24	3.27	3.25	3.33	3.29	3.30	4.17	4.20	4.21	4.18	4.22	4.18	4.19	4.17	4.21	4.21
	2. Gün	3.17	3.21	3.28	3.18	3.29	3.30	3.22	3.25	3.28	3.26	4.18	4.15	4.20	4.21	4.18	4.21	4.18	4.22	4.17	4.19
	3. Gün	3.17	3.23	3.20	3.19	3.19	3.21	3.24	3.21	3.16	3.15	4.16	4.21	4.18	4.17	4.20	4.21	4.18	4.19	4.17	4.20
	4. Gün	3.16	3.19	3.20	3.21	3.12	3.13	3.16	3.12	3.08	3.10	4.18	4.22	4.22	4.21	4.19	4.17	4.16	4.21	4.18	4.20
	5. Gün	3.09	3.00	3.05	3.06	3.08	3.09	3.08	3.00	3.02	2.97	3.45	3.44	3.48	3.39	3.42	3.45	3.38	3.35	3.40	3.41
	6. Gün	2.91	2.94	2.90	2.88	2.96	2.96	2.99	2.89	2.87	2.95	3.10	3.12	3.16	3.14	3.15	3.09	3.11	3.10	3.08	3.12
	7. Gün	2.82	2.80	2.78	2.79	2.79	2.76	2.84	2.86	2.88	2.80	2.99	3.01	2.90	2.96	2.94	2.90	2.87	2.90	2.91	2.88
2. Hafta	8. Gün	2.74	2.79	2.76	2.72	2.78	2.76	2.80	2.74	2.76	2.73	2.73	2.74	2.77	2.75	2.71	2.79	2.81	2.82	2.78	2.75
	9. Gün	2.67	2.60	2.69	2.61	2.66	2.63	2.63	2.61	2.68	2.64	2.65	2.58	2.66	2.64	2.60	2.57	2.59	2.64	2.66	2.67
	10. Gün	2.50	2.47	2.45	2.44	2.45	2.49	2.48	2.46	2.45	2.49	2.45	2.48	2.51	2.54	2.48	2.47	2.50	2.53	2.55	2.54
	11. Gün	2.42	2.37	2.38	2.43	2.41	2.37	2.39	2.40	2.45	2.41	2.33	2.39	2.40	2.36	2.33	2.31	2.40	2.41	2.38	2.35
	12. Gün	2.20	2.15	2.18	2.22	2.16	2.20	2.23	2.17	2.19	2.20	2.20	2.25	2.19	2.24	2.21	2.26	2.24	2.31	2.29	2.25
	13. Gün	2.15	2.09	2.11	2.08	2.06	2.09	2.14	2.10	2.11	2.07	2.12	2.16	2.13	2.15	2.10	2.15	2.08	2.09	2.15	2.13
	14. Gün	1.98	1.96	2.03	2.05	2.00	2.01	1.97	1.99	2.03	1.96	2.06	2.04	2.01	2.07	2.03	2.05	2.00	2.02	2.06	2.04
3. Hafta	15. Gün	1.97	1.90	1.98	1.93	1.96	1.94	1.94	1.90	1.99	2.01	1.95	1.91	1.90	1.94	1.97	1.99	1.95	1.87	1.89	1.90
	16. Gün	1.79	1.75	1.77	1.82	1.75	1.74	1.79	1.80	1.74	1.76	1.78	1.81	1.83	1.85	1.88	1.89	1.82	1.75	1.80	1.83
	17. Gün	1.68	1.74	1.70	1.73	1.69	1.65	1.70	1.72	1.70	1.69	1.68	1.76	1.70	1.77	1.72	1.78	1.73	1.77	1.75	1.78
	18. Gün	1.69	1.63	1.65	1.64	1.69	1.62	1.68	1.66	1.63	1.60	1.69	1.65	1.63	1.58	1.66	1.69	1.62	1.59	1.66	1.68
	19. Gün	1.65	1.58	1.59	1.63	1.60	1.57	1.59	1.55	1.63	1.64	1.58	1.57	1.59	1.56	1.59	1.61	1.63	1.60	1.64	1.61
	20. Gün	1.55	1.59	1.57	1.63	1.62	1.59	1.64	1.62	1.60	1.60	1.60	1.57	1.59	1.62	1.60	1.65	1.62	1.60	1.57	1.59
21. Gün	1.60	1.57	1.55	1.61	1.65	1.61	1.57	1.60	1.64	1.60	1.57	1.59	1.57	1.62	1.60	1.64	1.60	1.61	1.57	1.59	

EK 15 T₂S₂ uygulaması sonrası killi tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş killi tın toprakta T₀ (yağış) uygulaması hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi

Uygulama		T ₀ (Yağış)									
Su Kalitesi		SAR		EC (dS/m)							
		0		0							
		Killi Tın (CL) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)					Kalsiyum'la Doymulmuş Killi Tın (CL) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)				
Uygulama Süresi		1. Toprak Numunesi	2. Toprak Numunesi	3. Toprak Numunesi	4. Toprak Numunesi	5. Toprak Numunesi	1. Toprak Numunesi	2. Toprak Numunesi	3. Toprak Numunesi	4. Toprak Numunesi	5. Toprak Numunesi
1 Hafta	1. Gün	0.96	0.94	0.93	0.98	0.94	0.99	0.94	0.96	0.95	0.93
	2. Gün	0.88	0.84	0.87	0.83	0.85	0.80	0.83	0.84	0.82	0.85
	3. Gün	0.70	0.76	0.73	0.71	0.74	0.71	0.75	0.78	0.74	0.72
	4. Gün	0.67	0.65	0.68	0.69	0.72	0.68	0.65	0.62	0.66	0.68
	5. Gün	0.60	0.62	0.59	0.54	0.53	0.57	0.59	0.61	0.57	0.58
	6. Gün	0.52	0.50	0.54	0.52	0.50	0.51	0.51	0.50	0.49	0.54
	7. Gün	0.46	0.44	0.40	0.39	0.42	0.40	0.43	0.47	0.45	0.44
2 Hafta	8. Gün	0.39	0.35	0.37	0.35	0.39	0.36	0.38	0.36	0.35	0.36
	9. Gün	0.28	0.24	0.23	0.29	0.25	0.28	0.27	0.25	0.30	0.30
	10. Gün	0.25	0.24	0.21	0.21	0.18	0.24	0.20	0.21	0.23	0.25
	11. Gün	0.23	0.18	0.20	0.19	0.24	0.20	0.19	0.23	0.18	0.24
	12. Gün	0.19	0.24	0.20	0.18	0.24	0.23	0.19	0.23	0.20	0.19
	13. Gün	0.23	0.18	0.19	0.21	0.23	0.20	0.19	0.24	0.20	0.24
	14. Gün	0.23	0.20	0.18	0.21	0.24	0.20	0.18	0.22	0.19	0.25

EK 16 T₂S₂ uygulaması sonrası tın toprakta ve kalsiyum ile doyurulmuş tın toprakta T₀ (yağış) uygulaması hidrolik iletkenlik değerleri çizelgesi

Uygulama		T ₀ (Yağış)									
Su Kalitesi		SAR	EC (dS/m)								
		0	0								
		Tın (L) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)					Kalsiyum ile Doyurulmuş Tın (L) Toprak Hidrolik İletkenlik Değerleri (cm/h)				
Uygulama Süresi		1. Toprak Numunesi	2. Toprak Numunesi	3. Toprak Numunesi	4. Toprak Numunesi	5. Toprak Numunesi	1. Toprak Numunesi	2. Toprak Numunesi	3. Toprak Numunesi	4. Toprak Numunesi	5. Toprak Numunesi
1 Hafta	1. Gün	1.58	1.61	1.59	1.60	1.62	1.58	1.61	1.64	1.59	1.57
	2. Gün	1.53	1.53	1.49	1.51	1.52	1.49	1.50	1.52	1.47	1.49
	3. Gün	1.38	1.34	1.35	1.39	1.36	1.35	1.38	1.40	1.41	1.35
	4. Gün	1.31	1.28	1.30	1.27	1.28	1.25	1.28	1.26	1.30	1.27
	5. Gün	1.20	1.17	1.19	1.16	1.20	1.16	1.19	1.17	1.16	1.20
	6. Gün	1.10	1.07	1.05	1.08	1.09	1.09	1.10	1.08	1.11	1.14
	7. Gün	1.04	1.00	0.98	1.04	1.02	0.98	0.97	1.02	1.01	1.03
2 Hafta	8. Gün	0.96	0.92	0.94	0.93	0.95	0.89	0.94	0.96	0.93	0.90
	9. Gün	0.80	0.84	0.86	0.80	0.81	0.80	0.85	0.88	0.84	0.82
	10. Gün	0.75	0.79	0.80	0.76	0.77	0.73	0.79	0.77	0.74	0.75
	11. Gün	0.74	0.72	0.75	0.74	0.73	0.70	0.72	0.78	0.72	0.76
	12. Gün	0.72	0.75	0.76	0.73	0.72	0.69	0.73	0.76	0.76	0.75
	13. Gün	0.71	0.76	0.75	0.74	0.74	0.72	0.78	0.75	0.74	0.71
	14. Gün	0.75	0.76	0.71	0.76	0.74	0.71	0.71	0.76	0.75	0.76

