

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

**MİNİRİZOTRON KAMERA İLE ELDE EDİLEN KÖK
YOĞUNLUĞU GÖRÜNTÜLERİ ESAS ALINARAK YAPILAN
SULAMALARIN BİBERİN KÖK GELİŞİMİ, VERİM VE SU
KULLANIM RANDİMANLARINA ETKİSİ**

Fevziye IŞIK

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 13/07/2012

Tez Danışmanı:

Yrd. Doç. Dr. Muharrem Yetiş YAVUZ

ÇANAKKALE

YÜKSEK LİSANS TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

FEVZİYE IŞIK tarafından YRD. DOÇ. DR. MUHARREM YETİŞ YAVUZ yönetiminde hazırlanan “**MİNİRHZOTRON KAMERA İLE ELDE EDİLEN KÖK YOĞUNLUĞU GÖRÜNTÜLERİ ESAS ALINARAK YAPILAN SULAMALARIN BİBERİN KÖK GELİŞİMİ VERİM VE SU KULLANIM RANDIMANLARINA ETKİSİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Yüksek Lisans tezi olarak kabul edilmiştir.

Yrd. Doç. Dr. Muharrem Yetiş YAVUZ

Danışman

Prof. Dr. Hamit ALTAY

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Recep ÇAKIR

Jüri Üyesi

Sıra No :

Tez Savunma Tarihi: 13/07/2012

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.

Fevziye IŞIK

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Yrd. Doç. Dr. Muharrem Yetiş YAVUZ'a, Doç. Dr. Recep akır'a, Ar. Gör. Erdem BAHAR'a, Zir. Yük. Müh. Merve Deveciler'e çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme özellikle anneme ve emeği geçen bütün arkadaşlarıma sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Fevziye IŞIK

SİMGELER VE KISALTMALAR

°C	:Santigrad derece
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetrekaire
cm ³	: Santimetrekyüp
da	: Dekar
gr	: Gram
kg	: Kilogram
m ²	: Metrekare
mm	: Milimetre
ŞÇKM	: Suda çözünebilir katı madde
%	: Yüzde
TK	: Tarla kapasitesi
SN	: Solma noktası
HA	: Hacim ağırlığı

ÖZET

MINİRHZOTRON KAMERA İLE ELDE EDİLEN KÖK YOĞUNLUĞU GÖRÜNTÜLERİ ESAS ALINARAK YAPILAN SULAMALARIN BİBERİN KÖK GELİŞİMİ VERİM VE SU KULLANIM RANDIMANLARINA ETKİSİ

Fevziye IŞIK

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman : Yrd. Doç. Dr. Muharrem Yetiş YAVUZ

13/07/2012, 68

Bu araştırma 2011 yılında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dardanos Araştırma ve Uygulama alanında Yüksek Lisans çalışması olarak yürütülmüştür. Araştırmada minirhizotron kamera ile elde edilen kök yoğunluğu görüntüleri esas alınarak yapılan sulamaların biberin kök gelişimi verim ve su kullanım randımanlarına etkisinin izlenmesi amaçlanmıştır. Araştırma kapsamında etkili kök derinliğindeki toprak profilinde toprak nem açığının %100'ünün (SD1), %80'nin (SD2), %60'nın (SD3), %40'nın (SD4), %20'sinin (SD5) ve %0'nın (SD6) uygulandığı 6 farklı sulama düzeyi kullanılmıştır. Sulamalar SD1 Konusunda yapılan ölçümlere göre yapılmıştır. Her sulama öncesi SD1 konusunda kök ölçümü yapılarak etkili kök derinliği tespit edilmiştir

Deneme konuları toplam 13 kez sulanmış ve en fazla sulama suyu 590 mm ile SD1'e, en az 38 mm ile SD6'ya uygulanmıştır. Mevsimlik bitki su tüketimleri SD1'de 544 mm olur iken SD6'da 113 mm olmuştur. En yüksek verim 4614 kg/da ile SD1 konusunda, en düşük verim ise 827 kg/da ile SD6 konusunda elde edilmiştir. Deneme konularında sulama suyu kullanım randımanlarında (IWUE) SD1 konusunda 7,82 kg/m³ değeri ile en düşük değeri elde edilirken SD6 konusunda 21,76 kg/m³ değeri elde edilmiştir. Su kullanım randımanları (WUE) hesaplandığında ise en yüksek su kullanım randımanı 9,00 kg/m³ olarak SD3 konusunda belirlenirken en düşük değeri de SD2 konusunda 7,31 kg/m³ olarak bulunmuştur. Sulama düzeyinin azalmasıyla meyve sayısı artarken ortalama meyve ağırlığı, meyve boyu ve çapın da azalma göstermiştir.

Anahtar sözcükler: Damla sulama, Biber, Verim, Minirhizotron Kamera

ABSTRACT

THE EFFECT OF IRRIGATION APPLIED BASED ON THE IMAGES OBTAINED BY USE OF MINIRHIZOTRON CAMERA ON THE ROOT GROWTH, YIELD, AND WATER USE EFFICIENCY IN PEPPER

Fevziye IŞIK

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School of Natural and Applied Sciences

Department of Agricultural Structures and Irrigation M.Sc. Thesis

Advisor: Asst. Prof. Dr. Muharrem Yetiş YAVUZ

13/07/2012, 68

This study was conducted in 2011 at Dardanos Research Center of Agricultural Faculty, Çanakkale Onsekiz Mart University; as a Master of Science Thesis. The objective of the study was to monitor the effect of irrigation on the root growth, yield and irrigation water use efficiency in pepper based on the images of root density obtained by minirhizotron camera. As part of the study, 6 different irrigation levels were used in which 100% (SD1), 80% (SD2), 60% (SD3), 40% (SD4), 20% (SD5), and 0% (SD6) of soil moisture deficiency at the soil profile along the effective root depth were applied. Irrigations were done according to the measurements in SD treatments. Before each irrigation, effective root depth was determined by doing root measurements in SD1 treatment.

Experimental plots were irrigated 13 times totally, and the highest amount of water was applied to SD1 with 590 mm, while the lowest amount to SD6 with 38 mm. Seasonal water consumptions were 544 mm, and 113 mm for SD1 and SD6, respectively. The highest yield was from SD1 with 4614 kg/da, whereas the lowest was from SD6 with 827 kg/da. In terms of irrigation water use efficiency (IWUE), SD1 treatment yielded the lowest value with 7.82 kg/m³, while SD6 did the highest with 21.76 kg/m³. Calculation of water use efficiency (WUE) showed SD3 and SD2 resulted in the highest and the lowest numbers with 9.00 kg/m³ and 7.31 kg/m³, respectively. With decreasing irrigation levels, number of fruits increased, while average fruit weight, fruit length and fruit diameter decreased.

Keywords: Drip irrigation, Pepper, Yield, Minirhizotron Camera

İÇERİK	Sayfa
TEZ SINAVI SONUÇ FORMU	ii
İNTİHAL (AŞIRMA) BEYAN SAYFASI.....	iii
TEŞEKKÜR	iv
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	v
ÖZET	vi
ABSTRACT	vii
BÖLÜM 1 – GİRİŞ	1
BÖLÜM 2 – ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	4
BÖLÜM 3- MATERYAL ve YÖNTEM.....	8
3.1. Materyal.....	8
3.1.1. Araştırma alanının yeri	8
3.1.2. Deneme alanı jeolojisi ve toprak özellikleri.....	8
3.1.3. Deneme alanı ve çevresi iklim özellikleri.....	9
3.1.4. Bitki özellikleri	10
3.1.5. Root scanner	11
3.1.6. Nötronmetre.....	13
3.2. Yöntem.....	14
3.2.1 Toprak örneklerinin alınması.....	14
3.2.2. Deneme parsellerine uygulanan tarım teknikleri.....	14
3.2.3. Deneme düzeni ve deneme konuları	14

3.2.4. Sulama uygulamaları.....	16
3.2.5. Toprak neminin izlenmesi.....	17
3.2.6. Kök ölçümleri.....	18
3.2.7. Bitki ölçümleri.....	19
BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	20
BÖLÜM 5 – SONUÇ VE ÖNERİLER	49
KAYNAKLAR.....	51
Çizelgeler.....	I
Şekiller.....	II
Özgeçmiş.....	IV

BÖLÜM 1**1. GİRİŞ**

Tarımda verimi etkileyen etmenlerden en önemlisi sudur. Birim alana gereğinden fazla veya az, zamansız su verilmesi önemli ölçüde ürün kaybına neden olmaktadır. Bitkilerin farklı genotip ve fenotiplere sahip olmaları, bunların su stresi koşullarında sulamadan etkilenmelerinin de farklı olacağını göstermektedir (Kanber ve ark., 1990).

Sulamaya yönelik yatırımlara önem verilmesi, kuşkusuz sebepsiz değildir. Bir taraftan nüfus artışının ve daha yeterli beslenmenin zorladığı gıda talebi, diğer taraftan ihracat imkanları tarımsal üretimi diğer stratejik maddelerle eşdeğer duruma getirmektedir. Bitki yetiştirme dönemi sıcak ve kurak geçen bölgelerde tarımsal üretimi arttırmanın en etkili faktörlerinden biri sulamadır. Bilindiği gibi bitkiler besin maddelerini toprak içinden suda erimiş olarak kökleri ile alırlar. Toprakta yeterince bitki besin maddesi olsa bile, eğer toprak yeterli derecede nemli değilse, bitki bu besinden yararlanamaz. İhtiyacı olan su ve gıda maddelerini tam alamayan bitki gelişemez. Verimi az olur ya da hiç verim alınmaz. Ancak “ne kadar bol su verilirse o kadar ürün alınır” düşüncesi de yanlıştır. Çünkü fazla su, topraktaki hava boşluklarını doldurup, bitkiyi havasız bıraktığı gibi bitkinin boğulmasına ve fazla sudan zarar görmesine kadar götürebilir. En iyisi suyu ve besin maddeleri dediğimiz ticari gübreleri dengeli bir şekilde vermektir (Şener, 1995).

Ülkemizin kurak ve yarı kurak bir iklim kuşağı içerisinde yer alması, sulamanın önemini bir kat daha arttırmaktadır. (Selenay, 1986). Herhangi bir nedenle kök bölgesindeki nem düzeyi, optimum gelişme için istenenden az olursa üretimde bir azalma beklenir. Bu durumda sulama programı yapılırken su ve tarımsal alana göre karar vermek en uygun yaklaşımdır. Suyun pahalı olduğu yerlerde birim sudan, tarımsal alanın sınırlı olduğu yerlerde ise birim alandan en çok ürünün alınmasını amaçlayan programlar yapılmalıdır (Kanber; 1981).

Tarımsal üretimde sulama suyunun daha ekonomik kullanımı ile ilgili pek çok araştırma yapılmıştır. 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, bitki kök gelişimini çimlenmeden itibaren izleyerek uygulanan sulama yöntemi ile düzeyinin kök gelişimi üzerine etkisini ve kök sisteminin verim, su tüketimi ve bitki besin maddelerinin alımına etkisine ilişkin fazla sayıda araştırma bulunmamaktadır. Yapılan araştırmaların neredeyse tamamı çok fazla emek gerektiren, ancak elde edilen sonuçlar içerisinde çok fazla hata olasılıkları barındıran eski yöntemlerle yürütülmüştür. Tohum ekimi veya fide dikiminden itibaren kök

gelişiminin minirhizotron tekniği ile çalışan kök tarayıcı kameralar ile izlenmesi yeni bir tekniktir. Bu yöntemle çimlenmeden itibaren kök gelişimi her aşamada görsel olarak incelenebilmekte ve toprak içerisinde kök yoğunluğunun arttığı katmanlar ve derinlikler bitki gelişim dönemine göre izlenerek tespit edilebilmektedir.

Geleneksel olarak bozulmamış toprak örneği alınarak köklerin ayrılması işlemi sadece bir zaman birimine ait kök miktarını belirlememize yardımcı olmakta ve bitkilere zarar vermektedir. Oysa minirhizatronlar toprağı en az bozarak heterojenliği azaltmaktadırlar. Minirhizotron şeffaf tüplerin toprak altına belli bir açı ile gömülmesi ve bitki kök gelişiminin hep aynı noktalarda ortamı bozmadan takip edilmesini sağlamaktadır (Upchurch ve Ritchie, 1983). Belirli aralıklarla video kamera ile bitki köklerinin resimleri çekilerek görüntü analiz programları ile kök uzunluğu, yüzey alanı hacmi, kök uzunluk yoğunluğu, primer ve sekonder kök miktarı vb. belirlenebilmektedir. Bohm ve ark. (1977) özellikle yağışın arkasından toprak nemi azalması metodu ile bitki kök gelişiminin belirlenmesi metodunun yeterli olmadığını bildirmişlerdir. Toprak içerisinde kök gelişiminin izlenmesinin önemini vurgulayan Kirkham ve ark. (1998)'e göre eğer nötronmetreler aynı anda kök yoğunluğu ve derinliğini ölçebilseydi sulama suyu daha etkili olarak kullanılabilirdi.

Kök gelişme paterni, toprak özellikleri ile çok yakından ilişkilidir. Literatürde sıkça belirtildiği gibi aynı yetiştirme ortamında, bitki türünün ve cinsinin genetik özelliklerine göre kök oluşturma paterni de değişmektedir. Çakır ve Cebi' nin Dardanell ve ark., 1997'den bildirdiğine göre, 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 (1,30 m) Aşgrow soya çeşitlerinde, en derin köklerin (2,90 m) ise Contifor ayçiçeği çeşidi bitkilerinde olduğu belirlenmiştir. 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 yarayırlı 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 (Jaafar ve ark., 1993) 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. Almanya'da yapılan bir başka incelemede 10 mısır çeşidinin Gleyic Luvisol koşullarında kök geliştirme paterni core ve 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).

Bu araştırmada, damla sulama yöntemi ile sulanan biberin farklı sulama düzeylerinin etkisi altında gelişen kök sisteminin, minirhizotron kameralar ile izlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada etkin kök derinliği olarak literatür bilgileri yerine, kameralar ile eş zamanlı tespit edilen kök derinliği kullanılmıştır. Araştırmada, inceleme konusu bitkinin kök gelişme dinamiği ve köklerin dağılım paterni belirlenerek, tespit edilen kök derinliğine göre sulama suyu uygulamasının mevsimlik sulama suyu gereksinimi, bitki su tüketimi, su kullanım randımanları ve verim üzerinde olan etkisi tespit edilmiştir.

Bu araştırma ile biberin kök gelişimi farklı sulama düzeyleri etkisi altında kamera ile izlenerek ve farklı gelişmişlik aşamalarında sulama suyu ve bitki su tüketimi hesaplamalarında kullanılabilecek referans kök derinlikleri belirlenmiştir. Tespit edilen kök gelişimine göre yapılan sulamaların sulama suyu gereksinimi, bitki su tüketimi ve su kullanım randımanları üzerine etkisi tespit edilmiştir.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Su, canlılar için vazgeçilemez bir doğal kaynaktır; eksikliğinde bitkisel üretim, önemli ölçüde kısıtlanmaktadır. Suyun en fazla kullanıcısı olan tarım, kültür bitkilerinin üretimleriyle ilgili işlevleri kapsar. Tarım, toplam ulusal gelirin %19'unu, dışsatımın %9'unu oluşturduğundan ve toplumun yaklaşık %51'ine iş olanağı sağladığından dolayı, Türkiye'de, sosyal ve ekonomik yönüyle, halkın yaşamında önemli rol oynamaktadır (Kılınçer ve ark., 2002). Türkiye'nin coğrafik konumu, demografik yapılanması ve ekonomik kararlılığında sulu tarım, daha büyük değer taşımaktadır (Tekinel ve ark., 2000).

Sulama, modern tarımın ayrılmaz bir parçasıdır ve bitkisel üretimde en önemli tarımsal girdilerden birini oluşturmaktadır. Sulama topraktaki nem eksikliğine duyarlı, pazar değeri yüksek olan bitkileri diğer bitkilere nazaran daha olumlu yönde etkilemektedir. Ancak sulamadan beklenen yararın elde edilmesi için, koşullara en uygun sulama yönteminin seçilmesi, bu yöntemin gerektirdiği sulama sisteminin kurulması ve bitkinin ihtiyaç duyduğu su miktarının zamanında uygulanması gerekmektedir (Yıldırım, 1993).

Ülkemizde yağışlı bölgelerde bile yağış dağılımının genellikle tarımın taleplerine cevap verememesi ve istenilen yağışların uygun zamanda düşmemesi nedeniyle kuraklık oluşması sebze tarımında sulamayı kaçınılmaz hale getirmektedir (Küvetin ve Türkes 1987). Bu olumsuzluklar, ancak kontrollü olarak yapılan sulamalarla ve organik madde kapsamı ile su tutma kapasitesi yüksek yetiştirme materyalinin kullanılmasıyla dengelenmeye çalışılmaktadır (Özbek ve ark., 1993).

Damla sulama, son 20-25 yılda yaygın olarak kullanılan çok yeni bir yöntemdir. Kurak bölgelerde, kısıtlı ve pahalı olan suyun en yüksek randımanla kullanılması mümkün olmaktadır. Bu yöntem 1960'lı yıllardan bu yana dünyanın birçok ülkesinde kullanılmaktadır (Nir, 1982; Aldemir, 1993). Basınç gereksinmesi yağmurlama sulamaya oranla daha azdır. Damla sulama ile birçok kültür bitkisinden daha fazla verim alınabilmekte ve kalite iyileşmektedir. Düşük kaliteli sulama suları bile başarıyla kullanılmaktadır (Şener ve ark., 1992). Bu yöntem, suyun kıt olduğu koşullarda, tuzlu toprak, tuzlu su, topografyası bozuk, su alma hızı yüksek ve topraktaki nem eksikliğine duyarlı bitkilerin sulanmasında kullanılabilir en uygun sulama yöntemlerinden birisidir (Güngör 1992, Aldemir, 1993).

Sulama gereksiniminin bir kısmının karşılandığı uygulama, kısıntılı sulama olarak adlandırılmaktadır. Bazen olağan koşullarda yeterli hizmet götürülecek alan, elde bulunan

su kaynağından fazla olabilir. Böyle durumlarda birim sudan en yüksek gelirin eldesini amaçlayan sulama programlarına gidilir. Bu, çok önemli bir yaklaşım sayılan eksik veya kısıntılı sulama uygulamasını gerektirmektedir. Kısıntılı sulamada olağandan daha az su uygulayarak daha az su uygulayarak, aynı su miktarı ile daha fazla alanın sulamaya, bir başka deyişle üretime açılması sağlanmaktadır (Doorenbos ve Kassam, 1979).

