

T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
DOKTORA TEZİ

**TOPRAK ALTINA SERİLEN SU TUTMA
BARIYERLERİNİN (STB) TOPRAK SU İÇERİĞİ
VE ÇİM BİTKİSİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**

Kürşad DEMİREL

Toprak Anabilim Dalı

Tezin Sunulduğu Tarih: 27.01.2012

Tez Danışmanı:

Doç. Dr. Yasemin KAVDIR

ÇANAKKALE

DOKTORA TEZİ SINAV SONUÇ FORMU

KÜRŞAD DEMİREL tarafından **DOÇ. DR. YASEMİN KAVDİR** yönetiminde hazırlanan “**TOPRAK ALTINA SERİLEN SU TUTMA BARIYERLERİNİN (STB) TOPRAK SU İÇERİĞİ VE ÇİM BİTKİSİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ**” başlıklı tez tarafımızdan okunmuş, kapsamı ve niteliği açısından bir Doktora tezi olarak kabul edilmiştir.

Doç. Dr. Yasemin KAVDİR

Danışman

Prof. Dr. Selçuk ALBUT

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Hasan ÖZCAN

Jüri Üyesi

Prof. Dr. Hüseyin EKİNCİ

Jüri Üyesi

Doç. Dr. Erhan AKKUZU

Jüri Üyesi

Sıra No :

Tez Savunma Tarihi: 27.01.2012

Prof. Dr. İsmet KAYA

Müdür

Fen Bilimleri Enstitüsü

Hazırlanan bu Doktora tezi ÇOMÜ-BAP tarafından 2010/148 no'lu projeden ve Almanya BMBF tarafından TUR 10/002 no'lu projeden desteklenmiştir.

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.

Kürşad DEMİREL

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, yardımlarını esirgemeyen ve çalışmamı yönlendiren saygı değer danışman hocam Doç. Dr. Yasemin KAVDIR'a, çalışma süresince bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Prof. Dr. Selçuk ALBUT ve Prof. Dr. Hasan ÖZCAN'a, STB konusunda verdiği fikirler için Prof. Dr. Alvin SMUCKER'a, modelleme konusunda yardımcı olan Prof. Dr. Rudiger ANLAUF'a, deneme arazisinin teminini sağlayan Yrd. Doç. Dr. Ferhan SAVRAN'a, denemenin planlanmasında bilgi ve deneyimlerinden yararlandığım Prof. Dr. İsmail Hakkı TÜZEL'e, fikirleriyle bana yön veren ve doktora süresince desteğini esirgemeyen Doç. Dr. Levent GENÇ'e, tez yazımının değerlendirilmesinde Doç. Dr. Erhan AKKUZU ve Dr. Gökhan ÇAMOĞLU'na, nem sensörleri konusunda Murat HARZADIN'a, arazi çalışmalarında yardım ve desteklerinden dolayı Onur TAYFUN, Fuat GÜL ve Recai ATAK'a ve doktora döneminin her evresinde bana destek olan hayat arkadaşım Selma DEMİREL'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Kürşad DEMİREL

SİMGELER VE KISALTMALAR

STB	Su Tutma Bariyeri
STB ₃₀	30 cm Derinliğe Serilen Su Tutma Bariyeri
STB ₄₀	40 cm Derinliğe Serilen Su Tutma Bariyeri
PE	Polietilen
EC	Elektriksel İletkenlik
pH	Toprak Reaksiyonu
FDR	Elektromanyetik Yansıma Frekansı
pf _{TK}	Tarla Kapasitesi İçin Uygulanan Basınç
pf _{SN}	Solma Noktası İçin Uygulanan Basınç
KSTK	Kullanılabilir Su Tutma Kapasitesi
TSSM	Toplam Sulama Suyu Miktarı
TSSM _{kısıt}	Su Kısıtında Uygulanan Toplam Sulama Suyu Miktarı
ESG	Ekimden Sonraki Gün
ET	Bitki Su Tüketimi
WUE	Su Kullanım Randımanı
IWUE	Sulama Suyu Kullanım Randımanı
YSİ	Yaprak Su İçeriği
YA	Yaş Ağırlık
KA	Kuru Ağırlık
r	Korelasyon Katsayısı
R ²	Belirtme Katsayısı
RMSE	Hata Kareleri Ortalamasının Karekökü
MAE	Ortalama Mutlak Hata
ME	Model Etkinliği

ÖZET

TOPRAK ALTINA SERİLEN SU TUTMA BARIYERLERİNİN (STB) TOPRAK SU İÇERİĞİ VE ÇİM BİTKİSİ GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Kürşad DEMİREL

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Fen Bilimleri Enstitüsü

Toprak Anabilim Dalı Doktora Tezi

Danışman: Doç. Dr. Yasemin KAVDIR

27/01/2012, 109

2010 ve 2011 yıllarında Çanakkale ili Ezine ilçesinde yaz döneminde yürütülen çalışmada, çim bitkisinin etkili kök derinliği altına serilen Su Tutma Bariyerlerinin (STB) toprak su içeriğine, bitki su tüketimine, verime ve bitkisel (bitki su içeriği, klorofil miktarı, kök gelişimi, görsel kalite) özelliklerine etkilerinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Ayrıca, sensörler yardımıyla ölçülen nem değerleri ile iklim ve toprak özellikleri kullanılarak HYDRUS/2D programında simülasyon modelleri oluşturulmuştur. Deneme, çim bitkisinin 30 cm ve 40 cm toprağın altına serilen STB’de, farklı sulama suyu miktarlarının (kullanılabilir su tutma kapasitesinin (KSTK) %100’ü, %66’sı ve %33’üne tamamlanması) uygulandığı 6 konu ile STB’nin uygulanmadığı ve KSTK’nın %100’ünün karşılandığı konu (kontrol) olmak üzere 7 farklı konudan oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda, deneme yıllarının ortalamasına göre STB uygulamalarının kontrol konusuna kıyasla %35-74 oranında su tasarrufu sağladığı görülmüştür. STB’nin 30 cm ve 40 cm derinliğe yerleştirildiği koşulda, KSTK’nın %100’ü ve %66’sına tamamlanarak yapılacak sulamanın Çanakkale koşullarında iyi kalitede çim yetiştiriciliği için uygun olduğu sonucuna varılmıştır. Bununla birlikte, KSTK’nın %33’ünün uygulandığı konularda çim bitkisi verim ve bitkisel özellikler açısından olumsuz etkilenmiştir. HYDRUS/2D modelleme programı kullanarak belirlenen nem değerleri ile araziden ölçülen gerçek nem değerleri arasındaki korelasyon katsayıları, deneme yıllarına göre 0.74-0.94 arasında bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, Çanakkale’de kumlu bünyeli topraklarda HYDRUS/2D modelinin arazideki nem değerlerini belirlemede kullanılabileceği söylenebilir. Sonuç olarak, bitki su tüketimi oldukça fazla olan çim bitkisinde STB uygulamaları ile önemli oranda su tasarrufu sağlandığı ve bu yöntemin kumlu bünyeye sahip topraklarda suyu muhafaza etmek için kullanılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar sözcükler: Su Tutma Bariyeri, Kısıtlı Sulama, Çim, Kumlu Toprak

ABSTRACT

EFFECTS OF WATER RETENTION BARRIERS (WRB) THAT PLACED UNDER SOIL ON SOIL WATER CONTENT, AND TURFGRASS PLANT DEVELOPMENT

Kürşad DEMİREL

Çanakkale Onsekiz Mart University

Graduate School

Soil Science, PhD

Advisor: Assoc. Prof. Dr. Yasemin KAVDIR

27/01/2012, 109

In this research, effects of water retention barrier (WRB) that was placed under effective rooting depth of turfgrass, on soil water content, plant water consumption, yield and plant properties (plant water content, chlorophyll, root development, visual quality) were investigated in Canakkale-Ezine in 2010 and 2011. Additionally, results were simulated with HYDRUS/2D by using water contents measured by sensors, climate and soil properties data. Treatments were WRB application depths (30 cm and 40 cm) and irrigation levels (100%, 66% and 33% of available water holding capacity) and control (no WRB and 100% of available water holding capacity). Results showed that WRB application saved 35-74% water compared to control treatment. WRB applications to depths of 30 cm and 40 cm and irrigation to 100% and 66% of available water holding capacity resulted a good quality of turfgrass growth under Canakkale climate conditions. When turfgrass was irrigated to 33% of available water holding capacity, plant properties and yield of turfgrass were negatively affected. Correlation coefficients between measured soil water contents and predicted (HYDRUS/2D) values were between 0.74-0.94. Therefore HYDRUS/2D model can be used to predict soil water content in Canakkale sandy soils. As a result, using SWRB in turfgrass which has high water consumption, saved water compared to control. This method can be used to save water within sandy soil profiles.

Keywords: Water Retention Barrier, Deficit Irrigation, Turfgrass, Sandy Soil

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
2.1. Toprakta Suyun Tutulması.....	4
2.2. Çim Bitkisinde Yapılmış Çalışmalar.....	7
2.3. Toprak Nem Sensörü ve HYDRUS/2D Modelleme Programı.....	19
BÖLÜM 3 – MATERYAL VE YÖNTEM.....	23
3.1. Materyal.....	23
3.1.1. Deneme Alanı.....	23
3.1.2. Toprak Özellikleri.....	23
3.1.3. Bitki Özellikleri.....	24
3.1.4. İklim Özellikleri.....	24
3.1.5. Denemede Kullanılan Alet ve Ekipmanlar.....	24
3.1.5.1. Su Tutma Bariyeri.....	24

3.1.5.2. Sulama Sistemi.....	25
3.1.5.3. Nem Sensörleri ve Veri Kaydediciler.....	25
3.1.5.4. Toprak-Su Analiz Cihazları.....	27
3.1.5.5. Bitki Analizleri.....	27
3.2. Yöntem.....	28
3.2.1. Toprak Analizleri.....	28
3.2.2. Kültürel İşlemler.....	29
3.2.2.1. Toprak İşleme ve Çim Ekimi.....	29
3.2.2.2. Gübreleme.....	29
3.2.2.3. Yabancı Ot Kontrolü ve İlaçlama.....	29
3.2.3. Deneme Düzeni.....	29
3.2.4. Uygulanan Sulama Suyu Miktarı.....	32
3.2.5. Bitki Su Tüketimi.....	32
3.2.6. Çim Bitkisinde Yeşil Ot ve Kuru Ot Verimleri.....	33
3.2.7. Su Kullanım Randımanları.....	34
3.2.8. Toprak ve Bitki Analizleri.....	34
3.2.8.1. Toprak Reaksiyonu ve Elektriksel İletkenlik.....	34
3.2.8.2. Klorofil Analizi.....	34
3.2.8.3. Görsel Kalite.....	35
3.2.8.4. Yaprak Su İçeriği.....	36
3.2.8.5. Kök Analizi.....	37

3.2.9. HYDRUS/2D Programı ile Toprak Neminin Modellenmesi.....	37
3.2.9.1. Model Girdileri.....	37
3.2.10. İstatistik Analiz.....	39
BÖLÜM 4 – ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA.....	41
4.1. Toprak Nemi Değişimleri.....	41
4.2. Yeşil Ot ve Kuru Ot Verimleri.....	45
4.3. Toplam Sulama Suyu Miktarı, Bitki Su Tüketimi ve Su Kullanım Randımanları.....	50
4.4. Toplam Sulama Suyu Miktarı ile Yeşil Ot Verimi Arasındaki İlişki ...	53
4.5. STB Uygulamalarındaki Su Tasarruf Oranları.....	53
4.6. Bitki ve Toprak Analiz Sonuçları.....	55
4.6.1. Toprak Reaksiyonu ve Elektriksel İletkenlik.....	55
4.6.2. Klorofil Miktarları.....	61
4.6.3. Görsel Kalite Analizi.....	65
4.6.4. Çimde Yaprak Su İçeriği.....	71
4.6.5. Çimde Kök Gelişimi.....	74
4.7. Toprak Neminin HYDRUS/2D Programı ile Modellenmesi.....	87
BÖLÜM 5 – SONUÇ VE ÖNERİLER.....	93
KAYNAKLAR.....	97
Çizelgeler.....	I
Şekiller.....	III
Özgeçmiş.....	V

BÖLÜM 1

GİRİŞ

Ülkemizde Doğu Karadeniz Bölgesi dışında diğer bölgelerde sulamanın yapılması zorunlu hale gelmiştir. Küresel ısınmanın etkisi ile birlikte su kaynakları her geçen gün azalmakta ve suyun önemi gittikçe artmaktadır. Nüfus ile birlikte gelişen sanayinin kirletici etkisinin sürekli artması, miktar ve kalite açısından azalan su kaynaklarının etkin ve sürdürülebilir kullanımını sağlayacak yeni teknolojik çözümlere olan ihtiyacı artırmaktadır. Son üç yüzyıl boyunca tarımsal, kentsel ve endüstriyel ihtiyaçları karşılamak için ihtiyaç duyulan tatlı su miktarı 35 kattan daha fazla artmıştır (Kırda ve Kanber, 1999). En önemli doğal kaynaklarımızdan olan topraklarımızın ve suyun, etkin ve aktif olarak sürdürülebilir kullanımı büyük önem arz etmektedir.

Tarımsal ve peyzaj amaçlı üretimde, nitelikli ve bol ürün alınabilmesi için bitkilerin yetiştirme koşullarını etkileyen faktörlerin ortaya konulması gerekmektedir. Toprak nemi bu faktörlerin en başında gelmektedir. Toprak nemi, ürünlerin büyümesine ve verimliliğine etki eden önemli bir faktördür. Uzaktan algılama, hassas tarım uygulamaları, yüzey ve yüzey altı su akışları, toprak-su-bitki-atmosfer modelleri güvenilir ve eş zamanlı olarak ölçülen toprak nemi değerlerine ihtiyaç duymaktadır. Toprak neminin yersel ve zamansal değişiminin bilinmesiyle su kaynaklarımız daha verimli olarak kullanılabilir ve çevre kirlenmesi daha da azaltılabilir. Toprak neminin algılanmasında farklı yöntemler geliştirilmiştir. Bu yöntemler arasında gravimetrik yöntem, nükleer yöntem, tansiyometre ve elektriksel direnç blokları sayılabilir. Söz konusu yöntemler ile aynı gün içerisinde farklı zamanlarda toprak neminin belirlenmesi zaman ve işgücü açısından sorun oluşturmaktadır. Ancak son yıllarda elektromanyetik algılayıcılar, toprak neminin belirlenmesi ve sürekli izlenmesinde yaygın olarak kullanılmaktadır. Toprak nem sensörleri, radyoaktif olmamaları, toprağın yüzeye yakın kısımlarında da doğru ölçümlerin yapılabilmesi, toprak neminin anlık olarak izlenmesi, çok az veya hiç bakım istememesi, kış boyunca toprak içerisinde kalabilmesi, son yıllarda maliyetlerinin sürekli düşüş göstermesi, bitkinin optimum gelişimi için verilmesi gereken su miktarının hesaplanmasında diğer yöntemlere göre olan kolaylığı nedeniyle sulama uygulamalarında sıkça kullanılmaktadır (Topp, 2003; Cardenas-Lailhacar ve Dukes, 2010). Toprak içerisindeki nemi belirlemek için kullanılan bu sensörler; toprak nem gerilimi (tansiyometrik) ve hacimsel su içeriği (volumetrik) olmak üzere iki farklı yöntemle ölçüm yapabilmektedir (McCready ve ark., 2009). Hacimsel su içeriğine göre ölçüm yapan

sensörler, elektromanyetik yansımaya (dielektrik) prensibine göre çalışmakta ve elektromanyetik yansımaya zamanına (TDR) (Carrow, 1996; Robinson ve ark., 2003; Topp, 2003), elektromanyetik iletme zamanına (TDT) (Harlow ve ark., 2003; Blonquist ve ark., 2005; Hedley ve Yule, 2009) ve elektromanyetik yansımaya frekansına (FDR) göre ölçüm yapanlar (Leib ve ark., 2003; Skierucha ve Wilczek, 2010) şeklinde sınıflandırılmaktadır.

Dış mekanların önemli bir bölümünü oluşturan yeşil alan bitkileri gerek mimari gerekse de estetik açıdan kullanılmakta ve insanların dinlenme ortamını oluşturmaktadır. Yapı çevrelerinde olduğu kadar, park, bahçe ve spor alanlarında da çim bitkisi önemli bir yere sahiptir (Zorer ve ark., 2004). Bununla birlikte, çok yıllık çim düzenli yağış alan bölgelerde yeşil ot ve kuru ot üretiminde kullanılmaktadır (Açıkgöz, 2001).

En fazla su tüketen bitkilerden biri çimdir. Çim bitkisinde sulama, yarı kurak ve kurak bölgelerde daha yaygın olmasına rağmen, özellikle peyzaj alanlarının yıl boyunca yeşil kalması istenildiğinden nemli iklim bölgelerinde de yaygın olarak yapılmaktadır (Carrow ve ark., 1990). Turgeon (1980)'a göre, çim alanlarda sulama toprakta yeterli düzeyde nemi sağlamak, gübre ve pestisit uygulamalarının etkili olabilmesi, çimlenmeyi sağlamak, sıcak günlerde çimlerin doku sıcaklıklarının düşürülmesi için yapılmaktadır (Emekli ve Baştuğ, 2007). Çim bitkisinin su tüketimi çimin çeşidine, yöresel iklim koşullarına, uygulanan sulama programına ve kültürel işlemlere (biçim, gübreleme ve sulama) bağlı olarak değişmektedir (Carrow ve ark., 1990; Richie ve ark., 2002). Çim bitkisinde kuraklık stresi, görsel kaliteyi (sürgün yoğunluğu, yaprak yapısı, çim rengi), büyüme oranını, bitki su tüketimini doğrudan etkilemektedir (Beard, 1973, 1989). Dolayısıyla peyzaj alanlarının korunması için en önemli faktörlerden biri bitkilerin gereksinim duyduğu suyun karşılanmasıdır. Yağmurlama sulama yöntemi, kullanılabilir su tutma kapasitesi düşük, su alma hızı yüksek, hafif bünyeli topraklarda, özellikle ekonomik değeri yüksek ve topraktaki nem eksikliğine duyarlı bitkilerin sulanmasında kullanılacak en uygun yöntemlerinden biridir (Yıldırım, 1996; Yüksel ve Erdem, 2002; Yıldırım, 2003). Bununla birlikte, yağmurlama sulama çim alanları için önerilen bir yöntemdir (Carrow ve ark., 1990). Bunun nedeni, bitkilerin doğal su alma yolu olan yağışa en yakın sulama yöntemi olmasıdır (Smith, 1997).

Yağışla veya sulama ile gelen suyun bir kısmı toprağın su tutma kapasitesine bağlı olarak tutulabilmekte ve kalan kısmı yüzey akış veya derine sızma gibi yollarla uzaklaşmaktadır. Kum içeriği yüksek topraklar doğru yönetildiği takdirde çok verimlidir. Fakat bu toprakların su tutma kapasiteleri düşük olduğu için verilen suyun %80-85'i drenajla kaybolmaktadır. Uzaklaşan bu suyun uygulanabilecek farklı yöntemlerle tarım

alanlarında tutularak bitki gelişim dönemlerinde kullanılması, yağışların büyük bir kısmı üretim mevsimi dışında düşen bölgeler için büyük bir katkı sağlayacaktır. Bu nedenden dolayı, yer altı suyuna karışan su ve besin elementlerinin de boşa gitmesini önlemek için başka tekniklere gereksinim duyulmaktadır. 1950 yılının başlarından itibaren toprakta suyun tutulması için toprak yüzeyine ve altına, çakıl uygulaması, asfalt uygulaması, malçlama, toprak işleme ve polimer (hidrojel) madde uygulaması yapılmıştır. Bu uygulamalar gerek uygulama zorluğu gerekse de ekonomik nedenlerden dolayı günümüzde geniş bir şekilde kullanım alanı bulamamıştır. Daha önce asfaltlama gibi benzer çalışmalar yapılsa da teknolojinin yetersiz olmasından ve toprak altına uygulama zorluğundan dolayı vazgeçilmiştir. Son yıllarda bu sistemleri toprak altına hızlı ve ekonomik olarak serebilen aletlerin geliştirilmesi önümüzdeki yıllarda bu tip yöntemlerin popüler hale gelmesini sağlayacaktır.

Bu çalışmada, su tutma kapasitesi oldukça düşük olan kumlu topraklarda yetiştirilen çim bitkisinin etkili kök derinliği altına serilen geçirimsiz Su Tutma Bariyeri (STB) ile suyun kök derinliğinde tutulması ve farklı STB derinliklerinin ve farklı sulama suyu miktarlarının çim bitkisinin bitki su tüketimine, yeşil ve kuru ot verimine ve bitkisel özelliklerine (kök gelişimi, bitki su içeriği, klorofil içeriği ve görsel değişim) etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, çim bitkisinde iki farklı STB derinliği (30 cm ve 40 cm), üç farklı sulama konusu (kullanılabilir su tutma kapasitesinin %100'ü, %66'sı ve %33'üne tamamlanması) ve STB örtü uygulanmayıp kullanılabilir su tutma kapasitesinin tamamının karşılandığı (kontrol) olmak üzere 7 farklı uygulama oluşturulmuştur. Ayrıca, toprak nem sensörlerinden elde edilen nem değerleri ile iklim ve toprak özellikleri kullanılarak HYDRUS/2D programı yardımıyla simülasyon modelleri de oluşturulmuştur. STB'nin toprakta suyun tutulmasındaki etkisinin belirlenmesi ve bu uygulamanın çim bitkisi üzerine olan etkileri çalışmanın ana amacını oluşturmaktadır.

BÖLÜM 2

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

2.1. Toprakta Suyun Tutulması

Suyun daha etkili kullanımı için yaklaşık 40 yıldır farklı çalışmalar yapılmıştır. Su uygulama randımanını arttırmak için yüzey sulama yöntemlerinden basınçlı sulama yöntemlerine geçişler başlamıştır. Basınçlı sulama yöntemlerinden yüksek randıman elde edilmesine rağmen, ülkemizde sulanan alanların büyük kısmında halen daha düşük maliyetli sulama yöntemi olan yüzey sulama yöntemleri uygulanmaktadır. Son yıllarda, sulama sisteminin maliyetinin bir kısmının devlet tarafından karşılanmasına ve su kaynaklarımızda azalmalar görülmesine rağmen düşük randımanlı sulama yöntemlerinden çok büyük oranda vazgeçilmediği görülmektedir. Sulama yöntemlerinden başka toprak içerisinde suyun tutulması da büyük öneme sahip olmaktadır. Özellikle su tutma kapasitesi düşük olan topraklarda hangi sulama yöntemini uygularsak uygulayalım toprak içerisinde suyun tutulan miktarında artış olamayacaktır.

Tarımsal üretimde, toprak nemi nitelikli ve bol ürün alınabilmesi için bitkilerin yetiştirme koşullarını etkileyen faktörlerin en başında gelmektedir. Toprak nemi, ürünlerin gelişmesine ve verimliliğine etki eden önemli bir faktördür. Küresel ısınmayla birlikte su daha da önemli bir tarımsal girdi olmuştur. STB uygulamaları ile sulamada yüksek kullanım etkinliği sağlanması beklenmektedir. Böylece bitki, toprak ve su arasında kararlı bir denge sağlanacaktır.

Türkiye’de yağışlar ağırlıklı olarak kış dönemlerinde düşmekte ve yaz aylarında ise genellikle kurak geçmektedir (DMİ, 2011). Bu nedenle, topraklarda alınacak önlemlerle tutulan su miktarının artırılması veya fazla suyun profil içerisinde depolanarak kullanılabilmesi döneme kadar muhafaza edilmesi su kaynaklarında tarımsal amaçlı su kullanımını azaltacaktır. Bu amaçla, toprakta suyun tutulması için farklı yöntemler geliştirilmiştir.

Bu bölümde, toprak içerisinde su ve bitki besin elementlerinin kullanım etkinliğinin artırılması ile ilgili yapılmış çalışmalar aşağıda özetlenmiştir.

Black ve Greb (1962), toprağın yüzeyinin belli kısımlarına veya tamamına plastik malçlama yapılmasının buharlaşmayı ve dolayısıyla bitki su tüketimini de azalttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, toprağın malç uygulandığı yerlerinde nitrat birikiminin arttığını gözlemlemişlerdir. Benzer sonuçları Clarkson ve Frazier (1957) ve Bennet ve ark. (1966) da bulmuşlardır.

Yapılan bir çalışmada, toprakta suyun tutulması için toprak yüzeyinden itibaren farklı derinliklere organik madde tabakası uygulanmıştır. Tabakanın 10 yıl boyunca bozulmadığı ve bu tabakanın aşağıya doğru su hareketini azalttığı sonucuna varılmıştır. Organik madde tabakasının 50-100 cm toprak altına serilmesi ve toprakta suyun tutulması için başka materyallerin de kullanılması gerekliliği önerilmiştir. Ayrıca, kumlu bünyeli topraklarda yüzeyden organik gübre uygulamasının toprak altına oranla daha az bir etkiye sahip olduğu belirtmiştir (Egerszegi, 1964).

Erickson ve ark. (1968), karık sulama yöntemi uygulanan hıyar, lahana, patates, fasulye, çeltik gibi farklı bitkilerde asfalt bariyer uygulaması yapmışlardır. Araştırma sonucunda, toprağın 20 cm altına serdikleri asfalt bariyerle 1/7 oranında su kullanarak 0.40 t/ha olan pirinç verimi 4.32 t/ha'a yükseldiğini, 60 cm altına serdikleri bariyer ile de söz konusu verimi 5.38 t/ha'a çıktığını bildirmişlerdir. Uygulama zorluğu nedeni ile bu yöntem çok kullanılamamıştır.

Smucker (1969), Michigan'da toprak altına asfalt bariyer uygulaması ile ilgili yaptığı çalışmada, bu uygulamanın su kullanımını %40 azalttığını, lahana ve hıyar verimini iki kat, patates verimini de %50 arttırdığını bulmuştur. Araştırmacı, paralel olarak yürüttüğü Taiwan'daki çalışmada ise, normal şartlarda verilen sulama suyunun %20'si verilerek pirinç veriminin %400'den daha fazla arttığını, şeker kamışında ise %30 sulama suyu ile biyokütlelerin %300 oranında arttığını belirtmiştir. Hansen ve Erickson (1969), Palta ve ark. (1974), asfalt bariyer uygulaması ile yaptıkları çalışmalarda su kullanımının azaldığını ve buna karşılık da verimin arttığını belirtmişlerdir.

Parks ve ark. (1970), toprak altına plastik bariyer ve bu bariyer üzerine nitrat bandı uygulamışlardır. Araştırmanın sonucunda, bitkilerin N içeriklerinde artış olmadığını belirtmişlerdir.

Unger (1971), laboratuvar ve tarla koşullarında çakıllı kum tabakasını toprak yüzeyine veya altına uyguladıkları çalışmada, bu uygulamanın toprak işleme esnasında problemler çıkardığı sonucuna varmıştır. Araştırmacı, bu yöntemin toprak işlemenin en az olduğu ağaçlar için uygun olduğunu ve bu katmanın ağaç gövdesinin etrafına bir daire şeklinde örtülmesi gerektiğini belirtmiştir.

Willis ve Bond (1971), laboratuvar koşullarında yaptıkları bir çalışmada, farklı derinliklerde (2.5 cm ve 7.5 cm) ve farklı günlerde (1, 4, 7 ve 18 gün) toprak işleme yapmışlar ve işlenen topraklarda toprak işleme yapılmayana göre buharlaşmanın azaldığı sonucuna varmışlardır. Araştırmacılar, toprak işlemenin etkili olabilmesi için

buharlaştırmanın yüksek olduğu erken dönemlerde yapılması gerektiğini bildirmişlerdir. Sonuç olarak, derin toprak işleminin buharlaşmayı azalttığı sonucuna varmışlardır.

Garrity ve ark. (1992), iki farklı ülkede (Tayland ve Filipinler) yürüttükleri çalışmada, kumlu toprak bünyesine sahip alanlarda iki farklı toprak derinliğine (25 cm ve 40 cm) serilen perkolasyon bariyerlerinin pirinç verimine etkilerini araştırmışlardır. Tayland'da toplam kuru madde veriminin 1.6 t/ha dan 6.2 t/ha'ya arttığını, pirinç veriminin ise 1.8-2.7 t/ha arasında değiştiğini ve bariyer yerleştirilmeyen alanlarda iki yıl tekrarlanan denemede pirinç dane veriminin elde edilemediğini belirtmişlerdir. Filipinlerde ise bariyer uygulanan alanlarda verimin 3.2-5.7 t/ha arasında, bariyer uygulanmayan alanlarda ise 1.5-3.3 t/ha arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Uygulama zorluğu nedeni ile bu yöntem çok kullanılamamıştır.

Hayat ve Ali (2004), toprakta suyun tutulması için polimer madde uygulamışlar ve bu maddenin toprak özelliklerine ve domates verimine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, farklı miktarda polimer uygulaması yapmışlar ve toprakların nem tutma düzeylerinin %30'dan %850'ye çıktığını, vejetatif gelişmenin ve meyve veriminin arttığını, bitkilerdeki N, P, K'nin değişmediğini belirtmişlerdir.

Galvez ve Barahona (2005), toprakta suyun tutulması için farklı toprak bünyesine sahip toprakları sıkıştırarak normal koşullar ile karşılaştırma yapmışlardır. Sonuçta, kumlu-tınlı toprak dışındaki diğer toprak bünyelerinde suyun tutulmasında bir artış sağlandığını bildirmişlerdir. Bu metod ise su tutulmasını arttırsa da toprak fiziksel özelliklerini bozacağından verimi olumsuz etkilemektedir.

Abedi-Koupai ve Asadkazemi (2006), arazi koşulları altında polimer maddesinin (hidrojel) "*Cupressus arizonica*" süs bitkisinde büyüme indekslerine etkilerini ve laboratuvar şartlarında ise toprak su karakteristik eğrisine etkilerini incelemişlerdir. Araştırmacılar, laboratuvar koşullarında iki farklı toprak bünyesinde (killi ve kumlu tın) 4 gr/kg ve 6 gr/kg polimer madde uygulamışlardır. 6 gr/kg hidrojel uygulanan kumlu-tınlı toprakta kullanılabilir su tutma kapasitesinin 2.3 kat arttığını belirtmişlerdir. Arazi uygulamasında ise iki farklı sulama (ET'nin %33 ve %66'sının verilmesi) uygulamasında iki farklı 4 gr/kg ve 6 gr/kg polimer madde uygulamışlardır. Bu değerleri, polimer madde uygulanmayan ve ET'nin %100'ünün uygulandığı kontrol uygulamasıyla karşılaştırmışlardır. ET'nin %66'sının uygulandığı konuda 4 gr/kg ve 6 gr/kg polimer madde uygulamasında bitki boyu, sürgün çapı ve yeşil kalma uzunluğu bakımından benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Araştırma sonucunda, 1/3 oranında su kısıtı ile birlikte polimer

madde uygulamasının özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

Sivapalan (2006), laboratuvar koşullarında poliakrilamid jel uygulamasının kumlu topraklarda su tutma kapasitesine etkisini araştırmıştır. Çalışmada, 0.01 MPa basınç altında toprağa %0.03 ve %0.07 poliakrilamid jel uygulamış ve bu uygulamalarının sırasıyla su tutma kapasitesini %23 ve %95 oranında arttırdığını tespit etmiştir.

Birçok araştırmacı tarafından (Callaghan ve ark., 1989; Huttermann ve ark., 1990; Save ve ark., 1995; Boartright ve ark., 1997; Specht ve Harvey-Jones J, 2000) polimer madde çalışmaları denemelerde kullanılmış, benzer ve olumlu sonuçlar alınmıştır. Polimer maddeler çok iyi olumlu sonuçlar vermesine rağmen, toprakta uzun yıllar aynı performansı sergilememeleri, arazi koşullarında elde edilen verim sonuçlarının saksılara göre daha az olması ve maliyetli oluşları polimer maddelerin kullanılmasını etkileyen faktörlerdir.

Toprakta suyun tutulması için uygulanan yöntemlerden bazılarının kısa süreler için iyi sonuçlar vermesi, bazılarının yüksek maliyetli oluşu ve büyük alanlara uygulama zorluğu nedeniyle çok fazla kullanım alanı bulamamışlardır.

Toprak içine geçirimsiz bariyer olarak kullanılan polietilen (PE) malzemelerinin yerleştirilmesi, hem hızlı perkolasyonun zararlı etkilerini hem de düşük kaliteli yeraltı suyunun yukarıya hareketini azaltacak bir yaklaşımdır. PE örtünün, polimer maddelere göre toprakta daha uzun süre tutulması, bilinen herhangi bir zararlı yan etkisinin bulunmaması, arazi koşullarında sadece 1 kez toprağa uygulanması ve maliyeti bakımından daha uygun olması başlıca avantajlarıdır. Ayrıca geliştirilen PE örtü yöntemi, üründe artışa neden olurken işgücünden, enerjiden ve su kaynaklarından önemli oranda tasarruf sağlayacaktır. Eğimli arazilerde kullanılamaması, PE örtünün dezavantajı olarak göze çarpmaktadır. Bununla birlikte, 27 814 437 ha tarım alanına sahip ülkemizde düz eğimli (%0-2) toprakların kapladığı alan yaklaşık %32.9'dur (TÇA, 2004). Diğer bir dezavantajı ise bu örtünün toprak altına serilmesidir. Amerika'da yapılan bir proje kapsamında 2011 yılında PE örtü serme makinesi yapılmıştır.

2.2. Çim Bitkisinde Yapılmış Çalışmalar

Çim bitkisi sıcak (*Bermudagrass*, *St Augustinegrass*, *Seashore paspalum*, *Zoysiagrass*, *Kikuyugrass* vb.) ve serin (*Kentucky bluegrass*, *Perennial ryegrass*, *Tall fescue*, *Creeping bentgrass*, *Annual ryegrass* vb.) iklim türleri olmak üzere iki farklı gruba ayrılırlar. Sıcak iklim çim türleri serin iklim türlerine oranla daha az su tüketirler. Su kullanımındaki bu farklılık, kurak ve sıcak koşullar altında yetişen çimlerde meydana gelen fotosentez sürecindeki değişimlerden kaynaklanmaktadır. İç yaprak anatomisi ve

biyokimyasal reaksiyonları içeren bu değişimler, sıcak iklim türlerinde fotosentetik verimliliğin büyük ölçüde artmasına ve su kullanımının azalmasına yardımcı olmaktadır. Stomalardaki bu kısmen kapalılık bitkideki su kullanımını yavaşlatmaktadır. Fotosentetik verimin daha az olduğu serin iklim türleri büyümeyi devam ettirebilmesi için yeterli miktarda karbonhidrat üretimi sağlayamadığından, söz konusu türlerin stomaları neredeyse her zaman açıktır. Böylece, suyun kısıtlı olduğu durumlarda serin iklim türlerindeki terleme oranı sıcak iklim türlerine oranla daha yüksektir (Gibeault ve ark., 1989).