EK 17 T₁S₁-T₀ ardl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları

Toprak Tekstürü	Su Uygulamaları	Gün	t-İstatistiği	p-Değeri	Anlamlı mı?	Düzeltilmiş p-Değeri	Anlamlılık	Harf Grubu
CL	T ₁ S ₁	2	2.616668481	0.01797033	TRUE	0.030217625	Evet	A
CL	T ₁ S ₁	3	2.945339552	0.008667157	TRUE	0.015512742	Evet	B
CL	T ₁ S ₁	4	2.503866978	0.02288047	TRUE	0.037752775	Evet	C
CL	T ₁ S ₁	5	5.386170511	4.20947E-05	TRUE	0.000145268	Evet	D
CL	T ₁ S ₁	6	3.490378363	0.002656563	TRUE	0.005214369	Evet	E
CL	T ₁ S ₁	7	3.377937179	0.00346559	TRUE	0.006629824	Evet	F
CL	T ₁ S ₁	8	5.107539185	8.22561E-05	TRUE	0.000256989	Evet	G
CL	T ₁ S ₁	9	4.504457886	0.000276483	TRUE	0.000722687	Evet	H
CL	T ₁ S ₁	10	5.303300859	6.2095E-05	TRUE	0.000201142	Evet	I
CL	T ₁ S ₁	11	4.688829339	0.000183292	TRUE	0.000520312	Evet	J
CL	T ₁ S ₁	12	5.292011298	6.26065E-05	TRUE	0.000201562	Evet	K
CL	T ₁ S ₁	13	3.581459104	0.002619876	TRUE	0.005180877	Evet	L
CL	T ₁ S ₁	14	4.807619738	0.000190826	TRUE	0.000532595	Evet	M
CL	T ₁ S ₁	15	4.029283057	0.000853509	TRUE	0.001934131	Evet	N
CL	T ₁ S ₁	16	3.310263054	0.004334663	TRUE	0.008229378	Evet	O
CL	T ₁ S ₁	17	1.523236612	0.147825049	FALSE	0.222369304	Hayır	P
CL	T ₁ S ₁	18	-0.475054766	0.641062069	FALSE	0.874627318	Hayır	P
CL	T ₁ S ₁	19	0.702848895	0.491300041	FALSE	0.69732909	Hayır	P
CL	T ₁ S ₁	20	-0.271236949	0.789315847	FALSE	0.994245606	Hayır	P
CL	T ₁ S ₁	21	-0.091927712	0.927785165	FALSE	0.994245606	Hayır	P
CL	T ₁ S ₁ -T ₀	2	6.592203187	0.000470275	TRUE	0.001154908	Evet	A
CL	T ₁ S ₁ -T ₀	3	4.323460153	0.003366945	TRUE	0.006464534	Evet	B
CL	T ₁ S ₁ -T ₀	4	4.87024622	0.001293916	TRUE	0.002823089	Evet	C
CL	T ₁ S ₁ -T ₀	5	7.3497776	0.000159372	TRUE	0.000464909	Evet	D
CL	T ₁ S ₁ -T ₀	6	4.286704903	0.00267015	TRUE	0.005221627	Evet	E
CL	T ₁ S ₁ -T ₀	7	1.409328527	0.196544257	FALSE	0.292324979	Hayır	F
CL	T ₁ S ₁ -T ₀	8	5.906173286	0.000434042	TRUE	0.001081011	Evet	G
CL	T ₁ S ₁ -T ₀	9	1.976966602	0.087682992	FALSE	0.135767214	Hayır	H
CL	T ₁ S ₁ -T ₀	10	1.003100783	0.345430514	FALSE	0.503832351	Hayır	H
CL	T ₁ S ₁ -T ₀	11	2.381965337	0.044447041	TRUE	0.0717677	Hayır	H
CL	T ₁ S ₁ -T ₀	12	-8.22952E-15	1	FALSE	1	Hayır	H
CL	T ₁ S ₁ -T ₀	13	-0.141421356	0.892025144	FALSE	0.994245606	Hayır	H
CL	T ₁ S ₁ -T ₀	14	-6.91195E-15	1	FALSE	1	Hayır	H
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	2	-0.183425352	0.856522862	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	3	0.093704257	0.926391726	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	4	0.303217704	0.765204825	FALSE	0.993228131	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	5	0	1	FALSE	1	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	6	0	1	FALSE	1	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	7	-0.108182767	0.915128578	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	8	13.48781252	1.91088E-10	TRUE	2.96749E-09	Evet	B

EK 17 T₁S₁-T₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları (Devam)

Toprak Tekstürü	Su Uygulamaları	Gün	t-İstatistiği	p-Değeri	Anlamlı mı?	Düzeltilmiş p-Değeri	Anlamlılık	Harf Grubu
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	9	25.8247694	1.29012E-15	TRUE	9.95554E-14	Evet	C
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	10	20.03492044	1.27602E-12	TRUE	3.96317E-11	Evet	D
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	11	19.1923842	2.75528E-12	TRUE	8.08215E-11	Evet	E
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	12	25.27994522	3.17374E-15	TRUE	2.09467E-13	Evet	F
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	13	13.85640646	7.78787E-11	TRUE	1.46857E-09	Evet	G
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	14	8.71527647	7.26146E-08	TRUE	5.9907E-07	Evet	H
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	15	8.901845716	7.86859E-08	TRUE	6.29487E-07	Evet	I
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	16	7.358612048	8.43395E-07	TRUE	4.54401E-06	Evet	J
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	17	3.95452878	0.000957739	TRUE	0.002142737	Evet	K
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	18	2.701351013	0.016441042	TRUE	0.027823301	Evet	L
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	19	-0.512406848	0.615168902	FALSE	0.850285812	Hayır	M
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	20	0.329734487	0.74549367	FALSE	0.98159765	Hayır	M
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁	21	0.217642875	0.830224359	FALSE	0.994245606	Hayır	M
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁ -T ₀	2	3.066993905	0.015418838	TRUE	0.026261763	Evet	A
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁ -T ₀	3	3.773199841	0.005683831	TRUE	0.010475801	Evet	B
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁ -T ₀	4	4.713319914	0.001578322	TRUE	0.00329389	Evet	C
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁ -T ₀	5	4.845583019	0.001410157	TRUE	0.003026678	Evet	D
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁ -T ₀	6	4.760952286	0.001426573	TRUE	0.003049517	Evet	E
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁ -T ₀	7	4.207762251	0.003024712	TRUE	0.0058715	Evet	F
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁ -T ₀	8	3.355780276	0.010739962	TRUE	0.018902333	Evet	G
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁ -T ₀	9	3.023715784	0.016586857	TRUE	0.027980385	Evet	H
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁ -T ₀	10	2.814390179	0.023188016	TRUE	0.038141036	Evet	I
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁ -T ₀	11	0.514495755	0.62176343	FALSE	0.857156895	Hayır	J
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁ -T ₀	12	-0.151619609	0.883902866	FALSE	0.994245606	Hayır	J
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁ -T ₀	13	1.76649E-14	1	FALSE	1	Hayır	J
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₁ -T ₀	14	0.632455532	0.545763008	FALSE	0.770488952	Hayır	J
L	T ₁ S ₁	2	4.783660531	0.000216422	TRUE	0.00059516	Evet	A
L	T ₁ S ₁	3	2.831639422	0.011110893	TRUE	0.019297867	Evet	B
L	T ₁ S ₁	4	0.893237001	0.384452481	FALSE	0.559203608	Hayır	C
L	T ₁ S ₁	5	4.063006447	0.000744657	TRUE	0.001724468	Evet	D
L	T ₁ S ₁	6	4.258442011	0.000498607	TRUE	0.0012132	Evet	E
L	T ₁ S ₁	7	5.628272557	2.64554E-05	TRUE	9.90672E-05	Evet	F
L	T ₁ S ₁	8	4.856432714	0.000169771	TRUE	0.000489831	Evet	G
L	T ₁ S ₁	9	5.629165125	3.52364E-05	TRUE	0.000125708	Evet	H
L	T ₁ S ₁	10	11.33893419	1.65748E-09	TRUE	2.01647E-08	Evet	I
L	T ₁ S ₁	11	8.422251977	1.40313E-07	TRUE	9.87803E-07	Evet	J
L	T ₁ S ₁	12	5.723408139	2.20143E-05	TRUE	8.54675E-05	Evet	K
L	T ₁ S ₁	13	6.642748687	3.14161E-06	TRUE	1.50797E-05	Evet	L
L	T ₁ S ₁	14	7.495152097	1.51137E-06	TRUE	7.6126E-06	Evet	M
L	T ₁ S ₁	15	5.703924908	2.08388E-05	TRUE	8.15029E-05	Evet	N