Kök sisteminin gelişmesinde toprağın bir takım fiziksel özelliklerinin yanı sıra toprak nem içeriği de önemli etkidir. Uygulanan sulama yöntemi veya sulama düzeyi kök sisteminin yatay ve düşey gelişimini etkilemesinin 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 verimleri de farklıdır (Wiesler ve ark., 1994).

Sulamadan beklenen yararın sağlanabilmesi, koşulları en uygun sulama yönteminin seçilmesi, yöntemin gerektirdiği sistemin tekniğe uygun projelendirilmesi, projede öngördüğü biçimde kurulmasına ve işletilmesine bağlıdır (Yıldırım ve Korukçu, 1999).

Farklı sulama programlarının pamukta kök gelişimine etkilerini araştıran Carmi ve ark. damla ile sulanan konularda, profilin alt katmanlarında, kök gelişiminin daha yavaş olduğunu açıklamışlardır. Ayrıca araştırmacılar; pamuk kök gelişiminin, yetiştirme mevsimi boyunca uygulanan su derinliğine ve sulama rejimine bağlı olarak değiştiğini açıklamışlardır. Ayrıca Goldberg ve ark.'nın belirttiğine göre, daha uzun koruma döngülerinde, daha derin köklenme görülürken, üst toprak katmanlarında yüksek nem koşullarında, yüzlek kök gelişimi görülmektedir. Damla sulamada kök sistemi, damlatıcı çevresindeki küçük bir toprak hacminde yoğunlaşmaktadır.

Entz ve ark. (1992) tarafından Kanada'nın üç farklı bölgesinde yapılan bir araştırmada kışlık ve yazlık buğday bitkileri kök gelişimi bakımından karşılaştırılmış ve vejetatif gelişme safhalarının ilerlemesiyle ve toprakta yarayırlı rutubet miktarının artmasıyla bitkilerin oluşturdukları köklerin toplam uzunluğunun ve kök derinliğinin arttığı belirlenmiştir.

Yıldırım ve ark. (1994), Ankara'da yaptıkları bir araştırmada biber bitkisi, damla, yağmurlama ve yüzey sulama yöntemleriyle sulanmıştır. Sulamalara, 60 cm toprak derinliğindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin %30, %40 ve %50'si tüketildiğinde başlanmıştır. Sonuçta, sulama yöntemleri ve sulamaya başlanacak nem düzeylerinin meyve verimini etkiledikleri, en yüksek verimin damla sulama yönteminde elde edildiği ve bu

yöntemde kullanılabilir su tutma kapasitesinin %40'ı tüketildiğinde sulamaya başlanması gerektiğini bulmuşlardır.

Atak (1994), Ankara'da yapmış olduğu Yüksek Lisans tez çalışmasında, biber bitkisinde 3 farklı sulama aralığı ve 3 farklı sulama suyu miktarını dikkate almıştır. Sonuç olarak, Orta Anadolu koşullarında damla sulama yöntemi ile sulanan biber bitkisinde 4 gün aralıkla A sınıfı kaptan ölçülen buharlaşma miktarının %50'si kadar sulama suyunun uygulanması gerektiğini belirtmiştir.

Aldemir (1993), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama çiftliğinde yürüttüğü Yüksek Lisans çalışmasında, 3 farklı sulama aralığı ve 3 farklı sulama suyu miktarı uygulamıştır. Araştırma sonucunda, Ankara koşullarında damla yöntemi ile sulama aralığının 4 gün alınması ve A sınıfı kaptan ölçülen buharlaşma miktarının %50'si kadar sulama suyu uygulanması gerektiğini belirlemiştir.

Ul ve ark. (1994), 1992-1993 yıllarında iki yıllık olarak yapmış oldukları çalışmada sonbahar dönemi sera domates yetiştiriciliğinde farklı su düzeylerinin verim ve kalite üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bu amaçla 0,75-2,00 arasında katsayılar uygulamışlardır. Konulara uyguladıkları su miktarları 62-171 mm, verim değerlerini ise 3734-4492 kg/m² arasında bulmuşlardır. Meyvede toplam kuru madde miktarı ve pH etkilenmiş, toplam suda çözünebilir kuru madde ve titre edilebilir asitlik değerleri ise etkilenmemiştir.

Sezgin ve ark. (2002), örtüaltı fasulye yetiştiriciliğinde uygun sulama programının belirlenmesi üzerine yaptıkları çalışmada, 2 farklı sulama aralığı ve 4 pan katsayısı kullanmışlardır. Araştırmadan elde ettikleri sonuçlara göre; su düzeyleri verim üzerinde önemli, sulama aralığı konularını ise önemsiz olarak bulmuşlardır. Ortalama verim ise 1309,8 kg/da ile 3739,8 kg/da arasında değişmiştir.

Ercan (1988) yüksek tünellerde yetiştirilen patlıcan bitkisinin (*Solanum melongena* L.) verim, kalite ve erkenciliği üzerinde sulama sıklığının etkisi damla sulama kullanılarak test etmiştir. Yürütülen çalışmada günlük ve üç günlük sulama sıklığının etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar, seralarda yetiştirilen patlıcanın verim, kalite ve erkenciliği üzerinde çalışma konularının istatistiksel olarak önemli farklılıklar olduğunu göstermiştir. Günlük sulamalar erkencilik özelliğini hızlandırmıştır.

Mmolawa ve Or (2000)'de yapmış oldukları çalışmada, bitki gelişimi 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 tuzların 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 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.

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. Machado ve Oliveira (2003)'de yapmış oldukları çalışmada minirhizotron ve toprak örnekleme ile domateste kök dağılımını karşılaştırmışlardır. Araştırma sonucunda kök yoğunluğunun toprak örneğinin alındığı yere göre önemli derecede değiştiğini bulmuşlardır.

BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanının yeri

Deneme 2011 yıllarında Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Dardanos Araştırma ve Uygulama alanında yürütülmüştür (Şekil 1). Deneme alanı $40^{\circ} 04' 30''$ K, $60^{\circ} 21' 59''$ D enlem ve boylamlarında yer almaktadır.



Şekil 1. Araştırma alanının yeri

3.1.2. Deneme alanı toprak özellikleri

Deneme alanı olarak tespit edilen parselde toprak profilleri açılmış ve 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm'lik katmanları temsil edecek bozulmamış ve bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Alınan örneklerden tekstür, tarla kapasitesi (TK), solma noktası (SN), hacim ağırlığı (HA), doyma yüzdesi gibi fiziksel özellikleri analizler ile tespit edilmiştir (Çizelge 1).

Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri.

Derinlik (cm)	Bünye Sınıfı	Hacim Ağırlığı (g/cm ³)	Tarla Kapasitesi (mm)	Solma Noktası (mm)
0–30	CL	1,36	122,4	69,3
30–60	CL	1,55	148,8	93,0
60–90	CL	1,55	144,2	102,3
90–120	CL	1,43	137,3	90,1

3.1.3. Deneme alanı ve çevresi iklim özellikleri

Deneme alanı ve çevresi Akdeniz iklim kuşağından Karadeniz iklim kuşağına geçiş özelliği gösteren bir iklime sahiptir. Ancak genel karakteriyle Akdeniz iklimi özelliklerini yansıtmaktadır. Ancak daha kuzeyde bulunması nedeniyle kışları ortalama sıcaklık daha düşüktür. Kuzey Rüzgârlarının ve soğuk dalgalarının Balkanlar üzerinden sarkması ve bunun önünde doğal engellerin bulunması nedeniyle, yılın büyük bir kısmı rüzgârlı geçmektedir. Kışları ortalama sıcaklık daha düşüktür. En düşük sıcaklık -4,2 °C ile Şubat ayı, en yüksek sıcaklık +35,8 ile Ağustos ayındadır. Yıllık sıcaklık ortalaması 14,7, ortalama nem oranı ise %72,6'dır. Egemen rüzgar kuzey rüzgarlarıdır. En çok, poyraz, yıldız, lodos, kible eser. Yıllık ortalama yağış miktarı 662,8 m³ (Gökçeada) ile 854,9 m³ (Ayvacık) arasında değişmektedir. Yaz aylarında yağış miktarı oldukça düşüktür. Yağışların en fazla görüldüğü aylar Aralık, Ocak ve Şubat aylarıdır. Karla örtülü gün sayısı en fazla 8 gün kadardır.

Çizelge.2 Çanakkale ili ve çevresi bazı ortalama iklim verileri.

	1975-2010 Yılları arası Çanakkale ili ve çevresi bazı ortalama iklim verileri											
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık
Sıcaklık (°C)	6,2	6,3	8,2	12,5	17,4	22,3	24,9	24,7	20,8	16,0	11,3	8,1
Nem (%)	83,2	81,0	80,7	79,3	76,9	72,1	68,5	69,7	72,7	77,7	81,5	83,4
Toplam Yağış (mm)	85,3	66,2	65,8	47,3	32,1	21,8	12,2	4,6	19,4	54,8	89,1	102,4
Mak. rüzgar Hızı (m/s)	4,4	4,6	4,3	3,8	3,5	3,3	3,8	3,8	3,6	3,8	4,0	4,5
Açık Yüzey Buharlaşması (mm)	0,0	1,4		109,3	166,0	215,6	264,5	246,5	167,6	102,8	41,2	10,0

Araştırma süresince deneme alanı ve çevresinin bazı iklim verileri deneme alanı içerisine kurulu olan bir iklim istasyonu aracılığı ile toplanmıştır (Şekil 2). İklim verileri deneme alanı yakınında mevcut olan iklim istasyonu ile deneme süresince ortalama

sıcaklık, rüzgâr hızı, ve yağış verileri beş dakikalık, saatlik ve günlük olarak kaydedilmiştir. İklim istasyonu veri toplayıcısında biriktirilen rasatlar bilgisayar aracılığı ile alınarak değerlendirilmiştir (Çizelge3).



Şekil 2. İklim istasyonu

Çizelge 3. 2011 Yılına ait bazı meteorolojik veriler.

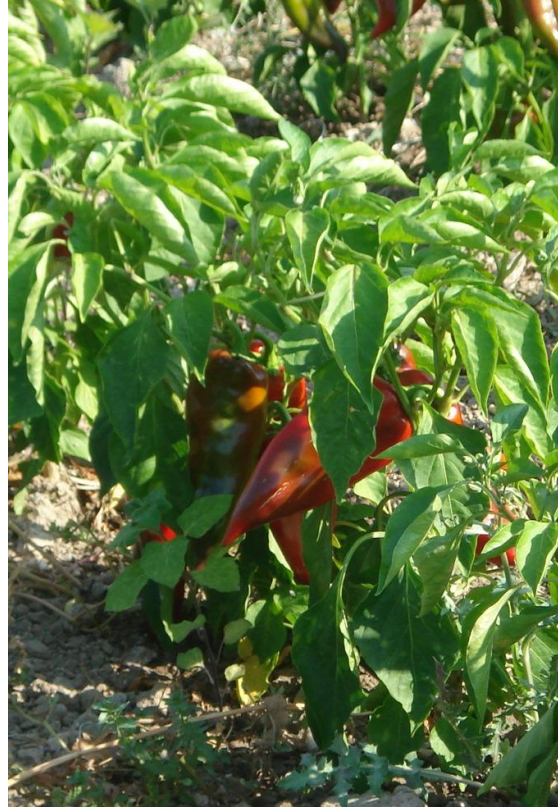
Ay	Ortalama sıcaklık (°C)	Ortalama rüzgar hızı (m s ⁻¹)	Yağış (mm)
Haziran	21,6	1,92	49,2
Temmuz	24,9	1,76	-
Ağustos	24,5	2,44	-
Eylül	22,4	2,19	0,8
Ekim	16,5	2,11	110,2

3.1.4. Bitki özellikleri

Denemede bitki materyali olarak Kapyra cinsi biber (*Capsicum annum L.*) kullanılmıştır (Şekil 3). Halk arasında salçalık biber diye bilinen kapyra biber sağlık ve beslenme yönünden çok önemli bir sebzedir. Biber (*Capsicum annum.L.*) **Solanaceae**

familiyasının **Capsicum** cinsine dahil olup; ılık iklimlerde yıllık, tropik iklimlerde ise birkaç yıllık kültür bitkisidir. Biber meyvelerinden taze, turşu, baharat ve salça olarak değişik şekillerde yararlanılan bir sebzedir. Biber meyveleri dolmalık, uzun sivri, çarliston, domates vesüs biberleri tipinde olmaktadır. Biber meyveleri değişik mineraller özellikle C vitamini yönünden zengin bir içeriğe sahiptir. Çanakkale bölgesinde Yenice ilçesi başta olmak üzere merkez ilçe, Biga, Bayramiç ve Çan'da yaygın olarak yetiştiriciliği yapılmaktadır.

10 Haziran 2011 ayında dikimi yapılan biber fidelerinin çapalama, kök boğazı doldurma ve yabancı ot savaşımı, bitki koruma ve gübreleme gibi kültürel işlemleri fakültemiz ilgili bölümlerinin önerileri doğrultusunda yerine getirilmiştir. Gübreleme, toprakta mevcut bitki besin maddeleri laboratuvar analizleri ile tespit edildikten sonra bitkinin gereksinimleri dikkate alınarak yapılmıştır.



Şekil 3. Denemede kullanılan biber çeşidi

3.1.5. Root scanner

Kök görüntülerinin elde edilmesinde CI-600 model root scanner kullanılmıştır (Şekil 4). Alet 6.4 cm çapında ve 34.3 cm uzunluğunda dairesel olarak çalışan bir tarayıcıdır. Çalıştırılması durumunda 21.6 x 19.6 cm boyutlarında görüntü olarak bilgisayara

aktarmaktadır. CI-600 Winrhizotron kök tarayıcısının kullanılabilmesi için bitki kök bölgesine 6.5 cm iç çaplı ve 182 cm uzunluğunda şeffaf pleksiglas minirhizotron tüplerinin yerleştirilmesi gerekmektedir. Toprak profili içerisine 60 derecelik açı ile çakılan 170 cm uzunluğundaki winrhizotron tüp içerisine yerleştirildikten sonra her 17 cmlik katmanlarda 7 farklı derinlikte kök fotoğrafları elde edilmiştir. Root scanner ile her taramada 360 derecelik bir görüntüler elde edilir (Şekil 5).



Şekil 4. CI-600 Root Scanner ve pleksiglasses tüp



Şekil 5. Minirhizotron kamerada ölçüm alınması

3.1.6. Nötronmetre

Toprak neminin ölçülmesi için bir çok yöntem kullanılmaktadır. Bunlar arasında en güvenilir sonuç elde edilen yöntemlerden birisi nötron yöntemidir. Yürütülen deneme kapsamında toprak neminin belirlenmesi için nötron yöntemi kullanılmıştır.

Yöntemin esası, hızlı nötron saçan bir kaynaktan (nötron probe) nötronların, toprak suyu tarafından yavaşlatılması ve yavaşlatılmış nötron sayısının özel sayaçlarla ölçülmesidir. Bu amaçla, toprak nemi ölçülecek yerlere altı açık ve nötron tüpleri yerleştirilir. Genellikle amerikyum-berilyum karışımı olan radyoaktif madde nemin ölçüleceği derinliğe kadar sarkıtılır. Yavaşlayan nötron sayısı özel sayaçlarla ölçülür.

Toprağın 120 cm'lik profilindeki toprak nemi her sulamadan önce ölçülmüştür. 30 cm'lik katmanlar halinde yapılan nem ölçümlerinde ilk katmanda nem gravimetrik yöntem ile belirlenmiştir. Sonraki katmanlarda toprak nemi ölçümlerinde CPN 503 Dr Hydroprobe model nötronmetre kullanılmıştır (Şekil 6). Bu amaçla konuların ölçüm sıralarından birinin parsel uzunluğunun ortasına gelecek şekilde 180 cm boyunda nötron tüpleri çakılmıştır. Nötron okumalarının değerlendirilebilmesi için deneme parselinin hemen yanında kalibrasyon tüpleri yerleştirilmiştir. Kalibrasyon tüplerinde yapılan okumalarla aynı zamanda alınan gravimetrik toprak örneklerinin nem içeriği dikkate alınarak kalibrasyon denklemleri oluşturulmuştur (Tüzüner, 1981). Kalibrasyonda nem nötron okuması arasındaki ilişkinin önem düzeyinin $P < 0.01$ olmasına dikkat edilmiştir.



Şekil 6. Hydroprobe model nötronmetre

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak örneklerinin alınması

Deneme alanın içinde belirlenen bir noktada toprak profili açılmış 0-30, 30-60, 60-90, 90-120 cm'lik katmanı temsil eden bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bu toprak örneklerinden toprağın tarla kapasitesi, solma noktası ve hacim ağırlıkları tespit edilmiştir. Ayrıca her sulamadan önce toprak nem içeriği belirlemek için %100 konusundan örnek alınmış yaş ve kuru ağırlıkları belirlenmiş ve uygulanacak su miktarı hesaplanmıştır.