Çim bitkisi normal büyüme ve gelişimi için sürekli bir toprak nemine ihtiyaç duymaktadır (Kanapeckas ve ark., 2008). Bazı çim çeşitleri sıcaklığa karşı daha dayanıklı olmasına rağmen, kurak ve yarı-kurak koşullar altında yetiştirilen çim çeşitlerinde yıllık düşen yağış yetersiz olduğundan sulamanın yapılması kaçınılmazdır. Çim bitkisine uygulanacak olan sulama suyu miktarı, iklim parametreleri (sıcaklık, bağıl nem, rüzgar hızı, güneşlenme süresi), toprak özellikleri (toprak tekstürü, organik madde miktarı) ve bitki özelliklerine (çim çeşidi, kök derinliği) göre değişmektedir.

Bitki su tüketimi (evapotranspirasyon), bitkiden terleme (transpirasyon) ve toprak yüzeyinden buharlaşmayla (evaporasyon) meydana gelen su kaybının toplamı olarak ifade edilmektedir. Çim, kıyas bitki olarak esas alındığında ise referans bitki su tüketimi (ET_o) olarak tanımlanmaktadır. Referans bitki su tüketiminin belirlenmesi, sulama planlanması ve programlanması, havza hidroloji çalışmaları, bitki büyüme modelleri ve toprak-su bütçesi simülasyon modelleri için gerekli olmaktadır (Donatelli ve ark., 2006).

Çim bitkisi peyzaj alanlarında yaygın olarak kullanılan bir bitki olduğu için, görsel kalite çok önemlidir. Görsel kalite, besin elementleri ve toprak nem içeriği ile doğrudan ilişkilidir. Toprakta su ve besin elementlerindeki değişimler çimin klorofil miktarını, yaprak su içeriğini, yeşil ot verimi ve kök gelişimlerini etkileyebilmektedir. Çim bitkisinde kök boyutu ve derinliğinin artması sayesinde su alımının artması kuraklığa dayanıklılık mekanizmasında en çok arzu edilen konulardan biridir. Bu durum çim bitkisinin sulama suyu ihtiyacını da azaltmaktadır (Karcher ve ark., 2008). Çim bitkisinin kök derinliği, bitki kullanımını için kullanılabilir bir su deposu olarak hizmet eden toprağın hacmini belirler ve derin köklere sahip bir çim sığ köklere sahip bir çime göre daha az sulama suyuna ihtiyaç duymaktadır (Wu, 1985). Su stresi altındaki çimde, toprağın alt tarafındaki kök gelişimi toprağın üst tarafına oranla daha fazla olmaktadır (Schmidt, 1973). Bununla birlikte, çim bitkisi su stresine girdiği zaman, büyüme oranı, kök gelişimi, klorofil miktarı ve görsel kalite azalmaya başlamaktadır (Carrow, 1985).

Bu bölümde, çim bitkisinde bitki su tüketimi, sulama suyu ihtiyacı, yeşil ot ve kuru ot verimi, görsel kalite, yaprak su içeriği, klorofil miktarı ve kök gelişimi ile ilgili yapılmış çalışmalara ilişkin özet bilgiler verilmiştir.

Youngner ve ark. (1981), iki farklı sıcak iklim çeşidinde (*St. augustinegrass*, *Common bermudagrass*) ve iki farklı serin iklim çeşidinde (*Tall fescue*, *Merion kentucky bluegrass*) beş farklı sulama uygulamasında (kontrollü, pan buharlaşma kabı ve 3 farklı tansiyometre ayarına göre sulama) görsel kaliteyi, kök derinliğini, yabancı ot oranını, toprak tuzluluğunu incelemiştir. Görsel kalite bakımından, farklı sulama uygulamalarında sıcak iklim çeşitlerinde farklılık bulmamalarına rağmen, serin iklim çeşitlerinde farklılık tespit etmişlerdir. Bununla birlikte, farklı uygulamaların kök derinliklerini etkilemediğini belirterek, deneme sonunda uygulamalar arasındaki toprak tuz seviyelerinin değişmediğini bildirmişlerdir.

Harivandi ve Butler (1982), Amerika'da yapmış oldukları çalışmada, Kentucky çim çeşitlerinde klorofil ve demir içeriklerini araştırmışlardır. Tüm çeşitlerin ortalama klorofil miktarını 1.53-3.65 mg/g olarak bulmuşlardır. Ayrıca, söz konusu çim çeşitlerinde görsel kaliteyi de incelemiştir. Görsel kalite için 1-10 skalasını kullanmışlar ve çim çeşitlerine göre 2-10 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

O'Neil ve Carrow (1983), İngiliz çiminde (*Lolium perenne L.*) üç farklı toprak tipinin (sıkıştırılmamış, orta derecede sıkıştırılmış ve ağır derecede sıkıştırılmış) bitki su tüketimine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, bitki su tüketimlerini sırasıyla 10.1 mm/gün, 6.3 mm/gün, 3.2 mm/gün olarak bulmuşlardır (Aydınşakir ve ark., 2003).

Beard (1985), serin iklim çim türlerinin bitki su tüketimi miktarlarının sıcak iklim çim türlerine göre çok yüksek olmadığını belirtmiştir. Sıcak iklim çim türlerinden biri olan *St Augustinegrass*'ın en yüksek ET değerlerine sahip olduğu ve söz konusu değerlerin 9.6-12.2 mm/gün arasında değiştiğini belirtmiştir. Serin iklim çim çeşitlerinde ise *Tall fescue*'nun en yüksek ET değerlerine sahip olduğunu ve bu değerlerin 10.6-12.6 mm arasında değiştiğini tespit etmiştir (Carrow ve ark., 1990).

Aronson ve ark. (1987), orta derecede buharlaşma koşulları altında kuraklığa dayanıklılık bakımından 4 farklı serin iklim çim çeşidini (*Kentucky bluegrass "Baron"*, *Perennial ryegrass "Yorktown II" (Lolium perenne L.)*, *Chewings fescue "Jamestown" (F. rubra var. commutata Gaud.)* ve *Hard fescue "Tournament"*) karşılaştırmışlardır. Toprak nem içeriğini lizimetre yardımıyla belirlemişler. Ayrıca, ET ve toprak su potansiyeli arasındaki ilişkiyi belirlemek için tansiyometre ve alçı bloklarını kullanmışlardır. Toprak içerisinde matrik potansiyelin -60 kPa (0.6 atm) fazla olduğu koşullarda, *Kentucky*

bluegrass ve *Perennial ryegrass* çeşitlerinin kabul edilebilir görsel kalitenin altına düştüğünü belirtmişlerdir. Bununla birlikte, matrik potansiyelin -125 kPa (1.25 atm) altına düştüğünde ise çim bitkisi yapraklarının gelişiminin durduğunu bildirmişlerdir.

Gibeault ve ark. (1989), Amerika'da sıcak ve serin iklim çeşitlerinde yapmış oldukları çalışmada, farklı sulama suyu uygulamalarında (bitki su tüketiminin %100'ü, %80'i ve %60'ının geri verilmesi) söz konusu çeşitlerde bitki su tüketimini, görsel kaliteyi, kök gelişimini incelemişlerdir. Araştırmacılar, görsel kalitenin değerlendirilmesinde 1-9 skalasını kullanmışlar ve 29 ay boyunca çimlerdeki değişimi gözlemlemişlerdir. Çalışma sonucunda, serin ve sıcak iklim çim çeşitlerinde görsel kalitenin sırasıyla 4.8-6.2 ve 4.2-6.5 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Hays ve ark. (1991), sera ortamında kurak koşullar altında iki tekrarlamalı olarak yaptıkları çalışmada, farklı Bermuda çimi genotiplerinde kök karbonhidrat içeriği, kök karakteristikleri ve görsel kaliteyi araştırmışlardır. Görsel kalite değerlendirilmesinde 1-10 skalasını kullanmışlar ve söz konusu değerleri ilk uygulamada 2.5-8.5 ve ikinci uygulamada ise 1.8-10 arasında bulmuşlardır.

Garnier ve Laurent (1994), kontrollü koşullar altında su kültürü uygulamasında yetiştirdikleri tek yıllık ve çok yıllık olmak üzere 14 farklı çim çeşidinde yaprak su içeriklerini (LWC) ve yaprak özel kütlesindeki (LSM) farklılıkları incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, LSM değerlerini 23.1-49.5 g/m² ve YSİ değerlerini de (0.70-0.86 g/g) arasında elde etmişlerdir.

Garrot ve Mancino (1994), kurak koşullar altında yetiştirilen Bermuda çiminde iyi bir gelişim ve kalite için yıllık 834-930 mm sulama suyunun uygulanmasını gerektiğini bildirmişlerdir.

Oğan (1995), Şanlıurfa'da İtalyan çiminde yaptığı çalışmada, yeşil ot ve kuru ot verimini sırasıyla 933 kg/da ve 361.3 kg/da olarak elde etmiştir.

Gül (1997), İzmir ilinde yaptığı çalışmada, *Lolium perenne*+*Festuca rubra*+*Poa pratensis*+*Agrostis tenuis*, *Agrostis stolonifera*, *Cynodon dactylon*, *Cynodon transvaalensis* ve *Agrostis stolonifera*+*Cynodon transvaalensis* gibi çim karışımlarının Ege Bölgesi sahil kuşağında kullanıma uygunluğunu ve değişik çim yatağı üzerindeki performanslarını araştırmıştır. Araştırmacı, performans kriterleri olarak, bitki boyu, yabancı ot oranı, renk, doku, yeşil ot verimi, kuru ot oranı ve verimi, görsel kalite ve bitki ile kaplı alan oranını incelemiştir. Çalışma sonucunda, en iyi performansı *Cynodon dactylon*, *Cynodon transvaalensis* ve *Agrostis stolonifera*+*Cynodon transvaalensis* karışımından elde edildiğini bildirmiştir.

Pessarakli ve ark. (2001), farklı tuz dozları uygulanan (100, 200 ve 400 mM NaCl) ve uygulanmayan topraksız koşullar altında yetiştirilen *Saltgrass* çim çeşidinde, büyüme parametrelerini (sürgün ve kök uzunluğunu, kuru ve yaş biyokütle ağırlığını, yaş ve kuru kök ağırlığını) incelemişlerdir. Tuz dozlarının artışına bağlı olarak sürgün ve kök uzunluğunun azaldığını, bununla birlikte 200 mM NaCl uygulamasında sürgün yaş ve kuru ağırlığının kontrol ve 400 NaCl uygulamasına göre önemli derecede arttığını belirtmişlerdir. Ayrıca, 200 mM ve 400 mM tuz uygulamasında kök kuru ağırlıklarının kontrol konusundan daha fazla olduğunu tespit etmişlerdir.

Schlossberg ve Karnok (2001), Amerika'da tarla koşullarında yaptıkları çalışmada, 3 farklı çim çeşidinde (*Crenshaw, L93, Penncross*) 3 farklı azot dozu uygulamasının (195.3-390.6-586 kgN/ha/yıl) kök ve sürgün performansına etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, çimlerde toplam kök uzunluğunu, görsel kaliteyi, sürgün yoğunluğunu, kök sürgün oranını incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, söz konusu özelliklerin tüm çim çeşitlerinde azot dozlarına bağlı olarak değiştiği bildirilmiştir.

Ahmad ve ark. (2003), iki farklı çim çeşidinde (*Bermudagrass* ve *Zoysiagrass*) farklı azot uygulamalarının (0, 10, 20 ve 30 gr N/m²/ay) bitki boyuna, çim kalitesine, yaş ve kuru sürgün ağırlığına, kardeşlenme sayısına, yaprak alanına ve yaprak içerisindeki azot oranına etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, her iki çim çeşidinde de 30 gr N/m²/ay uygulamasında bitki boyu, yaprak alanı, yaş sürgün ağırlığı, çim görsel kalitesi en yüksek çıkmasına rağmen, 20 gr N/m²/ay uygulamasında yaş sürgün ve kuru ağırlık oranının daha yüksek çıktığını tespit etmişlerdir. Ayrıca, azot uygulamaları ile kullandıkları çim çeşitleri arasında pozitif bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir.

Aydınsakir ve ark. (2003), Antalya yöresinde çim bitkisinin su tüketimini belirlemek için tarla ve lizimetre koşullarında yaptıkları çalışmada, söz konusu koşullarda elde edilen bitki su tüketimi ile bazı ampirik eşitlikler arasındaki ilişkileri araştırmışlardır. Çimin kıyas bitki su tüketimini belirlemede en iyi yöntemlerin FAO-A sınıfı buharlaşma kabı ve Penman olduğunu belirtmişlerdir. Tarla denemesinde ortalama bitki su tüketimi 8.3 mm iken lizimetre koşullarında 11.8 mm olarak saptamışlardır. Elde edilen sonuçlardan lizimetre koşullarının tarla koşullarını yansıtmadığını bulmuşlardır.

Baştuğ ve Büyüктаş (2003), Akdeniz iklim kuşağında yetiştirilen çim bitkisinde dört farklı sulama seviyesinin bitki su tüketimine ve kalite parametrelerine etkilerini araştırmışlardır. A sınıfı buharlaşma kabından meydana gelen buharlaşmanın %100'ü, %88'i, %75'i, %50'sini sulama suyu olarak uygulamışlardır. Sonuç olarak, buharlaşmanın

%75'nin sulama suyu olarak uygulanmasının çim bitkisi için yeterli olduğunu belirtmişlerdir.

Gulzar ve ark. (2003), kumlu toprak bünyesinde yetiştirilen çimde farklı tuz miktarları (0, 200, 400, 600, 800 ve 1000 mM NaCl) kullanarak, çim bitkisinin tuza karşı toleransını incelemişlerdir. Çalışmada, tuz dozlarının çim bitkisinde yaprak sayısı, kök ve sürgün uzunluğu, köklerin ve sürgünlerin yaş ve kuru ağırlığına etkilerini araştırmışlardır. Kontrol konusunda ölçülen büyüme parametre değerlerinin yüksek olduğu ve tuz miktarı arttıkça bu değerlerin azaldığı sonucuna varmışlardır. Tuz miktarı arttıkça, sürgün içeriğindeki Na ve Cl konsantrasyonunun arttığı, bununla birlikte K konsantrasyonunun azaldığını tespit etmişlerdir.

Jordan ve ark. (2003), kumlu toprak bünyesinde yetiştirilen 5 farklı *Bentgrass* çim çeşidinde (*A-4*, *Crenshaw*, *Mariner*, *L-93*, *Pennncross*) farklı sulama aralıklarının (1, 2 ve 4 gün) çim kalitesine, sürgün yoğunluğuna ve kök uzunluğuna etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, denemenin ilk yılında aşırı yağıştan dolayı çim çeşitleri arasında herhangi bir fark bulunmadığı, fakat ikinci yılında 4 gün aralıkla sulanan konularda 1 ve 2 gün aralıkla sulanan konulara göre çim kalitesinin, sürgün yoğunluğunun, kök uzunluğunun daha iyi olduğunu belirtmişlerdir.

Alshammary ve ark. (2004), sera koşullarında topraklı ve topraksız koşullarda yetiştirilen 4 farklı çim çeşidinde (*Kentucky bluegrass* (KBG), *Tall fescue* (TF), *Alkaligrass* (AG) ve *Saltgrass* (SG)) uygulanan farklı miktarda tuzun kök ve sürgün gelişimine etkisini incelemişlerdir. Araştırmada, KBG, TF, AG, SG sırasıyla 4.9, 10.0, 20.0, 34.9 dS/m tuz konsantrasyonunda sürgün gelişiminin %50 oranında azaldığı ve 5.8, 19.6, 24.9, 41.0 dS/m tuz konsantrasyonunda ise kök gelişiminin %50 oranında azaldığını tespit etmişlerdir. Çim çeşitlerinin yüksek tuz toleransından düşüğe doğru SG, AG, TF ve KBG olarak sıralandığını belirtmişlerdir.

Arslan ve Çakmakçı (2004), Antalya'da arazi koşullarında yaptıkları çalışmada, 19 farklı çim çeşidinde yaz ve kış çıkış durumları, çim bitkisi ile kaplı alan yüzdesi, renk özellikleri ve çiğnenmeye karşı tepkilerini incelemişlerdir. Renk değerlendirmesinde Munsell renk skalasını kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, yaz dönemi boyunca en yüksek yeşil rengin bermuda çeşidinde olduğunu belirtmişlerdir.

Fu ve ark. (2004), Amerika'da farklı çim çeşitlerinde (*Zoysia*, *Bermuda*, *Tall fescue* ve *Bluegrass*) farklı sulama düzeylerinin (gerçek bitki su tüketiminin %20'si, %40'ı, %60'ı, %80'ı ve %100'ünün geri verilmesi) görsel kaliteyi ve yaprak su içeriğini etkilerini incelemişlerdir. Çalışmada, kabul edilebilir görsel kalite için gerekli olan minimum

sulama suyu ihtiyacının denemenin ilk yılında 244-552 mm ve ikinci yılında 247-478 mm arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Zorer ve ark. (2004), çim alanlarında 30 gr/m² gübre dozunun 6 farklı zamanda (6 ay süre ile, ilkbahar+yaz+sonbahar, ilkbahar+sonbahar, ilkbahar, sonbahar ve gübresiz) bitki boyu, yeşil ot verimi, renk ve çim kalitesine olan etkilerini araştırmışlardır. En iyi gelişimin aylık ve ilkbahar+yaz+sonbahar uygulama zamanlarında olduğunu belirtmişlerdir. Araştırmacılar, azotlu gübre uygulanmadığında, ikinci yıldan itibaren renk ve çim kalitesinin olumsuz etkilendiğini bildirmişlerdir. En yüksek yeşil ot verimini denemenin ilk yılında ilkbahar uygulamasında ikinci biçim döneminde 428.13 gr/m², en düşük verimi ise gübre uygulanmayan parsellerde beşinci biçim döneminde 70.86 gr/m² olarak elde etmişlerdir. Görsel kalite değerlendirmelerinde ise, 1-9 skalasını kullanmışlardır. Buna göre en yüksek görsel kaliteyi (8.7 puan) birinci yıl ikinci gözlem tarihinde ve en düşük değeri (3.6 puan) ise gübre yapılmayan parsellerde ikinci yıl dördüncü gözlemde bulmuşlardır.

Çakmakçı ve ark. (2005), Antalya ilinde Fiğ (*Vicia sativa L.*) ile İngiliz çimi (*Lolium perenne L.*) karışımlarında ekim yöntemlerindeki farklılıkların yeşil ot ve kuru ot verimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, İngiliz çiminde ortalama yeşil ot verimini 1819 kg/da ve kuru ot verimini ise 489 kg/da bulmuşlardır.

Barton ve ark. (2006), lizimetre koşullarında kumlu bünyeli toprakta farklı sulama (pan buharlaşmasının %70'i ve %140'nın geri verilmesi) ve farklı azot dozlarının (100, 200 ve 300 kg/ha) çimin gelişimine ve kalitesine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, A sınıfı pan buharlaşma kabından meydana gelen buharlaşmanın %70'inin uygulanmasının ve 200-300 kg/ha inorganik azot gübrelemesinin çim üretimi için yeterli olduğunu belirtmişlerdir.

Dacosta ve Huang (2006), üç farklı *Bentgrass* çim çeşidinde (*Creeping*, *Colonial*, *Velvet*) minimum su gereksinimlerini belirlemek için 4 farklı sulama düzeyi (minilizimetreler ile belirlenen gerçek bitki su tüketiminin (ETa) %100'ü, %80'i, %60'ı ve %40'ının toprağa verilmesi) uygulamışlardır. Çim performansını belirlemek için, görsel çim kalitesi, yaprak spektral parametreleri, yaprak fotosentetik oranını ve toprak nemi değerlerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda, kabul edilebilir çim kalitesi için ETa'nın %100'ünün geri verilmesinin gerekli olmadığını belirtmişlerdir. Denemenin ilk yılında, *Colonial bentgrass* çim çeşidinin gereksinim duyduğu sulama suyu miktarının, ET'nin %80'i ile %100'ünün uygulandığı konudan elde edilmesine rağmen, *Creeping* ve *Velvet bentgrass* çim çeşitlerinde ise bu değerler %60 ve %80 konularından elde edilmiştir. İkinci

yılında ise, üç çim çeşidinde de ET %60'a göre sulama suyunun verilmesinin yeterli olduğunu belirtmişlerdir. Ayrıca, denemenin her iki yılında sonbahar uygulamasında ET %40'a göre sulama yapılmasının görsel çim kalitesinin kabul edilebilir düzeyde olduğunu bildirmişlerdir.

Sass ve Horgan (2006), Amerika'da lizimetre koşullarında yaptıkları çalışmada, kumlu toprak bünyesinde yetiştirilen *Bentgrass* çim çeşidinde 10 gün boyunca üç farklı düzeyde (eksilen nemin %100'ünün geri verilmesi, FAO 56'ya göre hesaplanan ET kaybının %100'ü ve %80'inin geri verilmesi) sulama suyu uygulamışlar ve bitki su tüketimini, toprak nem içeriğini ve çim kalitesini incelemişlerdir. Araştırmacılar, çalışma sonucunda, FAO 56 yönteminin gerçek bitki su tüketimini belirlemede çok iyi sonuç verdiğini, ECH₂O sensörlerinin toprak nemini çok hassas olarak belirlediğini, yaz döneminde bitki katsayısının 0.98 olarak hesaplandığını belirtmişlerdir. Ayrıca, çim kalitesi bakımından sulama uygulamaları arasında farklılığın olmadığını ve gerçek bitki su tüketiminin %80'inin verilmesinin çimin gelişim ve kalitesi bakımından yeterli olacağını bildirmişlerdir. Denemenin ilk yılında görsel kalitenin konulara göre 6.1-7.0 arasında ikinci yılında ise 6.2-6.7 arasında değiştiğini gözlemlemişlerdir.

Emekli ve Baştuğ (2007), tarla koşullarında farklı sulama uygulamalarının *Bermudagrass* çim çeşidinin su tüketiminin tahmininde bazı amprik eşitliklerin geçerliliğini araştırmışlardır. Çalışmada, A sınıfı buharlaşma kabından iki gün arayla meydana gelen buharlaşmanın %100'ü, %75'i, %50'si ve %25'i oranında su uygulamışlardır. Çalışma sonucunda, deneme konularına sırasıyla 1168 mm, 877 mm, 584 mm, 292 mm sulama suyu uygulamışlar ve günlük bitki su tüketimlerini 9.80 mm, 7.43 mm, 5.10 mm ve 2.82 mm olarak hesaplamışlardır. Ayrıca, farklı aylarda (Haziran-Eylül) görsel kalite analizi yapmışlardır. Görsel kalite değerlendirilmesinde 1-9 skalasını kullanmışlardır. Parametrik olmayan Friedman testini kullanarak sulama konuları ve aylar arasındaki görsel kalite bakımından farklılığı incelemişlerdir. Denemenin sonucunda, sulama konuları arasında farkın önemli olduğunu ancak aylar arasındaki farklılığın istatistiksel olarak önemli olmadığını ve %75 sulama düzeyinde en iyi görsel kalitenin elde edildiğini belirtmişlerdir.

Güneylioğlu (2007), Ankara ilinde yaptığı çalışmada, çok yıllık çim (*Lolium perenne* L.) çeşitlerini (*Delaware*, *Juventus*, *Sakini* ve *Score*) çıkış hızı, kaplama hızı, kışa dayanıklılık, kaplama derecesi, yaprak dokusu, yaprak rengi, yenilenme gücü, kardeş sayısı, genel görünüm, yabancı ot oranı ve seyrekleşme derecesi bakımından incelemiştir. Araştırmacı, Ankara koşullarında bu dört çim çeşidinin de çok iyi bir örtü oluşturacağını,

ancak Delaware çeşidinin diğer çeşitlere oranla daha iyi bir gelişim gösterdiğini belirtmiştir.

Xinmin ve ark. (2007), arazi koşullarında mikrolizimetre kullanarak tam ve kısıtlı sulama koşulları altında 3 farklı serin iklim (*Tall fescue*, *Kentucky bluegrass*, *Perennial ryegrass*) ve 3 farklı sıcak iklim (*Bermudagrass*, *Bufalograss*, *Japanese lawngrass*) çim çeşidini kullanarak bitki su tüketimlerini araştırmışlardır. Gelişme dönemleri boyunca bitki su tüketimlerinin serin iklim çeşitlerinde 694.7-834.4 mm ve sıcak iklim çeşitlerinde ise 490-768.4 mm arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Gültekin (2008), Çukurova Bölgesi'nde, çiftlik gübresinin farklı form ve dozlarının tek yıllık çim (*Lolium multiflorum Lam.*)'in ot ve tohum verimi ile ot kalitesine etkisini araştırmıştır. Araştırma sonucunda, toplam yeşil ve kuru ot verimleri sırasıyla 3143.39-4411.39, 773.27-1066.97 kg/da arasında elde edilmiştir.

Kanapeckas ve ark. (2008), Litvanya'da arazi koşullarında yaptıkları çalışmada, 9 farklı çim çeşidinin (*Festuca ovina*, *Lolium perenne*, *Poa compressa*, *Poa pratensis*, *Koeleria glauca*, *Festuca rubra subsp rubra* ve *Commutata*, *Agrostis capillaris*, *Deschampsia caespitosa*) 120 farklı genotipini kuraklığa dayanıklılık bakımından incelemişlerdir. Kuraklığın çim kalitesine olumsuz etkilediğini ve 75 günden sonra çoğu çim çeşidinde %58.9 ile %83.3 arasında azalma meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Çalışmada, *Lolium perenne* çim çeşidinin kuraklığa dayanıklılık bakımından denemede kullanılan 9 çeşit arasında ikinci sırada olduğunu belirtmişlerdir.

Karcher ve ark. (2008), sera ve tarla koşullarında 20 farklı populasyona sahip *Tall fescue* çim çeşitlerinin kuraklığa dayanımlarını araştırmışlardır. Çalışmada, çim bitkisindeki kuraklığa karşı dayanıklılığı belirlemek için sera koşullarında sürgün/kök (shoot/root) oranı, tarla koşullarında ise renk, yoğunluk ve kalite farklılıklarını incelemişlerdir. Araştırma sonucunda, sera koşullarında yetiştirilen *Tall fescue* çim çeşidinde sürgün/kök oranının kullanımının, arazi koşullarında çim bitkisinin kuraklığa karşı toleransını belirlemek için kullanılabilir bir parametre olduğunu belirtmişlerdir.

Mefti ve ark. (2008), kurak koşullar altında onaltı farklı çim çeşidinde yaptıkları çalışmada, kuru madde verimini, su içeriğini, su kullanım etkinliğini, yaprak alanını ve büyüme oranını incelemişlerdir. Denemenin ilk yılında ortalama kuru ot verimini, 1231.8 kg/ha ikinci yılında ise 3586.6 kg/ha ve su kullanım etkinliğini (WUE) ilk yılda 3.29 kg/ha/mm ikinci yılda ise 9.34 kg/ha/mm olarak bulmuşlardır. Bununla birlikte, bu çim çeşitleri için yaprak su içeriğinin de %50.4-84.5 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Salman (2008), İzmir ilinde yaptığı çalışmada, serin iklim çim çeşitlerinde (*Lolium perenne*, *Festuca arundinacea*) ve iki çim çeşidinin karışımında farklı gübre dozlarının (0-25-50-75 kg/da/yıl) sürgün sayısına, yabancı bitki oranına, genel görünümüne, yeşil ot verimine, kuru madde oranına, kuru madde verimine, yaş kök verimine, kök kuru madde oranına, kök kuru madde verimine etkilerini incelemiştir. Araştırmacı, deneme yıllarına ait ortalama görsel kalite değerlerinin *Lolium perenne* çim çeşidinde 2.8-8.4 ve *Festuca arundinacea* çeşidinde ise 4.5-8.9 arasında değiştiğini bildirmiştir. Ortalama yeşil ot verimleri ise söz konusu çim çeşitlerinde sırasıyla 2132 kg/da ve 3799 kg/da olarak elde edilmiştir.

Beltrao ve ark. (2009), Portekiz’de golf alanlarında kullanılan farklı çim çeşitlerinin tuza karşı hassasiyetlerini incelemişlerdir. Araştırma kapsamında, çim bitkisinin yapraklarındaki biriken tuz miktarları ile kuru ot verimlerini belirlemişlerdir. *Brighstar* ve *Palmer* İngiliz çim çeşitlerinde kuru ot verimlerini sırasıyla 12736 kg/ha/yıl ve 13455 kg/ha/yıl olarak bulmuşlardır. Ayrıca, *Brighstar* çeşidinin yapraklarında en yüksek oranda Cl bulunduğunu ve tuzlu topraklarda diğer çim çeşitlerine göre daha dayanıklı olduğunu belirtmişlerdir.

Geren ve ark. (2009), Akdeniz iklim koşullarında farklı C4 sıcak iklim çim çeşitlerinin (*Buchloe dactyloides*, *Cynodon dactylon*, *C. dactylon x C. transvaalensis*, *Stenotaphrum secundatum*, *S. variegatum*, *Paspalum notatum*, *P. vaginatum*, *Pennisetum clandestinum*, *Zoysia japonica*) görsel kalite, kuru ot verimi, yabancı ot dayanımı, yaprak genişliği ve örtme yüzdesi performanslarını karşılaştırmışlardır. Akdeniz iklim koşullarına göre, deneme alanında kullandıkları çim çeşitlerinin (*Zoysia japonica* ve *S. variegatum* çeşitleri dışında) inceledikleri özellikler bakımından performanslarını yeterli bulmuşlardır.

Githinji ve ark. (2009), arazi koşullarında 2 farklı uzun boylu çayır (*Tall fescue*) çim çeşidinde (*Kentucky 31*, *Green keeper*) ve 4 farklı hibrit çayır otunda (*Bluegrass*) üç farklı sulama suyu (ET_p’nin %100’ü, %80’i ve %60’ının verilmesi) uygulamışlardır. Denemede, su kullanımını ve çim renk kalitesini araştırmışlardır. Deneme sonunda, renk indeksi bakımından, hibrit çayır otunun uzun boylu çayırdan istatistiksel olarak farklı olduğunu, fakat sulama uygulamaları arasındaki farklılığın önemli olmadığını belirtmişlerdir. Ayrıca, hibrit çayır otunun uzun boylu çayır otuna göre, daha az su kullandığını ve bu farkın istatistiksel olarak önemli olduğunu bildirmişlerdir.

Kuşvuran (2009), Çukurova Bölgesi ve benzer iklim koşullarında, bazı serin ve sıcak iklim çim çeşitleri ile bunların bir araya gelerek farklı oranlarda kullanıldığı karışımların performanslarını karşılaştırmıştır. Performans kriterleri olarak, çimlenme süresi, kaplama

hızı, bitki örtüsü yüksekliği, yeşil ot verimi, kuru ot verimi, kalite değeri, renk değeri, bitki ile kaplı alan ve bitki dokusu değerlerini incelemiştir. Serin iklim çim çeşitlerinde Kamışsı Yumak ve Tavusotu'nun kalite, renk ve bitki ile kaplı alan değerleri bakımından, bu iki çeşidi izleyen çok yıllık çim ise Kamışsı Yumakla birlikte bitki örtüsü yüksekliği, yeşil ot verimi ve kuru ot verimi bakımından, rizomlu kırmızı yumak ile birlikte de çimlenme süresi ve kaplama hızı bakımından diğer çeşitlere üstünlük sağladığını belirtmiştir. Çalışma sonucunda, *Apache*, *Cochise*, *Tracenta*, *Highland*, *Ovation*, *Delaware dwarf*, *Raymond*, *Medina* ve *Franklin* çeşitleri incelenen özelliklerde genellikle üstünlük sağlayan çeşitler olduğunu bildirmiştir.

Nizam (2009), İngiliz çiminde farklı dozda (0, 12, 24, 36 kg N/da) azotlu gübre uygulamasının çimde tohum verimi ve bazı bitkisel özelliklerine (bitki boyu, fertil kardeş sayısı, biyolojik verim ve tohum verimi) etkilerini incelemiştir. Araştırmacı, azotlu gübre uygulamasının çim bitkisinin bitkisel özelliklerine olumlu yönde etkilediğini belirtmiştir. Denemenin sonunda tek bir tarihte yaptıkları biçim ile biyolojik verimi, birinci yılda 488.52-1196.30 ve ikinci yılda ise 353.65-1034.38 kg/da olarak elde etmiştir.

Uddin ve ark. (2009), saksı koşullarında yetiştirilen 8 tropik çim çeşidinde (*Seashore paspalum* (SP), *Manilaglass* (MG), *Local* (SPL), *Common bermuda* (CB), *Bermuda greenless park* (GLP), *Centipede* (CP), *Cow grass* (CG), *Narrowleaf carpet grass* (NCG)) farklı tuz dozlarının (0, 24, 48, 72 dS/m) çim bitkisinin gelişimine etkisini incelemişlerdir. Araştırmacılar, çim çeşitlerine göre, 17.0-36.5 dS/m arasındaki tuz uygulamalarında çimlerde yaklaşık %50 sürgün gelişiminin azaldığını ve 18.8-49.4 dS/m tuz uygulamalarında ise kök gelişiminin %50 azaldığını belirtmişlerdir. Çalışmada, tuza karşı dayanıklılık yönünden yüksek tuz toleransından düşüğe doğru çim çeşitlerinin SP, MG, SPL, CB, GLP, CP, NCG ve CG olarak sıralandığı bildirilmiştir.

Alshehhi ve ark. (2010), kurak koşullar altında yetiştirilen üç farklı sıcak iklim çim çeşidinde (*Bermudagrass*, *Tifway bermudagrass*, *Scashore paspalum grass*) 4 farklı sulama uygulamasının (5, 10, 15 ve 20 l/parsel) çim bitkisi üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada, yaprak sıcaklığı, çevre sıcaklığı, yaprak alanı, sürgün verimi, yaprak su içeriğini fiziksel parametreler ile birlikte çim rengi, yoğunluğu gibi görsel parametreleri incelemişlerdir. Sonuçta, sıcaklığın çim performansı üzerinde önemli derecede etkili olduğunu bildirmişlerdir. Deneme sonucunda en iyi performansı *Scashore paspalum* çeşidinin gösterdiğini belirtmişlerdir.

Cereti ve ark. (2010), İtalya'da yapmış oldukları çalışmada, 4 farklı serin iklim çim çeşidinde (*Tall fescue*, *Fine fescue*, *Perennial ryegrass* (*Lolium perenne* L.), *Kentucky*

bluegrass) yıpranma toleranslarını incelemişlerdir. Araştırmada, çimin sürgün yoğunluğu ve görsel kalitesini karşılaştırma kriteri olarak kullanmışlardır. Görsel kalite değerlendirmesinde 1-9 derecelenmesini kullanmışlar ve 5 değerini kabul edilebilir sınır olarak kabul etmişlerdir. *Tall fescue* ve *Perennial ryegrass* çim çeşitlerinin yıpranmaya karşı daha dayanıklı olduğunu belirtmişlerdir.

Çelebi ve ark. (2010), atıksu arıtma çamurunun yeşil alanlarda kullanılma olanakları üzerine yaptıkları çalışmada, bitki materyali olarak İngiliz çimini kullanmışlardır. Çalışmada, farklı oranlarda atıksu arıtma çamuru (3, 6, 9 ve 12 kg/da) uygulayarak bitki boyu, biyokütle verimi, bitki ile kaplı alan, yabancı ot oranı, renk ve çim kalitesini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, atıksu çamurunun yüksek dozlarında renk ve çim kalitesi olumlu sonuçlar verdiğini ve yeşil alan tesisi kurulumunda atıksu arıtma çamurunun çiftlik gübresinden daha etkin olabileceği sonucuna varmışlardır.

