

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI YAĞMURLAMA SULAMA
DÜZEYLERİNİN MISIR KÖK GELİŞİMİ VE
NİTRAT YIKANMASI ÜZERİNE ETKİLERİ**

Merve DEVECİLER

Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

Tezin Sunulduğu Tarih: 13.06.2011

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Muharrem Y. YAVUZ

ÇANAKKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

MERVE DEVECİLER tarafından **YRD. DOÇ. DR. MUHARREM YETİŞ YAVUZ** yönetiminde hazırlanan “**FARKLI YAĞMURLAMA SULAMA DÜZEYLERİNİN MİSİR KÖK GELİŞİMİ VE NİTRAT YIKANMASI ÜZERİNE ETKİLERİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Muharrem Yetiş YAVUZ

Danışman

Doç. Dr. Yasemin KAVDIR

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Recep ÇAKIR

Jüri Üyesi

Sıra No :

Tez Savunma Tarihi: 13.06.2011

Prof. Dr. İsmet KAYA

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI

Bu tezde görsel, işitsel ve yazılı biçimde sunulan tüm bilgi ve sonuçların akademik ve etik kurallara uyularak tarafımdan elde edildiğini, tez içinde yer alan ancak bu çalışmaya özgü olmayan tüm sonuç ve bilgileri tezde kaynak göstererek belirttiğimi beyan ederim.

Merve DEVECİLER

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Muharrem Y. YAVUZ'a, çalışmalarımın her safhasında bana yol gösteren Zir. Yük. Müh. Muammer DEVECİLER'e ve hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teőekkürlerimi sunarım.

Merve DEVECİLER

ÖZET

FARKLI YAĞMURLAMA SULAMA DÜZEYLERİNİN MISIR KÖK GELİŞİMİ VE NİTRAT YIKANMASI ÜZERİNE ETKİLERİ

Merve DEVECLER

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Yrd. Doç. Dr. Muharrem Y. Yavuz

13.06.2011, 76

Sulama ve gübreleme programlarının hazırlanmasında kök sisteminin toprak içerisinde dağılımının bilinmesi önemli yer tutmaktadır. Sulama ile beraber bitki besin maddeleri topraktan yıkanabilmektedir. Bu araştırmada, yağmurlama sulama yöntemi ile sulanan mısırın farklı sulama düzeylerinin etkisi altında gelişen kök sisteminin gelişimi izlenerek, tespit edilen kök derinliğine göre hazırlanan sulama programı uygulanmış ve sulama uygulamaları sonrasında toprak profili içerisinde nitrat azotunun (NO_3) dağılımı tespit edilmiştir. Araştırmada etkin kök derinliği, her sulamadan önce minirhizotron kameralar ile tespit edilmiştir. Uygulanacak sulama suyu miktarı tespit edilen derinliğe göre hesaplanmıştır. Çizgi kaynaklı yağmurlama sulama sistemi ile sulanan denemede beş farklı sulama düzeyi uygulanmıştır. Deneme süresince sulama düzeylerinin mevsimlik sulama suyu gereksinimi, bitki su tüketimi, verim ve toprak azot dağılımı üzerine olan etkisi tespit edilmiştir.

Anahtar sözcükler: Mısır, Farklı sulama düzeyleri, Nitrat, Azot, Kök gelişimi Minirhizotron.

ABSTRACT

THE EFFECTS OF DIFFERENT SPRINGLER IRRIGATION'S LEVEL ON CORN ROOT GROWTH AND NITRATE LEACHING

Merve DEVECILER

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School

Agriculture Structure and Irrigation Department Master Thesis

Advisor: Asst. Prof. Dr. Muharrem Y. Yavuz

13.06.2011, 76

Root distribution in soil is very important parameter for irrigation and fertilization programs. During irrigation, some plant nutrients can be leached from soil profile. In this research, maize root developments under different irrigation levels were monitored and irrigation programs were applied according to root depth and distribution. Then a nitrogen (NO_3) concentration within soil profile was determined. Effective rooting depth was monitored by using minirhizotron camera before each irrigation. Water amount was calculated using effective rooting depth data. Five different irrigation levels which are 0, 20, 40, 60, 80 and 100% were applied to the blocks by springer irrigation system. During the research, effects of irrigation levels on seasonal irrigation water demand, plant water uptake, yield and soil nitrogen levels were determined.

Keywords: Maize, Different irrigation levels, Nitrate, Nitrogen, Root development, Minirhizotron.

İÇERİK:	Sayfa
TEZ SINAVI SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
ÖZET	v
ABSTRACT	vi
BÖLÜM 1 – GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 – ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	3
2.1 Sulama Uygulamalarında Etkili Kök Derinliği.....	3
2.2 Kök Sisteminin Gelişimi.....	3
2.3 Kök Gelişiminin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler.....	5
2.3.1 Kök Araştırma Metotları.....	5
2.3.1.1 Kazı Metodu	5
2.3.1.1.1 Kök Sisteminin Kazılması.....	5
2.3.1.1.2 Toprak Blok (Tek Parça) Yöntemi.....	5
2.3.1.1.3 Toprak Core Yöntemi	6
2.3.1.1.4 Core Gelişimi Yöntemi (Ağ Paketleri).....	7
2.3.1.2 Doğrudan Görüntüleme Metodu.....	7
2.3.1.2.1 Profil Duvarı Tekniği.....	7
2.3.1.2.2 Kök Duvar Tekniği.....	7
2.3.1.2.3 Rhizotron Tekniği.....	7

2.3.1.2.3.1 Klasik Rhizotron.....	7
2.3.1.2.3.2 Toprak Biotron.....	7
2.3.1.2.4 Minirhizotron Tekniği.....	8
2.4 Köklerde Su ve Madde Alışverişi.....	10
2.4.1 Toprak-Bitki-Kök İlişkileri.....	10
2.4.2 Toprak İyon Değişimi.....	11
2.4.3 Toprak İyonlarının Köklere Taşınması.....	11
2.4.3.1 Köklerde Kontak İle İyon Değişimi.....	12
2.4.3.2 Toprak Suyunun Hareketi İle Besin Alımı.....	13
2.4.3.3 Difüzyon İle Besin Alımı.....	13
2.4.4 Bitki Besin Elementlerinin Köklere Alımı.....	14
2.4.4.1 Pasif İyon Absorbsiyonu.....	14
2.4.4.2 Aktif İyon Absorbsiyonu.....	14
2.5 Azot (N).....	15
2.5.1 Azot Döngüsü.....	16
2.5.2 Bitki Bünyesindeki Azot Formları.....	17
2.5.3 Bitkide Azotun İşlevi.....	18
2.5.4 İnorganik Azot Bileşikleri.....	20
2.5.5 Organik Azot Bileşikleri.....	20
2.5.6 Topraktan Nitrat Yıkanması.....	20
BÖLÜM 3- MATERYAL ve YÖNTEM.....	24

3. 1. Materyal.....	24
3.1.1 Deneme Alanı.....	24
3.1.2 Deneme Alanı Jeolojisi Ve Toprak Özellikleri.....	24
3.1.3 Deneme Alanı Ve Çevresi İklim Özellikleri	25
3.1.4 Bitki.....	27
3.1.5 Root Scanner.....	27
3.1.6 Nötron metre.....	29
3.1.7 Epson Scanner.....	29
3.2 Yöntem.....	30
3.2.1 Toprak örneklerinin alınması ve analizleri.....	30
3.2.2 Tarım Tekniği.....	30
3.2.3 Denemenin Düzenlenmesi Ve Uygulamalar.....	31
3.2.3.1 Deneme Konuları.....	31
3.2.3.2 Sulama Uygulamaları.....	33
3.2.3.3 Toprak Neminin İzlenmesi.....	34
3.2.3.4 Kök Ölçümleri.....	34
3.2.3.4.1 Minirhizotron Tüplerden Kök Görüntülerinin Alınması.....	34
3.2.3.4.2 Core Yöntemi İle Yapılan Kök Ölçümü.....	38
3.2.3.5 Bitki Ve Toprakta Karbon (C) Ve Azot (N) Değişiminin İzlenmesi... ..	42
3.2.3.5.1 Toprak, Kök Ve Bitki Örneklerinin Alınması	42
3.2.3.5.2 Örneklerinin Karbon Ve Azot Analizleri İçin Hazırlanması.....	42

3.2.3.5.3 Karbon Ve Azot Analizleri.....	43
3.2.3.6 Vejetatif Ölçümler.....	44
3.2.3.6.1 Bitki Yeşil Aksam Ölçümleri.....	44
3.2.3.6.2 Bitki Biokütle Ölçümleri.....	44
BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	45
4.1 Sulama Uygulamaları.....	45
4.1.1 Birinci Yıl (2008) Sulama Sonuçları.....	45
4.1.2 İkinci Yıl (2009) Sulama Sonuçları.....	46
4.1.3 Üçüncü Yıl (2010) Sulama Sonuçları.....	47
4.2 Kök Gelişimi.....	47
4.2.1 Birinci Yıl (2008) Kök Gelişim Sonuçları.....	47
4.2.1.1 Minirhizotron Yöntemine Göre Yapılan Ölçüm Sonuçları.....	47
4.2.1.2 Örnekleme Yöntemine Göre Yapılan Ölçüm Sonuçları.....	49
4.2.2 İkinci Yıl (2009) Kök Gelişim Sonuçları.....	50
4.2.2.1 Minirhizotron Yöntemine Göre Yapılan Ölçüm Sonuçları.....	50
4.2.2.2 Örnekleme Yöntemine Göre Yapılan Ölçüm ve Sonuçları.....	50
4.2.3 Üçüncü Yıl (2010) Kök Gelişim Sonuçları.....	52
4.2.3.1 Minirhizotron Yöntemine Göre Yapılan Ölçüm Sonuçları.....	52
4.2.3.2 Örnekleme Yöntemine Göre Yapılan Ölçüm Sonuçları	53
4.3 Verim Değerleri.....	54
4.3.1 Birinci Yıl (2008) Verim Değerleri.....	54

4.3.2 İkinci Yıl (2009) Verim Değerleri.....	55
4.3.3 Üçüncü Yıl (2010) Verim Değerleri.....	56
4.4 Toprak ve Bitkide Ölçülen Azot (N) Değerleri.....	57
4.4.1 Birinci Yıl (2008) Azot Ölçüm Değerleri.....	57
4.4.1.1 Toprakta Azot (N).....	57
4.4.1.2 Bitkide Azot (N).....	61
4.4.1.2.1 Kök Azot (N) Ölçümlerinden Elde Edilen Sonuçlar.....	61
4.4.2 İkinci Yıl (2009) Azot Ölçüm Değerleri.....	62
4.4.2.1 Toprakta Azot (N).....	62
4.4.2.2 Bitkide Azot (N).....	64
4.4.2.2.1 Kök Azot (N) Ölçümlerinden Elde Edilen Sonuçlar.....	64
4.4.2.2.2 Bitki Yeşil Aksam Azot (N) Ölçümlerinden Elde Edilen Sonuçlar.....	66
4.4.3 Üçüncü Yıl (2010) Azot Ölçüm Değerleri.....	67
4.4.3.1 Toprakta Azot (N).....	67
4.4.3.2 Bitkide Azot (N).....	70
4.4.3.2.1 Kök Azot (N) Ölçümlerinden Elde Edilen Sonuçlar.....	70
4.4.3.2.2 Bitki Yeşil Aksam Azot (N) Ölçümlerinden Elde Edilen Sonuçlar.. ..	71
4.4.4 Bitki ve Toprak Bünyesindeki Azot Oranlarının Yıllara Göre Karşılaştırılması.....	72
BÖLÜM 5 – SONUÇ VE ÖNERİLER	76
KAYNAKLAR.....	I

Çizelgeler.....	VII
Şekiller.....	IX
Özgeçmiş.....	XII

BÖLÜM 1**GİRİŞ**

Günümüzde üretilen gıdanın %30 ile 40'ı tarımsal alanların %17'sinde sulama ile elde edilmektedir. Ancak bu üretimin gerçekleştirilebilmesi için tatlı su kaynaklarının %70'inin kullanılması gerekmektedir. Kaynakların sınırlı olması bir yandan su tasarrufu sağlayan yöntemlerin kullanımının yaygınlaşmasını sağlarken, öte yandan daha az su ile en ekonomik verimin elde edilmesine ilişkin araştırmaların yoğunlaşmasına neden olmuştur. Bunun sonucu olarak tarımsal üretimde sulama suyunun daha ekonomik kullanımına ilişkin pek çok araştırma yapılmıştır. Araştırma konuları arasında farklı sulama yöntemleri ve farklı sulama düzeylerinin üretilen bitkinin verim ve su tüketimine olan etkileri pek çok araştırmacı tarafından incelenmiş ve önemli sonuçlar elde edilmiştir. Ancak, uygulanan sulama yöntemi ile düzeyinin kök gelişimi üzerine etkisi dikkate alınarak bitki besin maddelerinin topraktan alınmasına ilişkin fazla sayıda araştırma bulunmamaktadır.

Toprakta bulunan bitki besin maddelerinin bitki tarafından alınmasında toprak nem düzeyi önemli bir parametredir. Öte yandan kök sisteminin toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri ile bitki arasında köprü görevi görmesi nedeni ile bitki gelişimi dolayısı ile verim üzerinde etkisi bulunmaktadır. Kök sisteminin kapladığı hacim, toprağın bitki tarafından su ve bitki besin maddelerini alabilmek amacı ile kullanılabilirdiği kısmı tanımlamaktadır. Bu nedenle uygulanacak sulama suyu miktarının hesaplanmasında etkin kök derinliği olarak tanımlanan toprak derinliğinin doğru tespit edilmesi önemlidir.

Ancak bitki kök sistemleri her bitki için veya tüm yetişme koşulları için standart bir yapıya sahip değildir. Kök sisteminin gelişimi toprak derinliği, geçirimsiz katman varlığı gibi toprağın fiziksel özelliklerinin yanı sıra yetişme ortamında bulunan nem düzeyine göre de değişim gösterebilmektedir. Öte yandan bitki kök bölgesine uygulanan bitki besin maddeleri toprak suyu ile hareket edebilmektedir. Böylece bitki besin maddelerinin bir kısmı kökler aracılığı ile alınabilirken, bir kısmı fazla sulama nedeni ile kök bölgesi dışına taşınabilmektedir. Buna göre sulama ve gübreleme programlarının başarısı, mevcut toprak nemi koşullarında kök sistemi gelişiminin doğru olarak tahmin edilmesine bağlıdır.

Bu araştırmada, uygulanan sulama düzeyine göre oluşan kök yoğunlukları tespit edilmiş, her sulama düzeyinde meydana gelen kök yoğunluğunun da toprak profiline göre dağılımı kendi içinde ayrıca dikkate alınmıştır. Aynı zamanda toprakta hangi derinlikte, ne

kadar nem ve azot tüketiminin gerçekleştiği, deneme başlangıcı ve hasat dönemlerinde yapılan ölçümlerle tespit edilerek, sulama düzeyleri farklılıklarına göre oluşan kök yoğunlukları azot tüketimi ile ilişkilendirilmiştir.

BÖLÜM 2**ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR****2.1 Sulama Uygulamalarında Etkili Kök Derinliği**

Sulama uygulamalarında, sulama suyu uygulanacak toprak derinliği olarak etkili kök derinliği ya da etkili toprak derinliği dikkate alınmaktadır. Etkili kök derinliği, bitkilerin normal gelişmeleri için gerekli olan suyun % 80'inin alındığı kök derinliği biçiminde tanımlanmaktadır. Etkili toprak derinliği ise, geçirimsiz tabaka ya da taban suyuna kadar olan toprak derinliğidir. Bu koşulda, sulama suyu uygulanacak toprak derinliği olarak etkili toprak derinliği dikkate alınmaktadır, çünkü bitki sadece köklerinin yoğunlaştığı toprak hacmi içerisinde bulunan rutubetten ve bitki besin maddelerinden yararlanabilmektedir. Bu nedenle büyük alanlara hitap eden sulama projelerinin ve sulama planlamalarının hazırlanmasında kullanılabilir nitelikte kök derinliğini tanımlayan araştırmaların yapılmasına gereksinim vardır.

Tekinel ve Kanber (1989), pamuk bitkisinin sulanmasıyla ilgili yaptıkları bir çalışmada; ıslatılan toprak derinliği azaldıkça ve seyrek sulama yapıldığında, bitkinin suyu daha derinlerden almak eğiliminde olacağını belirtmişlerdir. Ayrıca genel olarak, bir bitkinin ekiminden sonraki ilk 45–50 günlük dönemde, bitkinin tükettiği suyun yaklaşık %70-80'lik kısmını, toprağın ilk 30cm'lik kısmından karşıladığını belirtmişlerdir. Daha sonraki dönemlerde ise tüketilen toplam suyun %90'ının, toprağın ilk 60cm'lik katmanından kullanıldığını, ancak daha ileriki dönemlerde daha alt katmanlarından su eksilişi olduğunu belirtmişlerdir.

2.2 Kök Sisteminin Gelişimi

Kök ve toprak bileşiminin meydana getirdiği kompleks çevreye *rizosfer* adı verilir (Gregory, 2006). Hiltner 1904'te bu terimi ilk defa kullandığında, farklı bakteri türleri ve baklagil kökleri üzerinde yürütmekte olduğu özel bir çalışmayla da yeşil gübrenin değerini de keşfetmiştir.

Kök gelişme paterni, toprak özellikleri ile çok yakından ilişkilidir. Zira literatürde sıkça belirtildiği gibi aynı yetiştirme ortamında, bitki türünün ve cinsinin genetik özelliklerine göre kök oluşturma paterni de değişmektedir.

Kök sisteminin gelişimi, toprak özelliklerinden geniş alanda etkilenir fakat diğer yandan toprağın özellikleri de bitki kökleri tarafından değişime uğratılır. Kökler toprak biyolojisinin de vazgeçilmez bir bileşenidir. Aynı zamanda, kök dokusu ve kök ürünleri bileşimi, birçok organizma için fiziksel bir barınak sağlar. Kökler, agroforestry sistemlerde toprak verimliliğinin artırılması ve devamlılığı konusunda da önemli rol oynar (Young,1997).

Arjantin’de tınlı-silt tekstüre sahip Haploustalf koşullarında yapılan ve mısır, ayçiçeği, yer fıstığı ve soya bitkilerinin azami kök derinliklerini konu alan bir çalışmadan elde edilen sonuçlar, tür ve çeşitlerin kök geliştirme paterni arasında farklılıklar olduğu ve en yüzlek kök gelişiminin Asgrow soya çeşitlerinde (1,30 m), en derin köklerin ise Contifor ayçiçeği çeşidinde (2,90m) bitkilerinde olduğu belirlenmiştir (Dardanell ve ark., 1997). Entz ve ark. (1992) tarafından Kanada’nın üç farklı bölgesinde yapılan bir araştırmada ise kışlık ve yazlık buğday bitkileri kök gelişimi bakımından karşılaştırılmış ve vejetatif gelişme safhalarının ilerlemesiyle ve toprakta yarayıslı rutubet miktarının artmasıyla bitkilerin oluşturdukları köklerin toplam uzunluğunun ve kök derinliğinin arttığı belirlenmiştir. Ayrıca, maksimum kök derinliği olan 130 cm’ye olgunlaşma devresinde ulaşıldığı, toplam köklerin % 60-80’lik kısmının ise 50 cm ye kadar olan toprak derinliğinde bulunduğu tespit edilmiştir. Bitki köklerinin gelişme dinamiği ABD’nin Kansas eyaletinde yapılan çalışmalarda da incelenmiş ve siltli-tın tekstür koşullarında yetişen ayçiçeği bitkisi köklerinin, çiçeklenme başında ve sonunda sırasıyla 1,88 ve 2,02 m olan maksimum kök derinliğinin, olgunlaşma devresinde 2,18 m’ye ulaştığı belirlenmiştir (Jaafar ve ark. 1993). Almanya’da yapılan bir başka incelemede 10 mısır çeşidinin Gleyic Luvisol koşullarında kök geliştirme paterni core ve minirhizotron yöntemleri ile incelenmiş ve kök yoğunluğu bakımından çeşitler arasında önemli derecede farklılıkların olduğu, 60-90 cm’lik katmana ait kök yoğunluğu değerleri ile yeşil aksam verim arasında pozitif bir ilişkinin bulunduğu tespit edilmiştir (Wiesler ve ark., 1994).

Busscher (1976); belli toprak hacminde suyun hareketini tanımlamak için, bir kök sisteminin içerdiği segment uzunluğunu ve dallanma paternini kullanarak, sayısal bilgi elde edilebileceğini belirlemiştir.

Klepper ve Taylor (1979), arazi koşullarında, bitki tepe ile kök sistemi arasında su çıkışı ve engel değerlerinin tanımlanması üzerine geliştirdikleri modellerde; toprak suyunun kök ve kökten bitki uç kısımlarına kadar taşınmasında kök yüzey alanı miktarının, modelde önemli bir parametre olduğunu; diğer parametrelerin ise kök uzunluk ve yoğunluğu (birim toprak hacmindeki kök yoğunluğu) olduğunu belirlemişlerdir. Fakat kök kabuk sınırları ve yarıçap değerlerini tam olarak tespit edememişlerdir.

2.3 Kök Gelişiminin Belirlenmesinde Kullanılan Yöntemler

Kök araştırmalarında farklı metotların uygulanması özel beceri gerektiren uygulamalardır. Aslen kök araştırmaları için geliştirilmemiş olup diğer bilim dallarından benimsenerek kullanılan birçok analitik kök araştırma metodu mevcuttur. Örneğin, insan tedavisinde kullanılan *endoskopi* yöntemi; bu gün kök araştırmalarında *minirhizotron* olarak karşımıza çıkmaktadır. Deneme dizaynı ve teknikleri aynı çalışma prensibine dayanır (Polomski ve Kuhn;2002).

Günümüzde kök gelişiminin belirlenmesinde kullanılan yöntemler üç ayrı şekilde uygulanmaktadır;

1. Teknik özelliklerini karşılaştırarak,
2. Problemlerin çözümüne çalışarak,
3. Kökün doğal özelliklerine bakarak (Morfoloji, yapı, üretim, besin alımı, madde dağılımları vb.). Bunların bir kısmından aşağıda kısaca bahsedilecektir.

2.3.1 Kök Araştırma Metotları

2.3.1.1 Kazı Metodu

2.3.1.1.1 Kök Sisteminin Kazılması

Kazı metodu; morfolojik karakteristiklerin kök yapısının ya da kök başına düşen biokütlenin belirlenmesi için kullanışlı bir metottur. Kutschera (1960), Kutschera ve Lichtenegger (1982,1992), Kutschera ve Sobotik (1992) ve Kutschera ve ark. (1997) gibi araştırmacılar bu yöntemle tek yıllık ve çok yıllık bitkilerde denemeler yürütmüşlerdir.

2.3.1.1.2 Toprak Blok (Tek Parça) Yöntemi

Toprağın yapısı bozulmadan, orijinal şekliyle alınması esasına dayanır. Bu yöntem

şu hallerde kullanılabilir;

- a) Otsu bitkilerin toplu kök sisteminden detaylı bir görünüm almada,
- b) Taşlık ya da kayalık topraklarda, geleneksel core yöntemiyle elde edilmesi zor olan gözenek hacmi; toprak katı maddesi ya da kök kütlesi gibi parametrelerin belirlenmesinde,
- c) Normal koşullar altında gelişen bitkilerin diğer toprak-kök ilişkilerinin belirlenmesinde.

Kök bağlantılarının orijinal yer ve konularını görme ve işaretlemeye; Schuurman ve Goeclewaagen (1971), ya da naylon ekran oluşturmada Gooderham (1969) bu yöntemden yararlanmışlardır.

2.3.1.1.3 Bozulmamış silindir (CORE) yöntemi ile yapılan kök ölçümü

Bu metot, silindir şeklindeki noktasal ve bozulmamış toprak örneklemesini esas alır. Toprak core örnekleri sıklıkla biokütle, ölü kütle kök şekli gibi kök parametrelerinin incelenmesinde kullanılır. Bunlar hacmi bilinen örnekler olduklarından tümevarım araştırmaları için kullanışlıdır (Şekil 1). Ancak taşlık ve kayalık olmayan organik ve diğer yumuşak yapıları topraklar için idealdir. Upchurch ve Taylor (1990); Mackie ve Atkinson (1991); Vogt ve Persson (1991) ve Persson (1996) tarafından; toprak core örnekleme metodu, örnekleme dizaynı, şekli, kullanılan ekipman özellikleri ve köklerin analize hazır hale getirilmesi detaylı olarak anlatılmıştır.



Şekil 1. Toprak core yöntemi ile kök örneklerinin alınması.

2.3.1.1.4 Core Gelişimi Yöntemi (Ağ Paketleri)

Bu yöntem; silindiriksel tül paketleri içinde hacmi belli yetiştirme ortamlarında yetiştirme yapılmasıyla gerçekleştirilir. Böylece tek bir bitkiye ait kökler, belli hacimde elde edilmiş ve komşu bitkilerin kökleri bertaraf edilmiş olur. Bu metot;

- a) Kök gelişim aktivitelerinin farklı ortamlarda karşılaştırılmasında,
- b) Mevsimlik kök farklılıklarının araştırılmasında,
- c) Farklı deneme uygulamalarının karşılaştırılmasında kullanışlıdır.

2.3.1.2 Doğrudan Görüntüleme Metodu

Doğrudan görüntüleme metotları, kök sisteminin ve çevresel koşullarının incelenmesinde doğrudan gözlem yapılabilmesini “güvenilir” bir şekilde sağlarlar (Polomski ve Kuhn; 2000).

2.3.1.2.1 Profil Duvarı Tekniği

Özellikle ana köklerin değerlendirilmesinde kullanışlıdır. Heterojen toprak profillerinin izlenmesini sağlar.

2.3.1.2.2 Kök Duvar Tekniği

6-8mm kalınlığındaki cam veya pleksiglass levhalar toprak profiline sabitlenir. Köklerin morfolojik gelişiminin gözlenmesi için kullanışlı olduğu kadar, fenolojik değişim ve yaşam süresinin ya da ölüm oranlarının hesaplanması için idealdir. Fakat pratikte çok az uygulama örneğine rastlanır.

2.3.1.2.3 Rhizotron Tekniği**2.3.1.2.3.1 Klasik Rhizotron**

Rhizotronlar, kök çalışmaları için toprak altına yerleştirilen cam odacıklardır. Klasik rhizotronlar; laboratuvar ortamında bir gözlem profilinin iki tarafına da yerleştirilen cam kaplamalar ile yapılır. Saydam ortam varlığında gelişime izin verilir. Upchurch ve Taylor (1990); Sackville ve ark. (1991) ve Box (1996) bu tekniği kullanan bazı araştırmacılarıdır.

2.3.1.2.3.2 Toprak Biotron

Doğal ekosisteme yerleştirilen bir çeşit rhizotron konumlandırılmasıdır.

2.3.1.2.4 Minirhizotron Tekniği

Bu tekniğin esası; köklerin yayıldığı ortam boyunca, ortama yerleştirilen şeffaf bir tüp aracılığıyla kökleri yerinde gözleme ve kaydetmeye dayanır (Polomski ve Kuhn 2002). Bu teknikte, aynı kök parçacıkları doğrudan ve tekrarlanabilen ölçümlerle gözlenebilir. Özellikle kök üretiminin gözlemlenmesinde; fenolojik sürecin devamlılığını takip ve çok yıllık bitkilerde bile uzun süre gözlem yapabilme olanağı sağlar. Ancak bu yöntem, kök topolojisi ya da yapısının hesaplanması için uygun değildir. Çünkü sadece kısıtlı ve belirli bir alanın gözlemlenmesi söz konusudur. Minirhizotronlar; çok yıllık bitkilerin kök araştırmalarında da kullanılabilirken de genellikle tek yıllık zirai kültür bitkilerinin ve laboratuvar ortamında yetiştirilen bitkilerin kök gözlemlerinde kullanılır (Box. 1996; Majdi ve Nylund 1996; Hendrick ve Pregitzen 1996; Smit ve ark. 2000). Bu teknikte, optik sistemlerle elde edilen görüntüler kolayca denetlenebilir (Şekil 2).



