




**T.C.**
**SELÇUK ÜNİVERSİTESİ**
**FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

# LABORATUAR KOŞULLARINDA OLUŞTURULAN FARKLI TUZLULUK VE DERİNLİKTEKİ TABAN SUYUNDAN KAPİLLAR TUZ TAŞINIMI

**Çiğdem KARAKAŞ**

**YÜKSEK LİSANS TEZİ**

**2011**

**KONYA**

**Her Hakkı Saklıdır**

# TEZ KABUL VE ONAYI

## TEZ KABUL VE ONAYI

Çiğdem KARAKAŞ tarafından hazırlanan "Laboratuar Koşullarında Oluşturulan Farklı Tuzluluk ve Derinlikteki Taban Suyundan Kapillar Tuz Taşınımı" adlı tez çalışması 07 /06 /2011 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

| **Jüri Üyeleri** | **İmza** |
|---|---|
| **Başkan**<br>Prof. Dr. Mehmet KARA | |
| **Danışman**<br>Prof. Dr. Nizamettin ÇİFTÇİ | |
| **Üye**<br>Prof. Dr. Cevdet ŞEKER | |

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Prof. Dr. Bayram SADE
FBE Müdürü

Bu tez çalışması S.Ü. BAP tarafından 10201137 nolu proje ile desteklenmiştir.

## TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ilaâc ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildirirem.

## DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

Çiğdem KARAKAŞ

Tarih: 07/06/2011

# ÖZET

## YÜKSEK LİSANS TEZİ

## LABORATUAR KOŞULLARINDA OLUŞTURULAN FARKLI TUZLULUK VE DERİNLİKTEKİ TABAN SUYUNDAN KAPİLLAR TUZ TAŞINIMI

**Çiğdem KARAKAŞ**

**Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü**
**Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı**

**Danışman: Prof. Dr. Nizamettin ÇİFTÇİ**

**2011, 46 Sayfa**

**Jüri**
**Prof. Dr. Nizamettin ÇİFTÇİ**
**Prof.Dr. Mehmet KARA**
**Prof.Dr. Cevdet ŞEKER**

Bu çalışma, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü labaratuarında 3 farklı derinlikte, 4 farklı tuz konsantrasyonunda oluşturulan taban sularından toprak profilinde aşağıdan yukarı doğru kapillar tuz taşınımının tespiti amacıyla yürütülmüştür. Bu amaçla; 1, 1,5 ve 2 m derinlikte, EC=500 micromhos/cm, EC=1000 micromhos/cm, EC=2000 micromhos/cm ve EC=4000 micromhos/cm tuz konsatrasyonuna sahip yapay taban suları oluşturulmuştur. Taban sularından 8 ay sonra meydana gelen kapillar tuz taşınımı araştırılmıştır.

Araştırma süresi sonunda, 3 farklı taban suyu seviyesinin oluşturulduğu kolonlarda aşağıdan yukarı doğru 1 m olanlarda 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerden; 1,5 m olanlarda 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm derinliklerden; 2 m olanlarda ise 0-30, 30-60, 60-90,90-120 ve 170-200 cm derinliklerden toprak örnekleri alınarak; EC, pH, anyon ve katyon analizleri yapılmıştır. Deneme öncesi toprağın saturasyon ekstratındaki EC değeri 458 micromhos/cm iken, deneme sonunda toprak saturasyon ekstraktları; 1 m'lik taban suyunda 566-5625 micromhos/cm arasında değişirken artış % 24 -1128 arasında olmuş, 1,5 m'lik taban suyu seviyesinde EC değerleri 602-4900 micromhos/cm arasında değişirken artış % 31-970 arasında ve 2 m'lik taban suyunda EC değerleri 722 -3000 micromhos/cm arasında değişirken artış % 58-555 arasında meydana gelmiştir. Topraklarda değişebilir sodyum oranları %15 den az çıkmış olup sodyumluluk tehlikesi meydana gelmemiştir. Sonuç olarak; Dört farklı tuz konsantrasyonuna sahip taban suyu uygulamalarında en fazla kapillar tuz birikimi (% 444–1128) 60-90 cm katmanlarında meydana gelmiştir.

**Anahtar Kelimeler:** Kapillarite, tuzlu toprak, sulama suyu kalitesi, tuz taşınımı

## ABSTRACT

## MASTER'S THESIS

## MOVEMENT OF CAPILLARY SALT FROM WATER TABLE IN DIFFERENT SALINITY AND DEPTHS UNDER LABORATORY CONDITIONS

**Çiğdem KARAKAŞ**

**THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF SELÇUK UNIVERSITY**
**DEPARTMEN OF FARM STRUCTURES AND IRRIGATION**

**Advisor: Prof. Dr. Nizamettin ÇİFTÇİ**

**2011, 46 Pages**

**Jury**

**Prof. Dr. Nizamettin ÇİFTÇİ**
**Prof.Dr. Mehmet KARA**
**Prof.Dr. Cevdet ŞEKER**

This study was conducted to determine the upward directions of capillary salt movements from 4 different artificial water table salt concentrations with 3 different depths under laboratory conditions of Department of Farm Buildings and Irrigation, Faculty of Agriculture, University of Selçuk. For this purpose, artificial salt concentrations of EC=500 micromhos/cm, EC=1000 micromhos/cm, EC=2000 micromhos/cm ve EC=4000 micromhos/cm were constituted at 1, 1,5 and 2 m depths. After 9 months, salt movements from the water tables were researched.

At the end of the research, in columns with 3 different water table levels, soil samples were taken from 0-30, 30-60 and 60-90 cm, 0-30, 30-60, 60-90 and 90-120 cm, 0-30, 30-60, 60-90,90-120 and 170-200 cm for 1 m, 1,5 m and 2 m water table levels, respectively. In such samples, analysis of EC, pH, anions and cations were performed. Although EC value in saturation extract before the experiment was 458 micromhos/cm, it was 566 - 5625 micromhos/cm (24% -1128 % increase), 602-4900 micromhos/cm ( 31% - 970% increase) , 722 - 3000 micromhos/cm (58% - 555% increase) for 1m, 1,5 m and 2 m water table depths, respectively after the experiment. Exchangeable Sodium Percentages, ESP, of soils were lower than 15% and none sodium danger was observed. In summary, the highest capillary salt movement (444%-1128%) was determined in 60-90 cm layers under water table applications with four different salt concentrations.



**Key Words:** Capillary, saline soil, water table, irrigation water quality, movement of salt.

# ÖNSÖZ

Günümüz dünyasında birçok ülkede özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde bulunan ülkelerde toprak ve su kaynaklarının korunması ve sürdürebilirliği sorunu önemli bir sorun olarak görülmeye başlanmıştır. Su krizini oluşturan faktörlerin başında nüfus artışı ve finansman sorunları gelmektedir. Tarım sektörünün en önemli amacı hızla artan nüfusun beslenmesi için birim alandan daha fazla ürün almaktır. En yoğun su talebi tarımsal amaçlı kullanımlarda ortaya çıkmaktadır.

Sulama, tarımsal üretimdeki en önemli teknolojik girdilerden birisidir. Gerek bitki su ihtiyacının karşılanması ve gerekse diğer tarımsal girdilerin etkinliğinin artırılması nedenleri ile sulama, özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde, tarım açısından son derece önemlidir.

Tarım arazilerinde tuz birikiminin diğer bir kaynağı da sulanan arazilerde sık karşılaşılan yüksek taban suyudur. Yüksek taban suyu tablasının oluşumu arazinin doğal hidrolojik özelliklerinden veya sulama suyu kayıplarından kaynaklanır. Kapillar yükselme ile bitki kök bölgesine, hatta toprak yüzeyine ulaşan taban suyu evaporasyon sonucunda bünyesindeki tuzları toprak profilinde bırakır. Taban suyu çok tuzlu değilse veya toprak yüzeyine yakın olması kısa süreli ise, bu durumda, tuz birikimi kültür bitkilerinin gelişmesine engel olacak bir niceliğe erişmez. Ancak uzun süre toprak yüzeyine yakın bir konumda kalırsa, toprakta tuz birikimi devam eder. Sonuçta, toprak tuzluluğu kültür bitkilerinin gelişmesini engelleyecek yoğunluğa ulaşabilir.

Konya Ovası su kaynakları yönünden oldukça sınırlı bir bölgedir. Gerek iklimsel faktörlerden ve gerekse tarımda aşırı su kullanımından dolayı su kaynakları giderek azalmaktadır. Ovada, kontrolsüz su yönetimi ve hatalı sulama uygulamaları sonucu drenaj ve tuzluluk sorunları ortaya çıkmıştır.

Planlanan bu çalışma ile laboratuar koşullarında oluşturulacak farklı sulama suyu kalite ve seviyelerindeki taban suyundan kapillarite ile tuz taşınımının araştırılaması hedeflenmiştir. Elde edilen bilgilerden bölgede tarla içi drenajda drenler arası minimum taban suyu derinliğinin ne olacağı da hesaplanabilecektir. Sonuçları uygulamaya aktarılabilecek bir çalışma olacaktır.

Yüksek lisans eğitimim süresince ve bu çalışmanın yüksek lisans tezi olarak yürütülüp, sonuçların değerlendirilmesi safhalarında yardımlarını benden esirgemeyen danışman hocam Prof. Dr. Nizamettin ÇİFTÇİ'ye, bölüm hocalarım Prof. Dr. Mehmet KARA'ya, Yrd. Doç. Dr. Mehmet ŞAHİN'e, bölüm asistanlarından Duran YAVUZ, Nurcan ÇİVİCİOĞLU'na ve tarımsal yapılar ve sulama bölümü öğretim üyelerine en içten teşekkürlerimi bir borç bilirim.

Ayrıca bu çalışmalarımın yürültülmesi için maddi destek sağlayan S.Ü. BAP'a, her zaman yanımda olan aileme ve yardımlarını esirgemeyen öğrenci arkadaşlarıma teşekkür ederim.

Çiğdem KARAKAŞ
KONYA-2011

# ÇİZELGELER LİSTESİ

Çizelge 3.1. Konya iline ait bazı meteorolojik veriler ..... 14
Çizelge 3.2. Deneme toprağına ait bazı özellikler ..... 19
Çizelge 3.3. Taban sularının hazırlanmasında kullanılan tuz bileşikleri ve karışım oranları ..... 20
Çizelge 4.1. 1 m Derinlikteki taban suyu uygulamasında toprak tuz değişimleri ..... 22
Çizelge 4.2. 1,5 m Derinlikteki taban suyu uygulamasında toprak tuz değişimleri ... 25
Çizelge 4.3. 2 m Derinlikteki taban suyu uygulamasında toprak tuz değişimleri ..... 27
Çizelge 4.4. 2 m Derinlikteki taban suyu uygulamasındaki toprakların kimyasal özellikleri ..... 31

# ŞEKİLLER LİSTESİ

Şekil 3.1. Konya İli Bölge haritası ..... 13
Şekil 3.2. Deneme yürütülen kolonlar ve Taban suyu bidonları ..... 18
Şekil 3.3. Deneme deseni planı ..... 18
Şekil 4.1. 1 m Taban suyu derinliğinden kapillar tuz taşınımı ..... 24
Şekil 4.2. 1,5 m Taban suyu derinliğinden kapillar tuz taşınımı ..... 26
Şekil 4.3. 2 m Taban suyu derinliğinden kapillar tuz taşınımı ..... 29
Şekil 4.4. 3 Farklı taban suyu seviyesinde 30-60 cm ve 60-90 cm katmanlarındaki ECx$10^{-6}$ ..... 30
Şekil 4.5. 2 m'lik Taban suyu seviyesinde A uygulamasında kapillar iyon taşınımı 32
Şekil 4.6. 2 m'lik Taban suyu seviyesinde B uygulamasında iyon taşınımı ..... 33
Şekil 4.7. 2 m'lik Taban suyu seviyesinde C uygulamasında iyon taşınımı ..... 34
Şekil 4.8. 2 m'lik Taban suyu seviyesinde D uygulamasında iyon taşınımı ..... 35

## SİMGELER VE KISALTMALAR

### Simgeler

| | |
|---|---|
| $AgNo_3$ | : Gümüş Nitrat |
| $BaSo_4$ | : Baryum Sülfat |
| C2S1 | : İkinci Sınıf Tuzluluk Birinci Sınıf Sodiklik |
| C3S1 | : Üçüncü Sınıf Tuzluluk Birinci Sınıf Sodiklik |
| $Ca^{++}$ | : Kalsiyum |
| $CaCO_3$ | : Kalsiyum Karbonat |
| $CaCl_2$ | : Kalsiyum Klorür |
| $Cl^-$ | : Klor |
| $CO_3^=$ | : Karbonat |
| DSY | : Değişebilir Sodyum Yüzdesi |
| EC | : Elektriksel İletkenlik |
| $HCO_3^-$ | : Bikarbonat |
| $H_2SO_4$ | : Sülfürik Asit |
| K | : Potasyum |
| KCl | : Potasyum Klorür |
| KDK | : Katyon Değişim Kapasitesi |
| Mg | : Magnezyum |
| $MgCl_2$ | : Magnezyum Klorür |
| $MgSO_4$ | : Magnezyum Sülfat |
| Na | : Sodyum |
| $NaHCO_3$ | : Sodyum Bikarbonat |
| NaCl | : Sodyum Klorür |
| $Na_2SO_4$ | : Sodyum Sülfat |
| pH | : Hidrojen İyon Konsantrasyonunun Negatif Logaritması |
| RSC | : Kalıcı Sodyum Karbonat |
| SAR | : Sodyum Adsorbsiyon Oranı |
| $SO_4^=$ | : Sülfat |
| T3S1 | : Üçüncü Sınıf Tuzluluk Birinci Sınıf Sodiklik |

### Kısaltmalar

| | |
|---|---|
| DSİ | : Devlet Su İşleri |
| GAP | : Güneydoğu Anadolu Projesi |
| KOP | : Konya Ovaları Projesi |

# İÇİNDEKİLER

**TEZ BİLDİRİMİ** ..... **iii**

**ÖZET** ..... **iv**

**ABSTRACT** ..... **vi**

**ÖNSÖZ** ..... **vii**

**ÇİZELGELER LİSTESİ** ..... **viii**

**ŞEKİLLER LİSTESİ** ..... **ix**

**SİMGELER VE KISALTMALAR** ..... **x**

**İÇİNDEKİLER** ..... **xi**

**1. GİRİŞ** ..... **1**

**2. KAYNAK ARAŞTIRMASI** ..... **5**

2.1. Tuzluluk Kapillarite İlişkisi ..... 5
2.2. Su Kalitesi-Tuzluluk İlişkisi ..... 7
2.3. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Olan Etkisi ..... 9

**3. MATERYAL VE METOD** ..... **12**

3.1. Materyal ..... 12
3.1.1. Deneme yeri ..... 12
3.1.2. Coğrafik konum ..... 12
3.1.3. İklim yapısı ..... 12
3.1.4. Arazi ve toprak özellikleri ..... 15
3.1.5. Konya İli su kaynakları ve su kullanımı ..... 15
3.1.6. Tarımsal yapı ve üretim ..... 17
3.2. Metod ..... 17
3.2.1. Deneme deseni ..... 17
3.2.2. Araştırmada kullanılan toprak ve sulama suyu özellikleri ..... 18
3.2.2.1. Toprak özellikleri ..... 18
3.2.2.2. Sulama suyu özellikleri ..... 19
3.2.3. Toprak örneklerinde uygulanan analiz metotları ..... 21

**4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA** ..... **22**

4.1. 1 m Derinlikte Oluşturulan Taban Suyundan Kapillar Tuz Taşınımı ..... 22
4.2. 1,5 m Derinlikte Oluşturulan Taban Suyundan Kapillar Tuz Taşınımı ..... 24
4.3. 2 m Derinlikte Oluşturulan Taban Suyundan Kapillar Tuz Taşınımı ..... 27
4.4. Üç Farklı Taban Suyu Seviyelerinde Kapillar Tuz Taşınımı ..... 29
4.5. Derinliği 2 m Olan Taban Suyu Seviyesinden Kapillar İyon Taşınımı ..... 30

**5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER ..... 37**

5.1 Tartışma ..... 37
5.2 Öneriler ..... 39

**6. KAYNAKLAR ..... 41**

**ÖZGEÇMİŞ ..... 46**

# 1. GİRİŞ

Su, yeryüzünde insanlığın varlığı için oldukça önemli bir unsur olduğu kadar medeniyetlerin gelişmesinde de etkili en önemli kaynaktır. Su, dünyamızda istenilen yer, miktar, nitelik ve zamanda bulunmayan, yenilenebilir ancak sınırlı bir kaynak olması nedeniyle tarihi süreçte toplumların her katmanını ilgilendiren stratejik bir doğal kaynak olmuş ve olmaya da devam edecektir. Su kaynaklarından yararlanma ve bununla ilgili çalışmalar insanlık tarihi kadar eskidir.

Dünyadaki su hacmi 1,36 milyar $km^3$'tür. Bu suyun % 97,5'i tuzlu su, % 2,5'i tatlı sudur. Dünyanın tatlı su kaynağı 35 milyon $km^3$'tür. Suyun tüketiminde ülkelerin gelişmişlik düzeyleri belirleyicidir. Pek çok ülkede en önemli su tüketim alanını tarım oluşturmaktadır. Suyun insanlar için başlıca üç kullanım alanı vardır. Bunlar; evsel tüketim (içme suyu dahil), tarım ve endüstridir. Dünya genelinde tüketilen suyun yaklaşık olarak; %70'i tarımda, %20'si endüstride ve %10'u içme kullanmada tüketilmektedir. Suyun kullanımı arttıkça su kaynaklarının kalitesinde de düşmeler yaşanmaktadır. İnsan aktiviteleri su kaynaklarının kirlenmesine yol açmaktadır. Geleceğe yönelik sulama etkinliğinin artırılmasında en önemli araç, verimli bir tarımsal üretim ve etkin bir bilgi sistemine sahip sulama yönetimidir.

Günümüz dünyasında birçok ülkede özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde bulunan ülkelerde toprak ve su kaynaklarının korunması ve sürdürülebilirliği önemli bir sorun olarak görülmeye başlanmıştır. Su krizini oluşturan faktörlerin başında ise nüfus artışı ve finansman sorunları gelmektedir (Çiftçi, 2010). Artan su sorunları dünyada olduğu gibi ülkemizde de suyun daha akılcı, verimli ve planlı kullanımını zorunlu kılmaktadır. Bu zorunluluk su kaynaklarının kirletilmemesi ve doğayı zorlayarak yeni su kaynakları geliştirilmesine yönelik çabalar yerine, mevcut suyun daha verimli kullanılmasına yönelik çalışmaları gerekli kılmaktadır.

Tarımsal üretimde temel amaç, birim alandan elde edilen verimi maksimum kılmaktır. Bunun için uygulanan teknolojik işlemlerin başında da sulama gelir. Sulama; doğal yağışlarla karşılanamayan kültür bitkileri su ihtiyacının istenilen zaman, miktar ve kalitede, kontrollü bir şekilde bitki kök bölgesinde depolanmasını sağlamaktır (Kara, 2005). Kurak ve yarı kurak alanlarda tarımsal üretimi sınırlandıran en önemli faktör sulama suyunun yetersiz olmasıdır.