EK 17 T₁S₁-T₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları (Devam)

Toprak Tekstürü	Su Uygulamaları	Gün	t-İstatistiği	p-Değeri	Anlamlı mı?	Düzeltilmiş p-Değeri	Anlamlılık	Harf Grubu
L	T ₁ S ₁	16	8.092687514	2.12985E-07	TRUE	1.42349E-06	Evet	O
L	T ₁ S ₁	17	4.182125466	0.000563189	TRUE	0.001339475	Evet	P
L	T ₁ S ₁	18	1.820930936	0.086229716	FALSE	0.133909677	Hayır	Q
L	T ₁ S ₁	19	0.160014224	0.87465701	FALSE	0.994245606	Hayır	Q
L	T ₁ S ₁	20	-0.257563713	0.799688221	FALSE	0.994245606	Hayır	Q
L	T ₁ S ₁	21	0.310344828	0.760230099	FALSE	0.991570072	Hayır	Q
L	T ₁ S ₁ -T ₀	2	6	0.00045766	TRUE	0.001129179	Evet	A
L	T ₁ S ₁ -T ₀	3	10.30746828	1.85356E-05	TRUE	7.3585E-05	Evet	B
L	T ₁ S ₁ -T ₀	4	6.19817645	0.000260025	TRUE	0.000689338	Evet	C
L	T ₁ S ₁ -T ₀	5	2.385139176	0.046707047	TRUE	0.074731276	Hayır	D
L	T ₁ S ₁ -T ₀	6	5.059644256	0.001603917	TRUE	0.003321052	Evet	E
L	T ₁ S ₁ -T ₀	7	9.170605214	0.000155268	TRUE	0.000456063	Evet	F
L	T ₁ S ₁ -T ₀	8	1.756876254	0.117116188	FALSE	0.178205612	Hayır	G
L	T ₁ S ₁ -T ₀	9	1.158648244	0.293171822	FALSE	0.429985339	Hayır	G
L	T ₁ S ₁ -T ₀	10	0	1	FALSE	1	Hayır	G
L	T ₁ S ₁ -T ₀	11	2.017991367	0.078348472	FALSE	0.12246285	Hayır	G
L	T ₁ S ₁ -T ₀	12	0.29329423	0.776904256	FALSE	0.994245606	Hayır	G
L	T ₁ S ₁ -T ₀	13	-0.149071198	0.885300928	FALSE	0.994245606	Hayır	G
L	T ₁ S ₁ -T ₀	14	-0.3086067	0.765613351	FALSE	0.993228131	Hayır	G
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	2	-0.125491161	0.902044497	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	3	0.23980823	0.813637342	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	4	-0.125766542	0.901479788	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	5	0.104194307	0.918173544	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	6	-8.83285E-14	1	FALSE	1	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	7	0	1	FALSE	1	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	8	9.095140065	8.117E-08	TRUE	6.3946E-07	Evet	B
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	9	7.558298013	5.45314E-07	TRUE	3.33207E-06	Evet	C
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	10	14.38226041	1.13273E-10	TRUE	1.92929E-09	Evet	D
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	11	23.15168693	3.65928E-13	TRUE	1.75382E-11	Evet	E
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	12	25.01113676	5.20382E-14	TRUE	3.05291E-12	Evet	F
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	13	18.83060465	6.10023E-13	TRUE	2.30066E-11	Evet	G
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	14	14.95711886	2.33986E-11	TRUE	4.75171E-10	Evet	H
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	15	14.94442987	1.49776E-11	TRUE	3.43833E-10	Evet	I
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	16	13.44775298	8.47415E-11	TRUE	1.54288E-09	Evet	J
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	17	9.59221759	2.19161E-08	TRUE	2.10394E-07	Evet	K
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	18	4.874524491	0.000137014	TRUE	0.000406423	Evet	L
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	19	0.185730628	0.854748806	FALSE	0.994245606	Hayır	M
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	20	-0.170254705	0.866722787	FALSE	0.994245606	Hayır	M
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁	21	0.19824558	0.845170171	FALSE	0.994245606	Hayır	M
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁ -T ₀	2	6.559132734	0.000202802	TRUE	0.000560626	Evet	A

EK 17 T₁S₁-T₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları (Devam)

Toprak Tekstürü	Su Uygulamaları	Gün	t-İstatistiği	p-Değeri	Anlamlı mı?	Düzeltilmiş p-Değeri	Anlamlılık	Harf Grubu
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁ -T ₀	3	8.398412548	4.20164E-05	TRUE	0.000145268	Evet	B
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁ -T ₀	4	6.559132734	0.00044452	TRUE	0.001101908	Evet	C
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁ -T ₀	5	4.576276619	0.002225899	TRUE	0.004451798	Evet	D
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁ -T ₀	6	4.853626717	0.001588907	TRUE	0.003302926	Evet	E
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁ -T ₀	7	2.356659957	0.046227325	TRUE	0.074336213	Hayır	F
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁ -T ₀	8	3.55799672	0.009312304	TRUE	0.016499652	Evet	G
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁ -T ₀	9	2.287478555	0.0553378	FALSE	0.087742818	Hayır	H
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁ -T ₀	10	0.418039809	0.687084605	FALSE	0.925460896	Hayır	H
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁ -T ₀	11	0	1	FALSE	1	Hayır	H
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁ -T ₀	12	0	1	FALSE	1	Hayır	H
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁ -T ₀	13	0.133630621	0.897366214	FALSE	0.994245606	Hayır	H
Ca-Doy-L	T ₁ S ₁ -T ₀	14	-0.447213595	0.666947155	FALSE	0.902943841	Hayır	H