Şekil 2. Minirhizotron kamera ve bilgisayar bağlantısı ile görüntü alımı.

Bazı araştırmacılar ise kılcal kök parametrelerinin de zamansal değişiminin gözlemlenebilmesinde minirhizotron tekniğini kullanmışlardır (Hendrick ve Pregitzet 1992; Coleman ve Ark. 2000; Wells ve Eissenstat 2001; Majdi ve Ohrvik 2004).

Minirhizotron metodu; aynı yere konumlanmış saydam tüplerden, kök ve toprak yapısına zarar vermeden tekrarlanabilir gözlem görüntülerinin alınabildiği bir metottur. (Smit ve ark. 2000; Johnson ve ark. 2001) Bu metotta kök gelişimi zamansal olarak takip edilebilmekte ve kılcal köklere bile zarar verilmeden gözleme yapılabildiği için çok yıllık ağaçların kök gelişiminde bile yararlanılabilmektedir (Şekil 3).

Jose, S. ve ark, siyah ceviz, kızıl meşe ağaçları ve mısır bitkisi (*Zea mays*) üzerinde yaptıkları araştırmada, 0 - 1,1 - 2,3 - 3,5 ve 4,3 metre toprak profillerinde kök ölçümleri yapmış, 0 metrede düşük, 4,3 metrede orta kök biokütlesi ölçmüş, mısır kök dağılımının ekimden 65 gün sonra sabit derinliğe ulaştığını saptamışlardır. Plexiglass geçit tüpleri konumlandırılarak VHS bandında minirhizotron kamera kullanılarak kök görüntülerinin kaydedildiği çalışmada, elde edilen görüntüler bir raster tabanıyla GIS yazılımı kullanılarak (ERDAS-IMAGINE) analiz yöntemine tabi tutulmuştur. Yapılan regresyon analizi sonucunda minirhizotron yöntemiyle elde edilen kök yüzey alanı ölçümleri sonuçlarıyla; core yöntemiyle elde edilen kılcal kök biokütle sonuçları arasında istatistikî olarak önemli ilişki tespit edilmiştir. Ayrıca mısır bitkisinde ilk 30cm'lik toprak profilinde, minirhizotron tekniği ile beklenilenin altında değerler elde edilmiştir. Ağaç türleri için yapılan gözlemlerde ise yüzey ya da derin toprak tabakalarındaki kök biokütlesinin beklenen üst ve alt değerleri arasındaki varyasyon istatistikî olarak önemli bulunmamıştır. Araştırmada, minirhizotron yönteminin, kılcal kök verileri ve kök biokütle miktarları kullanılarak, türe özgü tahmin modellerinin geliştirilebileceği sonucuna varılmıştır.



Şekil 3. Minirhizotron yöntemiyle kök görüntüsü elde edilmesi.

(Noguchi ve ark. 2005)'nın Japon Sediri bitkisi kökleri üzerinde mevsimsel kök değişimini minirhizotron tekniğiyle gözlemledikleri araştırmada 1 mm çapından küçük kılcal kök sistemindeki üretim ve ölüm oranları hesaplanmış, kış ve yaz sezonu gözlemleri

karşılaştırılmış, minirhizotron tekniği ve ek olarak core yöntemi kullanılmıştır. Mayıs 2002- Mayıs 2003 sezonlarında sürdürülen çalışmada üst profillerden aşağıya inildikçe kök uzunluklarında doğrusal bir azalmanın yanı sıra; kış ve yaz sezonları kök oranları arasında yüksek farklılık gözlemlenmiştir. Minirhizotron tekniği ile mevsimsel kök oranları ve kök üretimi- ölüm oranlarını takip eden araştırmacılar; core yöntemi ile de metrekaareye düşen kök ağırlıklarını (gr) tespit etmişlerdir.

2.4 Köklerde Su ve Madde Alışverişi

Kök sistemi bitki ile toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri arasında köprü görevi gördüğünden bitki gelişimi ve verim üzerinde önemli etkiye sahiptir (Klepper, 1990). Bitkiye özel kök dinamikleri ve kök biokütlesi bitkinin su ve besin maddesi alımı üzerinde büyük etkiye sahiptir. Bitki köklerinin ana görevi, adapte oldukları toprak içerisinde bulunan su ve besin maddesini almaktır.

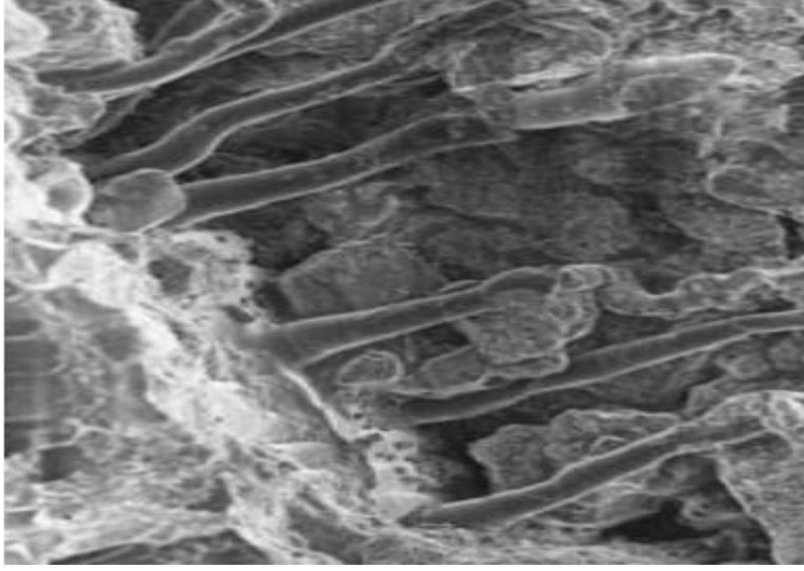
Kök sisteminin gelişiminde toprağın bir takım fiziksel özelliklerinin yanı sıra toprak nem içeriği de önemli bir etkidir. Uygulanan sulama yöntemi veya sulama düzeyi kök sisteminin yatay ve dikey gelişimini etkilemenin yanı sıra bitki besin maddelerinin toprak içerisinde taşınmasını da sağlamaktadır. Bu durum dikkate alınarak özellikle su tasarrufu sağlamak amacı ile kök bölgesinin kısmen sulandığı veya damla sulama gibi suyun, diğer yöntemlere göre daha az kullanıldığı yöntemlerin kök gelişimine olan etkisi altında farklı kök derinliğine sahip bitkilerin su ve besin maddesi alımları ve dolayısı ile verimlerinde farklıdır. Bu nedenle toprakta bitki tarafından kullanılabilen su miktarının hesaplanmasında, bitki kök sisteminin dikey olarak ulaştığı derinlik ve yatay olarak kapladığı alan dikkate alınan önemli bir parametredir.

Liedgens ve Richner (2001)'de, mısırdaki yaprak alanı ve kök yoğunluğu arasındaki ilişkiyi incelemiştir. Yaptığı çalışmalarda bitki gelişim, süresince yaprak alanı ve kök yoğunluğu arasında önemli bir ilişki olduğunu belirlemiştir.

2.4.1 Toprak-Bitki-Kök İlişkileri

Toprakların çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin etkileşimi, bitki besin elementlerinin yayılmasını kontrol eder (Havlin ve ark. 1999). Bitkiler bu besin elementlerini, anyon ve katyon formlarında toprak çözeltisinden absorbe ederler. Toprak çözeltisindeki iyon konsantrasyon değişimleri, toprak minerallerinin yüzeylerinde absorbe

edilmiş bulunan iyonlarca tutulur (Şekil 4). Çözelti içerisindeki iyonların çeşitli yollarla ortamdan uzaklaşmasıyla da, toprak kolloidleri yüzeylerinde tutulan aynı iyonlar, toprak çözeltisine geçer. Ek olarak toprak çözeltisinde gübreleme ve diğer girdiler yoluyla meydana gelen iyon konsantrasyon değişiklikleri, çökelmelere neden olarak yeni minerallerin oluşmasına da sebep olur.



Şekil 4. Çim bitkisinde (*Digitaria Sanguinalis*) kök- toprak anayüzü ve kılcak köklerin toprak partikülleriyle teması (Gregory, 2006).

2.4.2 Toprak İyon Değişimi

Toprak iyon değişimi; topraktaki organik ve inorganik bileşiklerin, kil minerallerinin ve bitki köklerinin yüzeylerinde görülür (Şekil 4). Bu yüzeylerde iyon tutulması ya da değişimi, toprak çözeltisi konsantrasyonuna ve çözelti içerisindeki mineral çeşidine bağlı olarak meydana gelir. İyon değişimi, en fazla toprak sıvı fazı ile katı faz arası meydana gelir. Katı faz arası iyon değişiminde ise katyon-anyon değişimi önceliklidir. Bunun nedeni tarım topraklarındaki katyon yoğunluğunun daha fazla olması ve katyon tutma kapasitesinin daha yüksek olmasıdır.

2.4.3 Toprak İyonlarının Köklere Taşınması

Toprakta bulunan iyonların köklerce absorbe edilebilmesi için toprak-kök ara yüzü değişiminin olması gerekir ve bu;

1. Toprak kil minerallerinin ve kök yüzey alanları arası interaksyonu ile
2. Toprak suyunun hareketiyle
3. Toprak çözeltisinde iyonların difüzyonu ile meydana gelir.

Bu üç mekanizmanın, mısır bitkisi besin alımında oynadıkları roller Çizelge 1’de verilmiştir. Yapılan araştırmada, mısır bitkisi besin alımında difüzyon etkisinin; toplam bitki besin elementi gereksiniminden, diğer taşınma mekanizmalarının çıkarılmasıyla bulunduğu bildirilmiştir.

Çizelge 1. Bitki besin elementleri olan iyonların topraktan köklere taşınma düzenekleri ve bu mekanizmalarla mısırın görece besin elementlerini alma oranları

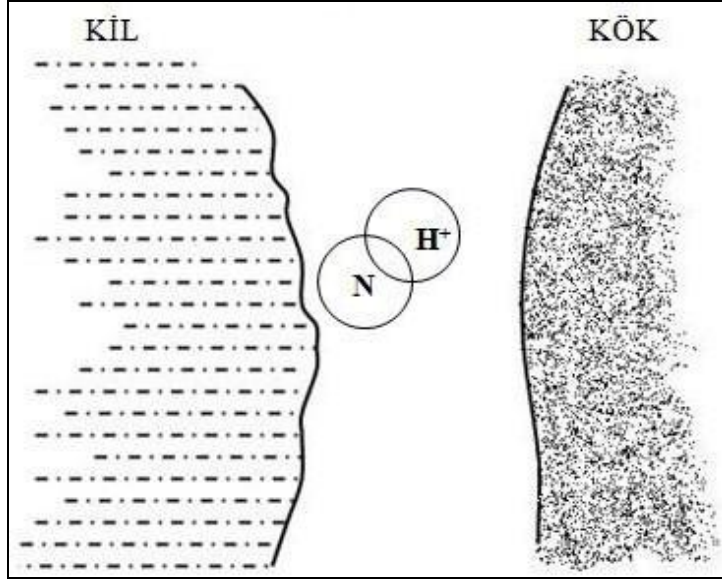
Besin Elementi	941 kg/da Mısır Verimi İçin Gereken Besin Elementi Miktarı (kg/da)	% Olarak Sağlanan		
		Kök Değini mi (Kontak)	Kütle Akımı	Difüzyon (Yayı lma)
Azot	19,04	1	99	0
Fosfor	3,92	3	6	94
Potasyum	19,60	2	20	78

Barber, Soil Bionutrient Availability, John Wiley & Sons, New York (1987).

Bitki kökleri ile doğrudan değinime gelen besin elementlerinin miktarını, toprakla değinime gelen köklerin hacmine eşit hacimdeki toprakta bulunan elementlerin miktarı oluşturur. Toprakla değinime gelen köklerin, çoğunlukla toprağın %1 ya da daha az bir hacmine yakın olduğu varsayılır. Bitki kökleri, normal besin elementi konsantrasyonuna göre, daha yüksek konsantrasyonda besin elementi içeren toprak gözenekleri içinde geliştikleri için, köklerin, toprakta bulunan yayı lşlı besin elementlerinin en çok %3 kadarı ile değinime gelebildiği öngörüsü yapılmıştır (Havlin ve ark. 1999).

2.4.3.1 Köklerde Kontak İle İyon Değışimi

Bitki kök sistemi geliştikçe ve daha fazla alana yayıldıkça toprak parçacıklarıyla daha fazla temas eder ve kontak ile iyon değışimi sağlayarak bitki besin maddelerini absorbe eder. Kök yüzeylerinde tutunan iyonlar, topraktaki kil mineralleri ve organik maddelere temas ederek iyon değışimi sağlayabilirler (Şekil 5).



Şekil 5. Toprak kil partikülleri ve kök yüzeyi arasında besin iyonları alışverişi.

2.4.3.2 Toprak Suyunun Hareketi İle Besin Alımı

Topraktaki suyun hareketiyle, toprak mineralleri, organik materyal ve toprak parçacıkları üzerindeki iyonlar da yer değiştirerek bitki köklerine taşınır. Bir taraftan da bitki tarafından absorbe edilen suyun transpirasyonu ile kök çevresinde oluşan tansiyon su akışı sağlayarak besin elementlerinin köklere ulaşmasını sağlar.

Toprak suyunun hareketi ile köklere ulaşan besin elementlerinin miktarları; toprak suyunun akış hızına, bitki su tüketimine ve bitki besin elementlerinin toprak suyunda bulunan miktarına göre değişiklik gösterir. Toprak çözeltisinde bulunan Ca, Mg ve NO_3^- gibi elementlerin çoğu bitki köklerine bu şekilde taşınır.

2.4.3.3 Difüzyon İle Besin Alımı

Toprak çözeltisi içinde iyonların yüksek konsantrasyonlu bir alandan düşük konsantrasyonlu bir alana hareket etmesiyle difüzyon meydana gelir ve topraktaki Fosfor (P) ve Potasyum (K) 'un büyük bir kısmı köklere bu süreçle taşınır. Bitki kökleri etrafındaki alanda, bitki absorpsiyonundan dolayı besin maddesi yoğunluğu düşecektir. Yoğunluk farkından dolayı kök bölgesine uzak olan yerden kök bölgesine difüzyonla besin elementlerinin taşınması söz konusu olacaktır. Bu taşınmanın hızı, toprak tekstürüne, toprak sıcaklığına, toprak suyuna ve bitki besin elementi ihtiyacına göre farklılık gösterir.

Toprak tekstürü incelidikçe toprak suyunun hareketi ve besin elementlerinin taşınımı da yavaşlar. Ayrıca killi textürde besin elementlerinin toprak tanecikleri tarafından tutulması da daha kuvvetlidir.

Toprak suyunun azalmasıyla toprak nem gerilimi artacağından besin elementleri taşınımı da sınırlanır.

Düşük sıcaklıklar da besin elementlerinin taşınımını yavaşlatır. Besin elementleri, iyonların yayılma hızları ve sıcaklık derecesinin karesi ile orantılıdır (Havlin ve ark. 1999). Düşük sıcaklıklarda bitki fotosentez ve dolayısıyla transpirasyon değeri düşeceğinden besin elementleri taşınımı da önemli ölçüde geriler.

2.4.4 Bitki Besin Elementlerinin Köklere Alımı

2.4.4.1 Pasif İyon Absorbsiyonu

Toplam kök hacminin önemli bir bölümü iyonları pasif (enerji kullanmaksızın) taşımaya alabilir. İyonların yayılımının ve değişiminin olageldiği “dış boşluk” kökün epidermal ve kortikal hücrelerinin duvarlarında ve hücreler arası boşlukların duvarlarında yer alan ince su tabakasında yer alır. Korteks hücrelerinin duvarları, dış boşluğun temel yerleridir. Kaspari şeridi ise, membranın en dış kısmıdır ve bu şerit, iyonların yayılımı ve iyon değişimi için bir engel oluşturur. Dış boşluğa iyonların alımı, elektriksel iyon değişimiyle gerçekleştiğinden iyon değişimi pasif bir süreç olarak anılır. Bu süreç, iyon değişimine karşı bir engel oluşturan kaspari şeridi ve hücre plazması dışında gerçekleşir.

Köklerden toprak üstü aksama iyon taşınması; suyun absorbsiyonu ve transpirasyon hızına bağlı olarak değişir.

2.4.4.2 Aktif İyon Absorbsiyonu

Hücre zarı; pasif alışverişin gerçekleştiği dış ortam ile hücre içi arasında bir engel oluşturur. Hücre dışına kıyasla, hücre içi iyon konsantrasyonu fazla olduğundan plazma sıvısından iyon geçişi, hücre içinde üretilen enerji kullanılarak gerçekleştirilir.

Aktif iyon taşıyıcı mekanizma, metabolik olarak üretilen ve serbest iyonlarla bileşik yaparak membrandan geçme yeteneğine sahip bir taşıyıcı kompleks tanımlanır. İyon taşıma işlemi gerçekleştikten sonra, bu kompleks parçalanır.

2.5 Azot (N)

Bitki gelişimi için 16 element zorunlu olarak kabul edilir. Bitki bünyesinde en çok bulunan karbon(C), hidrojen(H) ve oksijen(O)'dir. Bu üç element dışında kalan 13 element ise, bitki bünyesinde buldukları miktarlara göre makro ya da mikro besin elementi olarak anılırlar (Çizelge 2).

Çizelge 2. Göreli ve ortalama bitki besin elementleri konsantrasyonu (kuru madde)

Bitki Besin Elementi	Görelî Konsantrasyon	Ortalama Konsantrasyon
Hidrojen (H)	60.000.000	%6,0
Oksijen (O)	30.000.000	%45,0
Karbon (C)	30.000.000	%45,0
Azot (N)	1000000	%1,5
Potasyum (K)	400000	%1,0
Kalsiyum (Ca)	200000	%0,5
Magnezyum (Mg)	100000	%0,2
Fosfor (P)	30000	%0,2
Kükürt (S)	30000	%0,1
Klor (Cl)	3000	100 ppm (%0,01)
Demir (Fe)	2000	100 ppm
Bor (B)	2000	20 ppm
Mangan (Mn)	1000	50 ppm
Çinko (Zn)	300	20 ppm
Bakır (Cu)	100	6 ppm
Molibden (Mo)	1	0,1 ppm

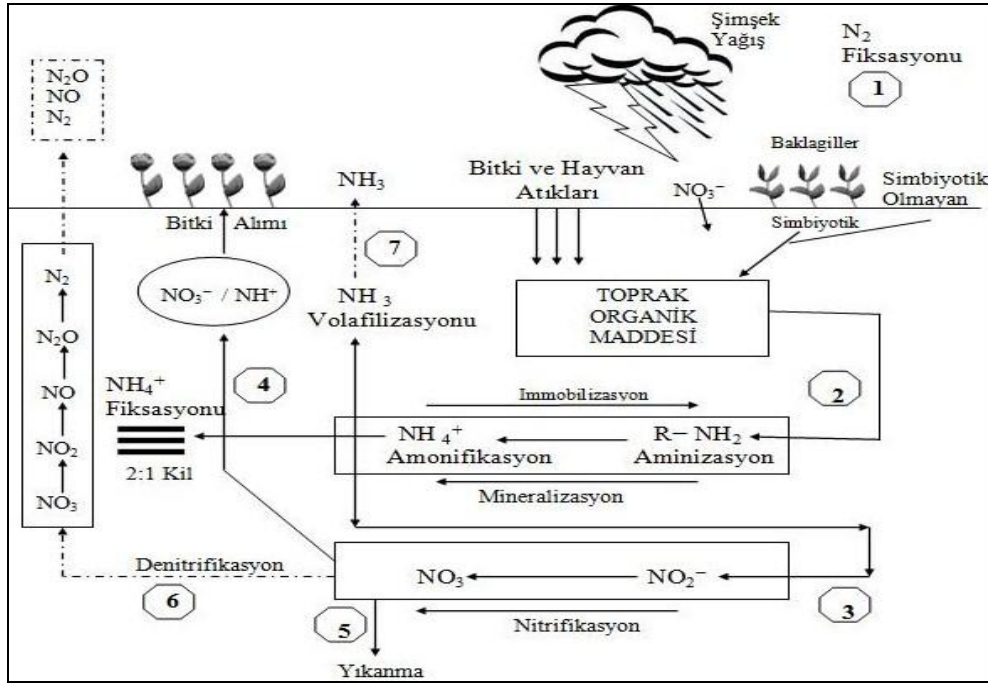
Toprakların çeşitli fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerinin etkileşimi, bitki besin elementlerinin yararışlılığını kontrol eder (Havlin ve ark. 1999). Bitkiler bu besin elementlerini, anyon ve katyon formlarında toprak çözeltisinden absorbe ederler. Toprak çözeltisindeki iyon konsantrasyon değışimleri, toprak minerallerinin yüzeylerinde absorbe edilmiş bulunan iyonlarca tutulur. Çözelti içerisindeki iyonların çeşitli yollarla ortamdan uzaklaşmasıyla da, toprak kolloidleri yüzeylerinde tutulan aynı iyonlar, toprak çözeltisine geçer. Ek olarak toprak çözeltisinde gübreleme ve diğer girdiler yoluyla meydana gelen iyon konsantrasyon değışiklikleri, çökelmelere neden olarak yeni minerallerin oluşmasına da sebep olur.

Azot ise bitkisel üretimde noksanlığı en sık görülen elementtir. Bu nedenle, baklagil dışında kalan bitkilerin N ile gübrenmesi gerekir. N gübrenmesinin çevredeki olumsuz etkisini minimum düzeye indirerek tarımsal üretimi ve karlılığı en yüksek düzeye çıkarmak için, N'un topraktaki davranışını anlamak gerekir. Bitkilere gübre ile N uygulamak için çok çeşitli kaynaklar bulunmaktadır. İnorganik N kaynaklarının dışında, çiftlik gübresinden ve diğer atıklardan gelen organik N ile bakterilerce atmosferde bulunan N₂ elementel azotun fiksasyonu N kaynaklarının başlıcalarıdır (Havlin J.L. ve ark. 1999).

2.5.1 Azot Döngüsü

Bitkilerde kullanılan azotun tek kaynağı N₂ gazıdır ve atmosfer hacminin %78'ini oluşturur. Ancak yüksek bitkiler N₂ gazını doğrudan kullanamazlar. Kullanılabilir forma dönüşmesinde;

- a) Baklagil ve diğer bazı bitkilerin köklerinde simbiyotik olarak yaşayan mikroorganizmalarca (rhizobia vb.) yapılan fiksasyon,
- b) Bitkilerden ayrı olarak toprakta serbest yaşayan mikroorganizmalar ve tropikal bitkilerin yapraklarında yaşayan mikroorganizmalarca yapılan fiksasyon,
- c) Atmosferde görülen elektriksel boşalmalar sonucu fiksasyon,
- d) NH₃ veya NH₄⁺, NO₃⁻ veya CN₂⁻² formlarında yapay azotlu gübrelerin üretimi etkili olmaktadır (Şekil 6).



Şekil 6. Doğada N'un dolaşım süreci.

2.5.2 Bitki Bünyesindeki Azot Formları

Bitkiler için çok büyük öneme sahip olan azotun bitki bünyesindeki ağırlıkça yüzdesi 1-5 oranındadır. Bitkiler tarafından öncelikle nitrat formunda absorbe edilen azot, daha az oranlarda amonyum (NH_4) ve üre bileşikleri olarak da alınabilmektedir.

Nemli, ılık ve iyi havalanabilen topraklarda azot, genellikle nitrat formunda (NO_3), daha az miktarda ise amonyum (NH_4) formunda bulunur. Bitki köklerine ise difüzyon ve kütle akımı ile taşınır. Özellikle düşük pH koşullarında Nitrat Azotu (NO_3) alım hızı yükselir.

Bitkiler fazla miktarda Nitrat (NO_3) absorbe ettiklerinde, bitki bünyesinde organik anyon sentezinde artık meydana gelir ve buna paralel olarak, Ca^{++} , Mg^{++} , K^+ gibi inorganik katyonların birikimi artar. Ortam alkali karakter kazanır, bitki ve kök bölgesinde bir miktar nötralitenin sağlanması için bitki kökleri, kök bölgesine HCO_3^- salgını yaparlar.

Protein sentezinde enerji artırımını sağladığı için, gübrelemede Nitrat Azotu (NO_3) yerine Amonyum Azotu (NH_4^-) kullanımı tercih edilir. Çünkü bitki bünyesinde karbonhidrat ve protein üretimi amonyum azotuna göre nitrat azotu daha fazla enerji

harcanmasına sebep olacaktır. Bu yüzden gübrelemede amonyum azotu kullanılması, bitkilerin daha fazla karbonhidrat ve daha yüksek oranda protein üretmesini sağlar.

Bitkilerin, amonyum azotu alımları için en uygun pH ortamı, nötr ortamdır ve asidikliğin artmasıyla amonyum azotunun alımı düşer. Ayrıca buna paralel olarak köklerde Ca^{++} , Mg^{++} ve K^+ kationlarının alınımı da azalır fakat $H_2PO_4^-$, SO_4^{-2} ve Cl^- alımlarında artış olur.

Bitki amonyumun alımı sırasında, bitki bünyesinde nötraliyenin sağlanması için köklerden H^+ salınımı olur. Bu da rizosfer pH'sını düşürür. Nitrat uygulamalarına göre amonyum uygulamalarında, rizosfer pH'sında iki birim farklılığın gözlemlendiği rapor edilmektedir. Toprak kök bölgesi pH'sının asidik yöndeki bu değişimi, bitki besin elementleri yararlılığını ve biyolojik aktiviteyi etkiler.

Bitkilerin amonyum N'una karşı tolerans sınırları dardır. Amonyum azotunun yüksek konsantrasyonları, bitki gelişimini yavaşlatır, K alımını sınırlandırarak K noksanlığı görülmesine neden olabilir. Ancak bitkiler nitrat azotunun yüksek konsantrasyonlarına tolerans gösterirler ve dokularında, amonyum azotuna göre daha fazla nitrat azotu biriktirirler.

Bitki türü, yaşı ve çevre faktörlerinin de etkisiyle bitkiler amonyum azotunu veya nitrat azotunu tercih edebilirler. Bazı hububatlar ve mısır bitkisi, her iki azot formunu da kullanırlarken, bazı çeltik türleri nitrat azotuna tolerans gösteremezler.

Bitkiler nitrat veya amonyum azotu gibi tek bir N formu yerine bu azot formlarının ikisini de içeren bir azot kaynağıyla beslendiklerinde daha fazla gelişme gösterirler.

2.5.3 Bitkide Azotun İşlevi

Nitrat azotu kullanılmadan önce amonyum (NH_4) veya amonyak (NH_3) formuna indirgenmelidir. Nitratın indirgenmesinde, bitkinin türüne bağlı olarak, bitki köklerinde ve/veya yapraklarda, Çizelge 3'de iki enzimin katalize ettiği şu iki tepkime görülür;

Çizelge 3. Nitrat (NO_3) azotunun indirgenme tepkimeleri

Aşama	İndirgeme Tepkimesi	Enzim	Tepkime Yeri
1	$NO_3 \rightarrow NO_2$	Nitrat redüktaz	Sitoplazma
2	$NO_2 \rightarrow NH_3$	Nitrit redüktaz	Kloroplast

Bu iki tepkime, seri halinde meydana gelir ve böylece toksik etkili Nitrit (NO_2^-) birikimi olmaz. Yine bu reaksiyonlarda üretilen amonyak (NH_3), amino asitlerine asimile edilir ve bundan sonra da proteinlere ve nükleik asitlere dönüştürülüp, hücrelerde yapısal öğelerin oluşturulmasında kullanılır.