Sulamada kullanılan sular, gerek yüzey suları gerekse yer altı suları olsun saf değildir. Yer altı suları, biriktikleri yere ulaşıncaya kadar geçen safhada veya biriktikleri aküferde temas ettikleri jeolojik yapıda bulunan eriyebilir maddeleri bünyelerine alırlar. Bunlar genellikle tuzlardır. Sulama suları kalite yönünden değerlendirilirken üç husus göz önüne alınır. Bunlar; fiziksel, kimyasal, biyolojik özelliklerdir. Bunlardan kimyasal özellikler; kurak ve yarı kurak bölgelerde, biyolojik özellikler de atık suların sulamada kullanıldığı veya sulama suyuna atık suların karıştığı bölgelerde önemlidir. Sulama suyundaki tuzlar genellikle; $Na^{+}$, $K^{+}$, $Ca^{++}$, $Mg^{++}$ katyonları ile $CO_3^{=}$, $HCO_3^{-}$, $Cl^{-}$, $SO_4^{=}$ anyonlarının meydana getirdiği tuzlardan oluşur.

Tuzluluk dünya topraklarının önemli sorunlarından biridir. Dünyada her yıl 10 milyon ha arazinin tuzluluk etkisiyle elden çıkması sorunun ciddi boyutlara geldiğini göstermektedir (Kwiatowski, 1998). Bütün iklim kuşaklarında oluşabilen tuzluluk, kurak koşullarda daha fazla ve çabuk bir şekilde ortaya çıkar. Bu nedenle kurak ve yarı kurak iklim koşullarının egemen olduğu bölgelerde yaygın olarak bulunurlar. Tuzların kimyasal yapılarının farklı olmasına bağlı olarak, değişik çevresel koşullarda değişik tuzlu topraklar oluşur. Dünyadaki toplam alanın yaklaşık %46'sı kurak ve yarı kurak bölgelerde bulunur. Bu iklim bölgelerinde sulanan alanların yaklaşık %50'sinde ise değişik düzeylerde tuzluluk sorunu vardır.

Dünyada halen tarım yapılan alanların %19'una karşılık gelen yaklaşık 280 milyon ha alan sulamaya açılmıştır. Sulanan arazilerde tuz birikiminin başlıca iki kaynağı vardır. Bunlardan birincisi sulama suyu, diğeri ise yüksek taban suyudur. Sulamada kullanılan sular, içerdikleri tuzların cins ve miktarına bağlı olarak çok değişik nitelikte olabilirler. Sulama suyu çok iyi kalitede olsa bile, çözünebilir tuzların temel kaynağıdırlar. Bu tuzların esas kaynağı ise kayaların ve toprak zerrelerinin ayrışma ve parçalanma olaylarıdır. Bunlar içerisinde kireç, jips ve diğer yavaş ayrışabilen toprak mineralleri vardır. Bunlardan ayrışan tuzlar, sularla arazilere taşınarak bitki kök bölgesinde birikirler.

Tarım arazilerinde tuz birikiminin diğer bir kaynağı da sulanan arazilerde sık karşılaşılan yüksek taban suyudur. Yüksek taban suyu tablasının oluşumu arazinin jeolojik ve doğal hidrolojik özelliklerinden veya sulama suyu kayıplarından kaynaklanır. Kapillar yükselme ile bitki kök bölgesine, hatta toprak yüzeyine ulaşan taban suyu evaporasyon sonucunda bünyesindeki tuzları toprak profilinde bırakır. Taban suyu çok tuzlu değilse veya toprak yüzeyine yakın olması kısa süreli ise, bu

durumda, tuz birikimi kültür bitkilerinin gelişmesine engel olacak bir niceliğe erişmez. Ancak uzun süre toprak yüzeyine yakın bir konumda kalırsa, toprakta tuz birikimi devam eder. Sonuçta, toprak tuzluluğu kültür bitkilerinin gelişmesini engelleyecek yoğunluğa ulaşabilir.

Ergene (1982), Kwiatowsky (1998); Kara (2002), tuzluluğu; özellikle kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde yıkanarak taban suyuna karışan çözünebilir tuzların, kapillarite ile birlikte yükselerek toprak yüzeyine çıkması ve buharlaşması sonucunda tuzun, toprak yüzeyinde ve yüzeye yakın bölümünde birikmesi olayı olduğunu belirtmişlerdir.

Tuzlulaşma, yani kök bölgesinin tuzluluk düzeyinin verim ve kaliteyi olumsuz etkileyecek kadar artması, çeşitli etkenler sonucunda, toprağın verimlilik potansiyelini doğrudan yönlendirici bir unsur olmaktadır. Kök bölgesine çeşitli nedenlerle iletilen tuzlar, burada biriktirilirlerse, zaman boyutunda bitki verimi ve kalitesi, gittikçe artan oranda etkilenecektir. Bu etkinin düzeyi ise iklim öğeleri, sulama suyu kalitesi, toprak özellikleri, bitki çeşidi, tarım şekli, sulama yöntemi, drenajın yeterliliği, sulama ve drenajın yönetimi gibi etmenlerin kontrolündedir.

Türkiye'de kurak ve yarı kurak iklim özellikleri görülür. Türkiye'nin ortalama yıllık toplam yağışı 643 mm'dir. Türkiye'nin potansiyel su miktarı 186 $km^3$/yıl, kullanılabilir su potansiyeli ise 110 $km^3$'tür. Bu değerin 98 $km^3$'ü yerüstü, 12 $km^3$'ü ise yer altı suyudur (Çiftçi ve ark., 2009).

Türkiye'nin halen işlenen tarım arazileri varlığı 28 milyon hektardır. Türkiye'de eğimi % 6'dan az olan sulanabilir arazi varlığı yaklaşık 16,5 milyon hektardır. Bunun günümüz koşullarında ekonomik olarak sulanabilir kısmı 8,5 milyon hektar civarındadır. Sulamaya açılmış arazi varlığı ise 5,1 milyon hektardır (Çiftçi ve ark., 2010).

Ülkemizde devlet kuruluşları tarafından önemli miktarlarda masraf yapılarak işletilen sulama şebekelerinin önemli bir bölümünde sulamanın tekniğine uygun yapılmaması, işletme-bakım ve yönetim organizasyonu ile eğitim sistemindeki bozukluklar nedeniyle aşırı su kullanımı, erozyon, taban suyu yükselmesi, topraklarda çoraklaşma gibi sorunlar ortaya çıkmış, sulama oranı ve sulama randımanı düşük düzeylerde kalmış ve etkin bir su kullanımı sağlanamamıştır (Çelebi ve ark. 2010).

Türkiye'de tuzluluk ve sodyumluluk sorunu olan arazi miktarı 1.518.722 ha olup bu alan toplam yüzölçümün % 2'sine, toplam işlenen tarım arazilerinin % 5,48'ine,

ekonomik olarak sulanabilen 8,5 milyon hektar arazinin %17'sine eşittir. Türkiye'deki sorunlu toprakların, toplam çorak alanların %74'ü tuzlu, %25,5'i tuzlu-alkali ve % 0,5'i ise alkali topraklardan oluşmaktadır (Sönmez, 2004).

Konya Kapalı Havzası 5.426.980 ha yüzölçümüne sahip bir alan olup Türkiye'nin %7'sini teşkil eder (Anonymous, 1978). Havza tabii coğrafyası itibariyle sularını denize boşaltma imkanına sahip olmayıp kendi içindeki göllere ve bataklıklara boşaltabildiğinden kapalı havza niteliği arz eder. Konya Kapalı Havzası'ndaki arazilerin sulanması için geliştirilen projeye, Konya Ovaları Projesi (KOP) denilmektedir. KOP'ta işlenebilir tarım arazisi 2,1 milyon hektardır. Bu arazilerin 1,9 milyon hektarı sulanabilir nitelikte olup sulanabilir arazinin işlenebilir araziye oranı % 89'dur.

Konya ovası sulu tarım alanlarında, sulama suyunun bilgisiz kullanılması sonucunda ova topraklarında tuzluluk, sodyumluluk ve drenaj sorunları oluşmuştur. Ovada taban suyu sorunu görülmektedir (Çiftçi, 1987; Kara ve ark., 1992). Toprakların tuzlulaşmasında ve yer yer sodyumlulaşmasındaki asıl sebep yüksek taban suyudur (Çiftçi, 1987). Taban suyundan kaynaklanan toprak tuzlulaşmasında, taban suyunun derinliği ve taban suyunun tuzluluk derecesi önemlidir. Drenajda dren derinlikleri belirlenirken tuzluluğu önleyecek taban suyu derinliği dikkate alınır. Konya Ovası su kaynakları yönünden oldukça yetersiz bir bölgedir. Su kaynakları gerek iklimsel faktörlerden ve gerekse tarımda aşırı su kullanımından dolayı giderek azalmaktadır. Ovada, sulamada kullanılan suların çok büyük bir bölümünü yer altı su kaynakları oluşturmaktadır. Suyun kontrolsüz kullanımı mevcut su sıkıntısının daha da artmasına, drenaj probleminin ortaya çıkmasına ve dolayısıyla toprak tuzluluğuna neden olmaktadır.

Planlanan bu çalışma ile laboratuar koşullarında oluşturulacak farklı sulama suyu kalite ve seviyelerindeki taban suyundan yukarı doğru toprak profilinde kapillarite ile tuz taşınımının araştırılması hedeflenmiştir. Kapillarite ile tuz taşınmasının durduğu derinlik olan kritik taban suyu seviyesi ve kritik taban suyu tuz taşınımının ne ölçüde olduğu araştırılacaktır. Elde edilen bilgilerden bölgede minimum taban suyu derinliğinin ne olacağı da belirlenerek tarla içi drenajda drenler arası mesafeler hesaplanabilecektir. Sonuçların uygulamada kullanılabileceği düşünülmüştür. Araştırmadan aktarılabilecek bir çalışma olacaktır. Araştırma sonucunda elde edilecek verilerden öncelikle Konya Ovası arazilerinde yararlanılacağı düşünülerek tez çalışmasında bölge ile ilgili temel bilgilere de yer verilmiştir.

# 2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

## 2.1.Tuzluluk Kapillarite İlişkisi

Tuzluluk; kurak ve yarı kurak bölgelerde, özellikle sıcak ve kurak olan dönemlerde, tuzlu taban sularının kılcal yükselme ile toprak yüzeyine kadar ulaşarak, burada yüksek evaporasyon nedeni ile toprak yüzeyinden kaybolması ve tuzların toprak yüzeyinde veya yüzeye yakın kesimlerinde birikmesiyle oluşmaktadır (Ağca 1999).

Kapillar yükselme ve bunu izleyen buharlaşma miktarı, toprak hidrolik özellikleri, iklim koşulları ve yetiştirilen bitkiye bağlı olarak değişmektedir. Evapotranspirasyon sonucu, sulamalardan sonra toprak üst katmanlarındaki nem içeriği minimum bir değere kadar düşer. Buna bağlı olarak nem tansiyonu da artmaktadır. Bu su tablası düzeyinde sıfır olan nem tansiyonu ile üst kısım arasındaki tansiyon farkını artırdığı için yukarıya doğru su hareketini hızlandırmaktadır. Ancak nem düşüşü ile birlikte hidrolik iletkenlikte de çok hızlı bir düşüş meydana gelmektedir. Hidrolik iletkenlikteki düşmeler kapillar hareketi de sınırlandırmaktadır. Böylece tarla kapasitesi civarında maksimum düzeyde olan kapillar yükselme, toprak nemindeki azalmanın bir fonksiyonu olarak zamanla azalmaktadır (Hillel, 1980). Bu azalma kapillar yükselmenin çok küçük olduğu bir limit değerde kararlı bir duruma kavuşacaktır. Konukçu (1997) bu kuralın geçerli olabilmesi için iklim koşullarının toprağın yukarıya doğru taşıyabileceği maksimum kapasiteden daha fazla bir buharlaştırma gücüne sahip olması gerektiğini ortaya koymuştur.

Maksimum kapillar yükselmenin, atmosferin buharlaştırma gücünden (potansiyel evaporasyondan) daha fazla olması durumunda, sulamadan kısa bir zaman sonra toprak profili nem bakımından dengeye ulaşırken, kapillar yükselme de potansiyel evaporasyon ile dinamik denge içerisinde olacaktır. Konukcu et al. (2004), Rose vd. (2005) ve Gowing vd. (2006) bu durumu yapmış oldukları testler ve teorik çalışmalar sonucu ortaya koymuşlardır. Sulamalardan sonra toprak tarla kapasitesinde iken, sulamadan hemen önce sulama sezonu içerisindeki en düşük düzeyine kadar düşmektedir. Bu çalışmada sulamaların, yarayışlı suyun %50'sinin tüketildiği zaman yapıldığı kabul edilerek, her bir toprak tekstürü için en düşük nem içeriği

hesaplanmıştır. Buna göre killi, tınlı ve kumlu toprak tekstürleri için nem içerikleri sırasıyla; 0,330 $m^3/m^3$, 0,195 $m^3/m^3$ ve 0,105 $m^3/m^3$'tür.

Sulama sezonu içerisinde taban suyu derinliğine bağlı olarak, her bir toprak tesktürü için maksimum ve minimum kapillar yükselmelerin similasyonu yapılmıştır. Genel olarak su tablasının yükselmesiyle birlikte kapillarite yoluyla taban suyundan buharlaşmada da artış meydana gelmiştir ve bu artış toprak tekstürüne göre önemli farklılıklar göstermiştir. Killi topraktan kapillar yükselme, taban suyu seviyesinin 3,0 m'den 2,0 m'ye yükselmesi ile çok az bir şekilde artarken, 2,0 m ile 0,5 m arasında nispeten daha hızlı bir artış göstermiştir. 2,0 m'deki minimum ve maksimum değerler sırasıyla 0,17 ve 0,25 mm/gün olan kapillar yükselme, 0,5 m derinlikte aynı sırayla 1,0 ve 1,5 mm/gün olmuştur. Tınlı toprak bünyesinde, su tablasının 3,0 m'den 2,5 m'ye yükselmesiyle kapillar yükselmedeki artış ihmal edilebilecek kadar küçük iken, 2,5 m'den sonra hızlı bir artış göstererek, 0,5 m derinliği için minimum ve maksimum değerler sırasıyla 2,5 ve 4,0 mm/gün olmuştur. Kumlu toprakta ise 1,0 m'den daha derin su tablası seviyelerinde kapillar yükselme ihmal edilebilecek kadar az olmamasına rağmen; 0,5 m su tablasında minimum ve maksimum kapillarite değerleri sırasıyla 0,7 ve 1,0 mm/gün olarak hesaplanmıştır. Farklı bünyeye sahip bu üç toprak karşılaştırıldığında taban suyundan kapillarite ile su kaybı büyükten küçüğe doğru sırasıyla; tınlı, killi ve kumlu topraklardan olmuştur. Bu sonuç şu şekilde açıklanabilir; kumlu toprakların gözeneklerinin çok iri olması nedeniyle çok küçük nem tansiyonlarında bile bu gözeneklerin büyük bir kısmı boşalarak, hidrolik devamlılık kırılmakta ve iletkenlik çok hızlı bir şekilde düşmekte ve sonuçta kapillarite de diğer tekstürlere oranla çok küçük kalmaktadır. Diğer taraftan en ince bünyeye sahip killi topraktaki kapillaritenin en yüksek olması beklenirken, toprak için en yüksek değer hesaplanmıştır. Bu ise killi topraklarda gözeneklerin çok küçük olması nedeniyle 3,0 m'den bile az da olsa kapillarite olayının meydana gelmesine karşılık, bu toprakların hidrolik iletkenlikleri orta bünyeli topraklara nazaran oldukça düşük olması ile açıklanabilir. Bu nedenledir ki, yüksek ve tuzlu taban suyu koşullarında tuzlulaşma riskini azaltmak için su tablası derinliği de tınlı > killi > kumlu toprak olacak şekilde planlanmaktadır. Benzer sonuçlar Rijtema (1969) ve Bos et al. (1996) tarafından da bulunmuştur. Ayrıca araştırma sahasındaki kumlu, tınlı ve killi bünyeli topraklar için kritik taban suyu derinliklerinin sırasıyla; 1,0 m, 2,5 m ve 3,0 m olduğunu da göstermektedir.

Konukçu ve Akbuğa (2006), yaptıkları araştırmada bir simülasyon çalışması ile Konya-Çumra sulama sahasında, sulama programı yüksek ve tuzlu taban suyu dikkate alınarak yeniden oluşturulmaya çalışılmıştır. Taban suyundan kapillarite ile su kaybı büyükten küçüğe doğru sırasıyla; tınlı, killi ve kumlu topraklardan olmuştur. Kumlu, tınlı ve killi bünyeli topraklar için tuzlulaşma riski açısından kritik taban suyu derinlikleri sırasıyla; 1,0 m, 2,5 m ve 3,0 m olmuştur. Seçilen buğday-buğday münavebesi için üç aylık nadas toprak profilinde önemli oranda tuz birikmiştir. Yeni sulama programı ile % 10 su tasarrufu sağlanırken, sürdürülebilir bir sistem de önerilmiş olmaktadır. Önerilen sistem drenaj sistemlerinin tesisini öngörmektedir.

### 2.2. Su Kalitesi Tuzluluk İlişkisi

Bitkilerin sulanmasında kullanılacak suyun sulamaya uygunluğu; sulama suyunun kalitesi, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliği, bitkinin çeşidi, tarlanın drenaj yeterliliği ve sulama yöntemiyle yakından ilgilidir. Sulama suyunun kalitesi, içerisindeki erimiş halde bulunan tuzların konsantrasyonuyla belirlenir. Sulama suyu kalitesi; toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerine, bitkinin tuza dayanım hassasiyetine, iklim şartlarına ve uygulanacak sulama yöntemi ile su miktarına bağlı olarak, bitki ve toprak üzerinde doğrudan ve dolaylı olarak etkili olmaktadır (İşcan ve ark., 2001).

Sulama suyundaki tuzlar genellikle; $Na^{+}$, $K^{+}$, $Ca^{++}$, $Mg^{++}$ katyonları ile $CO_3^{=}$, $HCO_3^{-}$, $Cl^{-}$, $SO_4^{=}$ anyonlarının meydana getirdiği tuzlardan oluşur. Sulama suyunda bulunan katyonların en önemlisi $Na^{+}$, anyonların en önemlisi ise $HCO_3^{-}$'dır. Her ikisinin birlikte fazla oranda bulunması, zamanla toprakta soda oluşumuna neden olur. Toprakta soda birikmesi, değişebilir sodyum oranının artmasına ve toprağın alkalileşmesine yol açar. Bu ise toprağın fiziksel özelliklerini olumsuz etkileyerek toprak strüktürünü bozar, geçirgenliğini azaltıp toprağın havalanmasını önler. Sulama suyunda önemli miktarlarda bulunan bu iyonların dışında, çok az miktarda dahi bulunması bitkilere zarar veren, onları zehirleyen mikro elementler bulunabilir. Bunların en önemlisi bor elementidir (Kara, 2005).