EK 18 T₂S₁-T₀ ardl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları

Toprak Tekstürü	Su Uygulamaları	Gün	t-İstatistiği	p-Değeri	Anlamlı mı?	Düzeltilmiş p-Değeri	Anamlılık	Harf Grubu
CL	T ₂ S ₁	2	2.381652558	0.029964297	TRUE	0.048830707	Evet	A
CL	T ₂ S ₁	3	1.524985703	0.145675117	FALSE	0.21976132	Hayır	B
CL	T ₂ S ₁	4	0.265050029	0.793982905	FALSE	0.994245606	Hayır	B
CL	T ₂ S ₁	5	0.566740209	0.578093004	FALSE	0.807494989	Hayır	B
CL	T ₂ S ₁	6	0.842483934	0.411356172	FALSE	0.593431855	Hayır	B
CL	T ₂ S ₁	7	1.127203724	0.274577627	FALSE	0.404963652	Hayır	B
CL	T ₂ S ₁	8	3.042555317	0.007086652	TRUE	0.012858255	Evet	C
CL	T ₂ S ₁	9	1.099190237	0.286188142	FALSE	0.420911808	Hayır	D
CL	T ₂ S ₁	10	1.925610622	0.070099883	FALSE	0.110156959	Hayır	D
CL	T ₂ S ₁	11	2.498952849	0.02246276	TRUE	0.037414313	Evet	E
CL	T ₂ S ₁	12	1.871348585	0.078394779	FALSE	0.12246285	Hayır	F
CL	T ₂ S ₁	13	3.398146043	0.003227154	TRUE	0.006241528	Evet	G
CL	T ₂ S ₁	14	1.779912273	0.092408172	FALSE	0.142249314	Hayır	H
CL	T ₂ S ₁	15	3.140386863	0.005694233	TRUE	0.010475801	Evet	I
CL	T ₂ S ₁	16	0.183769168	0.856373784	FALSE	0.994245606	Hayır	J
CL	T ₂ S ₁	17	-0.586738694	0.564676776	FALSE	0.792950366	Hayır	J
CL	T ₂ S ₁	18	-0.166410059	0.869694311	FALSE	0.994245606	Hayır	J
CL	T ₂ S ₁	19	1.91658E-14	1	FALSE	1	Hayır	J
CL	T ₂ S ₁	20	0.090248526	0.929089028	FALSE	0.994245606	Hayır	J
CL	T ₂ S ₁	21	0.590437635	0.5622859	FALSE	0.791698548	Hayır	J
CL	T ₂ S ₁ -T ₀	2	8.804591605	2.32924E-05	TRUE	8.91187E-05	Evet	A
CL	T ₂ S ₁ -T ₀	3	13.58036191	3.0085E-05	TRUE	0.000110312	Evet	B
CL	T ₂ S ₁ -T ₀	4	7.242859683	0.000673265	TRUE	0.001572939	Evet	C
CL	T ₂ S ₁ -T ₀	5	10.22924057	8.70264E-06	TRUE	3.76639E-05	Evet	D
CL	T ₂ S ₁ -T ₀	6	6.488856845	0.000190327	TRUE	0.000532595	Evet	E
CL	T ₂ S ₁ -T ₀	7	9.449111825	2.84854E-05	TRUE	0.000105177	Evet	F
CL	T ₂ S ₁ -T ₀	8	4.4474959	0.004596796	TRUE	0.008637396	Evet	G
CL	T ₂ S ₁ -T ₀	9	0.868243142	0.410920651	FALSE	0.593431855	Hayır	H
CL	T ₂ S ₁ -T ₀	10	2.138089935	0.064980191	FALSE	0.102723176	Hayır	H
CL	T ₂ S ₁ -T ₀	11	0.399114063	0.70025859	FALSE	0.938417602	Hayır	H
CL	T ₂ S ₁ -T ₀	12	3.296653535	0.011049087	TRUE	0.019297867	Evet	I
CL	T ₂ S ₁ -T ₀	13	-0.14509525	0.888225051	FALSE	0.994245606	Hayır	J
CL	T ₂ S ₁ -T ₀	14	0.158113883	0.878402736	FALSE	0.994245606	Hayır	J
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	2	0	1	FALSE	1	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	3	-0.742070897	0.467750777	FALSE	0.667183855	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	4	0.475054766	0.640493242	FALSE	0.874627318	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	5	0.092274938	0.92749904	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	6	0.098639392	0.922532072	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	7	-0.094632045	0.925692431	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	8	0.187317162	0.85356837	FALSE	0.994245606	Hayır	A

EK 18 T₂S₁-T₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları (Devam)

Toprak Tekstürü	Su Uygulamaları	Gün	t-İstatistiği	p-Değeri	Anlamlı mı?	Düzeltilmiş p-Değeri	Anlamlılık	Harf Grubu
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	9	-0.317999364	0.754158694	FALSE	0.990536792	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	10	-0.103203137	0.91895659	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	11	1.688486998	0.113277588	FALSE	0.172862909	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	12	11.76970804	6.96461E-10	TRUE	9.86828E-09	Evet	B
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	13	15.20400427	2.03726E-11	TRUE	4.3027E-10	Evet	C
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	14	12.21616758	2.98612E-09	TRUE	3.50371E-08	Evet	D
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	15	7.686950916	4.33545E-07	TRUE	2.75797E-06	Evet	E
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	16	6.046232139	2.58742E-05	TRUE	9.75828E-05	Evet	F
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	17	6.538703172	4.95167E-06	TRUE	2.2934E-05	Evet	G
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	18	3.442084427	0.003019607	TRUE	0.0058715	Evet	H
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	19	1.400018409	0.178714004	FALSE	0.268071005	Hayır	I
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	20	0.250522467	0.805169501	FALSE	0.994245606	Hayır	I
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁	21	-0.047860832	0.962362034	FALSE	1	Hayır	I
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁ -T ₀	2	8.491564442	2.83884E-05	TRUE	0.000105177	Evet	A
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁ -T ₀	3	9.663758859	1.18251E-05	TRUE	4.9553E-05	Evet	B
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁ -T ₀	4	6.449806199	0.000272415	TRUE	0.000715598	Evet	C
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁ -T ₀	5	6.929348672	0.000189657	TRUE	0.000532595	Evet	D
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁ -T ₀	6	7.699607173	5.86506E-05	TRUE	0.000193547	Evet	E
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁ -T ₀	7	7.833494518	5.75338E-05	TRUE	0.000191056	Evet	F
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁ -T ₀	8	5.65945331	0.000531822	TRUE	0.001282201	Evet	G
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁ -T ₀	9	4.634592976	0.001719045	TRUE	0.003531734	Evet	H
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁ -T ₀	10	3.659965688	0.007011279	TRUE	0.012765363	Evet	I
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁ -T ₀	11	0.762492852	0.468797747	FALSE	0.667183855	Hayır	J
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁ -T ₀	12	-0.131876095	0.89891525	FALSE	0.994245606	Hayır	J
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁ -T ₀	13	0.113592367	0.912369109	FALSE	0.994245606	Hayır	J
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₁ -T ₀	14	-0.126491106	0.902550772	FALSE	0.994245606	Hayır	J
L	T ₂ S ₁	2	2.996437053	0.009071829	TRUE	0.016182182	Evet	A
L	T ₂ S ₁	3	4.611512153	0.000219709	TRUE	0.000601068	Evet	B
L	T ₂ S ₁	4	3.799042942	0.001475025	TRUE	0.003127763	Evet	C
L	T ₂ S ₁	5	3.660649436	0.001942184	TRUE	0.003929017	Evet	D
L	T ₂ S ₁	6	2.885607852	0.009876736	TRUE	0.017441192	Evet	E
L	T ₂ S ₁	7	6.042071045	1.21996E-05	TRUE	5.07196E-05	Evet	F
L	T ₂ S ₁	8	1.715278226	0.103549551	FALSE	0.158475835	Hayır	G
L	T ₂ S ₁	9	3.047268898	0.007980625	TRUE	0.014332551	Evet	H
L	T ₂ S ₁	10	1.358172987	0.191694615	FALSE	0.286727356	Hayır	I
L	T ₂ S ₁	11	3.506434367	0.002604331	TRUE	0.005169499	Evet	J
L	T ₂ S ₁	12	2.272761879	0.035719539	TRUE	0.058030512	Hayır	K
L	T ₂ S ₁	13	0.83817684	0.415065219	FALSE	0.59715105	Hayır	K
L	T ₂ S ₁	14	1.833985728	0.083577228	FALSE	0.130173381	Hayır	K
L	T ₂ S ₁	15	-0.07460471	0.94152046	FALSE	0.994245606	Hayır	K

EK 18 T₂S₁-T₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları (Devam)