Azot, proteinlerdeki işlevinden başka, fotosentez sırasına ışık enerjisini absorbe eden klorofilin bileşimini de oluşturur. Bu sebepten, azotun ortamda yeterli düzeyde bulunması ile yüksek fotosentetik aktivite sonucu, bitki kuvvetli bir vejetatif gelişim gösterir ve koyu yeşil bir renk kazanır. Ancak gelişme mevsiminin başlangıcında aşırı vejetatif gelişmenin hızlandırılması, toprak neminin özellikle düşük olduğu bölgelerde ciddi sorunlara neden olabilir. Tane dolmuş aşamasında toprak neminin erken tükenmesi, verimi azaltabilir.

Eğer azot, gerekli diğer toprak girdileriyle beraber uygun düzeyde mevcut ise, çizelge 4'te gösterildiği gibi azot dane dolmuş ve olgunlaşmayı hızlandırır. Dekara 13-14kg azotun uygulandığı alanda, hasatta elde edilen dane su yüzdesinde düşüş olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 4. Mısır tanesinin nem içeriği ve tane verimi üzerine azot etkisi

N (kg/da)	Verim (kg/da)	Hasatta Danedeki % Nem
0,0	4,4	36,1
6,7	633	30,6
13,4	846	27,9
20,2	991	26,9
26,9	1047	28,2
33,6	1053	27,2

Ohio State Uni. 17th Annu. Argon. Demonstration, Farm Sci. Rewiev 1979.

Toprakların toplam azot kapsamı, alt toprakta %0,02'nin altında, organik (pit) topraklarında ise %2,5 ve üzerine kadar çıkabilmektedir. Normal kültür topraklarında, yüzeyin 30 cm derinliğinde, azot konsantrasyonu %0,03-0,4 arasında değişir. Toprakta bulunan azot, genellikle organik ve inorganik N olarak iki gruba ayrılır. Yüzey toprağında, toplam azotun %95 ve daha fazlası organik ve kalanı ise inorganik formdadır.

2.5.4 İnorganik Azot Bileşikleri

Toprak azotunun inorganik formları içinde Amonyum (NH_4), Nitrat (NO_3^-), Nitrit (NO_2^-), Nitros Oksit (N_2O), Nitrik Oksit (NO) ve elementel azot (N_2) bulunur. Elementel azot, bir soygaz olup sadece Rhizobia bakterilerince ve diğer azot fiksasyonu yapan organizmalarca kullanılır.

Toprak verimliliği yönünden azotun NH_4 , NO_2^- ve NO_3^- formları önemlidir. Azotun bu üç formu, çoğunlukla topraktaki toplam azotun %2-5 kadarını oluşturur.

2.5.5 Organik Azot Bileşikleri

Toprakta azotun organik formları, parçalanmış amino asitler ya da proteinler, serbest amino asitler, amino şekerler ve diğer kompleksler halinde bulunur. Serbest amino asitlerin biyolojik oksidasyonu, amonyum azotu formunun önemli bir kaynağıdır. Diğer formlara göre, topraklarda bulunan serbest amino asitlerin miktarları düşüktür.

2.5.6 Toprakta Nitrat Yıkanması

Nitrat (NO_3^-) iyonu fazlasıyla suda çözülebilmekte ve toprak kolloidlerince tutulma yönünden etkilenmektedir. Kimyasal gübrelerle toprağa katılan ya da amonyumun nitrifikasyonu ile oluşan nitrat formundaki azot iyonu, yıkanma ile karşı karşıya gelir.

Azotun nitrat (NO_3^-) formu tümüyle hareketli olup, belirli sınırlar içinde toprak suyu ile fazlasıyla taşınır. Fazla yağışlı ya da sulama suyunun fazla bulunduğu koşullarda nitrat iyonu toprak profilinin yüzey katmanlarının dışına, diğer bir deyişle toprak profilinin derinliklerine yıkanır. Bu; temel N yitim mekanizmalarının en önemlilerindendir.

Aşırı kurak mevsimlerde ise suyun kapilarite ile deviniminin olduğu durumlarda, toprak yüzeyine doğru hareket eden su ile birlikte, derinlere doğru yıkanmış bulunan nitrat iyonları da yüzeye taşınır. Böyle koşullarda nitrat iyonları; suyun buharlaşması durumunda toprak profilinin üst katmanlarında ya da yüzeyinde birikir. Bu yüksek konsantrasyonlu bölgeler çevre üzerinde büyük olumsuz etkilere sebep olur.

Özçelik ve Usta (2008), Mısır bitkisi üzerinde yaptıkları araştırmada, farklı sulama yöntemlerinin topraktaki amonyum ve nitrat azotu kapsamına etkisini araştırmışlardır. Deneme başlangıcında 0-20cm toprak derinliğinde tüm sulamalı parsellerde ortalama 50,8 ppm nitrat azotu mevcut iken, henüz bitki besin alımının tam gerçekleşmediği ilk 15

günlük dönemde bu değerin %86,0'lık bir azalmaya maruz kaldığını saptamışlardır.

Mmolawa ve ark (2000)'de yapmış oldukları çalışmada, bitki gelişiminin, bitkinin yetiştiği alanda su ve gübrenin sızma ve dağılmasına, sulama yöntemine, toprak tipine, bitki kök dağılımına ve bitki besin maddesi alımına, suyun ve gübrenin oranına bağlı olduğunu belirtmişlerdir. Bu incelemede sulama ve gübreleme yöntemleri ile etkilenen su ve kimyasalların dinamikleri, bitkinin yetiştiği ortamda su ve gübre alımını nasıl etkilediği tartışılmıştır. Düşük kalitedeki su ve gübrenin birlikte verilmesi ile tuzlar kök bölgesine birikerek toksik seviyelere ulaşmakta, potansiyel olarak toprağın hidrolik ve fiziksel özelliklerinin daha kötüye gitmesine sebep olmaktadır. Bitki kökleri, toprak suyunda ve gübre dinamiklerinde ve bunların alımında çok önemli rol oynamaktadır. Su ve kimyasal alımı; kök dağılımı, uzunluğu ve yoğunluğu ile ilgili olmaktadır. Bu çalışmada TDR kullanılarak damla sulama altında arazide nitrat hareketleri, bitkinin alım yüzdesi ve oranı belirlenmiştir.

Thorup-kristensen (2006)'da dört farklı bitkinin yeşil gübre N'nı kullanması bakımından kök derinliğinin önemi üzerine bir çalışma yapmıştır. Kök gelişimi derinliği 0,2 - 0,7 ve 1,2 mm/gün olarak, soğan, havuç, marul ve lahana için tahmin etmiştir. Araştırma sonucunda kökleri en derin olan iki bitkide N alımının arttığı belirlenmiştir.

Jiu-Sheng ve ark. (2007)'de laboratuarda yaptıkları bir çalışmada farklı toprak profillerinde ve farklı hacimlerde yapılan sulamada meydana gelen ıslatma deseni, suyun dağılımı ve nitrat'ın dağılımını incelemişlerdir. Üç farklı katman oluşturarak denemeyi yürütmüşlerdir. Uygulanan su düzeyleri 5,7 ile 12,1 litre arasında değişmiştir. Araştırma sonucunda nitrat dağılımına ait ölçümler sonucunda nitratın ıslak bölgenin dışında da olduğu ortaya çıkmıştır. Bu damla sulamada yapılacak gübrelemede en uygun yöntemin önemini ortaya koymuştur. Çünkü yanlış gübreleme sonucu nitrat, kök bölgesinin dışına çıkabilmektedir.

Huang (1999) bölgesel kuraklık yaratarak iki farklı çim bitkisinde kök gelişimini ve bitki besin maddesi alımını incelemiştir. Araştırmacı üç farklı sulama konusu uygulamıştır. Birincisinde ilk 80 cm'yi tümüyle ıslatmıştır, ikincisinde ilk 40 cm'yi kuru bırakmış, ikinci 40 cm'yi ıslatmıştır, üçüncüsünde ise tümüyle kuru bırakmıştır. Prairie buffalo çiminde kök uzamasının, Meyer zoysia çimine göre tam sulama veya tümüyle kuru koşulda daha

iyi olduğu gözlenmiştir. Ayrıca toprağın ilk 20 cm derinliğinde gün içerisindeki dalgalanmadan etkilendiği ve iyi sulama koşulunda alt katmandan yukarı doğru su hareketi olduğu gözlenmiştir. Bu durumun çim bitkisinde besin maddelerinin yukarı katmanlara çıkmasını sağlayarak, kök gelişimini olumlu etkilediği görülmüştür.

Kang ve Zhang (2004)'de kısmi kök bölgesi kuruluğu yaratarak su kullanım randımanı ve fizyolojik etkileri üzerine bir çalışma yapmıştır. Yapılan çalışmada, kök bölgesinin bir kısmını kuru bırakılmakta geriye kalan kısım sulanmaktadır. Bu dönüşümlü olarak yapılmaktadır, yani kuru kalan kısım bir sonraki sulamada ıslatılmakta, ıslak kalan kısım kuru bırakılmaktadır. Kuruyan toprakta kök sisteminin bir kısmı kök sisteminden dallara bir sinyal göndermekte ve stomaların açılımı engellenebilmektedir. Buda su kaybını önlemektedir. Kısıtlı sulamada bitkide fizyolojik ve morfolojik değişimlerin bitkiye fayda getirebileceğini belirtmiştir.

Bayram, (2004) mısırdaki, başlıca makro elementlerden azot, fosfor ve potasyum ile mikro besin elementlerinden çinko eksiklik problemlerini saptamak amacıyla yaptıkları çalışmada; bitki vejetatif aksam parametrelerindeki gelişimin (bitki boyu- yaprak sayısı- gövde yaş ağırlık- gövde/kök oranı ve kök yaş ağırl.) sınırlanmasında en fazla etkili olan elementin azot olduğunu, bunu sırasıyla fosfor ve potasyumun izlediğini gözlemlemişlerdir. Aynı çalışmada, kök yaş ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları, farklı besin çözeltilerinin, mısırdaki yaş kök ağırlığını etkilediğini ve besin çözeltilerine ait ortalama yaş kök ağırlık arasında %1 güven düzeyinde önemli farklılıkların olduğunu gözlemlemişlerdir. 9,5gr kök/bitki ile en düşük yaş kök ağırlığı azot elementi eksikliğine maruz bırakılan bitkilerde gözlemlenmiştir. Yine aynı çalışmada gövde/kök oranı parametresinde en düşük değerlere azot eksikliğindeki bitkilerde rastlanmış ancak kök gelişimine nazaran gövde gelişiminin azot eksikliğinden daha fazla etkilendiği görülmüştür.

Görüldüğü gibi bitki kök gelişimi ile bunun su, N gibi bazı kimyasalların alımı üzerine etkilerini konu alan birçok çalışma bulunmaktadır. Ülkemizde bu konuda yapılan çalışmalar oldukça az olmakla birlikte sulama veya kısıtlı sulama koşullarında kök gelişiminin nasıl değiştiği konusunda yapılacak çalışmalara ihtiyaç vardır. Bu araştırma ile mısırın kök gelişimi farklı sulama düzeylerinin etkisi altında izlenerek ve farklı gelişmişlik

aşamalarında sulama suyu ve bitki su tüketimi hesaplamalarında kullanılacak bitki gelişim dönemlerine ait belirlenmiş referans kök derinlikleri hesaplanmıştır. Tekil lateral yağmurlama sisteminin özelliklerinden yararlanılarak oluşturulan farklı sulama düzeylerinde kök gelişimi-N tüketimi ilişkisi tespit edilerek verim üzerine de etkisi araştırılmıştır.

BÖLÜM 3**MATERYAL VE YÖNTEM****3.1 Materyal****3.1.1 Deneme Alanı**

Deneme, 2008-2011 yılları arasında üç yıl süre ile ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Merkezi içerisinde yürütülmüştür. Uygulama merkezinin kuzeyinde Dardanos höyüğü, güneyinde Çomü sosyal tesisleri, doğusunda Çanakkale- Güzelyalı ulaşım yolu ve batısında Çanakkale Boğazı yer almaktadır. Denizden yüksekliği 17 m olan uygulama merkezi 40° 04' 30" K 26° 21' 59" D enlem ve boylamlarında yer almaktadır.

3.1.2 Deneme Alanı Jeolojisi Ve Toprak Özellikleri

Çanakkale Dardaneli, Üst Miyosen yaşlı Çanakkale havzasının hafif kıvrımlı tortullar üzerinde, fayların denetimi altında Pliyosen-Alt Pleyistosen'de gelişmiş epijenik bir akarsu vadisidir ve bu vadi Üst Pleyistosen ve Holosen'de deniz suları tarafından istila edilmiştir. Çanakkale havzası, Mesozoyik yaşlı temel üzerinde, Üst Kretase-Alt tersiyer'de oluşmuş ve havzada denize i tortullar çökelmiştir (Erol, 1992). Alt Miyosen volkanik etkinliğin egemen olduğu karasal bir dönemdir. Orta Miyosen'de KD-GB yönlü havzayı bir acısu gölü kaplamış ve onun tortulları, memeli hayvan fosilleri taşıyan karasal tortullarla ardalaşmıştır. Üst: N1 İyosen'de de devam eden tortul çökeliminden sonra Pliyosen'den itibaren akarsular Çanakkale Boğazı havzasını yararak bir vadi oluşturmaya başlamış, yörede Üst Pliyosen'de bir gölsel ve en alt Pleyistosen'de bir acı su formasyonu gelişmiştir. Orta Pleyistosen sırasında önemli tektonik hareketlerin ve Saros Marmara faylarının derinleşmesi sonucu olarak Üst Pleyistosen'de Çanakkale Boğazı ve Marmara denizini Akdeniz suları istila etmiş ve bu olay Holosen'e kadar iki kez tekrarlanmıştır. Etüt alanı neojen yaşlı kumtaşı-kil taşı ardalanmalı birim üzerinde yer almaktadır. Etüt alanında açılan bir derin sondajda sırasıyla şu katmanlar yer almaktadır. 0-5 metrede siltli kumtaşları; 5-30m kırmızı renkli kil arakatlı, silt, kum ve çakıl taşları; 30-50 m beyaz renkli göl kalkerleri; 50-95 m kumtaşı ara katkılı, yeşil renkli mamlar; 95-120 m kil taşı arakatlı kumtaşı-çakıltaşı; 120-125 m ise yeşil renkli marn (Özcan ve ark. 2004).

Özcan ve ark. (2004) yaptıkları toprak etüdünde, tesis alanı içerisinde etek arazi (Bajada) düzlüğü ve yan dere alüvyonlarından oluşan iki fizyografik unite tespit etmişlerdir. Bajadalar üzerinde Orman ve Havuz serisi topraklar oluşurken, yan dere alüvyalleri üzerinde Dardanos ve Dardanel serisi topraklar oluşmuştur.

Deneme alanı Havuz serisi toprakların yer aldığı kısımda kurulmuştur. Alan, altta marn ana materyali üzerinde gelişmiş, üstte çamur akıntıları ile gelen sediment üzerinde oluşmuş topraklardan oluşmaktadır. Toprak, Soil Taxonomie (1998)'e göre tipik Haploxererts, FAO (1974)'e göre Eutric Vertisollerdir (Özcan ve ark., 2004). Deneme alanı topraklarına ilişkin bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 5'te sunulmuştur.

Çizelge 5. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	Bünye Sınıfı	Hacim ağırlık ($g\ cm^{-3}$)	TK (mm)	SN (mm)	pH	EC ($dS\ m^{-1}$)	Org. Mad. (%)
0-30	CL	1,36	122	69	7,7	0,177	2,29
30-60	CL	1,55	149	93	8,0	0,255	1,71
60-90	CL	1,55	144	102	8,0	0,122	0,81
90-120	CL	1,43	137	90	8,1	0,137	1,41

3.1.3 Deneme Alanı Ve Çevresi İklim Özellikleri

Çanakkale, Türkiye'nin kuzeybatı yönüne düşen Balkan yarımadasının Trakya topraklarına bir kıstasla bağlanmış Gelibolu Yarımadası ile Anadolu'nun batı uzantısı olan Biga yarımadası üzerinde toprakları bulunmaktadır. Bölgede Marmara iklimi hâkimdir. Marmara iklimi kışları Akdeniz iklimi kadar ılık yazları Karadeniz iklimi kadar yağışlı değildir. İklim özellikleri olarak Karadeniz, Akdeniz ve karasal iklim kuşakları arasında bir geçiş iklimi özelliği taşımaktadır. Buna bağlı olarak doğal bitki örtüsünü alçak kesimlerde Akdeniz kökenli bitkiler, yüksek kesimlerde kuzeye bakan yamaçlarda Karadeniz bitki topluluğu özelliğindeki nemli ormanlar oluşturmaktadır. En soğuk ay olan Ocak ortalama sıcaklığı 6,2 °C, en sıcak ay olan Temmuz ortalama sıcaklığı 24,9 °C ve yıllık ortalama sıcaklığı 15 °C'dir (Çizelge 6).

Çizelge 6. 1975-2010 Yılları arası Çanakkale ili ve çevresi bazı ortalama iklim verileri

	Aylık ort. sic. (°C)	Aylık ort. Oransal nem (%)	Aylık toplam yağış (mm)	Maks. rüzgar hızı (m/s)	Aylık toplam serbest su yüzeyi buharlaşması (mm)
Ocak	6,2	83,2	85,3	4,4	0
Şubat	6,3	81	66,2	4,6	1,4
Mart	8,2	80,7	65,8	4,3	-
Nisan	12,5	79,3	47,3	3,8	109,3
Mayıs	17,4	76,9	32,1	3,5	166
Haziran	22,3	72,1	21,8	3,3	215,6
Temmuz	24,9	68,5	12,2	3,8	264,5
Ağustos	24,7	69,7	4,6	3,8	246,5
Eylül	20,8	72,7	19,4	3,6	167,6
Ekim	16	77,7	54,8	3,8	102,8
Kasım	11,3	81,5	89,1	4	41,2
Aralık	8,1	83,4	102,4	4,5	10

Deneme alanı çevresine ilişkin sıcaklık, rüzgâr hızı, oransal nem, buharlaşma değerleri; deneme parselinin hemen yanına kurulan iklim istasyonu ile tespit edilmiştir (Şekil 7). İklim istasyonunda ölçülen değerler Çizelge 7’de sunulmuştur.



Şekil 7. Deneme alanında kullanılan iklim istasyonu.

Çizelge 7. Uygulama dönemlerine ait bazı iklimsel veriler

	Yıllar	Aylar				
		Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
Aylık toplam yağış (mm)	2008	-	8,30	-	34,10	38,00
	2009	24,30	27,80	55,00	65,80	29,80
	2010	3,00	86,20	13,00	-	30,00
Aylık ort sıcaklık (°C)	2008	17,80	21,80	25,80	26,30	20,50
	2009	17,40	22,60	25,40	24,70	20,10
	2010	17,50	22,00	25,20	27,50	21,20
Aylık ort. oransal nem (%)	2008	65,00	83,00	59,00	58,00	82,00
	2009	80,00	82,00	73,00	70,00	74,00
	2010	70,00	74,00	64,00	62,00	66,00
Aylık toplam serbest su yüzeyi buharlaşması (mm)	2008	139,00	195,00	219,00	210,00	153,00
	2009	189,00	250,00	323,00	310,00	165,00
	2010	128,70	147,60	178,30	182,80	110,20
Maks. rüzgar hızı (m)	2008	3,12	2,82	3,51	3,62	2,01
	2009	1,95	1,89	1,63	2,16	1,73
	2010	1,78	1,52	1,94	2,37	2,31

3.1.4 Bitki

Denemede toplam 120 günlük vejetasyon dönemine sahip, orta geçi GS 308 (AYB 936) mısır çeşidi kullanılmıştır. Çeşit 110-115 günlük, 580-600 FAO grubuna dâhil bir çeşittir. GS 308 Toprak seçiciliği olmayan, güçlü bitki yapısına sahip bir bitki olarak tanımlanmaktadır. Tohum ekimi yıllara göre sırası ile 9 Mayıs, 30 Nisan ve 4 Mayıs tarihlerinde yapılmıştır. Ekim sıra arası 70 cm ve sıra üzeri yaklaşık 20 cm olacak şekilde düzenlenmiştir. Tohum ekimini sonrası çıkışların tamamlanmasından sonra çapalama ve bitki sıra aralığı 5 cm olacak şekilde seyreltme yapılmıştır.

3.1.5 Root Scanner

Mısır bitkisinin kök sisteminin görüntülenmesinde CI-600 model Winrhizotron kök tarayıcısı (CI-600 Root Scanner) kullanılmıştır (Şekil 8). Alet 6,4 cm çapında ve 34,3cm uzunluğunda dairesel olarak çalışan bir tarayıcıdır (Şekil 9). Çalıştırılması durumunda 21,6 x 19,6 cm boyutlarında görüntü olarak bilgisayara aktarmaktadır. CI-600 Winrhizotron kök tarayıcısının kullanılabilmesi için bitki kök bölgesine 6,4 cm iç çaplı ve 182 cm uzunluğunda şeffaf pleksiglas minirhizotron tüplerinin (Şekil 10) yerleştirilmesi gerekmektedir.



Şekil 8. Minirhizotron kamera ve pleksiglass kalibrasyon tüpü.



Şekil 9. Minirhizotron kamera ile kalibrasyon yapılması.



Şekil 10. Kök gözlemlerinde kullanılan minirhizotron tüpü.

3.1.6 Nötron metre

Deneme parsellerinde toprak nemi nötronmetre ile ölçülmüştür. Bu amaçla Campbell Pasific Nuclear Corp tarafından üretilmiş, 503DR model nötronmetre (Hydroprobe) kullanılmıştır. Nötronmetre dedektör tipi BF3 içermekte ve nötron kaynağı olarak Americium-Berillium kullanılmıştır. Nem belirlemeleri için deneme parsellerinde önceden belirlenen yerlere toprağın 150 cm derinliğine 38.1 mm iç çapında, 3.2 mm et kalınlığında PE tüpler çakılmıştır. Nem ölçümlerine başlanmadan önce deneme parsellerinin yanına çakılan kalibrasyon amaçlı tüplerde yapılan okumalar ile kalibrasyon denklemi elde edilmiştir (VERPLANCKE, 1987). Çalışma sırasında, kullanılan kalibrasyon denklemlerinin doğruluğu zaman, zaman test edilmiştir. Bu amaçla profilin farklı derinliklerinden alınan gravimetrik örneklerde saptanan nem düzeyleri ile nötron okumalarından hesaplanan nem düzeyleri karşılaştırılmıştır.

3.1.7 Epson Scanner

Her üç yılda da hasat döneminde deneme alanından toprak core yöntemiyle alınan toprak örnekleri, topraktan arındırılarak su dolu tepsiler içerisinde kök görüntüsünün alınabildiği tarayıcıdan geçirilerek kök parametrelerinin tespiti için kök görüntüleri çekilmiştir. 1200 dpi çözünürlüğe kadar çeşitli formatlarda görüntülerin alınabildiği

tarayıcı kullanılarak, 200 dpi çözünürlükte JPEG ve renkli formatta alınan kök görüntüleri WinRhizo Basic programında işlenebilir hale getirilmiştir.

3.2 Yöntem

3.2.1 Toprak örneklerinin alınması ve analizleri

Deneme alanı topraklarının temel fiziksel ve kimyasal özelliklerinin saptanabilmesi amacı ile bozulmuş (Petersen ve Calvin, 1965) ve bozulmamış (USSLS, 1954) toprak örnekleri alınmıştır.

Alınan toprak örneklerinden, toprak bünyesi (Bouyoucos, 1951), hacim ağırlığı (USSLS, 1954), tarla kapasitesi ve solma noktası (USSLS, 1954), saturasyon yüzdesi (USSLS, 1954), pH (USSLS, 1954), tuz içeriği (USSLS, 1954) ve organik madde miktarı (Hızalan ve Ünal, (1969) tespit edilmiştir (Çizelge 5).

3.2.2 Tarım Tekniği

Denemenin kurulacağı parseller, ekim öncesinde toprak yüzeyinde bulunan bitki aksamı parsel dışına çıkartılarak pullukla sürülmüştür. Daha sonra kültivatörle aktarılan parseller, sürgü çekilerek yüzeylerinin düzenlenmesi ve aynı zamanda sıkıştırılarak ekime hazır hale gelmesi sağlanmıştır. Mısır tohumunun ekimi için toprak sıcaklığının 10 °C'in üzerine çıkması beklenmiştir. Ekim, 70 cm. sıra aralığı ile ve dekara 7200 adet tohum düşecek şekilde mibzerle yapılmıştır. Proje uygulamasının yürütüldüğü üç yıl içerisinde ekim işlemi ilk yıl 09.05.2008 tarihinde yapılırken, ikinci ve üçüncü yıllarda sırası ile 30.04.2009 ve 04.05.2010 tarihlerinde yapılmıştır. Ekimden hemen sonra deneme parselleri içerisine minirhizotron tüplerinin yerleştirilmesi nedeni ile traktör ile çapalama işlemi uygulanamamıştır. Denemenin yürütüldüğü her üç yılda da parsellerde iki kez yabancı ot mücadelesi ve boğaz doldurma amaçlı el ile çapalama yapılmıştır. Parsellerde sık aralıklı çimlenmelerin olduğu yerlerde seyreltme işlemi uygulanmıştır.

Parsellere uygulanacak gübre miktarına, deneme alanı topraklarının verimlilik analiz sonuçlarına göre karar verilmiştir. Gübre uygulamasının sonucunda toprakta 20 kg da⁻¹ saf azot (N), 10 kg da⁻¹ fosfor (P) ve 10 kg da⁻¹ potasyum (K) olması sağlanmıştır. Her üç yılda da uygulanan azotun %50'si ekimde ve kalan miktarı ilk sulamadan önce bitki kök bölgesine elle uygulanmıştır (Çizelge 8).

Çizelge 8. Deneme parsellerinde ölçülen ve uygulanan saf madde olarak N, P, K miktarları

	N (kg/da)			P (kg/da)			K (kg/da)		
	2008	2009	2010	2008	2009	2010	2008	2009	2010
Toprakta tespit edilen	6,4	8,2	5,4	5,7	4,6	4,8	6,8	7,2	5,4
Uygulanan	13,6	11,8	14,6	4,3	5,4	6,2	3,2	2,8	4,6
Toplam	20	20	20	10	10	10	10	10	10

Deneme parsellerinde hasat işlemleri tüm konularda aynı anda başlatılmıştır. Hasat bitkilerin kuruduğu, koçan yapraklarının sarardığı, danelerin sertleştiği ve koçanların sarktığı dönemde ilk yıl 14.10.08 ve ikinci yıl 19.08.2009 ve üçüncü yıl 13.09.2010 tarihlerinde elle yapılmıştır. Hasat sırasında kenar etkisini önlemek için sıra başlarında ve sonlarında en az 2 m atılarak yapılmıştır.

3.2.3 Denemenin Düzenlenmesi Ve Uygulamalar

Deneme 2008, 2009 ve 2010 yıllarında aşağıda açıklandığı gibi düzenlenerek yürütülmüştür.