Güngör ve ark. (1992), laboratuar koşullarında killi bünyede oluşan toprak kolonları üzerinde 7 farklı kalitede yıkama suyu uygulamışlar ve toprakta kalan tuzluluk yüzdelerini farklı Ca/Mg oranlarında ve farklı yıkama suyu miktarlarında

araştırmışlardır. Araştırma sonucunda, su kalitesinin iyileştikçe topraktan yıkanan tuz miktarının arttığı, kötüleştikçe azaldığını saptamışlardır.

Yılmaz ve Çiftçi (1993), Konya Ovası Ana Drenaj Kanalı ve buna bağlı 4 ayrı drenaj kanalındaki su kalitelerinin belirlenmesi ve bunların sulamada kullanılabilirliğinin tespiti amacıyla, 1991-1992 yıllarında yaptıkları araştırmada, drenaj kanalları güzergâhları üzerinde seçilen 17 ayrı noktadan 12 ay süreyle aylık su örnekleri ve bu sularla sulanan bazı arazilerden de toprak örnekleri almışlar, toprakların çoğunluğunun tuzlu ve sodyumlu toprak özelliği gösterdiğini belirlemişlerdir. Drenaj kanallarındaki suların büyük bir kısmının 3. ve 4. sınıf sulama suyu olduğunu ve sulamada kullanılmasının uygun olmadığını tespit etmişlerdir.

Ayrancı (2006), Muğla-Ortaca yöresindeki seralarda kullanılan yeraltı sulama sularının kalitelerinin belirlenmesi amacıyla yapmış olduğu çalışmada; Ortaca yöresini temsil eden tesadüfi olarak belirlenmiş toplam 25 adet seradan sulama suyu örnekleri almıştır. Su örneklerinde; EC, pH, $Na^{+}$, $K^{+}$, $Ca^{++}$, $Mg^{++}$, $CO_3^{=}$, $HCO_3^{-}$, $Cl^{-}$, $SO_4^{=}$ analizleri yapmıştır. Analiz sonuçlarını esas alarak SAR, RSC ve % Na değerleri hesaplanmıştır. Analiz sonuçlarını, sulama suyu kalite kriterleri çerçevesinde değerlendirmiştir. Elde edilen sonuçlara göre; örneklerin %76'sı C2S1 (II.sınıf tuzluluk ve I.sınıf sodikllik), %24'ü ise C3S1 (III.sınıf tuzluluk ve I.sınıf sodikllik) sınıfına girdiğini belirtmiştir. Sera sulama suyu örneklerinin tamamının SAR ve % Na yönünden sorun taşımakta olup 1.sınıf sular olduğunu belirtmiştir. Sulama sularında karşılaşılan en önemli sorun kaynağının klorür mevcudiyeti olduğunu belirtmiştir. Ayrıca örneklerin 19 tanesinde (%76) sülfata rastlandığını kalan 6 örneğin (%24) ise sülfat içermediğini belirtmiştir.

Arslan ve arkadaşları (2007), yaptıkları bir çalışmada Bafra Ovası Sağ Sahil Sulama alanında sulama amaçlı kullanılan yeraltı sularının kalitesinin belirlenmesini amaçlamışlardır. Bu amaçla Haziran, Temmuz ve Ağustos 2005 tarihlerinde sulama amaçlı kullanılan 10 adet sondaj kuyusundan örnek alınmış ve örnekler üzerinde; EC, pH, $Na^{+}$, $K^{+}$, $Ca^{++}$, $Mg^{++}$, $CO_3^{=}$, $HCO_3^{-}$, $Cl^{-}$ ve $SO_4^{=}$ analizleri yapılmıştır. Analiz sonuçlarından faydalanılarak sulama sularının; Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) ve Artık Sodyum Karbonat Konsantrasyonu (RSC) değerleri belirlenmiştir. Araştırma sonucunda kuyuların 1 tanesinin sulama suyu kalitesinin yüksek tuzlu düşük sodyumlu, 2 tanesinin yüksek tuzlu orta sodyumlu, 1 tanesinin çok yüksek tuzlu orta sodyumlu, 1 tanesinin yüksek tuzlu orta sodyumlu ve 5 tanesinin ise çok yüksek tuzlu çok yüksek

sodyumlu olduğu belirlenmiştir. Klor bakımından ise 1 tane kuyunun sorun içermediği, 2 tanesinin orta duyarlı bitkilerin sulanmasında ve 7 tanesinin ise dayanıklı bitkilerin sulanmasında kullanılabileceği belirlenmiştir. Su örneklerinin pH değerleri 6,6 ile 8,3 arasında değişmekte olup, 5 ve 6 nolu kuyuların RSC değeri 2,5'den yüksek çıkmıştır. Bu sonuçlara göre 5 ve 6 nolu kuyulardaki suların sulamada kullanılmasının sakıncalı olduğu belirlenmiştir.

### 2.3. Tuzluluğun Bitki Gelişimine Olan Etkisi

Bir suyun tuzluluğunun yüksek olması, toprak çözeltisinin ozmotik basıncının yükselmesine dolayısıyla köklerin topraktan su alımlarının azalmasına neden olacağından bitki verimi ve kalitesini olumsuz etkilemektedir. Tuzluluğun artmasıyla birlikte yapraklar sararır ve solar, bitki turgoru azalır ve görünüm zayıflar. Uzun süre bu etki altında kalan bitkilerde kalıcı ve verimi etkileyen sonuçlar ortaya çıkar. Toplam tuzluluğun düşük olduğu koşullarda, bireysel bazı toksik iyonlar yüksek konsantrasyonlarda bitki verim ve kalitesine etki ederler. Bu gibi iyonların yüksek konsantrasyonları yapraklarda ve vejetatif organlarda yanma ve zararlanmalara ya da meyvede kalite üzerine olumsuz etki yapabilmektedir (Ayyıldız, 1990; Yurtseven, 1997).

Sulama suyu ile toprağa iletilen tuzlar, bitki gelişmesi üzerine doğrudan ve dolaylı olmak üzere iki türde etki yaparlar. Doğrudan etki; Cl, Na, $HCO_3$ ve B gibi bazı iyonların bitki bünyesinde yüksek konsantrasyonlarda birikerek bitki gelişmesini azaltmak ya da durdurmak şeklinde ortaya çıkmaktadır. Dolaylı etkide tuzlar, toprakta birikerek toprak çözeltisinin ozmotik basıncının artmasına neden olurlar. Bu ise bitki köklerinin su alımını zorlaştırarak fizyolojik kuraklık etkisine neden olur.

Kıyı bölgelerinde açılan ve aşırı pompalama yapılan kuyularda zamanla deniz suyu girişi olması nedeniyle su kalitesi bozulmakta ve kuyular terk edilmektedir. Kıyı bölgelerinde bulunan kuyulardaki suların klor miktarı 7 me/l (250 mg/l)'den yüksek olduğu durumlarda, yeraltı suyuna deniz suyunun etkisinin olduğu söylenilebilir (Gualbert, 2001; Demirel, 2004).

Çözünebilir tuzlar, bitkiler tarafından kolayca alınabilirler. Bitki bünyesine giren tuz bileşikleri çeşidine ve miktarına göre belli bir konsantrasyonu aşınca bitkiye zararlı olmaktadırlar. Bitki üzerine, beslenme ve metabolizmayı bozmak yoluyla

zehirleyici etki yaparlar. Ayrıca toprakta tuz konsantrasyonunun artmasıyla, bitkinin topraktan su alımı güçleşmekte, toprağın yapısı bozularak bitki gelişimi yavaşlamakta hatta durmaktadır (Kanber ve ark., 1992; Güngör ve Erözel, 1994).

Toprak içerisinde yeterli miktarda su bulunmasına rağmen bazı koşullar altında bitkilerin solmaya başladıkları görülmüştür. Bu durum genellikle yüksek toprak tuzluluğunun yarattığı ‘’fizyolojik kuraklık’’ durumundan kaynaklanmaktadır. Fizyolojik kuraklık durumunda yüksek ozmotik basınç nedeniyle bitki kökleri topraktaki mevcut suyu alamamaktadırlar (Ayyıldız, 1990).

Maas ve ark. (1986), iki sorgum çeşidinin (Sorghum bicolor (L.) Moench., cvs Northrup King 265 ve Asgrow Double TX) tuza toleransını gelişmenin 3 farklı safhasında incelemişlerdir. Her iki çeşidin vejetatif gelişme safhasında tuzluluğa hassas iken olgunlaşma safhasında ise daha az hassas olduğunu, tuzluluğun ortalama tohum ağırlıklarına önemli etki yapmazken vejetatif gelişmeyi önemli derecede etkilediğini belirtmişlerdir.

Sönmez ve Yurtseven (1995), domates bitkisinde farklı gelişme dönemlerinde farklı tuzluluk düzeyinin etkisini araştırmışlardır. Gerek tuzluluk gerek SAR düzeyinin artması çimlenme oranlarını azaltmıştır ve 10 dS/m düzeyinde çimlenme olmamıştır. Fide gelişimi üzerine ise 4 dS/m’nin üzerindeki tuzluluk düzeyleri olumsuz etki yapmışlardır. Çalışmalar sonunda ilk yıl verim değerlerinin ele alınan tuzluluk ve SAR değerlerinde etkilenmediği gözlenirken, ikinci yıl verim değerleri üzerine tuzluluğun etkisi önemli olmuştur. Üçüncü yıl verim değerleri üzerine tuzluluğun etkisi daha büyük oranda olmuştur.

Çakır ve Gidişoğlu (1997), EC değeri 7,2 dSm/1 ve SAR değeri 15-26 olan Ergene Nehri suyu ile ve EC değeri 0,8 dSm/1 ve SAR değeri 0,87 olan şebeke suyunu kullanarak yapmış oldukları çalışmada birinci yıl sonunda şebeke suyu ile sulanan toprağın EC değerinin 0,5-0,6 dSm/1 sınırları arasında kalmasına rağmen, nehir suyu ile sulanan alanda 6-8 kat artışla 3-4 dSm/1’ye ulaştığı, ikinci yılın sonunda ise nehir suyu ile sulanan toprağın EC değerinin 8-10 dSm/1’ye ulaştığını belirlemişlerdir.

Yurtseven ve Baran (2000), brokkoli bitkisi için sulama suyu tuzluluğu ve su miktarlarının verim ve mineral madde içeriğine etkisini araştırmışlardır. Bitki verimi üzerine sulama suyu tuzlulukları ile sulama suyu miktarlarının her ikisi de etkili olurken, kuru madde ve toplam kül değerleri üzerinde sadece tuzluluklar etkili olmuştur. Verimde 6 dS/m düzeyinden itibaren önemli azalmalar olmuş, sulama suyu

miktarındaki artış ise verimi azaltmıştır. Tuzluluğun artması bitki kuru madde miktarlarının azalmasına neden olurken, toplam kül içeriklerini artırmıştır.

Yurtseven ve ark. (2001a), bir yağ bitkisi olan kolzada sulama suyu tuzluluğu ile sulama aralığının verime ve vejetatif gelişmeye etkisini araştırmışlardır. Tuzluluk etkisiyle yaş ağırlıklar azalmıştır. Bio kütle değerleri üzerinde de tuzluluğun etkisinin benzer olduğu ve tuzluluğun bio kütle üretimini önemli düzeyde azalttığı gözlenmiştir. Bitki gelişiminin bir göstergesi olarak değerlendirilen bitki yaprak alanları da tuzluluğun artışı ile önemli düzeyde azalma göstermiştir.

Yurtseven ve ark. (2001b), sulama suyu tuzluluğunun tınlı toprakta profil tuzluluğuna etkisi isimli çalışmada toprak profil tuzluluğu değişimleri 0-90 cm profil için incelemişlerdir. Bütün parsellerde deneme yılları boyunca tuzluluk artmıştır. Tuzluluğun yüksek olduğu konularda bu artış daha da yüksek olmuştur.

Scardaci ve ark (2002), toprak ve su tuzluluğunun pirinç verimine etkisini araştırmışlardır. Pek çok su kaynağının EC'si 0,7 dS/m'nin altındadır. Bazı drenaj sularının EC'si 0,7 ve 1,7 dS/m arasındadır ve bu tuzluluk problemi oluşturabilir. Tuzluluğun artmasıyla pirinç verimi azalma göstermiştir. Yine sulama suyu EC'sinin artmasıyla tohum yoğunluğu ve bio kütle değerleri de azalma göstermiştir.

Kutlar ve Çiftçi (2007), domateste farklı tuz konsantrasyonlarına sahip sulama suyu uygulamalarının meyvede bazı verim parametrelerine etkisini görmeyi amaçlamışlardır. Deneme, Konya'da sera şartlarında 8354 F1 çeşit domates yetiştiriciliğinde altı farklı tuz konsantrasyonuna sahip sulama suyunun (EC=500 µmhos/cm kontrol, 750, 1000, 1500, 2000 ve 2500 µmhos/cm) bitki su ihtiyacının %100 ve %75'i karşılandığı koşullarda 2 alt konuda 3 tekerrürlü olarak toplam 36 deneme saksısında tesadüf parselleri faktöriyel deneme deseninde 2005 ve 2006 yıllarında iki ayrı dönem olarak yürütülmüştür. Araştırma sonucunda sulama suyunda tuzluluk artışı ile birlikte meyve sayısı ve ağırlığında, dolayısı ile verimde %41'e varan azalmalar görülmüş ve meyve çapları küçülmüştür. Tuz oranı yüksek sulama suyu kullanımında bitki sulama suyu ihtiyacında kısıtlamaya gidilmesinin, domates bitkisinin verimine olumsuz etki yaptığı sonucuna varılmıştır.

# 3. MATERYAL VE METOD

## 3.1. Materyal

### 3.1.1. Deneme yeri

Bu araştırma Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü laboratuarında yürütülmüştür. Bu amaçla Üniversite kampüs alanından temin edilen tarım toprakları laboratuara getirilerek havada kurutulduktan sonra 4 mm'lik elekten geçirilip özel amaçlı 12 cm çapında 1 m, 1,5 m ve 2 m boylarındaki plastik silindirik borulara eşit miktarda doldurularak, boru tabanlarında çeşitli tuzluluk seviyesinde devamlı oluşturulan taban suyundan kapillar tuz taşınımı 8 aylık sürede takip edilmiştir.

### 3.1.2. Coğrafik konum

Konya ili, coğrafi olarak 36° 41' ve 39° 16' kuzey enlemleri ile 31° 14' ve 34° 26' doğu boylamları arasında yer alır. Deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 1016 m'dir. Kuzeyden Ankara, Eskişehir, batıdan Isparta, Afyonkarahisar, güneyden Antalya, Karaman, Mersin, doğudan Niğde ve Aksaray illeri ile çevrili olan Konya'nın yüzölçümü 4.081.353 hektardır (Anonymous, 2004).

Konya'nın nüfusu merkezde 1 milyon 36 bin 27 kişi, il genelinde ise 2 milyon 13 bin 845'dir (Anonymous, 2011).

Konya il topraklarının %60'ı ekili ve dikili alanlarla, %17'si orman ve fundalıklarla ve %15'i çayır ve meralarla kaplıdır. Konya büyük bir bozkırı andırır. İlkbahar yağmurları ile yemyeşil olan arazi kısa bir müddet sonra kavurucu sıcaklıkla sararır. Orman varlığı azdır (Anonim, 2011).

### 3.1.3. İklim yapısı

Konya'da kışlar; sert, soğuk ve kar yağışlı, yazlar; sıcak ve kurak geçer. Tipik bir yarı kurak iklim özelliği gösterir. Yıllık ortalama sıcaklık 11,5°C'dir. Rastlanan en yüksek sıcaklık 40,6°C, en düşük sıcaklık ise -26,5°C'dir. Yılın ortalama 10 gününde

sıcaklık -10°C'den düşüktür. Don olayı görülen gün sayısı 100'dür. Don 14 Eylül ile 15 Mayıs arasında görülebilir. Ortalama nisbî nem % 60'tır. Konya'da yaklaşık 23 gün sisli geçer ve Türkiye'de bu konuda başta gelen ildir. Bunda şehrin bir çanak içinde kurulmuş olmasının da büyük rolü vardır (Anonim, 2011).




**Şekil 3.1.** Konya ili bölge haritası

Konya'da yıllık ortalama yağış 316,5 mm olup, 43,7 mm ile Mayıs ayı başta gelir (Anonim, 2011). Konya ili bazı iklim değerleri Çizelge 3.1'de verilmiştir. (Anonymous,2010).

**Çizelge 3.1.** Konya iline ait bazı meteorolojik veriler (Anonymous, 2010)

| İklim Değerleri | Pereyot (Yıl) | Ocak | Şubat | Mart | Nisan | Mayıs | Haziran | Temmuz | Ağustos | Eylül | Ekim | Kasım | Aralık | Yıllık |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Maksimum Sıcaklık °C | 42 yıl | 17,6 | 21,6 | 28,9 | 30 | 34,4 | 36,7 | 40,6 | 37,8 | 36,1 | 31,6 | 25,2 | 21,8 | 40,6 |
| Minimum Sıcaklık °C | 42 yıl | -25,8 | -26,5 | -15,8 | -8,6 | -1,2 | 3,2 | 6 | 6,6 | 0,4 | -7,6 | -20 | -22,4 | -26,5 |
| Ortalama Sıcaklık °C | 42 yıl | -0,3 | 1,2 | 5,6 | 11 | 15,6 | 2 | 23,4 | 22,9 | 18,3 | 12,3 | 6 | 1,6 | 11,5 |
| Toplam Yağış Miktar (mm) | 31 yıl | 34,4 | 24,1 | 26,3 | 39,9 | 42,7 | 21,5 | 7,7 | 5,4 | 10,3 | 33,4 | 36,6 | 40,1 | 322,3 |
| Ortalama Bağıl Nem (%) | 42 yıl | 77 | 72,2 | 64,1 | 58,2 | 55,9 | 48,2 | 41,8 | 42,3 | 47,8 | 60 | 70,4 | 77,6 | 59,6 |
| Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn) | 42 yıl | 1,9 | 2,1 | 2,4 | 2,3 | 2,1 | 23 | 2,6 | 2,4 | 2,1 | 1,8 | 1,6 | 1,8 | 2,1 |
| Maksimum Sıcaklık °C | 2009 | 14,7 | 15 | 18,1 | 22,4 | 29,5 | 33,7 | 33,9 | 34,7 | 33 | 28 | 21,5 | 16,7 | 34,7 |
| Minimum Sıcaklık °C | 2009 | -16,5 | -11,4 | -5,2 | 0,2 | 3 | 10,7 | 13,2 | 8,4 | 8,8 | 4,5 | -3,3 | -5,5 | -16,5 |
| Ortalama Sıcaklık °C | 2009 | 1,8 | 3,4 | 5 | 10,5 | 15,2 | 21,6 | 23,6 | 22,6 | 20,2 | 15,5 | 6,6 | 4,8 | 12,5 |
| Toplam Yağış Miktar (mm) | 2009 | 60,1 | 44,8 | 24,4 | 45,7 | 55,8 | 2,7 | 11,7 | 0 | 52 | 12,7 | 56,7 | 74,6 | 441,2 |
| Ortalama Bağıl Nem (%) | 2009 | 89,1 | 86,2 | 73,2 | 70,4 | 60,4 | 40,4 | 43,5 | 32,7 | 48,6 | 53,5 | 80,2 | 89,2 | 63,9 |
| Ortalama Rüzgâr Hızı (m/sn) | 2009 | 1,3 | 1,9 | 2 | 1,7 | 1,7 | 2 | 2,4 | 2,1 | 1,8 | 1,4 | 1,3 | 1,2 | 1,7 |

### 3.1.4. Arazi ve toprak özellikleri

Konya ovalarında, yağış rejimi, sıcaklık, bitki örtüsü, anakaya ve yağış miktarı gibi şartların etkisi ile çeşitli toprak tipleri ortaya çıkmıştır. Karapınar Karacadağ çevresinde çoğunlukla volkan tüfleri üzerinde oluşmuş kumlu topraklar yaygındır. Konya havzasında Ereğli, Akgöl, Aslım, Alakova, Tersakan, Hotamış bataklığı çevresinde çorak topraklar ile Konya ovalarında alüviyal topraklar görülür (Anonymous, 2005).