3.2.2. Deneme parsellerine uygulanan tarım teknikleri

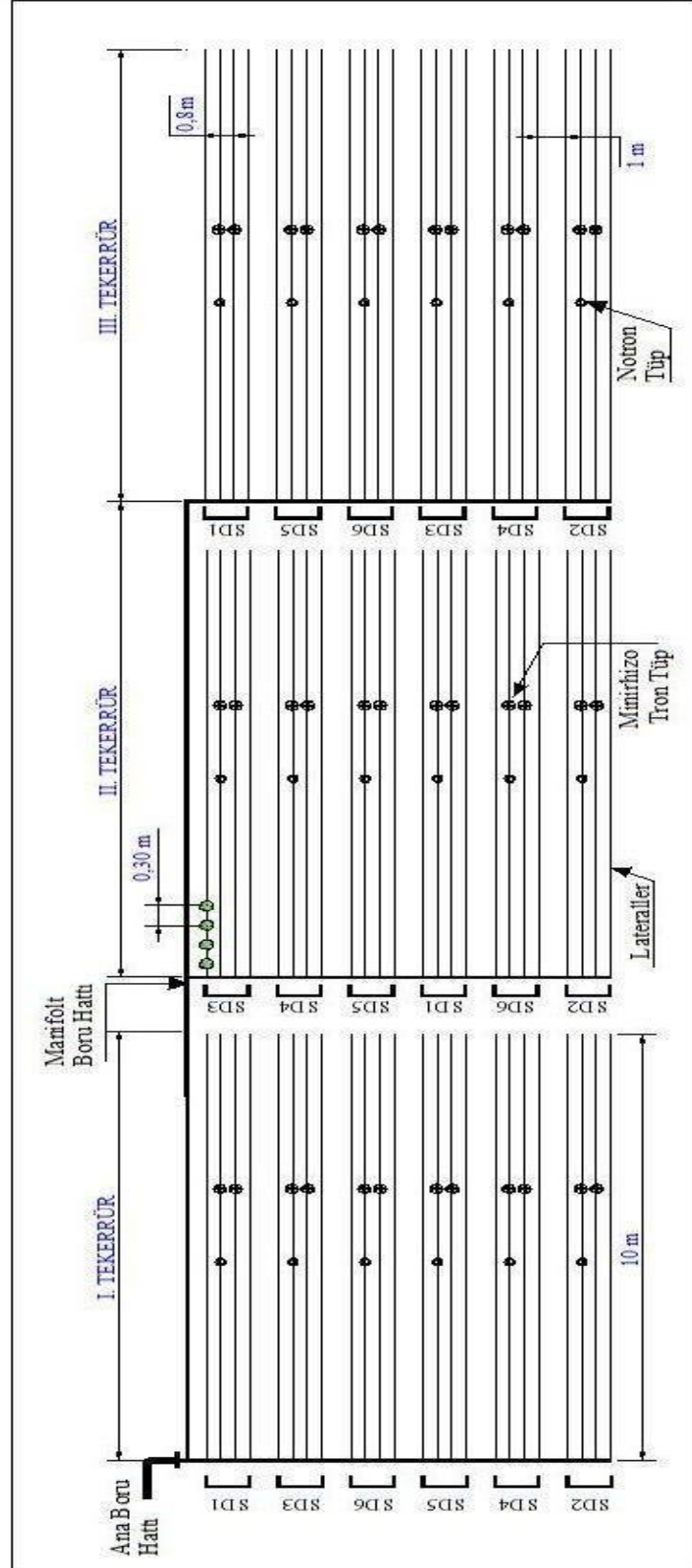
Deneme alanı pulluk ile sürülüp ekime hazır hale getirildikten sonra biber fidelerinin sıra arası 0,8 cm ve sıra üzeri 0,30 cm olacak şekilde dikimi gerçekleştirilmiştir. Fide dikimi 10.06.2011 tarihinde gerçekleştirilmiştir. Denemede 38 mm can suyu uygulanmıştır. Parsellere uygulanacak gübre miktarına, deneme alanı toprakları analiz edildikten sonra miktarlarına karar verilmiş ve gerekli bitki besin elementler toprağa uygulanmıştır. Hasat meyveler kızardıktan sonra başlamıştır. Denemede ilk hasat 09.09.2011'de gerçekleştirilmiş ve 3 kez hasat yapılmıştır.

3.2.3. Deneme düzeni ve deneme konuları

Deneme konularının sulanmasında damla sulama sistemi kullanılmıştır. Her damlatıcıya bir bitki gelecek şekilde ekim yapılmış ve her sıraya bir manifold yerleştirilmiştir (Şekil 7). Araştırma kapsamında ölçülen kök derinliğindeki eksik nem miktarının %100'ünü alan sıralar tanık konuyu oluşturmuştur (SD1). Diğer konulara da SD1 konusuna göre kısıntılı su uygulamaları gerçekleştirilmiştir. Deneme konuları Çizelge 4'de gösterilmiştir. Sulamalar SD1 konusunda yapılan kök uzunluğu ve toprak nem ölçümlerine göre yapılmıştır.

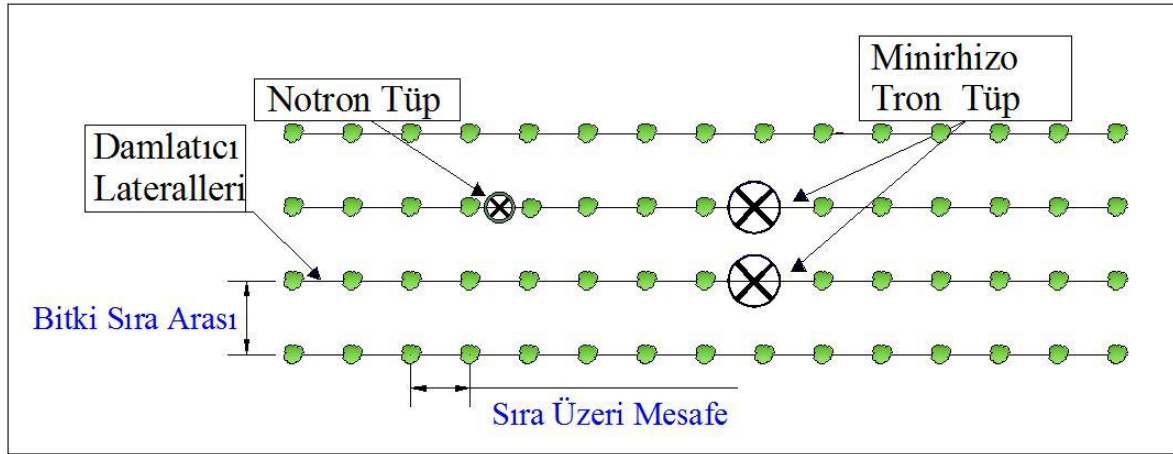
Çizelge 4. Deneme konuları ve su alma oranları

Deneme konusu	Su alma miktarı (%)
SD1	100
SD2	80
SD3	60
SD4	40
SD5	20
SD6	0



Şekil 7. Deneme düzeni

Araştırma alanı tesadüf parselleri deneme desenine göre 3 tekerrürlü olarak düzenlenmiş ve 18 parselden oluşmuştur. Her parselde 4 bitki sırası yer almıştır. Ortada yer alan 2 sıra ölçüm, yanlarda yer alan iki sıra ise yan tesir sıralarını oluşturur. Parsel uzunluğunun 10 m olarak planlanmıştır. Bitkiler sıra üzeri 30 cm ve 80 cm olacak şekilde dikilmiştir. Her ölçüm sırasına bir adet minirhizotron tüp çakılmıştır. Böylece araştırmada her konuda 2 tüp olmak üzere toplam 36 minirhizotron tüpten kök görüntüsü alınmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Nötron ve gözlem tüplerinin yerleşim planı

3.2.4. Sulama uygulamaları

Fide dikiminden hemen sonra toprağın ilk 45 cm derinliğinde eksik nem tamamlanarak tarla kapasitesine getirilmiştir. Fide dikiminde uygulanan bu sulama suyu bitki için can suyu olmuştur. Konulu ilk sulama 0-60 cm deki toprakta kullanılabilir nem kapasitesinin %30'u tüketilince yapılmıştır. Sonraki sulamalarda ise sulama aralığı 1 Hafta (7 gün) olarak alınmıştır. Sulama suyu miktarının hesaplanmasında sulama suyunun tamamının uygulandığı tank konunun toprak nem içeriği dikkate alınmıştır (SD1). Uygulanacak su miktarı:

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

eşitliği kullanılarak hesaplanmıştır. Eşitlikte; d_n net sulama suyu miktarı (mm), P_w tank konuda (SD1) ölçülen kök derinliğindeki toprağın kuru ağırlığının %'si cinsinden eksik nem miktarı (mm), γ_t toprak hacim ağırlığı (gr/cm^3), D minirhizotron kamera ile ölçülen kök derinliğidir (mm). D değeri her sulamadan önce yapılacak minirhizotron gözlemleri ile tespit edilecek ve etkili kök derinliğine karar verilmiştir. Eşitlikte P değeri ise gölgeleme

oranıdır.

Sulama süresinin hesaplanmasında ise

$$T = \frac{1000 dn}{Nxqx Ea} \dots\dots\dots(2)$$

eşitliği kullanılmıştır. Eşitlikte, T= sulama süresi (h), dt her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı (mm), q damlatıcı debisi (L/h) ve N bir dekar alandaki damlatıcı sayısıdır ve Eşitlik 3 ile hesaplanmıştır. Ea su uygulama randımanı olarak % 95 olarak alınmıştır.

$$N = \frac{1000}{S_d S_l} \dots\dots\dots(3)$$

Eşitlik 3'te S_d damlatıcı aralığı (m), S_l lateral aralığı (m)'dir.

3.2.5. Toprak neminin izlenmesi

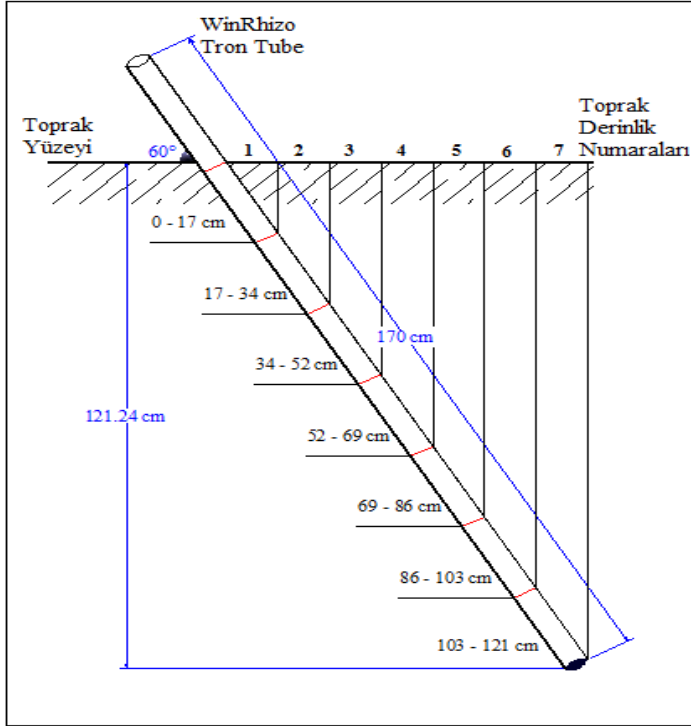
Toprak nemini belirlemek için her gözlem konusuna 1 adet nötron tüpü yerleştirilmiş ve 0-30, 30-60, 60,90 ve 90-120 cm toprak katmanlarında dört derinlik için nem miktarı neutron probe (CPN, 503 DR) ile gerçekleştirilmiştir. Nötron kaynağı olarak Americium-Berillium kullanılmıştır. Nem ölçümleri için her parselde 120 cmlik derinliğe 38.1 mm iç çapında, 3.2 mm et kalınlığında PE tüpler çakılmıştır. Her konuya bir adet nötron tüp gelecek şekilde araziye yerleştirilen tüpler toplamda 18 adettir (Şekil 9). Her sulama öncesi ölçüm alınmıştır. Nem ölçümlerine başlanmadan önce, parsellerinin bitiminde oluşturulan kalibrasyon tüpleri çakılmış ve okumalar yapılmıştır. Yapılan okumalara eşzamanlı olarak farklı derinliklerden, toprak örnekleri alınmış ve gravimetrik olarak toprak nem içerikleri belirlenmiştir. Her sulama öncesi toprak nemi ölçümleri gerçekleştirilmiştir.



Şekil 9. Minirhizotron tüp

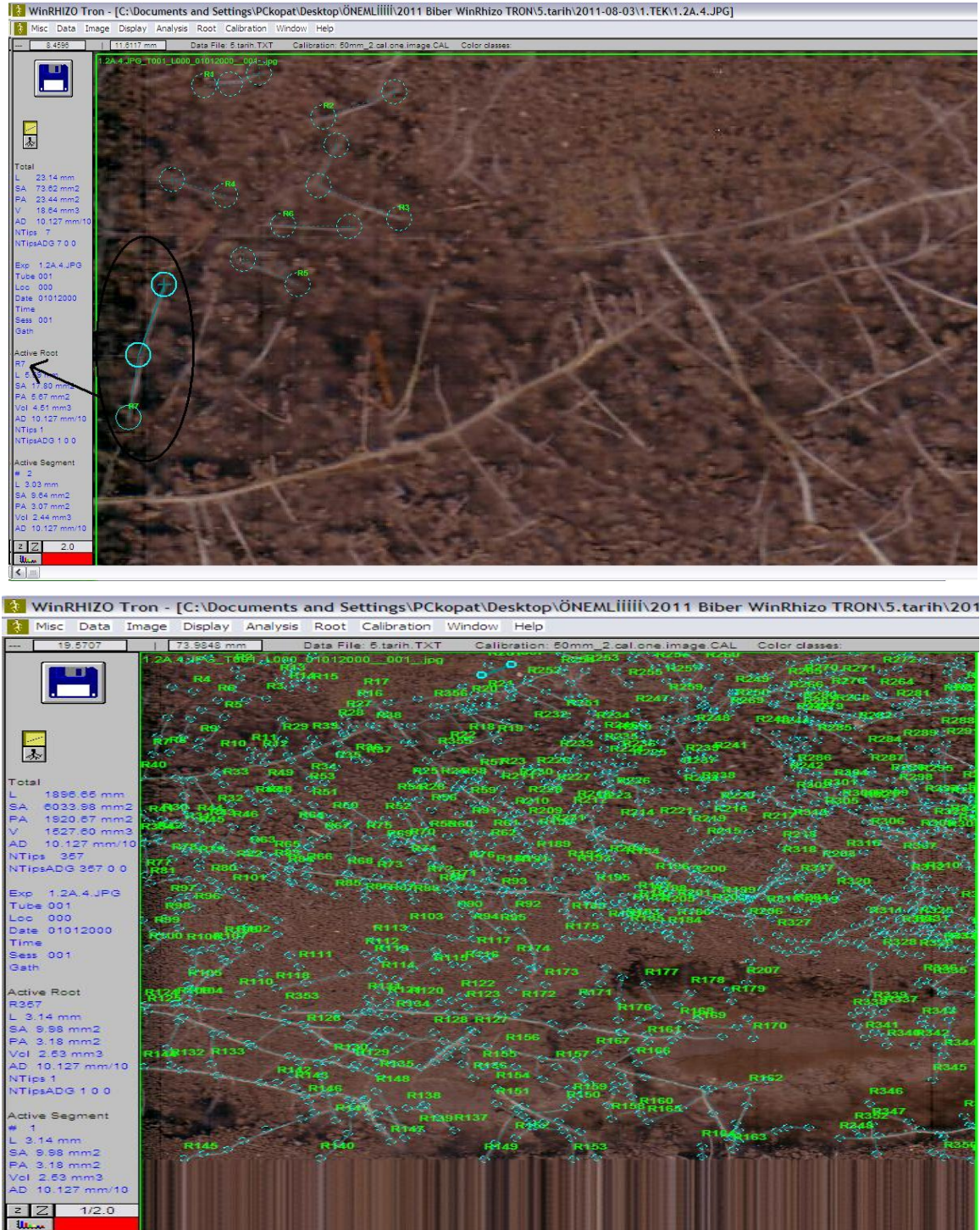
3.2.6. Kök ölçümleri

Kök görüntülerini elde etmek için CI-600 model Winrhizotron kök tarayıcısı kullanılmıştır. Kök tarayıcısı ile görüntü almak için gerekli olan pleksiglass minirhizotron tüpler (Şekil 9) araziye 60° açılarla yerleştirilmiştir (Şekil 10). Tüp içerisine güneş ışığının girişini engellemek için toprak üzerinde kalan kısmı alüminyum folyo ile kaplanmıştır.



Şekil 10. Minirhizotron tüpünün arazide konumlanması ve görüntü alınan derinlikler

Gözlem tüpü şekildeki gibi araziye yerleştirilmiş ve toplamda 7 derinlikten ayrı ayrı görüntüler elde edilmiştir. Her bir görüntü düşeyde 17 cm'lik bir toprak katmanını içermektedir (Şekil 10). Daha sonra elde edilen bu görüntüler WinRHIZOTron MF 2007 programında işlenmiş ve kök uzunluklarının mm değerindeki sonuçları elde edilmiştir (Şekil 11). Elde edilen mm değerleri kalibrasyon işleminden sonra m/m^2 ye dönüştürülmüş ve kök uzunluklarının m/m^2 cinsinden uzunlukları tespit edilmiştir.



Şekil 11. WinRHIZOTron programında işlenen kök görüntüleri

3.2.7. Bitki ölçümleri

Sulama uygulamasından 1 gün önce gözlem tüpleri üzerindeki ilk üç bitkinin toprak üstü aksam parametrelerinin ölçümleri yapılmıştır. Hasat işlemi gerçekleştirildikten sonra ise konuların verim değerleri hesaplanmış ve alınan örnek meyvelerin de kimyasal analizleri gerçekleştirilmiştir.

BÖLÜM 4**ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA****4.1 Sulama uygulamaları ve su tüketimi.**

Denemede sulama aralığı 7 gün olarak uygulanmıştır. Konulara uygulanacak sulama miktarları minirhizotron kamera ile elde edilen kök görüntülerinden belirlenen etkili kök derinliğinden yararlanılarak hesaplanmıştır. Sulama öncesi mevcut toprak nemi ise nötronmetre ile ölçülerek tespit edilmiştir. Sulama suyu miktarı görüntülerden tespit edilen etkili kök derinliklerindeki eksik nemi tarla kapasitesine getirecek şekilde yapılmıştır. (Çizelge 5).

Kök gözlemleri en fazla 121 cm toprak derinliğine kadar yapılabilmektedir. 23.06.2011 Tarihinde yapılan ilk gözlemlerde 34 cm derinliğe kadar kök tespit edilmiştir. Ancak toplam kök uzunluğunun %80'lik kısmı ilk 30 cm derinlik içerisinde olduğu görülmüştür. Bu nedenle sulama suyu miktarının hesaplanmasında etkili kök derinliği 30 cm olarak kabul edilmiştir. Benzer durum sonraki sulamalarda da görülmüş ve toplam kök uzunluğunun %80'inin bulunduğu derinlik Etkili Kök Derinliği olarak alınmıştır.