Toprak Tekstürü	Su Uygulamaları	Gün	t-İstatistiği	p-Değeri	Anlamlı mı?	Düzeltilmiş p-Değeri	Anlamlılık	Harf Grubu
L	T ₂ S ₁	16	0.082045648	0.935619799	FALSE	0.994245606	Hayır	K
L	T ₂ S ₁	17	0.238415824	0.814428777	FALSE	0.994245606	Hayır	K
L	T ₂ S ₁	18	-0.299066872	0.768713388	FALSE	0.994245606	Hayır	K
L	T ₂ S ₁	19	0.36199795	0.721848976	FALSE	0.960040955	Hayır	K
L	T ₂ S ₁	20	-0.46788772	0.645590027	FALSE	0.876276438	Hayır	K
L	T ₂ S ₁	21	0.166410059	0.869853063	FALSE	0.994245606	Hayır	K
L	T ₂ S ₁ -T ₀	2	1.702513062	0.127266772	FALSE	0.193094412	Hayır	A
L	T ₂ S ₁ -T ₀	3	7.715167498	6.11113E-05	TRUE	0.000199177	Evet	B
L	T ₂ S ₁ -T ₀	4	3.977786421	0.004376368	TRUE	0.008252579	Evet	C
L	T ₂ S ₁ -T ₀	5	8.415524501	5.47772E-05	TRUE	0.000184219	Evet	D
L	T ₂ S ₁ -T ₀	6	6.669729688	0.000161448	TRUE	0.000468377	Evet	E
L	T ₂ S ₁ -T ₀	7	6.688636937	0.000315528	TRUE	0.000800955	Evet	F
L	T ₂ S ₁ -T ₀	8	12.85982115	2.15208E-06	TRUE	1.06196E-05	Evet	G
L	T ₂ S ₁ -T ₀	9	5.019960159	0.001029453	TRUE	0.002289695	Evet	H
L	T ₂ S ₁ -T ₀	10	3.468909531	0.011077182	TRUE	0.019297867	Evet	I
L	T ₂ S ₁ -T ₀	11	5.706433236	0.000528786	TRUE	0.00128073	Evet	J
L	T ₂ S ₁ -T ₀	12	0	1	FALSE	1	Hayır	K
L	T ₂ S ₁ -T ₀	13	0	1	FALSE	1	Hayır	K
L	T ₂ S ₁ -T ₀	14	0	1	FALSE	1	Hayır	K
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	2	0	1	FALSE	1	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	3	-0.878702431	0.391153783	FALSE	0.567387905	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	4	0.815553199	0.425707487	FALSE	0.610797699	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	5	-0.109617614	0.914071443	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	6	-0.491077953	0.630639284	FALSE	0.867129015	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	7	0	1	FALSE	1	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	8	-9.31633E-14	1	FALSE	1	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	9	-0.265050029	0.794086214	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	10	7.387044135	7.95281E-07	TRUE	4.37404E-06	Evet	B
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	11	12.56043411	1.16649E-09	TRUE	1.53977E-08	Evet	C
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	12	14.30881932	6.06054E-11	TRUE	1.18517E-09	Evet	D
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	13	13.86064979	1.83156E-10	TRUE	2.9305E-09	Evet	E
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	14	15.71986914	6.39814E-12	TRUE	1.60868E-10	Evet	F
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	15	12.73093067	5.14246E-10	TRUE	7.54228E-09	Evet	G
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	16	9.848752256	2.01245E-08	TRUE	2.00486E-07	Evet	H
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	17	8.77808604	9.04815E-08	TRUE	6.9238E-07	Evet	I
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	18	-0.230769231	0.820625431	FALSE	0.994245606	Hayır	J
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	19	0.079695964	0.937506902	FALSE	0.994245606	Hayır	J
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	20	-0.079139421	0.937928648	FALSE	0.994245606	Hayır	J
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁	21	0	1	FALSE	1	Hayır	J
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁ -T ₀	2	-0.136717185	0.894634947	FALSE	0.994245606	Hayır	A

EK 18 T₂S₁-T₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları (Devam)

Toprak Tekstürü	Su Uygulamaları	Gün	t-İstatistiği	p-Değeri	Anamlı mı?	Düzeltilmiş p-Değeri	Anamlılık	Harf Grubu
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁ -T ₀	3	6.147008564	0.000280635	TRUE	0.000729927	Evet	B
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁ -T ₀	4	7.753948113	7.34088E-05	TRUE	0.000233493	Evet	C
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁ -T ₀	5	7.516256891	7.4423E-05	TRUE	0.00023473	Evet	D
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁ -T ₀	6	8.302451028	3.38838E-05	TRUE	0.000121705	Evet	E
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁ -T ₀	7	5.663278845	0.000476344	TRUE	0.001164397	Evet	F
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁ -T ₀	8	6.240377208	0.000257935	TRUE	0.000687827	Evet	G
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁ -T ₀	9	7.589466384	7.4687E-05	TRUE	0.00023473	Evet	H
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁ -T ₀	10	3.279566367	0.012317251	TRUE	0.021184067	Evet	I
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁ -T ₀	11	2.479704855	0.039418151	TRUE	0.063842894	Hayır	J
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁ -T ₀	12	-0.179605302	0.8620919	FALSE	0.994245606	Hayır	J
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁ -T ₀	13	0.179605302	0.8620919	FALSE	0.994245606	Hayır	J
Ca-Doy-L	T ₂ S ₁ -T ₀	14	0.149071199	0.885300928	FALSE	0.994245606	Hayır	J

EK 19 T₁S₂-T₀ ardl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları

Toprak Tekstürü	Su Uygulamaları	Gün	t-İstatistiği	p-Değeri	Anlamlı mı?	Düzeltilmiş p-Değeri	Anlamlılık	Harf Grubu
CL	T ₁ S ₂	2	1.341640786	0.19653318	FALSE	0.292324979	Hayır	A
CL	T ₁ S ₂	3	4.510008421	0.000290144	TRUE	0.000747297	Evet	B
CL	T ₁ S ₂	4	3.124714009	0.00586212	TRUE	0.010747221	Evet	C
CL	T ₁ S ₂	5	7.262564936	1.30983E-06	TRUE	6.78028E-06	Evet	D
CL	T ₁ S ₂	6	9.341794757	3.097E-08	TRUE	2.8688E-07	Evet	E
CL	T ₁ S ₂	7	7.785422588	3.60168E-07	TRUE	2.31913E-06	Evet	F
CL	T ₁ S ₂	8	7.16133687	1.22864E-06	TRUE	6.48722E-06	Evet	G
CL	T ₁ S ₂	9	18.4733616	1.07031E-12	TRUE	3.53202E-11	Evet	H
CL	T ₁ S ₂	10	9.393045726	2.68599E-08	TRUE	2.53251E-07	Evet	I
CL	T ₁ S ₂	11	10.53751755	1.60778E-07	TRUE	1.08835E-06	Evet	J
CL	T ₁ S ₂	12	7.717146828	1.51387E-06	TRUE	7.6126E-06	Evet	K
CL	T ₁ S ₂	13	10.62695339	3.47555E-09	TRUE	3.90445E-08	Evet	L
CL	T ₁ S ₂	14	10.11015996	1.52771E-08	TRUE	1.58163E-07	Evet	M
CL	T ₁ S ₂	15	7.397032786	9.24306E-07	TRUE	4.92963E-06	Evet	N
CL	T ₁ S ₂	16	11.68324345	1.2116E-09	TRUE	1.56031E-08	Evet	O
CL	T ₁ S ₂	17	4.483702227	0.000353143	TRUE	0.000887902	Evet	P
CL	T ₁ S ₂	18	1.322957322	0.202572236	FALSE	0.300444215	Hayır	Q
CL	T ₁ S ₂	19	0.404226042	0.690836456	FALSE	0.928146689	Hayır	Q
CL	T ₁ S ₂	20	-0.382608246	0.706496302	FALSE	0.944379867	Hayır	Q
CL	T ₁ S ₂	21	0	1	FALSE	1	Hayır	Q
CL	T ₁ S ₂ -T ₀	2	4.517681797	0.002045749	TRUE	0.004117296	Evet	A
CL	T ₁ S ₂ -T ₀	3	7.254762501	9.91692E-05	TRUE	0.000302667	Evet	B
CL	T ₁ S ₂ -T ₀	4	4.385290097	0.002641914	TRUE	0.005204964	Evet	C
CL	T ₁ S ₂ -T ₀	5	5.801925341	0.000621098	TRUE	0.001464017	Evet	D
CL	T ₁ S ₂ -T ₀	6	1.914040596	0.09198542	FALSE	0.142012578	Hayır	E
CL	T ₁ S ₂ -T ₀	7	0.496563533	0.636180839	FALSE	0.87247658	Hayır	E
CL	T ₁ S ₂ -T ₀	8	0.29329423	0.779481022	FALSE	0.994245606	Hayır	E
CL	T ₁ S ₂ -T ₀	9	-0.21821789	0.83278431	FALSE	0.994245606	Hayır	E
CL	T ₁ S ₂ -T ₀	10	0.236524958	0.819494038	FALSE	0.994245606	Hayır	E
CL	T ₁ S ₂ -T ₀	11	0.151619609	0.883322789	FALSE	0.994245606	Hayır	E
CL	T ₁ S ₂ -T ₀	12	0.138013112	0.89393122	FALSE	0.994245606	Hayır	E
CL	T ₁ S ₂ -T ₀	13	-0.232495277	0.822028482	FALSE	0.994245606	Hayır	E
CL	T ₁ S ₂ -T ₀	14	3.60736E-16	1	FALSE	1	Hayır	E
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	2	0.377590065	0.710220845	FALSE	0.946961127	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	3	0	1	FALSE	1	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	4	0.107074592	0.915920402	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	5	67.4407197	2.65412E-19	TRUE	1.40138E-16	Evet	B
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	6	15.00272599	1.82797E-11	TRUE	4.02153E-10	Evet	C
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	7	8.284587208	1.60568E-07	TRUE	1.08835E-06	Evet	D
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	8	8.674284243	8.23547E-08	TRUE	6.3946E-07	Evet	E