3.2.3.1 Deneme Konuları

Deneme konularının sulanmasında çizgi kaynaklı yağmurlama laterali (tekil lateral) kullanılmıştır. Lateral parsel ortasına ve bitki sıralarına paralel olacak şekilde konuşlandırılmıştır. Böylece lateral yakınında tam su alan parseller, lateralden uzaklaştıkça doğrusal olarak azalan düzeyde su alan konular oluşturulmuştur. Sulama suyunun lateral boyunca eş su dağılımını artırmak için başlıklar 5 m aralıklarla yerleştirilmiştir (Köksal ve ark., 2001). Sulama sisteminde toplam 9 adet, 18 m ıslatma çapına sahip yağmurlama başlığı yer almıştır. Başlıkların eş su dağılımları tekil başlık testi ile denetlenerek kontrol edilmiştir (Korukçu ve Yıldırım, 1981).

Lateralin her iki yanında da 0,7 m aralıklı 25 sıra yer almıştır. Laterale en yakın olan ve uygulanan sulama suyunun %100'nü alan sıralar tanık konuyu ($SD1=100$) oluşturmuştur. SD1 konusundan diğer ifade ile lateralden uzaklaştıkça daha az miktarda su alan konular yer almıştır. Buna göre deneme konuları uygulamada farklı elde edilmekle beraber Çizelge 9'de verildiği şekilde oluşmuştur.

3.2.3.2 Sulama Uygulamaları

Sulama uygulamalarına her iki yılda da mısırın toprak üstü gövde yüksekliği ortalama 35 cm'ye ulaştığında başlatılmıştır. Buna göre 2008 yılında 3 Temmuz; 2009 yılında; 15 Haziran ve 2010 yılında 26 Haziran tarihinde başlanılmıştır. Konulu sulama uygulamalarına geçmeden önce, tüm konularda 0-90 cm toprak derinliğinin nem içeriği tarla kapasitesi nem düzeyine getirilmiştir. Takip eden sulamalarda 10 günlük sulama aralığı dikkate alınmıştır. Ancak bazı tarihlerde rüzgâr hızının yağmurlama yöntemi ile sulama yapılmasına uygun olması ve sulama zamanının araştırma ve uygulama merkezinde yürütülmekte olan diğer araştırmaların sulama zamanı ile çakışması sonucu, uygulama tarihlerinde bazı sapmalar olmuştur. Konulu olarak 2008 yılında 5, 2009 yılında 4 ve 2010 yılında 6 kez sulama yapılmıştır.

Uygulanacak sulama suyu miktarının hesaplanmasında;

$$d_n = \frac{P_w}{100} \gamma_t D \dots\dots\dots 1$$

eşitliği kullanılmıştır. Eşitlikte, P_w = Tanık konuda (SD1) ölçülen kök derinliğindeki toprağın kuru ağırlığın %'si cinsinden eksik nem miktarı (mm), γ_t = Toprak hacim ağırlığı (g/cm^3), D = Ölçülen kök derinliği (mm), d_n = Net sulama suyu miktarı (mm) 'dir.

Sulama suyu miktarının hesaplanmasında, SD1 konusunda kök gelişimi minirhizotron kamera ile belirlenen değerler esas alınmıştır.

Yağmurlama sulama süresinin hesaplanmasında ise;

$$T = \frac{d_n}{E_a I_y} \dots\dots\dots 2$$

eşitliği kullanılmıştır. Eşitlikte, T = Sulama süresi (h), I_y = Başlık yağmurlama hızı (mm/h), E_a = Su uygulama randımanı (%) (Su uygulama randımanı, rüzgâr hızı sürekli ölçülerek denetlenmiştir)

Sulamalar esnasında sulama süresi ayrıca, konulara yerleştirilen su toplama kapları ile denetlenmiştir.

3.2.3.3 Toprak Neminin İzlenmesi

Toprak nemi ölçümleri gözlem sıralarının ortasına yerleştirilen nötron tüpleri kullanılarak ve 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm toprak katmanları esas alınarak neutron probe (CPN, 503 DR) ile yapılmıştır. Araştırmanın başlangıcında, nötron okumalarının değerlendirilebilmesi amacı ile kalibrasyon çalışmaları yapılmıştır. Bu amaçla deneme alanı içerisine yerleştirilen üç nötron tüpünde sık aralıklarda yapılan okumalar ile eşzamanlı gravimetrik yöntemle toprak örnekleri alınmış ve elde edilen bulguların değerlendirmesi ile neutron probun kalibrasyonu tamamlanmıştır. Araştırma süresince ayrıca, sulama suyunun %0'nın uygulandığı (SD6) parsellerde açılan taban suyu gözlem kuyusunda taban suyu seviyesi takip edilmiş ve toprağın 1,5 m derinliğinde taban suyu olmadığı tespit edilmiştir.

3.2.3.4 Kök Ölçümleri

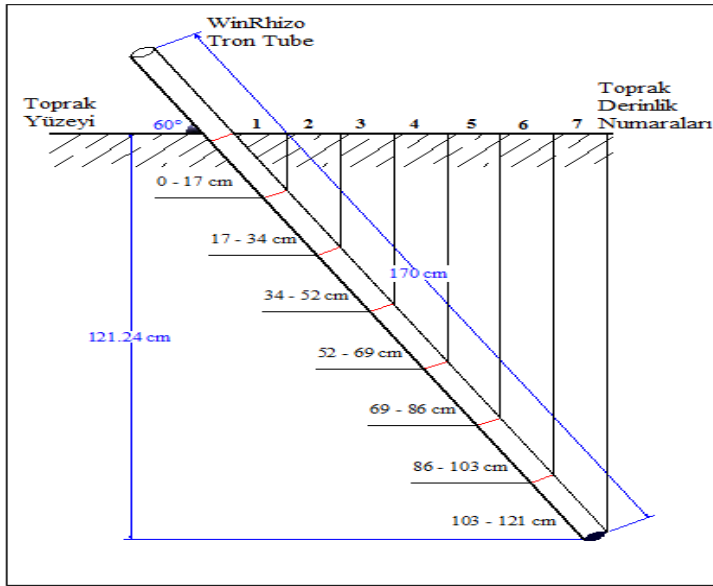
Bitki kök uzunluklarının ölçülmesinde minirhizotron tekniği ve Core yöntemi olmak üzere iki ayrı yöntem kullanılmıştır. Minirhizotron yönteminde kamera ile her sulamadan önce uygulanmış ve hasada kadar devam ettirilmiştir. Core yönteminde ise hasat sonrasında bitki kök bölgesinde bozulmamış toprak örnekleri alınarak kök uzunlukları tespit edilmiştir.

3.2.3.4.1 Minirhizotron Tüplerden Kök Görüntülerinin Alınması

Minirhizotron yöntemi Kök gelişiminin gözlenmesinde CI-600 model Winrhizotron kök tarayıcısı (CI-600 Root Scanner) kullanılmıştır (Şekil 8 ve 9). Kök kamerasının kullanılabilmesi için, sıra üzeri doğrultusuna uygun olarak 180 cm uzunluğunda pleksiglass minirhizotron tüpünün (Şekil 12) 160 cm'lik kısmı düşeyle 30⁰ açı yapacak şekilde toprağa çakılmıştır (Şekil 13). Böylece 80 cm uzunluğundaki sıra üzerinde yer alan bitkilerin 121 cm derinliğe kadar olan köklerin görüntüleri alınabilmektedir. Ayrıca tüpün dik olmaması köklerin tüp boyunca büyümesini önlemiştir. Her gözlem sırasında 2 adet tüp yerleştirilmiştir (Şekil 11). Minirhizotron tüplerin toprak üstünde kalan 25 cm'lik kısmı boyandıktan sonra alüminyum folyo ile sarılarak güneş ışıklarının tüp içerisine ulaşması engellenmiştir (Şekil 14). Tüplerin her iki ucu da plastik kapak ile kapatılarak içlerine su girmesi engellenmiştir.



Şekil 12. Pleksiglass minirhizotron tüpü.

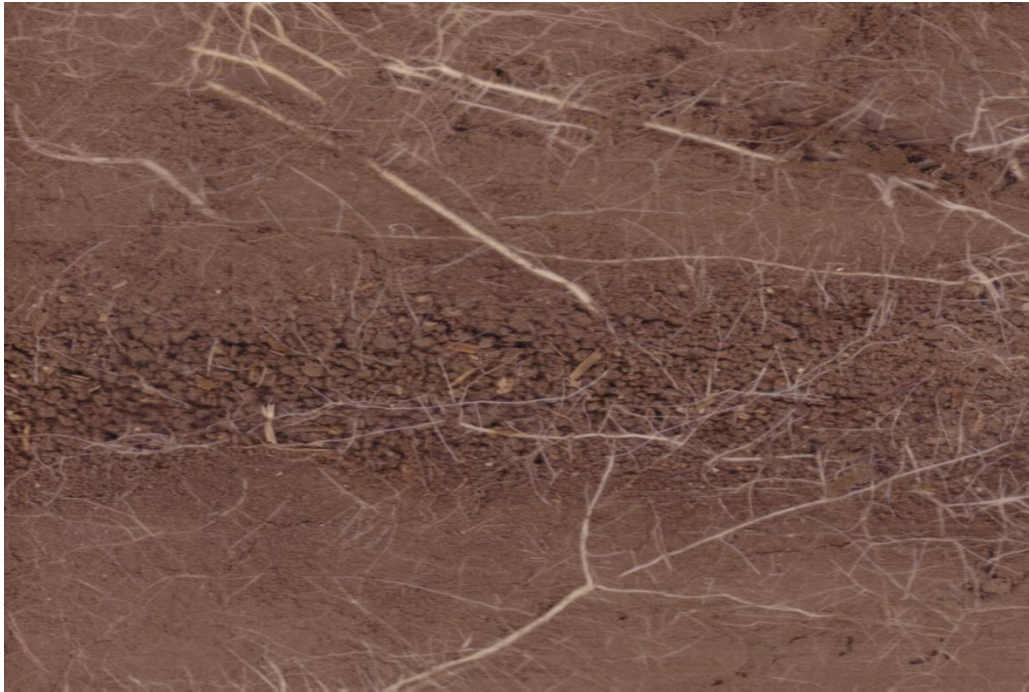


Şekil 13. Minirhizotron tüpünün arazide konumlanması ve görüntü alınan derinlikler.

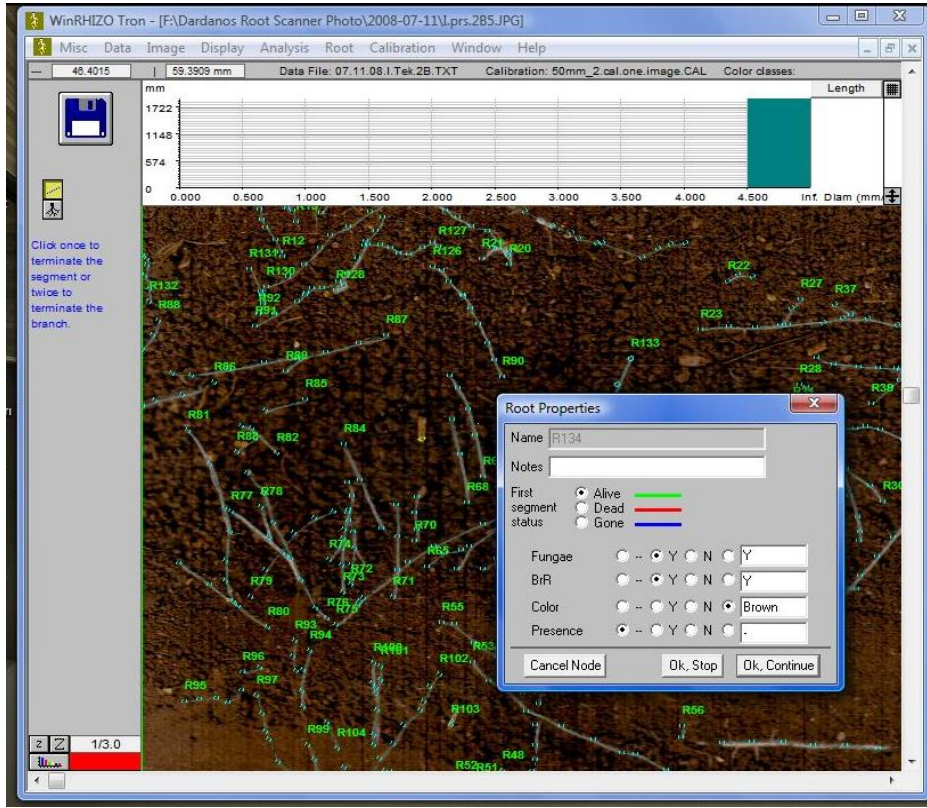


Şekil 14. Minirhizotron tüpün arazide konumlanması.

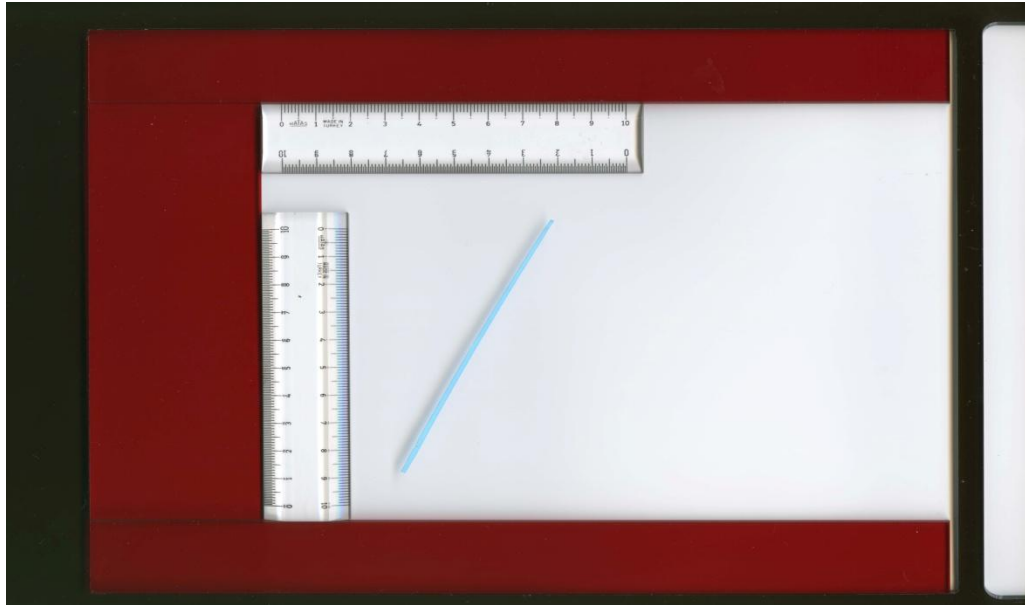
Minirhizotron kamera kullanılarak Şekil 15'te örneği verilen görüntüler kaydedilmiştir. Elde edilen görüntülerden kök uzunluk ve yoğunluğu CI-600 kök kamerasına ait "WinRHIZOTron MF V 2007 b" bilgisayar programı kullanılarak analiz edilmiştir (Schlichting, 1993; Melhuish ve Lang, 1969) (Şekil 16). Analiz sonucunda piksel olarak belirlenen değerler cm'ye dönüştürülmüştür. Uzunlukların cm'ye dönüştürülmesinde kalibrasyon işlemi yapılmıştır (Şekil 17). Bu amaçla gerçek uzunluğu bilinen şekillerin aynı format ve çözünürlükte olacak şekilde görüntü çekilerek, piksel değerleri bulunmuş ve orantı yolu ile elde edilen katsayılar kullanılarak kök uzunluklarının piksel değerleri santimetre ve metreye dönüştürülmüştür. Ayrıca kök çap değerleri de program tarafından belirlenmektedir.



Şekil 15. Minirhizotron kamera ile alınan kök görüntüsü.



Şekil 16. Minirhizotron Kamera ile çekilmiş kök görüntülerinin işlenmesi.



Şekil 17. Kalibrasyon işlemi.

3.2.3.4.2 Core Yöntemi İle Yapılan Kök Ölçümü

Mısırın, sulama düzeyine göre kök gelişimi kök tarayıcısının yanı sıra core yöntemi ile de tespit edilmiştir. Core yönteminin esası bitki kök bölgesinden alınan bozulmamış toprak örnekleri alınarak, örnek hacminde bulunan kök uzunluğunun tespit edilmesine dayanmaktadır. Ancak bu yöntemde bitki kök sistemi tahrip edildiğinden, her bitkide bir kez kök ölçümü yapılabilmektedir. Aynı bitkide ikinci bir kök ölçümü yapma olanağı bulunmamaktadır. Bu nedenle core yöntemi için toprak örnekleri hasat sonrasında alınmıştır. Örnekler bitki gözlem ve ölçümlerin yapıldığı bitkilerin kök bölgelerinden alınmıştır. Bunlar aynı zamanda minirhizotron tüplerinin üzerinde bulunan bitkilerdir.

Kök ölçümleri için bozulmamış toprak örnekleri her 10 cm'lik katmanlar halinde 120 cm'lik derinliğe kadar kesintisiz olarak alınmıştır (Şekil 18). Toprak örnekleri kökler topraktan yıkanarak ayrılincaya kadar, buzdolabında muhafaza edilmiştir (Şekil 19). Yıkama esnasında örnekler kaplara boşaltılarak, üzerlerine su ilave edilmiştir (Şekil 20). Daha sonra, üst üste konulmuş ve üstte en geniş açıklık olmak üzere farklı açıklıklara sahip eleklerden sulu çamur çözeltisi geçirilerek, kökler musluk altında topraklardan yıkanmıştır. Eleklerde yıkama sırasında kök kaybını engellemek için en altta bulunan eleğin altına toplama kabı yerleştirilmiştir. Eleklerin üzerindeki kökler pens yardımı ile toplanmış ve plastik poşetlerde üzerlerine su ve metanol eklenerek analiz süresince +4 °C de saklanmıştır (Şekil 21).

Elde edilen kökler Epson marka tarayıcıda taranarak (Şekil 22) görüntüleri bilgisayar ortamına aktarılmıştır (Şekil 23). Görüntülerden kök uzunluğu, kök yüzey alanı gibi bazı parametreler WinRhizo Basic Programı kullanılarak ölçülmüştür (Şekil 23).



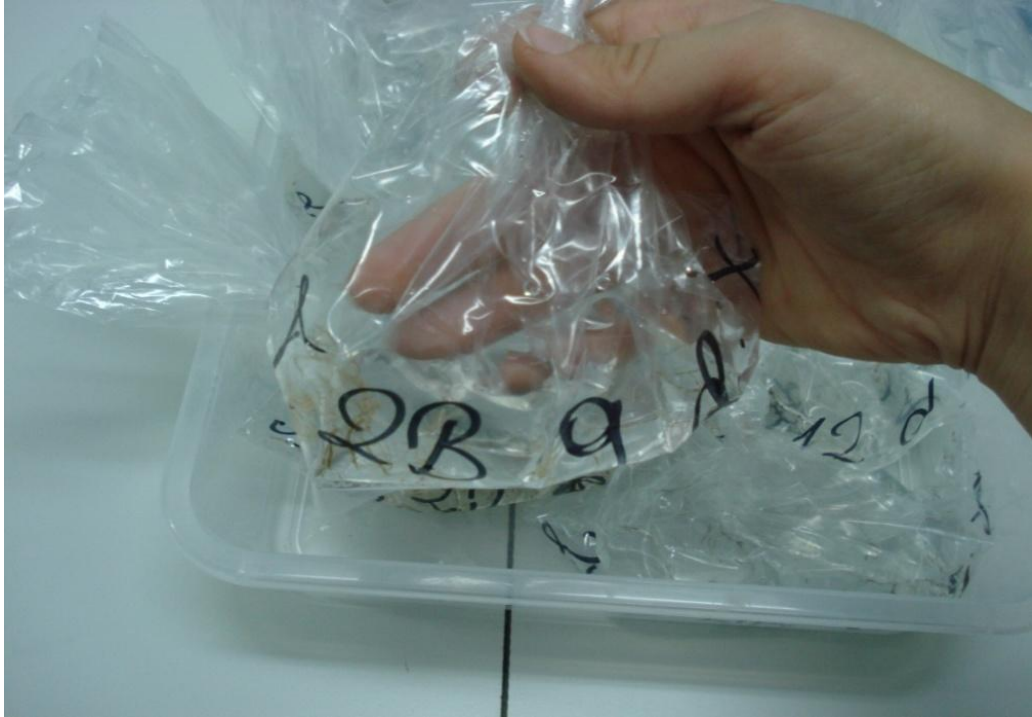
Şekil 18. Bozulmamış örnek silindiri ile kök örneklerinin alınması.



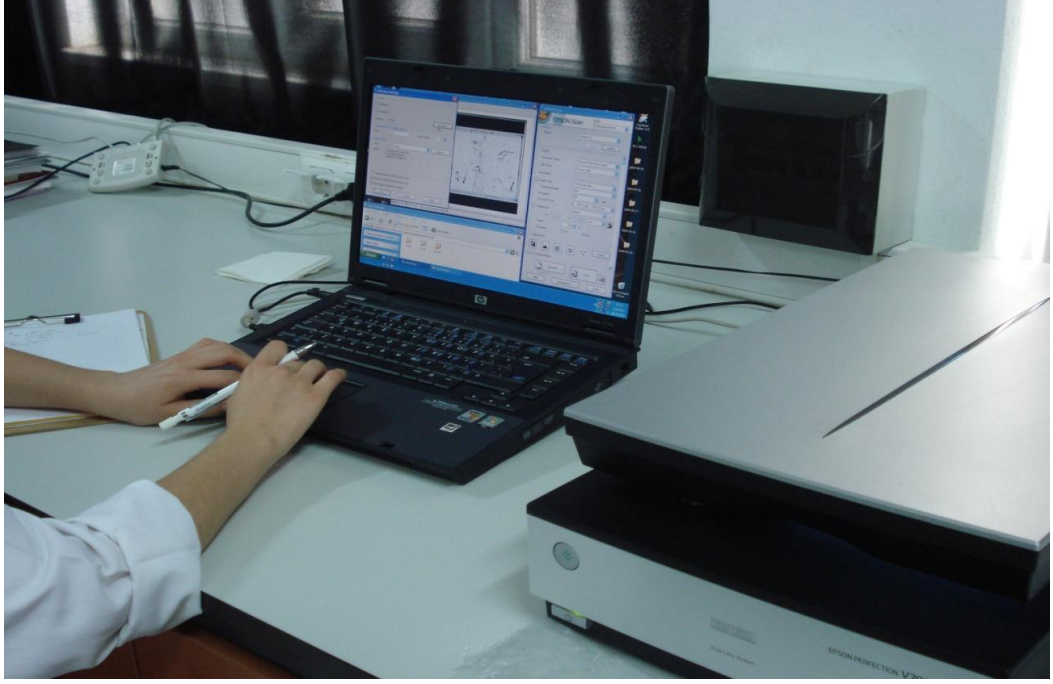
Şekil 19. Toprak ve kök örneklerinin buzdolabında saklanması.



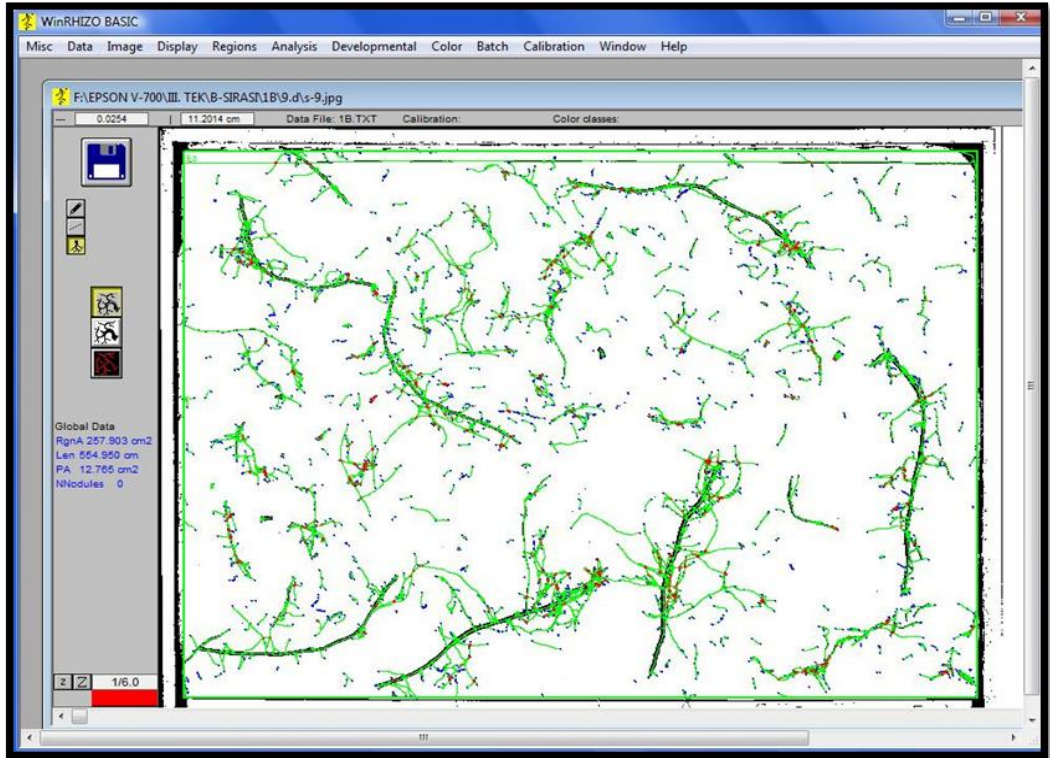
Şekil 20. Köklerin topraktan yıkanması.



Şekil 21. Yıkanmış kök örnekleri.



Şekil 22. Tarayıcıda köklerin görüntülenmesi.



Şekil 23. WinRhizo Basic programı ile kök okumaları.

3.2.3.5 Bitki Ve Toprakta Azot (N) Değişiminin İzlenmesi

Uygulanan sulama düzeyine göre gerçekleşen kök gelişiminin, bitkinin topraktan azot alımına olan etkisinin araştırılması toprak ve bitki ve kök analizleri yapılmıştır.

3.2.3.5.1 Toprak, Kök Ve Bitki Örneklerinin Alınması

Toprakta azot değişiminin incelenmesine ilişkin analizler ekim öncesi ve hasat sonrası olmak üzere iki kez yapılmıştır. Bu amaçla tohum ekiminden önce hasat sonrasında 30 cm'lik katmanlar halinde, 120 cm'lik derinliğe kadar toprak örnekleri alınmıştır.

Core yöntemi ile uzunluklarının ölçülmesi amacı ile alınan kök örnekleri, ölçümden sonra azot analizlerinde kullanılmıştır. Hasat sonrası ölçümler için alınan bitki gövdelerinden azot analizleri için de örnekler alınmıştır.

3.2.3.5.2 Örneklerinin Azot Analizleri İçin Hazırlanması

Toprak örnekleri oda sıcaklığında hava kuru hale getirildikten sonra dövülerek 1 mm'lik eleklerden geçirilmiştir. Örneklerin homojen nem düzeyine gelmeleri için 48 saat süreyle 55 °C'de kurutularak analiz için hazır hale getirilmiştir.

Bitki örnekleri 65 °C'de 48 saat etüvde tutulmuştur. Kurulan örnekler değirmende öğütülerek analize hazır hale getirilmiştir. Analizde kullanılacak köklerde bitkilerde olduğu gibi 65 °C'de 24 saat kurutmuştur. Daha sonra kök örnekleri seramik havanlarda dövülerek analize hazır hale getirilmiştir (Şekil 24).



Şekil 24. Azot analizlerinde kullanılan örnekler.