Çizelge 5. Sulama tarihi, sulama suyu miktarı ve etkili kök derinliği

Sulama Tarihi	Mak. Kök derinliği (cm)	Etkili kök derinliği (cm)	Sulamalar öncesi 0-90 cm arası toprak nemi (mm)	Sulama suyu Miktarı (mm)
10.06.2011 (Fide dikimi)	-	-	377,4	38
23.06.2011	34	30	397,4	18
30.06.2011	68	30	399,4	16
06.07.2011	85	30	402,4	13
14.07.2011	102	45	388,4	27
21.07.2011	102	45	394,4	21
28.07.2011	102	45	375,4	40
04.08.2011	102	70	378,4	37
11.08.2011	120	70	358,4	57
18.08.2011	120	75	362,4	53
24.08.2011	120	80	342,4	73
01.09.2011	120	80	335,4	80
08.09.2011	120	80	355,4	60
15.09.2011	120	80	358,4	57
Toplam				590

Denemede konulu sulama uygulamalarına fide dikiminden 1 hafta sonra 23 Haziran tarihinde başlanmış ve toplam 13 kez sulama yapılmıştır. En fazla sulama suyu 590 mm SD1 konusuna uygulanmıştır. Anılan konuya toprakta tespit edilen nem açığının tamamı diğer bir ifade ile %100'ü uygulanmıştır. En az sulama suyu ise 38 mm ile SD6 konusuna uygulanmıştır. SD6 konusuna dikim sonrası fide tutumunu sağlamak için yalnızca can suyu verilmiştir. Sonraki sulamalarda su uygulanmamıştır. SD1 ve SD6 arasında kalan diğer konular ise SD2, SD3, SD4 ve SD5 konularında toprakta tespit edilen nem açığının sırası ile %80, %60, %40 ve %20 si kadar su almıştır (Çizelge 6).

Çizelge 6. Konulara düşen su miktarları ve mevsimlik su tüketimi.

Sulama no	Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarı (mm)					
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD6
Can suyu	38	38	38	38	38	38
1	18	14	11	7	4	0
2	16	13	10	7	3	0
3	13	10	8	5	3	0
4	27	21	16	11	5	0
5	21	17	12	8	4	0
6	40	32	24	16	8	0
7	37	30	22	15	7	0
8	57	46	34	23	11	0
9	53	43	32	21	11	0
10	73	58	44	29	15	0
11	80	64	48	32	16	0
12	60	48	36	24	12	0
13	57	46	34	23	11	0
Toplam sulama suyu miktarı	590	479	369	259	148	38
Gerçekleşen mevsimlik su tüketimi (mm)	544	538	414	350	295	113

Deneme konularında gerçekleşen mevsimlik bitki su tüketimi miktarları, almış oldukları sulama suyu miktarına göre değişim göstermiştir. En fazla sulama suyu uygulanan SD1 konusunda 544 mm, en az sulanan SD6 konusunda da 113 mm bitki su


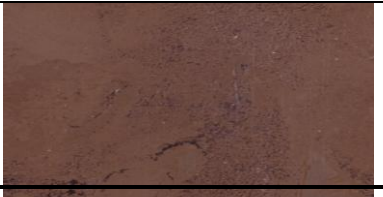





tüketimi hesaplanmıştır. Erken (2004) Çanakkale ilinde damla sulama yöntemi ile sulanan ve serbest su yüzeyi buharlaşmasına göre sulama suyu miktarı hesapladığı denemesinde tam su alan parsellere 2002 yılında 609 mm ve 2003 yılında 981 mm sulama suyu uygulamıştır. Taş ve ark. Harran ovası koşullarında 2003 ve 2004 yıllarında yaptıkları çalışmada ise yine damla sulama yöntemiyle sulanan biber bitkisine yıllara göre sırasıyla 927 mm ve 993 mm sulama suyu uygulamışlardır. Araştırmada uygulanan sulama suyu miktarı Erken (2004)'in 2002 yılında uyguladığı sulama suyu miktarına yakın olmakla birlikte literatürde verilen diğer kaynaklara göre az olarak gerçekleşmiştir. Sulama suyu miktarının az olması kısmen damla sulama yönteminin avantajlarından kaynaklanmakla beraber, asıl sebebi sulama suyu hesaplamalarında kullanılan etkili kök derinliklerinde kaynaklanmaktadır. Sulama suyu hesaplamalarında literatürde yer alan 90 cm etkili kök derinliği değeri yerine her sulama önce alınan kamera görüntüleri ile elde edilen etkili kök derinlikleri kullanılmıştır. Buda uygulan sulama suyu miktarının azalmasına neden olmuştur.

4.2. Minirhizotron Yöntemi İle Yapılan Kök Ölçümleri

4.2.1. Konulu 1. sulama öncesi yapılan ölçümler

Konulara ilişkin kamera görüntüleri 22 Haziran kaydedilmiştir (Şekil 12). Konulu 1. sulama ise 23 Haziranda gerçekleştirilmiştir.

İlk sulamanın yapıldığı 23 Haziran tarihine kadar konuların tamamına eşit uygulamalar yapılmıştır. Bu dönemde kültürel işlemler konulara göre eşit olduğu gibi uygulanan sulama suyu miktarları da eşit olmuştur. Dikimden hemen sonra tüm konulara eşit olacak şekilde can suyu uygulanmıştır.

22 Haziran 2011 sulama öncesi kök görüntüleri	
SD1	
0-17 cm	
17-34 cm	
34-52 cm	
52-69 cm	
69-86 cm	
86-103 cm	
103-121cm	

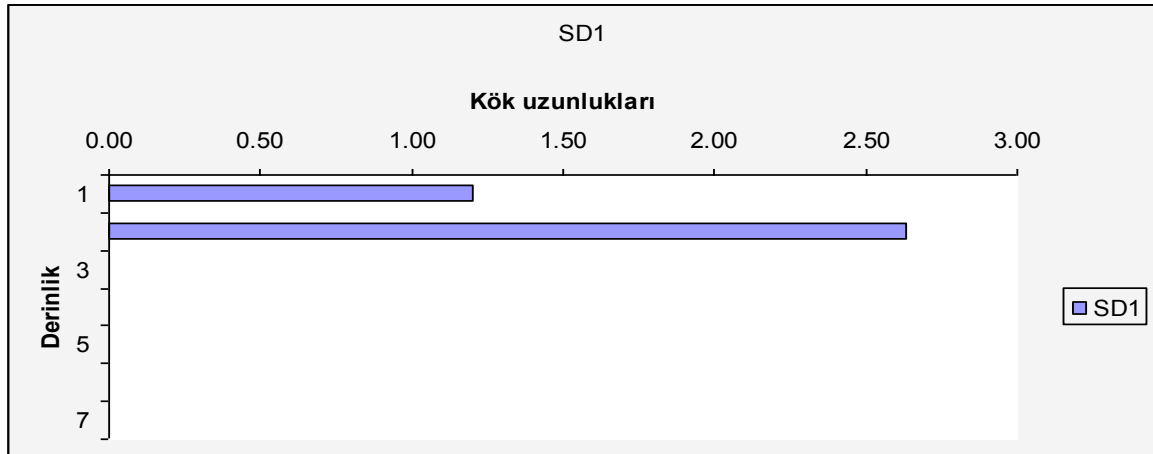
Şekil 12. 22.06.2011 Tarihinde konular ait kök görüntüleri

Köklerden ilk görüntü kaydı 23 Haziran tarihinde SD1 konusunda yapılmıştır. Alınan görüntülerde 34 cm derinliğine kadar kök tespit edilmekle beraber etkili kök derinliğinin 30 cm de gerçekleştiği görülmüştür (Çizelge.7).

Çizelge 7. Minirhizotron tarayıcı ile 22.06.2011 tarihinde yapılan kök gözlemlerinde tespit edilen kök uzunlukları.

Toprak derinliği	Kök uzunlukları (m/m ²)
	SD1
0-17	1,20
17-34	2,63
34-52	0,00
52-69	0,00
69-86	0,00
86-103	0,00
103-121	0,00
Toplam	2,63


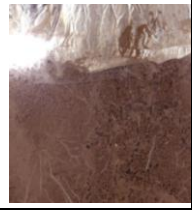



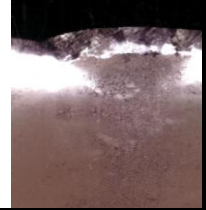











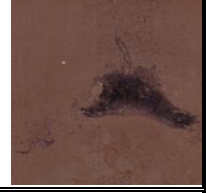



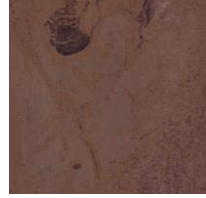






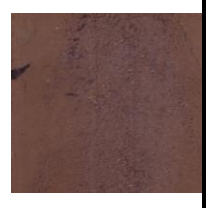

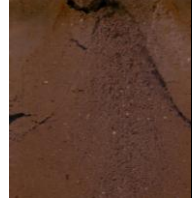








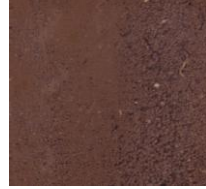

Konulu sulama öncesi elde edilen kök görüntülerinden 0-17 cm'ler arasında 0,6 m/m² ve 17-34 cm'ler arasında ise 1,32 m/m² uzunluğunda kök bulunduğu görülmüştür. Gözlem yapılan diğer derinliklerde ise kök görüntüsü tespit edilememiştir. Kök uzunluklarının katmanlara göre dağılımı şekil 13'te verilmiştir. Kök yoğunluklarının 17-34 cm'ler arası katmanda yoğunlaştığı görülmüştür.



Şekil 13. Minirhizotron tarayıcı ile 22.06.2011 tarihinde yapılan gözlemlerde tespit edilen kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımları

4.2.2 Konulu 2. sulama öncesi yapılan ölçümler

Konulara ilişkin kamera görüntüleri 30 Haziran kaydedilmiştir (Şekil 14). Konulu 2. sulama ise 1 Temmuzda gerçekleştirilmiştir.

29 Haziran 2011 sulama öncesi kök görüntüleri						
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD6
0-17 cm						
17-34 cm						
34-52 cm						
52-69 cm						
69-86 cm						
86-103 cm						
103-121 cm						

Şekil 14. 30.06.2011 Tarihinde konular ait kök görüntüleri

30 Haziran tarihinden yapılan 2. sulama ile birlikte tüm konulardan kök görüntüleri alınmaya başlanmıştır. SD1 konusunda alınan görüntülere göre de dikim tarihinden itibaren 19 gün geçmesine karşın kök sistemi hızla gelişerek 69 cm ye kadar ulaşmıştır

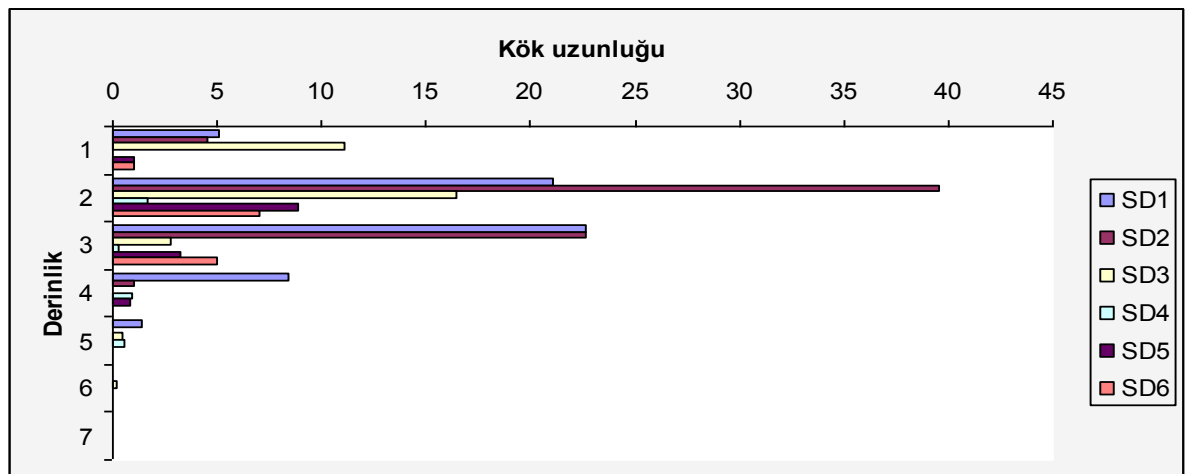
(Çizelge 8). Ancak köklerin derinliğe göre dağılımı incelendiğinde (Şekil.15) etkili kök derinliğinin 30 cm’ de gerçekleştiği görülmektedir.

Konulu 2. sulama öncesi kök uzunlukları ölçülmüş ve çizelge 10’da verilmiştir. En fazla kök uzunluğu SD2 konusunda 68 m/m², en az SD4 konusunda 3 m/m² kök uzunluğu tespit edilmiştir. %100 sulama suyunun uygulandığı SD1 konusunda 59 m/m² kök uzunluğu ölçülürken, en az sulanan SD6 konusunda 13 m/m² kök uzunluğu tespit edilmiştir.

Çizelge.8 Minirhizotron tarayıcı ile 30.06.2011 tarihinde yapılan kök gözlemlerinde tespit edilen kök uzunlukları.

Toprak derinliği	Kök uzunlukları (m/m ²)					
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD56
0–17	5	4	11	0	1	1
17–34	21	40	16	2	9	7
34–52	23	23	3	0	3	5
51–69	8	1	0	1	1	0
69–86	1	0	0	1	0	0
86–103	0	0	0	0	0	0
103-121	0	0	0	0	0	0
Toplam	59	68	31	3	20	13

Ölçüm katmanlarının derinliklere göre dağılımı şekil 15’te verilmiştir. Elde edilen görüntülerde kök uzunluğu SD1, SD2, SD5 ve SD6 konularında 34-52 cm’ler arası katmanlarda, SD3 ve SD4 konularında ise 17-34 cm’ler arası katmanlarda yoğunlaştığı görülmüştür (Şekil . 15).



Şekil 15. Minirhizotron tarayıcı ile 30.06.2011 tarihinde yapılan gözlemlerde tespit edilen kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımları

4.2.3 Konulu 3. sulama öncesi yapılan ölçümler

Konulara ilişkin kamera görüntüleri 20 Temmuzda kaydedilmiştir (Şekil 16). Konulu 3. sulama ise 21 Temmuzda gerçekleştirilmiştir.

20 Temmuz 2011 sulama öncesi kök görüntüleri						
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD6
0-17 cm						
17-34 cm						
34-52 cm						
52-69 cm						
69-86 cm						
86-103 cm						
103-121 cm						

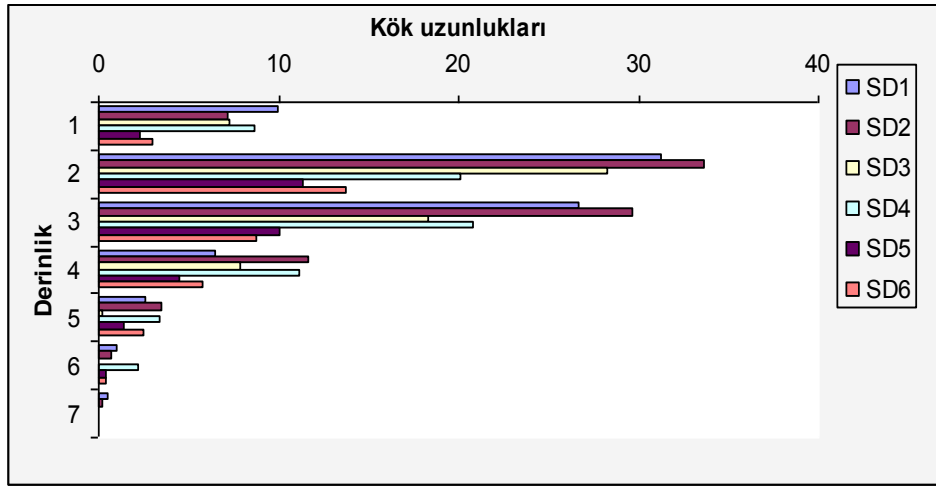
Şekil.16 20.07.2011 Tarihinde konular ait kök görüntüleri

Konulu 3. sulamadan itibaren konulu kök ölçümleri gerçekleştirilmiş ve 103 cm derinliğine kadar kök tespit edilmekle beraber etkili kök derinliğinin 45 cm de gerçekleştiği tespit edilmiştir. Konulu sulama öncesi elde edilen kök görüntüleri işlenmiş ve elde edilen kök uzunluklarının arasında farklılıklar tespit edilmiştir (Çizelge 9). Ölçümlerde kök gelişiminin en fazla 87 m/m² olarak SD2 konusunda ve en düşük 30 m/m² ile SD5 konusunda görülmüştür. %100 sulama suyu uygulanan SD1 konusunda ise 78 m/m² kök uzunluğu ölçülürken hiç su uygulanmayan SD6 konusunda ise 34 m/m² kök uzunluğu elde edilmiştir. Denemenin bu aşamasında tüm konulu yapılan uygulamaların eşit olmasına karşın toplam kök uzunlukları arasındaki farklılığın bitkinin gelişme performansından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Çizelge 9. Minirhizotron tarayıcı ile 20.07.2011 tarihinde yapılan kök gözlemlerinde tespit edilen kök uzunlukları.