EK 19 T₁S₂-T₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları (Devam)

Toprak Tekstürü	Su Uygulamaları	Gün	t-İstatistiği	p-Değeri	Anlamlı mı?	Düzeltilmiş p-Değeri	Anlamlılık	Harf Grubu
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	9	10.83186646	3.31044E-09	TRUE	3.7998E-08	Evet	F
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	10	8.504775899	2.20563E-07	TRUE	1.45571E-06	Evet	G
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	11	6.886627696	2.24543E-06	TRUE	1.09777E-05	Evet	H
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	12	5.236473465	5.71966E-05	TRUE	0.000191056	Evet	I
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	13	6.43548029	9.37362E-06	TRUE	4.0238E-05	Evet	J
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	14	7.648813491	4.63575E-07	TRUE	2.9139E-06	Evet	K
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	15	8.485552916	1.05731E-07	TRUE	7.75359E-07	Evet	L
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	16	7.429408958	7.07193E-07	TRUE	4.10327E-06	Evet	M
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	17	5.572230365	3.06464E-05	TRUE	0.000111595	Evet	N
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	18	1.741288477	0.099015237	FALSE	0.151976875	Hayır	O
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	19	2.653955211	0.016156077	TRUE	0.027428967	Evet	P
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	20	-0.084215192	0.933820518	FALSE	0.994245606	Hayır	Q
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂	21	-0.309426374	0.760579317	FALSE	0.991570072	Hayır	Q
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂ -T ₀	2	5.039526307	0.001338483	TRUE	0.00289639	Evet	A
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂ -T ₀	3	5.543478937	0.000761175	TRUE	0.001755023	Evet	B
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂ -T ₀	4	3.567699093	0.007436862	TRUE	0.013447476	Evet	C
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂ -T ₀	5	4.299246037	0.004348478	TRUE	0.008229378	Evet	D
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂ -T ₀	6	2.834733548	0.022701043	TRUE	0.03757414	Evet	E
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂ -T ₀	7	1.622214211	0.144068024	FALSE	0.217959646	Hayır	F
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂ -T ₀	8	-0.141421356	0.891100557	FALSE	0.994245606	Hayır	F
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂ -T ₀	9	0.131876095	0.898338924	FALSE	0.994245606	Hayır	F
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂ -T ₀	10	-0.131876095	0.898338924	FALSE	0.994245606	Hayır	F
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂ -T ₀	11	0.131876095	0.898338924	FALSE	0.994245606	Hayır	F
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂ -T ₀	12	-0.149071198	0.885487781	FALSE	0.994245606	Hayır	F
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂ -T ₀	13	0.190692518	0.853641327	FALSE	0.994245606	Hayır	F
Ca-Doy-CL	T ₁ S ₂ -T ₀	14	-0.632455532	0.544745792	FALSE	0.770488952	Hayır	F
L	T ₁ S ₂	2	2.070448205	0.055041157	FALSE	0.087535333	Hayır	A
L	T ₁ S ₂	3	5.404793078	3.93099E-05	TRUE	0.000138371	Evet	B
L	T ₁ S ₂	4	6.586406694	1.06664E-05	TRUE	4.54181E-05	Evet	C
L	T ₁ S ₂	5	5.551520155	6.00666E-05	TRUE	0.000196988	Evet	D
L	T ₁ S ₂	6	6.006131836	5.01479E-05	TRUE	0.000170826	Evet	E
L	T ₁ S ₂	7	9.263710192	4.53227E-08	TRUE	3.98839E-07	Evet	F
L	T ₁ S ₂	8	4.97063621	0.000125268	TRUE	0.000375804	Evet	G
L	T ₁ S ₂	9	7.533637921	7.52821E-07	TRUE	4.24505E-06	Evet	H
L	T ₁ S ₂	10	18.24456497	5.37546E-13	TRUE	2.18327E-11	Evet	I
L	T ₁ S ₂	11	8.731549738	7.85858E-08	TRUE	6.29487E-07	Evet	J
L	T ₁ S ₂	12	29.9918908	1.31986E-15	TRUE	9.95554E-14	Evet	K
L	T ₁ S ₂	13	10.8041908	4.34368E-08	TRUE	3.88723E-07	Evet	L
L	T ₁ S ₂	14	7.382368826	7.55748E-07	TRUE	4.24505E-06	Evet	M
L	T ₁ S ₂	15	11.78186138	1.37923E-09	TRUE	1.73389E-08	Evet	N

EK 19 T₁S₂-T₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları (Devam)

Toprak Tekstürü	Su Uygulamaları	Gün	t-İstatistiği	p-Değeri	Anlamlı mı?	Düzeltilmiş p-Değeri	Anamlılık	Harf Grubu
L	T ₁ S ₂	16	15.92935948	5.04411E-12	TRUE	1.33164E-10	Evet	O
L	T ₁ S ₂	17	17.66352173	4.57235E-12	TRUE	1.27063E-10	Evet	P
L	T ₁ S ₂	18	14.21059442	9.41779E-11	TRUE	1.65753E-09	Evet	Q
L	T ₁ S ₂	19	0.1111111111	0.912848649	FALSE	0.994245606	Hayır	R
L	T ₁ S ₂	20	-0.117760301	0.907605184	FALSE	0.994245606	Hayır	R
L	T ₁ S ₂	21	-0.253546276	0.80311214	FALSE	0.994245606	Hayır	R
L	T ₁ S ₂ -T ₀	2	5.888396953	0.001131472	TRUE	0.002499653	Evet	A
L	T ₁ S ₂ -T ₀	3	8.578533725	3.31644E-05	TRUE	0.000119937	Evet	B
L	T ₁ S ₂ -T ₀	4	7.892800282	4.82072E-05	TRUE	0.000165282	Evet	C
L	T ₁ S ₂ -T ₀	5	4.698092386	0.001553756	TRUE	0.003255488	Evet	D
L	T ₁ S ₂ -T ₀	6	6.733753362	0.000299901	TRUE	0.000768679	Evet	E
L	T ₁ S ₂ -T ₀	7	3.950918387	0.005438507	TRUE	0.010111027	Evet	F
L	T ₁ S ₂ -T ₀	8	3.81583622	0.00512214	TRUE	0.009556501	Evet	G
L	T ₁ S ₂ -T ₀	9	5.416025603	0.000634285	TRUE	0.001488455	Evet	H
L	T ₁ S ₂ -T ₀	10	3.810317378	0.005566614	TRUE	0.010312884	Evet	I
L	T ₁ S ₂ -T ₀	11	3.42928564	0.009258167	TRUE	0.016458964	Evet	J
L	T ₁ S ₂ -T ₀	12	0.547722558	0.598891945	FALSE	0.832144597	Hayır	K
L	T ₁ S ₂ -T ₀	13	-0.182574186	0.859693735	FALSE	0.994245606	Hayır	K
L	T ₁ S ₂ -T ₀	14	0.163299316	0.874417924	FALSE	0.994245606	Hayır	K
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	2	-0.53132726	0.602113204	FALSE	0.834424597	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	3	-0.109036855	0.914436448	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	4	0.140257375	0.890393795	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	5	28.57510378	4.06046E-16	TRUE	7.14641E-14	Evet	B
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	6	27.58126668	6.45193E-16	TRUE	8.51654E-14	Evet	C
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	7	15.58692936	1.04118E-11	TRUE	2.49884E-10	Evet	D
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	8	8.984779184	6.92206E-08	TRUE	5.80135E-07	Evet	E
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	9	9.74282025	3.22214E-08	TRUE	2.93326E-07	Evet	F
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	10	8.820548618	1.36888E-07	TRUE	9.76717E-07	Evet	G
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	11	8.640522287	9.96643E-08	TRUE	7.41166E-07	Evet	H
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	12	11.12919625	1.68039E-09	TRUE	2.01647E-08	Evet	I
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	13	9.55519204	1.81768E-08	TRUE	1.84564E-07	Evet	J
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	14	10.2482056	1.24267E-08	TRUE	1.31226E-07	Evet	K
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	15	10.49089727	9.4854E-09	TRUE	1.0221E-07	Evet	L
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	16	11.01507831	3.64453E-09	TRUE	4.00899E-08	Evet	M
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	17	11.51573901	1.09104E-09	TRUE	1.47709E-08	Evet	N
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	18	6.421164038	6.87731E-06	TRUE	3.02602E-05	Evet	O
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	19	4.506514387	0.000311595	TRUE	0.000794794	Evet	P
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	20	-0.07525915	0.940907918	FALSE	0.994245606	Hayır	Q
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂	21	0.086279596	0.932200916	FALSE	0.994245606	Hayır	Q
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂ -T ₀	2	6.432944514	0.000863051	TRUE	0.001947397	Evet	A