İnce (2010), İstanbul'da yaptığı çalışmada, 6 farklı çim çeşidinde (İnce tavus otu (*Agrostis tenuis*), Bermuda (*Cynodon dactylon*), Kamışsı yumak (*Festuca arundinacea*), Kırmızı yumak (*Festuca rubra rubra*), İngiliz çimi (*Lolium perenne*), çayır salkım otu (*Poa pratensis*)) 4 farklı sulama uygulamasında (toprağın nem durumuna göre, 7 gün, 14 gün ve 21 gün aralıkla) yaprak eni, kök uzunluğu, doku özelliği, kardeşlenme oranı, renk etkisi ve çimlenme süresi üzerine etkilerini incelemiştir. Araştırma sonucunda, kök uzunluğu ile sulama sıklığı arasında negatif ilişki, sık doku özelliği ve renk etkisi ile sulama sıklığı arasında pozitif ilişki saptamıştır.

Kesiktaş (2010), kışlık ve yazlık olarak ekilen İtalyan çiminde dört farklı azot dozunun (0, 5, 10 ve 15 kg/da) bitki başına kardeş sayısına, bitki boyuna, yeşil ot ve kuru ot verimi ile ham protein oranına etkilerini incelemiştir. Çalışmada, azot dozlarının incelenen tüm özellikleri etkilediği ve en yüksek kuru ot verimi ile ham protein oranının 15 kg/da azot dozundan elde edildiği belirtilmiştir. Araştırmacı, yazlık ekimde yeşil ot verimi ortalamasını 2479.7 kg/da olarak bulmuştur.

Oyeyiola ve ark. (2010), iki farklı toprak koşulunda (sterilize ve sterilize olmayan), iki farklı mikoriza uygulamasında (aşılana ve aşılana olmayan) ve 4 farklı kompost uygulamasında (0, 2.5, 5.0, 7.5 ton/ha) vetiver çim çeşidinde yeşil ot verimini ve kök gelişimini incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, en iyi performansı aşılana ve 5 ton/ha kompost uygulanan konuda elde etmişlerdir.

Riaz ve ark. (2010), Pakistan'da saksı ortamında yaptıkları çalışmada, üç farklı *Bermudagrass* (*Khabbal*, *Dacca* ve *Fine dacca*) çeşidinde farklı sulama düzeylerinin (tarla kapasitesinin %100'ü, %75'i, %65'i ve %55'inin uygulanması) morfolojik (köklerin ve

sürgünlerin yaş ve kuru ağırlığı, kök ve sürgün uzunluğu, yaprak kalınlığı, yaprak genişliği, yaprak alanı, çim kalitesi, örtme yüzdesi) ve biyokimyasal özelliklerine etkilerini incelemişlerdir. *Khabbal* çeşidinin diğer iki çeşide göre daha iyi bir performans gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Varoğlu (2010), İzmir ilinde farklı çim çeşitlerinde yaptığı çalışmada, *Lolium perenne* (*Numan, Ovation, Delaware*) *Festuca rubra* (*Engina, Franklin, Pernille*), *Festuca arundinaceae* (*Eldorado, Finelawn, Apache*), *Poa pratensis* (*Enprima, Geronimo, Connni*) çeşitlerini çıkış hızı, kaplama hızı, kışa dayanıklılık, kaplama derecesi, yaprak dokusu, yaprak rengi, yenilenme gücü, kardeş sayısı, genel görünüm, yabancı ot oranı ve seyrekleşme derecesi bakımından incelemiştir. Araştırma sonucunda, *Festuca arundinaceae* ve *Lolium perenne* çeşitlerinin iyi sonuç verdiği bununla birlikte, *Poa pratensis* ve *Festuca rubra* çeşitlerinin ise birçok özellik açısından başarılı olmadığını belirtmiştir.

Shahrokhi ve ark. (2011), İranda saksı ortamında yapmış oldukları çalışmada, *Tall fescue* (*Festuca arundinacea L. Master*) ve *Perennial ryegrass* (*Lolium perenne L. Barrage*) çim çeşitlerinde farklı sulama suyu uygulamalarının (tarla kapasitesinin %100'ü , %50'si ve %25'inin verilmesi) toplam klorofil miktarı, yaş ve kuru sürgün ve kök ağırlıklarına, kök uzunluklarına, nispi su içeriklerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışma sonucunda, en yüksek klorofil miktarı tarla kapasitesinin %100'ünün uygulandığı *Master* çim çeşidinde elde edilirken, en düşük klorofil miktarını tarla kapasitesinin %25'inin uygulandığı *Barrage* çeşidinde elde etmişlerdir. Ayrıca, en yüksek kök uzunluğu değerini %100 sulamada en düşük kök uzunluğu değerini ise %25 uygulamasında bulmuşlardır.

Uddin ve ark. (2011), Malezya'da saksı ortamında 16 farklı çim çeşidinde farklı miktarda tuz dozlarının (0, 24, 48, 72 dS/m) klorofil içeriğine ve besin elementi alımına etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, tuz dozları arttıkça bitkideki K, Ca ve Mg içeriklerinin azaldığını ve NA içeriğinin ise arttığını belirtmişlerdir. Tüm çeşitlerde tuz dozları arttıkça klorofil miktarının azaldığını belirtmişlerdir. Bununla birlikte, toplam klorofil içeriği (mg/g) değerlerini 0, 24, 48 ve 72 dS/m tuz uygulamalarında sırasıyla 0.47-0.76 mg/g, 0.31-0.69 mg/g, 0.21-0.59 mg/g, 0.19-0.44 mg/g arasında bulmuşlardır.

2.3. Toprak Nem Sensörü ve HYDRUS/2D Modelleme Programı

Toprak nem içeriği doğrudan ölçülebildiği gibi, dolaylı olarak gelişen teknolojilere bağlı çok farklı yöntem ve aygıtlarla da belirlenebilmektedir. Toprak neminin doğrudan ölçümü, hem zaman hem de işgücü nedeniyle çoğu zaman pratik olmamaktadır. Bu

nedenle, toprak nemini dolaylı ölçebilen farklı yöntem ve aygıtlar, topraktaki nemi büyük bir doğrulukta ve hızlı bir şekilde belirleyebilmektedir (Çetin, 2003).

Son yıllarda, toprak nem sensörleri tüm dünyada yaygın olarak kullanılmaya başlanılmıştır. Toprak yapısını bozmadan toprak neminin sürekli olarak takip edilmesi sensörlerin en önemli avantajıdır.

Toprak ve yer altı sularında, su, besin elementi, kimyasal elementlerin taşınımının modellenmesi ile ilgili birçok program (HYDRUS, SWIM, SEAWAT, MODFLOW, FLOWPATH vb.) bulunmaktadır. Bu çalışmada, toprak nem sensörlerinden faydalanarak elde edilen nem değerlerini tahmin etmek için HYDRUS/2D modelleme programı kullanılmıştır. Bu modelleme programı kullanılarak toprak içerisinde su, besin elementi ve sıcaklık hareketi iki boyutlu olarak belirlenebilmektedir (Simunek ve ark., 1999).

Bu bölümde, toprak nem sensörleri ve HYDRUS/2D modelleme programının kullanılmasıyla ilgili çalışmalara ait özet bilgiler verilmiştir.

Starr ve Paltineanu (1998), arazi koşullarında yetiştirilen mısır bitkisinde, toprak nemini belirlemek için 4 farklı derinliğe (10 cm, 20 cm, 30 cm ve 50 cm) nem sensörü (multisensor capacitance probes) yerleştirmişlerdir. Deneme sonunda, nem sensörlerinin arazi koşullarında toprak nem içeriğini belirlemek için kullanılabilmesini belirtmişlerdir.

Vrugt ve ark. (2001), badem ağacında toprak su hareketini ve kök su alımı fonksiyonlarını HYDRUS/3D model programıyla tahmin edilebilirliğini araştırmışlardır. HYDRUS/3D modeli kullanarak elde ettikleri badem ağacının etrafındaki nem değerleri ile ölçülen su içerikleri arasındaki ilişkiyi incelemişler ve belirtme katsayısını (R^2) 0.92 olarak bulmuşlardır. HYDRUS/1D ve HYDRUS/2D modelleme programlarını kullanarak parametreleri en iyi hale getirdikten sonra badem ağacı etrafındaki tahmin edilen su içeriği ile ölçülen su içeriğini karşılaştırılmış ve R^2 değerlerini sırasıyla 0.98 ve 0.91 olarak bulmuşlardır.

Büyüktaş ve Havgören (2005), modelleme çalışmalarında kullanılması amacıyla Brooks-Corey ve Van Genuchten yaklaşımlarını kullanarak toprak nem içeriği ile toprak suyu basıncı arasındaki ilişkileri incelemişlerdir. Araştırmacılar, Van Genuchten parametrelerinden kalıcı su içeriğini (θ_r) 0.001-0.24 arasında, α (metre^{-1}) değerlerini 0.339-1.669 arasında ve n değerlerini 1.090-1.605 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Van Genuchten eşitliği ile belirlenen hata kareler toplamı değerlerinin genellikle Brooks-Corey eşitliğine göre daha küçük bulunduğunu bildirmişlerdir.

Blonquist ve ark. (2006), elektromanyetik sensörler yardımıyla çim bitkisinde (*Kentucky bluegrass*) sulama programının belirlenmesi üzerine yaptıkları bir araştırmada,

potansiyel bitki su tüketimi ile TDT sensörlerinden elde edilen ölçüm değerlerini karşılaştırmışlardır. Çimin etkili kök derinliğindeki nemin tahmini için HYDRUS/2D modelleme programını kullanmışlardır. TDT sensörü 0.80 m derinliğe yerleştirildiğinde yaklaşık olarak %16 daha az sulama suyu verildiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte, bitki su tüketimini 7.14 mm/gün olarak sabitlediklerinde ise %53 oranında daha az sulama suyu uygulanmıştır. Ayrıca, modelleme sonucunda yağmur gibi kontrol edilemeyen durumlarda çim bitkisinin 30 cm derinliğinin altına drene olan suyun belirlenemeyeceğini bildirmişlerdir.

Zhou ve ark. (2007), Çin'de bağ da yapmış oldukları çalışmada, farklı derinliklerde (0-10 cm ve 10-20 cm) toprak nem içeriklerini tahminlemek için APRI ve HYDRUS/2D programlarını kullanmışlardır. Araştırmacılar, sulama sonrasında ölçülen ve tahmin edilen su içerikleri arasında korelasyon analizi yapmışlar ve söz konusu model programlarında korelasyon katsayısı (r) değerlerini sırasıyla 0.859-0.940 ve 0.730-0.943 ve RMSE değerlerini 0.010-0.022 cm³/cm³ ve 0.012-0.031 cm³/cm³ arasında elde etmişlerdir. Söz konusu model programlarının toprak nem içeriğini tahmin etmek için kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

McCoy ve McCoy (2009), arazi koşullarında yaptıkları çalışmada, *Bentgrass* çim çeşidinde farklı derinliğe yerleştirilen (76 mm, 152 mm ve 229 mm) TDR sensörler kullanarak toprak nemini, buna bağlı olarak sulama suyu miktarını, bitki su tüketimini, drene olan su miktarını belirlemişlerdir. Elde edilen verileri HYDRUS/2D modelleme programı ile karşılaştırmışlardır. Her iki yıl için model etkinliğini (ME) 0.33-0.78, hata kareler ortalamasının karekökünü (RMSE) 0.015-0.028 m³/m³ arasında bulmuşlardır. Sonuç olarak, HYDRUS/2D simülasyon modelinin arazi koşullarındaki toprak nem içeriğini belirlemede oldukça başarılı olduğunu bildirmişlerdir.

McCready ve ark. (2009), Florida'da arazi koşullarında *St.augustinegrass* çim çeşidinde yaptıkları çalışmada, iki farklı toprak sensörü (Lawnlogic LL1004 ve Aclima Digital TDT RS500), iki farklı ET sensörü (Toro ve Rain Bird) ve yağmur sensörleri kullanmışlardır. Yağmur sensörlerini iki farklı seviye (3 mm ve 6 mm) ve 3 farklı sulama aralığında (1, 2, 7 gün/hafta) test etmişlerdir. Araştırmacılar, farklı uygulamaları su tasarrufu açısından sensör kullanılmayan parseller ile karşılaştırmışlardır. Çalışmada, toprak nem sensörleri kullanarak su kısıtı yaptıkları parsellerde sulama suyundan yüksek oranda tasarruf sağlanmasına rağmen, bitkilerin görsel kalite bakımından kabul edilebilir seviyenin altında olduğunu gözlemlemişlerdir. Bununla birlikte, toprak neminin yaklaşık

olarak tarla kapasitesinde bulunduğu zaman görsel kalitenin iyi olduğunu ve sensör uygulanmayan parsele göre %11-53 arasında su tasarrufu sağlandığını bildirmişlerdir.

Cardenas-Lailhacar ve Dukes (2010), Amerika’da arazi koşullarında yaptıkları çalışmada, ECH₂O nem sensörlerinden elde edilen hacimsel su içerikleri ile gravimetrik yöntem ile belirlenen su içerikleri arasındaki ilişkiyi incelemişlerdir. Çalışma sonucunda, ortalama R² değerini 0.934 olarak bulmuşlardır.

Fazackerley ve Lawrence (2010), çim alanlarında su tüketimini azaltmak için yaptıkları çalışmada, normal koşullar altında kullanılan sulama suyu miktarı ile EC-5 (Decagon) sensörleri yardımıyla kontrollü sulama programlamasını karşılaştırmışlardır. Araştırmacılar, normal koşullar altında 719 mm su uygulanırken, kontrollü sulama koşullarında 324 mm su uygulandığını belirtmişlerdir.

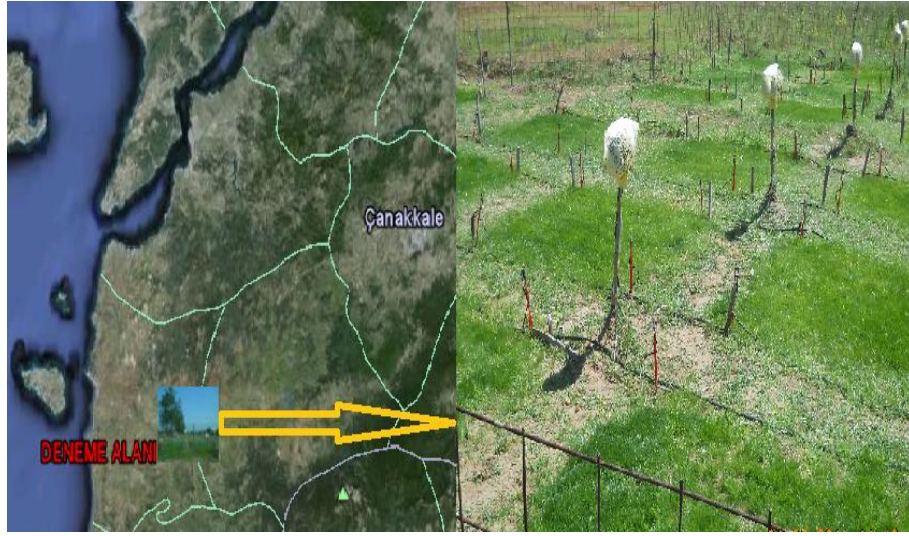
BÖLÜM 3

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Deneme Alanı

Bu çalışma, Çanakkale ili Ezine ilçesi'ne bağlı Pazarköy'de, 39° 47' kuzey enlemi 26° 23' doğu boylamı arasında bulunan Karamenderes çayına 150 metre mesafedeki bir arazide yürütülmüştür (Şekil 1).



Şekil 1. Deneme alanı.

3.1.2. Toprak Özellikleri

Deneme alanındaki 0-30 cm ve 30-60 cm toprak katmanlarına ilişkin tarla kapasitesi, solma noktası, hacim ağırlığı, tekstür, pH, EC, % nitrojen (N), % karbon (C), CaCO₃ değerleri Çizelge 1'de verilmiştir. Deneme alanı toprakları tınlı-kumlu bünyeye sahip, çok az kireçli ve organik madde bakımından ise orta düzeydedir. Soil Taxonomy (2010)'a göre, "Typic Xeropsammets" toprak sınıfında yer almaktadır.

Çizelge 1. Deneme alanına ait toprak analiz sonuçları

Derinlik (cm)	Kil (%)	Silt (%)	Kum (%)	Tekstür Sınıfı	Hacim ağırlığı (gr/cm ³)	Tarla kapasitesi Pv (%)
0-30	10.20	6.12	83.68	LS	1.42	27.9
30-60	9.08	9.16	81.76	LS	1.40	28.5

Derinlik (cm)	Solma noktası Pv (%)	pH	EC (µs/cm)	N (%)	C (%)	CaCO ₃ (%)
0-30	5.8	7.71	68.6	0.078	1.44	0.53
30-60	6.0	7.59	41.9	0.048	1.43	0.31

3.1.3. Bitki Özellikleri

Araştırmada, uzun ömürlü, yatay ve bodur gelişen, oldukça kısa biçime uygun, sık ve ince yapraklı, hızlı bir çimlenme özelliğine sahip, basılmaya karşı dayanıklı, koyu yeşil renkli İngiliz çim "*Lolium perenne c.v Caddieshack*" çeşidi kullanılmıştır. Söz konusu çim çeşidi serin iklim çeşidi olup su stresini hemen göstermesi ve tüm çim karışımlarında genellikle kullanılması nedeniyle seçilmiştir. Çim tohumu, Ulusoy Tohumculuk Ziraat San. ve Tic. Ltd. Şti.'den temin edilmiştir.

3.1.4. İklim Özellikleri

2010 ve 2011 yıllarında deneme alanına ilişkin iklim verileri Çizelge 2'de verilmiştir. Ortalama sıcaklık ve bağıl nem değerleri deneme alanından sıcaklık ve nem kaydedici cihazla (Hobo, Onset) ölçülmüştür. Toplam yağış ve rüzgar hızı Ezine meteoroloji istasyonundan, güneşlenme süresi Çanakkale meteoroloji istasyonundan elde edilmiştir.

3.1.5. Denemede Kullanılan Alet ve Ekipmanlar

3.1.5.1. Su Tutma Bariyeri

Su Tutma Bariyeri (STB) polietilen (PE) malzemeden yapılmış olup 1.5 mm kalınlığındadır. STB denemeden önce laboratuvar koşullarında su geçirgenliği test edilmiş ve su geçirmez bir malzeme olduğu belirlenmiştir. Denemenin ilk yılında 23.04.2010 tarihinde STB 30 cm (STB₃₀) ve 40 cm (STB₄₀) olmak üzere bir kez toprağa serilmiştir. Denemenin ikinci yılında da aynı STB örtü kullanılmış olup kış döneminde toprak altında bırakılmıştır.

Çizelge 2. 2010 ve 2011 Ezine ilçesine ait aylık ortalama iklim verileri (DMİ, 2011)

Yıllar	İklim verileri	Aylar				
		IV	V	VI	VII	VIII
2010	Ort. sıcaklık (°C)	13.8	19.4	22.9	26.4	28.6
	Toplam yağış (mm)	42.6	14.4	42.0	69.2	0
	Ort. bağıl nem (%)	69.9	62.1	70.5	59.3	56.2
	Ort. rüzgar hızı (m/s)	3.3	2.5	2.7	3.5	4.1
	Ort. güneşlenme süresi (saat)	6.9	9.2	8.2	10.1	9.9
2011	Ort. sıcaklık (°C)	10.7	16.9	22.3	26.2	24.9
	Toplam yağış (mm)	49.6	32.4	47.8	0.4	0
	Ort. bağıl nem (%)	75.4	72.6	62.7	53.7	51.1
	Ort. rüzgar hızı (m/s)	4.1	3.3	3.3	3.4	4.9
	Ort. güneşlenme süresi (saat)	3.2	5.0	9.1	11.1	11.6

3.1.5.2. Sulama Sistemi

Deneme alanında mikro yağmurlama sulama sistemi uygulanmıştır (Şekil 2a, 2d). Sulamanın homojenliği bakımından her parselin dört köşesine mikro sulama başlıkları (Şekil 2b, 2d) ve sulama suyunun kontrollü verilmesi amacıyla her parselin başına su saati yerleştirilmiştir (Şekil 2c). Denemede, su kaynağı olarak derin kuyu kullanılmıştır. Kullanılan suyun elektriksel iletkenliği (EC) 633 $\mu\text{S}/\text{cm}$ ve pH değeri ise 7.30'dur. Sistemde, 32 mm çaplı ve 6 atm işletme basınçlı PE malzemeden yapılmış ana ve yan ana boru ile 16 mm çaplı ve 4 atm işletme basınçlı PE malzemeden yapılmış lateral borular kullanılmıştır (Şekil 2a, 2b).

3.1.5.3. Nem Sensörleri ve Veri Kaydediciler

Toprak nem içeriğini belirlemek için, elektromanyetik yansıma frekansı (FDR) (ECH_2O , EC-5, Decagon) prensibine dayalı ölçüm yapabilen sensörler kullanılmıştır (Şekil 3a). Söz konusu sensörler, 70 MHz frekansta, 2.5 V enerji kullanarak ve $-40\text{ }^\circ\text{C}$ ile $+50\text{ }^\circ\text{C}$ arası sıcaklıkta çalışabilmekte, farklı toprak bünyelerinde yaklaşık $\% \pm 1-3$ oranında toprağın hacimsel su içeriğini belirleyebilmektedir (Decagon, 2011). Sensörlerden ölçülen verileri sürekli olarak izlemek için HOBO veri kaydediciler (Onset Com.) kullanılmıştır (Şekil 3b). Veri kaydedicileri dış faktörlerden korumak için galvanizli saçtan yapılmış koruyucu kutular kullanılmıştır (Şekil 3c). Veri kaydedicilerde depolanan veriler USB bağlantısıyla HOBO yazılım programı kullanılarak bilgisayara aktarılmıştır (Şekil 3d).



Şekil 2. Denemede kullanılan sulama sistemi.



Şekil 3. Nem sensörleri ve veri kaydediciler; (a):EC-5 sensörü, (b): hobo veri depolayıcı, (c): koruyucu kutu, (d): verilerin bilgisayara aktarımı.

3.1.5.4. Toprak-Su Analiz Cihazları

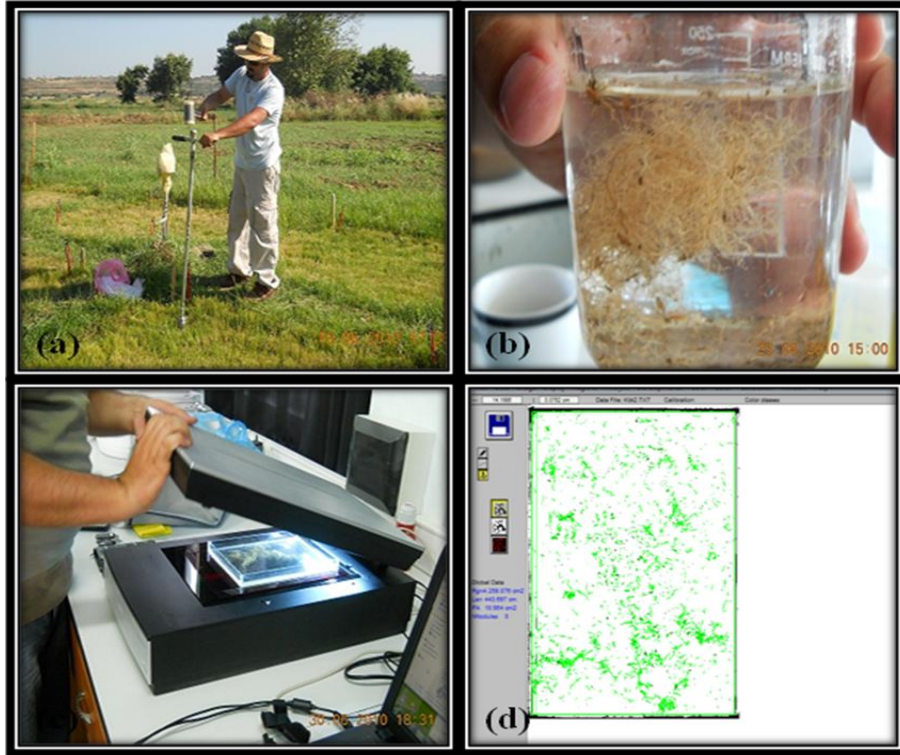
Deneme alanı topraklarının tarla kapasitesi ve solma noktası değerlerini belirlemek için pF cihazı (Soil Moisture Equipment Corp, USA) kullanılmıştır (Şekil 4a). Toprağın içerdiği karbon (C) ve azot (N) miktarları da Leco Truspec 2000 CN analizatörü yardımıyla belirlenmiştir (Şekil 4b). Toprağın ve sulama suyunun EC ve pH'sını belirlemek için sırasıyla pH metre (İnoLab, WTW) ve EC metre (Crison CM-35) kullanılmıştır (Şekil 4c ve 4d).



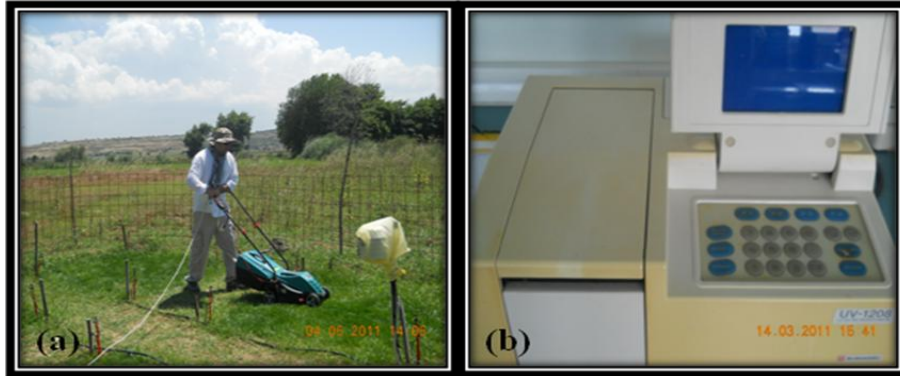
Şekil 4. Toprak ve su analiz cihazları; (a): pF cihazı, (b): C-N analizatörü, (c): pH metre, (d): EC metre.

3.1.5.5. Bitki Analizleri

Çim bitkisinin kök gelişimini izlemek için kök örnekleri bozulmamış toprak örneği alma silindirleriyle alınmıştır (Şekil 5a, 5b). Alınan kökler yıkandıktan sonra, tarayıcıda (Epson V700) taranarak kök uzunluğu, kök hacmi, kök yüzey alanı gibi kök parametreleri WinRhizo Basic 2007 (Regent Inst) programıyla belirlenmiştir (Şekil 5c, 5d). Çim bitkisinin yeşil ot verimi ve kuru ot verimini belirlemek için 10-15 gün aralıklarla çim biçme makinesi (Bosch) kullanılarak çimler biçilmiştir (Şekil 6a). Klorofil miktarları spektrofotometre (Shimadzu, UV-1208) ile belirlenmiştir (Şekil 6b).



Şekil 5. Kök örnekleme ve analizi.



Şekil 6. Çim biçimi ve spektrofotometre.

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak Analizleri

Ekimden önce, deneme alanını en iyi temsil eden 7 farklı noktadan 0-30 cm ve 30-60 cm toprak katmanlarından Soil Survey Staff (1951) ve Blake (1965)'de verilen ilkelere göre bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Toprak tane boyu dağılımı (toprak tekstürü) 2 mm'lik elekten elenmiş bozulmuş toprak örneklerinde 2 paralelli olarak Bouyoucos tarafından belirtilen esaslara göre hidrometre yöntemiyle yapılmıştır (Gee ve Bauder, 1986). Bu örneklerden yararlanılarak alana ilişkin tarla kapasitesi ve solma noktası

değerleri pF cihazı yardımıyla belirlenmiştir. Tarla kapasitesi değeri, toprak tekstürüne bağlı olarak 10 kPa (Romano ve Santini, 2002) ve 33 kPa (Richards ve Weaver, 1944) arasında değişmektedir (Orfanus ve Eitzinger, 2010). Bu çalışmada, deneme alanının toprağı kumlu bünyeli olması nedeniyle tarla kapasitesi $p_{TK} = 2.0$ (10 kPa) ve solma noktası $p_{SN} = 4.2$ (1500 kPa) basınç altında belirlenmiştir (Janik ve ark., 2007; Anonim, 2011a; Anonim, 2011b).

3.2.2. Kültürel İşlemler

3.2.2.1. Toprak İşleme ve Çim Ekimi

Denemenin ilk yılında uygulama alanının toprakları ekimden yaklaşık 1 ay önce 30-40 cm derinlikte sürülmüştür. Sürümden 1 hafta sonra diskaro ve rototiller ile toprak işleme yapılmıştır. İkinci yılda ise, toprak altında STB olması nedeniyle toprak işleme 20-25 cm derinlikle yapılmıştır. STB'nin toprağına yerleştirilmesinden sonra deneme alanı elle tırmıklanarak düzeltilmiştir.

Ekime hazırlanmış toprakların üzerine 50 gr/m² gelecek şekilde çim tohumları elle ekilmiştir. Denemenin ilk yılında, 25.04.2010 tarihinde, ikinci yılda ise 01.05.2011 tarihinde ekim yapılmıştır.

3.2.2.2. Gübreleme

Denemenin birinci ve ikinci yılında ekimden önce tüm konulara 25 kg/da 15-15-15 kompoze gübre atılmıştır. Denemenin ilk yılında sırasıyla 09.06.2010 ve 07.07.2010, ikinci yılda ise 10.06.2011 ve 10.07.2011 tarihlerinde 20 kg/da Amonyum Sülfat gübresi verilmiştir.

3.2.2.3. Yabancı Ot Kontrolü ve İlaçlama

Deneme alanında yabancı ot kontrolü için, her iki yılda da ekimden 15 gün önce Round-up Star total herbisit uygulanmıştır. Bununla birlikte, ekimi takiben yabancı ot mücadelesi elle yapılmıştır.

Mantar hastalıklarına karşı her iki yılda da yaklaşık 15 günde bir fungusit ilaçları (Captain ve Previkür) karıştırılarak deneme alanına uygulanmıştır.

3.2.3. Deneme Düzeni

Deneme parsellerinin büyüklüğü 1.7x2.0 m olacak şekilde 3 tekerrürlü olarak düzenlenmiştir (Şekil 7). Denemede, STB₃₀ ve STB₄₀ derinliğe yerleştirilmiş (Şekil 8) ve her bir STB derinliğinde 3 farklı sulama düzeyi (kullanılabilir su tutma kapasitesinin %100'ü, %66'sı ve %33'üne tamamlanması) uygulanmıştır. Ayrıca, 3 parselde STB örtü ile karşılaştırmak amacıyla kontrol uygulaması yapılmıştır. Konular arasındaki etkileşimi

engellemek amacıyla, parseller arasında 1.5 m ve STB derinlikleri arasında da 3 m boşluk bırakılmıştır. Ayrıca, kontrol konusu ile diğer konular arasında 3.5 m boşluk bırakılmıştır. Çalışmada, farklı STB derinliklerine ve farklı sulama düzeylerine göre oluşturulan konular Çizelge 3’de verilmiştir.

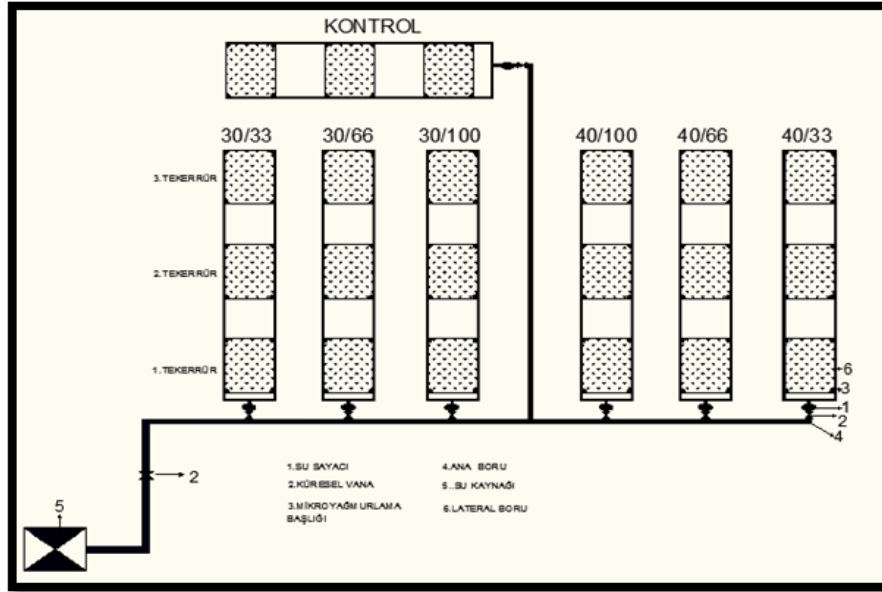
Çizelge 3. Deneme konuları

Konu	Açıklama
30/100	Toprak yüzeyinden 30 cm derinliğe serilen STB’de 30 cm toprak derinliğinde eksilen nemin tamamının uygulanması.
30/66	Toprak yüzeyinden 30 cm derinliğe serilen STB’de 30 cm toprak derinliğinde eksilen nemin toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesinin %66’sına tamamlanması.
30/33	Toprak yüzeyinden 30 cm derinliğe serilen STB’de 30 cm toprak derinliğinde eksilen nemin toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesinin %33’üne tamamlanması.
40/100	Toprak yüzeyinden 40 cm derinliğe serilen STB’de 30 cm toprak derinliğinde eksilen nemin tamamının uygulanması.
40/66	Toprak yüzeyinden 40 cm derinliğe serilen STB’de 30 cm toprak derinliğinde eksilen nemin toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesinin %66’sına tamamlanması.
40/33	Toprak yüzeyinden 40 cm derinliğe serilen STB’de 30 cm toprak derinliğinde eksilen nemin toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesinin %33’üne tamamlanması.
Kontrol	STB uygulaması olmaksızın normal arazi koşullarında 30 cm toprak derinliğinde eksilen nemin tamamının uygulanması.

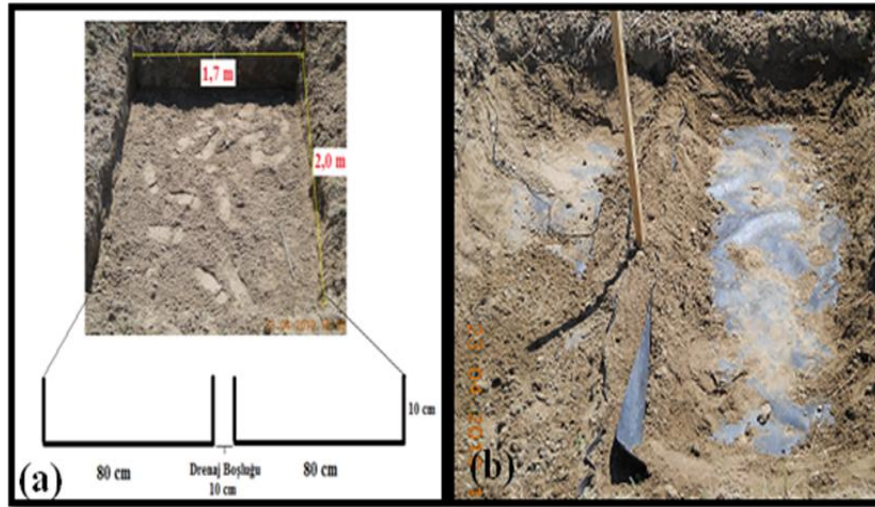
Toprak nemini belirlemek için FDR sensörler kullanılmıştır. Nem sensörlerinden doğru ölçüm alınabilmesi için kalibrasyonları yapılması gerekmektedir (Leib ve ark., 2003). Her iki yılda da çim ekiminden önce araziden gravimetrik yöntemle alınan toprak örnekleri ile sensörlerinin kalibrasyonu yapılmıştır.