Toprak derinliği	Kök uzunlukları (m/m ²)					
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD6
0-17	10	7	7	9	2	3
17-34	31	34	28	20	11	14
34-52	27	30	18	21	10	9
51-689	6	12	8	11	4	6
69-86	3	4	0	3	1	3
86-103	1	1	0	2	0	0
103-121	0	0	0	0	0	0
Toplam	78	87	62	66	30	34

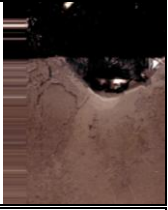

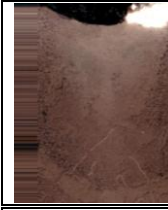

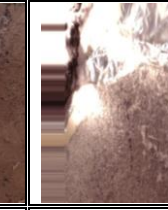
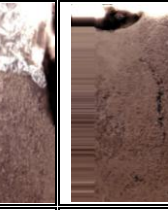

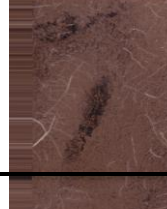



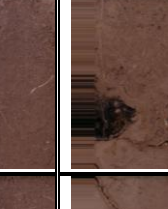
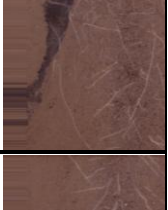
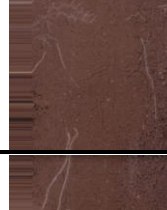
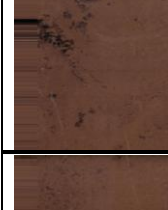




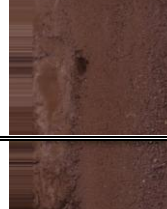
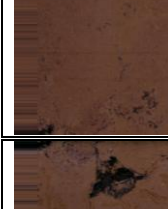


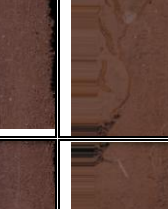
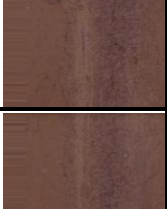

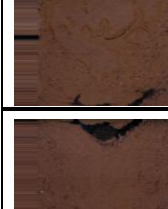



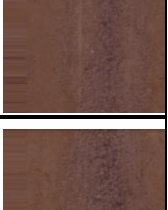
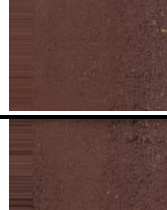





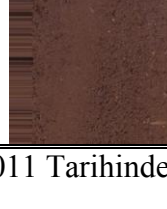

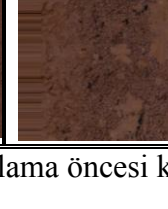


Kök uzunluklarının ölçüm katmanlarının dağılımı konulara göre farklılık göstermiştir. (Şekil 17). Elde edilen görüntülerde kök uzunluğu yoğunluğu SD1, SD4 ve SD5 konularında 0-68 cmlik toprak katmanında yoğunlaşırken, SD2 konusunda bu derinlik 17-69 cmlik katmanda, SD6 konusunda ise 17-52 cmlik katmalarda yoğunlaşmıştır.



Şekil 17. Minirhizotron tarayıcı ile 20.07.2011 tarihinde yapılan gözlemlerde tespit edilen kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımları

4.2.4. Konulu 4. sulama öncesi yapılan ölçümler

Konulu 4. sulama 28 Temmuz tarihinde yapılmıştır. Sulama öncesi kök görüntüleri ise 27 Temmuz tarihlerinde alınmıştır (Şekil 18).

27 Temmuz 2011 sulama öncesi kök görüntüleri						
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD6
0-17 cm						
17-34 cm						
34-52 cm						
52-69 cm						
69-86 cm						
86-103 cm						
103-121 cm						

Şekil.18 27.07.2011 Tarihinde yapılan 2. Sulama öncesi konuların kök görüntüleri

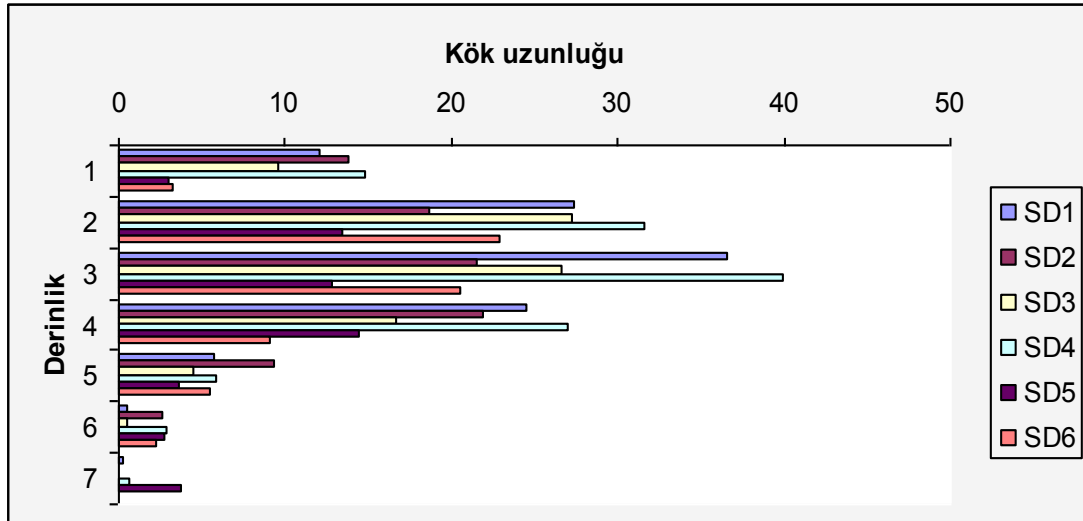
4. sulama öncesi elde edilen kök görüntülerine göre 120 cm toprak derinliğine kadar kök elde edilmekle beraber etkili kök derinliği 45 cm tespit edilmiştir. Sulama öncesinde elde edilen kök görüntülerine göre kök uzunlukları derinliklere göre tespit edilmiştir.

(Çizelge 10). Ölçümlerde elde edilen kök görüntülerinde en fazla kök uzunluğuna 107 m/m² SD1 konusunda ulaşılrken en az kök gelişimi gösteren 54 m/m² olarak SD5 konusunda ölçülmüştür.

Çizelge.10 Minirhizotron tarayıcı ile 27.07.2011 tarihinde yapılan kök gözlemlerinde tespit edilen kök uzunlukları.

Toprak derinliği	Kök uzunlukları (m/m ²)					
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD6
0-17	12	14	10	15	3	3
17-34	27	19	27	32	13	23
34-52	37	21	27	40	13	21
51-689	24	22	17	27	14	9
69-86	6	9	5	6	4	6
86-103	1	3	0	3	3	2
103-121	0	0	0	1	4	0
Toplam	107	88	85	123	54	63

Gerçekleştirilen kök ölçümlerinde SD1 ve SD4 konularında 17-68 cmlık katmanda, SD2 konusunda 0-69 cmlık katmanda, SD3 konusunda 17-52 cmlık katmanda ve SD5 konusunda 17-69 cmlık katmanda yoğunlaştığı görülmüştür (Şekil 19).



Şekil 19. Minirhizotron tarayıcı ile 27.07.2011 tarihinde yapılan gözlemlerde tespit edilen kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımları

4.2.5. Konulu 5. sulama öncesi yapılan ölçümler

Konulu 5. sulama 4 Ağustos tarihinde yapılmıştır. Kök görüntüleri 3 Ağustos tarihinde alınmış ve Şekil.20’de verilmiştir.

03 Ağustos 2011Tarihinde kök görüntüleri						
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD6
0-17 cm						
17-34 cm						
34-52 cm						
52-69 cm						
69-86 cm						
86-103 cm						
103-121 cm						

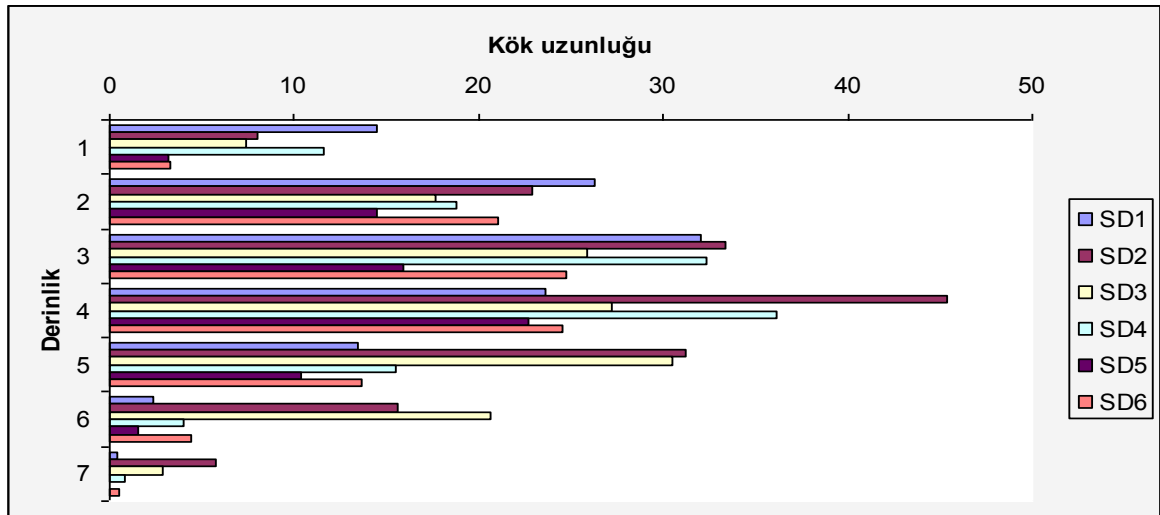
Şekil.20 03.08.2010 Tarihinde konuların kök görüntüleri

Konulu 5. sulama öncesi elde edilen kök görüntülerinde 120 cm kadar kök görülmüş ancak etkili kök derinliğinin 70 cm de gerçekleştiği tespit edilmiştir. 3 Ağustos tarihinde gerçekleştirilen sulama öncesi kök görüntülerinden elde edilen kök uzunluklarına göre en fazla kök yoğunluğu 162 m/m^2 ile SD2’de ölçülmüş ve en az kök yoğunluğu da 68 m/m^2 SD5 konusunda ölçülmüştür. En fazla sulanan SD1 konusunda 113 m/m^2 kök uzunluğu ölçülürken bu uzunluk hiç sulanmayan SD6 konusunda 92 m/m^2 ölçülmüştür (Çizelge 11).

Çizelge 11. Minirhizotron tarayıcı ile 03.08.2011 tarihinde yapılan kök gözlemlerinde tespit edilen kök uzunlukları.

Toprak derinliği	Kök uzunlukları (m/m^2)					
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD6
0–17	14	8	7	12	3	3
17–34	26	23	18	19	14	21
34–52	32	33	26	32	16	25
51–689	24	45	27	36	23	25
69–86	13	31	30	15	10	14
86–103	2	16	21	4	2	4
103-121	0	6	3	1	0	1
Toplam	113	162	132	119	68	92

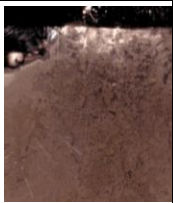

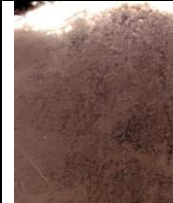

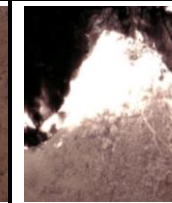
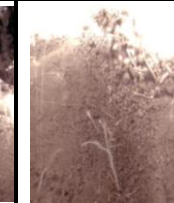





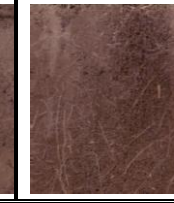


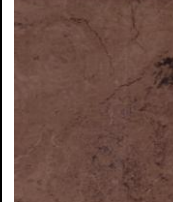
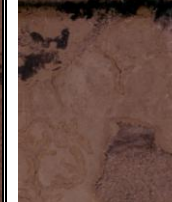








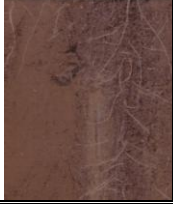





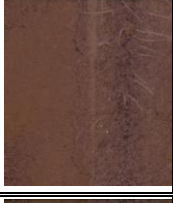




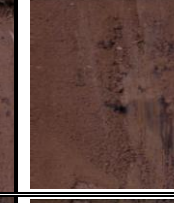
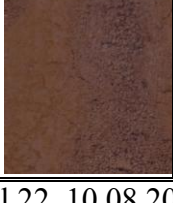

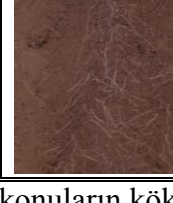


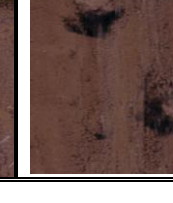
Konulu 5. sulama öncesi kök yoğunlukları SD1 konusunda 0-86 cmlik katmanda, SD2 ve SD3 konularında 17-103 cmlik katmanda, SD4, SD5 ve SD6 konularında 17-86 cmlik katmanda yoğunlaştığı tespit edilmiştir (Şekil 21).



Şekil 21. Minirhizotron tarayıcı ile 03.08.2011 tarihinde yapılan gözlemlerde tespit edilen kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımları

4.2.6. Konulu 6. sulama öncesi yapılan ölçümler

Konulu 6. sulamalar 11 Ağustos tarihlerinde yapılmıştır. Kök görüntüleri ise 10 Ağustos tarihinde alınmış ve Şekil 22’de verilmiştir.

10 Ağustos 2011 Tarihinde kök görüntüleri						
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD6
0-17 cm						
17-34 cm						
34-52 cm						
52-69 cm						
69-86 cm						
86-103 cm						
103-121 cm						

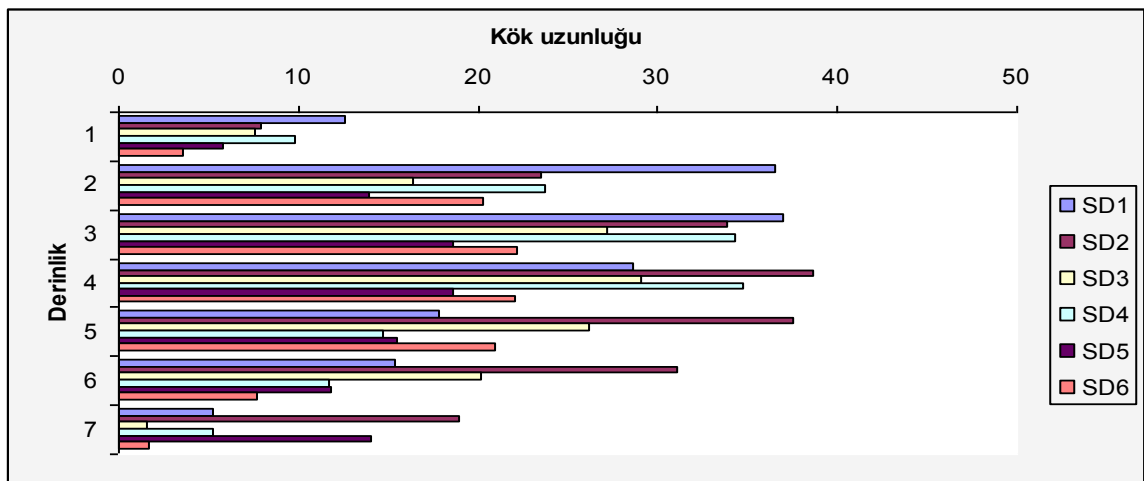
Şekil 22. 10.08.2011 Tarihinde konuların kök görüntüleri

10 Ağustos tarihinde gerçekleştirilen sulama öncesi ölçülen kök görüntülerine göre 120 cm derinliğine kadar kök tespit edilmekle birlikte etkili kök derinliğinin 70 cm de gerçekleştiği tespit edilmiştir. Konulu 6. sulama öncesi kök görüntülerine göre SD1 konusunda 153 m/m² kök uzunluğu elde edilmiştir. En yüksek kök uzunluğu 191 m/m² SD2 konusunda olarak ölçülmüş ve en düşük kök uzunluğu ise 98 m/m² ile SD5 ve SD6 konularında tespit edilmiştir (Çizelge 12).

Çizelge.12 Minirhizotron tarayıcı ile 10.08.2011 tarihinde yapılan kök gözlemlerinde tespit edilen kök uzunlukları.

Toprak derinliği	Kök uzunlukları (m/m ²)					
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD6
0-17	13	8	8	10	6	4
17-34	36	24	16	24	14	20
34-52	37	34	27	34	19	22
51-689	29	39	29	35	19	22
69-86	18	38	26	15	15	21
86-103	15	31	20	12	12	8
103-121	5	19	2	5	14	2
Toplam	153	191	128	134	98	98

6. sulama öncesi elde edilen kök uzunluklarına göre kök yoğunlukları SD1 ve SD4 konularında 17-69 cm'ler arasında, SD2 ve SD3 konusunda 17-103 cm'ler arasında ve SD6 konusunda ise 17-86 cm'ler arasındaki katmanlarda tespit edilmiştir (Şekil23).



Şekil 23. Minirhizotron tarayıcı ile 10.08.2011 tarihinde yapılan gözlemlerde tespit edilen kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımları

4.2.7. Konulu 7. sulama öncesi yapılan ölçümler

Konulu 7. sulama 18 Ağustos tarihlerinde yapılmıştır. Kök görüntüleri 17 Ağustos tarihinde alınmış ve Şekil.24’de verilmiştir.

17 Ağustos 2011Tarihinde kök görüntüleri						
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD6
0-17 cm						
17-34 cm						
34-52 cm						
52-69 cm						
69-86 cm						
86-103 cm						
103-121 cm						

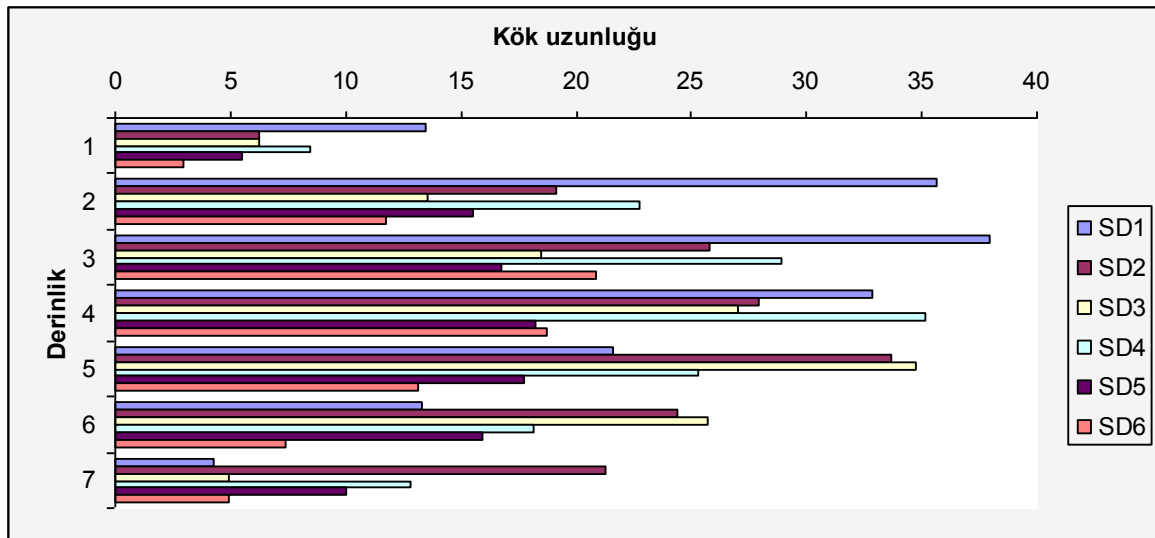
Şekil. 24 17.08.2011 Tarihinde konuların kök görüntüleri

Gerçekleştirilen kök görüntülerine göre 17 Ağustos tarihinde 120 cm ye kadar kök tespit edilmekle beraber etkili kök derinliğinin 70 cmde gerçekleştiği tespit edilmiştir. 7. sulama öncesi SD1 konusunda 159 m/m² ile en uzun kök uzunluğu tespit edilmiş ve SD6 konusunda 80 m/m² ile en kısa kök uzunluğu elde edilmiştir (Çizelge 13).