Konya ovası, topografya bakımından tekdüze bir karakter gösterir. Eğim % 0-1 arasında değişmektedir. Toprakların pH değeri 7,5-8,5 arasında değişir (Anonymous, 1998).

Konya ovası sulu tarım alanlarında, sulama suyunun bilgisiz kullanılması sonucunda ova topraklarında tuzluluk, sodyumluluk ve drenaj sorunları oluşmuştur. Ovada taban suyu seviyesi de yükselmiştir (Çiftçi, 1987; Kara ve ark., 1992). Havza topraklarının 509.380 hektarında tuzluluk ve alkalilik, 623.446 hektarında ise drenaj sorunu mevcuttur (Kara ve ark., 1991). Konya Ereğli Ovasında yapılan bir çalışmada yer altı suyunun yüksek derecede tuzlu olduğu ve sulamada kullanılmasının sakıncalı olacağı belirtilmiştir (Yıldırım, 1992). Toprakların tuzlulaşmasında ve yer yer sodyumlulaşmasındaki asıl sebep yüksek taban suyudur (Çiftçi, 1987). Konya bölgesinde taban suyu seviyesinin en yüksek olduğu aylar Ağustos ve Mayıs , en düşük olduğu aylar ise Ekim ve Ocak aylarıdır (Kara ve ark., 1990). Konya Ovasında taban suyu seviyesi yıllık değişimi 106-192 cm arasındadır, taban suyu tuz kalitesi ise T3S1'dir (Kara ve ark., 1991).

İl'de arazi toplulaştırması yapılan alan 79.077 ha'dır. Devam eden projelerle bu miktar 94.377 ha olacaktır. Bu da İl'in sulanabilir arazilerinin (1.644.000 ha) % 5,7'sidir. Bölgede toplulaştırma ihtiyacı çok fazladır. Arazi toplulaştırma projelerine öncelik verilmesi gereklidir (Çiftçi, 2010).

### 3.1.5. Konya İli su kaynakları ve su kullanımı

Ovada sulama suyu kaynakları yer altı ve yer üstü sularıdır. Yer altı suları DSİ, Sulama Kooperatifleri ve çiftçi imkânları ile açılan yer altı suyu kuyularından temin edilmektedir. Yer üstü su kaynakları ise Beyşehir Gölü ve Çarşamba Çayıdır (Çiftçi ve

ark., 1995). Konya Ovası yakın tarihte devlet sulamalarının ilk yapıldığı bölgelerdendir. KOP (Konya Ovaları Projesi)'ta kullanılabilir toplam su potansiyeli 3,82 milyar $m^3$/yıl, toplam su ihtiyacı 12,02 milyar $m^3$/yıl ve su açığı ise yaklaşık 8,20 milyar $m^3$/yıl'dır (Kara ve ark., 1992).

Konya İli'nde toplam 2.247.000 ha tarım arazisi mevcuttur. Bu arazilerin tarım yapılabilir miktarı ( nadas alanları ile birlikte) 1.870.000 ha'dır. Sulanabilir tarım arazisi ise 1.644.000 ha'dır. İl'de resmi olarak sulamaya açılan arazi miktarı 377.000 hektardır. Bu oran sulanabilir arazilerin ancak %23'üdür. Konya'da 2008 yılı itibari ile açılan yer altı su kuyusu sayısı 59.311 adettir. Kuyuların 18.240 adedi ruhsatlı ve 41.071 adedi ise ruhsatsız kaçak kuyudur. Konya Havzasındaki tüm kuyuların (94 bin adet) %63'ü Konya il sınırları içindedir. İl'deki ruhsatsız kuyuların havzadaki toplam kuyulara oranı ise %44'dür. Bu rakam çok ciddi bir değerdir ve yer altı suyunun aşırı ve izinsiz kullanıldığı sonucunu göstermektedir. Bölgede sulama suyuna aşırı talebin olduğu kuyu sayılarından da görülmektedir. Bölgede yer altı suyunun aşırı kullanımı sonucu yer altı suyu seviyesinde hızlı düşüşler ve kirlenmeler görülmektedir. Bölgede yaşanan yarı kurak iklimin yanında özellikle tarımda aşırı ve bilinçsiz su kullanımı ve yönetimi sonucu ciddi su krizleri yaşanmaya başlanmıştır ve gelecek on yılda da bu kriz hızla artarak devam edecektir. Yüzey su kaynaklarının azalması, yer altı suyunun aşırı tüketimi ve beraberinde yaşanan kuraklık bölgedeki sulak alanların azalmasına hatta giderek kurumasına sebep olmuştur (Çiftçi, 2010).

Konya ili için tüm hayaller KOP'un kamuoyunda bilinen önemli bir parçası olan Mavi Tünel (414 milyon $m^3$/yıl) üzerine kurulmuş gibi gözükmektedir. Bu Konya'da yanılgıya yol açmaktadır. Konya su kaynakları ve sulama sorunlarına yönelik kamuoyunda ciddi bilgi eksiklikleri mevcuttur. Çünkü Konya'nın su açığının 8,2 milyar $m^3$/yıl olduğu ve sulanabilir arazilerinin de 1.644.000 ha olduğu da dikkate alındığında bu miktar çok az kalmaktadır. Bölgenin mevcut bitki deseni dikkate alındığında Mavi Tünel'den temin edilecek bu su ile ancak 50-70 bin ha alan sulamaya açılabilecektir (Çiftçi, 2010).

### 3.1.6. Tarımsal yapı ve üretim

İki milyon nüfusa sahip Konya İli'nde toplam 2.247.000 ha tarım arazisi mevcuttur. Bu arazilerin tarım yapılabilir miktarı (nadas alanları ile birlikte) 1.870.000 ha'dır. Sulanabilir tarım arazisi ise 1.644.000 ha'dır.

Konya'da iktisadi hayatın temelini tarımsal faaliyetler teşkil etmektedir. Bu tarımsal faaliyetlerin önemli kısmını hububat (buğday, arpa, yulaf, çavdar) tarımı oluşturmaktadır. Ayrıca bölgede yemeklik dane baklagiller (kuru fasulye, mercimek, nohut), yağ bitkileri (ayçiçeği ve haşhaş), endüstri bitkileri (şekerpancarı ve patates), yem bitkileri (yonca, fiğ ve silajlık mısır) üretimi yapılmaktadır. Konya, Türkiye buğday üretiminin %11'ini, arpa üretiminin %13,7'sini ve şeker pancarı üretiminin %25'ini karşılamaktadır (Anonymous, 2004).

## 3.2. Metod

### 3.2.1. Deneme deseni

Deneme, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü laboratuarında Şubat- Ekim 2010 arasında yürütülmüştür. Deneme amacıyla 12 cm çapında 1 m, 1,5 m ve 2 m uzunluğunda PVC plastik borular düşey kolon olarak kullanılmıştır. Boruların içerisine konan deneme toprakları Üniversite kampüs alanından temin edilerek laboratuara getirilmiş; havada kurutulduktan sonra 4 mm'lik elekten geçirilip her ayrı uzunluğa sahip plastik silindirik borulara hacim ağırlıkları dikkate alınarak eşit miktarda (16-24-32 kg) doldurulmuştur (Şekil 3.2). Boruların alt kısımlarında 4 farklı tuzluluk konsantrasyonuna sahip yapay taban suyu oluşturulmuştur. Devamlı oluşturulan 4 farklı tuzluluk seviyesindeki taban suyundan kapillar tuz taşınımı 8 aylık sürede takip edilmiştir. Deneme; 3 farklı taban suyu seviyesinde, 4 farklı tuzluluk konsantrasyonunda 3 tekrarlı olmak üzere 36 silindirik kolonda yürütülmüştür. Deneme deseni planı Şekil 3.3'de verilmiştir.



**Şekil 3.2.** Deneme yürütülen kolonlar ve Taban suyu bidonları

| Tabansuyu Tuzluluk Seviyesi ECx$10^{-6}$ (Micromhos/cm) | Taban Suyu Derinliği (m) | Tekerrür | | |
|---|---|---|---|---|
| | | I | II | III |
| A EC=500 | 1 m | $A_{11}$ | $A_{12}$ | $A_{13}$ |
| | 1,5 m | $A_{21}$ | $A_{22}$ | $A_{23}$ |
| | 2 m | $A_{31}$ | $A_{32}$ | $A_{33}$ |
| B EC=1000 | 1 m | $B_{11}$ | $B_{12}$ | $B_{13}$ |
| | 1,5 m | $B_{21}$ | $B_{22}$ | $B_{22}$ |
| | 2 m | $B_{31}$ | $B_{32}$ | $B_{32}$ |
| C EC=2000 | 1 m | $C_{11}$ | $C_{12}$ | $C_{13}$ |
| | 1,5 m | $C_{21}$ | $C_{22}$ | $C_{23}$ |
| | 2 m | $C_{31}$ | $C_{32}$ | $C_{33}$ |
| D EC=4000 | 1 m | $D_{11}$ | $D_{12}$ | $D_{13}$ |
| | 1,5 m | $D_{21}$ | $D_{22}$ | $D_{23}$ |
| | 2 m | $D_{31}$ | $D_{32}$ | $D_{33}$ |

**Şekil 3. 3.** Deneme deseni planı

### 3.2.2. Araştırmada kullanılan toprak ve sulama suyu özellikleri

#### 3.2.2.1. Toprak özellikleri

Araştırmada kullanılan topraklar Selçuk Üniversitesi kampüs alanındaki Ziraat Fakültesi deneme alanından temin edilmiştir. Toprakların hacim ağırlıkları bozulmamış örneklerde, bazı fiziksel özellikleri de 2 mm'lik elekten elendikten sonra bozulmuş örneklerde analiz edilmiştir. Laboratuara getirilen topraklar havada kurutulduktan sonra 4 mm'lik elekten geçirilmiş, daha sonra topraklar 12 cm çapında ve uzunluğu 1 m olan borulara 16 kg, 1,5 m olan borulara 24 kg ve 2 m olan borulara da 32 kg

doldurulmuştur. Borular içerisindeki toprak yüksekliklerinin aynı seviyede olmaları için borular düşey doğrultuda 20 cm yükseklikten 15 kez serbest düşmeye bırakılmıştır. Boruların alt kısmından toprakların kaybolmasını önlemek için tabanlarına su girişini engellemeyecek şekilde küçük gözenekli tel elekler geçirilmiştir (Şekil 3.2).

Boruların zeminlerinde oluşturulan taban suyu seviyelerinin aynı olması için her grup boru tabanındaki saksılara eşit miktarda deneme konusu sulardan (A,B,C,D) konulmuştur. Su seviyeleri azaldıkça ölçülü miktarlarda sular eklenmiştir. Su miktarları hiçbir zaman sıfırlanmamıştır. Deneme öncesi toprağa ait bazı analiz sonuçları Çizelge 3.2'de verilmiştir.

**Çizelge 3. 2.** Deneme öncesi deneme toprağına ait bazı özellikler

| Bünye | Ph | EC Micromhos/cm | Hacim Ağırlığı $g/cm^3$ | Kireç % |
|---|---|---|---|---|
| Killi-Tın | 7,70 | 458 | 1,42 | 23,3 |

Araştırma 17 şubat 2010'da başlayıp 18 ekim 2010'de sona ermiştir. Aradan geçen 245 günlük zaman içinde kapillarite ile bu tuzlu taban sularından tuz taşınımı gerçekleşmiştir. Araştırma süresi sonunda, 4 farklı tuzluluk düzeyindeki taban suyunun oluşturulduğu kolonlardan taban suyu seviyesi sıfır (0) kabul edilerek, aşağıdan yukarı doğru; 1 m olanlarda 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerden; 1,5 m'lik kolonlarda 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm derinliklerden; 2 m'lik kolonlarda ise 0-30, 30-60, 60-90, 90-120 ve 170-200 cm derinliklerden toprak örnekleri alınarak; EC, pH, anyon ve katyon analizleri yapılmıştır.

### 3.2.2.2. Sulama suyu özellikleri

Araştırmada 3 farklı taban suyu derinliğinde 4 farklı tuz konsantrasyonuna sahip sulama suları kullanılmıştır. Bu sular; EC'si 500 micromhos/cm olan çeşme suyu (A grubu) ve bu çeşme suyuyla hazırlanan EC'si sırsıyla; 1000 (B), 2000 (C) ve 4000 (D) micromhos/cm olan sulama sularıdır.

Bu sular Çizelge 3.3'de verilen tuz bileşikleri farklı oranlarda kullanılarak hazırlanmıştır. Sular hazırlanırken başlangıçtaki çeşme suyunun konsantrasyonu dikkate alınmış ve EC değerleri okunarak konsantrasyon düzeltmeleri yapılmıştır.

**Çizelge 3. 3.** Taban sularının hazırlanmasında kullanılan tuz bileşikleri ve karışım oranları

| Tuz Çeşidi | Ekivalan Ağırlık(me/l) | 1000 ( ECx10$^{-6}$) B Grubu | | | 2000 ( ECx10$^{-6}$) C Grubu | | | 4000( ECx10$^{-6}$) D Grubu | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Katsayı me/l | Tuz Miktarı mg/l | Tuz Miktarı mg/20 l | Katsayı me/l | Tuz Miktarı mg/l | Tuz Miktarı mg/20 l | Katsayı me /l | Tuz Miktarı mg/l | Tuz Miktarı mg/20 l |
| NaCl | 58,45 | 1,5 | 87,67 | 1753,50 | 3 | 175,35 | 3507,00 | 6 | 350,70 | 7014,00 |
| $NaHCO_3$ | 84,01 | 1,5 | 126,01 | 2520,30 | 3 | 252,03 | 5040,60 | 6 | 504,06 | 1008,20 |
| $Na_2SO_4$ | 71,03 | 1,5 | 106,54 | 2130,90 | 3 | 213,09 | 4261,80 | 6 | 426,18 | 8523,60 |
| $CaCl_2$ | 55,50 | 1,5 | 83,25 | 1665,00 | 3 | 166,50 | 3330,00 | 6 | 333,00 | 6680,00 |
| $MgCl_2$ | 47,62 | 1,5 | 71,43 | 1428,60 | 3 | 142,86 | 2857,20 | 6 | 285,72 | 5714,40 |
| $MgSO_4$ | 60,19 | 1,5 | 60,19 | 1203,80 | 3 | 120,38 | 2407,60 | 6 | 240,76 | 4815,20 |
| KCl | 74,56 | 1,5 | 111,84 | 2236,80 | 3 | 223,68 | 4473,60 | 6 | 447,36 | 8947,20 |

### 3.2.3. Toprak örneklerinde uygulanan analiz metotları

pH: Cam elektrotlu pH metre ile ABD Tuzluluk Laboratuarı metot 21a kullanılarak yapılmıştır (Richards,1954).

Elektriksel iletkenlik: Saturasyon ekstratının elektriksel iletkenliği olarak ABD Tuzluluk Laboratuarı metot 4a'ya göre yapılmıştır (Richards, 1954).

Tekstür analizi: Bouyoucos (1951) tarafından geliştirilen hidrometre yöntemine göre yapılmıştır (Demiralay, 1977).

Hacim ağırlığı: Bozulmamış toprak örneklerinde ABD Tuzluluk Laboratuarı 38 numaralı metoda göre yapılmıştır (Richards, 1954).

Kireç: $CaCO_3$ yüzdesi Scheibler kalsimetre metodu ile volumetrik olarak tayin edilmiştir (Çağlar, 1958).

Katyon değişim kapasitesi: Toprağın sodyumla doyurulmasından sonra amonyum asetat ile ekstrate edilebilir sodyum miktarlarının belirlenmesi suretiyle tayin edilmiştir (Bower ve ark., 1952).

Değişebilir sodyum: Toprağın belirli pH'daki (pH=7) amonyum asetat ile doyurulması sonucu elde edilen ekstraktta Na iyonunun okunması suretiyle tayin edilmiştir (Richards, 1954).

Suda çözünebilir iyonlar: Suda çözünebilir anyonlar ABD Tuzluluk Laboratuarınca belirtilen esaslara göre; $CO_3^{=}$, $HCO_3^{-}$ metot 12'de belirtildiği gibi $H_2SO_4$ ile titre edilerek, $Cl^{-}$, metot 13'de açıklandığı gibi $AgNO_3$'la titrasyon suretiyle, $SO_4^{=}$, metot 14a'da olduğu gibi $BaSO_4$ şeklinde çökertilerek yapılmıştır. Suda çözünebilir katyonlar ise; ICP aletinde okuma yapılarak belirlenmiştir.

# 4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA

Üç farklı derinlik ve dört farklı tuz konsantrasyonunda oluşturulan taban sularından toprak profilinde aşağıdan yukarı doğru kapillar tuz taşınımının tesbiti amacıyla yapılan çalışma sonucunda elde edilen sonuçlar 3 tekerrürün ortalaması olarak verilmiş ve farklı seviyedeki taban suyu durumuna göre ayrı ayrı incelenmiştir.

## 4.1. Derinliği 1 m Olan Taban Sularından Kapillar Tuz Taşınımı

1 m derinlikte oluşturulan 4 farklı tuz konsantrasyonuna sahip taban sularından toprak profilinde aşağıdan yukarı doğru meydana gelen tuz taşınımı ve pH değişiklikleri farklı toprak derinlikleri dikkate alınarak Çizelge 4.1'de verilmiştir.