3.2.3.5.3 Azot Analizleri

Hem toprak hem de bitki ve kök örneklerinin azot analizleri, ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Toprak Fiziği Laboratuvarında, kuru yakma yöntemiyle (Kirsten, 1983) Truspec C-N Analyzer (Şekil 25) kullanılarak gerçekleştirilmiştir. Analizde toprak örnekleri ortalama 0,1 gr; bitki ve kök örnekleri ise ortalama 0,075'er gram olacak şekilde özel TinCup'larda tartılıp paketlenerek (Şekil 26) cihazda 950 °C'de kuru yakmaya tabi tutulmuş, analiz sonucunda ağırlık başına % Azot (N) miktarları tespit edilmiştir.



Şekil 25. Truspec C-N Analyzer



Şekil 26. Örneklerin tartılması

3.2.3.6 Vejetatif Ölçümler

3.2.3.6.1 Bitki Yeşil Aksam Ölçümleri

Her sulama uygulamasından 1 gün önce minirhizotron tüpler üzerindeki ilk üç bitkinin (kök görüntü alanına giren bitkiler) yeşil aksam değerlerinin ölçümü yapılmıştır. Alınan parametreler; bitki boyu (cm), bitki taç genişliği (cm), yaprak sayısı, yaprak alanı ve boğum sayısıdır. Ayrıca ilk püskül ve koçan çıkış tarihleri takip edilmiştir.

3.2.3.6.2 Bitki Biokütle Ölçümleri

Her sulama uygulamasından 1 gün önce minirhizotron tüpler üzerindeki bitkilerle özdeş ve her sulama konusundan olacak şekilde bitkiler seçilmiş, bitkilerin yukarıdaki yeşil aksam parametreleri kullanılarak ölçümleri yapılmıştır. Ölçüm sonrasında bitkiler toprak yüzeyindeki ilk boğumdan kesilerek toplanmış, hemen sonrasında bitki yaş ağırlıkları alınmış ve daha sonra yaprak alan ölçümleri de yapılarak kese kâğıtlarında depolanmışlardır. Depolanan bitkiler 65 °C’de 48 saat tamamen kurutulduktan sonra, kuru gövde ve koçan ağırlıkları ölçülmüş, azot (N) analizi için bitki parçaları yine bu bitkilerden toplanmıştır.

BÖLÜM 4**4. ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA****4.1 Sulama Uygulamaları**

Deneme 2008, 2009 ve 2010 olmak üzere 3 yıl süre ile yürütülmüştür. Sulama uygulamalarına ilişkin sonuçlar yıllara göre değerlendirilerek aşağıda sunulmuştur.

4.1.1 Birinci Yıl (2008) Sulama Sonuçları

Uygulamanın ilk yılında ekimden hemen sonra çıkışların düzenli olmasını sağlamak için tüm parsellere toplam 90 mm intaş sulaması yapılmıştır. Ayrıca konulu sulamalara geçmeden önce, 0–90 cm toprak derinliğinin rutubet içeriğini tarla kapasitesi nem düzeyine getirmek amacı ile tüm konulara 70 mm sulama suyu uygulanmıştır.

Sulama suyu miktarının hesaplanmasında, uygulanan sulama suyunda kısıntı öngörülme SD₁ konusundaki kök gelişimi minirhizotron kamera ile izlenmiş ve belirlenen değerler esas alınmıştır (Çizelge 10).

Çizelge 10. 2008 yılı tarihlere göre referans konuda tespit edilen etkili kök derinliği (cm) ve uygulanan sulama suyu miktarları (mm)

Sulama tarihi	Sulama No	Etkili kök derinliği (cm)	Uygulanan sulama suyu miktarı (mm)
İntaş	I	-	90
20.06.2008	1	-	70
03.07.2008	2	70	70
15.07.2008	3	70	75
26.07.2008	4	90	54
06.08.2008	5	95	100
17.08.2008	6	95	52

Kullanılan sulama sistemine göre konulara uygulanacak sulama suyu miktarının konulara göre dağılımının SD₁ %100, SD₂ %80 SD₃ %60, SD₄ %40, SD₅ %20 ve SD₆ %0 olması öngörülmüştür. Ancak uygulama sonucu gerçekleşen dağılım Çizelge 11’de verilmiştir.

4.1.2 İkinci Yıl (2009) Sulama Sonuçları

Uygulamanın ikinci yılında tohum çıkışlarının düzenli olmasını sağlamak için ilk yıl uygulamasında olduğu gibi intaş suyu uygulanmıştır. Sonraki sulama uygulamalarında ilk sulama da dâhil olmak üzere ilk üç sulamada minirhizotron kamera ile SD1 konusunda elde edilen görüntüler kullanılmıştır. Kameranın arızalanmasından sonraki iki sulamada kök derinliği tespitlerinde bozulmamış toprak örneklerinden yararlanılmıştır. Bu amaçla sulamalardan önce tüm konularda toprak örnekleri alınarak kök uzunlukları tespit edilmiştir. Tespit edilen kök derinliği, uygulanan sulama suyu miktarı ve uygulama tarihleri Çizelge 11’de verilmiştir.

Çizelge 11. 2009 yılı tarihlere göre referans konuda tespit edilen etkili kök derinliği (cm) ve uygulanan sulama suyu miktarları (mm)

Sulama tarihi	Sulama No	Etkili kök derinliği (cm)	Uygulanan sulama suyu miktarı (mm)
İntaş	I	-	42
26.06.2009	1	-	77
10.07.2009	2	70	59
20.07.2009	3	90	58
30.07.2009	4	90	55

4.1.3 Üçüncü Yıl (2010) Sulama Sonuçları

Uygulamanın son yılında tohum çıkışlarının düzenli olması nedeni ile intaş sulaması yapılmamıştır. Takip eden sulamalarda 10 günlük sulama aralığı dikkate alınmıştır. Tespit edilen kök derinliği, uygulanan sulama suyu miktarı ve uygulama tarihleri Çizelge 12’de verilmiştir.

Çizelge 12. 2010 Yılında sulama zamanı, miktarı ve SD₁ konusunda ölçülen etkili kök derinliği

Sulama tarihi	Sulama No	Etkili kök derinliği (cm)	Uygulanan sulama suyu miktarı (mm)
15.06.2010	1	75	40
01.07.2010	2	75	99
10.07.2010	3	75	100
21.07.2010	4	90	90
02.08.2010	5	90	91
12.09.2010	6	90	74

4.2 Kök Gelişimi

4.2.1 Birinci Yıl (2008) Kök Gelişim Sonuçları

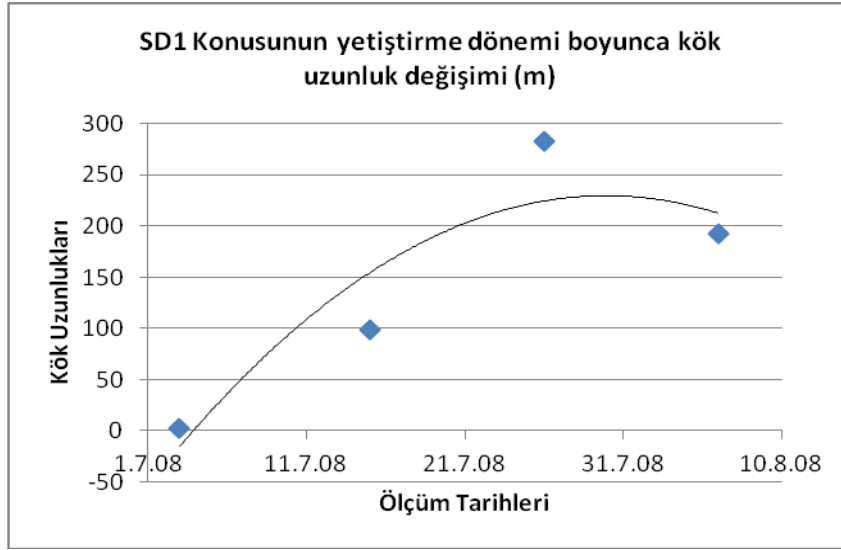
4.2.1.1 Minirhizotron Yöntemine Göre Yapılan Ölçüm Sonuçları

Sulama uygulamasının azaldığı konularda kök gelişiminin zayıf, sulamanın arttığı konularda ise temmuz ayı sonlarına kadar kök gelişiminin büyük bir artış gösterdiği görülmektedir, ayrıca daha sonrasında kök ölüm oranları da sulama miktarlarından etkilenmiştir. Sürekli tarla kapasitesinde tutulan konuda kök gelişimi diğer konularda olduğu gibi temmuz sonunda durmuş, bundan sonra kök ölümleri başlamıştır. (Çizelge 13) Fakat SD₁ konusunda kök ölüm oranı ortalama %30,8 iken, su almayan konularda bu oranın %64,7'lere kadar arttığı görülmektedir. Buradan, verilen su miktarları azaldıkça, gelişimle birlikte bitki direncinin de azaldığı sonucuna varılabilir.

Çizelge 13. 2008 Yılında sulama tarihlerine göre minirhizotron kamera ile elde edilen kök uzunluklarının konulara göre değişimi

Konular	Toplam Kök Uzunlukları (m)					
	20.06.2008	03.07.2008	15.07.2008	26.07.2008	06.08.2008	17.08.2008
SD1	-	1,90	98,50	282,92	192,83	-
SD2	-	9,09	112,00	212,25	163,75	-
SD3	-	8,26	100,50	180,24	120,13	-
SD4	-	4,86	88,00	129,72	57,41	-
SD5	-	3,57	17,00	62,25	18,01	-
SD6	-	4,62	22,10	74,72	26,34	-

Denemenin ilk yılında diğer yıllara kıyasla kök uzunlukları yüksek değerlere ulaşmıştır. Tüm konularda kök gelişimi temmuz ayı sonlarına kadar artmaya devam etmiş, bu tarihten sonra gelişim gerilemiş ve kök ölümleri meydana gelmiştir. Şekil 27’de en çok su uygulanan SD1 konusunun her sulama öncesi tespit edilen kök uzunluk değerlerinin değişimi verilmiştir. 26 Temmuz tarihinden toplam kök uzunluğunda azalma olduğu görülmektedir. Bunun sebebi temmuz sonunda kök gelişiminin büyük ölçüde tamamlanmış olması ve kök ölümlerinin başlamış olmasıdır.



Şekil 27. SD1 Konusunun 2008 yetiştirme dönemi boyunca kök uzunluk değişimi.

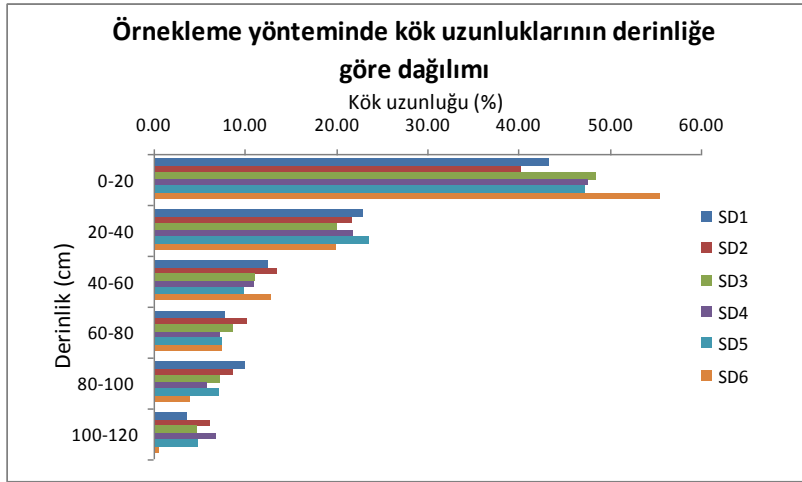
4.2.1.2 Core Yöntemine Göre Yapılan Ölçüm Sonuçları

Örnekleme yöntemi ile elde edilen kök derinliğine göre kök uzunlukları Çizelge 15’de verilmiştir. Kök uzunlukları sulama düzeyine göre değişim göstermekle beraber en yüksek kök uzunluğu SD2’de tespit edilmiştir. Bunu SD1 ve sulama düzeyine göre diğer konular izlemiştir.

Çizelge 14. 2008 Yılında örnekleme yöntemine göre kök uzunluklarının derinliklere göre dağılımı (m) (Bu değerler ayrıca kök uzunluk yoğunluğuna da eşittir (cm/cm³))

Konu	Kök Uzunluğu (m)						
	0–20 cm	20–40 cm	40–60 cm	60–80 cm	80–100 cm	100–120 cm	Toplam
SD1	31,98	16,96	9,23	5,69	7,37	2,59	73,82
SD2	34,11	18,32	11,44	8,55	7,34	5,11	84,86
SD3	28,48	11,77	6,47	5,11	4,27	2,73	58,84
SD4	23,42	10,68	5,34	3,57	2,83	3,29	49,13
SD5	21,92	10,91	4,51	3,45	3,29	2,25	46,32
SD6	23,15	8,32	5,33	3,11	1,61	0,22	41,73

Uygulamaların kök uzunluk yoğunluğuna etkisi karşılaştırıldığında, 0–20 cm’ de en fazla yoğunluk SD2’de bulunmuştur. Kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımları oransal olarak Şekil 28’de verilmiştir. SD6 konusunda en fazla kök %55,47 ile 0–20 cm derinliğinde tespit edilmiştir. Genellikle derinlik arttıkça kök miktarlarında azalma eğilimi gözlemlenmiştir.



Şekil 28. 2008 Yılında örnekleme yöntemiyle hasat tarihinde kök uzunluklarının derinliklere göre dağılımı.

Uygulanan yöntemler arasında yapılan karşılaştırmada, örnekleme yöntemi kullanılarak elde edilen değerlerin minirhizotron yöntemi ile sağlanan verilerden farklı olduğu ve miktar olarak da daha fazla olduğu görülmektedir. Bu, minirhizotron ve örnekleme yönteminin toprak profilinde bulunan toplam kök uzunluğu belirlemede

kullandıkları yaklaşımların farklılığından kaynaklanmaktadır. Örneklemeye yönteminde, 100 cm³'lük örneğin içinde bulunan toplam kök uzunluğu tespit edilebilirken, minirhizotron yönteminde tarayıcının gördüğü yüzeylerdeki kökler tespit edilmektedir. Minirhizotron yönteminde sulama düzeylerinin kök gelişimi üzerine olan etkisi üretim dönemi boyunca izlenebilirken, örnekleme yönteminde üretim dönemi sonundaki toplam etkisi tespit edilebilmektedir.

4.2.2 İkinci Yıl (2009) Kök Gelişim Sonuçları

4.2.2.1 Minirhizotron Yöntemine Göre Yapılan Ölçüm Sonuçları

Proje uygulamasının ikinci yılında minirhizotron kamera ile kök gelişiminin izlenmesine 20.06.2009 tarihinde başlanılmıştır. Sulamalar öncesinde,

- 1) 20.06.2009 tarihinde konulu sulama öncesi
- 2) 25.06.2009 tarihinde konulu I. sulama öncesi,
- 3) 07.07.2009 tarihinde konulu II. sulama öncesi

olmak üzere toplam 3 gözlem yapılabilmektedir. 07.07.2009 tarihinde yapılan gözlem esnasında kameranın arızalanması nedeni ile bu tarihten sonra gözlem yapılamamıştır. Bu tarihten sonra kök sisteminin gelişimi bozulmamış toprak örnekleri alınarak tespit edilmiştir.

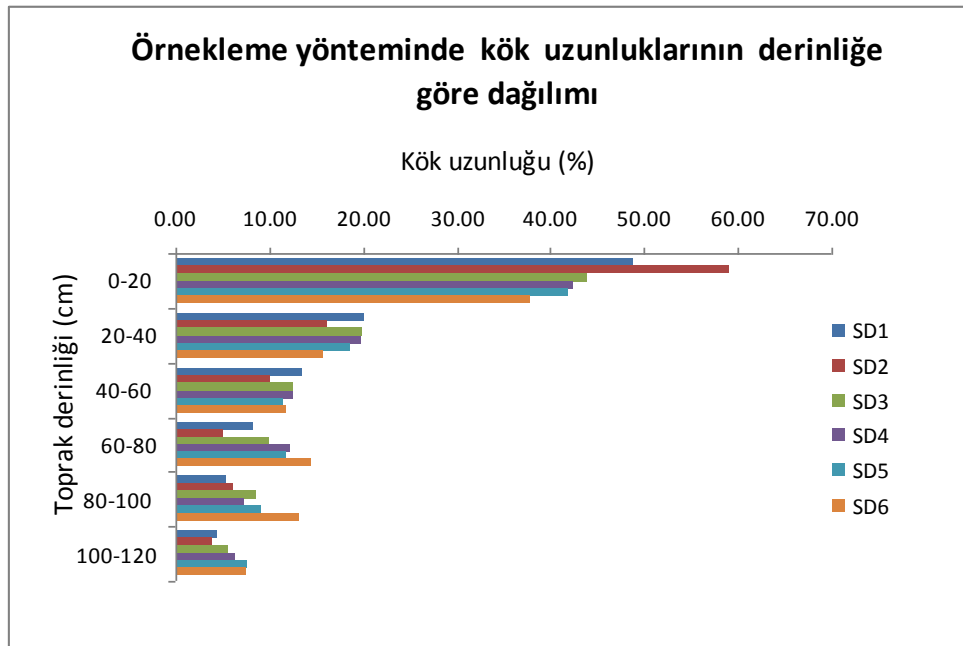
4.2.2.2 Örneklemeye Yöntemine Göre Yapılan Ölçüm ve Sonuçları

Bozulmamış toprak örneklerinden elde edilen köklerden yapılan ölçümlerde, uygulamanın ikinci yılında tüm konularda ilk yıla göre daha düşük kök uzunluğu tespit edilmiştir. Sulama düzeylerine göre kök uzunluklarının değişimi yine ilk yılda olduğu gibi en fazla kök uzunluğu SD2 konusunda elde edilmiştir. Diğer konularda ise ilk yıla benzer şekilde da sulama düzeyine göre değişim göstermiş ve ikinci en fazla kök gelişimi SD1 konusunda tespit edilmiştir. SD1 konusunu sulama düzeyine göre diğer konular izlemiştir (Çizelge 15).

Çizelge 15. 2009 yılında hasatta örnekleme yöntemine göre kök uzunluklarının derinliklere göre dağılımı (m) (Bu değerler ayrıca kök uzunluk yoğunluğuna da eşittir (cm/cm³)).

Konu	Kök Uzunluğu (m)						Toplam
	0–20 cm	20–40 cm	40–60 cm	60–80 cm	80–100 cm	100–120 cm	
SD1	27,40	11,20	7,50	4,55	3,00	2,44	56,09
SD2	33,79	9,16	5,73	2,82	3,49	2,22	57,20
SD3	20,37	9,26	5,78	4,57	3,98	2,54	46,50
SD4	17,84	8,25	5,21	5,05	3,05	2,64	42,04
SD5	17,50	7,79	4,72	4,89	3,77	3,19	41,86
SD6	15,25	6,33	4,74	5,77	5,23	2,96	40,27

Kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımı da ilk yıla benzer şekilde elde edilmiştir. Tüm konularda kök yoğunluğu en yüksek 0-20 cm'lik katmanda elde edilmiş ve derinlik ile beraber azalarak devam etmiştir (Şekil 29).



Şekil 29. 2009 Yılında örnekleme yöntemiyle hasat tarihinde kök uzunluklarının derinliklere göre dağılımı

4.2.3 Üçüncü Yıl (2010) Kök Gelişim Sonuçları

4.2.3.1 Minirhizotron Yöntemine Göre Yapılan Ölçüm Sonuçları

Denemenin son yılında minirhizotron yöntemi ile her sulama öncesi bitkilerden elde edilen kök uzunluğu sonuçları Çizelge 16’da verilmiştir.

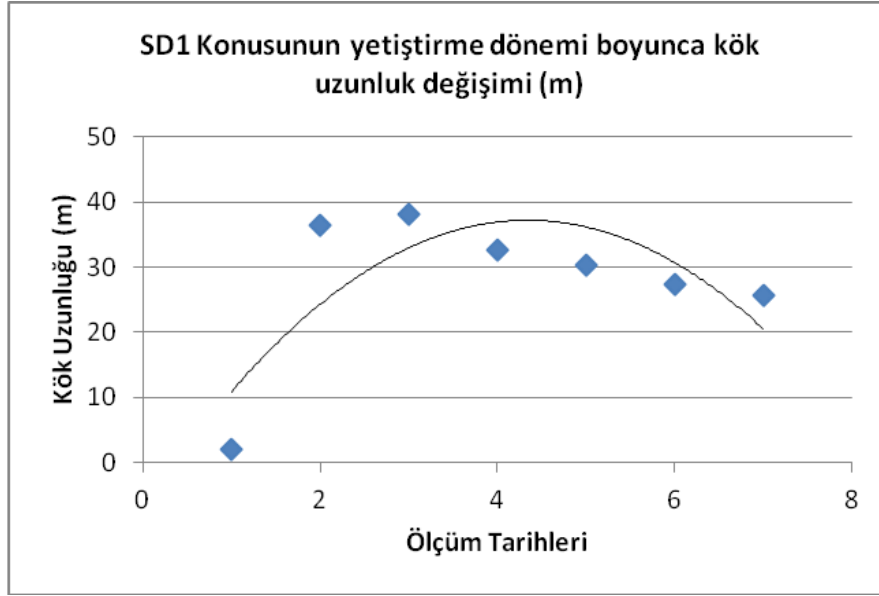
2010 yılı kök gelişimi her sulama öncesi takip edilmiş ve tarihlere bağlı olarak konular arası değerler ölçülmüştür. Yetiştirme dönemi başlangıcında konular arası farklılık bulunmamaktadır. İlk konulu sulama sonrasında konular arası farklılık oluşmaya başlamış ve ilk okuma değerlerine göre tüm konularda ortalama 30 m kadar kök artışı meydana gelmiştir. Kök gelişimi 4. okuma olan 30 Temmuz tarihine kadar devam etmiş ancak en çok sulama suyunu alan SD1 konusu diğer konuların aksine 30 Temmuz tarihinden önce gelişimini tamamlamış ve en yüksek uzunluk değerine 19 Temmuz tarihinde ulaşmış, daha sonra azalış göstermiştir. 30 Temmuz tarihinde en yüksek kök yoğunluğuna 38,9 m ile SD2 konusu ulaşmıştır ki bu değer gelişim başlangıcında alınan ilk kök uzunluğu değerinin 31,1 katı kadardır.

2010 yılında kök değerleri diğer yıllara oranla; hem minirhizotron ölçümleri hem de hasatta alınan örneklerden ölçülen değerler göz önüne alındığında oldukça düşük seyretmiştir. Bunun sebebi, kış yağışlarının etkisiyle doymun hale gelen toprakta yetiştirilen mısırın kök gelişiminde, özellikle çok su alan konularda kök gelişiminin zayıflaması ve yaz sezonunda sulama suları ile ihtiyacı olan suyu alamayan SD4-SD5 ve SD6’nın toprağın alt profillerine doğru kök gelişimi gösterme eğiliminde olmaları olarak yorumlanmıştır.

Çizelge 16. 2010 yılında minirhizotron yöntemine göre ölçülen kök uzunlukları

KONU	Toplam Kök Uzunluğu (m)						HASAT
	24.06.10	09.07.10	19.07.10	30.07.10	09.08.10	18.08.10	
SD1	1,891	36,477	38,115	32,637	30,292	27,325	25,659
SD2	1,252	23,531	32,745	38,985	27,353	23,456	13,181
SD3	1,476	22,094	29,516	31,879	22,139	19,846	11,183
SD4	1,187	37,915	37,483	38,713	28,419	23,360	12,411
SD5	1,713	35,004	40,451	40,695	29,799	25,157	14,070
SD6	1,734	35,243	36,040	36,510	28,607	25,177	13,413

En çok su alan SD1 konusunun yetiştirilme dönemi boyunca değişimi Şekil 30’da verilmiştir. 19 Temmuz tarihine kadar SD1 konusunun gelişimi devam etmiş bu tarihte kök uzunluk değeri en yüksek değerini almış ve devamında diğer konulardan daha erken olmak üzere kök gelişiminde gerileme ve mevcut köklerde çürümeler meydana gelmeye başlamıştır.



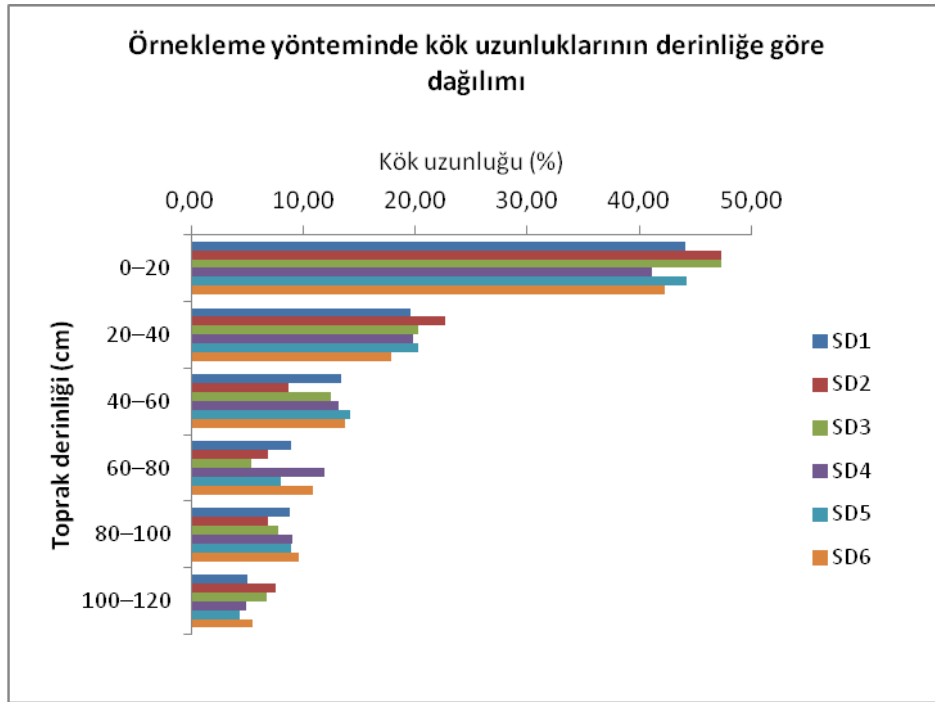
Şekil 30. SD1 Konusunun 2010 yetiştirme dönemi boyunca kök uzunluk değişimi

4.2.3.2 Örneklemeye Yöntemine Göre Yapılan Ölçüm Sonuçları

Çizelge 17. 2010 yılında hasatta örneklemeye yöntemine göre kök uzunluklarının derinliklere göre dağılımı (m) (Bu değerler ayrıca kök uzunluk yoğunluğuna da eşittir (cm/cm³)).