Sensörler, kontrol, 30/33, 30/66, 30/100 konularında 15 cm ve 40 cm derinliğe, 40/33, 40/66 ve 40/100 konularında ise 15 cm ve 50 cm derinliklere yerleştirilmiştir (Şekil 9). 15 cm derinlikteki sensörler etkili kök derinliğindeki toprak nem içeriğini belirlemek ve sulama suyu miktarını hesaplamak için, 40 cm veya 50 cm derinlikteki sensörler ise drenaj olup olmadığını gözlemlemek için yerleştirilmiştir. Sensörlerden ölçülen veriler arazide bulunan küçük HOB0 veri kaydedicilere (Onset Com.) 1 saat aralıklı kaydedebilecek şekilde ayarlanmıştır. Depolanan veriler veri kaydedicilerden USB bağlantısı ile

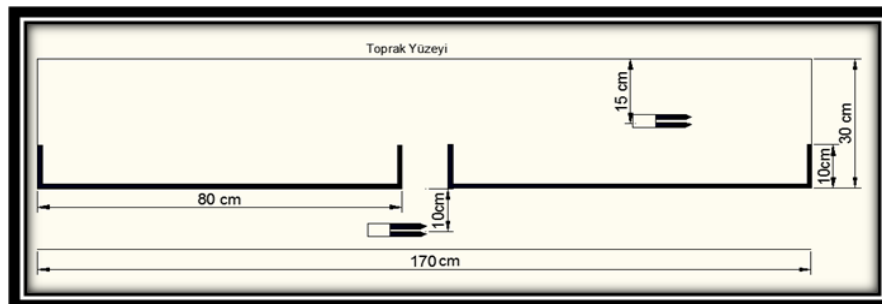
bilgisayara aktarılmıştır. Ölçülen veriler kullanılarak her uygulama için gerekli olan sulama suyu miktarları hesaplanmıştır.



Şekil 7. Deneme planı.



Şekil 8. STB'lerin toprağa yerleştirilmesi.



Şekil 9. STB₃₀ konularındaki sensörlerin görünümü.

3.2.4. Uygulanan Sulama Suyu Miktarı

Çim bitkisinin sulanmasında toprak neminin solma noktasına yaklaşmasının istenmemesi nedeniyle kullanılabilir su tutma kapasitesinin (KSTK) en fazla %30'u tüketildiğinde sulama yapılmasının uygun olduğu belirtilmektedir. Ayrıca, çim bitkisi için ıslatılacak toprak derinliğinin de 30 cm alınması önerilmektedir (Emekli ve Baştuğ, 2007). Deneme alanı topraklarının hafif bünyeye sahip olması, KSTK'nın izin verilen kısmı ve çimin etkili kök derinliği dikkate alınarak sulama aralığı iki gün olarak belirlenmiştir. İki günün sonunda toprakta nem sensörleri yardımıyla belirlenen toprak nem içeriğine göre sulamalar yapılmıştır.

Net ve toplam sulama suyu miktarları Eşitlik 3.1 ve 3.2 yardımıyla hesaplanmıştır. Parsellere verilecek olan sulama suyu miktarını kontrollü olarak su saatleri yardımıyla parsellere uygulanmıştır.

$$dn = \frac{(TK^* - MN)}{100} \times 300 \quad (3.1)$$

* (tarla kapasitesine getirilen konular için geçerlidir, diğer konulara uygulanan sulama suyu miktarları için TK yerine KSTK'nin %66 ve %33 değerleri kullanılmıştır)

$$dt = \frac{dn}{Ea} \quad (3.2)$$

Eşitlikte; dn: net sulama suyu miktarı (mm), TK: tarla kapasitesi, MN: mevcut nem, Ea: sulama suyu randımanı (0.85 alınmıştır), dt: toplam sulama suyu miktarı (mm)

3.2.5. Bitki Su Tüketimi

Çimin gerçek bitki su tüketiminin (ET_a) belirlenmesinde Eşitlik 3.3'de verilen su bütçesi yöntemi kullanılmıştır (James, 1988). Ayrıca, HYDRUS/2D simülasyon programında kullanılmak üzere aylık bitki su tüketimi de (ET_c) Eşitlik 3.4 ile hesaplanmıştır (Allen ve ark., 1998).

$$ET_a = I + P + D \pm R \pm \Delta S \quad (3.3)$$

Eşitlikte; ET_a : Bitki su tüketimi (mm), I: Sulama suyu miktarı (mm), P: Yağış (mm), D: Derine sızma (mm), R: Yüzey akış (mm), ΔS : İki örnekleme arasındaki nem değişimi (mm)

Çim bitkisinin sulanmasında, 30 cm toprak derinliğindeki bitki kök bölgesinin altındaki nemin düşük olması nedeniyle bitki su tüketiminin hesaplanmasında derine sızma kayıplarının ihmal edilebilecek düzeyde olduğu kabul edilmiştir (Kırda ve ark., 1996).

$$ET_c = kc \times ET_0 \quad (3.4)$$

Eşitlikte; kc: bitki katsayısı (çim kıyas bitkisi olduğu için 1 alınmıştır), ET_0 : referans bitki su tüketimi (mm/gün)

ET_0 : FAO-56 Penman-Monteith denklemi Eşitlik 3.5 yardımıyla hesaplanmıştır (Allen ve ark., 1998).

$$ET_0 = \left[\frac{0.408\Delta(Rn - G) + \gamma \frac{900}{T + 273} u_2 (e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34u_2)} \right] \quad (3.5)$$

- ET_0 = Referans bitki su tüketimi (mm/gün),
 Rn = Net radyasyon ($MJ/m^2/gün$),
 G = Toprak ısı akısı ($MJ/m^2/gün$),
 $(e_s - e_a)$ = Havadaki buhar basıncı eksiği (kPa),
 e_s = Havanın doymuş buhar basıncı (kPa),
 e_a = Havanın o andaki buhar basıncı (kPa),
 Δ = Buharlaşma basıncı eğrisi eğimi ($kPa/^\circ C$),
 γ = Psikrometrik sabit ($kPa/^\circ C$),
 u_2 = 2 m yükseklikteki rüzgar hızı (m/s).

Beard (1985)'e göre, çim bitkisi için ET oranlarının sınıflaması Çizelge 4'de verilmiştir (Carrow ve ark., 1990).

Çizelge 4. Çim bitkisi için bitki su tüketim oranları

Sınıflama	Bitki su tüketim oranları	
	mm/gün	mm/hafta
Çok düşük	<4.0	<28
Düşük	4.0-4.9	28-34
Orta düşük	5.0-5.9	35-41
Orta	6.0-6.9	42-48
Orta-yüksek	7.0-7.9	49-55
Yüksek	8.0-8.9	56-62
Çok yüksek	>9.0	>63

3.2.6. Çim Bitkisinde Yeşil Ot ve Kuru Ot Verimleri

Deneme alanındaki çim yüksekliği yaklaşık olarak 12-15 cm'ye ulaşınca 6 cm yükseklikten biçilmiştir. Ekimden sonraki günler ($ESG_{GÜN}$) olarak verilmiştir. Denemenin

ilk yılında 22 Mayıs (ESG₂₇), 2 Haziran (ESG₃₈), 17 Haziran (ESG₅₃), 29 Haziran (ESG₆₅), 9 Temmuz (ESG₇₅), 20 Temmuz (ESG₈₆), ikinci yılında ise, 4 Haziran (ESG₃₅), 22 Haziran (ESG₅₃), 6 Temmuz (ESG₆₇), 20 Temmuz (ESG₈₁), 3 Ağustos (ESG₉₅), 15 Ağustos (ESG₁₀₇) olmak üzere her iki yılda da 6 kez biçim yapılmıştır. Her bir parsel alanında (3.4 m²) biçilen çimlerin yeşil ot verimleri deneme alanında tartılarak, kuru ot verimleri ise yeşil ot verimi belirlenmiş örnekler etüvde 70 °C’de sabit ağırlığa gelinceye kadar yaklaşık olarak 48 saat kurumaya bırakılarak belirlenmiştir. Yeşil ot ve kuru ot verimleri t/ha olarak verilmiştir.

3.2.7. Su Kullanım Randımanları

Hillel ve Guron (1973)’un verdiği Eşitlik 3.6’ya göre Su Kullanım Randımanı (WUE), Eşitlik 3.7 yardımıyla Sulama Suyu Kullanım Randımanı (IWUE) hesaplanmıştır.

$$WUE = \frac{Y}{ET} \quad (3.6)$$

$$IWUE = \frac{Y}{I} \quad (3.7)$$

Eşitlikte; WUE: Su kullanım randımanı (kg/m³), IWUE: Sulama suyu kullanım randımanı (kg/m³), Y: Çim bitkisinin yeşil ot verimi (kg/da), ET: Bitki su tüketimi (m³/da), I: Sulama suyu (m³/da)’dır.

3.2.8. Toprak ve Bitki Analizleri

3.2.8.1. Toprak Reaksiyonu ve Elektriksel İletkenlik

Toprak reaksiyonu (pH) 1:2.5 toprak-su karışımında hidrojen iyonu konsantrasyonunun pH-metre ile potansiyometrik olarak ve elektriksel iletkenlik (EC) ise elektriksel iletkenliğe bağlı kondaktivite metodu ile belirlenmiştir (Black, 1965). pH değerlendirme kriterleri Çizelge 5’de (Richards, 1954) ve EC değerlendirme kriterleri ise Çizelge 6’da verilmiştir (Mass, 1986).

3.2.8.2. Klorofil Analizi

Çim bitkisindeki klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil miktarını belirlemek için, 4 gr yaş örnek alınmıştır. Bir havanda püre haline gelinceye kadar dövülen örneklerin üzerlerine 35 ml %90’lık aseton çözeltisi ilave edilmiştir. Örnekler biraz daha karıştırılarak huni yerleştirilmiş erlenlerin üzerine filtre kağıdıyla süzme işlemine tabi tutulmuştur. Filtre kağıdından süzülen sıvıya daha sonra yine %90’lık aseton ilave edilerek son hacim 50 ml’ye tamamlanmıştır. Hazırlanan örnekler ışık alması önlenecek şekilde paketlenerek 200

rpm orbital çalkalayıcıda 5 dk karıştırılmıştır (Holden, 1976). Ardından bu örnekler spektrofotometreyle 645 (R_{645}) ve 663 (R_{663}) nm dalga boylarında okunarak klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil miktarı sırasıyla Eşitlik 3.8, 3.9 ve 3.10 yardımıyla hesaplanmıştır (Arnon, 1949). Elde edilen değerler daha sonra mg/g cinsinden hesaplanmıştır.

$$\text{Klorofil-a} = 12.7(R_{663}) - 2.69(R_{645}) \quad (3.8)$$

$$\text{Klorofil-b} = 22.9(R_{645}) - 4.68(R_{663}) \quad (3.9)$$

$$\text{Toplam klorofil} = 20.2(R_{645}) + 8.02(R_{663}) \quad (3.10)$$

Çizelge 5. pH değerlendirme kriterleri

pH	Derecesi
<4.5	Kuvvetli asit
4.5-5.5	Orta asit
5.5-6.5	Hafif asit
6.5-7.5	Nötr
7.5-8.5	Hafif alkalın
8.5<	Kuvvetli alkalın

Çizelge 6. EC değerlendirme kriterleri

EC ($\mu\text{S/cm}$)	Derecesi
0-4000	Tuzsuz
4000-8000	Hafif tuzlu
8000-15000	Orta derecede tuzlu
15000<	Çok tuzlu

3.2.8.3. Görsel Kalite

Çim biçimlerinden sonra bitkilerdeki renk değişimlerini belirlemek için Munsell renk skalası kullanılmıştır (Wilde ve Voigt, 1977). Denemede görülen renk değişiklikleri koyu yeşil renkten sarı renge göre derecelendirilmiştir (Çizelge 7). Birçok araştırmacı 1-9 skalası kullanmıştır (Liu ve ark., 1993; Schlossberg ve Karnok, 2001; Jordan ve ark., 2003; Alshammery ve ark., 2004; Sass ve Horgan, 2006; Emekli ve Başbuğ, 2007; Karcher ve ark., 2008; Cereti ve ark., 2010). 9 değeri ideal, 1 değeri ise ölü veya sararmış çim

anlamına gelmektedir. Asgari kabul edilebilir değer ise yetiştirme zamanına ve çim çeşitine göre 5-7 arasında değişmektedir (Henry ve Gibeault, 1985; Aranson ve ark., 1987; Jordan ve ark., 2003; Sass ve Horgan, 2006). Araştırmada, arazideki çimin görsel kalite değerlendirilmesinde kabul edilebilir değer olarak 6 alınmıştır (Karcher ve Richardson, 2003; Dacosta ve Huang, 2005; Sass ve Horgan, 2006; Emekli ve Başbuğ, 2007; Fu ve ark., 2011). Konular arasındaki görsel kalite farklılıkları belirlenirken renk değeri ile birlikte, çim yoğunluğu, arazi içerisindeki genel görünümü ve yabancı ot oranı dikkate alınmıştır.

Çizelge 7. Munsell renk skalası ve çim renginin derecelendirilmesi

Skaladaki sayfa numarası	Renk numarası (Değer/Renk tonu)	Derecelendirme numarası	Renk değişimi
7.5 GY	2/6	9	Koyu yeşil
7.5 GY	3/6	8	
7.5 GY	4/6, 8	7	
7.5 GY	5/8, 10	6	
7.5 GY	6/8, 10	5	
7.5 GY	7/10, 12	4	
7.5 GY	8/12, 14	3	
7.5 GY	9/12, 14	2	Açık yeşil
2.5 Y, 5 Y	Tüm renkler	1	Sarı veya ölü

3.2.8.4. Yaprak Su İçeriği

Yaprak su içeriği (YSİ) değerleri, her bir çim biçiminde örnek alınarak belirlenmiştir. Bu amaçla, her konudan kesilen çimden yaklaşık olarak 200 gr örnek alınmıştır. Yaş ağırlıklar arazide biçimden hemen sonra tartılarak belirlenmiştir. Yaş ağırlığı belirlenmiş örnekler etüvde 70 °C'de sabit ağırlığa gelinceye kadar yaklaşık olarak 48 saat kurumaya bırakılmıştır. Elde edilen yaş ve kuru ağırlıklardan yararlanılarak Eşitlik 3.11 yardımıyla yaprak su içeriği hesaplanmıştır (Lambers ve Poorter, 1992; Garnier ve Laurent, 1994; Ortmann ve ark., 1994).

$$YSİ = \frac{YA - KA}{YA} \times 100 \quad (3.11)$$

Eşitlikte; YSİ: Yaprak su içeriği (%), YA: Yaş ağırlık (gr), KA: Kuru ağırlık (gr)

3.2.8.5. Kök Analizi

Çimin, sulama ve STB konularına göre kök gelişimi Core yöntemi kullanılarak belirlenmiştir (Dowdy ve ark., 1998). Bu amaçla her parselden 25 cm'ye kadar 5 farklı derinlikten (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm ve 20-25 cm) kök örnekleri için bozulmamış toprak örneği alma silindirleriyle (100 cm³) örnekler alınmıştır. Core yöntemi ile elde edilen kökler Epson V700 marka tarayıcıda taranarak kök uzunluğu (cm), kök hacmi (cm³), kök çapı (cm) ve kök yüzey alanı (cm²) parametreleri WinRhizo Basic 2007 (Regent Inst) programı ile belirlenmiştir. Kuru kök ağırlıkları ise, söz konusu ölçümler yapıldıktan sonra, etüvde 70 °C sıcaklıkta yaklaşık 48 saat bekletilmiş ve 0.1 mg hassasiyet ile ölçüm yapabilen laboratuvar terazisi (Precisa) ile belirlenmiştir.

3.2.9. HYDRUS/2D Programı ile Toprak Neminin Modellenmesi

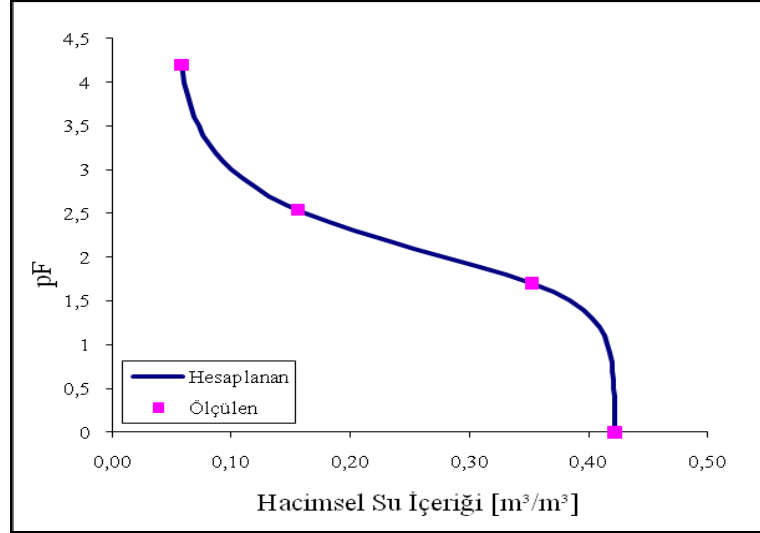
HYDRUS/2D, toprak içerisinde sürekli akışın olmadığı doymuş ve doymamış koşullar için Richard eşitliğinin (Eşitlik 3.12) sayısal çözümünü bilgisayar ortamında çalıştıran bir programdır. Bununla birlikte, HYDRUS/2D programı kullanılarak sıcaklık ve çözünmüş madde transferi de bilgisayar ortamında yapılabilmektedir (Simunek ve ark., 1999; Blonquist ve ark., 2006). Richard eşitliği genel bir denklem olup, HYDRUS 2D/3D model programlarında benzer eşitlikler bulunmaktadır (Blonquist ve ark., 2006).

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} = \frac{\partial}{\partial z} \left[K(h) \left(\frac{\partial h}{\partial z} + 1 \right) \right] \quad (3.12)$$

Eşitlikte, K: Hidrolik iletkenlik (m/s), h: basınç yükü (matrik potansiyel) (m), z: düşey mesafe (m), θ : hacimsel su içeriği (m³/m³), t: zaman (s)

3.2.9.1. Model Girdileri

HYDRUS/2D model programının toprakla ilgili girdileri arasında hacim ağırlığı, hidrolik iletkenlik ve belirli basınçlar altında ölçülen hacimsel su içeriklerinin belirlenmesi gerekmektedir. Toprak su karakteristik özelliklerini belirlemek için, deneme alanından alınan toprak örneklerinin farklı basınçlar altındaki hacimsel su içerikleri belirlenmiştir. Hesaplanan bu değerler ile su tutma eğrisi (water retention curve) oluşturulmuştur (Şekil 10). Parametrelerin belirlenmesi, belirli bir toprak suyu basıncındaki ölçülen ve tahmin edilen hacimsel su içeriği arasındaki farkın azaltılması esasına dayanmaktadır (Büyüктаş ve Havgören, 2005). Hacimsel su içeriği (θ) Eşitlik 3.13 yardımıyla belirlenmiştir (Van Genuchten, 1980). Su tutma eğrisi ile ilgili olarak hesaplanan ve modellemede kullanılan parametreler Çizelge 8'de verilmiştir.



Şekil 10. Su tutma eğrisi.

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{\left[1 + (\alpha h)^n\right]^m} \quad (3.13)$$

Eşitlikte, θ : hacimsel su içeriği (m^3/m^3), θ_s : doymuş su içeriği (m^3/m^3), θ_r : hacimsel olarak kalıcı su içeriği (m^3/m^3), α (metre^{-1}), $n > 1$, ve m : $1 - 1/n$.

Çizelge 8. HYDRUS/2D programında kullanılan toprak parametre değerleri

θ_s	θ_r	α	n	K_s^1	I
0.422	0.052	0.015	1.745	167	0.5

K_s^1 = Sature hidrolik iletkenlik (cm/gün) HYDRUS 2D modeli kullanılarak toprak tekstür ve hacim ağırlığı verileri ile tahmin edilmiştir.

HYDRUS/2D programında model girdisi olarak toprak özelliklerine ek olarak modelin uygulanacağı döneme ait sulama suyu miktarının, bitki su tüketiminin (buharlaşma (evaporasyon) ve terleme (transpirasyon)), yağış miktarının, toprak profilinin başlangıçtaki nem düzeylerinin, toprak profilinin kesitinin ve toprak sınır koşullarının (drenajın serbest olup olmadığı, toprak yüzeyinin atmosferik koşullara açık olup olmadığı vb) bilinmesi gerekmektedir. Bu bağlamda, toprak profilindeki başlangıçtaki nem düzeyleri gravimetrik yöntemle ve toprak nem sensörleri yardımıyla belirlenmiştir. Toprak üst sınırı atmosferik sınır olarak ve alt sınırı ise serbest drenaj olarak seçilmiştir. Ayrıca, toprak sınır koşulları olarak parsel genişlikleri 170 cm, toprak derinliği 100 cm olarak alınmıştır.

Belmans ve ark. (1983)'na göre; buharlaşma ve terleme değerlerinin model içerisinde ayrı ayrı girilmesi gerekmektedir. Eşitlik 3.4 yardımıyla hesaplanan ET_c değerindeki buharlaşma ve terleme değerlerinin oranları Eşitlik 3.14 ve 3.15 yardımıyla hesaplanmıştır (Blonquist ve ark., 2006).

$$E = ET_c \cdot e^{-k \cdot LAI} \quad (3.14)$$

$$T = ET - E \quad (3.15)$$

Eşitlikte, k: güneş radyasyonu için bir katsayısı, LAI: bitkinin yaprak alan indeksi (toplam yaprak alanının yapraklar tarafından örtülen alana oranı) (m^2/m^2), ET: bitki su tüketimi (mm), E: toprak yüzeyinden meydana gelen buharlaşma, T: bitki yüzeyinden meydana gelen buharlaşma.

HYDRUS/2D simülasyon modeli için, k değeri birçok bitki için 0.39 (Ritchie, 1972; Feddes ve ark., 1978) ve LAI değerini Kentucky Bluegrass çim çeşidi için 6 olarak belirlemişlerdir (Blonquist ve ark., 2006). Bu çalışmada, k ve LAI değerleri sırasıyla 0.39 ve 6 olarak alınmıştır. K ve LAI değerleri Eşitlik 3.14'de yerine konulduğunda bitki su tüketiminin (ET) yaklaşık olarak %90'ının terleme (transpirasyon) ve %10'unun buharlaşmadan (evaporasyon) kaynaklandığı görülmektedir. Modelde kullanılmak üzere Eşitlik 3.4 yardımıyla hesaplanan ET_c 'yi 0.90 katsayısı ile çarpılmasıyla bitki yüzeyinden meydana gelen terlemeyi ve 0.10 katsayısı ile çarpılmasıyla toprak yüzeyinden meydana gelen buharlaşma değerleri hesaplanmıştır.

3.2.10. İstatistik Analiz

Çim bitkisinde yeşil ve kuru ot verimini, klorofil-a, klorofil-b, toplam klorofil miktarını, kök ağırlığını, kök uzunluğunu, kök hacmini, ortalama kök çapını, kök yüzey alanını, EC, pH ve yaprak su içeriği verilerinin arasındaki farkın önemli olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (One-Way ANOVA) ile belirlenmiştir. Farkın önemli olması durumunda, konular arasındaki farklılığı belirlemek için Duncan testi kullanılmıştır. Yıllar arasında fark olup olmadığını belirlemek için eşleştirilmiş örnekler T testi (paired-samples T test) kullanılmıştır. Bu testler SPSS 13.0 (SPSS, 2004) paket programı yardımıyla yapılmıştır.

Görsel kalite verilerinin analizinde parametrik olmayan Friedman testi (Friedman, 1937) ve gruplar arasındaki farklılığın belirlenmesinde Bonferroni çoklu karşılaştırma testi (Dunnett, 1964) kullanılmıştır.

Toplam sulama suyu miktarı (TSSM) ile biyokütle verimi arasındaki ilişki, STB konularındaki TSSM ile görsel kalite ve biyokütle verimi ile görsel kalite arasındaki ilişkiler tek değişkenli regresyon analizleri ile saptanmıştır.

Sensörler yardımıyla ölçülen toprak nem değerleri ile HYDRUS/2D modelleme programı sonucunda elde edilen tahmin değerleri arasında duyarlılık analizleri yapılmıştır.

HYDRUS/2D modelinin değerlendirilmesinde 4 farklı istatistiksel ölçüt incelenmiştir. Korelasyon katsayısı (r) Eşitlik 3.16, hata kareleri ortalamasının karekökü (RMSE) Eşitlik 3.17, ortalama mutlak hata (MAE) Eşitlik 3.18, model etkinliği (ME) Eşitlik 3.19 yardımıyla hesaplanmıştır.

$$r = \frac{S_{XY}}{\sqrt{S_{XX} S_{YY}}} \quad (3.16)$$

$$RMSE = \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2}{N} \quad (3.17)$$

$$MAE = \frac{\sum_{i=1}^N |X_i - Y_i|}{N} \quad (3.18)$$

$$ME = 1 - \frac{\sum_{i=1}^N (X_i - Y_i)^2}{\sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X})^2} \quad (3.19)$$

Eşitliklerde, X_i : Ölçülen hacimsel su içeriği (m^3/m^3), Y_i : Tahmin edilen hacimsel su içeriği (m^3/m^3), \bar{X} : Ölçülen hacimsel su içeriği ortalaması (m^3/m^3), N: Gözlem sayısı

ME değerleri $-\infty - 1$ arasında değişmektedir. ME değerinin 1'e yaklaşması tahmin edilen veriler ile ölçülen verilerin aynı oranda değişkenliği göstermektedir. Ölçülen ve tahmin edilen değerler arasında farkın karesi, ölçülen veriler kadar büyük değişkenlik gösterdiği zaman ME sıfıra ulaşmaktadır. ME değerinin negatif değer alması ise ölçümlerin ortalamasının modele göre daha iyi bir tahmin ettiğini yani modelin uygun olmadığını göstermektedir (Ahnert ve ark., 2007).

BÖLÜM 4

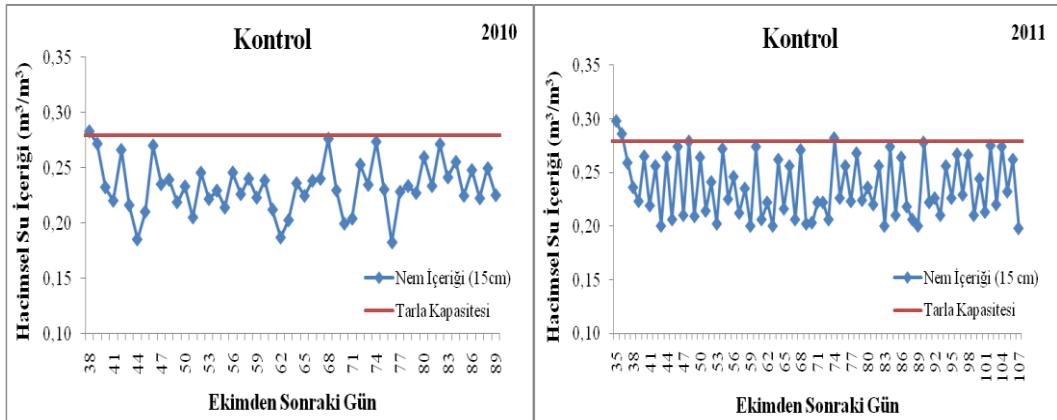
ARAŞTIRMA BULGULARI VE TARTIŞMA

4.1. Toprak Nemi Değişimleri

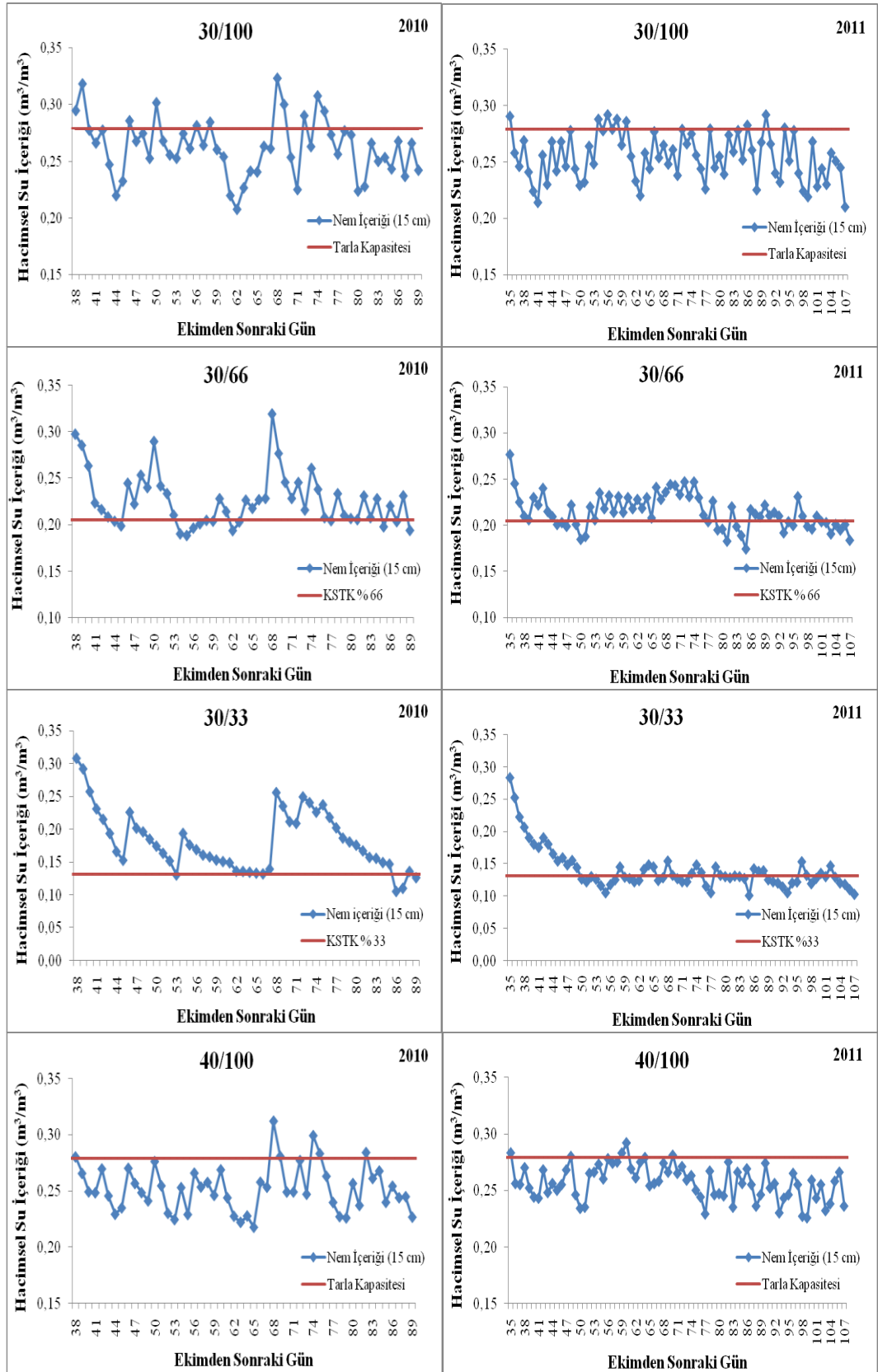
Deneme, ilk yıl 25 Nisan ile 23 Temmuz tarihleri arasında, ikinci yıl ise 1 Mayıs ile 15 Ağustos tarihleri arasında yürütülmüştür. Su kısıtı uygulamalarına, denemenin ilk yılında ESG₃₈, ikinci yılında ise ESG₃₅'de başlanmıştır. Denemenin ilk yılında 52 gün, ikinci yılda ise 73 gün su kısıtı uygulanmıştır.

Toprak profilindeki nem değişimi FDR sensörler yardımıyla ölçülmüştür. Deneme yıllarında ekimden önce gravimetrik yöntemle göre alınan toprak örnekleri ile sensörlerin kalibrasyonu yapılmıştır. 2010 ve 2011 yıllarında sensörler ile gravimetrik nem değerleri arasındaki belirtme katsayıları (R^2) sırasıyla 0.977 ve 0.963 olarak bulunmuştur. Yapılan benzer çalışmalarda, Cardenas-Lailhacar ve Duker (2010) $R^2 = 0.934$, Starr ve Paltineanu (1998) $R^2 = 0.992$ olarak elde etmişler ve nem sensörlerinin arazi koşullarında toprak nem içeriğini belirlemede kullanılabileceğini belirtmişlerdir.

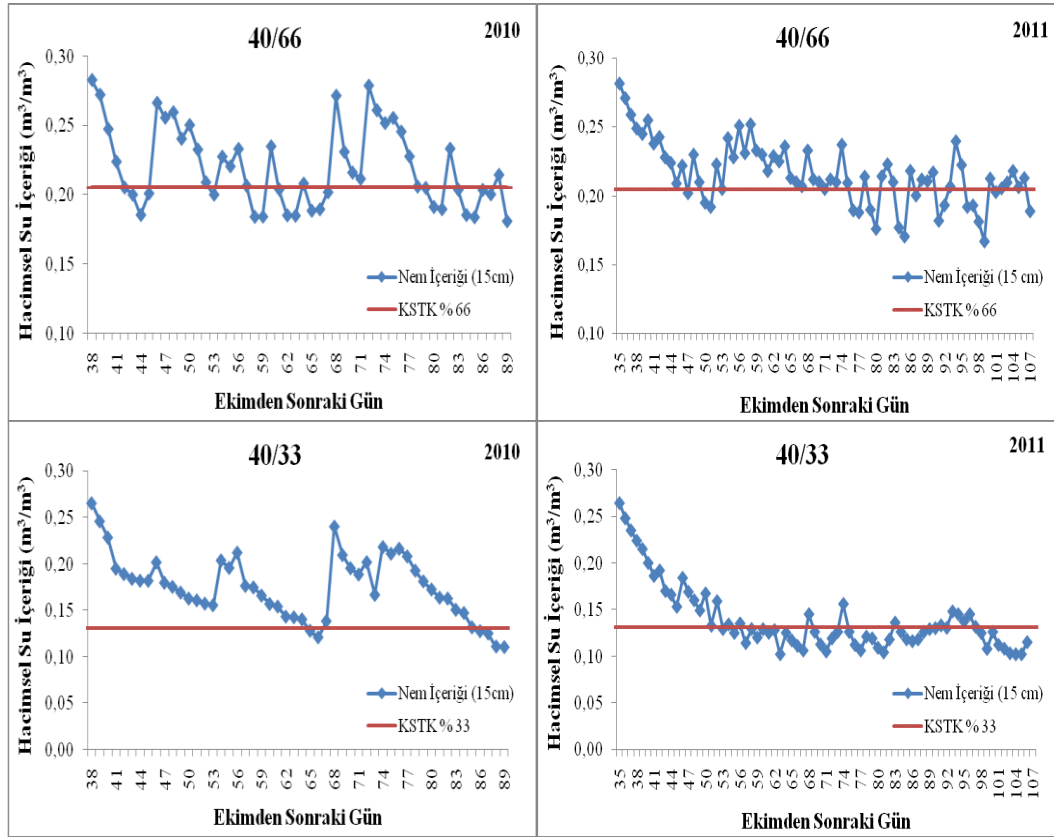
2010 ve 2011 yıllarında konulara ilişkin sensörler yardımıyla 15 cm derinlikte ölçülen hacimsel su içeriği değerleri Şekil 11'de gösterilmiştir. Ayrıca, 2010 ve 2011 yıllarında konulara ait ortalama hacimsel su içerikleri Çizelge 9'da verilmiştir.