Çizelge 13. Minirhizotron tarayıcı ile 17.08.2011 tarihinde yapılan kök gözlemlerinde tespit edilen kök uzunlukları.

Toprak derinliği	Kök uzunlukları (m/m ²)					
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD6
0-17	13	6	6	8	5	3
17-34	36	19	14	23	16	12
34-52	38	26	18	29	17	21
51-689	33	28	27	35	18	19
69-86	22	34	35	25	18	13
86-103	13	24	26	18	16	7
103-121	4	21	5	13	10	5
Toplam	159	158	131	151	100	80

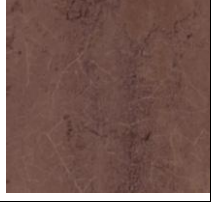




Kök uzunluklarının katmanlara göre dağılımı şekil 25’de verilmiştir. Şekle göre SD1 ve SD4 konularında 17-69 cm’ler arası katmanlarda kök yoğunluğu tespit edilmiş, SD2, SD3 ve SD5 konularında 17-86 cm’ler arası katmanlarda yoğunlaştığı görülmüş ve SD6 konusunda ise bu yoğunlaşma 34-69 cm’ler arasında saptanmıştır.



Şekil 25. Minirhizotron tarayıcı ile 17.08.2011 tarihinde yapılan gözlemlerde tespit edilen kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımları

4.2.8 Konulu 8. sulama öncesi yapılan ölçümler

Konulu 8. sulama 24 Ağustos tarihinde yapılmıştır. Kök görüntüleri 23 Ağustos tarihinde alınmış ve Şekil 26’da verilmiştir.

23 Ağustos 2011 Tarihinde kök görüntüleri					
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5
0-17 cm					
17-34 cm					
34-52 cm					
52-69 cm					
69-86 cm					
86-103 cm					
103-121 cm					

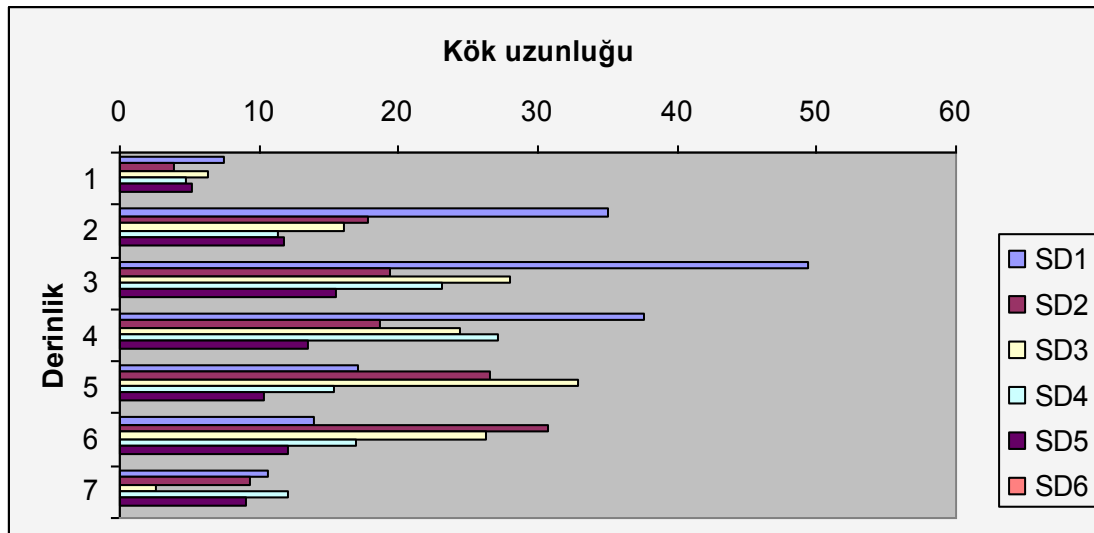
Şekil 26. 23.08.2011 Tarihinde konuların kök görüntüleri

Konulu 8. sulama öncesi elde edilen kök görüntülerine göre 120 cmde kök tespit edilmiş, etkili kök derinliğinin ise 80 cmde gerçekleştiği tespit edilmiştir. SD1 konusunda 171 m/m^2 ile en uzun kök uzunluğu tespit edilmiş ve SD5 konusunda 77 m/m^2 ile en kısa kök uzunluğu elde edilmiştir (Çizelge 14). Son konulu kök ölçümleri esnasında Minirhizotron kamera bozulduğu için SD6 konusunda ölçüm yapılamamıştır.

Çizelge 14. Minirhizotron tarayıcı ile 23.08.2011 tarihinde yapılan kök gözlemlerinde tespit edilen kök uzunlukları.

Toprak derinliği	Kök uzunlukları (m/m^2)					
	SD1	SD2	SD3	SD4	SD5	SD6
0–17	7	4	6	5	5	-
17–34	35	18	16	11	12	-
34–52	49	19	28	23	15	-
51–689	38	19	24	27	14	-
69–86	17	27	33	15	10	-
86–103	14	31	26	17	12	-
103-121	11	9	3	12	9	-
Toplam	171	126	137	111	77	-

2011 verilerine göre SD1 ve SD4 konularında 17-69 cm'ler arası katmanlarda kök yoğunluğu tespit edilmiş, SD2, SD3 ve SD5 konularında 17-86 cm'ler arası katmanlarda yoğunlaştığı görülmüştür (Şekil 27).



Şekil 27. Minirhizotron tarayıcı ile 23.08.2011 tarihinde yapılan gözlemlerde tespit edilen kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımları

Denemede ilk kök ölçümünden itibaren ölçüm yapılan tüm katmanlarda kök tespit edilmiştir. Ancak etkili kök derinliği 04.08.2010 tarihinde kadar 70 cm altında kalmıştır (Çizelge.5). Bu tarihten önce yapılan sulamalarda etkili kök derinliğinin 90 cm olması durumunda fazla sulama suyu uygulanmış olunacaktır. Bitkinin dikiminden sonraki ilk 55 gün öncesinde yapılan sulamalarda etkili kök derinliğinin 70 cm nin altında alınmalıdır.

4.3. Su-Verim İlişkileri ve Su Kullanım Randımanları

4.3.1 Su-Verim ilişkisi

Denemenin farklı konularına, 2011 yılında yapılan araştırmada uygulanan sulama suyu miktarları, elde edilen verimler ve hesaplanan mevsimlik su tüketimi değerleri Çizelge 5’te verilmiştir. Çizelgeden görüleceği üzere en fazla sulama suyu 590 mm SD1 konusuna uygulanırken, en az su 38 mm SD6 konusuna uygulanmıştır. Araştırma konularına ilişkin mevsimlik su tüketimi (ET) de sulama suyu miktarlarına benzer şekilde gerçekleşmiş ve en yüksek ET 544 mm değeri SD1 konusunda tespit edilirken, en düşük mevsimlik ET 113 mm değeri SD6 konusunda gerçekleşmiştir. Sulama suyu miktarı ile ET arasındaki farklılık üretim döneminde düşen yağışlar ile topraktan kaldırılan nemden kaynaklanmıştır.

Çizelge 15. Sulama suyu ve verim miktarları ile aralarındaki varyans analiz sonuçları.

Konu	Sulama suyu, (mm)	Verim (kg/da)
SD1	590	4614 ^A
SD2	476	3933 ^A
SD3	369	3731 ^A
SD4	259	2737 ^{AB}
SD5	148	2314 ^{AB}
SD6	38	827 ^B

Erken (2004) tarafından Çanakkale ilinde, damla sulama yöntemiyle sulanan biberde (*C. annuum* L) en uygun sulama programının belirlenmesi amacıyla yapılan çalışmada, 5 farklı sulama düzeyinin meyve verimi ve bazı kalite parametrelerine etkileri araştırılmıştır. Araştırmada, 2002 ve 2003 yılında farklı K = I/E0 katsayıları uygulanmıştır. 2002 yılında en yüksek 6888 kg/da verim K=0.75 katsayısının uygulandığı konudan, 2003 yılında ise en yüksek verim 6564 kg/da K= 1.00 katsayısının uygulandığı konudan elde edilmiştir.

Belirtilen konulara sırasıyla 609 mm ve 915 mm sulama suyu verilmiştir. Ayrıca, araştırmanın farklı konularından elde edilen meyvelerde yapılan kalite parametrelerine ilişkin inceleme sonuçlarının varyans analizinde, sulama düzeylerinin her iki yılda da verim ve kalite üzerinde etkili olduğu saptanmıştır.

Topçu (1988) yüksek tünellerde yetiştirilen biber bitkisinin (*Capsium annum var grossum*) verim ve kalitesi üzerinde sulama sıklığının etkisi, damla sulama kullanılarak test edilmiştir. Yürütülen çalışmada günlük ve üç günlük sulama sıklığının etkisi araştırılmıştır. Sonuçlar, seralarda yetiştirilen biberin verimi üzerinde çalışma konularının önemli etkilerinin olduğunu göstermiştir. Nitelik yönünden bir farklılık gözlenmemiş olmasına karşın günlük sulamalarla verimde önemli artışlar elde edilmiştir.

Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarı ile konulardan elde edilen verimler karşılıklı olarak istatistikî değerlendirmeye tabi tutulmuş ve belirtilen iki parametre arasında istatistikî anlamda $P < 0,05$ düzeyinde bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Elde edilen istatistikî bulgulara uygulanan Duncan testine göre konular 3 grup altında toplanmıştır. SD1, SD2 ve SD3 1. grubu oluştururken farklı su kısıtı seviyelerinin uygulandığı SD4 ve SD5 araştırma konuları 2. grup içerisinde yer almıştır ve SD6 konusu kendi başına bir grup oluşturmuştur (Çizelge 15).

4.3.2 Su kullanım randımanları

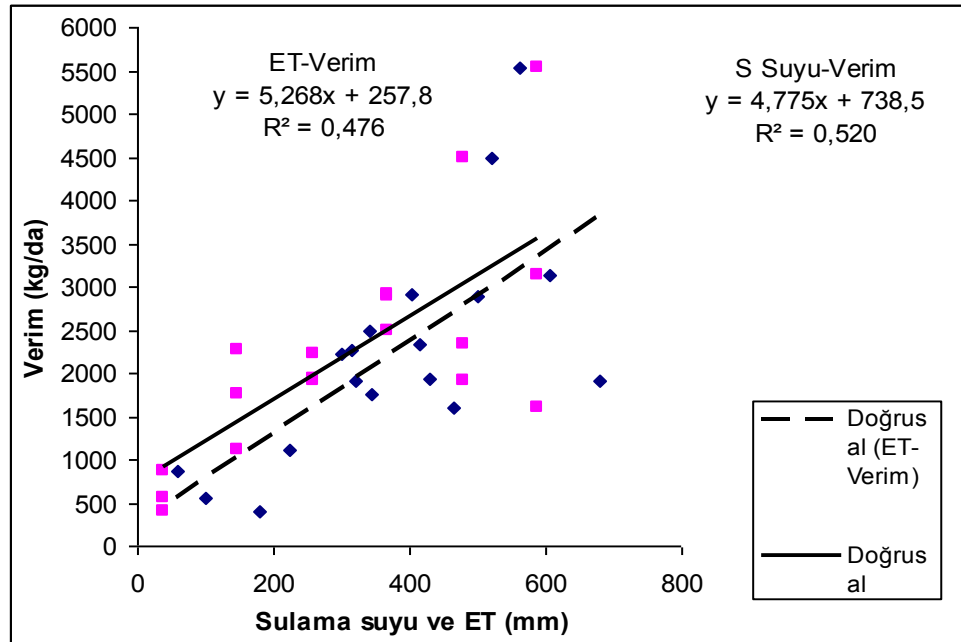
Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları, elde edilen verim değerleri ve hesaplanan mevsimlik ET değerlerine ilişkin bulgulardan hareket edilerek hesaplanan konulara ilişkin sulama suyu su kullanım randımanları (IWUE) ve su kullanım randımanları (WUE) Çizelge 18’de verilmiştir. Belirtilen çizelgede yer alan bulguların değerlendirilmesinden de görüleceği gibi, en yüksek sulama suyu kullanım randımanı $21,76 \text{ kg/m}^3$ SD6 konusundan elde edilirken, en düşük sulama suyu kullanım randımanı $7,82 \text{ kg/m}^3$ SD1 konusundan elde edilmiştir. Bulguların su kullanım randımanı açısından irdelenmesi ise en yüksek $9,00 \text{ kg/m}^3$ ve en düşük $7,31 \text{ kg/m}^3$ WUE değerlerinin, sırası ile SD3 ve SD2 konularında belirlendiğini göstermektedir.

Çizelge 16. Uygulanan sulama suyu ve gerçekleşen mevsimlik bitki su tüketimi ve verim miktarları

KONU	Sulama Suyu (mm)	ET (mm)	Verim (kg/da)	WUE (kg/m ³)	IWUE (kg/m ³)
SD1	590	544	4614	8,48	7,82
SD2	479	538	3933	7,31	8,21
SD3	369	414	3731	9,00	10,11
SD4	259	350	2737	7,81	10,57
SD5	148	295	2314	7,85	15,64
SD6	38	113	827	7,35	21,76

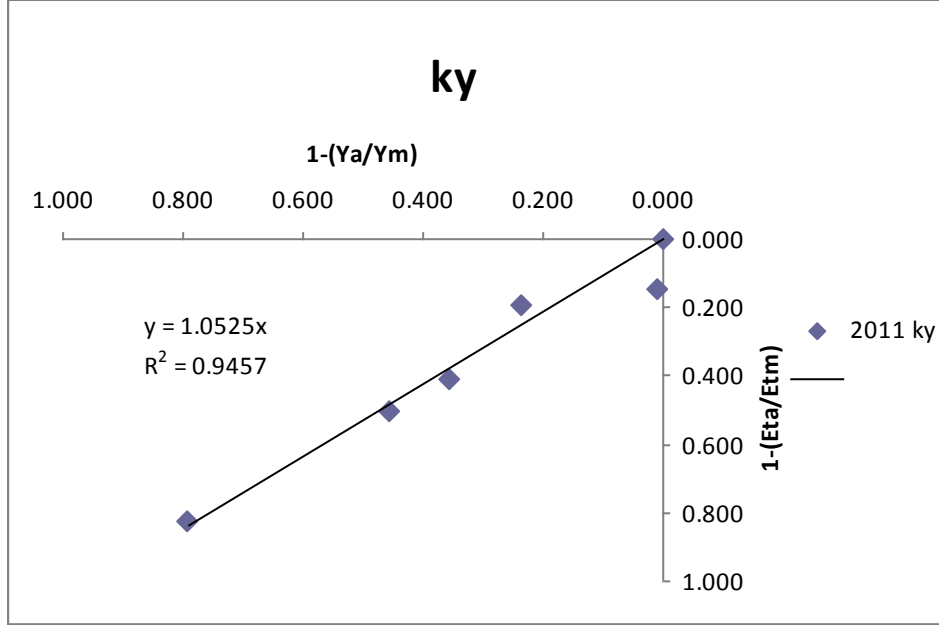
Denemede uygulanan sulama suyu miktarları ile gerçekleşen bitki su tüketimleri doğru orantılı olarak değişmiştir. Uygulan sulama suyu miktarına orantılı olarak mevsimlik bitki su tüketiminde ve verimde değişiklikler görülmüştür.

Değirmenci ve ark. (1996), Harran ovası koşullarında 1992-1994 yılları arasında yürüttükleri çalışmada biberin su tüketimini belirlemişlerdir. Araştırmaya göre, dikimden hemen sonra ilk su, Mayıs ayında 10-12 gün arayla, Haziran, Temmuz ve Ağustos aylarında 6-8 gün arayla, Eylül ayında 8-10 gün arayla, ekim ayında ise 10-12 gün arayla sulamalar yapmışlardır. Önerdikleri sulama programına göre 60,94 t/ha verim elde etmiş ve mevsimlik sulama suyu ihtiyacını 1643 mm, su tüketimini ise 1766 mm olarak belirlemişlerdir.



Şekil 28. Mevsimlik bitki su tüketimi, sulama suyu ve verim ilişkisi

Uygulanan sulama suyu miktarı ile verim ve mevsimlik bitki su tüketimi ile verim arasında tespit edilen ilişki Şekil 28’de sunulmuştur. Konulardan elde edilen verim ile sulama suyu ve mevsimlik bitki su tüketimleri arasında anlamlı doğrusal ilişki tespit edilmiştir.



Şekil 29. 2011 yılı verim tepki etmeni

4.4. Kalite Parametreleri

2011 yılında elde edilen ağırlık, boy, çap, pH, suda çözünebilir kuru madde miktarı ve titre edilebilir asit miktarı değerleri Çizelge 19’da verilmiştir. Gözlem bitkilerinden elde edilen (3 bitki) meyve ağırlıkları verilmiştir.

Çizelge 17. 2011 yılına ait kalite parametreleri

KONU	Ağırlık (gr)	Adet	Boy (cm)	Çap (mm)	pH	Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı (%)	Titre Edilebilir Asit Miktarı (%)
SD1	2425	60	36 ^A	26	5,30	8,38 ^A	1,18
SD2	2453	77	33 ^{AB}	24	4,80	8,37 ^A	0,98
SD3	2247	79	33 ^{AB}	25	4,88	8,83 ^B	0,98
SD4	2083	116	30 ^{BC}	20	4,92	9,40 ^{BC}	0,87
SD5	1417	103	30 ^{BC}	20	5,16	10,56 ^C	0,93
SD6	797	70	28 ^B	18	5,04	11,14 ^C	1,07

Konulara ilişkin meyve ağırlığı en fazla SD2 konusunda 2453 gr olarak ölçülmüştür. En fazla sulama suyu uygulanan SD1 konusunda 2425 gr, SD3 konusunda 2247 gr, SD4 konusunda 2083 gr, SD5 konusunda 1417 gr ve hiç sulama suyu uygulanmayan SD6 konusunda ise 797 gr meyve ağırlığı elde edilmiştir.