EK 19 T₁S₂-T₀ ardl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları (Devam)

Toprak Tekstürü	Su Uygulamaları	Gün	t-İstatistiği	p-Değeri	Anlamlı m?	Düzeltilmiş p-Değeri	Anlamlılık	Harf Grubu
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂ -T ₀	3	5.363390481	0.00079354	TRUE	0.001821691	Evet	B
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂ -T ₀	4	6.219209872	0.00042692	TRUE	0.001068311	Evet	C
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂ -T ₀	5	7.221853807	9.39138E-05	TRUE	0.000289979	Evet	D
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂ -T ₀	6	6.332377903	0.000288589	TRUE	0.000746936	Evet	E
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂ -T ₀	7	7.423931175	0.000100631	TRUE	0.000305362	Evet	F
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂ -T ₀	8	10.6	5.75511E-06	TRUE	2.61381E-05	Evet	G
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂ -T ₀	9	7.091242083	0.000155476	TRUE	0.000456063	Evet	H
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂ -T ₀	10	4.396968653	0.002421791	TRUE	0.004825304	Evet	I
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂ -T ₀	11	2.12289111	0.066531213	FALSE	0.104861135	Hayır	J
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂ -T ₀	12	-0.175411604	0.865236901	FALSE	0.994245606	Hayır	J
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂ -T ₀	13	0.14509525	0.888876512	FALSE	0.994245606	Hayır	J
Ca-Doy-L	T ₁ S ₂ -T ₀	14	-2.05738E-15	1	FALSE	1	Hayır	J

EK 20 T₂S₂-T₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları

Toprak Tekstürü	Su Uygulamaları	Gün	t-İstatistiği	p-Değeri	Anlamlı mı?	Düzeltilmiş p-Değeri	Anlamlılık	Harf Grubu
CL	T ₂ S ₂	2	4.097263082	0.000801925	TRUE	0.001832972	Evet	A
CL	T ₂ S ₂	3	2.535700936	0.022199973	TRUE	0.037093626	Evet	B
CL	T ₂ S ₂	4	3.911363772	0.001223131	TRUE	0.002679724	Evet	C
CL	T ₂ S ₂	5	5.802079122	1.77211E-05	TRUE	7.08843E-05	Evet	D
CL	T ₂ S ₂	6	4.931865693	0.000136309	TRUE	0.000406423	Evet	E
CL	T ₂ S ₂	7	3.752392495	0.001460444	TRUE	0.003109333	Evet	F
CL	T ₂ S ₂	8	4.399896239	0.0003456	TRUE	0.000873096	Evet	G
CL	T ₂ S ₂	9	3.645487844	0.001863837	TRUE	0.003785023	Evet	H
CL	T ₂ S ₂	10	2.388214727	0.029612159	TRUE	0.048406253	Evet	I
CL	T ₂ S ₂	11	7.181818182	1.24379E-06	TRUE	6.50217E-06	Evet	J
CL	T ₂ S ₂	12	7.377629935	7.88401E-07	TRUE	4.37404E-06	Evet	K
CL	T ₂ S ₂	13	7.849546778	3.30083E-07	TRUE	2.15165E-06	Evet	L
CL	T ₂ S ₂	14	12.70977819	2.45966E-10	TRUE	3.71057E-09	Evet	M
CL	T ₂ S ₂	15	6.884585822	6.70142E-06	TRUE	2.97341E-05	Evet	N
CL	T ₂ S ₂	16	3.727324575	0.001552037	TRUE	0.003255488	Evet	O
CL	T ₂ S ₂	17	0.133630621	0.895281281	FALSE	0.994245606	Hayır	P
CL	T ₂ S ₂	18	0	1	FALSE	1	Hayır	P
CL	T ₂ S ₂	19	0.084215192	0.933827617	FALSE	0.994245606	Hayır	P
CL	T ₂ S ₂	20	0.159787092	0.874828235	FALSE	0.994245606	Hayır	P
CL	T ₂ S ₂	21	0.148795905	0.883400159	FALSE	0.994245606	Hayır	P
CL	T ₂ S ₂ -T ₀	2	7.451045047	7.30671E-05	TRUE	0.000233493	Evet	A
CL	T ₂ S ₂ -T ₀	3	8.909545443	2.25675E-05	TRUE	8.69754E-05	Evet	B
CL	T ₂ S ₂ -T ₀	4	2.921002921	0.01939694	TRUE	0.032512967	Evet	C
CL	T ₂ S ₂ -T ₀	5	5.053351723	0.00151302	TRUE	0.003195497	Evet	D
CL	T ₂ S ₂ -T ₀	6	3.153529987	0.022657285	TRUE	0.03757414	Evet	E
CL	T ₂ S ₂ -T ₀	7	6.337478707	0.000543993	TRUE	0.001305583	Evet	F
CL	T ₂ S ₂ -T ₀	8	3.328958878	0.012219872	TRUE	0.021085269	Evet	G
CL	T ₂ S ₂ -T ₀	9	7.656162383	8.30462E-05	TRUE	0.000257932	Evet	H
CL	T ₂ S ₂ -T ₀	10	2.357022604	0.046319345	TRUE	0.074336213	Hayır	I
CL	T ₂ S ₂ -T ₀	11	0.589255651	0.572026566	FALSE	0.801140655	Hayır	I
CL	T ₂ S ₂ -T ₀	12	-0.116642369	0.910040525	FALSE	0.994245606	Hayır	I
CL	T ₂ S ₂ -T ₀	13	0.123091491	0.905204557	FALSE	0.994245606	Hayır	I
CL	T ₂ S ₂ -T ₀	14	-0.270914185	0.793329956	FALSE	0.994245606	Hayır	I
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	2	-0.214834462	0.832329802	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	3	-0.111417203	0.912518917	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	4	-0.33895961	0.738570939	FALSE	0.977357032	Hayır	A
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	5	32.30430723	1.41175E-13	TRUE	7.45406E-12	Evet	B
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	6	26.52848776	8.98349E-16	TRUE	9.48657E-14	Evet	C
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	7	8.463225036	1.19266E-07	TRUE	8.62636E-07	Evet	D
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	8	6.152966459	8.51824E-06	TRUE	3.71705E-05	Evet	E

EK 20 T₂S₂-T₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları (Devam)