Şekil 11. 2010 ve 2011 yıllarında konulardaki 15 cm derinlikte ölçülen hacimsel su içeriği değerleri.



Şekil 11. (devam).



Şekil 11. (devam).

Şekil 11’de gösterilen şekillerde düz çizgi konulara ait sınır noktasını göstermektedir. Söz konusu çizgi, kontrol, 30/100 ve 40/100 konularında hacimsel olarak tarla kapasitesini başka bir ifadeyle KSTK’nin %100’ünü ($0.279 \text{ m}^3/\text{m}^3$), 30/66 ve 40/66 konularında KSTK’nin %66’sını ($0.205 \text{ m}^3/\text{m}^3$) ve 30/33 ve 40/33 konularında ise KSTK’nin %33’ünü ($0.131 \text{ m}^3/\text{m}^3$) göstermektedir.

Çizelge 9. 2010 ve 2011 yıllarında konulara ait 15 cm derinlikte ortalama hacimsel su içeriği değerleri (m^3/m^3)

Konular	2010	2011
Kontrol	0.233	0.236
30/100	0.262	0.255
30/66	0.226	0.215
30/33	0.181	0.140
40/100	0.252	0.257
40/66	0.220	0.216
40/33	0.175	0.139

Ortalama hacimsel su içeriği değerleri denemenin ilk yılında 0.175-0.262 m³/m³, ikinci yılında ise 0.139-0.257 m³/m³ arasında değişmiştir. En yüksek ve en düşük ortalama hacimsel su içeriği değerleri ilk yıl sırasıyla 30/100 ve 40/33, ikinci yıl ise 40/100 ve 40/33 konularında olmuştur (Çizelge 9).

2010 ve 2011 yıllarında 30/33 ve 40/33 konularında ortalama hacimsel su içeriği değerleri sırasıyla 0.181-0.175 m³/m³ ve 0.140-0.139 m³/m³ olarak bulunmuş (Çizelge 9) ve genel olarak sınır çizgisinin (0.131 m³/m³) altına düşmediği görülmüştür (Şekil 11). 30/66 ve 40/66 konularında ortalama hacimsel su içeriği sırasıyla 0.226-0.220 m³/m³ ve 0.215-0.216 m³/m³ olarak bulunmuş ve KSTK %66'sı (0.205 m³/m³) olan sınır noktasına göre nem dağılımının benzer olduğu görülmüştür. 30/100 ve 40/100 konularında ortalama hacimsel su içeriği sırasıyla 0.262-0.252 m³/m³ ve 0.255-0.257 m³/m³ olarak bulunmuştur. Kontrol uygulamasına 30/100 ve 40/100 konularına göre daha fazla su verilmesine rağmen, ortalama hacimsel su içeriği değeri 0.233-0.236 m³/m³ daha düşük bulunmuştur (Şekil 11).

2011 yılında, ortalama hacimsel su içeriği değerleri farklı STB uygulamalarında (STB₃₀ ve STB₄₀) ve aynı sulama konularında (30/100-40/100, 30/66-40/66, 30/33-40/33) denemenin ilk yılına oranla birbirine daha yakın olduğu görülmektedir (Çizelge 9). Bununla birlikte, kontrol uygulamasında da 2010 ve 2011 yılı ortalama hacimsel su içeriği değerleri birbirine yakın elde edilmiştir. 30/33 ve 40/33 konularında ortalama hacimsel su içeriği değerleri (0.140 m³/m³ ve 0.139 m³/m³) denemenin ilk yılına oranla daha düşük çıkmıştır (Şekil 11). Konulara göre sulamaya başladıktan sonra, 2010 yılında ESG₄₅ ve ESG₆₇'de olmak üzere toplam 85 mm yağış düşmüş, 2011 yılında ise bu dönemde çok az yağış (4 mm) düşmüştür. Söz konusu konulardaki bu farklılığın yağıştan kaynaklandığı düşünülmektedir. 2011 yılında çim bitkisinin yetiştirme periyodu boyunca çok az yağış düşdüğünden hacimsel su içeriği değerleri 2010 yılına oranla konulara ilişkin nem değerleri sınır çizgilerine daha yakın çıkmıştır (Şekil 11). Denemenin iki yılı birlikte dikkate alındığında, STB uygulamalarının kontrol uygulamasına göre toprak da suyu daha fazla tuttuğu görülmektedir.

Githinji ve ark. (2009), Amerika'da tınlı-kumlu bünyeye sahip arazi koşullarında yaptıkları çalışmada, *Green keeper* ve *HB130 Bluegrass* hibrit çayır otunda 15 cm derinlikteki hacimsel su içeriklerini sırasıyla 0.224 m³/m³ ve 0.228 m³/m³ olarak bulmuşlardır. Araştırmacıların elde ettikleri bu değerler çalışmada kontrol konusundan elde edilen değerlerle benzerlik göstermektedir.

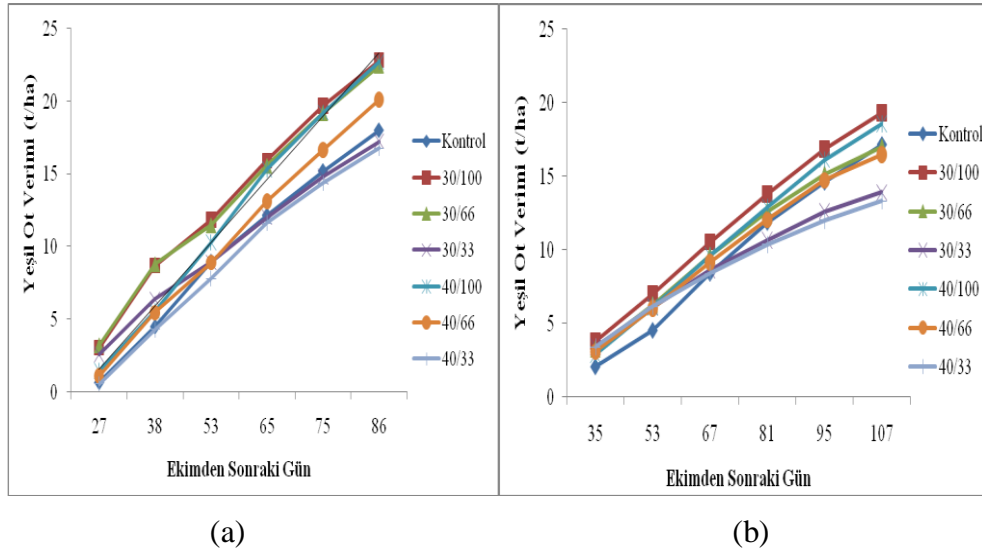
4.2. Yeşil Ot ve Kuru Ot Verimleri

2010 ve 2011 yıllarında yapılan çim biçim zamanları Çizelge 10'da verilmiştir. İklim ve çim bitkisinin gelişme dönemlerine göre, denemenin ilk yılında biçim aralığı 10-15 gün, ikinci yılda ise 12-18 gün arasında değişmiştir.

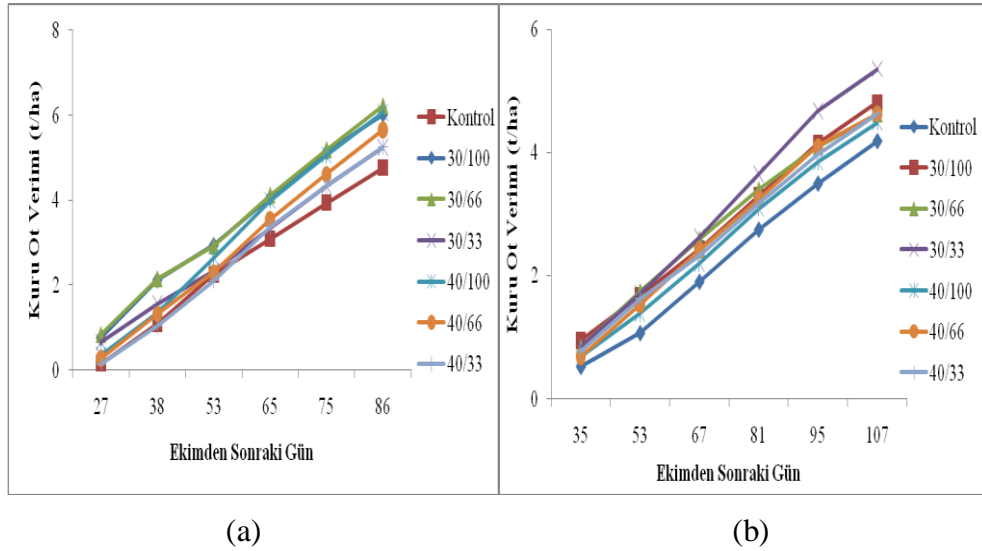
Çizelge 10. Çim biçim zamanları

1. Biçim	2. Biçim	3. Biçim	4. Biçim	5. Biçim	6. Biçim
Ekimden sonraki gün					
2010					
27	38	53	65	75	86
2011					
35	53	67	81	95	107

2010 ve 2011 yıllarında konulara ilişkin eklemeli yeşil ot ve kuru ot verim değerlerinin değişimi sırasıyla Şekil 12 ve 13'de verilmiştir.



Şekil 12. 2010 (a) ve 2011 (b) yıllarına ait eklemeli yeşil ot verim değerlerinin değişimi.



Şekil 13. 2010 (a) ve 2011 (b) yıllarına ait eklemeli kuru ot verim değerlerinin değişimi.

Büyüme dönemi boyunca toplam yeşil ot verimi ve kuru ot verim değerlerine ilişkin Duncan testi sonuçları Çizelge 11’de verilmiştir. Ayrıca, deneme yıllarının ortalama değerleri kullanılarak STB konularının kontrol konusuna göre yeşil ot ve kuru ot verimindeki yüzdesel (%) değişim Şekil 14’de gösterilmiştir.

Yeşil ot verimleri incelendiğinde, 2010 yılında STB₃₀ uygulamalarından 30/100 ve 30/66 sulama konularındaki değişim 30/33 konusuna göre istatistiksel olarak farklı çıkmıştır. STB₄₀ parsellerinde yeşil ot verimi değişimi bakımından sulama konuları (40/100, 40/66, 40/33) arasındaki farkın önemli olduğu görülmüştür. 30/100, 30/66, 40/100 ve 40/66 konularındaki yeşil ot verim değişimi kontrol uygulamasına göre istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 2011 yılında ise, hem STB₃₀ hem de STB₄₀ uygulamalarında sulama konuları arasında farklar önemli çıkmıştır. 2010 yılında kontrol konusu, 30/33 ve 40/33 sulama konuları ile aynı grupta yer alırken 2011 yılında 30/66 ve 40/66 konuları ile aynı grupta yer almıştır. Denemenin ikinci yılında kontrol konusu dışındaki diğer konulara ilişkin yeşil ot verim değerlerinde genel bir azalma söz konusudur. Bu farklılığın iklim koşullarından meydana geldiği düşünülmektedir. Deneme yıllarının ortalaması incelendiğinde, en yüksek yeşil ot verimi 30/100 konusunda elde edilmiştir. Söz konusu uygulama, 40/100 konusu ile aynı grupta yer almış ve diğer uygulamalar ile farklı grupta yer almıştır. STB₃₀ ve STB₄₀ uygulamalarında konular arasındaki yeşil ot verim değerleri arasındaki farklılık istatistiksel olarak önemli çıkmıştır. Kontrol konusu 40/66 konusu ile de aynı grupta yer almıştır. 2010, 2011 ve her iki yılın ortalaması birlikte incelendiğinde, 2010 yılının 30/100 ve 30/66 konuları dışındaki tüm konularda sulama suyu miktarının

azalması ile çim bitkisinde yeşil ot verimi arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu görülmektedir (Çizelge 11).

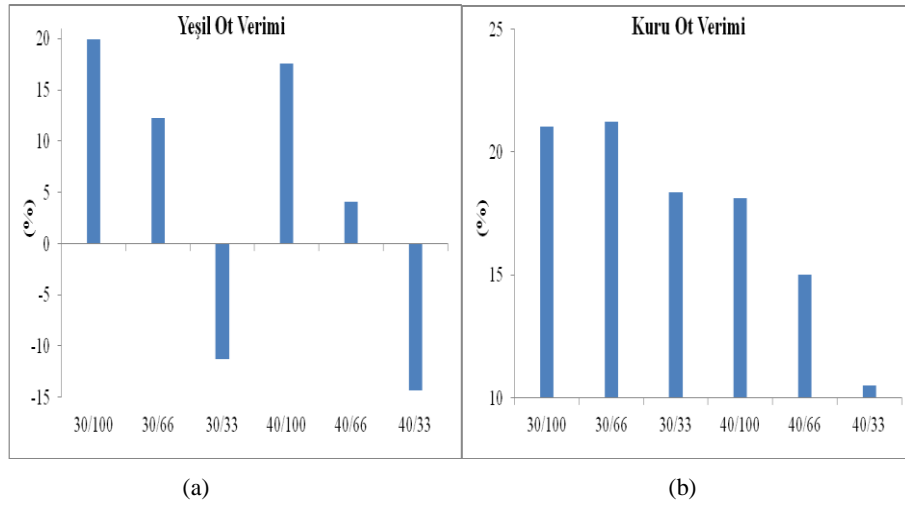
Çizelge 11. Deneme yıllarına ve yıllar ortalamasına ilişkin konuların toplam yeşil ot ve kuru ot verimleri (t/ha)

Konular	Yeşil ot verimi (t/ha)		
	2010	2011	Ortalama
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$
Kontrol	17.97 ± 0.3 C*	17.15 ± 0.1 B	17.56 ± 0.1 C
30/100	22.82 ± 0.2 A	19.31 ± 0.3 A	21.06 ± 0.1 A
30/66	22.43 ± 0.8 A	16.99 ± 0.1 B	19.71 ± 0.4 B
30/33	17.24 ± 1.2 C	13.92 ± 0.1 C	15.57 ± 0.6 D
40/100	22.69 ± 0.3 A	18.59 ± 0.3 A	20.64 ± 0.2 AB
40/66	20.09 ± 0.9 B	16.48 ± 0.4 B	18.28 ± 0.6 C
40/33	16.75 ± 0.1 C	13.33 ± 0.1 C	15.04 ± 0.1 D
Kuru ot verimi (t/ha)			
Kontrol	4.76 ± 0.1 C	4.19 ± 0.0 D	4.47 ± 0.0 C
30/100	6.02 ± 0.1 A	4.81 ± 0.1 B	5.41 ± 0.0 A
30/66	6.22 ± 0.2 A	4.63 ± 0.0 BC	5.42 ± 0.1 A
30/33	5.24 ± 0.3 BC	5.35 ± 0.2 A	5.29 ± 0.2 A
40/100	6.06 ± 0.1 A	4.49 ± 0.1 C	5.28 ± 0.0 A
40/66	5.65 ± 0.3 AB	4.63 ± 0.1 BC	5.14 ± 0.2 AB
40/33	5.25 ± 0.1 BC	4.62 ± 0.1 BC	4.94 ± 0.0 B

* Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve konular arasındaki farklılığı göstermektedir (Duncan, $p < 0.05$)

Kuru ot verim değerlerine bakıldığında, denemenin ilk yılında 30/100, 30/66, 40/100 ve 40/66 konuları aynı grupta yer almıştır. Söz konusu konular ile kontrol uygulamasına göre arasındaki ilişki istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. 30/33, 40/33 ve kontrol konuları aynı grupta yer almıştır. Denemenin ikinci yılında, en yüksek kuru ot verimi 30/33 konusundan elde edilmiş ve diğer konularla arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. 2011 yılında tüm konularda kuru ot verim değerleri azalmasına rağmen, 30/33 konusunda artış meydana gelmiştir. Bunun nedeni, 2011 yılındaki YSİ değerleri 2010 yılına göre daha düşük olması ve ikinci yılda büyüme döneminin ilk yıla

oranla daha fazla olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Denemenin ikinci yılında ilk yılda olduğu gibi tüm STB konuları ile kontrol konusu arasındaki fark önemli çıkmıştır. STB₄₀ uygulamasındaki tüm sulama konular ve STB₃₀ uygulamasında ise, 30/100 ve 30/66 konuları aynı grupta yer almıştır. Bununla birlikte, 30/100 konusundan 40/100 konusuna oranla daha fazla kuru ot verimi elde edilmiş ve bu farklılık istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. İki yılın ortalaması alındığında, tüm STB konuları kontrol konusu ile aralarındaki farklılık önemlidir. STB₃₀ ve STB₄₀ uygulamalarındaki 40/33 dışındaki konular aynı grupta yer almıştır (Çizelge 11).



Şekil 14. Deneme yıllarının ortalama yeşil ot veriminin (a) ve kuru ot veriminin (b) kontrol uygulamasına göre değişimi.

Yeşil ot verim değerleri 30/33 ve 40/33 konuları dışında diğer konularda kontrol uygulamasına göre daha fazla olduğu görülmektedir. Kontrol konusundan fazla yeşil ot verimi elde edilen konular yüksekte düşüğe doğru 30/100, 40/100, 30/66 ve 40/66 olarak sıralanmıştır (Şekil 14a). STB₃₀ konusundaki yeşil ot veriminin STB₄₀ konusuna göre daha fazla olduğu görülmektedir. Kuru ot verim değerleri incelendiğinde, STB₃₀ uygulamalarındaki verim değerleri daha yüksek bulunmuştur. Özellikle %34 su kısıtı yapılan 30/66 konusunda en yüksek kuru ot verim değeri (%) elde edilmiştir (Şekil 14b). Bunun nedeni, su kısıtı yapılan konularda YSİ değerlerinin daha düşük olmasından kuru madde verim değerlerinin daha yüksek elde edildiği söylenebilir. Ayrıca, 30/33 ve 40/33 konularında elde edilen yeşil ot verim değerleri birbirine yakın olmasına rağmen, 30/33 konusunda YSİ değerleri 40/33 konusuna oranla daha düşük olmasından kuru ot verim değerleri kontrol konusuna göre daha yüksek bulunmuştur.

Toprakta suyun tutulması ile ilgili olarak farklı bitkilerde yapılan çalışmalarda; Erickson ve ark. (1968), toprağın 20 cm ve 60 cm derinliğine asfalt bariyer uygulayarak çeltik bitkisinde normal koşullarda 0.40 t/ha olan pirinç veriminin söz konusu derinliklerde sırasıyla 4.32 t/ha ve 5.38 t/ha'a arttığını belirtmişlerdir. Smucker (1969), asfalt uygulamasının Michigan'da lahana ve hıyar verimini iki kat, patates veriminin de %50 arttırdığını bulmuştur. Paralel olarak yürüttüğü Taiwan'daki çalışmada ise, normal şartlarda verilen sulama suyunun %20'si verilerek pirinç veriminin %400'den daha fazla arttığını, şeker kamışında ise %30 sulama suyu ile biyokütlenin %300 oranında arttığını belirtmiştir. Garrity ve ark. (1992), Tayland'da 25 cm ve 40 cm derinliğe perkolasyon bariyerleri yerleştirdiği çalışmada pirinç veriminin 1.8-2.7 t/ha arasında değiştiğini ve bariyer yerleştirilmeyen alanlarda pirinç dane veriminin elde edilemediğini belirtmişlerdir. Araştırmacılar, aynı anda Filipinlerde yapmış oldukları çalışmada ise bariyer uygulanan alanlarda verimin 3.2-5.7 t/ha arasında, bariyer uygulanmayan alanlarda ise 1.5-3.3 t/ha arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Toprakta suyun tutulması ile ilgili çalışmalarda özellikle geçirimsiz bariyer (asfalt, perkolasyon vb.) uygulamalarında iyi sonuçlar elde edilmesine rağmen, bu yöntemlerin büyük alanlara uygulama zorluğundan dolayı yeterince uygulama alanı bulamamışlardır. STB uygulamaları ise 2011 yılında ABD'de patenti alınan alet yardımıyla kolayca toprağa uygulanabilecektir.

Çim bitkisinde yapılan çalışmalarda; Oğan (1995), Şanlıurfa ilinde İtalyan çiminde yaptığı çalışmada, yeşil ot ve kuru ot verim değerlerini sırasıyla 9.33 t/ha ve 3.61 t/ha bulmuştur. Gül (1997), İzmir ilinde yaptığı çalışmada, İngiliz çiminin içinde bulunduğu ticari çim karışımında yeşil ot verimini 9.62-16.71 t/ha ve kuru ot verimini ise 0.889-2.21 t/ha arasında elde etmiştir. Zorer ve ark. (2004), Van ilinde İngiliz çiminin de içerisinde olduğu çim karışımında, farklı zamanlarda uyguladıkları gübre dozu ile ilgili çalışmada en yüksek yeşil ot verimini 4.281 t/ha, en düşük yeşil ot verimini ise 0.71 t/ha olarak bulmuşlardır. Çakmakçı ve ark. (2005), Antalya ilinde İngiliz çiminde ortalama yeşil ot verimini 18.19 t/ha ve kuru ot verimini ise 4.89 t/ha elde etmişlerdir. Mefti ve ark. (2008), Cezayir'de farklı yemlik çim çeşitlerinde yaptıkları çalışmada, tüm çeşitlerin ortalama kuru ot verimini ilk yılda 1.232 t/ha, ikinci yılda ise 3.587 t/ha olarak bulmuşlardır. Geren ve ark. (2009), İzmir ilinde farklı sıcak iklim çim çeşitlerinde yaptıkları çalışmada kuru ot verimini denemenin ilk yılında 1.915-3.887 t/ha, ikinci yılında ise 1.539-4.047 t/ha arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Nizam (2009), Tekirdağ'da farklı dozda azotlu gübre uygulamasının İngiliz çiminde yeşil ot verimini tek bir biçim zamanı ile belirlemiş ve birinci yılda 4.885-11.963 t/ha ve ikinci yılda ise 3.537-10.345 t/ha olarak elde etmiştir.

Salman (2008), İzmir ilinde İngiliz çiminde yapmış olduğu çalışmada, farklı gübre uygulamalarında ortalama yeşil ot ve kuru ot verimlerini denemenin ilk yılında sırasıyla 21.21 t/ha ve 5.54 t/ha, ikinci yılda ise 21.42 t/ha ve 5.63 t/ha olarak bulmuşlardır. Beltrao ve ark. (2009), Portekiz’de Brighstar ve Palmer İngiliz çim çeşitlerinde kuru ot verimlerini sırasıyla 12.736 t/ha ve 13.455 t/ha olarak belirtmişlerdir. Kesiktaş (2010), Karaman ili’nde İtalyan çiminde yaptığı çalışmada yeşil ot verimi ortalamasını 24.79 t/ha olarak elde etmiştir.

Bu çalışmadan elde edilen yaş ve kuru ot verim değerleri aynı çim çeşidinde Çakmakçı ve ark. (2005) ve Salman (2008) yapılan çalışmalar ile benzerlik göstermiştir. Bununla birlikte, Zorer ve ark. (2004) ve Nizam (2009)’a göre farklı bulunmuştur. Bu farklılıkların, iklim koşulları ve uygulamalardan kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, Oğan (1995), Mefti ve ark. (2008), ve Geren ve ark. (2009)’nın farklı çim çeşitlerinde elde ettikleri kuru ot verim değerleri ile Kesiktaş (2010)’ın bulduğu yeşil ot verim değerleri ile benzerlik göstermektedir.

4.3. Toplam Sulama Suyu Miktarı, Bitki Su Tüketimi ve Su Kullanım Randımanları

2010 ve 2011 yıllarında uygulanan toplam sulama suyu miktarı (TSSM), yağış, mevsimlik ve ortalama bitki su tüketimi (ET), su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri Çizelge 12’de verilmiştir.

2010 ve 2011 yılında TSSM, mevsimlik ET, günlük ortalama ET, WUE, IWUE değerleri sırasıyla 354-842 mm ve 515-1085 mm, 441-822 mm ve 549-1005 mm, 4.91-9.13 mm ve 5.13-9.40 mm, 2.19-4.02 kg/m³ ve 1.71-2.53 kg/m³, 2.13-4.87 kg/m³ ve 1.58-2.70 kg/m³ arasında bulunmuştur. Denemenin ilk yılında 126 mm, ikinci yılında 81 mm yağış düşmüştür. Bununla birlikte, 2010 ve 2011 yılları büyüme dönemlerinde düşen yağışın su kısıtına başlamadan önce sırasıyla %14’ü (18 mm) ve %95’i (77 mm), başladıktan sonra %86’sı (108 mm) ve %5’i (4 mm) düşmüştür. Buradan anlaşılacağı üzere, denemenin ikinci yılında su kısıtına geçildikten sonra çok az yağış düşmüştür (Çizelge 12).

Çizelge 12. 2010 ve 2011 yıllarındaki TSSM, yağış, mevsimlik ve günlük ortalama ET, WUE, IWUE değerleri

Konular	TSSM (mm)	Yağış (mm)	Mevsimlik ET (mm)	Günlük ortalama ET (mm)	WUE (kg/m ³)	IWUE (kg/m ³)
2010						
Kontrol	842		822	9.13	2.19	2.13
30/100	627		633	7.03	3.61	3.64
30/66	519		558	6.20	4.02	4.32
30/33	354	126	441	4.91	3.91	4.87
40/100	591		598	6.64	3.79	3.84
40/66	498		535	5.94	3.76	4.03
40/33	388		448	4.98	3.74	4.32
2011						
Kontrol	1085		1005	9.40	1.71	1.58
30/100	786		764	7.14	2.53	2.46
30/66	714		709	6.62	2.40	2.38
30/33	515	81	549	5.13	2.53	2.70
40/100	770		756	7.07	2.46	2.41
40/66	693		697	6.51	2.36	2.38
40/33	526		564	5.27	2.36	2.53

Denemenin her iki yılında, STB₃₀ ve STB₄₀ konularındaki TSSM ve ET değerlerinin (günlük ve mevsimlik) kontrol konusuna oranla daha düşük ve WUE ile IWUE değerlerinin ise daha yüksek olduğu görülmektedir (Çizelge 12). Ayrıca, STB₃₀ konularına uygulanan TSSM, STB₄₀ konularına göre (40/33 konusu dışında) daha fazla olmuştur. Her iki yılda da en yüksek TSSM ve ET değeri kontrol konusunda, en düşük ise 40/33 konusunda elde edilmiştir.

Denemenin ikinci yılındaki su kısıtının uygulandığı gün sayısı ilk yıla oranla 21 gün daha fazla olduğundan 2011 yılı TSSM ve mevsimlik ET değerleri, 2010 yılına oranla daha yüksek çıkmıştır. Bununla birlikte, 2011 yılı günlük ET değerleri de 2010 yılına göre daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeninin, 2011 yaz dönemi boyunca 2010 yılına oranla

özellikle bağıl nemin daha düşük olması, güneşlenme süresinin ve rüzgar hızının daha yüksek olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir (Çizelge 2).

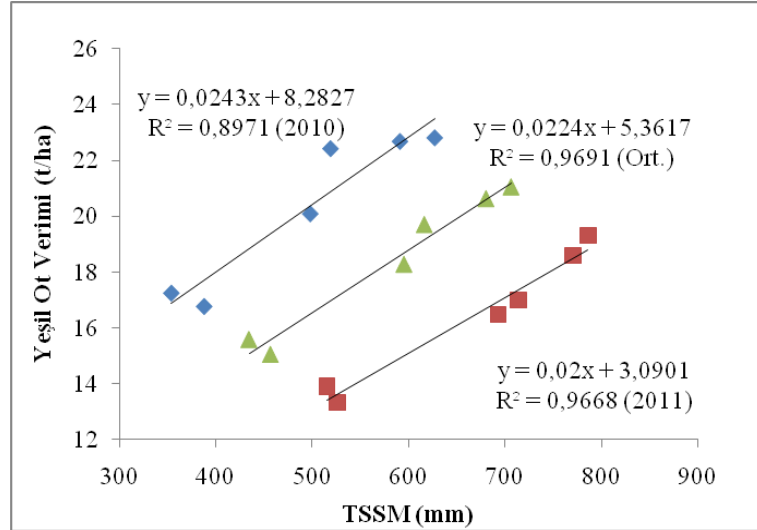
WUE ve IWUE değerleri incelendiğinde, denemenin ilk yılında sırasıyla 30/66 (4.02 kg/m³) ve 30/33 (4.87 kg/m³), ikinci yılında ise 30/100 (2.53 kg/m³) ve 30/33 (2.70 kg/m³) konularında elde edilmiştir. Denemenin ikinci yıl verim değerlerinin ilk yıla göre daha düşük çıkması nedeniyle, ikinci yıldaki WUE ve IWUE değerleri de ilk yıla oranla daha düşük bulunmuştur (Çizelge 12). Mefti ve ark. (2008), Cezayir’de farklı çim çeşidinde ortalama WUE değerini denemenin ilk yılında 3.29 kg/ha/mm, ikinci yılında ise 9.34 kg/ha/mm olarak bulmuşlardır.

Çimde TSSM ve ET ile ilgili yapılmış çalışmalarda, O’Neil ve Carrow (1983), İngiliz çiminde (*Lolium perenne L.*) farklı toprak uygulamalarında bitki su tüketimlerini sırasıyla 10.1 mm/gün, 6.3 mm/gün, 3.2 mm/gün olarak bulmuşlardır. Beard (1985)’e göre; Amerika ve İsrail’de yaptığı çalışmada, en yüksek ET’ye sahip olan sıcak iklim çim çeşidinde değerlerin 9.6-12.2 mm/gün ve en yüksek serin iklim çim çeşidinde ise bu değerlerin 10.6-12.6 mm/gün arasında değiştiğini tespit etmiştir (Carrow ve ark., 1990). Beard ve Kim (1989), çok yıllık çimde bitki su tüketim değerlerinin 8.5-10 mm/gün arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Kneebone ve ark. (1992), çimin günlük su tüketiminin 2.5-7.5 mm/gün arasında değiştiğini ve en fazla 12 mm olduğunu belirtmişlerdir. Aydınşakir ve ark. (2003), Antalya ilinde bermuda çim bitkisinin su tüketimini belirlemek için tarla ve lizimetre koşullarında yapılan çalışmada, tarla denemesinde ortalama bitki su tüketimi 8.3 mm/gün iken lizimetre koşullarında 11.8 mm/gün olarak saptamışlardır. Baştuğ ve Büyüктаş (2003), Antalya ilinde İngiliz çiminin de bulunduğu çim karışımında, farklı sulama suyu uygulamalarına göre mevsimlik bitki su tüketim değerlerinin 524.7-895.8 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Emekli ve Baştuğ (2007), açık tarla koşullarında farklı sulama uygulamalarının *Bermudagrass* çim çeşidinin su tüketiminin deneme konularına göre sırasıyla 1168 mm, 877 mm, 584 mm ve 292 mm sulama suyu uygulamışlar ve günlük bitki su tüketimlerini 9.80 mm, 7.43 mm, 5.10 mm ve 2.82 mm olarak hesaplamışlardır. Xinmin ve ark. (2007), farklı sulama koşulları altında bitki su tüketimlerini serin iklim çeşitlerinde 694.7-834.4 mm ve sıcak iklim çeşitlerinde ise 490-768.4 mm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Fu ve ark. (2011), Amerika’da farklı çim çeşitlerinde ve farklı sulama suyu uygulamalarında çimde kabul edilebilir görsel kalite değerini elde etmek için minimum sulama suyu gereksinimini ilk yıl 244-552 mm ikinci yıl ise 247-478 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Çalışmadan elde edilen TSSM değerlerinin sulama konularına, çim çeşidine, iklim parametrelerine ve denemelerin yürütüldüğü zamana bağlı olarak değiştiği söylenebilir. ET değerleri yapılan diğer çalışmalar ile benzerlik göstermektedir. STB uygulamalarından elde edilen ET değerleri Kneebone ve ark. (1992) ve kontrol konusundan elde edilen ET değerleri ise Beard ve Kim (1989)'in verdikleri aralıklar arasında bulunmuştur.

4.4. Toplam Sulama Suyu Miktarı ile Yeşil Ot Verimi Arasındaki İlişki

Deneme yıllarına ve yıllar ortalamasında STB₃₀ ve STB₄₀ uygulamalarındaki TSSM ve yeşil ot verimi arasındaki doğrusal ilişkinin denklemi ve R² değerleri Şekil 15'de gösterilmiştir. TSSM ve yeşil ot verimi arasındaki R² değerleri 2010 yılında 0.897, 2011 yılında 0.967 ve yıllar ortalamasına göre de 0.969 olarak elde edilmiştir. Denemenin ikinci yılında ilk yıla göre R² değeri daha yüksek bulunmuştur. Sonuç olarak, STB uygulamalarında TSSM ile yeşil ot verimi arasındaki ilişkinin yüksek olduğu görülmüştür.



Şekil 15. STB uygulamalarındaki TSSM ile yeşil ot verimi arasındaki ilişki.

4.5. STB Uygulamalarındaki Su Tasarruf Oranları

Denemenin her iki yılına ait su kısıtına geçildikten sonraki uygulanan toplam sulama suyu miktarları (TSSM_{kisit}) ve kontrol uygulamasına göre su tasarrufu oranları Çizelge 13'de verilmiştir.

Çizelge 13. Deneme yıllarına ve yıllar ortalamasına göre $TSSM_{kısıt}$ değerleri ve kontrol uygulaması ile karşılaştırılması

Konular	$TSSM_{kısıt}$ (mm)			STB uygulamalarındaki su tasarruf oranları (%)		
	2010	2011	Ortalama	2010	2011	Ortalama
Kontrol	576	915	746	-	-	-
30/100	361	616	489	37	33	35
30/66	253	544	399	56	41	49
30/33	88	345	217	85	62	74
40/100	325	600	463	44	34	39
40/66	232	523	378	60	43	52
40/33	122	356	239	79	61	70

$TSSM_{kısıt}$ değerleri 2010 yılında 88-576 mm, 2011 yılında 345-915 mm ve ortalama 217-746 mm arasında değişmiştir. Su tasarruf oranlarının en yüksek ve en düşük değerleri 2010 yılında sırasıyla %37 (30/100) ve %85 (30/33) olurken 2011 yılında söz konusu değerler %33 (30/100) ve %62 (30/33) olarak bulunmuştur.