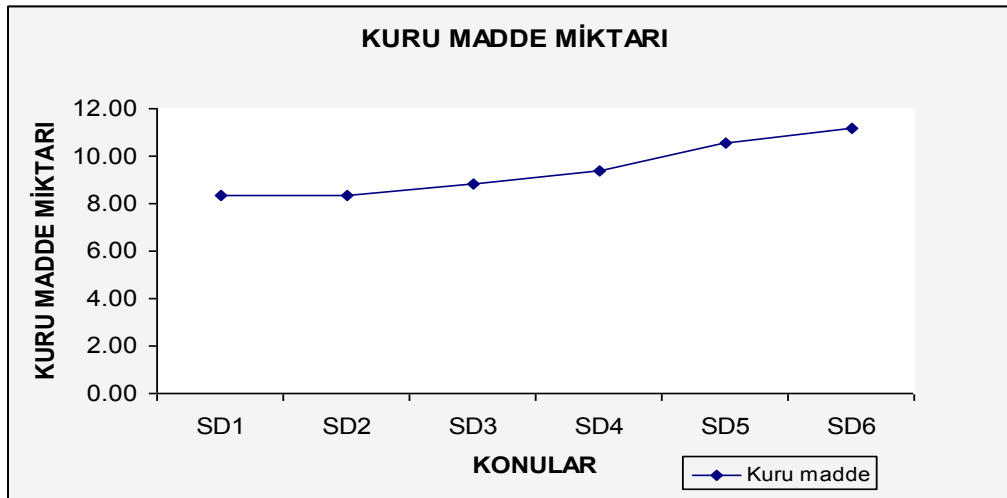
Biberin bitkisel özelliklerinin varyans analizi sonuçları ve çoklu karşılaştırmalara göre sonuçları çizelge 18’de verilmiştir. Yapılan karşılaştırma sonucunda sulama düzeyi-verim, sulama düzeyi –bitki boyu arasındaki ilişki 0,05 düzeyinde, sulama düzeyi- suda çözünebilir kuru madde miktarı 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge.18 Sulama düzeyine göre çoklu karşılaştırmalar

Değişim Kaynağı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması						
		Verim	Bitki Boyu	Bitki Çapı	Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı	Kök	pH	Titre Edilebilir Asit Miktarı
Sulama Düzeyi	5	3075441*	11.97*	47.78	4.07**	3364	0.11	0.04
Hata	12	1050042	2.56	28.67	0.11	2312	0.08	0.06

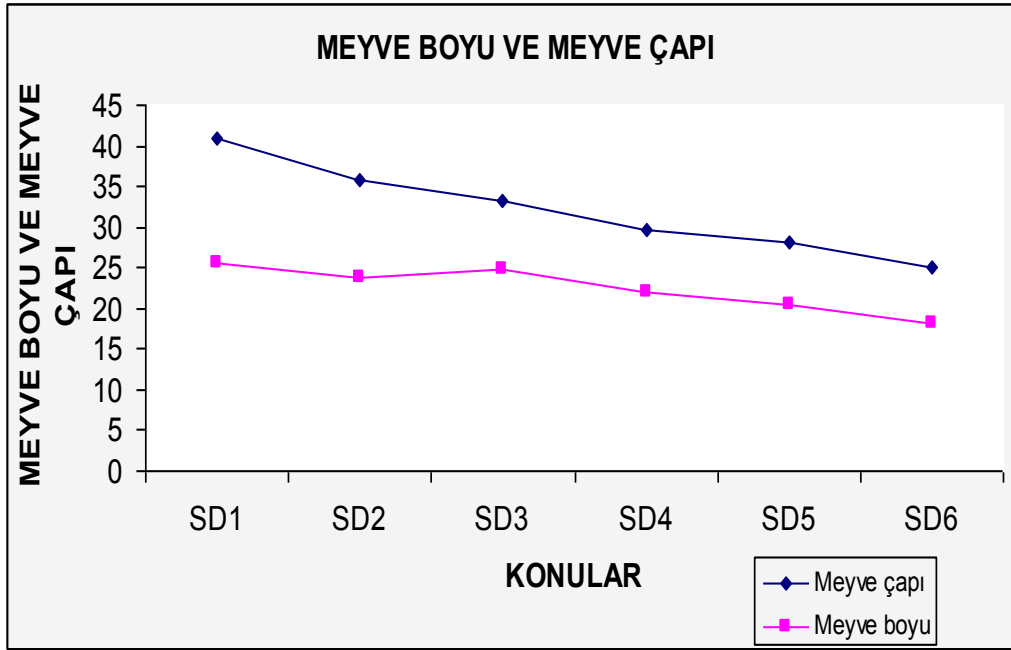
* 0,05 düzeyinde, ** 0,01 düzeyinde önemlidir.

.Uygulanan sulama suyu miktarına göre kuru madde miktarının değişimi Şekil 30’da verilmiştir. Şekle göre uygulanan sulama suyu miktarının azalmasıyla suda çözünen kuru madde miktarının arttığı görülmüştür. Bilişli (1991) Çanakkale’de yapmış olduğu çalışmada kapija çeşidi kırmızı biberin suda çözünür kuru madde miktarını %8,9 olarak bulmuştur. Bu değerler ile elde ettiğimiz değerler ile paralellik göstermektedir. Şekil 30’dan görüleceği gibi sulama suyu miktarı azaldıkça suda çözünebilir kuru madde miktarı değerlerinde artış meydana gelmiştir.



Şekil 30. Konulara göre kuru madde miktarı

Suda çözünebilir madde miktarı en fazla SD5 konusunda elde edilirken, en az SD2 konusunda elde edilmiştir. Yapılan istatistiksel analiz sonucunda sulama düzeyinin suda çözünebilir madde miktarı üzerine istatistiksel olarak $P < 0,001$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Suda çözünebilir madde miktarı değerleri üzerinden yapılan Duncan testine göre 4 farklı grup oluşmuştur. SD1 ve SD2 konuları 1. grubu oluştururken SD3 ve SD4 konuları tek başlarına 2. ve 3. grupları, SD5 ve SD6 konusu da 4. grubu oluşturmuştur.

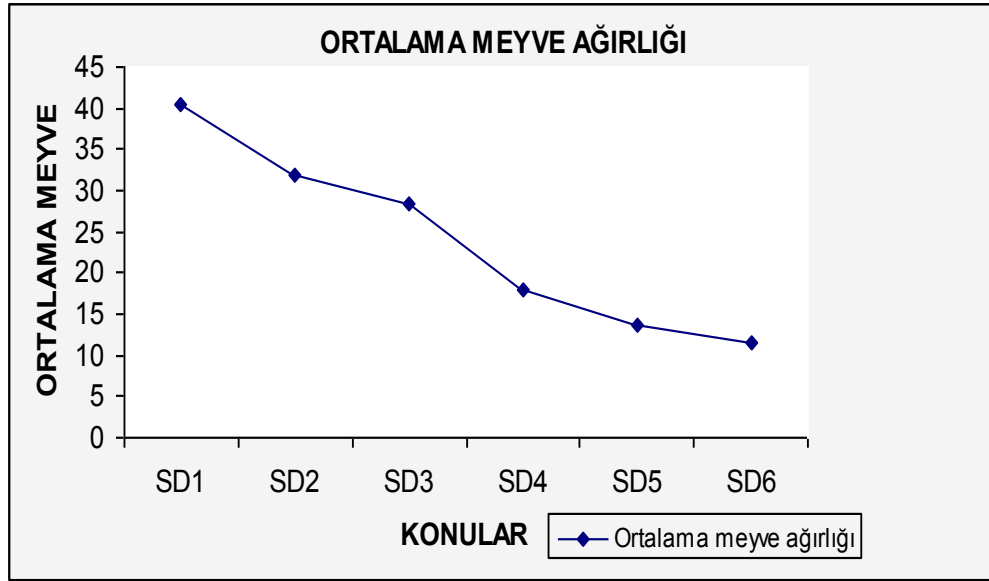


Şekil 31. Konulara göre meyve boyu ve çapı

2011 yılı meyve boyu ve meyve çapının uygulanan sulama miktarına göre değişimi verilmiştir (Şekil 31). Bu değişime göre sulama suyu miktarı azaldıkça meyve boy ve çapı da azalmıştır. Dağdelen ve ark. (2002), Aydın ovası koşullarında sanayi biberi yetiştiriciliğinde kısıtlı sulama suyu uygulamalarının biberde verim ve bazı kalite kriterleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yapmış oldukları çalışmada sonuç olarak, bitki gelişim dönemlerinde su kısıtlı uygulanan konuların meyve boyu, meyve et kalınlığı, meyve ağırlığı, bitki boyu ve kuru madde (briks) miktarı üzerine etkisinin önemli olduğunu, pH ve renk üzerine ise önemsiz olduğunu belirtmişlerdir.

Meyve boyu ve meyve çapı ölçümlerinde en fazla boy ve çap uzunlukları SD1 konusunda, en düşük uzunluklar ise SD6 konusunda görülmüştür. Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarı ile meyve boyu ve karşılıklı olarak istatistiksel

değerlendirmeye tabi tutulmuş ve belirtilen parametrelerin arasında istatistikî anlamda $P < 0,013$ düzeyinde bir ilişkinin varlığı tespit edilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı ve meyve boyu arasında elde edilen istatistikî bulgulara uygulanan Duncan testine göre konular 4 farklı grup oluşturmuştur. SD1 ve SD6 konuları tek başına 1. ve 4. grupları oluştururken SD2 ve SD3 2. grubu, SD4 ve SD5 3. grubu oluşturmaktadır. Uygulanan sulama suyu miktarı ve meyve çapı arasındaki istatistikî analiz sonucunda ise meyve çapı değerleri $P < 0,21$ düzeyinde önemli bulunmuş ancak uygulanan Duncan testine göre konular arasında gruplanma oluşmamıştır.



Şekil 32. Konulara göre ortalama meyve ağırlığı

Konulara göre uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça ortalama meyve ağırlığının azaldığı görülmüştür (Şekil 32).

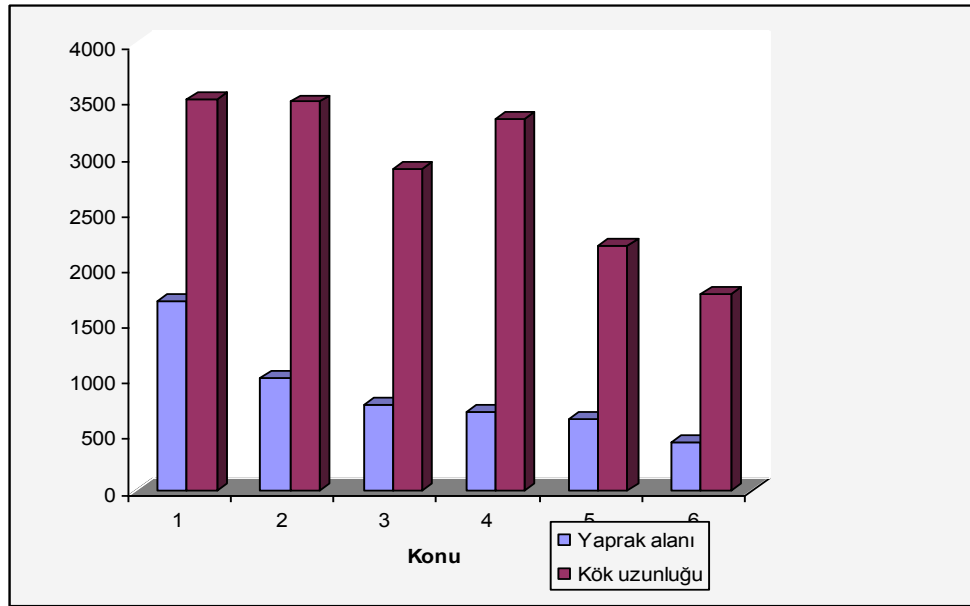
4.5 Bitki Yaprak Alanı - Kök Uzunluğu İlişkisi

Her konulu sulama öncesi alınan bitki örneklerinden hesaplanan yaprak alan değerleri ile sulama öncesi kök uzunlukları çizelge 19’da verilmiştir.

Çizelge 19. Bitki yaprak alanı ve kök uzunluğunun ilişkisi

	1. Konulu sulama		2. Konulu sulama		3. Konulu sulama		4. Konulu sulama		5. Konulu sulama	
	Alan cm ²	Uzunluk (m/m ²)	Alan cm ²	Uzunluk (m/m ²)	Alan cm ²	Uzunluk (m/m ²)	Alan cm ²	Uzunluk (m/m ²)	Alan cm ²	Uzunluk (m/m ²)
SD1	602	1725	947	2354	1547	2480	1606	3368	1697	3504
SD2	540	1904	765	1928	930	3574	988	4215	1003	3485
SD3	458	1363	613	1869	682	2909	715	2816	758	2877
SD4	330	1458	607	2700	633	2624	652	2952	705	3333
SD5	301	661	431	1183	555	1505	589	2163	640	2192
SD6	264	753	314	1396	395	2031	413	2168	423	1754

Her sulamada verilen su miktarına göre yaprak alanları ve kök uzunlukları artış göstermiştir. 1. konulu sulamada 602 cm²/bitki olan yaprak alanı 5. konulu sulamaya kadar 1697 cm²/bitki olmuş ve artış göstermiştir. Hiç sulanmayan SD6 konusunda ise 264 cm²/bitki iken, 423 cm²/bitki olmuştur.



Şekil 33. Konulara göre yaprak alanı ve kök uzunluğu gelişimi

Sulama suyu miktarının %100 olarak uygulandığı SD1 konusunda en fazla yaprak alanı ölçülmüştür. Uygulanan sulama suyu miktarı azaldıkça yaprak alanı da azalmıştır (Şekil 33). Farklı sulama sistemlerinin (geleneksel tam sulama, geleneksel kısıtlı sulama, PRD kısıtlı sulama) mısırdaki gelişim ve dane oluşumu üzerine

etkilerinin araştırıldığı çalışmada, sulama sistemlerinin yaprak alanı üzerine etkileri de incelenmiştir. Gelişim periyodu içerisinde en yüksek yaprak alanı tam sulamanın gerçekleştirildiği bitkilerde ölçülürken, bunu geleneksel kısıtlı sulama ve PRD sistemlerinin izlediği tespit edilmesine rağmen, elde edilen sonuçların istatistiksel olarak önemli olmadığı ifade edilmiştir (Kırda ve ark, 2005).

4.6. Su- Kök İlişkisi

Elde edilen kök uzunluklarına göre en uzun kök %100 sulama suyu uygulanan SD1 konusunda elde edilirken en az kök uzunluğu hiç su uygulanmayan SD6 konusunda elde edilmiştir (Çizelge 20). Kök uzunlukları ve uygulanan sulama suyu miktarı arasında yapılan istatistiki olarak önemi bir ilişki bulunamamıştır. Yapılan Duncan testi sonucunda da konular arasında gruplanma oluşmadığı görülmüştür.

Çizelge 20. Sulama suyu Kök uzunluğu ilişkisi

	Sulama suyu (mm)	Kök uzunluğu (m/m ²)
SD1	590	159
SD2	479	158
SD3	369	131
SD4	259	151
SD5	148	100
SD6	38	80

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

5.1 Sonuç

Bu çalışmada minirhizotron kamera ile elde edilen kök yoğunluğu görüntüleri esas alınarak yapılan sulamaların biberin kök gelişimi, verim ve su kullanım randımanlarına etkisi araştırılmıştır. Araştırma kapsamında 6 konu diğer bir ifade ile 6 farklı sulama düzeyi oluşturulmuştur. Konulardan SD1'e su kısıtı uygulanmamış ve toprak nemi açığı karşılanarak, ölçülen etili kök derinliğinde toprak profili tarla kapasitesine getirilmiştir. Diğer konulara ise %20 azalarak SD5'e %80, SD3'e %60, SD4'e %40, SD5'e %20 ve SD6'ya %0 sulama suyu uygulanmıştır.

Konuların her sulama öncesi kök görüntüleri alınarak toplam kök uzunluklarının tespit edilmesinin yanı sıra görüntü alınan katmanlarda kök uzunlukları da tespit edilmiştir. Böylece görüntü alınan katmanlarda kök yoğunlukları belirlenmiştir.

Elde edilen kök görüntülerine göre SD1 konusunda kök gelişiminin 17.08.2011 tarihine kadar devam ettiği gözlemlenmiştir. SD2 konusunda 10.09.2011 tarihine kadar artış gösterirken bu tarihten sonra azalmalar meydana gelmiştir. SD3, SD4 ve SD6 konularında 03.08.2011 tarihine kadar olan artışlar bu tarihten sonra azalmalar göstermiştir. SD4 konusunda ise 17.08.2011 tarihine kadar artış olmuştur.

Yetiştirme dönemi boyunca 13 kez sulama yapılmıştır. Denemede SD1 konusunda 590mm, SD2'de 479 mm 369, SD3'de 259, SD4'de 148 ve SD6'da 38 mm sulama suyu uygulanmıştır. SD1 konusuna uygulanan miktar benzer araştırmalar içerisinde en düşük miktarlardan birisidir. Bu etkili kök derinliği olarak ölçülerek elde olunan değerlerin kullanılmasından kaynaklanmıştır. Konularda gerçekleşen mevsimlik bitki su tüketimleri uygulanan sulama suyu miktarı ile doğru orantılı olarak değişmiştir. Buna göre SD1 konusunda 544 mm olur iken SD6 konusunda 113 mm mevsimlik su tüketimi gerçekleşmiştir.

Konulardan elde edilen verim uygulanan farklı sulama düzeylerine göre değişim göstermiştir. En yüksek verim SD1 konusunda 4614 kg/da, SD2'de 3933 kg/da, SD3'de 3731 kg/da, SD4'de 2737 kg/da ve SD5 konusunda 2314 kg/da, en düşük verim 827 kg/da ile SD6 konusunda elde edilmiştir.

Deneme konularında sulama suyu kullanım randımanlarında (IWUE) SD1 konusunda 7,82 kg/m³ değeri ile en düşük değeri elde edilirken SD6 konusunda 21,76 kg/m³ değeri elde edilmiştir. Su kullanım randımanları hesaplandığında ise en yüksek su

kullanım randımanı 9,00 kg/m³ olarak SD3 konusunda belirlenirken en düşük değeri de SD2 konusunda 7,31 kg/m³ olarak bulunmuştur.