Konu	Kök Uzunluğu (m)						Toplam
	0–20 cm	20–40 cm	40–60 cm	60–80 cm	80–100 cm	100–120 cm	
SD1	13,50	6,00	4,12	2,74	2,71	1,55	30,63
SD2	15,23	7,29	2,78	2,21	2,22	2,42	32,15
SD3	13,97	5,98	3,69	1,57	2,31	2,00	29,52
SD4	13,36	6,45	4,27	3,85	2,95	1,59	32,48
SD5	13,36	6,10	4,28	2,43	2,69	1,31	30,17
SD6	9,36	3,96	3,05	2,42	2,14	1,21	22,14

2010 Yılında konuların tamamında Core yöntemi ile elde edilen kök uzunlukları, diğer yıllarda belirlenenlere oranla daha düşük miktarda tespit edilmiştir. En fazla kök uzunluğu 32,48 m ile SD4 konusunda tespit edilmiştir (Çizelge.17). Bunu 32,15 m ile SD2 ve 30,63 m ile SD1 konuları izlemiştir. En düşük kök miktarı 22,14 m ile SD6 konusunda tespit edilmiştir. Toplam kök uzunluğunun toprak derinliğine göre dağılımı, konuların tamamında 2008 ve 2009 yıllarında olduğu gibi derinlik ile ters orantılı olarak değişmiştir (Şekil.31). İlk katman olarak tanımlanan 0-20 cm'lik toprak derinliğinde konuların kök yoğunlukları % 41 ile 47 arasında ölçülmüştür. Bunu % 18 ile 23 arasındaki kök yoğunluğu ile 21-40 cm'lik derinlik izlemiştir. En düşük kök yoğunluğu 2008 ve 2009 da olduğu gibi % 4 ile 8 arasında değişen oranlarla 101-120 cm'ler arasında tespit edilmiştir. Bu yılın verilerine göre etkili kök derinliği SD6 dışında tüm konularda 61-80 cm'ler arasında, SD6 konusunda ise 41-60 cm'ler arasında tespit edilmiştir.



Şekil 31. 2010 Yılında örnekleme yöntemiyle hasat tarihinde kök uzunluklarının derinliklere göre dağılımı.

4.3 Verim Değerleri

4.3.1 Birinci Yıl (2008) Verim Değerleri

Deneme konularından elde edilen verim, konuların sulama düzeyleri ile doğru orantılı olarak değişmiştir. Yapılan istatistik analizinde sulama düzeylerinin dane verimi

üzerine etkisinin istatistiksel olarak %1’lik güven derecesinde önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0,01$). Verim değerleri üzerinden yapılan Duncan gruplandırmasında, araştırma konuları 5 farklı grup oluşturmuştur. SD1 konusu sağlamış olduğu en yüksek verim 675 kg/da ile tek başına 1. Duncan grubunu oluştururken, susuz yetiştirilen SD6 konusu en düşük verim 39 kg/da ile sonuncu grupta yer almıştır (Çizelge 18).

Çizelge 18. 2008 Yılında verim ve sulama suyu arasında varyans analiz sonuçları

Konu	Sulama Suyu (mm)	Dane Verimi kg/da	
		Ort.	Standart hata
SD ₁	511	675 ^A	20
SD ₂	448	404 ^B	28
SD ₃	417	345 ^B	63
SD ₄	267	169 ^C	23
SD ₅	177	86 ^{DC}	27
SD ₆	160	39 ^D	26

Satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0,05$).

Elde edilen verim değerleri ile sulama suyu miktarları arasındaki ilişkiler, minirhizotron yöntemi ile tespit edilen kök uzunluğu, kök yüzey alanı ve hacim miktarları ile sulama suyu miktarları arasındaki ilişkilerle benzerlik taşımaktadır. Buna karşın en yüksek verim SD1 konusunda elde edilmesine rağmen, örnekleme yöntemi kullanılarak sağlanan en yüksek kök uzunluğu, yüzey alanı ve hacmi değerleri SD2 konusunda olmuştur. Diğer konularda elde edilen verim ve kök miktarına ilişkin değerler arasında ki ilişki sulama suyu verim ilişkisine benzer olarak elde edilmiştir.

4.3.2 İkinci Yıl (2009) Verim Değerleri

Proje ikinci yıl uygulaması sonucunda konulardan elde edilen verimler ilk yıl elde edilen verim miktarlarında olduğu gibi sulama düzeyleri ile doğrusala yakın olarak değişmiştir. Sulama düzeyine göre yapılan istatistik analizinde sulama düzeylerinin dane verimi üzerine etkisinin istatistiksel olarak %1’lik güven derecesine göre önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0,01$). Verim değerleri üzerinden yapılan Duncan gruplandırmasında, araştırma konuları 3 farklı grup oluşturmuştur. SD1, SD2, SD3 aynı grup içerisinde yer almış ve en yüksek verim 755 kg/da ile SD1 konusunda elde edilmiştir. En düşük verim ise 66 kg/da ile SD6 alınmıştır (Çizelge 19).

Çizelge 19. 2009 Yılında verim ve sulama suyu arasında varyans analiz sonuçları

Konu	Sulama Suyu, mm	Dane Verimi	
		Kg/da	
		Ort.	Standart hata
SD ₁	292	755 ^A	123
SD ₂	247	705 ^A	52
SD ₃	192	714 ^A	29
SD ₄	136	469 ^B	24
SD ₅	66	251 ^C	73
SD ₆	42	66 ^C	38

Satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0,05$).

4.3.3 Üçüncü Yıl (2010) Verim Değerleri

Diğer yıllarda olduğu gibi, konulardan elde edilen verimler sulama düzeyleri ile doğrusala yakın bir şekilde değişim göstermiştir. Yapılan istatistikî değerlendirmelerde sulama düzeylerinin dane verimi üzerine etkisinin istatistiksel olarak çok önemli olduğu tespit edilmiştir ($P<0,01$). Verim değerleri üzerinden yapılan Duncan gruplandırmasında, araştırma konuları 5 farklı grup oluşturmuştur. En yüksek verim 935 kg/da ile SD1 konusunda elde edilmiştir. En düşük verim ise 241 kg/da ile SD6 alınmıştır (Çizelge 20).

Çizelge 20. 2010 Yılında verim ve sulama suyu arasında varyans analiz sonuçları

Konu	Sulama Suyu, mm	Dane Verimi
		kg/da
		Ort.
SD ₁	494	935 ^A
SD ₂	405	662 ^B
SD ₃	285	478 ^{CD}
SD ₄	197	533 ^C
SD ₅	86	394 ^D
SD ₆	40	241 ^E

Satırda farklı harflerle gösterilen ortalamalar arasındaki fark önemlidir ($P<0,01$).

Konuların tamamında elde edilen verim miktarları önceki yıllara oranla daha yüksektir. Belirtilen durumun, 2010 araştırma yılının Haziran ayı içerisinde düşen yağışların diğer yıllara göre çok fazla olması açıklanması mümkündür. Yağış, özellikle

düşük miktarda su alan konularda su eksikliğinin etkisini azaltarak gelişimin daha iyi olmasını sağlamış ve verimde artışa neden olmuştur.

4.4 Toprak ve Bitkide Ölçülen Azot (N) Değerleri

4.4.1 Birinci Yıl (2008) Azot Ölçüm Değerleri

Bitkiler yüzeyden itibaren etkili kök derinliği boyunca bitki besin maddelerinden yararlanabilmektedir. Bu sebeple bitki besin maddelerinin özellikle azotun profil içerisinde etkili kök bölgesi boyunca hareketi önem kazanmaktadır. Ülkemizde de giderek önem kazanan ve artış gösteren sulu tarım alanlarında, yıkanmanın da devreye girdiği etkili kök bölgesi boyunca meydana gelen NH_4^+ - N ve NO_3^- - N hareketi üzerine yapılmış çok az sayıda çalışma bulunmaktadır (Özçelik 2005).

Yapılan bu çalışmada, yetiştirme dönemi öncesi toprak ve hasat dönemi toprak, biokütle ve toprak altı aksam olmak üzere azot değerleri ölçülmüş ve bitkinin kullandığı nitrat azotu dışında, toprakta kalan, çeşitli sebeplerle topraktan yiten ve yıkanarak profillerden uzaklaşan azot miktarları incelenmiştir. Denemenin ilk yılı olan 2008 yılında hasat öncesi sulama uygulamalarından önce ve hasatta alınan bitki örneklerine azot analizi uygulanmadığından, bitki biokütlesine bağlı azot ve bunun toprakla olan ilişkisi irdelenmeyecektir.

4.4.1.1 Toprakta Azot (N)

Denemenin ilk yılında, yetiştirme öncesi toprakta ne kadar azot olduğunun tespiti için gübreleme sonrasında alınan örneklerden azot tayini yapılmıştır (Çizelge.21). Yapılan analizde hektara düşen kg N miktarlarına bakıldığında, en yüksek miktarın ilk 30 cm'lik toprak profilinde olduğu görülmektedir.

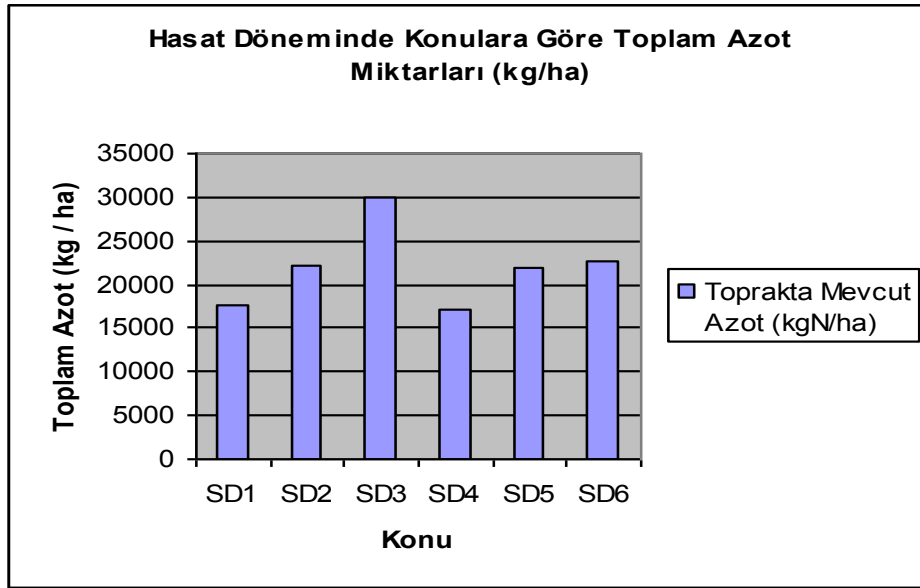
Sezon sonunda hasat bitkilerinden alınan örnekler ve toprak örneklerine azot analizi yapılarak, toprakta kalan azot, bitkinin absorbe ettiği azot ve sulama düzeyine bağlı olarak topraktan yıkanan veya diğer nedenlerle topraktan yiten azot miktarı tespit edilmeye çalışılmıştır (Çizelge.22-23).

Çizelge 21. 2008 yılında yetiştirme dönemi öncesi toprak profillerindeki azot miktarları

Derinlik (cm)	Ölçülen %N	Toprak Hacim Ağr. (gr/cm ³)	Toprakta Mevcut Azot (kgN/ha)
0-30	0,144	1,36	5853,99
30-60	0,036	1,55	1671,22
60-90	0,080	1,55	3710,24
90-120	0,010	1,43	432,22

Hasat döneminde toprakta sulama düzeylerine göre profillerde kalan azot miktarları Çizelge.22 'de verilmiştir. Buna göre sulamaya bağlı olarak üst toprak profillerinden alt derinliklere doğru azot hareketi olduğu görülmektedir. Özellikle en çok su alan SD1 konusunda azot yoğunluğunun 90 cm'lik toprak profilinde toplandığı görülmekte, ayrıca konulara verilen su miktarları azalırken de üst toprak profillerinde toplanan azot miktarlarında artış görülmektedir.

Steward and Erk (1958) toprakta farklı rutubet seviyelerinde nitrat iyonunun hareket derecesini tayin etmek amacıyla yaptıkları bir çalışmada, nem miktarı arttıkça nitratın alt katlara hareketinin de arttığı sonucuna varmışlardır. Özçelik (2005)'in farklı sulama yöntemlerinin topraktaki amonyum ve nitrat azotu kapsamına etkisini araştırdığı çalışmasında ise, etkili kök bölgesinden bitki gelişimi boyunca (0-20) (20-40) (40-60) (60-80) cm derinliklerden alınan örnekler analize tabi tutulmuş, deneme parsellerindeki amonyum ve nitrat varlığı takip edilmiştir. Uygulanan sulama yöntemlerinin kök bölgesindeki amonyum ve nitrat hareketine etkisinin önemli olmadığı sonucuna varılmış; ancak en çok azot kaybının ekimden sonraki ilk sulamalarda meydana geldiği görülmüştür.



Şekil 32. 2008 Yılı hasat döneminde sulama düzeylerine bağlı olarak toprakta tespit edilen toplam azot miktarları(kg/ha).

Hasatta toprak profillerinde tespit edilen toplam azot miktarlarında en yüksek değer; tarla kapasitesinin %60'ı kadar su alan SD3 konusunda olduğu görülmektedir. Bunun sebebi, en yüksek sulamaya maruz kalan SD1 konusunda en fazla yıkanma ile azot kaybının olması ve SD2 konusunda ise yıkanma ile kayıpların yanı sıra bitki alımları ile de azot kayıplarının olması sebebiyle toprakta kalan azot miktarının düşük olması; ancak daha az su alan SD3 konusunda, hem yıkanma ile hem de bitki alımları ile kayıpların az olmasıdır. Az su alan ve hiç su almayan konularda kalan azot miktarlarına bakacak olursak değerlerin yükselme eğiliminde olduğu görülmektedir. Bu durum sulama ile toprağa yeterince karışamayan nitratın bitki tarafından da yeterince alınamaması, ancak buharlaşma ile kayıpların meydana gelebileceği şeklinde açıklanabilir. 2008 yılı yetiştirme dönemi yağışlar açısından diğer yıllara kıyasla kurak bir dönemdir; bu sebeple toprakta nitrat yıkanması neredeyse hiç gerçekleşmemiş, su alan konularda meydana gelen yıkanma ve alımlar daha bariz bir şekilde tespit edilmiştir.

Çizelge 22. 2008 yılında yetiştirme sezonu sonunda konulara göre toprak profilindeki azot miktarları

Konu	Derinlik (cm)	Ölçülen %N	Toprak Hacim Ağr. (gr/cm ³)	Toprakta Mevcut Azot (kgN/ha)
SD1	0-30	0,10	1,36	4196,14
	30-60	0,08	1,55	3711,63
	60-90	0,13	1,55	6098,79
	90-120	0,08	1,43	3493,78
SD2	0-30	0,12	1,36	5003,94
	30-60	0,15	1,55	6902,82
	60-90	0,13	1,55	5879,05
	90-120	0,10	1,43	4343,10
SD3	0-30	0,22	1,36	9042,30
	30-60	0,16	1,55	7277,48
	60-90	0,19	1,55	8688,63
	90-120	0,12	1,43	5058,91
SD4	0-30	0,07	1,36	2763,16
	30-60	0,13	1,55	5966,11
	60-90	0,08	1,55	3900,81
	90-120	0,11	1,43	4535,89
SD5	0-30	0,17	1,36	7078,94
	30-60	0,10	1,55	4790,28
	60-90	0,09	1,55	4414,79
	90-120	0,13	1,43	5740,59
SD6	0-30	0,14	1,36	5753,51
	30-60	0,11	1,55	5300,19
	60-90	0,10	1,55	4802,62
	90-120	0,16	1,43	6901,32

4.4.1.2 Bitkide Azot (N)

Denemenin ilk yılı olan 2008 yılında, hasat öncesi sulama uygulamalarından önce ve hasatta alınan bitki örneklerine azot analizi yapılmamıştır.

4.4.1.2.1 Kök Azot (N) Ölçümlerinden Elde Edilen Sonuçlar

2008 yılında hasatta toprak core yöntemiyle elde edilen kök örneklerinden alınan azot miktarları, (Çizelge 23)'de verilmiştir. Aynı kök örneklerinin ağırlık ve derinliklerine bağlı dağılımları ve cihaz arızası nedeniyle hasat minirhizotron görüntü analizleri bulunmadığından örneklerin azot sonuçları, core yöntemine göre elde edilen uzunlukları ile birlikte verilmiştir.

Çizelge 23. 2008 Yılı hasadında konulara göre bitki kök uzunlukları ve azot miktarları

Sulama Konusu	Kök Uzunluğu (m)	Profilde Kök Yoğunluğu (cm/cm ³)	Kökte %N	gr N/m kök
SD1	73,82	6,15	1,46	1,11
SD2	84,86	7,07	1,94	1,64
SD3	58,84	4,90	2,09	1,23
SD4	49,13	4,09	2,11	0,99
SD5	46,32	3,86	1,94	0,90
SD6	41,73	3,48	2,18	0,91

Denemenin ilk yılında hasat döneminde alınan kök örneklerinde tespit edilen azot miktarlarına göre profil kök yoğunluğunun en fazla olduğu SD2 konusunda gr N/m kök miktarı da en yüksek değerini almıştır. Bunu SD1 ve SD3 konuları takip ederken, sulama seviyesinin azalmasıyla, cm kök /cm³ toprak yoğunluğunda da azalma meydana gelmektedir.

4.4.2 İkinci Yıl (2009) Azot Ölçüm Değerleri

Denemenin ikinci yılında da aynı şekilde yetiştirme dönemi öncesi topraktan ve hasat döneminde de sulama konularına göre toprak profillerinden, bitki ve kök örneklerinden azot ölçümü alınmıştır.

4.4.2.1 Toprakta Azot (N)

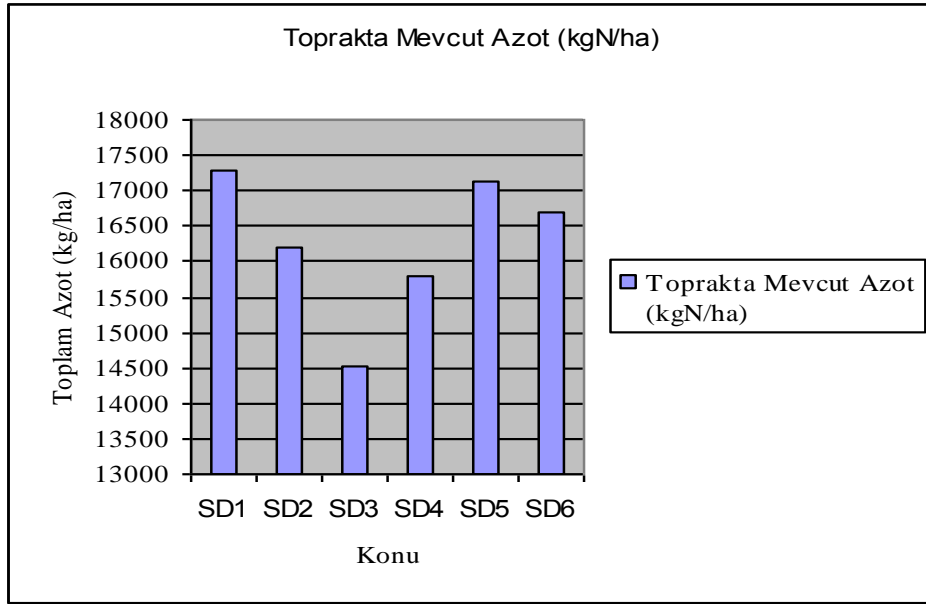
Denemenin ikinci yılında yetiştirme dönemi öncesi toprakta mevcut olan azot miktarları, Çizelge.24'te verilmiştir.

2009 yılının 2008 yılına kıyasla daha fazla yağış alması sebebiyle yetiştirme dönemi öncesi toprak profilinde en yüksek azot birikimi, 2008 yılı değerlerinin aksine üst toprak profilleri yerine 60-90 cm'lik toprak profilinde tespit edilmiştir. Devamında denemenin ilk yılında olduğu gibi 90 cm'lik derinlikten sonra azot miktarı en düşük değerini almıştır.

Çizelge 24. 2009 yılı yetiştirme dönemi öncesi azot değerleri

Derinlik (cm)	Ölçülen %N	Toprak Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	Toprakta Mevcut Azot (kgN/ha)
0-30	0,127	1,36	5173,44
30-60	0,118	1,55	5463,75
60-90	0,147	1,55	6821,55
90-120	0,097	1,43	4157,01

2009 Yılı hasat döneminde konulara göre toprak profillerindeki azot dağılımları, Çizelge 25'te verilmiştir. İlk yılın aksine SD3 konusu en az azot konsantrasyonuna sahip konu olmuş, en yüksek azot konsantrasyonu ise SD1 konusunda meydana gelmiştir. Bunun sebebi 2009 yılında uygulanan sulama suyu miktarının diğer yıllara oranla düşük olmasıdır.



Şekil 33. 2009 Yılı hasat döneminde sulama düzeylerine bağlı olarak toprakta tespit edilen toplam azot miktarları(kg/ha).

2009 yılında uygulanan sulama suyu miktarının azlığı SD1 ve SD2 gibi konularda yıkanmayı engellemiştir. Öte yandan sulama suyunun düşük olduğu konularda ise azotun su azlığı nedeni ile toprağa karışımı gerçekleşmediğinden bitki tarafından alınamamıştır.

Çizelge 25. 2009 yılında yetiştirme sezonu sonunda konulara göre toprak profilindeki azot miktarları

Konu	Derinlik (cm)	Ölçülen %N	Toprak Hacim Ağr. (gr/cm ³)	Toprakta Mevcut Azot (kgN/ha)
SD1	0-30	0,10	1,36	4006,56
	30-60	0,10	1,55	4859,25
	60-90	0,10	1,55	4450,05
	90-120	0,09	1,43	3981,12
SD2	0-30	0,10	1,36	3949,44
	30-60	0,10	1,55	4696,50
	60-90	0,09	1,55	3980,40
	90-120	0,08	1,43	3569,28
SD3	0-30	0,08	1,36	3394,56
	30-60	0,09	1,55	4017,60
	60-90	0,09	1,55	4189,65
	90-120	0,07	1,43	2917,20
SD4	0-30	0,10	1,36	3965,76
	30-60	0,10	1,55	4738,35
	60-90	0,10	1,55	4417,50
	90-120	0,06	1,43	2664,09
SD5	0-30	0,12	1,36	4912,32
	30-60	0,11	1,55	4989,45
	60-90	0,10	1,55	4719,75
	90-120	0,06	1,43	2518,23
SD6	0-30	0,12	1,36	4696,08
	30-60	0,09	1,55	4403,55
	60-90	0,09	1,55	4371,00
	90-120	0,07	1,43	3213,21

4.4.2.2 Bitkide Azot (N)

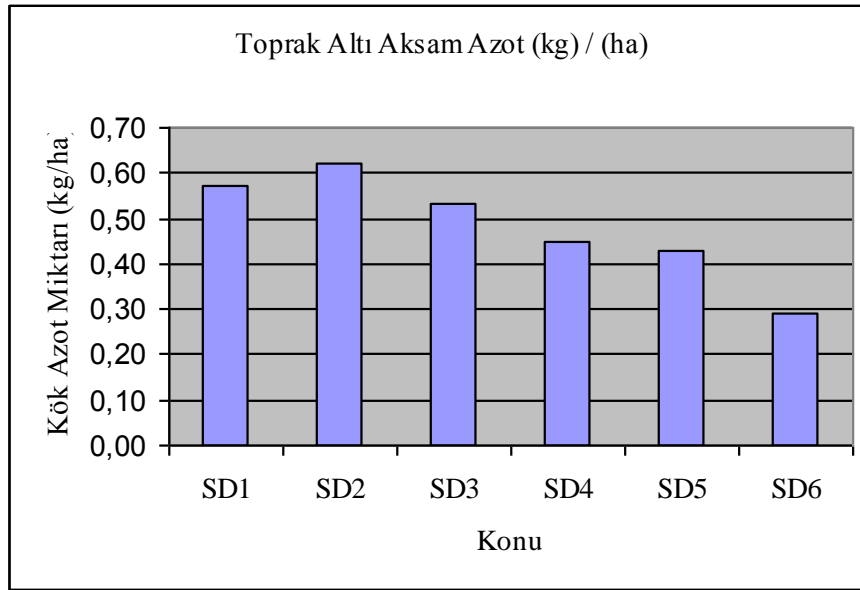
4.4.2.2.1 Kök Azot (N) Ölçümlerinden Elde Edilen Sonuçlar

Denemenin ikinci yılında, hasatta toprak core yöntemiyle alınan kök örneklerinin uzunluk ve ağırlık değerleriyle, konulara göre toplam azot miktarları, Çizelge 26'de verilmiştir.

Çizelge 26. 2009 yılı hasadında elde edilen kök örneklerinin uzunluk-ağırlık ve toplam azot miktarları

Sulama Konusu	Kök Uzunluğu (m)	Profilde Kök Yoğunluğu (cm/cm ³)	mg Azot/m Kök	Kök Ağr.. (gr)	Köklerde Tespit Edilen Azot Miktarı (kg/ha)
SD1	56,09	4,67	0,140	0,51	0,57
SD2	57,20	4,76	0,150	0,51	0,62
SD3	46,50	3,87	0,160	0,44	0,53
SD4	42,04	3,50	0,150	0,40	0,45
SD5	41,86	3,48	0,140	0,32	0,43
SD6	39,98	3,35	0,100	0,20	0,29

Konulara göre kök yoğunlukları ve köklerin içerdikleri azot miktarları paralel değişim gösterilmiştir. En yoğun kök gelişimi meydana getiren SD2 konusu aynı zamanda en fazla azot içeren konu olmuştur. Bunu sırasıyla SD1 ve SD3 izlemiştir.



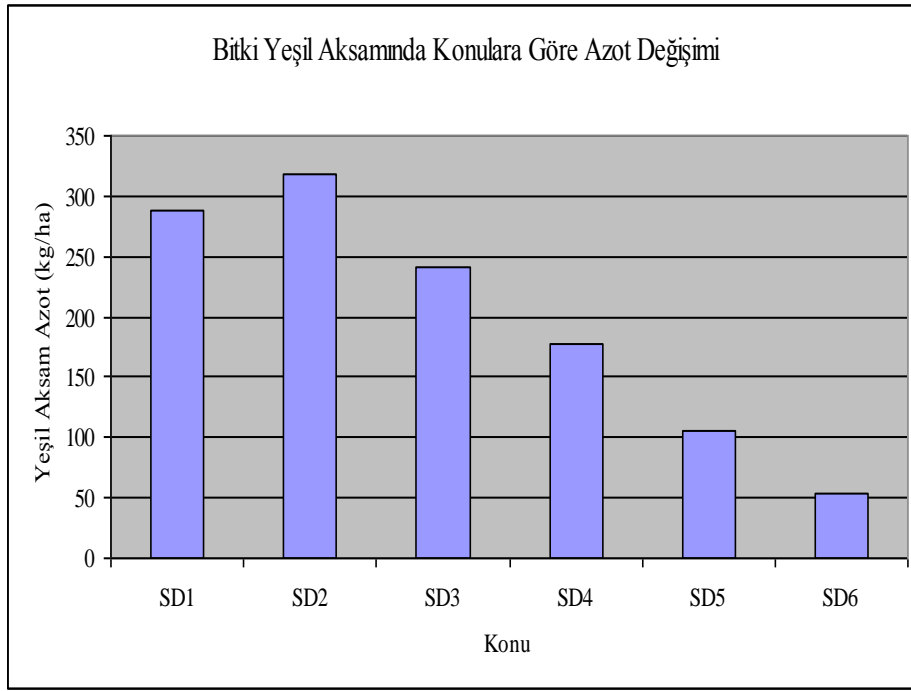
Şekil 34. 2009 Yılı hasadında elde edilen kök örneklerinin toplam azot miktarları

4.4.2.2 Bitki Yeşil Aksam Azot (N) Ölçümlerinden Elde Edilen Sonuçlar

Denemenin ikinci yılında hasat edilen bitkilerden alınan örneklerden elde edilen azot değerleri, Çizelge 27’de verilmiştir. Buna göre toplam biokütle ağırlığı ve azot konsantrasyonu olarak en yüksek değer 317,48 kg/ha ile SD2 konusunda ölçülmüş, bunu 287,32 kg/ha ile SD1 ve 241,73 kg/ha ile SD3 konuları izlemiştir. Sulama öncesi toprakta eksik nem kadar sulama suyunun uygulandığı SD1 konusunda biokütle gelişimi SD2’ye oranla daha düşük tespit edilmiştir. Benzer olarak toplam azot konsantrasyonu da SD2’de daha yüksek bulunmuştur. Sulama suyunun diğer konulara göre daha fazla olduğu bu konular arasında azot konsantrasyonları arasındaki farklılığın sulama suyu ile yıkanmadan kaynaklandığı düşünülmektedir. SD3’ten itibaren diğer konularda azot konsantrasyonu vsulama düzeyi işle doğru orantılı olarak azalmıştır. Sulama suyu miktarının azalması bitkinin kullandığı azot miktarının da azaltmıştır. Sonuçlara göre en düşük biokütle ve azot konsantrasyonu ise 53,2 kg/ha ile hiç su almayan SD6 konusunda tespit edilmiştir.