**Çizelge 4.1.** 1 m Derinlikteki taban suyu uygulamasında toprak tuz değişimleri

| TABAN SUYU KALİTESİ | Taban Suyundan Yukarı Doğru Toprak katı (cm) | Saturasyon Ekstratında pH | Saturasyon Ekstratında EC Micromhos/cm | Deneme Öncesine Göre % Artış |
|---|---|---|---|---|
| A EC=500 Micromhos/cm | 0-30 | 7,92 | 566 | 24 |
| | 30-60 | 7,94 | 1617 | 253 |
| | 60-90 | 7,62 | 5120 | 1018 |
| B EC=1000 Micromhos/cm | 0-30 | 7,95 | 1245 | 172 |
| | 30-60 | 7,68 | 3025 | 560 |
| | 60-90 | 7,62 | 5593 | 1121 |
| C EC=2000 Micromhos/cm | 0-30 | 7,88 | 1339 | 192 |
| | 30-60 | 7,67 | 2690 | 487 |
| | 60-90 | 7,55 | 5775 | 1161 |
| D EC=4000 Micromhos/cm | 0-30 | 7,72 | 2550 | 457 |
| | 30-60 | 7,70 | 2830 | 518 |
| | 60-90 | 7,46 | 5625 | 1128 |

X:Deneme öncesi toprakta; $ECx10^{-6}$ = 458 pH=7,70

XX:Çalışmada toprak derinlikleri taban suyundan yukarı doğru alınmıştır.

Çizelge 4.1'den de görüleceği gibi A sınıfı (EC=500 micromhos/cm) tuz konsantrasyonuna sahip taban suyu uygulamasında toprağın pH değerleri 7,62-7,94 arasında, EC değerleri ise 566-5120 micromhos/cm arasında değişmiştir. Deneme öncesi toprağın saturasyon ekstratındaki tuz konsantrasyonunun 458 micromhos/cm olduğu dikkate alındığında deneme sonunda A sınıfı tuz konsantrasyonuna sahip taban suyundan kapillar tuz taşınımı en alttaki 0-30 cm katmanı için %24, 30-60 cm katmanı

için % 253 ve en üstteki 60-90 cm katmanı için %1018 oranında artmıştır. Tuz taşınımı toprak profilinde taban suyu seviyesinden yukarı doğru giderek artmış ve en fazla artış üst katman olan 60-90 cm arasında görülmüştür.

B sınıfı (1000 micromhos/cm) tuz konsantrasyonuna sahip taban suyu uygulamasında toprağın pH değerleri 7,62-7,95 arasında, EC değerleri ise 1245-5593 micromhos/cm arasında değişim göstermiştir. Toprağın tuz değerleri deneme öncesine göre; 0-30 katmanı için % 172, 30-60 katmanı için % 560 ve en üstteki 60-90 katmanı için ise %1121 oranında artmıştır.

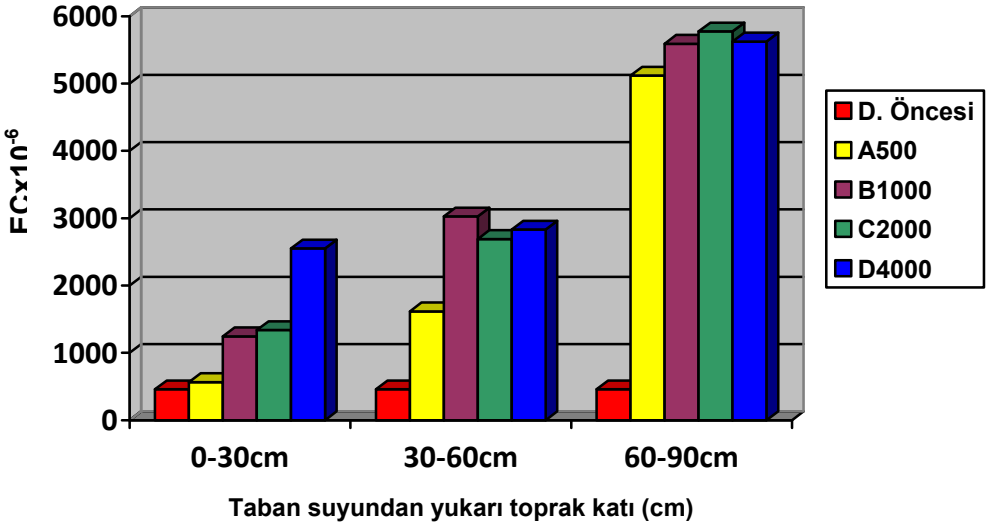
C sınıfı (2000 micromhos/cm) tuz konsantrasyonuna sahip taban suyu uygulamasında toprağın pH değerleri 7,55-7,88 arasında, EC değerleri ise 1339-5775 micromhos/cm arasında değişim göstermiştir. Toprağın tuz değerleri deneme öncesine göre; 0-30 katmanı için % 192, 30-60 katmanı için % 487 ve en üstteki 60-90 katmanı için ise %1161 oranında artmıştır.

D sınıfı (4000 micromhos/cm) tuz konsantrasyonuna sahip taban suyu uygulamasında toprağın pH değerleri 7,46-7,72 arasında, EC değerleri ise 2550-5625 micromhos/cm arasında değişim göstermiştir. Toprağın tuz değerleri deneme öncesine göre; 0-30 katmanı için % 457, 30-60 katmanı için % 518 ve 60-90 katmanı için ise %1128 oranında artmıştır.

1 m derinlikte oluşturulan 4 farklı (A,B,C,D) tuz konsantrasyonuna sahip taban sularından aşağıdan yukarı doğru tuz hareketi tüm uygulamalarda en az 0-30 cm katmanında, en fazla ise toprağın en üst katmanı olan 60-90 cm arasında görülmüştür. Bunun nedeni; taban suyuna yakın bölgelerde toprak nem muhtevasının yüksek olması dolayısıyla tuz konsantrasyonunun düşük kalması ve taban suyundan yukarı doğru çıkıldıkça suyun buharlaşarak bünyesindeki tuzu toprağa bırakması şeklinde açıklanabilir. Taban suyundan yukarı doğru 0-30, 30-60 ve 60-90 cm katmanlardaki tuz değişimlerinin deneme öncesine göre artışları Şekil 4.1'de gösterilmiştir.

Şekilden de görüleceği gibi 1 m seviyede oluşturulan A,B,C,D konsantrasyonlarındaki taban sularından kapillarite ile tuz taşınımlarının en fazla olduğu derinlik 60-90 cm arasındaki en üst katmandır. Bu katmanda toprağın tuz konsantrasyonu, tüm taban suyu sınıflarında tuzluluk sınırı olan 4000 micromhos/cm'nin üzerine çıkmıştır. Sonuç olarak; deneme öncesi tuzsuz toprak özelliğinde olan deneme toprağı 8 aylık deneme süresi sonrası tuzlu toprak özelliği kazanmıştır. Tüm katmanlarda taban suyu tuz konsantrasyonları arttıkça toprak

tuzlulukları deneme öncesine göre artmış ve taban suyundan tuz taşınımı artış göstermiştir. Bu uygulamadan görüleceği gibi killi-tınlı bir toprakta 1m'lik taban suyu koşullarında toprak yüzeyi kuru tutulduğunda ve sulama yapılmadığı durumda, toprak üst katmanında toprakta tuzluluk oluşturacak seviyede tuz birikimi meydana gelmektedir. Bu tuzluluğun oluşmasında da taban suyunun tuz konsantrasyonu da çok fazla etkili değildir. Yani en düşük taban suyu tuzluluk derecesinde bile toprakta tuzlulaşma görülmektedir.




**Şekil 4.1.** Derinliği 1 m olan taban suyundan kapillar tuz taşınımı

## 4.2.Derinliği 1,5 m Olan Taban Sularından Kapillar Tuz Taşınımı

1,5 m derinlikte oluşturulan ve 4 farklı tuz konsantrasyonuna sahip taban sularından toprak profilinde aşağıdan yukarı doğru meydana gelen kapillar tuz taşınımı ve pH değişiklikleri Çizelge 4.2'de verilmiştir.

Çizelge 4.2'den de görüleceği gibi A sınıfı (EC=500 micromhos/cm) taban suyu uygulamasında toprağın pH değerleri 7,50-7,95 arasında, EC değerleri ise 602-3150 micromhos/cm arasında değişim göstermiştir. Deneme öncesi toprağın tuz konsantrasyonunun 458 micromhos/cm olduğu dikkate alındığında taban suyundan aşağıdan yukarı doğru kapillar tuz taşınımı 0-30 cm katman için % 31, 30-60 cm için % 509, 60-90 cm için % 588 ve 120-150 cm için ise % 356 oranında artış göstermiştir. Bu uygulamada en fazla tuz artışı 60-90 cm'lik katmanda meydana gelmiştir.

**Çizelge 4.2.** 1,5 m Derinlikteki taban suyu uygulamasında toprak tuz değişimleri

| TABAN SUYU KALİTESİ | Taban Suyundan Yukarı Doğru Toprak Katı (cm | Saturasyon Ekstratında pH | Saturasyon Ekstratında EC Micromhos/cm | Deneme Öncesine Göre % Artış |
|---|---|---|---|---|
| A EC=500 Micromhos/cm | 0-30 | 7,95 | 602 | 31 |
| | 30-60 | 7,74 | 2790 | 509 |
| | 60-90 | 7,50 | 3150 | 588 |
| | 120-150 | 7,85 | 2089 | 356 |
| B EC=1000 Micromhos/cm | 0-30 | 8,06 | 1014 | 121 |
| | 30-60 | 7,69 | 3177 | 594 |
| | 60-90 | 7,62 | 4585 | 901 |
| | 120-150 | 7,87 | 2525 | 451 |
| C EC=2000 Micromhos/cm | 0-30 | 7,92 | 1541 | 236 |
| | 30-60 | 7,69 | 3685 | 705 |
| | 60-90 | 7,57 | 4900 | 970 |
| | 120-150 | 7,84 | 2580 | 463 |
| D EC=4000 Micromhos/cm | 0-30 | 7,77 | 2315 | 406 |
| | 30-60 | 7,64 | 3645 | 696 |
| | 60-90 | 7,60 | 3915 | 755 |
| | 120-150 | 7,80 | 2410 | 426 |

X:Deneme öncesi toprakta; $ECx10^{-6}$ = 458 pH=7,70

XX:Çalışmada toprak derinlikleri taban suyundan yukarı doğru alınmıştır

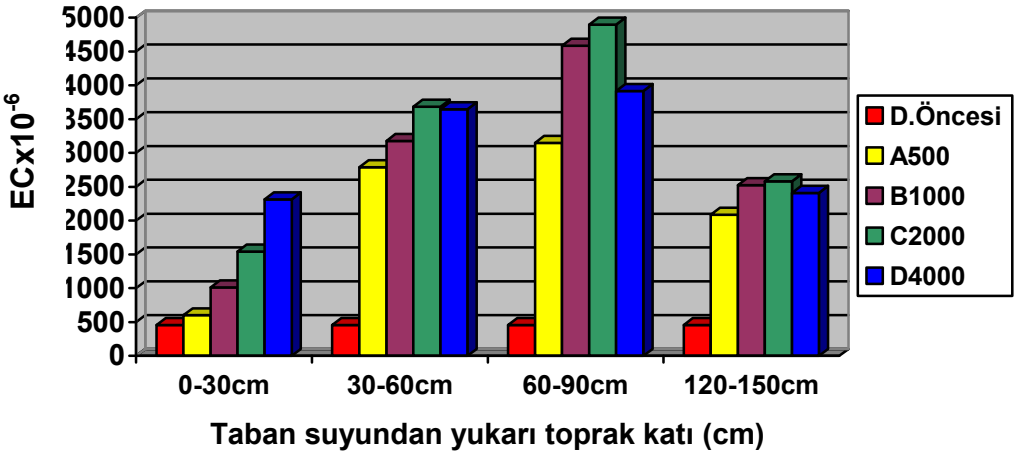
B sınıfı (EC=1000 micromhos/cm) taban suyu uygulamasında toprağın pH değerleri 7,62-8,06 arasında, EC değerleri ise 1014-4585 micromhos/cm arasında değişim göstermiştir. Deneme öncesi toprağın tuz konsantrasyonunun 458 micromhos/cm olduğu dikkate alındığında taban suyundan aşağıdan yukarı doğru kapillar tuz taşınımı 0-30 cm katman için % 121, 30-60 cm için % 594, 60-90 cm için % 901, 120-150 cm için % 451 oranında artış göstermiştir. Bu uygulamada en fazla tuz artışı 60-90 cm'lik katmanda meydana gelmiştir.

C sınıfı (EC=2000 micromhos/cm) taban suyu uygulamasında toprağın pH değerleri 7,57-7,92 arasında EC değerleri ise 1541-4900 micromhos/cm arasında değişim göstermiştir. Deneme öncesi toprağın tuz konsantrasyonunun 458 micromhos/cm olduğu dikkate alındığında taban suyundan aşağıdan yukarı doğru kapillar tuz taşınımı 0-30 cm katman için % 236, 30-60 cm için % 705, 60-90 cm için %970 ve 120-150 cm için ise % 463 oranında artış göstermiştir. Bu uygulamada da en fazla tuz artışı 60-90 cm'lik katmanda meydana gelmiştir.

D sınıfı (EC=4000 micromhos/cm) taban suyu uygulamasında toprağın pH değerleri 7,60-7,80 arasında EC değerleri ise 2315-3915 micromhos/cm arasında değişim göstermiştir. Deneme öncesi toprağın tuz konsantrasyonunun 458

micromhos/cm olduğu dikkate alındığında taban suyundan aşağıdan yukarı doğru kapillar tuz taşınımı 0-30 cm katman için % 406, 30-60 cm için % 696, 60-90 cm için % 755 ve 120-150 cm için ise % 426 oranında artış göstermiştir. Bu uygulamada en fazla tuz artışı 60-90 cm'lik katmanda meydana gelmiştir.

1,5 m derinlikte oluşturulan 4 farklı tuz konsantrasyonuna sahip (A,B,C,D) taban sularından aşağıdan yukarı doğru tuz hareketi en az, taban suyuna en yakın olan 0-30 cm katmanında en fazla ise 60-90 cm katmanında görülmüştür. Taban suyuna yakın katmanlarda toprak nem muhtevası yüksek olduğunda tuz konsantrasyonu bu katmanlarda (0-30 cm'de) daha az görülmüştür. Toprağın 0-30, 30-60, 60-90 ve 120-150 cm katmanlarındaki tuz değişimleri Şekil 4.2'de gösterilmiştir.




**Şekil 4.2.** Derinliği 1,5 m olan taban suyundan kapillar tuz taşınımı

Şekilden de görüleceği gibi taban suyundan itibaren kapillar tuz taşınımı alt katmanlardan yukarı doğru hızla artmış son katman olan 120-150 cm'de kısmi bir azalma ile artış devam etmiştir. Bu uygulama sonucunda; deneme öncesi tuzsuz özellikte olan toprak 150 cm taban suyu derinliğinde deneme sonunda tuzlu toprak özelliği kazanmış, en fazla tuz birikimi toprağın en üst katmanında değil, onun bir alt katmanı olan 60-90 cm katmanında meydana gelmiştir. Taban suyundan yukarı doğru 120-150 cm arası katmanda tuz birikimi tuzlulaşma sınırının altında kalmıştır. Bu sonuç da bu uygulama için kritik taban suyu derinliğinin 120 cm'den aşağıda olduğunu göstermektedir.

### 4.3. Derinliği 2 m Olan Taban Sularından Kapillar Tuz Taşınımı

2 m derinlikte oluşturulan ve 4 farklı tuz konsantrasyonuna sahip taban suyu uygulamalarında toprak profilinde aşağıdan yukarı doğru meydana gelen tuz taşınımı ve pH değişimleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

**Çizelge 4. 3.** 2 m Derinlikteki taban suyu uygulamasında toprak tuz değişimleri

| TABAN SUYU KALİTESİ | Taban Suyundan Yukarı Doğru Toprak Katı (cm | Saturasyon Ekstratında pH | Saturasyon Ekstratında EC Micromhos/cm | Deneme Öncesine Göre % Artış |
|---|---|---|---|---|
| A EC=500 Micromhos/cm | 0-30 | 7,95 | 722 | 58 |
| | 30-60 | 7,62 | 2250 | 391 |
| | 60-90 | 7,66 | 2650 | 479 |
| | 120-150 | 7,90 | 1574 | 244 |
| | 170-200 | 7,89 | 1514 | 231 |
| B EC=1000 Micromhos/cm | 0-30 | 8,02 | 1094 | 139 |
| | 30-60 | 7,88 | 2170 | 374 |
| | 60-90 | 7,75 | 2490 | 444 |
| | 120-150 | 7,80 | 1833 | 300 |
| | 170-200 | 7,86 | 1575 | 244 |
| C EC=2000 Micromhos/cm | 0-30 | 7,82 | 1447 | 216 |
| | 30-60 | 7,69 | 2605 | 469 |
| | 60-90 | 7,65 | 2810 | 514 |
| | 120-150 | 7,76 | 1858 | 306 |
| | 170-200 | 7,88 | 1737 | 279 |
| D EC=4000 Micromhos/cm | 0-30 | 7,89 | 2510 | 448 |
| | 30-60 | 7,76 | 2885 | 530 |
| | 60-90 | 7,66 | 3000 | 555 |
| | 120-150 | 7,73 | 2303 | 403 |
| | 170-200 | 7,83 | 1776 | 288 |

X:Deneme öncesi toprakta; $ECx10^{-6}$ = 458 pH=7,70

XX:Çalışmada toprak derinlikleri taban suyundan yukarı doğru alınmıştır

Çizelge 4.3'den de görüleceği gibi A sınıfı (EC=500 micromhos/cm) taban suyu uygulamasında toprağın pH değerleri 7,62-7,95 arasında, EC değerleri ise 722-2650 micromhos/cm arasında değişim göstermiştir. Deneme öncesine göre toprakların tuz konsantrasyonları taban suyundan yukarı doğru 0-30 cm katman için % 58, 30-60 cm için % 391, 60-90 cm için % 479, 120-150 cm için % 244 ve 170-200 cm için ise % 231 oranında artış göstermiştir. Bu uygulamada en fazla tuz artışı (% 479) 60-90 cm'lik katmanda meydana gelmiştir. Toprakların tuz değişimleri 30-90 cm'lik katmanlarda

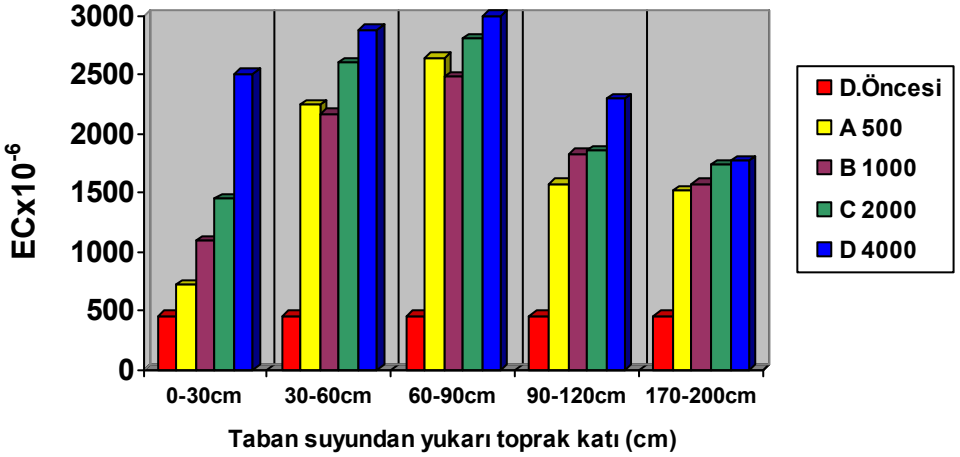
hızla artarken (%391-479) 120-200 cm'lik katmanlarda ise artış (%244-231) azalan oranda olmuştur.