Araştırmanın yürütüldüğü 2011 yılında sulama suyu miktarları meyve boyunu ve meyve çapını etkilemiştir. Denemede ölçülen bitkisel ölçümler sonunda deneme konularından SD1 konusunda en fazla bitki boyu 36 cm, en az ise SD6 konusunda 28 cm olarak ölçülmüş ve sulama suyu miktarı azaldıkça bitki boyunun da azaldığı tespit edilmiştir. Yine bitki çapı ölçümlerinde de en fazla çap SD1 konusunda 26 cm, en az ise SD6 konusunda 18 cm olarak ölçülmüştür.

Kimyasal analizler sonucunda ise en düşük pH değeri 4.80 değeri ile SD2 konusunda elde edilmiş, SD1 konusunda bu değer 5,30 iken SD6 konusunda 5,04 olarak tespit edilmiştir.

Suda çözünebilir kuru madde miktarı üzerinde deneme konuları etkili olmuştur. Suda çözünebilir madde miktarı değerleri ise en düşük değerini SD1’de 8,38 ve SD2’de 8,37 ile en küçük değerler ölçülmüş ve en yüksek değer 11,14 değeri ile SD6 konusunda gerçekleşmiştir.

Titre edilebilir asit miktarı ise en fazla SD1 konusunda 1,18 olarak elde edilirken en düşük değer SD4 konusunda 0,87 olarak ölçülmüştür.

5.2 Öneriler

Yapılan kök ölçümlerine göre etkili kök derinliğinin 1. sulamada 30 cm, 2. sulamada 30 cm, 3.sulamada 45 cm, 4. sulamada 45 cm, 5. sulamada 70 cm, 6. sulamada 70 cm, 7. sulamada 75 cm ve 8. sulamada 80 cm olduğu görülmüştür. Bu durumda dikimden sonra etkili kök derinliğinin bitkinin kök sisteminin gelişim durumuna göre tespit edilmesi gerekmektedir. Bu özellikle sulama suyu tasarrufu bakımından önem arz eder.

Araştırmada en yüksek verim SD1 ve SD2 konularında alınmıştır. Ayrıca sulama düzeyinin azalmasıyla meyve sayısı artmakla birlikte ortalama meyve ağırlığı, meyve boyu ve çapın da azalma göstermiştir. Buna göre özellikle taze olarak tüketilmesi amacıyla yapılan üretimlerde su kısıtına gidilmeden üretim yapılmalıdır. Su kısıtı bu durumda ürünün Pazar değerini düşürecektir. Bu nedenle sulamalar etkili kök derinliği için toprak nemi tarla kapasitesine getirilecek şekilde yapılmalıdır.

Araştırma sonucuna göre verim tepki etmeni “ $ky = 1.08$ ” olarak hesaplanmıştır. Salçalık biber üretiminde su kısıtı suda çözünebilir katı madde oranını yükseltirken verimi düşürmektedir. Bu nedenle benzer koşullarda su kısıtı uygulanması durumunda verim kaybı ile katı madde miktarında ki artış dikkate alınmalıdır.

KAYNAKLAR

- Aldemir D., 1993. Damla Yöntemiyle Sulanan Biber Bitkisinde A Sınıfı Buharlaştırma Kaplarından Yararlanarak Sulama Zamanlarının Planlanması (Yüksek Lisans Tezi, Ankara).
- Atak H., 1994. Sulama Aralığı ve Sulama Suyu Miktarının Biber (*Capsicum annuum L.*) Verimine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Ankara
- Bilişli A. ve Erhan M., 1991. Yeşil ve Kırmızı Olgunlukta Kapija Çeşidi Biberin Dondurularak Muhafazası Üzerinde Araştırmalar. Gıda-Yem Bilimi ve Teknolojisi. Bursa Gıda Teknolojisi Araştırma Enstitüsü, Sayı:1: 29-32
- Bohm W, Maduakor H, ve Taylor H.M., 1977. Comparison of five methods for characterizing soybean rooting density and development. *Agron. J.* 69: 415–419.
- Carmi A., Plaut Z. ve Sinai M., 1993. Cotton Root Growth as Affected by Changes in Soil Water Distribution and Their Impact on Plant Tolerance to Drought. *Irr. Sci. Berlin, W. Ger.: Springer Interational.* Vol: 13 (4): 177-182
- Çakır R., Cebi U., 2001. Kırklareli Sulama Projeleri Alanlarında Yetiştirilen Bazı Bitkilerin Etkili Kök Derinlikleri Üzerine Bir Araştırma. Köy Hizmetleri Atatürk Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Trakya Toprak ve Su Kaynakları Sempozyumu, Bildiriler Kitabı: 90-99, 24- 27 Mayıs 2001, Kırklareli.
- Dağdelen N., Yılmaz E., Baş T. ve Sezgin F., 2002. Kısıtlı Sulama Suyu Uygulamalarının Sanayi Biberi Verimine Etkisinin Belirlenmesi. IV. Sebze Tarımı Sempozyumu, Bildiriler Kitabı: 147-153.
- Dardanell 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.
- Değirmenci V., Kara C. ve Sözbilici Y., 1996. GAP Bölgesi Harran Ovası Koşullarında Biberin Sulama Programının Belirlenmesi. GAP 1. Sebze Sempozyumu, Bildiriler Kitabı: 201.
- Doorenbos J. ve Kassam A.H., 1979. Yield Response to Water, FAO Irr. and Drain. Paper No:33, Rome, Italy. Pp: 193.
- Erken O., 2004. Çanakkale Yöresinde Damla Sulama Yöntemiyle Sulanan Biberde (*Capsicum annuum*) En Uygun Sulama Programının Belirlenmesi. (Yüksek Lisans Tezi), Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Çanakkale.

- 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
- Ercan H., 1988. Örtü Altı Yetiştiriciliğinde Damla Yöntemi İle Sulanan Patlıcanda Farklı Sulama Aralıklarının Verim, Kalite Ve Erkenciliğe Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Güngör Y., Erözel A.Z. ve Yıldırım, O. 1996. Sulama. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları 1443, Ankara.
- Goldberg D., Gornat B. ve Rimon D., 1976. Drip Irrigation. *Drip Irr. Sci. Publ. Kfar Sharyahu-Israel*, 15-101
- Jaafar M., Stone L. ve Goodrum D., 1993. Rooting depth and dry matter development of sunflower. *Agronomy Journal*, 85 (2): 281-286.
- Kanber R., Yazar A. ve Eylen M., 1990. Çukurova Kosullarında Bugdaydan Sonra Yetistirilen İkinci Ürün Mısırın Su-Verim İlişkisi, Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yay. No: 173, Rapor Seri No: 108, Tarsus, Pp: 77.
- Korukçu A. ve Kanber, R., 1981. Su-Verim İlişkileri, TOPRAKSU Araştırma Ana Projesi, 435-1, Tarsus Merkez Topraksu Araştırma Ens., 49.
- Kırda, C., Topçu, S., Kaman, H.İ., Ülger A.C., Yazıcı A., Çetin M. ve Derici, M.R., 2005. Grain yield response and N- fertiliser recovery of maize under deficit irrigation. *Field Crops Research*, 93: 132-141.
- Kirkham M.B., Grecu S.J. ve Kanemasu E.T., 1998. Comparisons of s and the soil-water-depletion method to determine maize and soybean root length and depth, *Eur. J. Agron.*, 117-125.
- Kılınçer N., Çakmak İ., Eriş A., Kanber R., Kınacı E. ve Yurdakul O., 2002. TÜBİTAK'ın Tarım Sektörüne Yönelik Yaklaşım Ve Politikalarını Belirlemesine İlişkin Yapılan Değerlendirme Çalışması. TÜBİTAK-TOGTAĞ, Çittage Raporu. Basılmamış. Ankara, 146 S
- Küvetin Z. ve Türkeş T., 1987. Sebzeçilik. Genel Sebze Tarımı Prensipleri ve Pratik Sebzeçilik Yöntemleri. İnkılap Kitabevi Ticaret ve Sanayi Tic. A. Ş . Ankara Cad. No.95, İstanbul.
- Liedgens, M., Richner, W., 2001. Relation between maize (zea mays L.) leaf area and root density observed with s. *European Journal of Agronomy* 15,131-141.
- Mmolawa, K., Or, D., Root zone solute dynamics under drip irrigation: A review. 2000 Kluwer Academic Publishers, Printed in the Netherlands, (2000).
- Machado, R.M.A., Oliveira, M.R.G., 2003. Comparison of tomato root distributions by

- and destructive sampling. *Plant and Soil* 255: p.375-385.
- Nir D., 1982. Drip Irrigation, CRC, Handbook of Irrigation Technology, (1): 247-298, Editor; Herma J. Finkel. Boca Raton, Florida.
- Özbek H., Kaya Z., Gök M. ve Kaptan H., 1993. Toprak Bilimi. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Genel Yay ın No:73. Ders Kitapları Yayın No:16, Adana
- Sezgin F., Baş T., Yılmaz E. ve Dağdelen N., 2002. Örtüaltı Fasulye Yetiştiriciliğinde Uygun Sulama Programının Belirlenmesi. IV. Sebze Tarımı Sempozyumu, 17-20 Eylül 2002, Bursa, s. 155-162.
- Selenay M.F., 1986. Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Domates Bitkisinin Uygun Sulama Aralığı ve Uygulanacak Su Miktarının Saptanması, Doktora Tezi (Basılmamış), A.Ü., Ankara
- Şener S., Güngör H.ve Bayrak F., 1992. Su İletim ve Uygulama Randımanları. T.C. Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Genel Yayın No:15, Ankara. s. 40.
- Taş M., Değirmenci V. ve Nacar S., 2010. Gap Bölgesi Harran Ovası Koşullarında Karık Ve Damla Sulama Yöntemleriyle Urfa Biberinin Sulama Programının Belirlenmesi. 1. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu 1 Kahramanmaraş s.146
- Tekinel O., Kanber R. ve Çetin M., 2000. Su Kaynaklarının Geliştirme ve Kullanımı. Türkiye Ziraat Mühendisleri V. Teknik Kongresi Bildirileri(1): 231-259, Ankara.
- Topçu S., 1988. The Effect of Different Irrigation Intervals on the Yield and Quality of Peppers (*Capsicum annum* v. *grossum*) Grown Under Protected Conditions and irrigated by Drip Irrigation Method. (Yüksek Lisans Tezi) Çukurova University Institute of Natural Science, Irr. And Drain Engin. Dep., MsC Thesis, Adana, 67 p
- 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, 44
- Upchurch D.R. ve Ritchie, J.T., 1983. Root observations using a video recording system in *s. Agronomy Journal*, 75(6):1009–1015.
- Ul M.A., Tüzel İ.H. ve Tüzel Y., 1994. Sonbahar Dönemi Sera Domates Yetiştiriciliğinde Farklı Su Düzeylerinin Verim ve Kalite Üzerine Etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 31 (2-3): 9-16.

- Yıldırım O., Yanmaz R. ve Orta, H., 1994. Effect of Different Irrigation Methods and Irrigation Regimes On Pepper Yield. University of Ankara. Publications of Faculty of Agriculture: 1369. Scientific Research Reports: 758, Ankara.
- Yıldırım O. ve Korukçu A., 1999. Damla Sulama Sistemlerinin Projelenmesi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Ders Notları (Basılmamış), s.98-187.
- Yıldırım O., 1993. Bahçe Bitkileri Sulama Teknigi, A.Ü. Zir. Fak., Yayın No: 1281, Ankara, 214.
- Yıldırım, O., 1996. Sulama Sistemleri II. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No: 1449. Ders Kitabı: 429, Ankara.
- Wiesler F. ve Horst W.J. 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, 1994.

ÇİZELGELER

	Sayfa No
Çizelge 1. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri.....	9
Çizelge 2. Çanakkale ili ve çevresi bazı ortalama iklim verileri.....	9
Çizelge 3. Deneme yılına ait bazı meteorolojik veriler.....	10
Çizelge 4. Deneme konuları ve uygulanması öngörülen su alma oranları.....	14
Çizelge 5. Sulama tarihi, sulama suyu miktarı ve etkili kök derinliği.....	20
Çizelge 6. Konulara düşen su miktarları ve mevsimlik su tüketimi.....	21
Çizelge 7. Minirhizotron tarayıcı ile 22.06.2011 tarihinde yapılan kök gözlemlerinde tespit edilen kök uzunlukları.....	24
Çizelge 8. Minirhizotron tarayıcı ile 29.06.2011 tarihinde yapılan kök gözlemlerinde tespit edilen kök uzunlukları.....	26
Çizelge 9. Minirhizotron tarayıcı ile 20.07.2011 tarihinde yapılan kök gözlemlerinde tespit edilen kök uzunlukları.....	28
Çizelge 10. Minirhizotron tarayıcı ile 27.07.2011 tarihinde yapılan kök gözlemlerinde tespit edilen kök uzunlukları.....	31
Çizelge 11. Minirhizotron tarayıcı ile 03.08.2011 tarihinde yapılan kök gözlemlerinde tespit edilen kök uzunlukları.....	33
Çizelge 12. Minirhizotron tarayıcı ile 10.08.2011 tarihinde yapılan kök gözlemlerinde tespit edilen kök uzunlukları.....	35
Çizelge 13. Minirhizotron tarayıcı ile 17.08.2011 tarihinde yapılan kök gözlemlerinde tespit edilen kök uzunlukları.....	37
Çizelge 14. Minirhizotron tarayıcı ile 23.08.2011 tarihinde yapılan kök gözlemlerinde tespit edilen kök uzunlukları.....	39
Çizelge 15. 2011 Yılı sulama suyu ve verim miktarları ile aralarındaki varyans analiz sonuçları.....	40
Çizelge 16. Yıllara göre uygulanan sulama suyu ve gerçekleşen mevsimlik bitki su tüketimi ve verim miktarları.....	42
Çizelge 17. 2011 yılına ait kalite parametreleri	43
Çizelge 18. Sulama düzeyine göre çoklu karşılaştırmalar.....	44
Çizelge 19. Bitki yaprak alanı ve kök uzunluğunun ilişkisi.....	46
Çizelge 20. Sulama suyu Kök uzunluğu ilişkisi.....	48

ŞEKİLLER

Sayfa No

Şekil 1. Araştırma alanının yeri.....	8
Şekil 2. İklim istasyonu	10
Şekil 3. Denemede kullanılan biber çeşidi	11
Şekil 4. Cl-600 Root Scanner.....	12
Şekil 5. Minirhizotron kamerada ölçüm alınması	12
Şekil 6. Hydroprobe model nötronmetre	13
Şekil.7 Deneme düzeni	15
Şekil 8. Nötron ve gözlem tüplerinin yerleşim planı	16
Şekil 9. Minirhizotron tüp	17
Şekil 10. Minirhizotron tüpünün arazide konumlanması ve görüntü alınan derinlikler.....	18
Şekil 11. WinRHIZOTron programında işlenen kök görüntüleri	19
Şekil 12. 22.06.2011 Tarihinde konular ait kök görüntüleri.....	23
Şekil.13 Minirhizotron tarayıcı ile 22.06.2011 tarihinde yapılan gözlemlerde tespit edilen kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımları.....	24
Şekil.14 29.06.2011 Tarihinde konular ait kök görüntüleri.....	25
Şekil.15 Minirhizotron tarayıcı ile 29.06.2011 tarihinde yapılan gözlemlerde tespit edilen kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımları.....	26
Şekil.16 20.07.2011 Tarihinde konulara ait kök görüntüleri.....	27
Şekil.17 Minirhizotron tarayıcı ile 20.07.2011 tarihinde yapılan gözlemlerde tespit edilen kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımları	29
Şekil.18 27.07.2011 Tarihinde yapılan 2. Sulama öncesi konuların kök görüntüleri	30
Şekil.19 Minirhizotron tarayıcı ile 27.07.2011 tarihinde yapılan gözlemlerde tespit edilen kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımları.....	31
Şekil.20 03.08.2010 Tarihinde konuların kök görüntüleri	32

Şekil.21 Minirhizotron tarayıcı ile 03.08.2011 tarihinde yapılan gözlemlerde tespit edilen kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımları.....	33
Şekil.22 10.08.2011 Tarihinde konuların kök görüntüleri	34
Şekil23 Minirhizotron tarayıcı ile 10.08.2011 tarihinde yapılan gözlemlerde tespit edilen kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımları.....	35
Şekil. 24 17.08.2011 Tarihinde konuların kök görüntüleri.....	36
Şekil.25 Minirhizotron tarayıcı ile 10.08.2011 tarihinde yapılan gözlemlerde tespit edilen kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımları	37
Şekil. 26 23.08.2011 Tarihinde konuların kök görüntüleri	38
Şekil.27 Minirhizotron tarayıcı ile 23.08.2011 tarihinde yapılan gözlemlerde tespit edilen kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımları.....	39
Şekil 28. 2011 yılına ait mevsimlik bitki su tüketimi, sulama suyu ve verim ilişkisi	42
Şekil 29. 2011 yılı verim tepki etmeni	43
Şekil 30 Konulara göre kuru madde miktarı.....	44
Şekil 31 Konulara göre meyve boyu ve çapı.....	45
Şekil 32. Konulara göre ortalama meyve ağırlığı	46
Şekil 33. Konulara göre yaprak alanı ve kök uzunluğu gelişimi	47

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER:

Adı-Soyadı: Fevziye IŞIK

Doğum yeri: İstanbul

Doğum Tarihi: 24.06.1986

EĞİTİM DURUMU:

İlkokul: Yavuz Selim İlköğretim Okulu

Lise: Fatih Kız Lisesi

Üniversite: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi / Ziraat Fakültesi / Tarımsal Yapılar ve Sulama

Yüksek Lisans: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi / Fen Bilimleri Enstitüsü / Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

BİLİMSEL FAALİYETLERİ:

Minirhizotron Kamera İle Elde Edilen Kök Uzunluklarına Göre Yapılan Sulamaların Biberin Verim, Kök Gelişimi Ve Su Kullanım Randımanlarına Etkisi, Fevziye Işık, Muharrem Yetiş Yavuz, Recep Çakır, Yasemin Kavdır, Merve Deveciler, Çanakkale Tarımı Sempozyumu 10-11 Ocak 2011, Çanakkale (Poster Bildiri)

İLETİŞİM: fevziyeisik@gmail.com