Çizelge 27. 2009 yılında hasat edilen bitkilerin konulara göre kuru ağırlık ve azot miktarları

Sulama Konusu	Bitki Kuru Ağır. (gr)	Hektarda Bitki Sayısı (adet)	Azot (gr) /Bitki	Biokütle (kg / ha)	Toprak Üstü Aksam Azot (kg/ ha)
SD1	262,91	71429	4,03	18779	287,32
SD2	281,31	71429	4,44	20094	317,48
SD3	243,47	71429	3,39	17391	241,73
SD4	146,33	71429	2,48	10452	177,69
SD5	106,96	71429	1,47	7640	105,43
SD6	77,58	71429	0,75	5541	53,20



Şekil 35. 2009 Yılı hasadında bitki yeşil aksamında konulara göre azot değişimi

4.4.3 Üçüncü Yıl (2010) Azot Ölçüm Değerleri

Denemenin üçüncü yılında da öncelikle yetiştirme dönemi öncesi toprakta var olan azot değerleri 0-120 cm toprak profiline göre tespit edilmiştir. Hasat sonrasında ise topraktan çeşitli yollarla yitilen azot miktarının tespiti için sulama konularına göre yine 0-120 cm toprak profilinden olacak şekilde toprak örnekleri alınarak analiz edilmiştir.

Verilen sulama suyu miktarlarına göre bitkinin topraktan alabildiği azot, topraktan çeşitli nedenlerle yitirilen ve bitki bünyesinde kalan azot miktarlarının karşılaştırılması yapılmıştır.

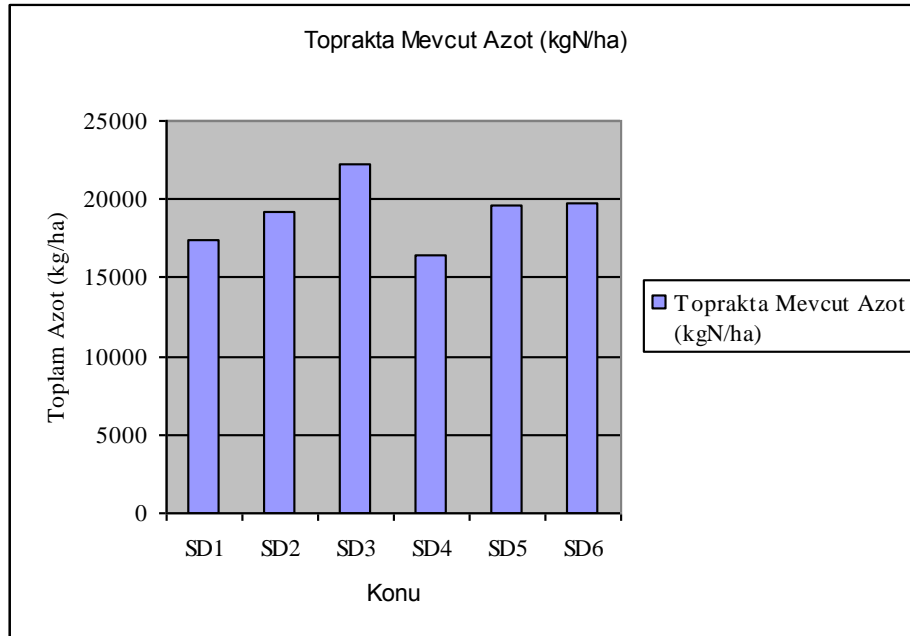
4.4.3.1 Toprakta Azot (N)

Denemenin üçüncü yılında, yetiştirme dönemi öncesi toprakta mevcut olan azot miktarları (Çizelge 28) ve hasat sonrası konulara göre dağılımları, (Çizelge 29)'da toprak profillerine göre verilmiştir.

Çizelge 28. 2010 Deneme öncesi toprak % azot (N) değerleri

Derinlik (cm)	Ölçülen %N	Toprak Hacim Ağırlığı (gr/cm ³)	Toprakta Mevcut Azot (kgN/ha)
0-30	0,135	1,36	5514,12
30-60	0,077	1,55	3568,88
60-90	0,113	1,55	5266,13
90-120	0,054	1,43	2295,15

Çizelge 29'a göre denemenin üçüncü yılında yetiştirme dönemi öncesi toprakta tespit edilen azot dağılımı, denemenin ilk yılında olduğu gibi en yüksek değeri ilk 30 cm'lik toprak profilinde almış, daha sonra azalmış ancak 90 cm'lik katmana doğru ilerlendiğinde yine 2008 yılında olduğu gibi bir birikme meydana gelmiş, devamında ise alt profillede azalma gözlemlenmiştir. Bu dalgalanma denemenin ikinci yılında, daha önce de belirtildiği gibi mevsim yağışlarının etkisi ile farklı bir eğri çizerek ilk 30 cm'lik profilde en düşük azot değerini almış, en yüksek yoğunluğa diğer yıllara benzer şekilde 90 cm'e yaklaşan toprak derinliğinde ulaşmıştır. Bu miktarın nitrat azotu formunda olduğu düşünülmektedir zira Kaçar (1984)'e göre topraktan yıkanan azot miktarına; toprak, iklim, bitki gibi çeşitli faktörler etki etmektedir. Yıkanan azotun %99'unun NO₃⁻ formunda; geriye kalan azotun ise %1'den azı amonyum halinde ve nitritin de eser miktarda olduğu görülmüştür.



Şekil 36. 2010 Yılı hasat döneminde sulama düzeylerine bağlı olarak toprakta tespit edilen toplam azot miktarları(kg/ha).

Çizelge 29. 2010 Yılında yetiştirme sezonu sonunda konulara göre toprak profilindeki azot miktarları

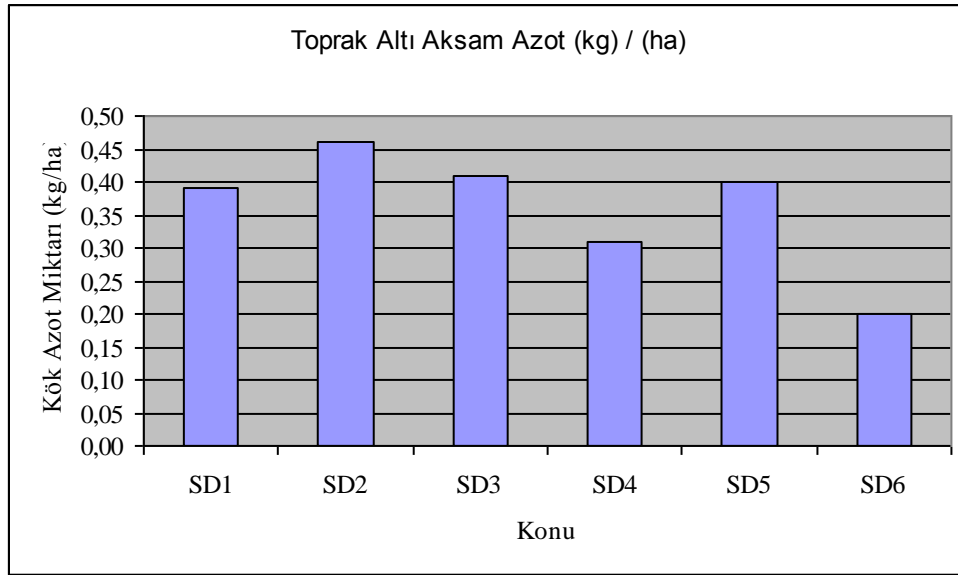
Konu	Derinlik (cm)	Ölçülen %N	Toprak Hacim Ağırl. (gr/cm ³)	Toprakta Mevcut Azot (kgN/ha)
SD1	0-30	0,10	1,36	4100,40
	30-60	0,09	1,55	4284,98
	60-90	0,11	1,55	5275,43
	90-120	0,09	1,43	3736,59
SD2	0-30	0,11	1,36	4475,76
	30-60	0,12	1,55	5798,55
	60-90	0,11	1,55	4929,00
	90-120	0,09	1,43	3955,38
SD3	0-30	0,15	1,36	6217,92
	30-60	0,12	1,55	5647,43
	60-90	0,14	1,55	6440,25
	90-120	0,09	1,43	3987,56
SD4	0-30	0,08	1,36	3363,96
	30-60	0,12	1,55	5352,15
	60-90	0,09	1,55	4159,43
	90-120	0,08	1,43	3599,31
SD5	0-30	0,15	1,36	5995,56
	30-60	0,11	1,55	4889,48
	60-90	0,10	1,55	4566,30
	90-120	0,10	1,43	4129,13
SD6	0-30	0,13	1,36	5224,44
	30-60	0,10	1,55	4852,28
	60-90	0,10	1,55	4587,23
	90-120	0,12	1,43	5057,91

4.4.3.2 Bitkide Azot (N)**4.4.3.2.1 Kök Azot (N) Ölçümlerinden Elde Edilen Sonuçlar**

Denemenin ikinci ve üçüncü yılında köklerde azot yoğunluğu, SD2 konusunda en yüksek değerde bulunmuştur. 2009 yılında bu değer, hektara 0,62 kg; 2010 yılında ise 0,46 kg olmuştur. En düşük azot konsantrasyonu ise bitki yeşil aksam değerlerinde olduğu gibi SD6 konusunda ölçülmüştür. Ancak 2009 ve 2010 yılında konularda tespit edilen azot yoğunlukları farklılık göstermiştir.. 2009 yılında 0,57 kg/ha ile SD1 konusu en yüksek azot yoğunluğuna sahip ikinci konudur; ancak 2010 yılında 0,39 kg/ha ile SD1'in azot yoğunluğu, SD2, SD3 ve SD5 konularından düşük değerde bulunmuştur. Bulunan değerler uygulanan sulama suyu miktarı ile doğrudan ilişkilidir. 2010 yılı kök uzunluk ve ağırlık değerlerine de bakılacak olursa, kök gelişiminde diğer yıllara kıyasla tüm konularda yeknesak bir azalma olduğu görülecektir. Bunun da etkisiyle en çok sulama suyuna tabi tutulan SD1 konusunun kök gelişiminin azaldığı ve dolayısıyla absorbe edilen azot miktarında da düşüş olduğu sonucuna varılabilir.

Çizelge 30. 2010 yılı hasadında alınan kök örneklerinin uzunluk –ağırlık ve içerdikleri azot miktarları.

Sulama Konusu	Kök Uzunluğu (m)	Profilde Kök Yoğunluğu (cm/cm ³)	mg Azot/m Kök	Kök Agr. (gr)	Toprak Altı Aksam Azot (kg) / (ha)
SD1	30,61	2,55	0,227	0,45	0,39
SD2	32,16	2,68	0,362	0,53	0,46
SD3	29,52	2,46	0,344	0,51	0,41
SD4	32,47	2,71	0,223	0,43	0,31
SD5	30,18	2,52	0,288	0,46	0,40
SD6	22,14	1,85	0,271	0,35	0,20



Şekil 37. 2010 Yılı hasadında elde edilen kök örneklerinin toplam azot miktarları

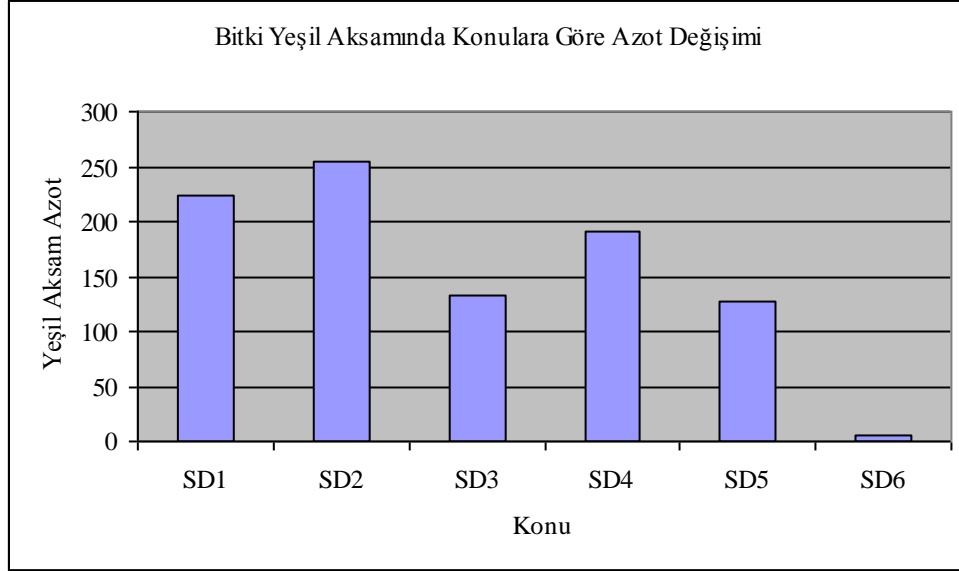
4.4.3.2.2 Bitki Yeşil Aksam Azot (N) Ölçümlerinden Elde Edilen Sonuçlar

Üç yılın hasat edilen bitkilerinden elde edilen azot değerleri ve sulama konularına göre değişimleri Çizelge 31’de verilmiştir.

Çizelge 31. 2010 yılı hasadında alınan örnek bitkilerin biokütle ağırlıkları (gr) ve bitki örneklerinden elde edilen azot değerleri

Sulama Konusu	Bitki Kuru Ağır. (gr)	Hektarda Bitki Sayısı (adet)	Azot (gr) / Bitki	Biokütle (kg) / ha	Toprak Üstü Aksam Azot (kg/ ha)
SD1	369,46	53321	4,19	19700	223,20
SD2	364,65	36735	6,92	13395	254,38
SD3	322,69	30921	4,32	9978	133,50
SD4	304,60	42877	4,46	13060	191,07
SD5	167,16	44764	2,83	7483	126,53
SD6	201,53	25026	1,98	5043	4,94

Deneme yıllarına göre hasatta alınan bitkilerin içerdikleri azot miktarları ve konulara göre değişimi, Çizelge 31’de verilmiştir. Her iki yılda da yeşil aksam değerlerinde en yüksek yoğunlaşma, hektara 317,48 ve 254,38 kg ile SD2 konusunda tespit edilmiştir. Bunu her iki yılda da 278,32 ve 223,10 kg ile SD1 konusu izlemektedir. Her iki yılda da SD6 konusu yeşil aksam azot konsantrasyonu en düşük olan konu olmuştur.



Şekil 38. 2010 Yılı hasadında bitki yeşil aksamında konulara göre azot değişimi

4.4.4. Bitki ve Toprak Bünyesindeki Azot Oranlarının Yıllara Göre Karşılaştırılması

Denemenin ikinci ve üçüncü yıllarında hasat döneminde bitki ve toprak profillerinde tespit edilen azot konsantrasyonları Çizelge 32. ve Çizelge 33.’de verilmiştir. Her iki yılda da SD2 konusunun biyomasa ve kök aksamında barındırdığı azot miktarları konular arası en yüksek değeri almış, bunu SD1 konusu takip etmiştir. En düşük azot konsantrasyonu ise her iki yılda SD6 konusunda meydana gelmiştir. SD3 konusu ikinci yılda SD1 ve SD2 konularından sonra en yüksek değeri almış ancak 2010 yılında toprakta tespit edilen azot miktarı, konular arası en yüksek değeri alırken, yeşil aksam ve kök değerleri ortalama değerinde SD4’ten oldukça düşük bir değer almıştır (Şekil 39.).

Çizelge 32. 2009 yılı hasadında bitki ve toprakta ölçülen ortalama azot konsantrasyonları

Sulama Konusu	Toprak Üstü Aksam Azot (kg/ ha)	Toprak Altı Aksam Azot (kg) / (ha)	Bitki Azot Konsantrasyonu (kg/ha)	Toprakta Mevcut Azot (kgN/ha)
SD1	287,32	0,57	287,89	17296,98
SD2	317,48	0,62	318,10	16195,62
SD3	241,73	0,53	242,26	14519,01
SD4	177,69	0,45	178,14	15785,70
SD5	105,43	0,43	105,86	17139,75
SD6	53,20	0,29	53,49	16683,84

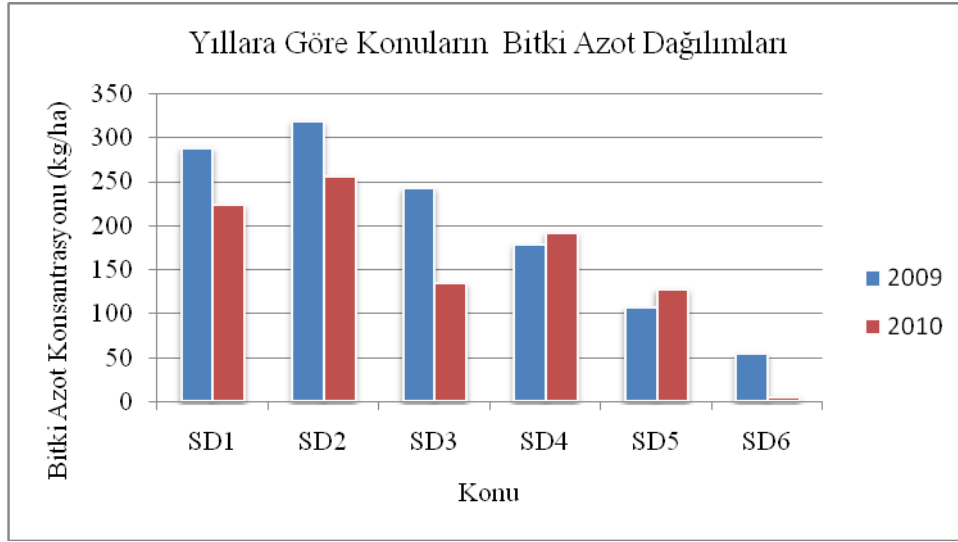
Çizelge 33. 2010 yılı hasadında bitki ve toprakta ölçülen ortalama azot konsantrasyonları

Sulama Konusu	Toprak Üstü Aksam Azot (kg/ ha)	Toprak Altı Aksam Azot (kg) / (ha)	Bitki Azot Konsantrasyonu (kg/ha)	Toprakta Mevcut Azot (kgN/ha)
SD1	223,20	0,39	223,59	17397,4
SD2	254,38	0,46	254,84	19158,69
SD3	133,50	0,41	133,91	22293,16
SD4	191,07	0,31	191,38	16474,85
SD5	126,53	0,40	126,93	19580,47
SD6	4,94	0,20	5,14	19721,86

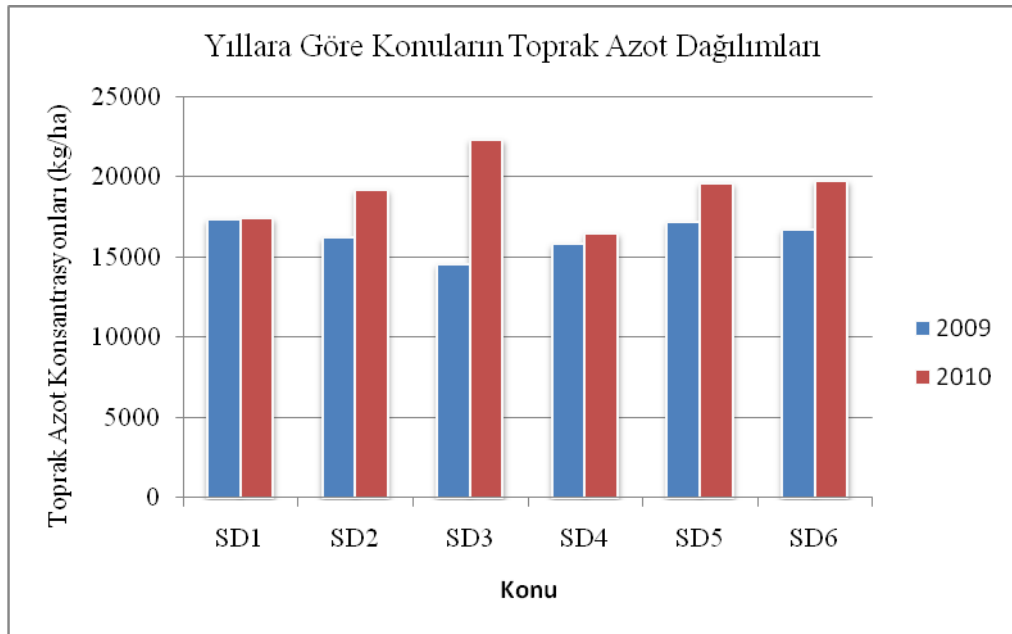
2009 ve 2010 yılları hasat döneminde toprak profillerinde kalan toplam azot konsantrasyonlarının konulara göre dağılımı Şekil 40.'ta görülmektedir. Toprakta kalan miktarlar iki yıl için kıyaslandığında SD1 konusu yeknesak bir oran izlemiştir. Ancak 2010 yılı miktarlarına göre 2009 oranları her sulama konusunda genel bir azalış göstermiştir. Toplamda bakıldığında 2010 yılında toprakta kalan azot miktarları, yağışlı geçen 2009 yılına göre daha fazladır.

2010 yılında ise göze çarpan bir diğer farklılık SD3 konusunun toprakta en yüksek azot konsantrasyonunu sağlamasıdır. Bu yılda, SD3 konusunun toprakta kalan azot konsantrasyonunun oldukça yüksek olmasına karşılık, bitki yeşil aksam ve kök azot

konsantrasyonu oldukça düşüktür. Bunun sebebi, çok su alan konulardaki yıkanmanın SD3 konusunu etkilemeyip, toprakta kalan azot oranında artışa sebep olurken, hiç su almayan konulardaki toprağa su ile karışmayan azotun havaya karışarak meydana gelen kayıplara da daha az maruz kalması ancak yine SD1 ve SD2 konuları kadar su alamayan bitkilerin toprağa karışmış olan nitrat azotundan yeterince faydalanamaması olarak yorumlanabilir.

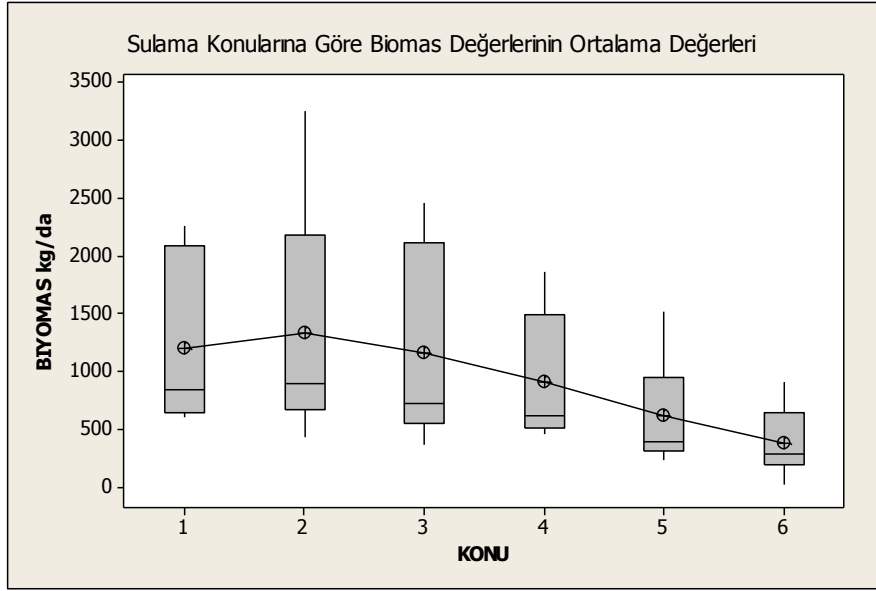


Şekil 39. Biomas ve kök azot değerlerinin yıllara göre karşılaştırılması.

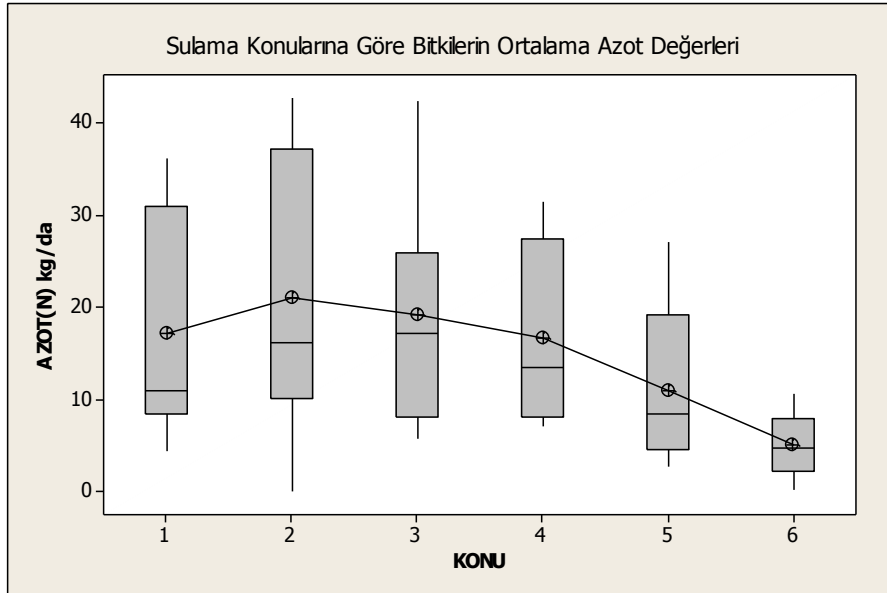


Şekil 40. Toprak Azot değerlerinin yıllara göre karşılaştırılması.

Denemenin 2008–2009–2010 yıllarında elde edilen toprak, bitki yeşil aksam ve kök örneklerinden ölçülen azot(N) değerleri arasında yapılan karşılaştırmalarda; Pearson Korelasyon işlemine göre, bitki biokütle ve ölçülen azot miktarları arasında $P=0,000$ 'lık güven değeri ile %94,3'lük korelasyon ilişkisi olduğu tespit edilmiştir (Şekil 40.- 41).



Şekil 41. Üç deneme yılında biokütle ağırlıklarına göre sulama konularının karşılaştırılması.



Şekil 42. Üç deneme yılında bitkilerin içerdiği toplam azot değerlerinin konulara göre karşılaştırılması.

BÖLÜM 5**5. SONUÇ VE ÖNERİLER**

Yapılan araştırma sonucunda, farklı yağmurlama düzeylerinin mısır bitkisi kök gelişimi ve azot alımı üzerinde etkili olduğu görülmüştür.

Ayrıca toprakta en fazla azot kaybının en fazla sulama suyu uygulaması ile meydana geldiği görülmüştür.

Yapılan çalışmalarda, üç yılda da sulama konuları arasında en yüksek kök gelişiminin SD1 ve SD2 konularında, en yüksek verimin ise SD1 konusunda olduğu görülmüştür. SD1 ve SD2 konuları dışında kalan konularda tespit edilen kök uzunlukları, uygulanan sulama suyuyla birlikte doğru orantılı olarak değişim göstermiştir.