30/100, 30/66, 30/33 konularına göre sırasıyla %37 ve %33, %56 ve %41, %85 ve %62, 40/100, 40/66 ve 40/33 konularında ise sırasıyla %44 ve %34, %60 ve %43, %79 ve %61 oranında su tasarrufu sağlamıştır. 30/33 ve 40/33 konularına KSTK'nin %33'ü oranla su verildiğinden en yüksek su tasarrufu oranı bu konulardan elde edilmiştir. İki yılın ortalaması dikkate alındığında, STB_{30} ve STB_{40} uygulamalarında KSTK'nin %100'ü, %66'sı ve %33'ü yaklaşık olarak sırayla %35 ve %39, %49 ve %52, %74 ve %70 oranlarında su tasarrufu sağlamıştır. Denemenin hem ilk yıl hem de ikinci yıl sonucuna göre; STB_{40} (40/33 konusu dışında) STB_{30} 'a göre daha az sulama suyu uygulandığı görülmüştür.

Denemenin ilk yılındaki su tasarruf oranları ikinci yıla göre genel olarak daha yüksek bulunmuştur. Bunun nedeni olarak; ikinci yıl büyüme döneminde daha az miktarda yağış düşmesinden kaynakladığı düşünülmektedir.

Toprakta suyun tutulması için yapılan çalışmalarda; Egerszegi (1964), toprak yüzeyinden itibaren farklı derinliklere organik madde tabakası uygulamış ve söz konusu bu tabakanın 10 yıl boyunca bozulmadığı ve bu tabakanın aşağıya doğru su hareketini azalttığını belirtmiştir. Smucker (1969), Michigan'da asfalt bariyer uygulaması ile ilgili

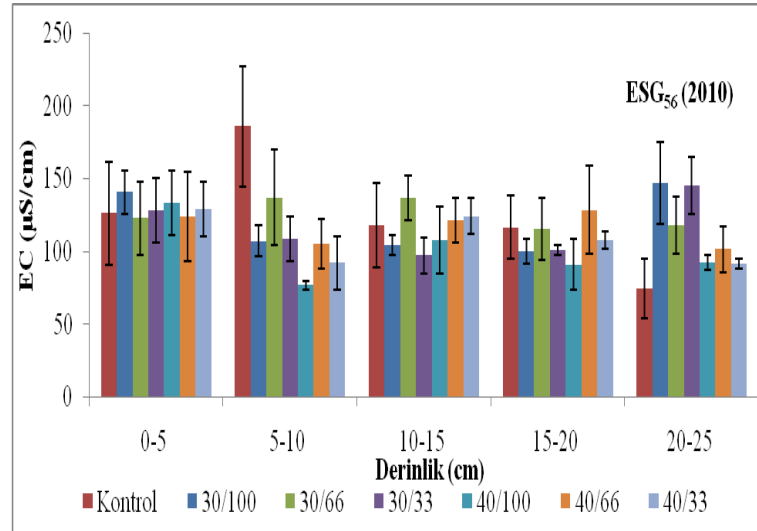
yaptığı çalışmada, su kullanımının %40 azaldığını belirtmiştir. Abedi-Koupai ve Asadkazemi (2006), arazi koşulları altında polimer madde uygulaması ile yaptıkları çalışmada, 1/3 oranında su kısıtı ile birlikte polimer madde uygulamasının özellikle kurak ve yarı kurak bölgelerde kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Sivapalan (2006), laboratuvar koşullarında poliakrilamid jel uygulamasının kumlu topraklarda su tutma kapasitesine etkisini uygulanan jel miktarına bağlı olarak %23-95 oranında arttırdığını tespit etmiştir. Fazackerley ve Lawrence (2010), çim alanlarında su tüketimini azaltmak için, normal koşullarda uygulanan sulama suyu miktarı ile kontrollü şartlar altında uygulanan sulama suyu miktarını karşılaştırmışlardır. Çalışma sonucunda, kontrollü sulama koşullarında normal sulama koşullarına göre %54 daha az sulama suyu uygulandığını belirtmişlerdir. McCready ve ark. (2009), Amerika'da çimde su tasarrufu açısından farklı sulama uygulamalarında sensör kullanılan ve kullanılmayan parselleri karşılaştırmışlardır. Çalışmada, toprak neminin yaklaşık olarak tarla kapasitesinde bulunduğu zaman görsel kalitenin iyi olduğunu ve sensör uygulanmayan parsele göre %11-53 arasında su tasarrufu sağlandığını bildirmişlerdir.

Bu çalışma ile yapılan çalışmalar arasında sulama suyu tasarrufu yönünden benzerlik bulunmaktadır. Bununla birlikte, bu yöntemlerin bazıları kısa süreler için iyi sonuçlar vermiş, bazıları ise yüksek maliyeti ve büyük alanlarda uygulanabilirliği olmaması nedeniyle çok fazla bir kullanım alanı bulamamıştır. Bütün yöntemleri gözönüne aldığımız zaman, toprak altına PE örtü serme makinesi yapılması, uzun yıllar toprakta bulunması, hem su hem de besin elementlerinden büyük oranlarda kazanç sağlanması nedeniyle en uygun yöntem olarak PE örtünün kullanımı göze çarpmaktadır. Özellikle PE örtü serme makinesinin yapılması ile bu yöntemin önümüzdeki yıllarda kullanımı artacaktır.

4.6. Bitki ve Toprak Analiz Sonuçları

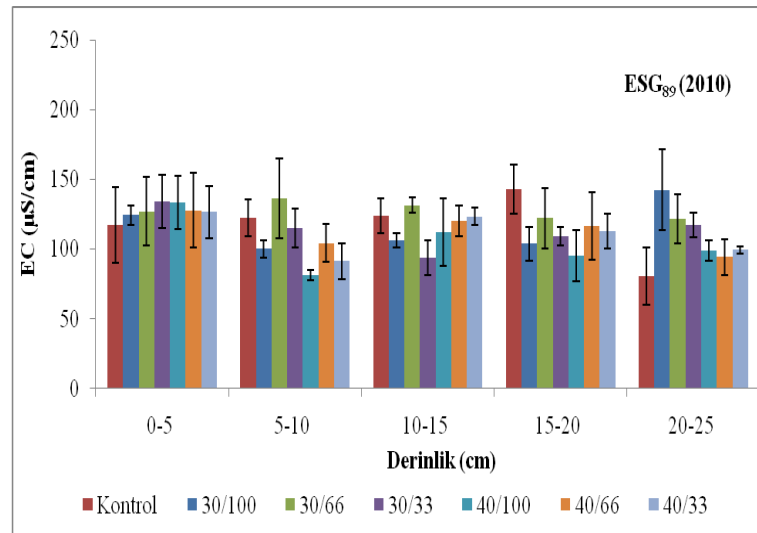
4.6.1. Toprak Reaksiyonu ve Elektriksel İletkenlik

Denemenin ilk yılında iki kez (ESG₅₆ ve ESG₈₉) ve ikinci yılında da iki kez (ESG₅₅ ve ESG₈₉) olmak üzere farklı derinliklerde (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm ve 20-25 cm) alınan toprak örneklerinde elektriksel iletkenlik (EC) ve toprak reaksiyonu (pH) analizleri yapılmış ve sırasıyla Şekil 16 ve 17'de gösterilmiştir. Söz konusu derinliklerden alınan toprak örneklerinde ölçülen pH ve EC değerlerinin ortalaması alınmış ve Duncan testi uygulanmıştır (Çizelge 14).

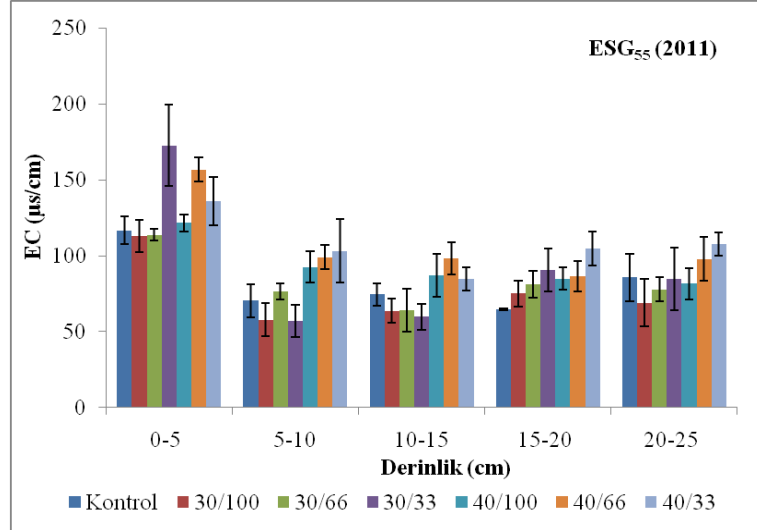


(a)

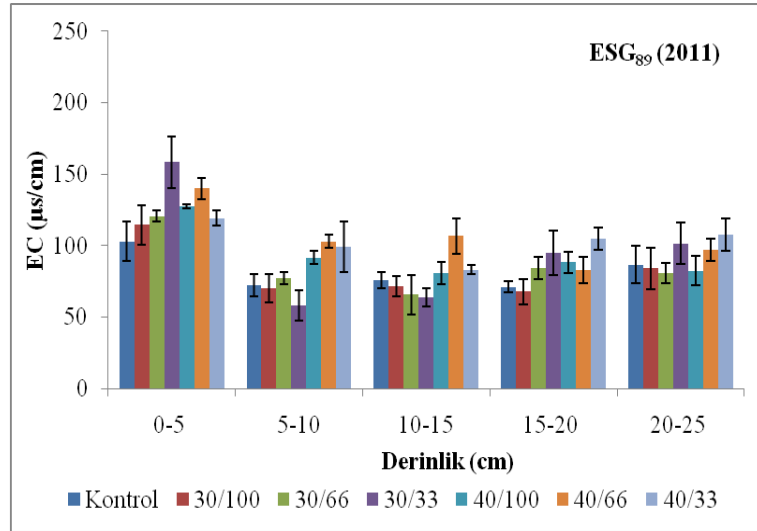
Şekil 16. Farklı toprak derinliklerindeki EC değerleri (a) 2010 yılı ESG₅₆, (b) 2010 yılı ESG₈₉, (c) 2011 yılı ESG₅₅, (d) 2011 yılı ESG₈₉.



(b)



(c)



(d)

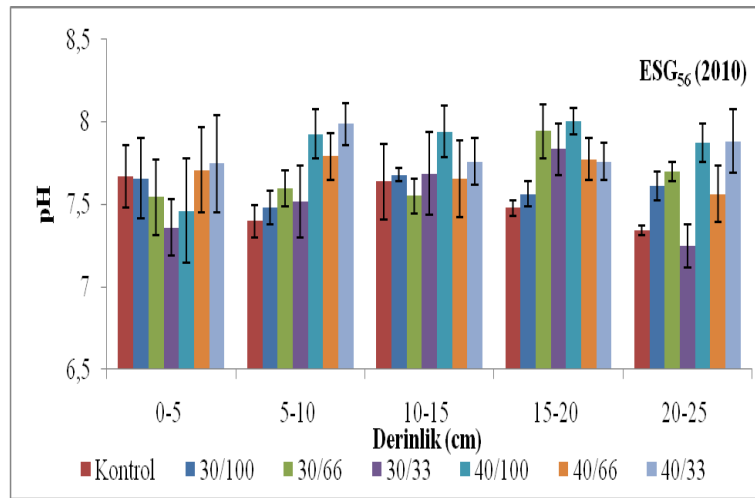
Şekil 16. (devam).

2010 yılı ESG₅₆ ve ESG₈₉ incelendiğinde, 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm ve 20-25 cm derinlikte en yüksek EC değerleri sırasıyla 30/100 ve 30/33, kontrol ve 30/66, 30/66 ve 30/66, 40/66 ve kontrol, 30/100 ve 30/100 konularında bulunmuştur. 2011 yılı ESG₅₅ ve ESG₈₉ incelendiğinde, söz konusu derinliklerde en yüksek EC değerleri sırasıyla 30/33 ve 30/33, 40/33 ve 40/66, 40/66 ve 40/66, 40/33 ve 40/33, 40/33 ve 40/33 konularında bulunmuştur.

En yüksek EC değerlerinin her iki yılda da aynı konuda ve aynı derinlikte olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte, denemenin ilk yılında iki farklı dönemde de 40/33 ve 40/100 konuları hariç diğer konularda en yüksek EC değerleri elde edilmiştir. Denemenin

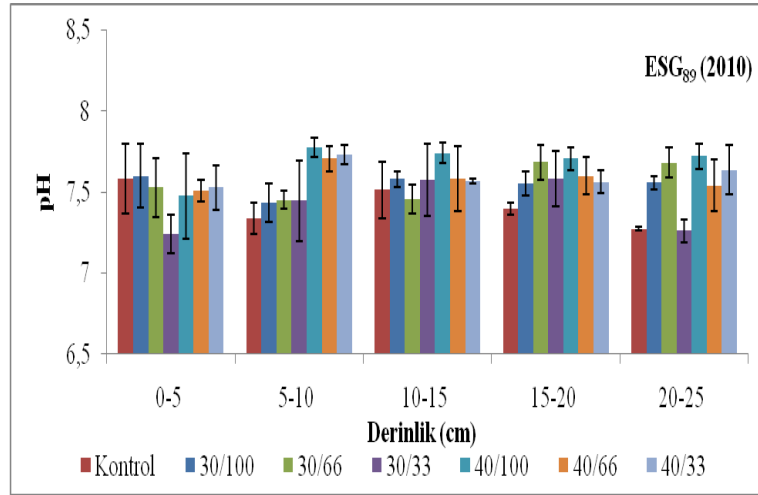
ikinci yılında ise iki farklı dönemde 30/33, 40/33 ve 40/66 konularında en yüksek EC değerleri elde edilmiştir. Özellikle, 0-5 cm'de 30/33, 5-10 cm'de 40/33 ve 40/66, 10-15 cm'de 40/66, 15-20 cm ve 20-25 cm'de 40/33 konularında görülmüştür. Bununla birlikte, denemenin her iki yılında da aynı derinlikte bulunan konulardaki standart hata çubukları bakıldığında EC değerleri arasında farklılıklar olmasına rağmen, bu farklılığın genel olarak istatistiksel açıdan önemli olmadığı görülmektedir (Şekil 16). Youngner ve ark. (1981)'nin farklı çim çeşitlerinde yaptıkları çalışmada, deneme sonunda konular arasında toprak tuz seviyelerinin değişmediğini bildirmişlerdir.

Topraktaki pH değişimini izlemek için 2010 yılı ESG₅₆ ve ESG₈₉ değerleri incelendiğinde, 0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm ve 20-25 cm derinlikte en yüksek pH değerleri sırasıyla 40/33 ve 30/100, 40/33 ve 40/100, 40/100 ve 40/100, 40/100 ve 30/33, 40/33 ve 40/100 konularında bulunmuştur (Şekil 17). 2011 yılı ESG₅₅ ve ESG₈₉ değerleri incelendiğinde, söz konusu derinliklerde en yüksek pH değerleri sırasıyla 30/66 ve 40/100, 40/33 ve 40/100, 40/33 ve 40/33, 40/66 ve 40/33, 40/100 ve 40/100 konularında elde edilmiştir.

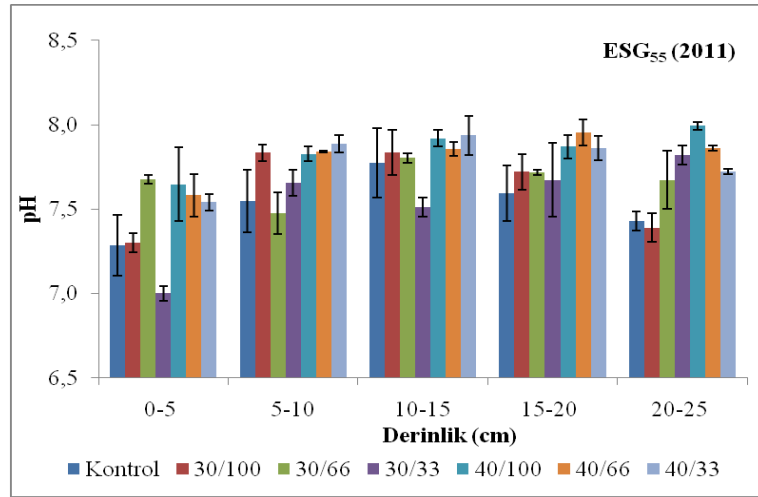


(a)

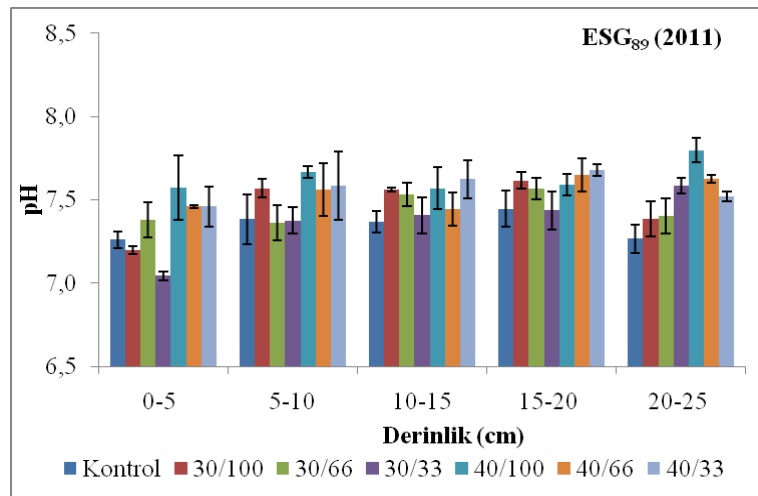
Şekil 17. Farklı toprak derinliklerindeki pH değerleri (a) 2010 yılı ESG₅₆, (b) 2010 yılı ESG₈₉, (c) 2011 yılı ESG₅₅, (d) 2011 yılı ESG₈₉



(b)



(c)



(d)

Şekil 17. (devam).

Denemenin ilk yılında en yüksek pH değerleri 0-5 cm derinlikte 30/100 ve 15-20 cm derinlikte 30/33 konuları dışında, 40/33 ve 40/100 konularından elde edilmiştir. İkinci yılda ise, 0-5 cm derinlikte STB₄₀ uygulamalarında pH değerleri STB₃₀'daki uygulamalara göre (30/66 konusu dışında) daha yüksek olmuştur.

EC değerlerinde olduğu gibi, denemenin her iki yılında da aynı derinlikte bulunan konulardaki standart hata çubuklarına bakıldığında pH değerleri arasında farklılıklar olmasına rağmen, bu farklılığın genel olarak istatistiksel açıdan önemli olmadığı görülmektedir (Şekil 16).

Çizelge 14. 2010 ve 2011 yılı ortalama pH ve EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) değerleri

Konular	2010		2011	
	ESG ₅₆	ESG ₈₉	ESG ₅₅	ESG ₈₉
	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$
EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$)				
Kontrol	124.2 \pm 5.7NSnsI	117.4 \pm 2.9NSnsI	80.1 \pm 9.2NSnsII	81.6 \pm 6.1NSnsII
30/100	119.8 \pm 4.3NSnsI	115.4 \pm 1.1NSnsI	81.9 \pm 6.3NSnsII	81.5 \pm 6.0NSnsII
30/66	126.0 \pm 18.6NSnsNS	127.7 \pm 17.6NSnsI	82.6 \pm 3.7NSnsNS	85.7 \pm 3.7NSnsII
30/33	116.0 \pm 6.8NSnsNS	110.9 \pm 8.5NSnsNS	94.3 \pm 7.6NSnsNS	95.4 \pm 8.2NSnsNS
40/100	100.2 \pm 12.8NSnsNS	104.1 \pm 12.7NSnsNS	93.5 \pm 4.2NSnsNS	93.9 \pm 2.5NSnsNS
40/66	119.5 \pm 10.3NSnsNS	112.6 \pm 6.0NSnsNS	103.0 \pm 9.6NSnsNS	105.8 \pm 7.2NSnsNS
40/33	108.9 \pm 3.7NSnsNS	110.7 \pm 3.3NSnsNS	104.9 \pm 7.3NSnsNS	102.7 \pm 8.2NSnsNS
pH				
Kontrol	7.5 \pm 0.1NSnsNS	7.4 \pm 0.1NSnsNS	7.6 \pm 0.1BnsNS	7.3 \pm 0.1CnsNS
30/100	7.6 \pm 0.1NSnsNS	7.5 \pm 0.1NSnsNS	7.6 \pm 0.1BnsNS	7.5 \pm 0.0BCnsNS
30/66	7.7 \pm 0.1NSnsNS	7.6 \pm 0.1NSnsNS	7.7 \pm 0.0ABaNS	7.5 \pm 0.1BCbNS
30/33	7.5 \pm 0.1NSnsNS	7.4 \pm 0.1NSnsNS	7.5 \pm 0.1BnsNS	7.4 \pm 0.1CnsNS
40/100	7.8 \pm 0.1NSnsNS	7.7 \pm 0.1NSnsNS	7.9 \pm 0.1AaNS	7.6 \pm 0.0AbNS
40/66	7.7 \pm 0.0NSnsII	7.6 \pm 0.0NSnsNS	7.8 \pm 0.0AaI	7.5 \pm 0.1ABbNS
40/33	7.8 \pm 0.1NSnsNS	7.6 \pm 0.0NSnsNS	7.8 \pm 0.0AaNS	7.6 \pm 0.0ABbNS

* Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve konular arasındaki farklılığı göstermektedir, aynı satırda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve dönemler arasındaki farklılığı göstermektedir, aynı satırda italik büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve yıllar arasındaki farklılığı göstermektedir, (Duncan, $p < 0.05$)

2010 ve 2011 yıllarında farklı konular ve dönemlerde ölçülen EC değerleri arasındaki farklılıkların istatistiksel bakımdan önemli olmadığı bulunmuştur (Çizelge 14). 2010 yılının ESG₅₆ ile 2011 yılının ESG₅₅ EC değerleri karşılaştırıldığında, kontrol ve 30/100 konular arasında, 2010 yılı ESG₈₉ ile 2011 ESG₈₉ değerleri karşılaştırıldığında ise kontrol, 30/100, 30/66 konular arasında istatistiksel bakımdan farkın önemli olduğu görülmüştür (Çizelge 14). Çok yıllık çim türleri 6-10 dS/m toprak tuzluluğuna dayanabilir

(Harivandi, 1999). Elde edilen tüm sonuçlar dikkate alındığında, Deneme alanı topraklarının Çizelge 5’de verilen Mass (1986) kriterlerine göre tuzsuz sınıfında yer almıştır. Sulama suyunun EC değeri 633 $\mu\text{S}/\text{cm}$ olup Wilcox ve Magistad sistemine göre iyi, Scofield sistemine göre de çok iyi sınıfta bulunmaktadır (Sağlam ve Adiloğlu, 1997). Toprak EC’sine ilişkin değerler, sulama suyunun EC’sine göre daha düşük bulunmuştur. Bunun başlıca nedenleri arasında, deneme alanı toprakları uzun yıllar kullanılmaması, kış yağışlarının yeterli olması ve kumlu bünyeye sahip olması sayılabilir.

Denemenin ilk yılında pH değerleri bakımından konular ve dönemler arasında fark bulunmamıştır. İkinci yılda ise ESG₅₅’de 40/100, 40/66 ve 40/33 konuları 30/66 konusu dışında diğer konular ile arasındaki farklılığın istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmüştür. İkinci yıl ESG₈₉’da ise 40/100, 40/66 ve 40/33 konularının diğer konulardan farklı olduğu belirlenmiştir. İkinci yılki pH değerlerinin STB₄₀ uygulaması için kontrol ve STB₃₀ uygulamasına göre daha yüksek çıktığı görülmektedir. Denemenin ikinci yılında 30/66, 40/100, 40/66 ve 40/33 konularında ESG₅₅ ve ESG₈₉ değerleri arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Yıllar arasındaki pH değerleri incelendiğinde, sadece 2010 yılının ESG₅₆ ve 2011 yılının ESG₅₅’de ve 40/66 konusundaki farkın önemli olduğu görülmektedir (Çizelge 14). Deneme alanı topraklarının Çizelge 5’de verilen Richards (1954) kriterine göre nötr ve hafif alkalin grupta olduğu görülmektedir. Sulama sularının pH değerinin 6.5-8.0 arasında olması istenir (Sağlam ve Adiloğlu, 1997). Bununla birlikte çime uygulanan sulama suyunun pH değeri 7.3 olup, belirtilen sınırlar arasında olduğu görülmektedir. Harivandi ve Butler (1982), Amerika’da *Kentucky bluegrass* çeşitlerinde yapmış oldukları çalışmada, pH değerlerini ortalama olarak 7.4 bulmuşlar ve konular arasında pH değerleri bakımından farklılık tespit etmemişlerdir. Kanapeckas ve ark. (2008), Litvanya’da yaptıkları çalışmada deneme alanı topraklarında pH değerinin 7.2-7.5 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Patton ve ark. (2004)’na göre; *Zoysia* çim çeşidinde toprak reaksiyonunun büyüme ve gelişim üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu ve 6-6.5 aralığının yeniden gelişim için en uygun aralık olduğunu belirtmişlerdir (Geren ve ark., 2009).

4.6.2. Klorofil Miktarları

Denemenin ilk yılında ESG₃₈, ESG₅₃, ESG₆₅ ve ESG₈₆ günlerde, ikinci yılında ise ESG₃₅, ESG₅₃, ESG₈₁, ESG₉₅’ci günlerde her uygulama ve tekerrür için yaş çim örneklerinde klorofil analizi yapılmıştır. Elde edilen klorofil-a, klorofil-b ve toplam klorofil değerleri (mg/g) sırasıyla Çizelge 15, 16 ve 17’de verilmiştir.

Çizelge 15. Deneme yıllarında, farklı biçim zamanlarında konulara ilişkin klorofil-a değerleri (mg/g)

2010				
Konular	ESG ₃₈	ESG ₅₃	ESG ₆₅	ESG ₈₆
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$
Kontrol	0.28 ± 0.00 Aa	0.27 ± 0.00 ABb	0.26 ± 0.00 Bb	0.25 ± 0.00 Bc
30/100	0.28 ± 0.00 Aa	0.28 ± 0.00 Aa	0.28 ± 0.00 Aa	0.26 ± 0.00 Ab
30/66	0.27 ± 0.00 ABa	0.27 ± 0.01 ABa	0.25 ± 0.00 Cab	0.25 ± 0.00 Bb
30/33	0.27 ± 0.00 BCa	0.25 ± 0.00 CDb	0.23 ± 0.00 Ec	0.21 ± 0.00 Dd
40/100	0.26 ± 0.00 Dc	0.28 ± 0.00 Aa	0.27 ± 0.00 ABb	0.26 ± 0.00 Aab
40/66	0.26 ± 0.00 Da	0.25 ± 0.00 Da	0.24 ± 0.00 Db	0.24 ± 0.00 Bab
40/33	0.26 ± 0.00 CDa	0.26 ± 0.00 BCa	0.23 ± 0.00 Eb	0.23 ± 0.00 Cb
2011				
Konular	ESG ₃₅	ESG ₅₃	ESG ₈₁	ESG ₉₅
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$
Kontrol	0.27 ± 0.01 NSa	0.26 ± 0.00 ABa	0.26 ± 0.00 Bab	0.24 ± 0.01 Ab
30/100	0.26 ± 0.00 NSns	0.25 ± 0.00 BCns	0.26 ± 0.01 Bns	0.25 ± 0.00 Ans
30/66	0.26 ± 0.01 NSns	0.25 ± 0.00 BCns	0.25 ± 0.00 Bns	0.25 ± 0.00 Ans
30/33	0.27 ± 0.00 NSa	0.24 ± 0.00 Cb	0.21 ± 0.00 Dc	0.18 ± 0.00 Bd
40/100	0.25 ± 0.01 NSns	0.27 ± 0.01 Ans	0.27 ± 0.00 Ans	0.25 ± 0.00 Ans
40/66	0.26 ± 0.00 NSa	0.26 ± 0.01 ABa	0.23 ± 0.00 Cb	0.24 ± 0.01 Aab
40/33	0.25 ± 0.00 NSa	0.25 ± 0.01 BCa	0.23 ± 0.01 Cb	0.19 ± 0.00 Bc

* Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve konular arasındaki farklılığı göstermektedir, aynı satırda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve dönemler arasındaki farklılığı göstermektedir (Duncan, $p < 0.05$)

2010 yılında klorofil-a değerleri ESG₃₈, ESG₅₃, ESG₆₅ ve ESG₈₆'da sırasıyla 0.26-0.28 mg/g, 0.25-0.28 mg/g, 0.23-0.28 mg/g, 0.21-0.26 mg/g arasında bulunmuştur. Denemenin ilk yılında, ESG₃₈'de kontrol ve STB₃₀ uygulamalarında (30/100, 30/66 ve 30/33) klorofil-a değerleri STB₄₀ uygulamalarına göre olan fark istatistiksel olarak önemli çıkmıştır (30/33 ve 40/33 dışında). ESG₅₃'de, kontrol, 30/100, 30/66 ve 40/100 konuları 30/33, 40/66 ve 40/33 konuları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. ESG₆₅'de, kontrol, 30/100 ve 40/100 konuları diğer konulara göre fark önemli bulunmuştur. ESG₈₆'da, 30/100 ve 40/100 konuları diğer konularla arasındaki farklılık istatistiksel bakımdan önemlidir. 2010 yılında, genel olarak daha fazla sulanan konuların daha az sulanan konulara göre klorofil-a değerlerinin daha yüksek çıktığı görülmüştür. Bunun nedeni

olarak, fazla sulama suyu uygulanan konularda klorofilin yapısında H ve O iyonlarının daha fazla bulunmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Dönemler arasında farklılık yönünden klorofil-a değerleri incelendiğinde, ESG₃₈ ile ESG₈₆ arasında genel bir azalma görülmektedir ve özellikle 30/33 ve kontrol konularındaki azalma diğer konulara oranla daha fazla olmuştur (Çizelge 15). Kontrol konusuna fazla su verilmesine rağmen, deneme alanı toprakları kumlu bünyeye sahip olduğu için uygulanan bitki besin elementleri yıkanarak uzaklaşmaktadır. Bu nedenden dolayı kontrol uygulamasında klorofil-a değerleri ekimden sonraki dönemlerde azalma eğilimi göstermiştir.

Çizelge 16. Deneme yıllarında, farklı biçim zamanlarında konulara ilişkin klorofil-b değerleri (mg/g)

2010				
Konular	ESG ₃₈	ESG ₅₃	ESG ₆₅	ESG ₈₆
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$
Kontrol	0.17 ± 0.00 NSns	0.18 ± 0.00 ABns	0.18 ± 0.00 Ans	0.18 ± 0.00 ABns
30/100	0.17 ± 0.01 NSns	0.18 ± 0.00 Ans	0.17 ± 0.01 ABns	0.19 ± 0.00 Ans
30/66	0.16 ± 0.01 NSns	0.17 ± 0.00 Bns	0.16 ± 0.01 BCns	0.17 ± 0.01 Bns
30/33	0.17 ± 0.01 NSa	0.14 ± 0.00 Cb	0.14 ± 0.00 CDbc	0.13 ± 0.00 CDc
40/100	0.16 ± 0.01 NSb	0.17 ± 0.00 ABab	0.19 ± 0.01 Aa	0.18 ± 0.01 ABA
40/66	0.15 ± 0.00 NSns	0.17 ± 0.01 ABns	0.15 ± 0.01 BCDns	0.14 ± 0.01 Cns
40/33	0.16 ± 0.01 NSa	0.15 ± 0.01 Cab	0.14 ± 0.01 Db	0.11 ± 0.00 Dc
2011				
Konular	ESG ₃₅	ESG ₅₃	ESG ₈₁	ESG ₉₅
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$
Kontrol	0.19 ± 0.00 NSns	0.18 ± 0.00 ABCns	0.19 ± 0.00 ABns	0.18 ± 0.01 ABns
30/100	0.18 ± 0.01 NSb	0.20 ± 0.01 Aa	0.18 ± 0.00 ABb	0.18 ± 0.00 ABb
30/66	0.18 ± 0.00 NSns	0.20 ± 0.01 ABns	0.18 ± 0.01 ABns	0.16 ± 0.01 Bns
30/33	0.18 ± 0.01 NSa	0.18 ± 0.01 BCa	0.15 ± 0.01 Cb	0.13 ± 0.01 Cc
40/100	0.19 ± 0.01 NSns	0.18 ± 0.01 BCns	0.17 ± 0.01 BCns	0.20 ± 0.01 Ans
40/66	0.19 ± 0.01 NSns	0.19 ± 0.01 ABCns	0.21 ± 0.01 Ans	0.18 ± 0.00 ABns
40/33	0.20 ± 0.01 NSa	0.17 ± 0.00 Cab	0.15 ± 0.02 Cbc	0.14 ± 0.01 Cc

* Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve konular arasındaki farklılığı göstermektedir, aynı satırda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve dönemler arasındaki farklılığı göstermektedir (Duncan, p < 0.05)

2010 ve 2011 yıllarında konular arasında sırasıyla ESG₃₈ ve ESG₃₅ klorofil-b değerlerinde istatistiksel olarak farkın önemli olmadığı görülmüştür. Her iki yılda da elde

edilen klorofil-b değerleri birbirine benzerlik göstermiştir. Denemenin her iki yılında da diğer konulara göre fazla sulanan konularda klorofil-b değerleri daha yüksek (2011 yılı ESG₈₁'de 40/66 konusu dışında) bulunmuştur. Bununla birlikte, 30/66, 30/33, 40/66 ve 40/33 konularında sonraki dönemlerde oluşan azalmanın su stresine bağlı olarak meydana geldiği söylenebilir.