B sınıfı (EC=1000 micromhos/cm) taban suyu uygulamasında toprağın pH değerleri 7,75-8,02 arasında, EC değerleri ise 1094-2490 micromhos/cm arasında değişim göstermiştir. Deneme öncesine göre toprakların tuz konsantrasyonları taban suyundan yukarı doğru 0-30 cm katman için % 139, 30-60 cm için % 374, 60-90 cm için % 444, 120-150 cm için % 300 ve 170-200 cm için % 244 oranında artış göstermiştir. Bu uygulamada en fazla tuz artışı (% 444) 60-90 cm'lik katmanda meydana gelmiştir. Toprakların tuz değişimleri 30-90 cm'lik katmanlarda hızla artarken (%374-444), 120-200 cm'lik katmanlarda ise artış (%300-244) azalan oranda olmuştur.

C sınıfı (EC=2000 micromhos/cm) taban suyu uygulamasında toprağın pH değerleri 7,65-7,88 arasında, EC değerleri ise 1447-2810 micromhos/cm arasında değişim göstermiştir. Deneme öncesine göre toprakların tuz konsantrasyonları taban suyundan yukarı doğru 0-30 cm katman için % 216, 30-60 cm için %469, 60-90 cm için % 514, 120-150 cm için % 306 ve 170-200 cm için ise %279 oranında artış göstermiştir. Bu uygulamada en fazla tuz artışı (%514) 60-90 cm'lik katmanda meydana gelmiştir. Toprakların tuz değişimleri 30-90 cm'lik katmanlarda hızla artarken (% 469-514) 120-200 cm'lik katmanlarda ise artış (% 306-279) azalan oranda olmuştur.

D sınıfı (EC=4000 micromhos/cm) taban suyu uygulamasında toprağın pH değerleri 7,66-7,89 arasında, EC değerleri ise 1776-3000 micromhos/cm arasında değişim göstermiştir. Deneme öncesine göre toprakların tuz konsantrasyonları taban suyundan yukarı doğru 0-30 cm katman için % 448, 30-60 cm için % 530, 60-90 cm için % 555, 120-150 cm için % 403 ve 170-200 cm için ise % 288 oranında artış göstermiştir. Bu uygulamada en fazla tuz artışı (% 555) 60-90 cm'lik katmanda meydana gelmiştir. Toprakların tuz değişimleri 30-90 cm'lik katmanlarda hızla artmıştır (% 530-555).

2 m derinlikte oluşturulan 4 farklı (A, B, C, D) tuz konsantrasyonuna sahip taban suyundan aşağıdan yukarı doğru tuz hareketi en az 0-30 cm katmanında meydana gelirken en fazla (%444-555) 60-90 cm katmanında görülmüştür. Toprağın 0-30, 30-60, 60-90, 120-150 ve 170-200 cm katmanlarındaki tuz değişimleri Şekil 4.3'de gösterilmiştir.




**Şekil.4.3.** Derinliği 2 m olan taban suyundan kapillar tuz taşınımı

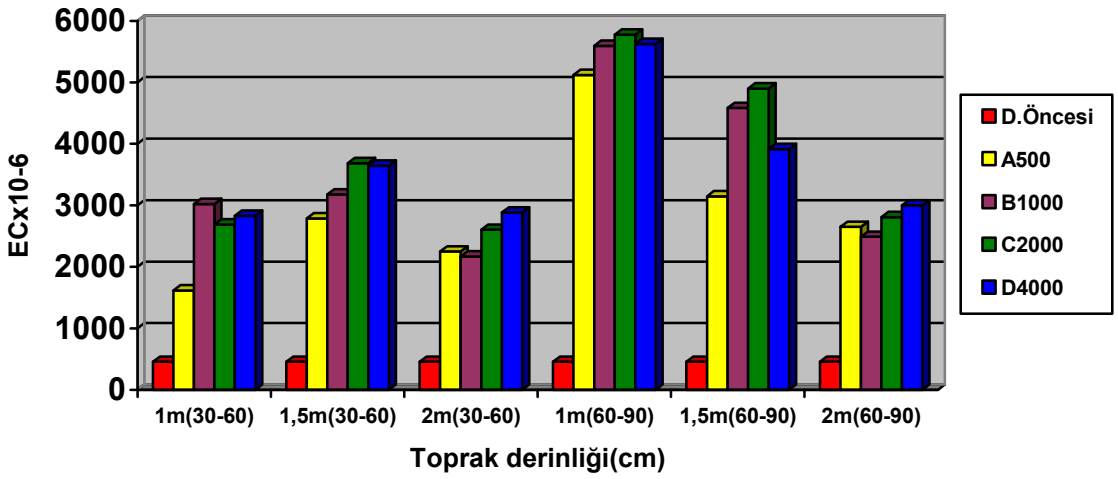
Şekilden de görüleceği gibi her 4 farklı tuz konsantrasyonuna sahip taban suyu uygulamalarında en yüksek artışlar 60-90 cm arasında görülmüştür. Deneme öncesi toprağın tuz konsantrasyonlarına göre tuz artışları 30-90 cm arasında yüksek oranda artarken; 90-200 cm arasında azalan oranda artış göstermiştir.

Sonuç olarak; bu uygulamada hiçbir katmanda toprak tuzluluk sınırı 4000 micromhos/cm'nin üzerinde çıkmamıştır. Bu durum tuzların daha derin bir toprak profilinde yayılmış olması ile açıklanabilir. Bu uygulamada da en fazla tuz birikimi 1,5 m taban suyu uygulamasında olduğu gibi 60-90 cm'lik katmanda gerçekleşmiş, bu katmanın üzerindeki katmanlarda giderek azalmıştır. Bu husus, taban suyundan tuz taşınımının durduğu veya azaldığı kritik taban suyu derinliğinin yüzeyden itibaren 100 cm olduğu kanaatini uyandırmaktadır.

### 4.4. Üç Farklı Taban Suyu Seviyelerinde Kapillar Tuz Taşınımı

Üç farklı seviyede oluşturulan 4 farklı tuz konsantrasyonuna sahip taban suyu seviyelerinde, taban suyundan yukarı doğru en fazla tuz taşınımı 30-90 cm arasındaki katmanlarda görülmüştür. En az tuz artış oranı 0-30 cm arasındadır (Çizelge 4.1-4.2-4.3). Bu katmandaki topraklar taban suyuna yakın olduğundan tuz konsantrasyonları daha düşüktür. Ancak tüm uygulamalarda toprak profilindeki tuz artışı deneme öncesine göre fazladır. Taban suyundaki tuz konsantrasyonu arttıkça taşınan tuz miktarları da artış göstermiştir.

Bu artışlar taban suyu tuz konsantrasyonu artış oranına paralellik göstermemektedir. Şöyle ki; taban suyu tuz konsantrasyonu 500 micromhos/cm'den (A) 4000 micromhos/cm'ye (D) çıkarken artış oranı % 700 olmakla kapillar tuz taşınımlarının artışları bu oranda olmamış hatta birbirlerine yakın düzeylerde çıkmıştır. Kapillar tuz taşınımının en fazla görüldüğü 30-60 cm ve 60-90 cm katmanlarındaki $ECx10^{-6}$ değerleri Şekil 4.4'de gösterilmiştir.




**Şekil 4.4.** Üç farklı taban suyu seviyesinde 30-60 cm ve 60-90 cm katmanlarındaki $ECx10^{-6}$

Şekilden görüleceği gibi A,B,C,D tuz konsantrasyonları uygulamalarında taşınan tuz değerleri her taban suyu seviyesi ve aynı katmanlar için birbirine çok yakındır. Bu durum toprağın tek çeşit olması ve kapillar iletkenlik değerlerinin aynı sayılacak değerde olmasıyla açıklanabilir. Yine şekilden görüleceği gibi denemede en fazla kapillar tuz taşınımı 4 farklı taban suyu kalitesinde de 1 m'lik taban suyu seviyesinin 60-90 cm'inde görülmüştür. Bu durum deneme toprağının nem geriliminin ve kapillar kuvvetinin 1 m'lik taban suyu seviyesinde daha etkin olduğunu göstermektedir.

### 4.5. Derinliği 2 m Olan Taban Suyu Seviyesinden Kapillar İyon Taşınımı

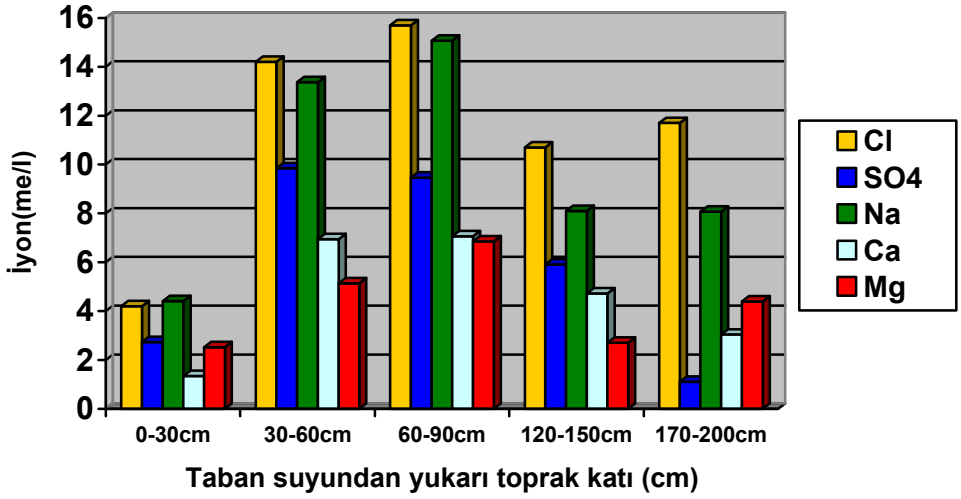
Denemede oluşturulan en derin taban suyu seviyesi 2 m olduğundan ve mukayese edilen tüm toprak katmanları da bu derinliklerde olduğundan, bu derinlikteki taban suyundan kapillar iyon taşınımının belirlenmesi amacıyla taban suyundan itibaren yukarı doğru 0-30, 30-60, 60-90, 120-150 ve 170-200 cm katmanlarından alınan toprak örneklerinin saturasyon ekstraktlarındaki suda eriyebilir anyon-katyon analizleri ile değişebilir katyonlar, KDK ve DSY oranları Çizelge 4.4'de verilmiştir.

**Çizelge 4.4.** 2 m Derinlikteki taban suyu uygulamasındaki toprakların kimyasal özellikleri

| Taban Suyu Kalitesi | Toprak Katı (cm ) | pH | EC Micromhos/cm | SUDA ÇÖZÜNEBİLİR İYONLAR (Saturasyon Ekstratındaki) | | | | | | | | | | Değişebilir Katyonlar(me/100 g toprak) | | | | KDK | DSY (%) (Na/KD Kx100) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Anyonlar(me/l) | | | | | Katyonlar(me/l) | | | | | | | | | | |
| | | | | $CO_3^=$ | $HCO_3^-$ | $Cl^-$ | $SO_4^=$ | Toplam | $Na^+$ | $K^+$ | $Ca^{++}$ | $Mg^{++}$ | Toplam | $Na^+$ | $K^+$ | $Ca^{++}$ | $Mg^{++}$ | | |
| A 500 micromhos/cm | 0-30 | 7,95 | 722 | 0.00 | 1,43 | 4,20 | 2,73 | 8,36 | 4,41 | 0,09 | 1,34 | 2,52 | 8,36 | 1,15 | 0,50 | 13,92 | 4,59 | 20,16 | 5,70 |
| | 30-60 | 7,62 | 2250 | 0,00 | 1,52 | 14,20 | 9,84 | 25,56 | 13,37 | 0,12 | 6,94 | 5,13 | 25,56 | 1,35 | 0,48 | 14,55 | 4,42 | 20,80 | 6,49 |
| | 60-90 | 7,66 | 2650 | 0,00 | 3,92 | 15,70 | 9,46 | 29,08 | 15,07 | 0,10 | 7,06 | 6,85 | 29,08 | 1,41 | 0,45 | 13,31 | 4,46 | 19,50 | 7,23 |
| | 120-150 | 7,90 | 1574 | 0,00 | 1,02 | 10,70 | 5,91 | 17,63 | 8,10 | 0,10 | 4,73 | 4,70 | 17,63 | 1,51 | 0,47 | 13,54 | 4,48 | 20,00 | 7,55 |
| | 170-200 | 7,89 | 1514 | 0,00 | 2,81 | 11,70 | 1,10 | 15,61 | 8,07 | 0,10 | 3,04 | 4,40 | 15,61 | 1,37 | 0,51 | 14,47 | 4,65 | 21,00 | 6,52 |
| B 1000 micromhos/cm | 0-30 | 8,02 | 1094 | 0,00 | 4,94 | 4,70 | 2,19 | 11,83 | 5,09 | 0,12 | 2,60 | 4,02 | 11,83 | 1,43 | 0,63 | 13,79 | 3,95 | 19,80 | 7,22 |
| | 30-60 | 7,88 | 2170 | 0,00 | 8,41 | 10,70 | 2,58 | 21,69 | 8,56 | 0,14 | 6,78 | 6,21 | 21,69 | 1,38 | 0,51 | 14,31 | 4,00 | 20,20 | 6,83 |
| | 60-90 | 7,75 | 2490 | 0,00 | 6,27 | 14,70 | 4,58 | 25,55 | 10,01 | 0,15 | 7,90 | 7,46 | 25,55 | 1,41 | 0,45 | 13,79 | 4,00 | 19,65 | 7,17 |
| | 120-150 | 7,80 | 1833 | 0,00 | 8,06 | 7,02 | 3,71 | 18,79 | 9,21 | 0,11 | 4,00 | 5,47 | 18,79 | 1,61 | 0,43 | 13,49 | 3,92 | 19,45 | 8,27 |
| | 170-200 | 7,86 | 1575 | 0,00 | 5,06 | 7,20 | 4,36 | 16,62 | 6,92 | 0,13 | 4,43 | 5,19 | 16,62 | 1,38 | 0,48 | 14,20 | 4,04 | 20,10 | 6,86 |
| C 2000 micromhos/cm | 0-30 | 7,82 | 1447 | 0,00 | 3,79 | 5,70 | 4,83 | 14,32 | 5,34 | 0,16 | 2,97 | 5,85 | 14,32 | 1,52 | 0,60 | 13,32 | 5,76 | 21,20 | 7,16 |
| | 30-60 | 7,69 | 2605 | 0,00 | 3,25 | 14,70 | 8,39 | 26,31 | 12,72 | 0,11 | 6,67 | 6,79 | 26,31 | 1,46 | 0,45 | 11,76 | 5,73 | 19,40 | 7,52 |
| | 60-90 | 7,65 | 2810 | 0,00 | 1,03 | 23,70 | 4,32 | 29,05 | 13,46 | 0,10 | 6,76 | 8,73 | 29,05 | 1,56 | 0,49 | 11,82 | 5,73 | 19,60 | 7,95 |
| | 120-150 | 7,76 | 1858 | 0,00 | 1,38 | 15,20 | 5,94 | 22,52 | 11,02 | 0,11 | 4,82 | 6,57 | 22,52 | 1,49 | 0,42 | 12,58 | 5,71 | 20,20 | 7,37 |
| | 170-200 | 7,88 | 1737 | 0,00 | 3,16 | 10,70 | 5,41 | 19,27 | 9,17 | 0,11 | 4,60 | 5,39 | 19,27 | 1,41 | 0,48 | 12,29 | 5,82 | 20,00 | 7,05 |
| D 4000 micromhos/cm | 0-30 | 7,89 | 2510 | 0,00 | 0,76 | 15,70 | 8,73 | 25,19 | 9,58 | 0,08 | 5,76 | 9,77 | 25,19 | 1,59 | 0,75 | 11,68 | 5,83 | 19,85 | 8,01 |
| | 30-60 | 7,76 | 2885 | 0,00 | 1,03 | 16,70 | 11,41 | 29,14 | 13,53 | 0,14 | 7,23 | 8,24 | 29,14 | 1,55 | 0,50 | 11,70 | 5,85 | 19,60 | 7,90 |
| | 60-90 | 7,66 | 3000 | 0,00 | 1,65 | 18,20 | 11,19 | 31,04 | 16,64 | 0,14 | 8,40 | 5,86 | 31,04 | 1,56 | 0,43 | 11,59 | 5,82 | 19,40 | 8,04 |
| | 120-150 | 7,73 | 2303 | 0,00 | 1,12 | 22,20 | 1,93 | 25,25 | 13,60 | 0,11 | 5,49 | 6,05 | 25,25 | 1,46 | 0,43 | 12,27 | 5,74 | 19,90 | 7,33 |
| | 170-200 | 7,83 | 1776 | 0,00 | 1,16 | 14,70 | 1,15 | 17,01 | 8,59 | 0,10 | 3,39 | 4,57 | 17,01 | 1,37 | 0,47 | 12,65 | 5,71 | 20,20 | 6,78 |

XX:Çalışmada toprak derinlikleri taban suyundan yukarı doğru alınmıştır

Çizelgeden görüleceği gibi A kalite su uygulamasında suda eriyebilir $HCO_3^-$ oranları 1,02-3,92 me/l arasında, $Cl^-$ oranları 4,20-15,70 me/l arasında, $SO_4^=$ oranları 1,10-9,84 me/l arasında, $Na^+$ oranları 4,41-15,07 me/l arasında, $K^+$ oranları 0,09-0,12 me/l arasında, $Ca^{++}$ oranları 1,34-7,06 me/l arasında ve $Mg^{++}$ oranları ise 2,52-6,85 me/l arasında değerler almıştır. Bu durum şekil 4.5'te grafik olarak da gösterilmiştir.