Toprak core yönteminin uygulandığı analizlerde en yüksek kök yoğunluğu, 0-20 cm toprak profilinde iken, minirhizotron yönteminin uygulandığı ölçüm sonuçlarında en yüksek kök yoğunluğu, 34-69 cm (4.-5. derinlikler) toprak profilinde elde edilmiştir. Fakat sulama miktarlarına göre kök dağılımları iki yöntemde birbiri ile örtüşmektedir. Bunun sebebi, toprak core yönteminde, bitkinin gövde izdüşümüne en yakın kök bölgesinden hacimsel toprak örnekleri alınırken, minirhizotron görüntülerinin bitki sap kısmının bittiği yere noktasal olarak konumlanmaması ve hacimsel değerler yerine toprak profillerine göre kök yoğunluklarını göstermesidir.

Tespit edilen toplam kök uzunluklarının konulara göre % 79-87'si 0-60 cm toprak profilinde olduğu; köklerde en yüksek azot birikiminin ise 0-30 cm'deki kök bölgesinde olduğu belirlenmiştir. Verilen su miktarları tarla kapasitesine yaklaştıkça, toprak üst katmanlarında yıkanma ve bitki alımı sebebiyle azot yitiminin meydana geldiği; az su alan konularda ise üst toprak katmanlarında azot yitiminin oldukça azaldığı görülmektedir.

KAYNAKLAR:

- Busscher W.J., 1976. A simulation of water flow to and through a growing root system. PhD Dissertation (Doktora Tezi). Pennsylvania State University, USA .
- Bouyoucos, G.S., 1951. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soils. *Aron. J.*, 43: 434-448.
- Box JE Jr. 1996. Modern Methods of Root Investigations (2nd ed.). In: Waisel Y, Eshel A, Kafkafi U, eds. *Plant Roots: The Hidden Half*. New York; Marcel Dekker, pp: 193–237.
- Coleman M.D., Dickson R.E. ve Isebrands J.G., 2000. Contrasting Fine Root Production, Survival and Soil CO₂ Efflux in Pine and Poplar Plantations. *Plant Soil*, 225: 129-139.
- Dardanel J., Bachmeier D., Sereno R. ve Gil, R., 1997. Rooting Depth and Soil Water Extraction Pattern of Different Crops in Silty Loam Haplustalf. *Field Crop Research*, 54: 29-38.
- Entz M.H., Gross, K.G. ve Fowler, D.B., 1992. Root growth and soil water extraction by winter and spring wheat. *Canadian Journal of Plant Science*, 72 (4): 1109-1120.
- Erol O., 1992. Çanakkale yöresinin jeomorfolojik ve neotektonik evrimi. *TPJD Bülteni*, 4 (1): 147-165.
- Gerloff, G.C., 1987. Intact-plant screening for tolerance of nutrient-deficiency stress. *Plant and Soil*, 99 (1): 3-16.
- Bayram G., Türk M., Budaklı E. ve Çelik N., 2004. Azot, Fosfor, Potasyum ve Çinko Eksikliklerinin Mısır Bitkisinin Kök ve Gövde Gelişimi Üzerine Etkileri. *Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 18(33): 23-27
- Gooderham PT., 1969. A Simple Method for the Extraction and Preservation of an Undisturbed Root System from a Soil. *Plant Soil*, 31: 201–204.
- Gregory P.J., 2006. *Plant Roots Growth, Activity and Interaction with Soils*. Blackwell Publishing Ltd, 9600 Garsington Road, Oxford OX4 2DQ, UK. 318 p.
- Gül İ., Yıldırım M., Akıncı C., Daran İ. ve Kılıç H., 2008. Response of Silage Maize

- (*Zea Mays* L.) to Nitrogen Fertilizer After Different Crops in a Semi Arid Environment. *Turk J. Agrig For.*, 32: 513-520.
- Havlin J.L., Beaton J.D., Tisdale S.L. ve Nelson W.L., 1993. Soil Fertility and Fertilizens; an Introduction to Nutrient Management. Prentice Hall Inc. Upper Saddle River, NJ. Chapter 1. *Soil Fertility Past and Present*, p. 1-13.
- Havlin L.J., Beaton D.J., Tisdale L.S. ve Nelson L.W., 1999. *Toprak Verimliliği ve Gübreler*. (Çeviren: Nuri Güzel, Kemal Gülüt, Gökhan Büyük), Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Toprak Bölümü, Ziraat Fakültesi Yayın No:246, Ders Kitabı No: A-80, Adana; 654 s.
- Hendrick R.L. ve Pregitzer K.S., 1992a. Spatial Variation in Tree Root Distribution and Growth Associated with Minirhizotrons. *Plant Soil*, 143: 283–288.
- Hendrick R.L. ve Pregitzen K.S., 1992b. The Demography of Fine Roots in Northern Handwood Forest. *Ecology*, 73: 1094- 1104.
- Hendrick R.L. ve Pregitzen K.S., 1996. Applications of Minirhizotrons to Understand Root Function in Forests and Other Natural Ecosystems. *Plant Soil*, 185:293–304.
- Hızalan, E. ve Ünal M., 1969. *Topraklarda Önemli Kimyasal Analizler*. Ankara Üniversitesi Yayınları, No: 278 Ankara, s. 885.
- Hiltner L., 1904. Über neuere Erfahrungen und Probleme auf dem Gebiete der Bodenbakteriologie unter beson-derer Berücksichtigung der Gründüngung und Brache. *Arbeiten der Deutschen Landwirtschaftlichen Gesellschaft*, 98: 59–78.
- Huang B., 1999. Water relations and root activities of *Buchloe dactyloides* and *Zoyria japonica* in response to localized soil drying. *Plant and Soil*, 208: 179-186.
- Jaafar M., Stone L. ve Goodrum D., 1993. Rooting Depth and Dry Matter Development of Sunflower. *Agronomy Journal*, 85 (2): 281-286.
- Jiu-Sheng L., Hong-yan J.I., Bei L.I. ve Yu-chun L.I.U., 2007. Wetting Patterns and Nitrate Distributions in Layered-Textural Soils under Drip Irrigation. *Agricultural Sciences in China*, 6 (8): 970–980.
- Johnson M.G., Tingey D.T., Phillips D.L. ve Storm M.J., 2001. Advancing Fine Root Research with Minirhizotrons. *Environment Exp. Bot.*, 45: 263- 289.
- Jose S., Gillespie A., Seifert J. ve Pope P., 2001. Comparison of Minirhizotron and Soil

- Core Methods for Quantifying Root Biomass in Temperate Alley Cropping System. *Agroforestry Systems*, 52 (2): 161-168.
- Kacar B., 1984. Bitki besleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yay. No: 899 Ders Kitabı 250. Ankara. Soil Sci. Soc. Am. J. 43: 359-363.
- Kang S. ve Zhang J., 2004. Controlled Alternate Partial Root-Zone Irrigation: Its Physiological Consequences and Impact on Water Use Efficiency. *Journal of Experimental Botany*, 55: 2437–2446.
- Kirsten W., 1983. *Organic elemental analysis: Ultramicro, micro, and trace methods*. Academic Press-Harcourt Brace Jovanovich, New York, 146 p.
- Klepper B. ve Taylor H.M., 1979. Limitations to Current Models Describing Water Uptake by Plant Root Systems. *The Soil-Root Interface* / edited by Harley J.L., Russell R.S. London ; New York : Published under the aegis of the New phytologist by Academic Press, p. 53-65.
- Klepper, B.,1990. Root growth and water uptake. In: Stewart B.A. ve Neilsen, D.R., Eds. *Irrigation of agricultural crops*. Madison, Wisconsin USA, 281–321.
- Konopka B., ve Tsukahara H., 2001. Production and Vertical Distribution of Fine and Small Roots in Japanese Black Pine On Sandy Soil. *J For Sci.*, 47: 277-284.
- Kutschera L., 1960. Wurzelatlas mitteleuropäischer Ackerunkrauter und Kulturpflanzen. Frankfurt, Germany: DLG-Verlag. P. 574
- Kutschera L. ve Lichtenegger E., 1982. Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Stuttgart, Germany: Fischer-Verlag Bd1.
- Kutschera L, Lichtenegger E. 1992. Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Stuttgart, Germany: Fischer-Verlag Bd2 T1.
- Kutschera L, Sobotik M. 1992. Wurzelatlas mitteleuropäischer Grünlandpflanzen. Stuttgart, Germany: Fischer-Verlag Bd2 T2.
- Kutschera L, Sobotik M, Lichtenegger E, Haas D. 1997. Bewurzelung von Pflanzen in verschiedenen Lebensräumen. 5. Band der Wurzelreihe: 49.
- Liedgens M. Ve Richner W., 2001. Relation between maize (*zea mays* L.) leaf area and root density observed with minirhizotrons. *European Journal of Agronomy*, 15: 131–141.

- Mackie-Dawson L.A ve Atkinson D., 1991. Methodology for the Study of Roots in Field Experiments and the Interpretation of Results. In: Atkinson D, ed. *Plant Root Growth. An Ecological Perspective*. Oxford, UK: Blackwell Scientific, pp 25–47.
- Magdi H. ve Ohrvik J., 2004. Interactive Effects of Soil Warming and Fertilization on Root Production, Mortality and Longevity in a Norway Spruce Stand in Northern Sweden. *Glob Change Biol.*, 10: 182-188.
- Makkonen K. ve Helmisaari H.S., 2001. Fine Root Biyomas and Production İn Scots Pine Stands in Relation To Stand Age. *Tree Physiol*, 21: 193- 198.
- Melhuish F.M. ve Lang A.R.G., 1969. A New Technique for Estimating Diameter, Total Length and Surface Area of Roots Grown in Soil. In: Whittington J. (Ed.). *Root Growth*. Butterworths, London, pp. 397-398.
- Majdi H. ve Nylund J-E., 1996. Does Liquid Fertilization Affect Fine Root Dynamics and Lifespan of Mycorrhizal Short Roots? *Plant Soil*, 185: 305–309.
- Mmolawa K. Ve Or D., 2000. Root zone solute dynamics under drip irrigation: A review. *Plant and Soil*, 222: 163-190.
- Noguchi K., Sakata T., Mizoguchi T. Ve Takahashi M., 2005. Estimating the Production and Mortality of Fine Roots in a Japanese Cedar (*Cryptomeria Japonica* D. Don) Plantation Using a Minirhizotron Technique. *J For Res.*, 10: 435-441.
- Noordwick M., Pelerin S. ve van de Geijn S.C., 2000. *Root Methods: a Handbook*. Springer, Berlin Heidelberg New York, pp 235-271.
- Ohio State Uni. 1979. 17th Annu. Argon. Demonstration, Farm Sci. Rewiev.
- Özcan H., Ekinci H., Yüksel O., Kavdır Y. ve Kaptan H., 2004. *Dardanos Yerleşkesi Toprakları*. ÇOMÜ Ziraat Fakültesi yayınları, No: 39. Çanakkale, 63s.
- Özçelik G. ve Usta S., 2008. Farklı Sulama Yöntemlerinin Topraktaki Amonyum ve Nitrat Azotu Kapsamlarına Etkisi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 14 (3) 267-275.
- Persson H., 1996. Fine-root Dynamics in Forest Trees. In: Persson H. ve Baitulin I.O., Eds. *Plant Root Systems and Natural Vegetation*. Uppsala, Sweden: Opulus Pres AB, pp 17–23.

- Petersen R.G. ve Calvin L.D., 1965. Sampling "Methods of soil analysis". Ed. By. C.A. Black ve ark. *Part.I, Agronomy series No: 9*, ASAE Publ., Madison, Wisconsin, pp 54-72.
- Polomski J. ve Kuhn N., 2000. Kahlschlagbedingte Vera"nderungen im Wurzelraum eines Buchenniederwaldes auf Rendzina. 10. Borkheider Seminar zur Oekophysiologie des Wurzelraumes. Stuttgart, Germany: *BG Teubner*, pp 65–71.
- Sackville Hamilton C.A.G., Cherrett J.M., Ford J.B., Sagar G.R., Whitbread R., 1991. A modular rhizotron for studying soil organisms: construction and establishment. In: Atkinson D., Ed., *Plant Root Growth. An Ecological Perspective*. Oxford, UK: Blackwell Scientific, pp 49–59.
- Schlichting E. ve Blume E., 1966. *Bodenkundliches Practicum*. Paul Parey Verlag, Hamburg, Berlin, pp 94.
- Schuurman J.J. ve Goedewaagen M.A.J., 1971. *Methods for the Examination of Root Systems and Roots*. 2nd ed. Wageningen, Netherlands: PUDOC, p 86.
- Smit AL, George E, Groenwold J 2000 Root observations and measurements at (transparent) interfaces with soil. In: Smit AL, Bengough AG, Engels C, van Noordwijk M, Pellerin S, van de Geijn SC, Eds., *Root Methods: A Hand Book*. Springer, Berlin, pp. 235-271.
- Smucker, A.J.M., 1993. Soil environmental modifications of root dynamics and measurement, *Annu. Rev. Phytopathol.*, 31:191–216.
- Steward B. A. and Eck H. V., 1958. The movement of fertilizer application. Soil fertility and fertilizer. The macmillan Company Collier Macmillon Limited. London.
- Tekinel O. ve Kanber R., 1989. *Pamuk Sulamasının Genel İlkeleri*. Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Yardımcı Ders Kitabı No: 18. ADANA.
- Thorup-kristensen K., 2006. Root Growth and Nitrogen Uptake of Carrot, Early Cabbage, Onion and Lettuce Following a Range of Gren Manwes. *Soil Use and Management*, 22:29-3.
- Tüzüner A., 1981. Alçı Blokları, Tansiyometre ve Nötronmetrenin Sulama Zamanının Belirlenmesinde Kullanım Olanaklarının Araştırılması. Toprak ve Gübre Araşt. Ens. Müd. Yayınları. Gn yayın no: 97, Tek. Yayın no: 52, Ankara, s. 44.

- Upchurch D.R. ve Taylor H.M., 1990. Tools for studying rhizosphere dynamics. In: Box JE Jr., Hammond L.C., eds. *Rhizosphere Dynamics*. Washington, DC: AAAS *Selected Symposium*, pp 83–115.
- USSLS, 1954. Diagnosis and Improvement of Saine and Alkali Soils. Agriculture Handbook No: 60, USA. 160s.
- Verplancke H., 1987. Techniques to Study Soil Water Economy. Post-Graduate Course in Eromology Univ. Og Gent. Gent, Belgium.
- Vogt K.A. ve Persson H., 1991. Measuring Growth and Development of Roots. In: Lassoie JP, Hinckley TM, eds. *Techniques and Approaches in Forest Tree Ecophysiology*. Boston; CRC Press, pp 477–501.
- Young A., 1997. *Agroforestry for soil management*. 2nd edition. CAB International, Wallingford, UK, 320 pp.
- Wells C.E. ve Eissenstat D.M., 2001. Marked Differences in Survivorship Among Apple Roots Of Different Diameters. *Ecology*, 82: 882-892.
- Wiesler F. ve Horst W.J., 1994. Root growth of maize cultivars under field conditions as studied by the core and method and relationships to shoot growth. *Zeitschrift fur Pflanzenernahrung und Bodenkunde*. 157(5): 351-358.

ÇİZELGELER:

Çizelge 1. Bitki besin elementleri olan iyonların topraktan köklere taşınma düzenekleri ve bu mekanizmalarla mısırın görelî besin elementlerini alma oranları.....	12
Çizelge 2. Görelî ve ortalama bitki besin elementleri konsantrasyonu (kuru madde)	15
Çizelge 3. Nitrat (NO ₃) azotunun indirgenme tepkimeleri.....	18
Çizelge 4. Mısır tanesinin nem içeriği ve tane verimi üzerine azot etkisi.....	19
Çizelge 5. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	25
Çizelge 6. 1975-2010 Yılları arası Çanakkale ili ve çevresi bazı ortalama iklim verileri.....	26
Çizelge 7. Uygulama dönemlerine ait bazı iklimsel veriler.....	27
Çizelge 8. Deneme parsellerinde ölçülen ve uygulanan saf madde olarak N, P, K miktarları	31
Çizelge 9. Deneme konuları ve uygulanması öngörülen su alma oranları.....	32
Çizelge 10. 2008 yılı tarihlere göre referans konuda tespit edilen etkili kök derinliği (cm) ve uygulanan sulama suyu miktarları (mm)	45
Çizelge 11. 2009 yılı tarihlere göre referans konuda tespit edilen etkili kök derinliği (cm) ve uygulanan sulama suyu miktarları (mm)	46
Çizelge 12. 2010 Yılında sulama zamanı, miktarı ve SD1 konusunda ölçülen etkili kök derinliği.....	47
Çizelge 13. 2008 Yılında sulama tarihlerine göre minirhizotron kamera ile elde edilen kök uzunluklarının konulara göre değişimi.....	47
Çizelge 14. 2008 Yılında örnekleme yöntemine göre kök uzunluklarının derinliklere göre dağılımı (m) (Bu değerler ayrıca kök uzunluk yoğunluğuna da eşittir (cm/cm ³)).....	49
Çizelge 15. 2009 yılında hasatta örnekleme yöntemine göre kök uzunluklarının derinliklere göre dağılımı (m) (Bu değerler ayrıca kök uzunluk yoğunluğuna da eşittir (cm/cm ³)).....	51
Çizelge 16. 2010 yılında minirhizotron yöntemine göre ölçülen kök uzunlukları	52
Çizelge 17. 2010 yılında hasatta örnekleme yöntemine göre kök uzunluklarının derinliklere göre dağılımı (m) (Bu değerler ayrıca kök uzunluk yoğunluğuna da eşittir (cm/cm ³)).....	53

Çizelge 18. 2008 Yılında verim ve sulama suyu arasında varyans analiz sonuçları.....	55
Çizelge 19. 2009 Yılında verim ve sulama suyu arasında varyans analiz sonuçları.....	56
Çizelge 20. 2010 Yılında verim ve sulama suyu arasında varyans analiz sonuçları.....	56
Çizelge 21. 2008 yılında yetiştirme dönemi öncesi toprak profillerindeki azot miktarları.....	58
Çizelge 22. 2008 yılında yetiştirme sezonu sonunda konulara göre toprak profilindeki azot miktarları.....	60
Çizelge 23. 2008 Yılı hasadında konulara göre bitki kök uzunlukları ve azot miktarları.....	61
Çizelge 24. 2009 yılı yetiştirme dönemi öncesi azot değerleri.....	62
Çizelge 25. 2009 yılında yetiştirme sezonu sonunda konulara göre toprak profilindeki azot miktarları.....	64
Çizelge 26. 2009 yılı hasadında elde edilen kök örneklerinin uzunluk-ağırlık ve toplam azot miktarları	65
Çizelge 27. 2009 yılında hasat edilen bitkilerin konulara göre kuru ağırlık ve azot miktarları	66
Çizelge 28. 2010 Deneme öncesi toprak % azot (N) değerleri.....	68
Çizelge 29. 2010 Yılında yetiştirme sezonu sonunda konulara göre toprak profilindeki azot miktarları.....	69
Çizelge 30. 2010 yılı hasadında alınan kök örneklerinin uzunluk –ağırlık ve içerdikleri azot miktarları.	70
Çizelge 31. 2010 yılı hasadında alınan örnek bitkilerin biokütle ağırlıkları (gr) ve bitki örneklerinden elde edilen azot değerleri.....	71
Çizelge 32. 2009 yılı hasadında bitki ve toprakta ölçülen ortalama azot konsantrasyonları	73
Çizelge 33. 2010 yılı hasadında bitki ve toprakta ölçülen ortalama azot konsantrasyonları	73

ŞEKİLLER:	Sayfa
Şekil 1. Toprak core yöntemi ile kök örneklerinin alınması.....	6
Şekil 2. Minirhizotron kamera ve bilgisayar bağlantısı ile görüntü alımı.	8
Şekil 3. Minirhizotron yöntemiyle kök görüntüsü elde edilmesi.	9
Şekil 4. Çim bitkisinde (<i>Digitaria Sanguinalis</i>) kök- toprak anayüzü ve kılcak köklerin toprak partikülleriyle teması (Gregory, 2006).	11
Şekil 5. Toprak kil partikülleri ve kök yüzeyi arasında besin iyonları alışverişi.	13
Şekil 6. Doğada N'un dolaşım süreci.	17
Şekil 7. Deneme alanında kullanılan iklim istasyonu.	26
Şekil 8. Minirhizotron kamera ve pleksiglass kalibrasyon tüpü.	28
Şekil 9. Minirhizotron kamera ile kalibrasyon yapılması.	28
Şekil 10. Kök gözlemlerinde kullanılan minirhizotron tüpü.	29
Şekil 11. Deneme alanı yerleşim planı.	32
Şekil 12. Pleksiglass minirhizotron tüpü.	35
Şekil 13. Minirhizotron tüpünün arazide konumlanması ve görüntü alınan derinlikler.	35
Şekil 14. Minirhizotron tüpün arazide konumlanması.	35
Şekil 15. Minirhizotron kamera ile alınan kök görüntüsü.....	36
Şekil 16. Minirhizotron Kamera ile çekilmiş kök görüntülerinin işlenmesi.	37
Şekil 17. Kalibrasyon işlemi.	37
Şekil 18. Bozulmamış örnek silindiri ile kök örneklerinin alınması.	38
Şekil 19. Toprak ve kök örneklerinin buzdolabında saklanması.	39
Şekil 20. Köklerin topraktan yıkanması.	40

Şekil 21. Yıkanmış kök örnekleri.	40
Şekil 22. Tarayıcıda köklerin görüntülenmesi.	41
Şekil 23. WinRhizo Basic programı ile kök okumaları.	41
Şekil 24. Azot analizlerinde kullanılan örnekler.	42
Şekil 25. Truspec C-N Analyzer.....	43
Şekil 26. Örneklerin tartılması.....	43
Şekil 27. SD1 Konusunun 2008 yetiştirme dönemi boyunca kök uzunluk değişimi.	48
Şekil 28. 2008 Yılında örnekleme yöntemiyle hasat tarihinde kök uzunluklarının derinliklere göre dağılımı.	49
Şekil 29. 2009 Yılında örnekleme yöntemiyle hasat tarihinde kök uzunluklarının derinliklere göre dağılımı	51
Şekil 30. SD1 Konusunun 2010 yetiştirme dönemi boyunca kök uzunluk değişimi.....	53
Şekil 31. 2010 Yılında örnekleme yöntemiyle hasat tarihinde kök uzunluklarının derinliklere göre dağılımı.	54
Şekil 32. 2008 Yılı hasat döneminde sulama düzeylerine bağlı olarak toprakta tespit edilen toplam azot miktarları(kg/ha).	59
Şekil 33. 2009 Yılı hasat döneminde sulama düzeylerine bağlı olarak toprakta tespit edilen toplam azot miktarları(kg/ha).	63
Şekil 34. 2009 Yılı hasadında elde edilen kök örneklerinin toplam azot miktarları.....	65
Şekil 35. 2009 Yılı hasadında bitki yeşil aksamında konulara göre azot değişimi.....	67
Şekil 36. 2010 Yılı hasat döneminde sulama düzeylerine bağlı olarak toprakta tespit edilen toplam azot miktarları(kg/ha).	68
Şekil 37. 2010 Yılı hasadında elde edilen kök örneklerinin toplam azot miktarları.....	71
Şekil 38. 2010 Yılı hasadında bitki yeşil aksamında konulara göre azot değişimi.....	72
Şekil 39. Biomas ve kök azot değerlerinin yıllara göre karşılaştırılması.	74
Şekil 40. Toprak Azot değerlerinin yıllara göre karşılaştırılması.	74

Şekil 41. Üç deneme yılında biokütle ağırlıklarına göre sulama konularının karşılaştırılması.	75
Şekil 42. Üç deneme yılında bitkilerin içerdiği toplam azot değerlerinin konulara göre karşılaştırılması.	75

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER:

Adı- soyadı: Merve Deveciler

Doğum yeri: Çanakkale

Doğum tarihi: 16.12.1984

EĞİTİM DURUMU:

Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi / Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 2004-2008.

Yüksek Lisans Öğrenimi: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 2008-2011.

BİLİMSEL FAALİYETLERİ:

Yayınlar:

Emitter clogging and effects on drip irrigation system Performances. Muharrem Yetis Yavuz, Kursad Demirel, Okan Erken, Erdem Bahar and Merve Deveciler. African Journal of Agricultural Research Vol. 5 (7), pp. 532-538, 4 April, 2010.

Bildiriler:

Gökçeada da organik olarak yetiştirilen soya bitkisinde farklı sulama düzeylerinin verime etkisi. Erdem Bahar, Muharrem Yetiş Yavuz, Murat Yıldırım, Kürşat Demirel, Okan Erken, Merve Deveciler. I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu/ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş 942-951, 27-29 Mayıs 2010.

Onsekiz Mart Çan Termik Santrali Uçucu Külünün Tarımsal Sulama Sistemlerinde Kullanılan Betonların Geçirgenlik Ve Mukavemet Özelliklerine Etkileri. Rahman ÇANKAYA, Muharrem Yetiş YAVUZ, Erdem BAHAR, Merve DEVECİLER. Çanakkale Tarım Sempozyumu 10-11 Ocak 2011, Çanakkale.

Minirhizotron kamera ile elde edilen kök görüntülerine göre yapılan sulamaların biber bitkisinin verimi, kök gelişimi ve su kullanım randımanlarına etkisi, Fevziye Işık, Muharrem Yetiş Yavuz, Recep Çakır, Yasemin Kavdır, Merve Deveciler, Çanakkale Tarım Sempozyumu 10-11 Ocak 2011, Çanakkale. (Poster Bildiri).

Minirhizotron kamera yardımı ile elde edilen kök gelişimine ait görüntülerin sulama uygulamalarında kullanılma olanakları, Muharrem Yetiş Yavuz, Recep Çakır, Yasemin Kavdır, Erdem Bahar, Merve Deveciler. 1.Ulusal Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 16-18 Haziran 2009-Konya

Organik tarım koşullarında yetiştirilen kavun bitkisinde sulama uygulamalarının verim ve su kullanım randımanı üzerine etkisi. Kürşat Demirel, Muharrem Yetiş Yavuz, Murat Yıldırım, Okan Erken, Erdem Bahar, Merve Deveciler. I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu/ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş 935-941, 27-29 Mayıs 2010.

Onsekiz Mart Çan Termik Santrali Uçucu Külünün Tarımsal Sulama Sistemlerinde Kullanılan Betonların Geçirgenlik Ve Mukavemet Özelliklerine Etkileri. Rahman ÇANKAYA, Muharrem Yetiş YAVUZ, Erdem BAHAR, Merve DEVECİLER. Çanakkale Tarım Sempozyumu 10-11 Ocak 2011, Çanakkale (Poster Bildiri)

Tekil Lateral Tekniği ile Sulanan Mısır Bitkisi Kök Gelişiminin Bitki Su Tüketimi Üzerine Etkisi. Muharrem Yetiş YAVUZ, Recep ÇAKIR, Yasemin KAVDIR, Erdem BAHAR, Merve DEVECİLER. Çanakkale Tarım Sempozyumu 10-11 Ocak 2011, Çanakkale (Sözlü Bildiri)

Tekil Lateral Tekniği ile Uygulanan Farklı Su Düzeylerinin Mısır Bitkisinin Verimi ve Kök Dağılımı Üzerine Etkileri. Muharrem Yetiş Yavuz, Recep Çakır, Yasemin Kavdır, Erdem Bahar, Merve Deveciler. I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu/ Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi, Kahramanmaraş 913-924, 27-29 Mayıs 2010.

Katıldığı Projeler: Minirhizotron kamera yardımı ile elde edilen kök gelişimine ait görüntülerin sulama uygulamalarında kullanılma olanakları.(Possibility of using root images obtained by minirhizotron camera in irrigation applications), (Bursiyer), (108O137) TÜBİTAK, 2008-2010.

İLETİŞİM: mdeveciler@gmail.com