Toprak Tekstürü	Su Uygulamaları	Gün	t-İstatistiği	p-Değeri	Anlamlı mı?	Düzeltilmiş p-Değeri	Anamlılık	Harf Grubu
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	9	6.287241984	6.4026E-06	TRUE	2.86489E-05	Evet	F
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	10	4.540096592	0.000261113	TRUE	0.000689338	Evet	G
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	11	6.744828777	2.60452E-06	TRUE	1.26164E-05	Evet	H
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	12	6.630477021	3.24803E-06	TRUE	1.54501E-05	Evet	I
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	13	6.574946152	3.76392E-06	TRUE	1.77442E-05	Evet	J
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	14	6.46212787	5.47624E-06	TRUE	2.51431E-05	Evet	K
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	15	7.38369277	8.38752E-07	TRUE	4.54401E-06	Evet	L
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	16	4.407975769	0.000567048	TRUE	0.001342608	Evet	M
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	17	2.474358297	0.024252414	TRUE	0.039767933	Evet	N
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	18	0.077849894	0.938833866	FALSE	0.994245606	Hayır	O
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	19	0.17786075	0.860828383	FALSE	0.994245606	Hayır	O
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	20	0.222714974	0.826573074	FALSE	0.994245606	Hayır	O
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂	21	0.064415663	0.949349481	FALSE	1	Hayır	O
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂ -T ₀	2	9.391485505	1.66556E-05	TRUE	6.71311E-05	Evet	A
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂ -T ₀	3	5.879747322	0.000558419	TRUE	0.00133414	Evet	B
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂ -T ₀	4	4.953801165	0.001145396	TRUE	0.002519871	Evet	C
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂ -T ₀	5	5.515634344	0.000891289	TRUE	0.002002556	Evet	D
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂ -T ₀	6	6.592443967	0.000180318	TRUE	0.000517434	Evet	E
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂ -T ₀	7	5.041008303	0.001327635	TRUE	0.002884738	Evet	F
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂ -T ₀	8	6.04623536	0.001369496	TRUE	0.002951404	Evet	G
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂ -T ₀	9	7.680003655	0.000256724	TRUE	0.000687827	Evet	H
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂ -T ₀	10	4.070403152	0.003585314	TRUE	0.006834101	Evet	I
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂ -T ₀	11	1.213559752	0.261112377	FALSE	0.386183011	Hayır	J
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂ -T ₀	12	0	1	FALSE	1	Hayır	J
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂ -T ₀	13	-0.424264069	0.682831532	FALSE	0.922084525	Hayır	J
Ca-Doy-CL	T ₂ S ₂ -T ₀	14	0.365148372	0.724649136	FALSE	0.961343577	Hayır	J
L	T ₂ S ₂	2	2.106484547	0.050455529	FALSE	0.080484953	Hayır	A
L	T ₂ S ₂	3	2.824313047	0.012729266	TRUE	0.0218216	Evet	B
L	T ₂ S ₂	4	2.876550208	0.01116225	TRUE	0.019323501	Evet	C
L	T ₂ S ₂	5	5.264581658	5.25731E-05	TRUE	0.00017794	Evet	D
L	T ₂ S ₂	6	6.341720488	5.79197E-06	TRUE	2.61381E-05	Evet	E
L	T ₂ S ₂	7	6.475080625	4.42408E-06	TRUE	2.06718E-05	Evet	F
L	T ₂ S ₂	8	3.724383968	0.00183674	TRUE	0.003744397	Evet	G
L	T ₂ S ₂	9	8.949594298	6.32904E-08	TRUE	5.38989E-07	Evet	H
L	T ₂ S ₂	10	14.52242847	1.6877E-10	TRUE	2.78471E-09	Evet	I
L	T ₂ S ₂	11	6.114685644	1.09894E-05	TRUE	4.64193E-05	Evet	J
L	T ₂ S ₂	12	18.43865993	3.98595E-13	TRUE	1.75382E-11	Evet	K
L	T ₂ S ₂	13	7.431505415	7.54007E-07	TRUE	4.24505E-06	Evet	L
L	T ₂ S ₂	14	7.565363099	5.69977E-07	TRUE	3.38377E-06	Evet	M
L	T ₂ S ₂	15	3.002839565	0.007780769	TRUE	0.014021317	Evet	N

EK 20 T₂S₂-T₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları (Devam)

Toprak Tekstürü	Su Uygulamaları	Gün	t-İstatistiği	p-Değeri	Anlamlı mı?	Düzeltilmiş p-Değeri	Anlamlılık	Harf Grubu
L	T ₂ S ₂	16	12.44091548	7.10217E-10	TRUE	9.86828E-09	Evet	O
L	T ₂ S ₂	17	5.93271034	1.31949E-05	TRUE	5.40069E-05	Evet	P
L	T ₂ S ₂	18	4.019363072	0.000846255	TRUE	0.00192596	Evet	Q
L	T ₂ S ₂	19	3.225919617	0.004711513	TRUE	0.008821556	Evet	R
L	T ₂ S ₂	20	0.146822635	0.884953445	FALSE	0.994245606	Hayır	S
L	T ₂ S ₂	21	0.076224669	0.940091361	FALSE	0.994245606	Hayır	S
L	T ₂ S ₂ -T ₀	2	8.158801244	3.86028E-05	TRUE	0.000136794	Evet	A
L	T ₂ S ₂ -T ₀	3	12.75555665	1.97194E-06	TRUE	9.82249E-06	Evet	B
L	T ₂ S ₂ -T ₀	4	6.423172336	0.000253777	TRUE	0.000687151	Evet	C
L	T ₂ S ₂ -T ₀	5	9.493857663	1.33622E-05	TRUE	5.42713E-05	Evet	D
L	T ₂ S ₂ -T ₀	6	8.9586351	1.95726E-05	TRUE	7.7122E-05	Evet	E
L	T ₂ S ₂ -T ₀	7	4.278406468	0.00326479	TRUE	0.006291273	Evet	F
L	T ₂ S ₂ -T ₀	8	5.572590371	0.001032097	TRUE	0.002289695	Evet	G
L	T ₂ S ₂ -T ₀	9	8.471906272	9.74224E-05	TRUE	0.000299064	Evet	H
L	T ₂ S ₂ -T ₀	10	3.165026272	0.014395341	TRUE	0.024597864	Evet	I
L	T ₂ S ₂ -T ₀	11	3.590662494	0.010822447	TRUE	0.018984226	Evet	J
L	T ₂ S ₂ -T ₀	12	0	1	FALSE	1	Hayır	K
L	T ₂ S ₂ -T ₀	13	-0.34299717	0.740446934	FALSE	0.977389953	Hayır	K
L	T ₂ S ₂ -T ₀	14	-0.320256308	0.757063224	FALSE	0.991570072	Hayır	K
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	2	0.561754415	0.581360086	FALSE	0.809915898	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	3	0.228416096	0.821985467	FALSE	0.994245606	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	4	-0.802368756	0.433139512	FALSE	0.619776863	Hayır	A
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	5	55.48427539	9.99346E-18	TRUE	2.63827E-15	Evet	B
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	6	20.21578846	1.03159E-12	TRUE	3.53202E-11	Evet	C
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	7	11.18381484	2.1532E-08	TRUE	2.10394E-07	Evet	D
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	8	8.634642261	1.47132E-07	TRUE	1.02218E-06	Evet	E
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	9	8.567488391	9.29156E-08	TRUE	7.00849E-07	Evet	F
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	10	7.554307494	5.7037E-07	TRUE	3.38377E-06	Evet	G
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	11	8.953777107	4.76766E-08	TRUE	4.12676E-07	Evet	H
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	12	7.489691408	6.40864E-07	TRUE	3.75974E-06	Evet	I
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	13	7.939535081	4.78582E-07	TRUE	2.97284E-06	Evet	J
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	14	7.685337129	5.49035E-07	TRUE	3.33207E-06	Evet	K
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	15	7.812081579	1.33E-06	TRUE	6.81788E-06	Evet	L
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	16	5.655699309	2.38835E-05	TRUE	9.0723E-05	Evet	M
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	17	4.578285562	0.000255095	TRUE	0.000687196	Evet	N
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	18	5.953111283	1.30766E-05	TRUE	5.39412E-05	Evet	O
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	19	3.184053203	0.006003646	TRUE	0.010968599	Evet	P
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	20	-0.270745577	0.78967245	FALSE	0.994245606	Hayır	Q
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂	21	0.471288168	0.643107755	FALSE	0.875156945	Hayır	Q
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂ -T ₀	2	7.01167857	0.000224277	TRUE	0.000610402	Evet	A

EK 20 T₂S₂-T₀ ardıl uygulaması hidrolik iletkenlik değerlerinin detaylı istatistiksel analiz sonuçları (Devam)

Toprak Tekstürü	Su Uygulamaları	Gün	t-İstatistiği	p-Değeri	Anlamlı m?	Düzeltilmiş p-Değeri	Anlamlılık	Harf Grubu
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂ -T ₀	3	7.820718405	0.000113835	TRUE	0.000343455	Evet	B
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂ -T ₀	4	7.020021492	0.000191653	TRUE	0.000532595	Evet	C
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂ -T ₀	5	8.113480845	4.01968E-05	TRUE	0.000140556	Evet	D
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂ -T ₀	6	5.489948532	0.000695942	TRUE	0.001618754	Evet	E
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂ -T ₀	7	6.584071689	0.000182896	TRUE	0.000520312	Evet	F
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂ -T ₀	8	4.5033321	0.00205085	TRUE	0.004117296	Evet	G
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂ -T ₀	9	4.596893361	0.001774772	TRUE	0.003632091	Evet	H
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂ -T ₀	10	4.734272207	0.001691223	TRUE	0.003488148	Evet	I
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂ -T ₀	11	1.0976426	0.307083484	FALSE	0.449141495	Hayır	J
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂ -T ₀	12	-0.101273937	0.921853546	FALSE	0.994245606	Hayır	J
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂ -T ₀	13	-0.111111111	0.914280006	FALSE	0.994245606	Hayır	J
Ca-Doy-L	T ₂ S ₂ -T ₀	14	0.118678166	0.908465323	FALSE	0.994245606	Hayır	J