Çizelge 17. Deneme yıllarında, farklı biçim zamanlarında konulara ilişkin toplam klorofil değerleri (mg/g)

2010				
Konular	ESG ₃₈	ESG ₅₃	ESG ₆₅	ESG ₈₆
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$
Kontrol	0.45 ± 0.01 ABa	0.44 ± 0.00 Ba	0.45 ± 0.00 Aa	0.43 ± 0.00 BCb
30/100	0.45 ± 0.01 A ns	0.46 ± 0.00 Ans	0.45 ± 0.00 Ans	0.44 ± 0.01 ABns
30/66	0.43 ± 0.01 ABCDns	0.43 ± 0.00 Cns	0.42 ± 0.01 Bns	0.41 ± 0.01 Cns
30/33	0.44 ± 0.00 ABCa	0.40 ± 0.00 Db	0.37 ± 0.01 CDc	0.35 ± 0.01 Ed
40/100	0.42 ± 0.01 CDb	0.45 ± 0.00 ABa	0.46 ± 0.01 Aa	0.45 ± 0.01 Aa
40/66	0.41 ± 0.01 Dab	0.42 ± 0.01 Ca	0.39 ± 0.01 Cb	0.39 ± 0.00 Db
40/33	0.43 ± 0.01 BCDA	0.41 ± 0.00 Da	0.36 ± 0.01 Db	0.34 ± 0.00 Eb
2011				
Konular	ESG ₃₅	ESG ₅₃	ESG ₈₁	ESG ₉₅
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$
Kontrol	0.46 ± 0.01 NS a	0.45 ± 0.01 Aa	0.44 ± 0.01 Aa	0.42 ± 0.01 BCb
30/100	0.44 ± 0.00 NSns	0.46 ± 0.00 Ans	0.44 ± 0.01 Ans	0.44 ± 0.00 ABns
30/66	0.45 ± 0.01 NSa	0.45 ± 0.01 Aa	0.43 ± 0.00 Aab	0.41 ± 0.01 Cb
30/33	0.45 ± 0.00 NSa	0.42 ± 0.01 Bb	0.36 ± 0.01 Bc	0.31 ± 0.01 Ed
40/100	0.44 ± 0.01 NSns	0.45 ± 0.01 Ans	0.44 ± 0.00 Ans	0.44 ± 0.01 Ans
40/66	0.45 ± 0.01 NSns	0.45 ± 0.01 Ans	0.44 ± 0.01 Ans	0.42 ± 0.01 BCns
40/33	0.44 ± 0.01 NSa	0.43 ± 0.01 Ba	0.37 ± 0.01 Bb	0.33 ± 0.01 Dc

* Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve konular arasındaki farklılığı göstermektedir, aynı satırda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve dönemler arasındaki farklılığı göstermektedir (Duncan, p < 0.05)

Toplam klorofil değerleri tüm konularda 2010 ve 2011 yıllarında sırasıyla 0.34-0.46 mg/g ve 0.31-0.46 mg/g arasında değişmiştir. Shahrokhi ve ark. (2011), İranda *Perennial ryegrass* (*Lolium perenne* L. Barrage) çim çeşitinde farklı sulama suyu uygulamalarında toplam klorofil miktarı sırasıyla 13.64-22.42 mg/L, Uddin ve ark. (2011), Malezya'da farklı çim çeşitlerinde toplam klorofil miktarının 0.47-0.76 mg/g arasında değiştiğini

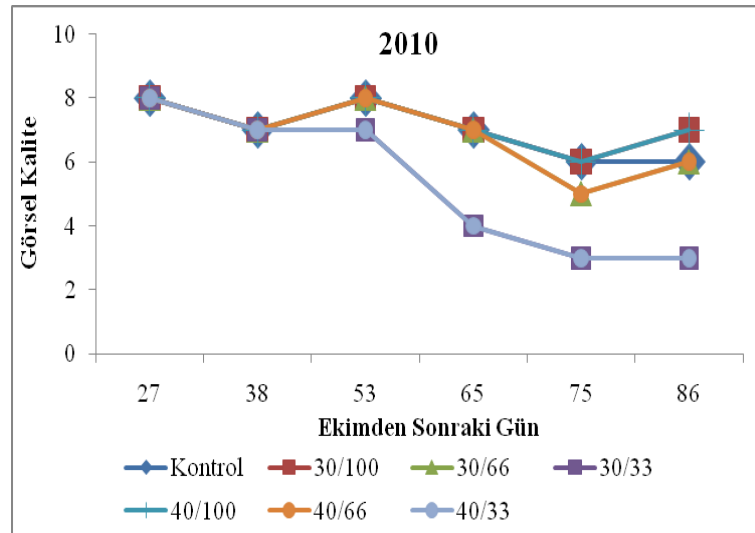
bildirmişlerdir. Çalışmadan elde edilen toplam klorofil değerleri Uddin ve ark. (2011) ve Shahrokhi ve ark. (2011) ile benzerlik göstermiştir.

2010 yılında ESG₃₈'de STB₃₀ ve STB₄₀ uygulamalarında sulama konuları arasında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. Bununla birlikte, 30/100 konusu 40/100, 40/66 ve 40/33 konuları arasındaki fark önemli çıkmıştır. ESG₅₃, ESG₆₅ ve ESG₈₆'da STB₃₀ ve STB₄₀ uygulamalarında sulama konuları arasında fark istatistiksel olarak önemli çıkmıştır. Dönemler arası toplam klorofil değerlerine bakıldığında, kontrol, 30/33, 40/66 ve 40/33 konularında fark önemli olmuştur. 2011 yılında ESG₃₅'de konular arasında fark önemli olmadığı görülmektedir. ESG₅₃ ve ESG₈₁'de ise kontrol, 40/100, 40/66, 30/100, 30/66 konuları arasında farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte, söz konusu konular 30/33 ve 40/33 konularına göre farklı grupta yer almıştır. ESG₉₅'de ise STB₃₀ ve STB₄₀ uygulamalarındaki sulama konuları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. KSTK'nin %33'ünün verildiği 30/33 ve 40/33 konularda toplam klorofil değerleri diğer konulara göre daha fazla azalma görülmüştür. Bunun nedeni olarak, çim bitkisinde kuraklık stresinin belirtisi olarak klorofil miktarında azalmalar meydana geldiği söylenebilir (Carrow, 1985; Riaz ve ark., 2010).

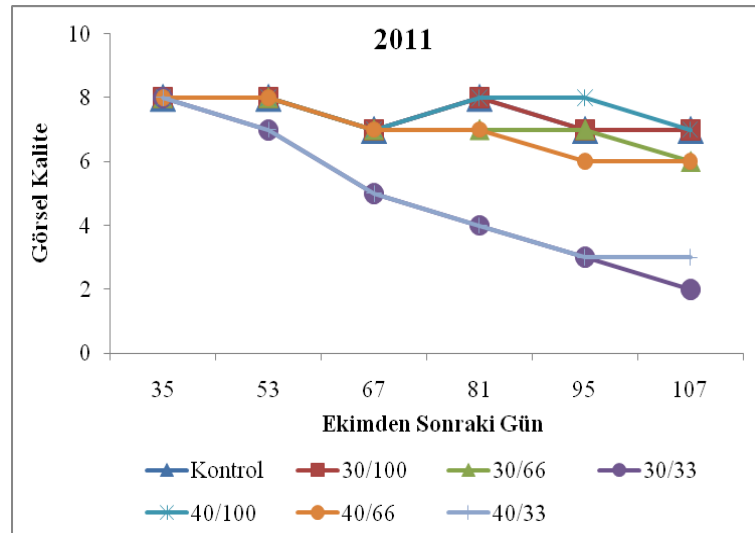
2011 yılı dönemler arası toplam klorofil değerleri incelendiğinde, az sulanan 30/33 ve 40/33 konularındaki dönemler arası farklılıklar istatistiksel olarak farklı çıkmıştır. Denemenin ilk yılında ESG₄₅ ve ESG₇₃'de ve ikinci yılda ise ESG₄₁ ve ESG₇₁'de azot uygulaması yapılmasına rağmen, daha az sulanan konulardaki toplam klorofil değerleri azalmıştır. Bunun nedeni olarak, az su verilen konularda yeterli miktarda besin elementi bulunsa dahi çimin bu minerallerden yararlanamadığı düşünülmektedir.

4.6.3. Görsel Kalite Analizi

Görsel kalite değerlendirilmesinde; çim rengi, çim sıklığı, kapladığı alan, yabancı ot durumu birlikte alınarak 1-9 arası değer verilmiştir. 2010 ve 2011 yıllarında çim biçiminden önce 6 kez görsel kalite değerlendirilmesi yapılmıştır (Şekil 18). Yıllara ait 2010 ve 2011 yıllarına ait görsel kalite verilerinin analizinde parametrik olmayan Friedman testi ve gruplar arasındaki farklılığın belirlenmesinde Bonferroni çoklu karşılaştırma testi kullanılmıştır (Çizelge 18).



(a)



(b)

Şekil 18. 2010 (a), 2011 (b) yıllarındaki görsel kalite değişimleri.

2010 yılında, ESG₂₇'deki görsel kalite değerleri tüm konularda benzer olmuştur. ESG₃₈'den itibaren su kısıtı uygulamalarına geçilmiştir. ESG₃₈'nin ESG₂₇'e oranla tüm konularda renk değişiminin de azalma görülmüştür. ESG₅₃'den sonra az su verilen konularda görsel kalite değerleri azalmıştır. Özellikle %33 sulama konusunda görsel kalite değerleri, renk olarak çok farklılaşma olmamasına rağmen parselin genel görünüşü ve çim yoğunluğu dikkate alındığında diğer konulara göre düşük olmuştur. 30/33 ve 40/33 uygulamalarında verilen suyun çimin görüntü ve kalitesi bakımından kabul edilebilir değer (6) altında olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, 30/66 ve 40/66 konularında 30/100, 40/100 ve kontrol konularına göre daha az sulama suyu verilmesine rağmen, çimin

görsel kalitesi bakımından kabul edilebilir düzeyin üzerinde olduğu görülmektedir (Şekil 18a).

2011 yılında, ESG₃₅'den itibaren su kısıtına geçilmiştir. Denemenin ilk yılında olduğu gibi, ikinci yılda da ESG₅₃'den sonra 30/33 ve 40/33 konularında görsel kalite değerlerinde azalmalar başlamıştır. 2011 yılında da 30/33 ve 40/33 konularında çim için kabul edilen değer (6) altında olduğu görülmüştür. Deneme süresi, 2011 yılında 2010 yılına oranla daha uzun olduğundan görsel kalite değerleri ESG₁₀₇'de özellikle 30/33 konusunda en düşük değeri (2) almıştır (Şekil 18b). Wherley (2011), farklı kısıtlı sulama koşulları altında yetiştirilen çim bitkisinde su kısıtının artması ile görsel kalite değerlerinin azaldığını belirtmiştir.

Çizelge 18. 2010 ve 2011 yıllarında konulara ilişkin görsel kalite değerleri

Konular	Gözlem		2010		2011	
	Sayısı	n	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	Medyan	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	Medyan
Kontrol	6	6	7.0 ± 0.4A*	7.0	7.5 ± 0.2A	7.5
30/100	6	6	7.2 ± 0.3A	7.0	7.5 ± 0.2A	7.5
30/66	6	6	6.8 ± 0.5A	7.0	7.2 ± 0.3A	7.0
30/33	6	6	5.3 ± 0.9B	5.5	4.8 ± 0.9B	4.5
40/100	6	6	7.2 ± 0.3A	7.0	7.7 ± 0.2A	8.0
40/66	6	6	6.8 ± 0.5A	7.0	7.0 ± 0.4A	7.0
40/33	6	6	5.3 ± 0.9B	5.5	5.0 ± 0.9B	4.5

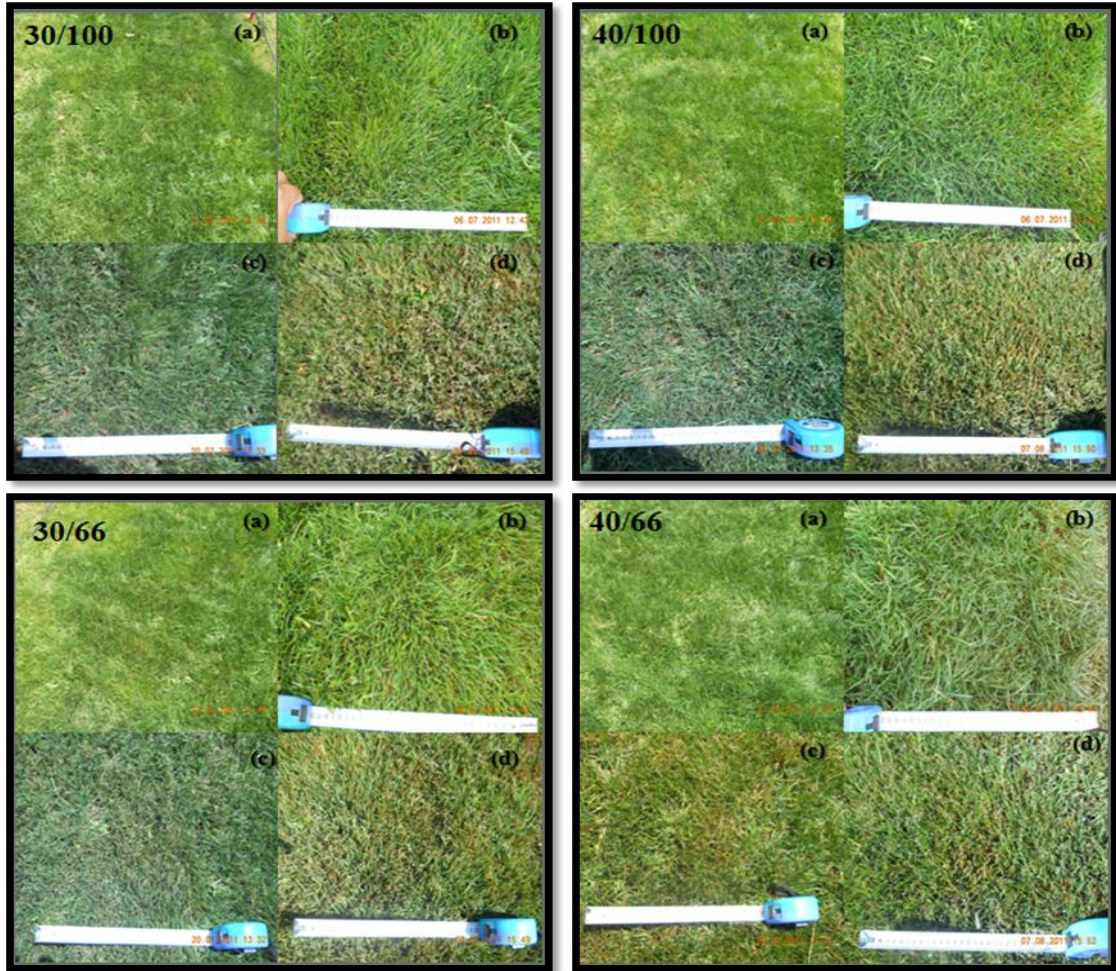
* Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve konular arasındaki farklılığı göstermektedir (p < 0.05)

Denemenin her iki yılında da kontrol, 30/100, 30/66, 40/100 ve 40/66 konuları istatistiksel analiz sonucunda aynı grupta yer almış, başka bir ifadeyle konular arasında fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Söz konusu konuların 30/33 ve 40/33 konuları ile arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Denemenin iki yılı karşılaştırıldığında, görsel kalite bakımından 30/33 ve 40/33 konularında ilk yıla göre azalma görülürken, diğer konularda artış gözlemlenmiştir. 2010 ve 2011 yılında medyan değerleri sırasıyla 5.5-7.0 ve 4.5-8.0 arasında değişmiştir. Emekli ve ark. (2007), Antalya ilinde yapmış oldukları çalışmada, farklı sulama konularına göre mevsimlik ortalama görsel kalite medyan değerlerinin 3.5-6.5 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bu çalışmada

elde edilen değerlerin yüksek olduğu görülmektedir. Bu farklılığın iklim, çim çeşidi ve sulama uygulamalarından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Her iki yılın sonuçları birlikte dikkate alındığında, 30/33 ve 40/33 konuları dışında diğer konularda görsel kalite düzeyinin kabul edilebilir seviyenin üzerinde olduğu görülmüştür. Sonuç olarak, çim bitkisinde %37 oranında su kısıtı uygulanan 30/66 ve 40/66 sulama konularının gerek daha az sulama suyu uygulanması gerekse de görsel kalite bakımından kabul edilebilir düzeyin üzerinde olması nedeniyle tercih edilebileceği söylenebilir.

2011 yılında konulara ait 4 farklı zamanda parcel resimleri çekilmiştir (Şekil 19). ESG₅₃ (a) parcel alanını (1.7x2.0 m) bir alanı göstermekte, ESG₆₇ (b), ESG₈₁ (c) ve ESG₉₉ (d) 30 cm x 30 cm alanı göstermektedir.



Şekil 19. 2011 yılı (a) ESG₅₃, (b) ESG₆₇, (c) ESG₈₁, (d) ESG₉₉'daki parcel resimleri

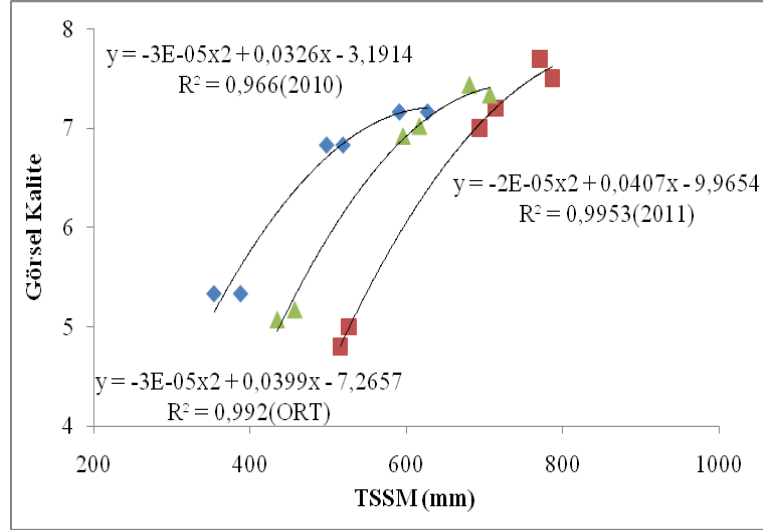


Şekil 19. (devam).

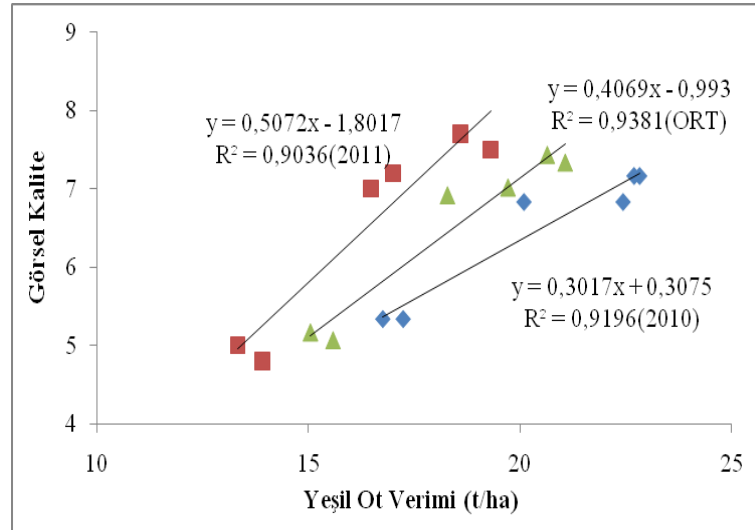
Parsel resimleri incelendiğinde, ESG₅₃ ve ESG₆₇ tüm konularda görsel kalite bakımından farklılık görülmezken, özellikle 30/33 ve 40/33 konularında ESG₈₁'den itibaren çimde bozulmalar meydana gelmiştir. ESG₉₉'da, söz konusu konulardaki sararma ve bozulmaların arttığı görülmüştür.

Şekil 18, Şekil 19 ve Çizelge 18 birlikte değerlendirildiğinde, 30/33 ve 40/33 konuları hariç diğer konularda görsel kalite değerleri kabul edilebilir seviyenin üzerinde olmuştur.

2010, 2011 ve her iki yılın ortalaması alınarak STB konularına ait TSSM ile görsel kalite arasındaki ilişki incelenmiştir. Her iki yılda da en yüksek ilişki 2.dereceden polinomial eğrisinden elde edilmiş ve R² değerleri Şekil 20'de verilmiştir. Ayrıca, söz konusu yıllara ait görsel kalite ile biyokütle verimi arasındaki doğrusal ilişki ve R² Şekil 21'de verilmiştir.



Şekil 20. Deneme yıllarına ve yıllar ortalamasına göre STB konularındaki TSSM ile görsel kalite arasındaki ilişki.



Şekil 21. Deneme yıllarına ve yıllar ortalamasına göre STB konularındaki yeşil ot verimi ile görsel kalite arasındaki ilişki.

STB uygulamalarında 2010, 2011 ve ortalama TSSM ile görsel kalite değerleri arasındaki ilişki sonucunda R^2 değerleri sırasıyla 0.966, 0.995 ve 0.992 olarak bulunmuştur (Şekil 20). Söz konusu ile ilgili olarak yapılan diğer çalışmalarda, Shearman ve Beard (1973)'e göre, korelasyon katsayısını 0.98 (Carrow ve ark., 1990), Emekli ve Baştuğ (2007), Antalya ilinde bermuda çiminde yapmış oldukları çalışmada R^2 değerini 1, Jiang ve ark. (2009), İngiliz çiminde R^2 değerini denemenin ilk yılında 0.91 ve ikinci yılında ise 0.73 olarak bulmuşlardır.

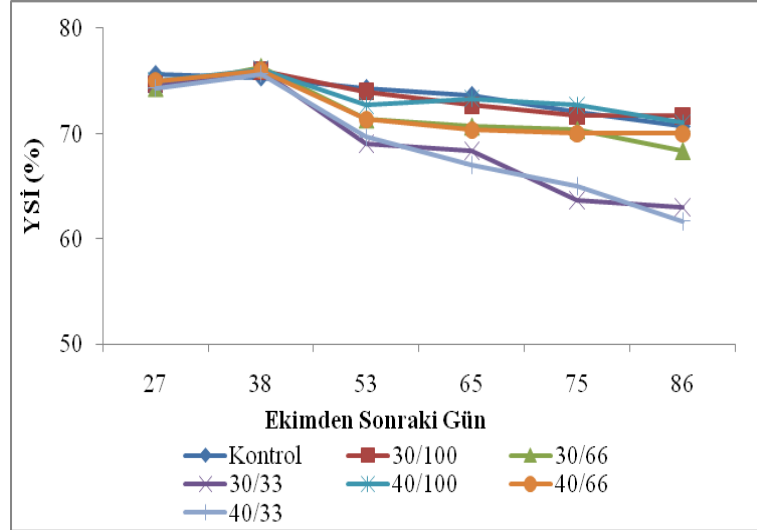
Deneme yıllarına ve yıllar ortalamasına ait yeşil ot verimi ile görsel kalite değerleri arasında doğrusal ilişki olup R^2 değerleri sırasıyla 0.919, 0.903 ve 0.938 olarak elde

edilmiştir (Şekil 21). Her iki ilişkide görsel kalitenin TSSM ve yeşil ot verimi ile arasındaki ilişkinin kuvvetli olduğunu göstermiştir.

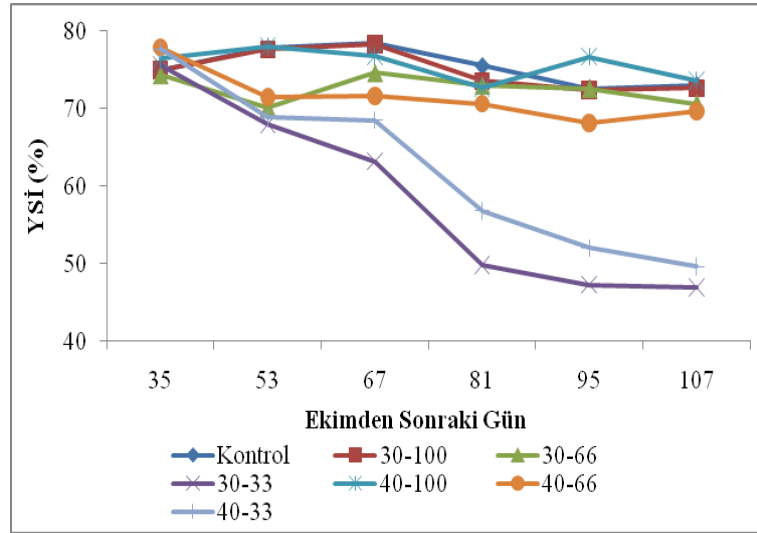
Çim bitkisinde sulama ve gübre uygulamaları ile ilgili yapılmış görsel kalite (1-9 skalası) çalışmalarında; Henry ve Gibeault (1985), Amerika’da farklı çim çeşitlerinde 3.7-5.7, Gibeault ve ark. (1989), çok yıllık çimde farklı sulama uygulamalarında 5.0-6.2, Liu ve ark. (1993), çok yıllık çimde 4.2-7.0, Schlossberg ve Karnok (2001), Amerika’da farklı çim çeşitlerinde 5.2-7.9, Ahmad ve ark. (2003), iki farklı çim çeşidinde 5.0-9.0 ve 1.0-5.0, Jordan ve ark. (2003), kumlu toprak bünyesinde yetiştirilen farklı çim çeşitlerinde denemenin ilk yılında 3.9-5.6 ikinci yılında ise 6.6-8.4, Zorer ve ark. (2004), Van ilinde 3.6-8.7, Sass ve Horgan (2006), Amerika’da denemenin ilk yılında 6.1-7.0 ikinci yılında ise 6.2-6.7, Karcher ve ark. (2008), Amerika’da kurak koşullar altında farklı çim çeşitlerinde ilk yılda 4.4-6.1, ikinci yılda 3.7-6.5, Salman (2008), İzmir ilinde İngiliz çiminde ilk yılda 3.1-8.7, ikinci yılda ise 2.4-8.1, Geren ve ark. (2009), İzmir ilinde denemenin ilk yılında 4.6-8.2 ikinci yılında 4.1-8.2, Cereti ve ark. (2010) İtalya’da farklı İngiliz çim çeşitlerinde yaz, sonbahar, kış ve ilkbahar dönemlerinde sırasıyla 7.6-7.7, 8.0-8.3, 8.1-8.2 ve 7.7-8.0, Çelebi ve ark. (2010), Van ilinde İngiliz çiminde ilk yılda 6.5-8.5 ve ikinci yılda 5.6-8.7, Varoğlu (2010), İzmir ilinde İngiliz çiminin farklı çeşitlerinde 6.1-6.2 arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Bununla birlikte 1-10 skalasını kullanılan çalışmalarda, Youngner ve ark. (1981), iki farklı serin iklim çeşidinde yaptıkları çalışmada, 7.3-9.0 ile 5.8-8.5, Hays ve ark. (1991), farklı Bermudagrass genotiplerinde ilk uygulamada 2.5-8.5 ve ikinci uygulamada 1.8-10.0 arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

4.6.4. Çimde Yaprak Su İçeriği

2010 ve 2011 yıllarında biçim zamanlarında elde edilen yaprak su içeriği (YSİ) değerleri Şekil 22’de verilmiştir. Ayrıca, konular ve dönemler arasında istatistiksel olarak fark olup olmadığı tek yönlü varyans analizi kullanılarak belirlenmiştir (Çizelge 19).



(a)



(b)

Şekil 22. 2010 (a) ve 2011 (b) yılı YSİ değişimleri.

Denemenin ilk yılında, su kısıtına ESG₃₈'de geçildiğinden ESG₂₇ ve ESG₃₈'de YSİ değerleri bakımından tüm konular aynı grupta yer almıştır. Söz konusu dönemlerde YSİ değerleri %74-76 arasında değişmiştir. ESG₅₃'de kontrol uygulaması 30/100 konusu dışında diğer konular ile arasında istatistiksel bakımdan farklılık bulunmuştur. STB₃₀ uygulamalarında sulama konuları arasındaki fark önemli bulunmuştur. 40/100 ve 40/66 konuları 40/33 konusuna göre farklı grupta yer almıştır. ESG₆₅'de iki gün aralıkla tarla kapasitesine getirilen kontrol, 30/100 ve 40/100 konulardaki YSİ değerleri diğer konulardaki YSİ değerlerine göre fark önemli bulunmuştur. Bununla birlikte, STB₃₀ ve STB₄₀ uygulamalarında farklı sulama konuları farklı gruplarda yer almıştır. ESG₇₅'de sulama suyunun en az verildiği parseller ile (30/33 ve 40/33 dışında) diğer konular

arasında fark bulunmamıştır. Buna ek olarak, STB₄₀ uygulamasında tüm sulama konuları ayrı grupta bulunmaktadır. ESG₈₆'da ise, STB₃₀ uygulamasındaki sulama konuları ayrı grupta yer almıştır. 40/100 ve 40/66 aynı grupta yer almış ve bu iki konu ile 40/33 konusu arasında fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Çizelge 19. 2010 ve 2011 yıllarında konulardaki YSİ değerleri (%)

Konular	2010					
	ESG ₂₇	ESG ₃₈	ESG ₅₃	ESG ₆₅	ESG ₇₅	ESG ₈₆
	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$
Kontrol	76±1NSa	75±0 NSa	74±0Aab	74±0Ab	72±1ABc	71±1Ac
30/100	75±0 NSab	76±1 NSa	74±1ABbc	73±1Acd	72±0ABd	72±0Ad
30/66	74±1 NSa	76±0 NSa	71±1Cb	71±1Bbc	70±1ABbc	68±1Bc
30/33	75±0 NSa	76±1 NSa	69±1Db	68±0Cb	64±1Cc	63±1Cc
40/100	75±1 NSa	76±1 NSa	73±0BCbc	73±0Ab	73±1Abc	71±1Ac
40/66	75±0 NSa	76±1 NSa	71±1Cb	70±1Bb	70±1Bb	70±1ABb
40/33	74±1 NSa	76±0 NSa	70±0Db	67±1Cc	65±1Cc	62±0Cd
Konular	2011					
	ESG ₃₅	ESG ₅₃	ESG ₆₇	ESG ₈₁	ESG ₉₅	ESG ₁₀₇
	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$	$\bar{x} \pm S_x$
Kontrol	75±0BCb	78±0 Aa	78±0Aa	75±0Ab	73±1Bc	73±1Ac
30/100	75±1 BCb	78±1 Aa	78±0Aa	74±1ABbc	72±0Bc	73±1Ac
30/66	74±1 Cab	70±0 BCd	75±0Ba	73±1ABbc	73±0Bc	71±0Bd
30/33	76±1 ABCa	68±1 Db	63±1Ec	50±2Dd	47±1Ed	47±1Dd
40/100	77±1 ABa	78±1 Aa	77±1Aa	73±1ABb	77±1Aa	74±0Ab
40/66	78±1 Aa	71±1 Bb	72±1Cb	71±1Bb	68±2Cb	70±0Bb
40/33	78±0 Aa	69±1 CDb	67±0Db	57±0Cb	52±1Dd	50±0Ce

* Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve konular arasındaki farklılığı göstermektedir, aynı satırda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve dönemler arasındaki farklılığı göstermektedir (Duncan, p < 0.05)

Denemenin ikinci yılında, su kısıtına ESG₃₅'de geçilmiştir. Denemenin ilk yılından farklı olarak ilk su kısıtının başladığı tarih olan ESG₃₅'de 40/66 ve 40/33 konuları ile kontrol, 30/100 ve 30/66 konuları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. ESG₅₃ ve ESG₆₇'de kontrol, 30/100 ve 40/100 konuları ile az sulanan konular arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli olduğu görülmüştür. Bununla birlikte, STB₃₀ ve STB₄₀ uygulamalarındaki sulama konuları farklı grupta yer almıştır. ESG₈₁'de hem STB₃₀ hem de

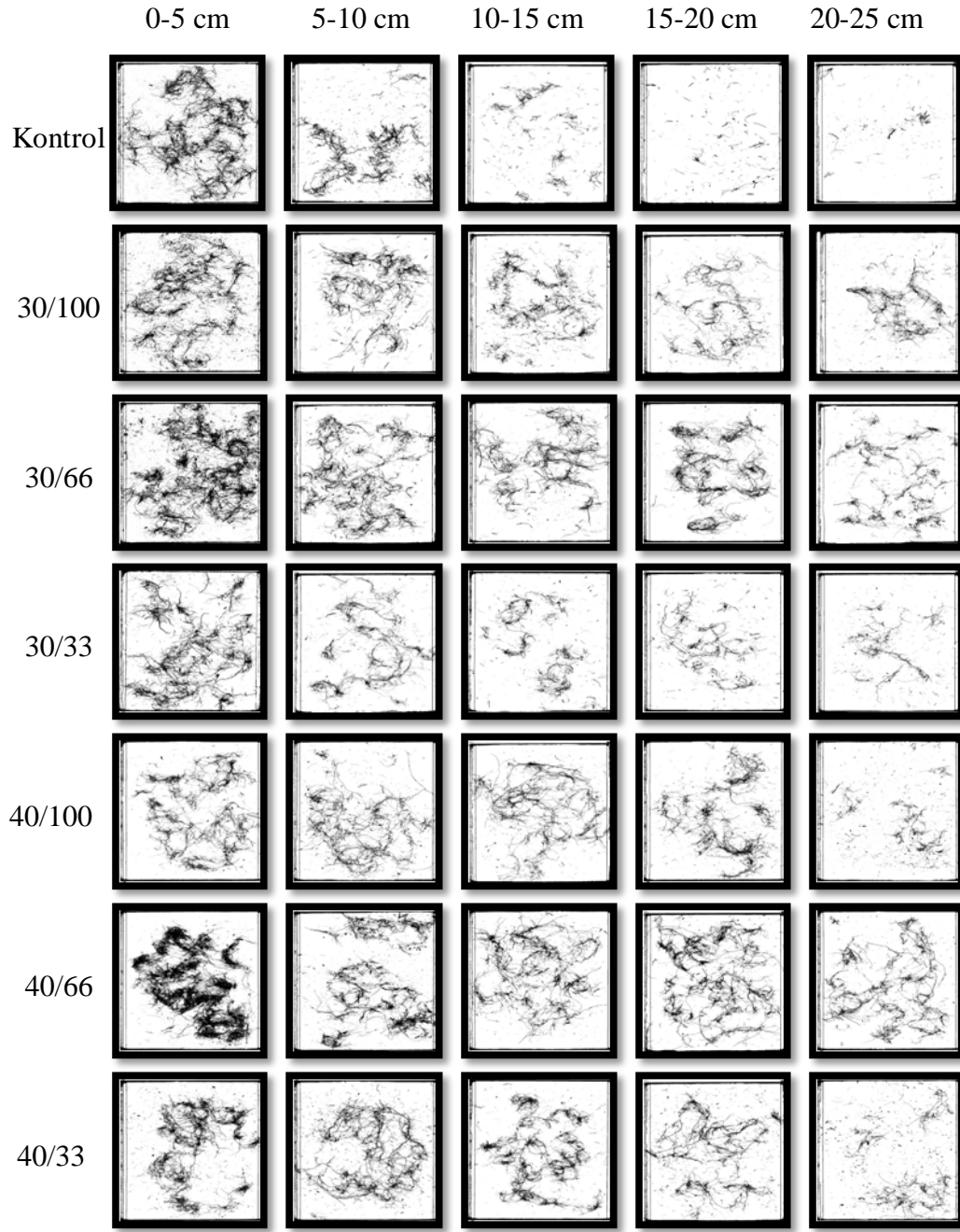
STB₄₀ uygulamaları için %100 ve %66 konuları aynı grupta yer alırken, %33 sulama konusu farklı grupta yer almıştır. ESG₉₅'de STB₄₀ uygulamasındaki farklı sulama konuları arasındaki fark istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Aynı tarihte, kontrol, 30/100 ve 30/66 aynı grupta yer almıştır. ESG₁₀₇'de de ESG₅₃ ve ESG₆₇'de olduğu gibi STB₃₀ ve STB₄₀ uygulamalarındaki farklı sulama konuları arasındaki fark istatistiksel olarak önemli çıkmıştır.

İki yılın YSİ değerleri incelendiğinde, denemenin ikinci yılında özellikle 30/33 ve 40/33 konuların değerleri ilk yıla oranla daha düşük çıkmıştır. Bunun nedeni olarak, birinci yıl son YSİ ölçümü ESG₈₆'da ikinci yılda ise ESG₁₀₇'de olması söylenebilir. Fakat ikinci yıl ESG₈₁'deki YSİ değerleri de birinci yıla oranla düşük çıkmıştır. Bu farkın iklim parametrelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Dönemler arası farklılık incelendiğinde ise, tüm konularda her iki yılda da YSİ değerlerinde genel olarak azalma görülmüştür. Özellikle az sulanan konularda bu azalma daha fazla olmuştur.