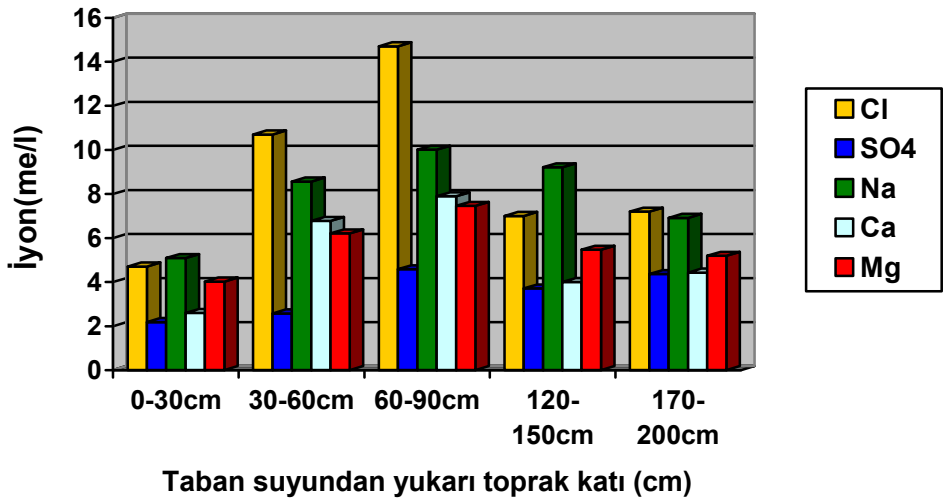

**Şekil 4.5.** Derinliği 2 m olan taban suyu seviyesinde A uygulamasında (500 micromhos/cm) kapillar iyon taşınımı

Şekilden de görüleceği gibi bu uygulamada 60-90 cm katmanlarındaki iyon değerleri en yüksek düzeyde çıkmıştır. Bu da; EC değerlerinin de bu katmanda yüksek çıkması ile paralellik göstermiştir. Bu uygulama (EC=500 micromhos/cm) için en fazla iyon taşınımı tüm katmanlar için sırası ile Cl, Na iyonları şeklindedir. Bunun iki nedeni vardır. Birincisi yapay oluşturulan taban suyu tuz bileşiklerinde (Çizelge 3.3) Na ve Cl tuzlarının yoğun olması ikincisi de bu iyon bileşiklerinin suda hızla çözünmesi şeklinde açıklanabilir. Burada dikkat çeken bir husus, klorürün (Cl) en üst toprak katmanına kadar taşınması ve sülfat (SO4) ile aralarındaki farkın taban suyundan toprak yüzeyine doğru yükseldikçe giderek açılmasıdır. Bunun nedeni eriyebilirlik farkıdır. Klorür tuzlarının eriyebilirliği sülfat tuzlarından daha yüksek olduğundan, toprak profilinin düşük nemli üst katmanlarında çökelip, eriyen miktarı azalır.

A uygulamasında değişebilir katyonlara bakıldığında $Na^+$ 1,15-1,51 me/100 g toprak, $K^+$ 0,45-0,51 me/100 g toprak, $Ca^{++}$ 13,31-14,55 me/100 g toprak, $Mg^{++}$ ise 4,42-4,65 me/100 g toprak arasında değişmiştir. Tüm toprak katmanlarında değişebilir

katyonlar kendi içerisinde birbirine çok yakın değerler almıştır. Bu da aynı özellikteki toprağın denemede kullanılmasıyla açıklanabilir. Bu uygulamada DSY (Na/KDK) değerleri %5,70-7,55 arasında değişirken hiçbir katmanda sodyumluluk tehlikesi oluşmamıştır.

Çizelge 4.4'den görüleceği gibi B kalite su uygulamasında suda eriyebilir $HCO_3^-$ oranları 4,94-8,41 me/l arasında, $Cl^-$ oranları 4,70-14,70 me/l arasında, $SO_4^=$ oranları 2,19-4,58 me/l arasında, $Na^+$ oranları 5,09-10,01 me/l arasında, $K^+$ oranları 0,11-0,15 me/l arasında, $Ca^{++}$ oranları 2,60-7,90 me/l arasında ve $Mg^{++}$ oranları ise 4,02-7,46 me/l arasında değerler almıştır. Bu durum şekil 4.6'te gösterilmiştir.

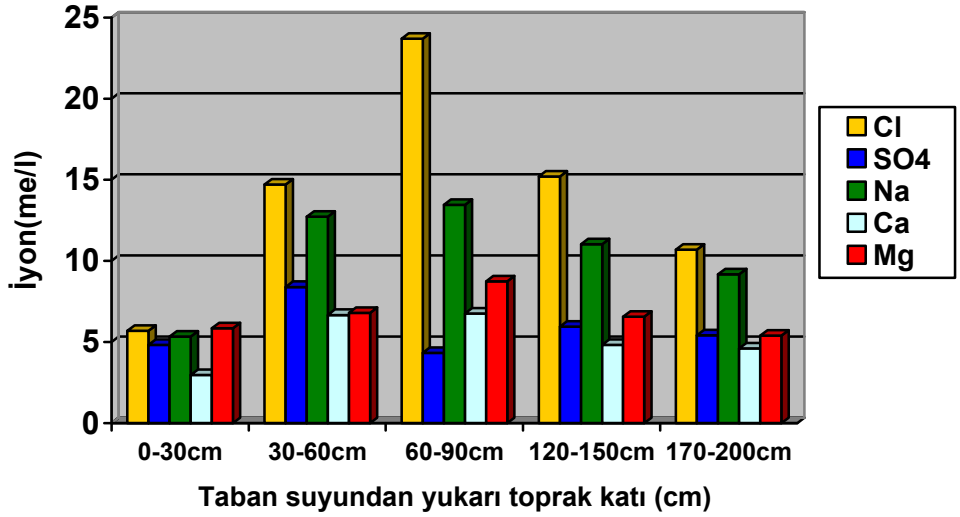



**Şekil 4.6.** Derinliği 2 m olan taban suyu seviyesinde B uygulamasında (1000 micromhos/cm) kapillar iyon taşınımı

Şekilden de görüleceği gibi bu uygulamada 60-90 cm katmanlarındaki iyon değerleri en yüksek düzeyde çıkmıştır. Bu da; EC değerlerinin de bu katmanda yüksek çıkması ile paralellik göstermiştir. Bu uygulama (EC=1000 micromhos/cm) için en fazla iyon taşınımı tüm katmanlar için sırası ile Cl, Na iyonları şeklindedir.

B uygulamasında değişebilir katyonlara bakıldığında; $Na^+$ 1,38-1,61 me/100 gr toprak, $K^+$ 0,43-0,63 me/100 gr toprak, $Ca^{++}$ 13,49-14,31 me/100 gr toprak, $Mg^{++}$ ise 3,92-4,04 me/100 gr toprak arasında değişmiştir. Tüm toprak katmanlarında değişebilir katyonlar kendi içerisinde birbirine çok yakın değerler almıştır. Bu da aynı özellikteki toprağın denemede kullanılmasıyla açıklanabilir. Bu uygulamada DSY (Na/KDK) değerleri % 6,83-8,27 arasında değişirken hiçbir katmanda sodyumluluk tehlikesi oluşmamıştır.

Çizelge 4.4'den görüleceği gibi C kalite su uygulamasında $HCO_3^-$ oranları 1,03-3,79 me/l arasında, $Cl^-$ oranları 5,70-23,70 me/l arasında, $SO_4^=$ oranları 4,32-8,39 me/l arasında, $Na^+$ oranları 5,34-13,46 me/l arasında, $K^+$ oranları 0,10-0,16 me/l arasında, $Ca^{++}$ oranları 2,97-6,76 me/l arasında ve $Mg^{++}$ oranları ise 5,39-8,73 me/l arasında değerler almıştır. Bu durum Şekil 4.7'te gösterilmiştir.



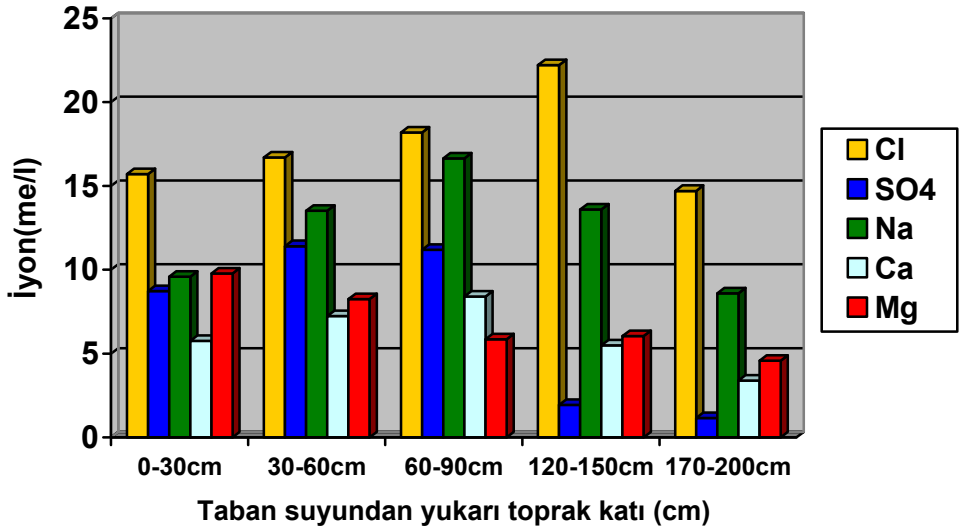

**Şekil 4.7.** Derinliği 2 m olan taban suyu seviyesinde C uygulamasında (2000 micromhos/cm) kapillar iyon taşınımı

Şekilden de görüleceği gibi bu uygulamada 60-90 cm katmanlarındaki iyon değerleri en yüksek düzeyde çıkmıştır. Bu da; EC değerlerinin de bu katmanda yüksek çıkması ile paralellik göstermiştir. Bu uygulama (EC=2000 micromhos/cm) için en fazla iyon taşınımı tüm katmanlar için sırası ile Cl, Na iyonları şeklindedir.

C uygulamasında değişebilir katyonlara baktığımızda $Na^+$ 1,41-1,56 me/100 gr toprak, $K^+$ 0,42-0,60 me/100 gr toprak, $Ca^{++}$ 11,76-13,32 me/100 gr toprak $Mg^{++}$ ise 5,71-5,82 me/100 gr toprak arasında değişmiştir. Tüm toprak katmanlarında değişebilir katyonlar kendi içerisinde birbirine çok yakın değerler almıştır. Bu da aynı özellikteki toprağın denemede kullanılmasıyla açıklanabilir. Bu uygulamada DSY (Na/KDK) değerleri %7,05-7,95 arasında değişirken hiçbir katmanda sodyumluluk tehlikesi oluşmamıştır.

Çizelge 4.4'den görüleceği gibi D kalite su uygulamasında $HCO_3^-$ oranları 0,76-1,65 me/l arasında, $Cl^-$ oranları 4,70-22,20 me/l arasında, $SO_4^=$ oranları 1,15-11,41 me/l arasında, $Na^+$ oranları 8,59-16,64 me/l arasında, $K^+$ oranları 0,08-0,14 me/l arasında,

$Ca^{++}$ oranları 3,39-8,40 me/l arasında ve $Mg^{++}$ oranları ise 4,57-9,77 me/l arasında değerler almıştır. Bu durum şekil 4.8'te gösterilmiştir.




**Şekil 4.8.** Derinliği 2 m olan taban suyu seviyesinde D uygulamasında (4000 micromhos/cm) kapillar iyon taşınımı

Şekilden de görüleceği gibi bu uygulamada 60-90 cm katmanlarındaki iyon değerleri en yüksek düzeyde çıkmıştır. Bu da; EC değerlerinin de bu katmanda yüksek çıkması ile paralellik göstermiştir. Bu uygulama (EC=4000 micromhos/cm) için en fazla iyon taşınımı tüm katmanlar için Na ve Cl iyonu şeklindedir.

D uygulamasında değişebilir katyonlara bakıldığında $Na^{+}$ 1,37-1,59 me/100 gr toprak, $K^{+}$ 0,43-0,75 me/100 gr toprak, $Ca^{++}$ 11,59-12,65 me/100 gr toprak, $Mg^{++}$ ise 5,71-5,85 me/100 gr toprak arasında değişmiştir. Tüm toprak katmanlarında değişebilir katyonlar kendi içerisinde birbirine çok yakın değerler almıştır. Bu da aynı özellikteki toprağın denemede kullanılmasıyla açıklanabilir. Bu uygulamada DSY (Na/KDK) değerleri %6,78-8,04 arasında değişirken hiçbir katmanda sodyumluluk tehlikesi oluşmamıştır.

Sonuç olarak; 2 m'lik taban suyu seviyesinde 4 farklı tuzluluk konsantrasyonu uygulamalarında kapillar iyon taşınımına bakıldığında taban suyundan itibaren iyon taşınımı artarak devam etmiş ve 60-90 cm'lik katmanlarda en yüksek değerlere ulaşmış, 120-200 cm arasında ise azalan oranlarda artış meydana gelmiştir. Bu durum şekil 4.4-4.5-4.6-4.7-4.8'de açıkça görülmektedir. Dört farklı su kalitesinde de en fazla taşınan

iyonlar sırasıyla; Cl, Na şeklindedir. Bunun temel nedeni yapay oluşturulan taban sularında Cl ve Na‘lu tuzların yoğun kullanılması ve bu iyonların su ile hızla çözülmesidir. Her 4 uygulamada da en fazla iyon taşınımının olduğu katman 60-90 cm’lik katmandır. Bu katmanlardaki eriyebilir anyon ve katyonlar 4 uygulama (A,B,C,D) için Çizelge 4.4’te gösterilmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi iyon birikimleri sırasıyla en fazla Cl ve Na şeklinde olmuştur.

Çizelge 4.4 ve Şekil 4.4-4.8‘lerden görüleceği gibi taban suyu tuz konsantrasyonları arttıkça toprağın saturasyon ekstratındaki ECx$10^{-6}$ değerleri ve eriyebilir anyon-katyon değerlerinde genel artışlar olmuş ancak bu artışlar taban suyundan EC değerleri artış oranına göre paralellik göstermemiştir. Bir başka ifadeyle taban suyu tuz konsantrasyonu A seviyesinden (EC=500 micromhos/cm) D seviyesine (EC=4000 micromhos/cm) 8 kat artırılırken toprak saturasyon ekstratındaki EC ve iyon değerlerinde bu oranda bir artış görülmemiştir. Erirliği düşük olan $SO_4$, $HCO_3$ ve $CO_3$ tuzları düşük konsantrasyonlarda daha çok, yüksek konsantrasyonlarda daha az taşınırlar. Çünkü, taban suyu konsantrasyonu yüksek bile olsa, erirliği düşük olan tuzlar, nem oranı giderek azalan üst katmanlara kapillarite ile yükselirken, özellikle ortamda kireç oranının yüksek olduğu koşullarda hemen çökelip toprak suyunun tuz oranını düşürürler. Yani taban suyu tuz oranı yüksek bile olsa, daha ilk katmanlarda bir kısmı çökelerek başlangıç konsantrasyonunu düşürürler ve tuzlar üst katmanlara düşük konsantrasyonlarda yükselmeğe devam ederler. Konsantrasyonun düşmesi düşük toprak nem koşullarında daha hızlı olur.

# 5. TARTIŞMA VE ÖNERİLER

## 5.1. Tartışma

Sulanan arazilerde tuz birikiminin başlıca iki kaynağı vardır. Bunlardan birincisi sulama suyu, diğeri ise yüksek taban suyudur. Sulamada kullanılan sular, içerdikleri tuzların cins ve miktarına bağlı olarak çok değişik nitelikte olabilirler. Tuzlar, sulama sularında oransal olarak daha düşük, ancak önemli miktarlarda bulunurlar. Başka bir anlatımla sulama suyu çok iyi kalitede olsa bile, çözünebilir tuzların temel kaynağıdır.

Laboratuar koşullarında killi-tın özellikteki toprakta 1 m, 1,5 m ve 2 m derinlikte devamlı oluşturulan 4 farklı tuz konsantrasyonuna sahip (A=500 micromhos/cm, B=1000 micromhos/cm, C=2000 micromhos/cm, D=4000 micromhos/cm) taban sularından 8 aylık deneme süresi sonunda meydana gelen kapillar tuz taşınımının tesbiti amacıyla yapılan çalışmadan elde edilen sonuçlar Bölüm 4'te detaylı olarak verilmiştir. Elde edilen veriler aşağıda özetlenmiştir:

1. Deneme öncesi toprağın saturasyon ekstratındaki EC değeri 458 micromhos/cm iken deneme sonunda toprak saturasyon ekstratları;

i. 1 m'lik taban suyunda 566-5625 micromhos/cm arasında (% 24 -1128 ) değişmiştir.

ii. 1,5 m'lik taban suyu seviyesinde EC değerleri 602-4900 micromhos/cm arasında değişirken artış % 31-970 arasında olmuştur.

iii. 2 m'lik taban suyunda EC değerleri 722-3000 micromhos/cm arasında değişirken artış % 58-555 arasında gerçekleşmiştir.

2. Dört farklı tuz konsantrasyonuna sahip taban suyu uygulamalarında taban suyu seviyesinden itibaren yukarı doğru 0-30 cm'lik katmanda kapillar tuz taşınımı en az (% 24-58) olurken, en fazla tuz birikimi (% 444–1128) 60-90 cm katmanlarında meydana gelmiştir. Bu da denemede kullanılan killi-tınlı toprakta taban suyundan kapillar yükselme derinliğinin (kritik derinlik) 90 cm civarında olduğunu göstermektedir.

3. Tüm taban suyu uygulamalarında kapillar tuz yükselmesi aşağıdan yukarı doğru 30 cm'den sonra hızlı artış göstermiş, bu artış 90 cm'den sonra azalan oranlarda devam etmiştir. Özellikle 1 m derinliğinde taban suyundaki tuz artış oranları (60-90 cm)

diğer derinliklere göre kısmi bir fazlalık göstermiştir. Denemeye alınan silindirik boruların üst kısımlarının atmosfere açık olması ve serbest buharlaşma şartlarında olması potansiyel nem gerilmesinin, yani kapillar yükselişin 1 m'lik taban suyu seviyelerinde daha etkili olduğunu göstermiştir.

4. Farklı tuz konsantrasyonundaki taban suyu uygulamalarında taban suyu tuz konsantrasyonlarındaki oransal artışlarla, toprak katmanlarındaki tuz birikimi artış oranları paralellik göstermemiştir. Yani A uygulamasından D uygulamasına geçişte tuz konsantrasyonu % 700 oranında artırılırken tüm katmanlarındaki tuz değişimleri bu oranlarda olmamış, değişimler birbirine yakın düzeyde çıkmıştır.

5. Deneme sonunda kapillar iyon hareketinin tesbiti amacıyla 2 m derinliğindeki taban suyu uygulamalarında toprakta yapılan iyon analizlerinde;

i. Suda çözünebilir iyonlardan en fazla Na ve Cl iyonları çıkmıştır. Bunun nedeni bu iyonların suda çözünürlüklerinin fazla olması, mobilitilerinin yüksek olması ve yapay oluşturulan taban sularında bu iyon tuzlarının yoğun kullanılmasıdır.

ii. Dört farklı taban suyu kalite uygulamasında en fazla iyon birikimi 60-90 cm'lik katmanlarda görülmüştür. Bu sonuç, bu katmanlardaki EC artışı ile paralellik göstermiştir.

iii. Deneme sonrası tüm katmanlardaki toprakların değişebilir katyonlarından $Na^{+}$ 1,15-1,61 me/100 g, $K^{+}$ 0,42-0,75 me/100 g, $Ca^{++}$ 11,59-14,55 me/100 g, $Mg^{++}$ ise 3,92-5,85 me/100 g toprak arasında değişim göstermiş olup değerler birbirine çok yakın çıkmıştır. Tüm uygulamalarda DSY değerleri % 15'den az çıkmış olup sodyumluluk tehlikesi oluşmamıştır. Ancak DSY değeri % 5,2'i geçtiği için topraklarda kaymak tabakası oluşumu, agregat zayıflaması ve infiltrasyon azalması gibi fiziksel bozulmalar (Bal ve ark. 2011) görülebilecektir.

6.Yapılan çalışma sonunda deneme öncesi saturasyon ekstratında tuz konsantrasyonu 458 micromhos/cm olan toprak 9 ay süresince devamlı oluşturulan 3 farklı derinlikteki 4 farklı tuz konsantrasyonuna sahip taban suyu uygulaması sonucunda kapillar yükselme ile hızla tuzlulaşmıştır. Özellikle taban suyundan itibaren 60-90 cm katmanlarındaki tuz artışı % 444-1128 gibi değişen oranlarda meydana gelmiş olup yüksek seviyede çıkmıştır. Taban suyunun etkisinin gelecek yıllardaki etkisi düşünüldüğünde topraktaki tuzlulaşmanın tehlikeli boyutlara ulaşması kaçınılmaz olacaktır.

7. Bu araştırmada, deneme süresince topraktaki su ve buna bağlı olarak tuz hareketinin, yer çekimine ters yönde, taban suyundan toprak yüzeyine doğru olduğu koşullar oluşturulmuş, hiç sulama yapılmadığından aksi yöndeki tuz hareketine fırsat verilmemiştir. Doğal koşullarda ise gerek yağışlarla ve gerekse sulama ile yukarıdan aşağıya su ve tuz hareketi gerçekleşir. Sulama ve yağış suları ile verilen su kapillar yükselmeden daha fazla ise tuzların yıkanması gerçekleşir. Böylece toprak profilinde tuzların iniş-çıkış hareketi yaşanır. Sulama ile gelen tuzlar profildeki tuz bilançosunu artırır. Yükselen taban suyunu toprak hacmi dışına atacak bir drenaj şebekesi olmadığı takdirde, zamanla toprakların tuzlulaşması kaçınılmaz olur. Burada önemli olan, drenlerin, taban suyu seviyesini, kapillarite ile yukarı tabakalara taşınmasını önleyecek taban suyu derinliğini oluşturacak derinlik olmasıdır.

### 5.2. Öneriler

Tarım arazilerinde tuz birikiminin diğer bir kaynağı da sulanan arazilerde sık karşılaşılan yüksek taban suyudur. Yüksek taban suyu tablasının oluşumu arazinin doğal hidrolojik özelliklerinden veya sulama suyu kayıplarından kaynaklanır. Kapillar yükselme ile bitki kök bölgesine, hatta toprak yüzeyine ulaşan taban suyu evaporasyon sonucunda bünyesindeki tuzları toprak profilinde bırakır. Taban suyu çok tuzlu değilse veya toprak yüzeyine yakın olması kısa süreli ise, bu durumda, tuz birikimi kültür bitkilerinin gelişmesine engel olacak bir niceliğe erişmez. Ancak uzun süre toprak yüzeyine yakın bir konumda kalırsa, toprakta tuz birikimi devam eder. Sonuçta, toprak tuzluluğu kültür bitkilerinin gelişmesini engelleyecek yoğunluğa ulaşabilir.

Tartışmadaki değerlendirmelerin ışığında taban suyu seviyesinin yüksek ve taban suyu tuz konsantrasyonunun fazla olduğu alanlarda tarımsal uygulamalarda aşağıdaki hususlar önerilebilir.

1. Yağışlı ve sulanan alanlarda taban suyunun ani ve geçici yükselmelerini önlemek için tarla içi drenaj mutlaka yapılmalıdır.

2. Sulamanın zorunlu olduğu alanlarda bitki su ihtiyacına ilave olarak topraktaki tuzluluğu, kontrol altına almak ve özellikle kapillar yükselme ile oluşacak tuz birikimlerini yıkamak ve kontrol etmek için yıkama ihtiyacı suyunun hesaplanarak verilmesi gerekir.

3. Taban suyundan kapillarite ile tuz yükselmesinin durduğu veya yavaşladığı derinlik (kritik derinlik), toprak tekstürüne bağlı olarak değişmektedir. Deneme toprağında bu derinlik 90-100 cm olarak bulunmuştur. Siltli, siltli-killi topraklarda bu derinlik artmaktadır. Geniş drenaj alanlarının bulunduğu yerlerde bu derinlik denemelerle bulunduktan sonra drenaj sistemleri projelenmelidir.

Sulu tarım yapılan ağır bünyeli (killi, killi-tın) topraklarda taban suyu seviyelerinin en az 1,5 m–2 m aşağıda tutulmasına dikkat edilmeli, bu amaçla tarla içi drenaj tesis edilmelidir.

4. Tuzlulaşma, yani kök bölgesinin tuzluluk düzeyinin verim ve kaliteyi olumsuz etkileyecek kadar artması, çeşitli etkenler sonucunda, toprağın verimlilik potansiyelini doğrudan yönlendirici bir unsur olmaktadır. Taban suyu sorunu olan alanlarda belli zaman aralıklarında topraktaki tuz hareketi takip edilmeli, toprak tuzluluğu kontrol altında tutulmalıdır.

5. Ülkemizde devlet kuruluşları tarafından önemli miktarlarda masraf yapılarak işletilen sulama şebekelerinin önemli bir bölümünde sulamanın tekniğine uygun yapılmaması, işletme-bakım ve yönetim organizasyonu ile eğitim sistemindeki bozukluklar nedeniyle aşırı su kullanımı, erozyon, taban suyu yükselmesi, topraklarda çoraklaşma gibi sorunları ortaya çıkarmış, sulama oranı ve sulama randımanı düşük düzeylerde kalmış ve etkin bir su kullanımı sağlanamamıştır. Tüm sulama uygulamalarında olduğu gibi su uygulama randımanı yüksek tutulmalı, su iletim ve uygulama kayıpları en aza indirilmeli, sulama kayıplarının taban suyunu yükselteceği, toprağı tuzlulaştıracağı unutulmamalıdır.

6. Türkiye'de tuzluluk ve sodyumluluk sorunu olan arazi miktarı 1.518.722 ha'dır (Sönmez 2004). Konya ovasında da sulu tarım alanlarında, sulama suyunun bilgisiz kullanılması sonucunda ova topraklarında tuzluluk, sodyumluluk ve drenaj sorunları oluşmuştur. Ovada taban suyu seviyesi de yükselmiştir (Çiftçi, 1987; Kara ve ark., 1992). Havza topraklarının 509.380 hektarında tuzluluk ve alkalilik, 623.446 hektarında ise drenaj sorunu mevcuttur (Kara ve ark., 1991). Sürdürülebilir bir tarımsal uygulama için toprak-bitki-su ilişkileri iyi irdelenmeli, uygun bitki seçimi yapılmalı, yeterli kalitede sulama suyu verilmeli ve sulama uygulamaları takip edilmelidir. Bunun için araştırma ve uygulama kuruluşlarının çiftçiyi bilinçlendirmesi zorunludur.

## 6. KAYNAKLAR

Ağca, N., (1999), Topraklarda çoraklaşma ve sürdürülebilir tarım, *26-28 Mayıs GAP I. Tarım Kongresi*, 2, 915-922, Haziran, Harran Ü. Ziraat Fakültesi, Şanlıurfa.

Anonymous, 1978, Türkiye arazi varlığı, Topraksu Genel Müdürlüğü Toprak Etütleri ve Haritalama Daire Başkanlığı, Ankara.

Anonymous, 1998, Cumhuriyetin 75. Yılında Konya, Konya İl Yıllığı, Konya Valiliği, Konya.

Anonymous, 2004, 1995-2004 50. Yılında DSİ, Enerji ve Tabi Kaynaklar Bakanlığı DSİ Genel Müdürlüğü, DSİ İdari ve Mali İşler Daire Başkanlığı, Basım ve Fotofilm Şb. Müdürlüğü, Ankara.

Anonymous, 2005, www.wowturkey.com

Anonymous, 2010, Meteoroloji Genel Müdürlüğü Verileri, Konya.

Anonymous, 2011, www.konajans.com.tr

Anonim, 2011, www.cografya.gen.tr

Arslan, H., 2005, Bafra ovası sağ sahil sulama alanının taban suyu derinlik ve tuzluluk haritalarının coğrafi bilgi sistemi yardımıyla hazırlanması ve değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *Ondokuzmayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 79s.

Ayrancı, Y., 2006, Muğla ortaca yöresi sera sulama sularının kalitelerinin belirlenmesi, *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 20 (39):* 32-36, Konya.

Ayyıldız, M., 1990, Sulama suyu kalitesi ve tuzluluk problemleri, Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, *Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları: 1196, Ders Kitabı: 344*, Ankara, 282s.

Bal, L., M., Şeker, C., Gümüş, İ., 2011, Kabuk bağlama probleminin araştırılmasında Konya-Sarıcalar örneği, *Prof. Dr. Nuri MUNSUZ Ulusal Toprak ve Su Sempozyumu 25-27 Mayıs, Sayfa:58-66.* Ankara.

Bos, M., G. G., Vos and R., A. Feddes, 1996, CRIWAR 2.0 A simulation model on crop irrigation water requirements, *ILRI Publication 46. Wageningen, The Netherlands,* 117p.

Bouyoucos, G., S., 1951, A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils, *Argon. J. 43:* 434-438.

Bower, C. A., Reitemer, R. F., Fireman, M., 1952, Exchangeable Cation Analyses of Saline and Alkali Soils, *Soil Sci.,* 73.

Çağlar K. Ö., 1958, Toprak ilmi, *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 10, Ders Kitabı No: 2,* Ankara.

Çakır, R., ve Gidişlioğlu, A., 1997, Düşük kaliteli sulama sularının vertisol toprakların bazı özelliklerine ve ayçiçeği bitkisinin vegatatif gelişmesine etkileri, *VI. Tarımsal Tapılar ve Sulama Kongresi*, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Bursa.

Çelebi, M., Çiftçi, N., Çivicioğlu, N., 2010, Konya ovalarında toprak-su kaynakları ve sulamada işletme problemleri, *I. Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu,* s.76-85, Kahramanmaraş.

Çiftçi, N., 1987, Konya TİGEM Arazisinde taban suyu toprak tuzluluğu ilişkileri üzerine bir araştırma, *A. Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü* Y.L. Tezi, Ankara.

Çiftçi, N., Yılmaz, M.A., 1995, Konya ovası drenaj şebekelerinde su kalitesinin yıllık değişimi ve sulamada kullanılabilirliği, *Beşinci Kültürteknik (Sulama) Kongresi,* Kemer,Antalya.

Çiftçi, N., Acar, B., Şahin, M., Yaylalı Kutlar, İ., Yavuz, D., 2009, Land and water potentials of Turkey and major problems in irrigated agriculture, *Procedings International Conference on Lakes and Nutrient Loads,* April 24-25, 2009, Pocradec/Albania.

Çiftçi, N., 2010, Tarımda toprak-su kaynaklarının geliştirilmesi ve su yönetimi, *Tarımda Kültürteknik Ders Kitabı,*bölüm:4,s:83,Konya.

Çiftçi, N., Acar, B., Topak, R., Çelebi, M., 2010, The Sustainable Problems of Irrigation in Turkey"., *Second International Symposium on Sustainable Development,* pp:191-197, June 8-9, 2010, Sarajevu.

Demiralay, İ., 1977, Toprak fiziği uygulaması, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları,* Erzurum.

Demirel, Z., 2004, The history and evaluation of saltwater intrusion into a coastal aquifer in Mersin, Turkey, *Journal of Environmental Management Volume 70, Issue 3,* March 2004, Pages 275-282.

Ergene, A., 1982, Toprak bilgisi, *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 267, Ders Kitapları Serisi No: 42*, Erzurum.

Gualbert, H. P. Oude Essink., 2001, Improving fresh groundwater supply-problems and solutions, *Ocean & Coastal Managent 44(2001)* 429-449.

Güngör, Y., Erözel, Z., Yıldırım, E., Öztürk, A., 1992, Yıkama suyu kalitesinin toprak kolonunda oluşturduğu iyon değişimlerinin belirlenmesi, *A. Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları, No: 1242,* Ankara.

Güngör, Y., Erözel, Z., 1994, Drenaj ve arazi ıslahı, *Ankara Üniv., Ziraat Fak. Yayınları No: 1341, Ders Kitabı: 389,* Ankara, 232s.

Hillel, D., 1980, *Fundamentals of Soil Physics.Academic Press Inc.,* London 413 p.

İşcan, S., Tepeli, E., Uyan, A., Yaşar, M., Çavdar, A., 2001, Sulamanın temel esasları 1, T. C. Tarım ve Köyişleri Bakanlığı, *Adana Zirai Üretim İşletmesi ve Mekanizasyon Eğitim Merkezi Müdürlüğü, Yayın No: 2,* Adana.

Kanber, R., Kırda, C., Tekinel, O., 1992, Sulama suyu niteliği ve sulamada tuzluluk sorunları, *Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Genel Yayın No: 21, Ders Kitapları Yayın No: 6,* Adana.

Kara, M., Çiftçi, N., Şimşek, H., 1990, Konya–Çumra–Çandır Mevkii arazilerinde taban suyu hareketi ve özellikleri üzerinde bir araştırma, *Selçuk Üniversitesi Araştırma Fonu, Proje No: ZF 88/079,* Konya.

Kara, M., Çiftçi, N., Şimşek, H., 1991, Selçuk üniversitesi araştırma ve uygulama çiftliği çomaklı arazisinde taban suyu karekteristikleri ve tarla içi drenaj kriterleri tesbiti üzerine bir araştırma, Selçuk Üniversitesi, Konya.

Kara, M., Çiftçi, N., Şimşek, H., Topak, R. 1992, Konya ovaları projesinde (KOP) su potansiyeli ve ihtiyacı*, IV. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Bildirileri,* Erzurum.

Kara, T., 2002, Irrigation Scheduling to Present Soil Salinization from a Shallow Water Table, *Acta Horticulture, Number 573:* 139-151.

Kara, M., 2005, Sulama ve sulama tesisleri, Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Konya.

Kutlar Yaylalı, İ., Çiftçi, N., 2007, Değişik tuz konsantrasyonuna sahip farklı sulama suyu uygulamalarının domateste verim ve kalite üzerine etkileri, *Fen Bilimleri Enstitüsü*, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, ABD Doktora Tezi, Konya.

Konukcu, F., 1997, Upward transport of water and salt from shallow saline watertables, The University of Newcastle, PhD thesis, Newcastleupon Tyne, UK.

Konukcu, F., Istanbulluoglu A., Kocaman, I., 2004, Determination of water content in the dryingsoils: incorporating transition from liquid phaseto vapour phase, *Australian Journal of Soil Research 42:* 1-8.

Konukcu, F., Akbuğa, R., 2006, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi,* Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Tekirdağ.

Kwiatowsky, J., 1998, Salinity Classification, Mapping and Managment in Alberta. http://www.agric.gov.ab.ca/sustain/soil/salinity.

Maas, E. V., Poss J. A., Hoffman, G. J., 1986, Salinity sensitivity of sorghum at three growth stages, *Irrigation Science 7:* 1-11, Martin, R. C., D. V. Harvey ve D. L. Smith, 1990.

Richards, L.A., 1954, Diagnosis And Improvement of Saline and Alkali Soils, *US Dept. Agric., Agric Handb. No: 60*, USA.

Rijtema, P. E., 1969, Soil moisture forecasting, Nota513, *Institute for Land and Water Management Resources, Waginengen, the Netherlands:* 28p.

Rose, D. A., Konukcu F., Gowing J. W., 2005, Effect of watertable depth on evaporation andsalt accumulation above saline groundwater, *Australian Journal of Soil Research 43:* 565-573.

Scardaci, S. C., Eke, A. U., Hill, J. E., Shannon, M. C., Rhoades, J. D., 2002, Water and Soil Salinity Studies on California Rice, *U.S. Salinity Lab., USDA, 450w. CA, 92507,* California.

Sönmez, B., Yurtseven, E., 1995, Değişik tuzluluk ve SAR değerlerine sahip suların toprak tuzluluğu ve sodyumluluğu ile domates bitkisinin gelişimine ve verimine olan etkilerinin belirlenmesi*, Köy Hizmetleri Gn. Md., Toprak ve Gübre Araşt. Enst. Md. Yayınları,* 202/R119, Ankara.

Sönmez, B., 2004, Türkiye'de çorak ıslahı araştırmaları ve tuzlu toprakların yönetimi, *Sulanan Alanlarda Tuzluluk Yönetimi Sempozyumu Bildiriler Kitabı, 20- 21 Mayıs, 2004, 157-162s,* Ankara.

Yılmaz, A. M., Çiftçi, N., 1993, Konya ovası drenaj şebekesi sularının sulamada kullanılması ve ortaya çıkaracağı sorunlar, *S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,* Konya.

Yıldırım, A.A., 1992,Ereğli-ivriz sağ sahil sulama alanında yer altı suyu kalitesi ve sulamada kullanılabilirliği üzerine bir araştırma, *S.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü,* Yüksek Lisans Tezi*,* Konya.

Yurtseven, E., 1997, Ülkemiz nehir su kaynaklarının kalite değerlendirmesi, *VI. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, 5-8 Haziran 1997,* Kirazlıyayla, Bursa, s. 453-459 U.S.Salinity Lab. Staff, 1954., Salt Prob.

Yurtseven, E., Baran, H. Y., 2000, Sulama suyu tuzluluğu ve su miktarlarının brokkolide (Brassiva oleracea botrytis) verim ve mineral madde içeriğine etkisi, *Turk. J. Agric. For 24(2):185-190, 2000,* 185-190.

Yurtseven, E., Ünlükara, A., Top, A., Tek, A., 2001a, Tuzluluğun ve sulama aralığının kolzada (Brassica napus oleifera) verime ve gelişmeye etkisi, *8-*

*11 Kasım I. Ulusal Sulama Kongresi, Bildiriler Kitabı,* 215-219., Belek/Antalya.

Yurtseven, E., Öztürk, H. S., Demir, K., Kasım, M. U., 2001b, Sulama suyu tuzluluğunun tınlı toprakta profil tuzluluğuna etkisi, *Ankara Üniv. Tarım Bilimleri Dergisi, 7: 3:* 1-8

# ÖZGEÇMİŞ

## KİŞİSEL BİLGİLER

**Adı Soyadı** : Çiğdem KARAKAŞ
**Uyruğu** : T. C.
**Doğum Yeri ve Tarihi** : Ankara, 14.01.1986
**Telefon** : 0535 388 36 60
**E-mail** : karakascigdem@msn.com

## EĞİTİM

| Derece | | Adı, İlçe, İl | Bitirme Yılı |
|---|---|---|---|
| Lise | : | **Cumhuriyet Lisesi, Çankaya, Ankara** | **2003** |
| Üniversite | : | **Selçuk Üniversitesi, Konya** | **2008** |
| Yüksek Lisans | : | **Selçuk Üniversitesi, Konya** | **Devam ediyor** |
| Doktora | : | | |

## İŞ DENEYİMLERİ

| Yıl | Kurum | Görevi |
|---|---|---|
| 2007 | **Devlet Su İşleri Genel Müdürlüğü** | **Stajer** |

## YABANCI DİLLER

| Dil | Seviye |
|---|---|
| İngilizce | Orta |

## YAYINLAR

| Adı | Konu |
|---|---|
| Seminer | Drenajda Taban Suyu Etütleri |