YSİ değerleri ile yapılmış çalışmalarda, Garnier ve Laurent (1994), farklı çim çeşitlerinde %70-86, Pessarakli ve ark. (2001), Amerika'da çimde farklı tuz dozları uygulayarak %48-64, Ahmad ve ark. (2003), Pakistan'da iki farklı çim çeşidinde %37-49 ve %54-69, Gulzar ve ark. (2003), çimde farklı tuz dozlarında %42-64, Mefti ve ark. (2008), kurak koşullar altında farklı çim çeşidinde yaptıkları çalışmada, %50.4-84.5, Jiang ve ark. (2009), Amerika'da su stresi koşulları altında yetiştirilen İngiliz çiminde %64-74, Alshehhi ve ark. (2010), kurak koşullar altında yetiştirilen üç farklı sıcak iklim çim çeşidinde %73.6-78.1, Oyeyiola ve ark. (2010), saksı ortamında vetiver çim çeşidinde %47-56, Shahrokhi ve ark. (2011), İranda farklı çim çeşitlerinde %55.40-82.86 arasında elde etmişlerdir. Çalışmadan elde edilen YSİ değerleri çimde yapılmış çalışmalarla benzerlik göstermektedir. Bazı çalışmalarla arasındaki farklılık olmasının nedeninin ise çim çeşidi, iklim, uygulamalar arasındaki farklılıklardan (tuz, besin elementi ve sulama suyu) kaynaklandığı düşünülmektedir.

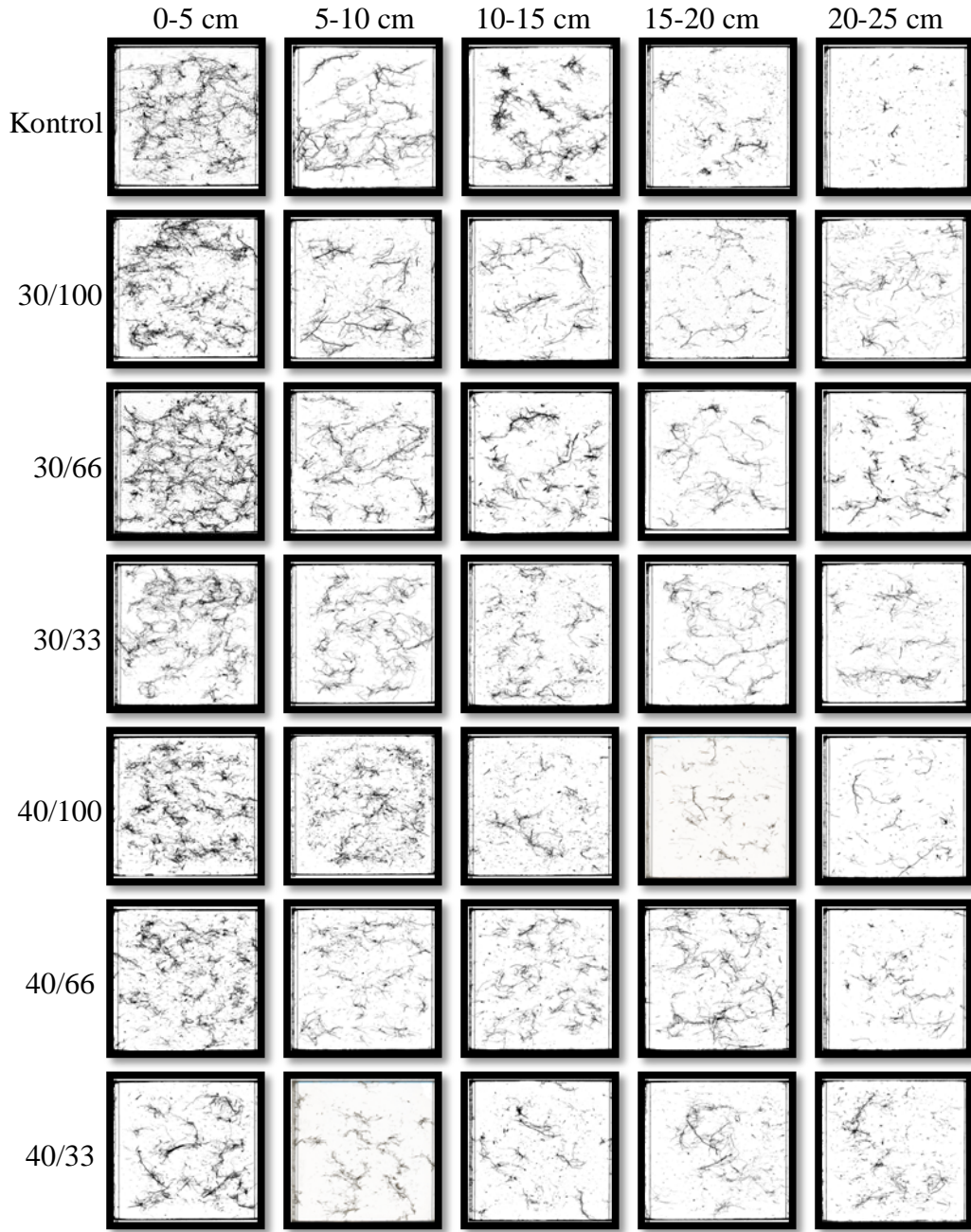
4.6.5. Çimde Kök Gelişimi

2010 yılında ESG₅₆ ile ESG₈₉'da ve 2011 yılında ise ESG₅₅ ile ESG₈₉'da kök örnekleri 5 farklı derinlikten (0-5 cm, 5-10 cm, 10-15 cm, 15-20 cm ve 20-25 cm) 100 cm³ hacmi olan toprak örneği alma silindirleri ile alınmıştır. Söz konusu dönemlerde taranan köklere ait görüntüler sırasıyla Şekil 23, 24, 25 ve 26'da gösterilmiştir.



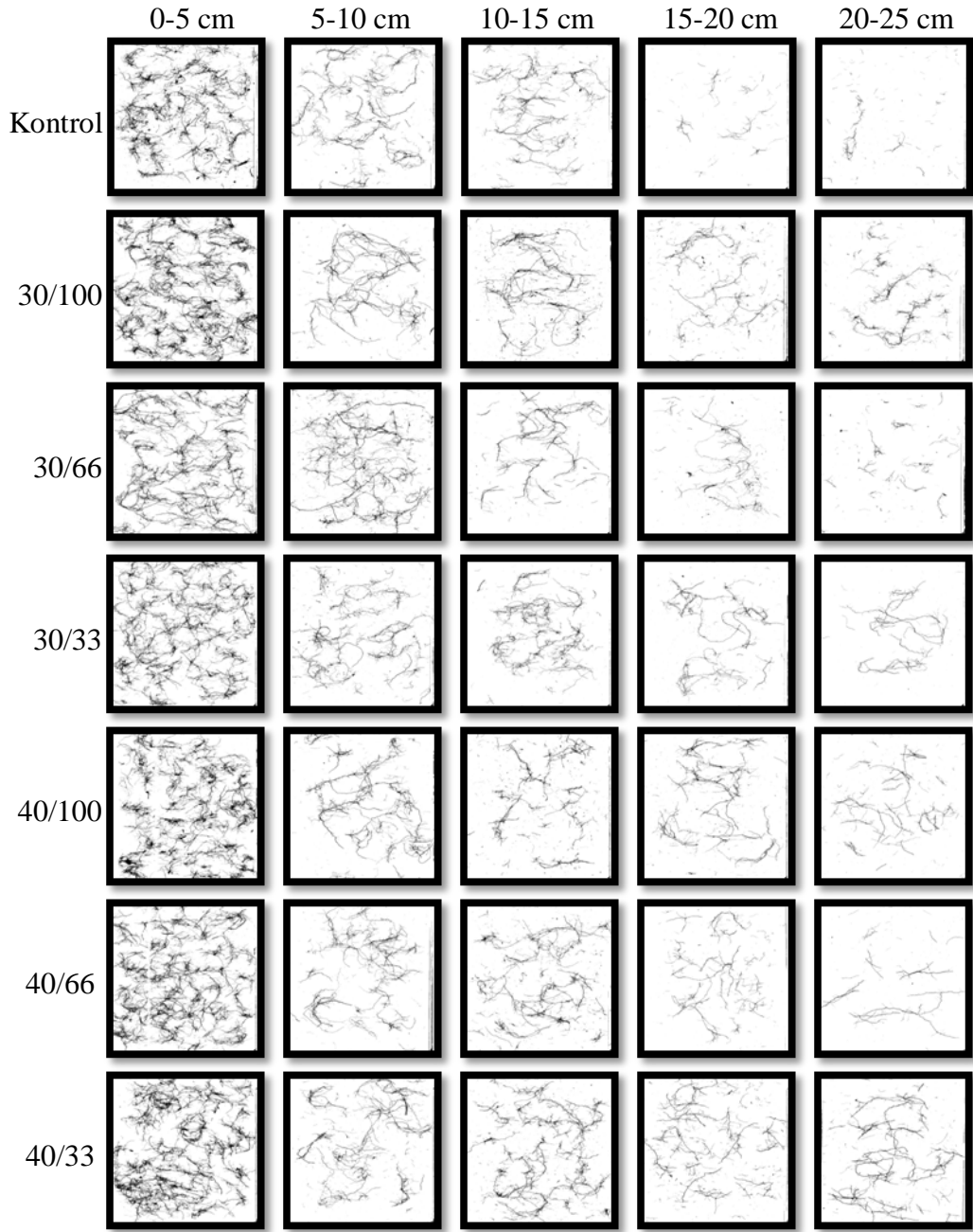
Şekil 23. 2010 yılı ESG₅₆'deki kök görüntüleri.

ESG₅₆'daki kök görüntüleri incelendiğinde, 40/66 ve 30/66 konularında 0-25 cm derinlikteki kök yoğunluklarının diğer konulara göre fazla olduğu görülmektedir. Kontrol konusunda 15 cm'den sonra kök yoğunluğunun azaldığı ve bununla birlikte tüm STB konularındaki kök yoğunluklarının kontrol konusuna göre fazla olduğu görülmektedir (Şekil 23).



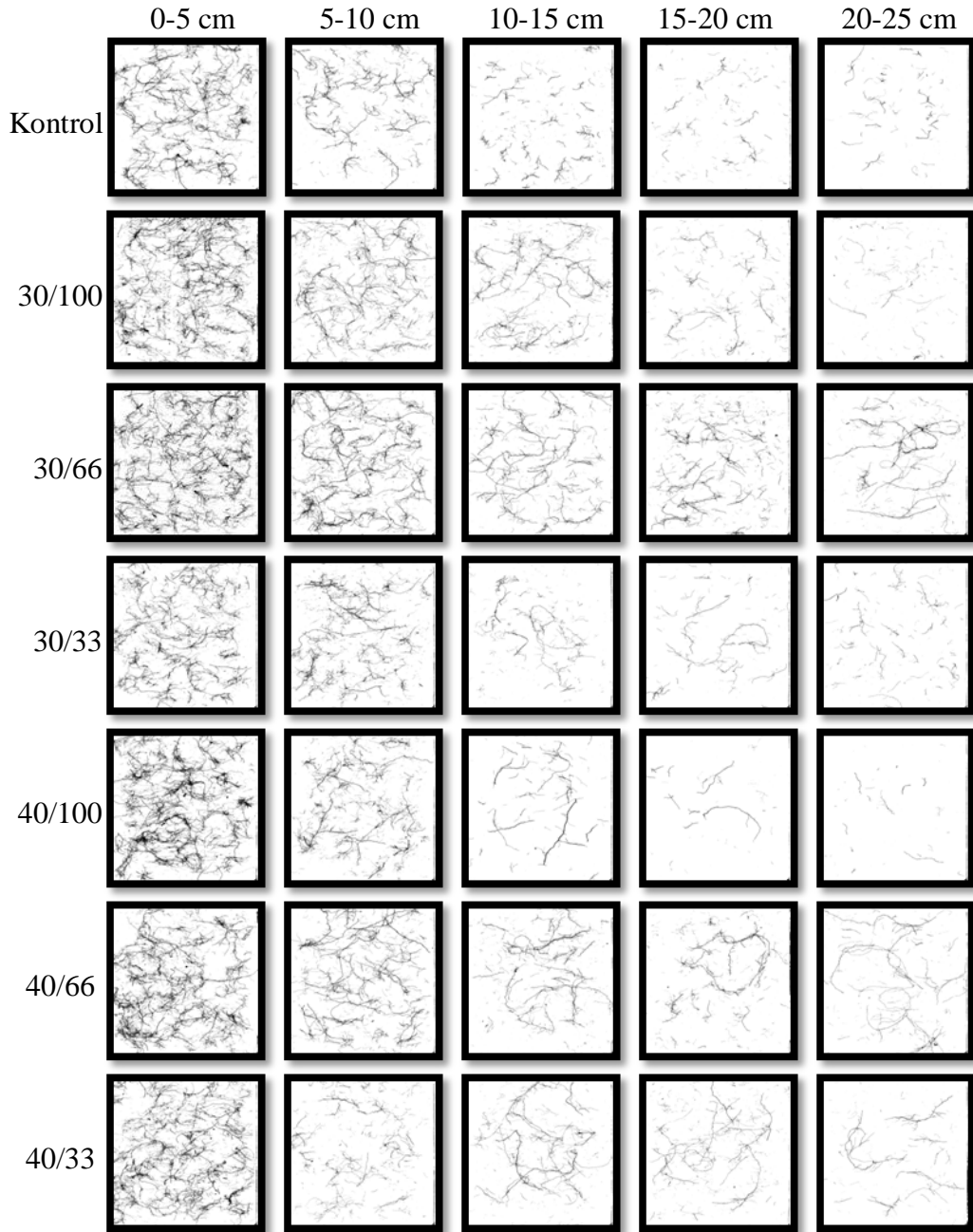
Şekil 24. 2010 yılı ESG₈₉'daki kök görüntüleri.

ESG₈₉'da 30/33 ve 40/33 konularında kök yoğunlukları ESG₅₆'ya oranla daha düşük olduğu görülmektedir. Kontrol konusu dışında tüm konularda başta %33 sulama konuları olmak üzere azalmalar meydana gelmiştir (Şekil 24).



Şekil 25. 2011 yılı ESG₅₅'deki kök görüntüleri.

ESG₅₅'deki kök görüntülerine bakıldığında STB₄₀ uygulamalarındaki kök yoğunluklarının STB₃₀ ve kontrol uygulamalarına göre fazla olduğu görülmektedir. STB₃₀ uygulamasında sulama konularında aynı derinlikte benzer kök yoğunlukları görülmüştür. Kontrol konusunda 15 cm derinlikten sonra kök yoğunluklarındaki azalmaların diğer konulara göre fazla olduğu görülmektedir (Şekil 25).



Şekil 26. 2011 yılı ESG₈₉'daki kök görüntüleri.

Şekil 26 incelendiğinde, ESG₈₉'da 30/33 ve 40/33 konularında kök yoğunluğu azalmaları diğer konulara göre oldukça fazla olmuştur. Bununla birlikte, 30/66 konusunda özellikle 5-10 cm, 10-15 cm ve 15-20 cm derinliklerdeki kök yoğunlukları bir önceki döneme göre artmıştır.

2010 ve 2011 yıllarına ait tüm görüntüler incelendiğinde, çim bitkisinin en iyi kök gelişimini 30/66 ve 40/66 konularında gösterdiği söylenebilir. Su stresinin yüksek olarak uygulandığı %33 sulama konularında (30/33 ve 40/33) bitki köklerinin belli bir zamana kadar geliştiği daha sonra yeterli suyu bulamamasından dolayı köklerde ölmeler meydana

geldiği gözlenmektedir. Kontrol konusunda 15 cm derinlikten sonra kök yoğunluğunun azaldığı görülmektedir. Bunun nedeni olarak, toprak yüzeyinde yeterli miktarda suyun bulunması ve bitki köklerinin derinlere doğru gelişme göstermemesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

Deneme konularında her yıl için iki defa kök örnekleme yapılmıştır. Konulara ilişkin kuru kök ağırlığına (kg/da) kök uzunluğuna (cm/cm³), ortalama kök çapına (cm), kök hacmine (cm³/cm³), kök yüzey alanına (cm²/cm³) ait değerler sırasıyla Çizelge 20, 21, 22, 23 ve 24'de verilmiştir.

Çizelge 20. 2010 ve 2011 yıllarında konulara ilişkin kuru kök ağırlıkları (kg/da)

Konular	2010		2011	
	ESG ₅₆	ESG ₈₉	ESG ₅₅	ESG ₈₉
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$
Kontrol	150±5CnsNS*	149±2DnsNS	139±7CnsNS	143±4BnsNS
30/100	177±7BCnsNS	162±13CDnsNS	185±7BnsNS	181±22ABnsNS
30/66	210±15ABnsNS	200±10AnsNS	185±4BnsNS	200±7AnsNS
30/33	198±5ABaNS	154±5CDBNS	189±12BnsNS	143±15BnsNS
40/100	186±9ABnsNS	177±3BCnsNS	201±2 ABnsNS	182±10ABnsNS
40/66	219±19AnsNS	190±4ABnsNS	210±2AnsNS	206±13AnsNS
40/33	206±2ABaNS	167±6CDBNS	196±3ABaNS	156±13BbNS

* Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve konular arasındaki farklılığı göstermektedir, aynı satırda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve dönemler arasındaki farklılığı göstermektedir, aynı satırda italik büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve yıllar arasındaki farklılığı göstermektedir (Duncan, $p < 0.05$)

Kuru kök ağırlığı değerleri incelendiğinde, 2010 yılı ESG₅₆'da özellikle STB uygulamalarındaki konular genellikle aynı grupta yer almıştır. 30/100 konusu dışında diğer konuların kontrol uygulamasına göre fark istatistiksel açıdan önemlidir. ESG₈₉'da 30/66 konusu 30/100 ve 30/33 konularına göre ve 40/100 ve 40/66 konuları ise 40/33 konusuna göre arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. ESG₅₆ ve ESG₈₉'da 30/66 ve 40/66 konuları kuru kök ağırlığı diğer konulara göre daha yüksek bulunmuştur. Söz konusu dönemler arasındaki kuru kök ağırlıkları bakımından fark yalnızca 30/33 ve 40/33 konularında bulunmuştur. Bunun nedeni olarak, ESG₈₉'da 30/33 ve 40/33 konularında çimin gelişimi için köklerinin yeterli suyu bulamadığı ve bu nedenle köklerin öldüğü düşünülmektedir. 2011 yılında ESG₅₅'de tüm STB uygulamalarındaki konuların kontrol uygulamasına göre fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. STB₃₀ ve STB₄₀

uygulamalarındaki konular aynı grupta yer almıştır. ESG₈₉'da STB₃₀ ve STB₄₀ uygulamalarındaki %66 sulama konularındaki kuru kök ağırlığı değerleri (30/66 ve 40/66) %100 sulama konuları (30/100 ve 40/100) ile aynı grupta yer almış ve %33 sulama konusundan (30/33 ve 40/33) farklılık göstermiştir. Dönemler arasında ise sadece 40/33 konusunda fark çıkmıştır. Bununla birlikte, 30/33 konusunda tekerrürler arası standart sapma değerleri yüksek olduğundan ortalama değerleri yüksek olsa dahi aynı grupta yer almıştır. Salman (2008), İzmir ilinde İngiliz çiminde farklı gübre uygulamalarında kök kuru madde verimini 289-740 kg/da olarak elde etmiştir. Bu farklılığın deneme süresinin daha uzun olması, iklim koşulları, sulama ve gübre uygulamalarından kaynaklandığı söylenebilir.

Çizelge 21. 2010 ve 2011 yıllarında konulara ilişkin kök uzunlukları (cm/cm³)

Konular	2010		2011	
	ESG ₅₆	ESG ₈₉	ESG ₅₅	ESG ₈₉
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$
Kontrol	6.9±0.2CnsNS*	7.3±0.3CDnsNS	6.9±0.8DnsNS	7.3±0.7CnsNS
30/100	8.3±0.2BnsNS	7.5±0.2CDnsNS	8.9±0.1CnsNS	9.9±1.2ABnsNS
30/66	10.2±0.6AnsNS	9.1±0.1ABnsNS	9.6±0.2BCnsNS	10.6±0.7AnsNS
30/33	9.7±0.3ABnsNS	8.2±0.5BCnsNS	10.1±0.3ABaNS	7.5±0.8BCbNS
40/100	8.6±0.7BnsNS	7.5±0.2CDnsII	10.4±0.2ABnsNS	9.1±0.4ABCnsI
40/66	10.6±0.5AnsNS	9.5±0.3AnsNS	10.7±0.2AnsNS	10.7±1.1AnsNS
40/33	9.8±0.5ABaNS	6.9±0.5DbNS	10.1±0.1ABaNS	7.5±0.5BCbNS

* Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve konular arasındaki farklılığı göstermektedir, aynı satırda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve dönemler arasındaki farklılığı göstermektedir, aynı satırda italik büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve yıllar arasındaki farklılığı göstermektedir (Duncan, p < 0.05)

Kök uzunluklarının değişimini gösteren Çizelge 21 incelendiğinde, denemenin ilk yılında, ESG₅₆'da tüm STB konularının kontrol konusuna göre arasındaki farklar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. STB₃₀ ve STB₄₀ uygulamalarında %66 ve %33 sulama konularındaki kök uzunlukları %100 sulanan konulara göre arasındaki fark önemlidir. Bu durumun, su kısıtı uygulanan parsellerde çim bitkisinin daha derinlerden suyu alabilmesi için su kısıtı uygulanmayan parsellere oranla daha fazla kök gelişimi göstermesinden kaynaklandığı söylenebilir. ESG₈₉'da 30/66 ve 40/66 konusu diğer konulardan farklı grupta yer almıştır. Dönemler arası farklılık incelendiğinde, sadece 40/33 konusunda ESG₅₆ ve ESG₈₉ değerleri arasındaki fark önemli bulunmuştur. Denemenin

ikinci yılında da ilk yılda olduğu gibi tüm STB uygulamalarının kontrol uygulamasına göre kök uzunlukları arasındaki fark istatistiksel olarak önemlidir. STB₄₀ uygulamasındaki sulama konuları aynı grupta yer almıştır. STB₃₀'da ise, 30/33 konusu en yüksek kök uzunluğu değerini almış ve 30/66 konusu ile aynı grupta, 30/100 konusu ile de farklı grupta yer almıştır. ESG₈₉'da 30/66 ve 40/66 konularının en yüksek kök uzunluğuna sahip olduğu görülmüştür. Bununla birlikte 30/100, 30/66 ve 40/66 konularının kontrol konusuna göre farkları istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Dönemler arası farklılığa bakıldığında, su kısıtının en fazla uygulandığı 30/33 ve 40/33 konularında farklılık önemli olmuştur. Yıllar arası farklılık incelendiğinde 2011 yılında 2010 yılına göre sadece ESG₈₉'da 40/100 konusunda kök uzunluğu daha fazla bulunmuştur.

Çim bitkisi su stresine girdiği zaman kök gelişimi azalmaya başlamaktadır (Carrow, 1985). Wiecko ve ark. (1993), *Bermudagrass* çiminde farklı toprak uygulamalarında 0-20 cm derinlikte kök uzunluk yoğunluğunu 15.1-20.2 cm/cm³ olarak bulmuşlardır. Karnok ve Tucker (2001), *Creeping bentgrass* çim çeşidinde 0-24 cm derinlikteki toplam kök uzunluğunu ilk yıl 9.4-12.1, ikinci yıl ise 8.8-11.5 cm/cm² arasında elde etmişlerdir. Schlossberg ve Karnok (2001), Amerika'da farklı çim çeşidinde farklı azot dozu uygulamalarında kök uzunluk yoğunluğunu 2.89-3.30 cm/cm³ arasında değiştiğini bulmuşlardır. Jordan ve ark. (2003), Amerika'da farklı çim çeşidinde farklı sulama aralıklarının kök uzunluğuna etkilerini araştırmışlardır. Denemede ilk ve ikinci yılında 0-15 cm derinlikte sırasıyla ilk örneklemede 14.7 cm/cm³ ile 18.65 cm/cm³ ve 10.7 cm/cm³ ile 15.8 cm/cm³, ikinci örneklemede 9.6 cm/cm³ ile 10.7 cm/cm³ ve 12.25 cm/cm³ ile 23.25 cm/cm³ arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Ortalama kök çapı değerlerinin değişimi incelendiğinde, 2010 yılında ESG₅₆'da konular arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 22). ESG₈₉'da ise 30/33 konusu 30/66 ve 40/66 konuları ile aynı grupta yer almıştır. Dönemler arasında sadece 30/33 konusunda fark önemli bulunmuş ve diğer konular ise aynı grupta yer almıştır. 2011 yılında iki farklı dönemde de konular arasındaki fark istatistiksel olarak önemli değildir. Dönemler arasında ise, 30/100, 30/33 ve 40/33 konularındaki değişim önemli bulunmuştur. Yıllar arasındaki farklılık incelendiğinde, ESG₅₆ (2010) ve ESG₅₅ (2011) değerlerinde kontrol, 30/33 ve 40/100 konusundaki farklılık önemli bulunmuştur. ESG₈₉ değerlerine bakıldığında (2010 ve 2011) tüm konular arasındaki farklılıkların önemli olduğu görülmüştür.

Çizelge 22. 2010 ve 2011 yıllarında konulara ilişkin ortalama kök çapları (cm)

Konular	2010		2011	
	ESG ₅₆	ESG ₈₉	ESG ₅₅	ESG ₈₉
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$
Kontrol	0.027±0.000NSnsI*	0.025±0.001AnsI	0.021±0.001NSnsII	0.020±0.000NSnsII
30/100	0.024±0.000NSnsNS	0.025±0.001AnsI	0.023±0.001NSaNS	0.020±0.000NSbII
30/66	0.023±0.002NSnsNS	0.024±0.001ABnsI	0.020±0.001NSnsNS	0.019±0.000NSnsII
30/33	0.025±0.001NSaI	0.022±0.001BbI	0.020±0.000NSaII	0.019±0.000NSbII
40/100	0.024±0.000NSnsI	0.025±0.001AnsI	0.022±0.000NSnsII	0.021±0.001NSnsII
40/66	0.025±0.002NSnsNS	0.024±0.001ABnsI	0.023±0.002NSnsNS	0.020±0.000NSnsII
40/33	0.024±0.001NSnsNS	0.025±0.001AnsI	0.022±0.000NSaNS	0.019±0.000NSbII

* Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve konular arasındaki farklılığı göstermektedir, aynı satırda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve dönemler arasındaki farklılığı göstermektedir, aynı satırda italik büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve yıllar arasındaki farklılığı göstermektedir (Duncan, $p < 0.05$)

Çizelge 23. 2010 ve 2011 yıllarında konulara ilişkin kök hacimleri (cm³/cm³)

Konular	2010		2011	
	ESG ₅₆	ESG ₈₉	ESG ₅₅	ESG ₈₉
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$
Kontrol	0.0037±0.000NSnsNS	0.0035±0.000NSnsI	0.0026±0.000BnsNS	0.0024±0.000BCnsII
30/100	0.0039±0.000NSnsNS	0.0038±0.000NSnsNS	0.0039±0.000AnsNS	0.0033±0.000ABnsNS
30/66	0.0054±0.000NSnsI	0.0048±0.001NSnsNS	0.0034±0.001AnsII	0.0038±0.001AnsNS
30/33	0.0052±0.000NSaI	0.0032±0.000NSbNS	0.0034±0.000AaII	0.0023±0.000CbNS
40/100	0.0041±0.000NSnsNS	0.0040±0.000NSnsNS	0.0039±0.000AnsNS	0.0033±0.000ABnsNS
40/66	0.0057±0.001NSnsNS	0.0037±0.001NSnsNS	0.0039±0.001AnsNS	0.0036±0.001AnsNS
40/33	0.0043±0.001NSnsNS	0.0034±0.000NSnsNS	0.0037±0.000AaNS	0.0024±0.000BCbNS

* Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve konular arasındaki farklılığı göstermektedir, aynı satırda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve dönemler arasındaki farklılığı göstermektedir, aynı satırda italik büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve yıllar arasındaki farklılığı göstermektedir (Duncan, $p < 0.05$)

Kök hacmi değerlerinin değişimi incelendiğinde denemenin ilk yılında, ESG₅₆ ve ESG₈₉ dönemlerinde konular arasında farkın istatistiksel olarak önemli olmadığı görülmüştür (Çizelge 23). Dönemler arası değerlere bakıldığında 30/33 ve 30/66 konuları dışında istatistiksel olarak fark bulunmamıştır. İkinci yılda, ESG₅₅'de STB₃₀ ve STB₄₀ uygulamalarındaki konular kontrol konusuna göre ayrı grupta yer almıştır. ESG₈₉'da ise 30/66 ve 40/66 konularında en yüksek kök hacim değerleri elde edilmiştir. Söz konusu konular 30/100 ve 40/100 konuları ile aynı grupta yer almasına rağmen, 30/33 ve 40/33

konuları ile ayrı grupta yer almıştır. ESG₅₆ (2010) ve ESG₅₅ (2011) arasındaki farklılık incelendiğinde 30/66 ve 30/33 konuları arasında fark olduğu ve ilk yılın ikinci yıla oranla daha yüksek olduğu görülmektedir. ESG₈₉ (2010) ve ESG₈₉ (2011) değerlerine bakıldığında sadece kontrol konusunda ilk yıl ile ikinci yıl arasında farkın önemli olduğu görülmüştür.

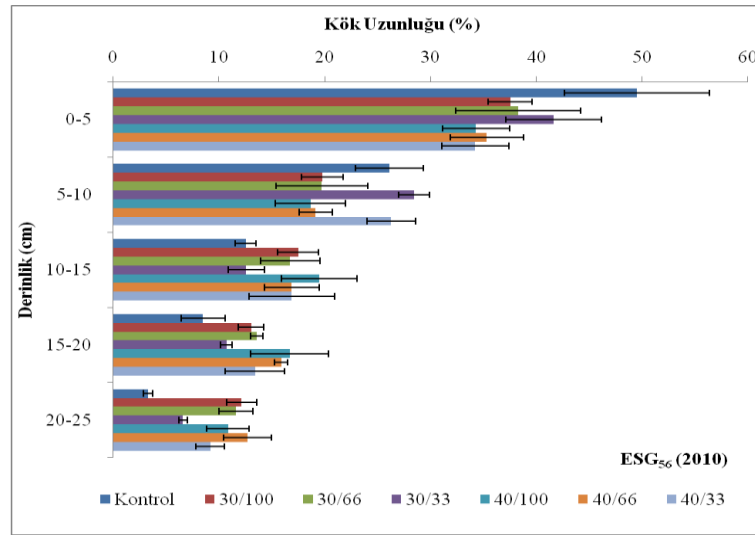
Çizelge 24. 2010 ve 2011 yıllarında konulara ilişkin kök yüzey alanları (cm²/cm³)

Konular	2010		2011	
	ESG ₅₆	ESG ₈₉	ESG ₅₅	ESG ₈₉
	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$	$\bar{x} \pm S\bar{x}$
Kontrol	0.57±0.02CnsNS	0.57±0.03CnsNS	0.47±0.05BnsNS	0.47±0.05BnsNS
30/100	0.64±0.02BCnsNS	0.60±0.01BCnsNS	0.66±0.00AnsNS	0.64±0.07ABnsNS
30/66	0.82±0.06ABnsI	0.69±0.04ABnsNS	0.63±0.03AnsII	0.71±0.04AnsNS
30/33	0.79±0.04ABaI	0.58±0.02CbNS	0.66±0.02AaII	0.47±0.07BbNS
40/100	0.67±0.03BCnsNS	0.61±0.03BCnsNS	0.72±0.03AnsNS	0.61±0.02ABnsNS
40/66	0.87±0.12AnsNS	0.72±0.03AnsNS	0.73±0.02AnsNS	0.69±0.08AnsNS
40/33	0.73±0.06ABCnsNS	0.54±0.04CnsNS	0.69±0.02AaNS	0.47±0.03BbNS

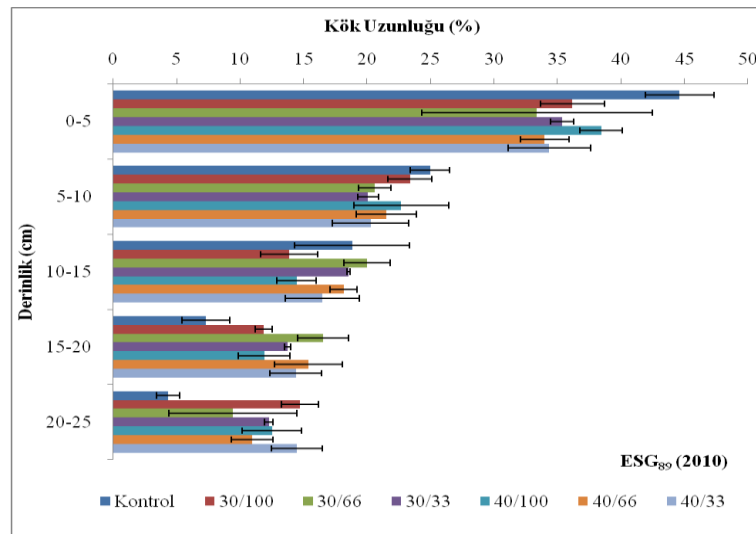
* Aynı sütunda farklı büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve konular arasındaki farklılığı göstermektedir, aynı satırda farklı küçük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve dönemler arasındaki farklılığı göstermektedir, aynı satırda italik büyük harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar önemlidir ve yıllar arasındaki farklılığı göstermektedir (Duncan, $p < 0.05$)

Kök yüzey alanının değişimi incelendiğinde, denemenin ilk yılında ESG₅₆'da 40/66 konusunda en yüksek değer elde edilmiştir (Çizelge 24). 40/66 konusu, 30/100, 40/100 ve kontrol konuları ile ayrı grupta yer almıştır. STB₃₀ uygulamasında sulama konuları arasındaki farkın önemli olmadığı görülmüştür. ESG₈₉'da ESG₅₆'da olduğu gibi en yüksek kök yüzey alanı 40/66 konusunda bulunmuştur. Kontrol konusu dışındaki tüm STB konularında kök yüzey alanında bir azalma görülmüştür. Bununla birlikte, söz konusu bu azalmanın sadece 30/33 konusunda istatistiksel olarak önemli olduğu görülmektedir. Denemenin ikinci yılında, ESG₅₅'de tüm STB uygulamalarındaki konular kontrol konusuna göre arasındaki fark önemli çıkmıştır. ESG₈₉'da 30/66 ve 40/66 konuları 30/33, 40/33 ve kontrol konusuna göre farklılığın önemli olduğu görülmektedir. STB₃₀ ve STB₄₀ uygulamalarında en yüksek kök yüzey alanı değerleri sırasıyla %66, %100 ve %33 sulama konusundan elde edilmiştir. Dönemler arası farklılık incelendiğinde az su verilen konularda (30/33 ve 40/33) farklılık gözlenmiştir. Bunun nedeni olarak, yüksek orandaki su stresinin bitkinin kök yüzey alanında azalmalara yol açtığı söylenebilir.

2010 ve 2011 yıllarında konulara ilişkin Core yönteminde kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımı sırasıyla Şekil 27 ve 28’de verilmiştir.



(a)



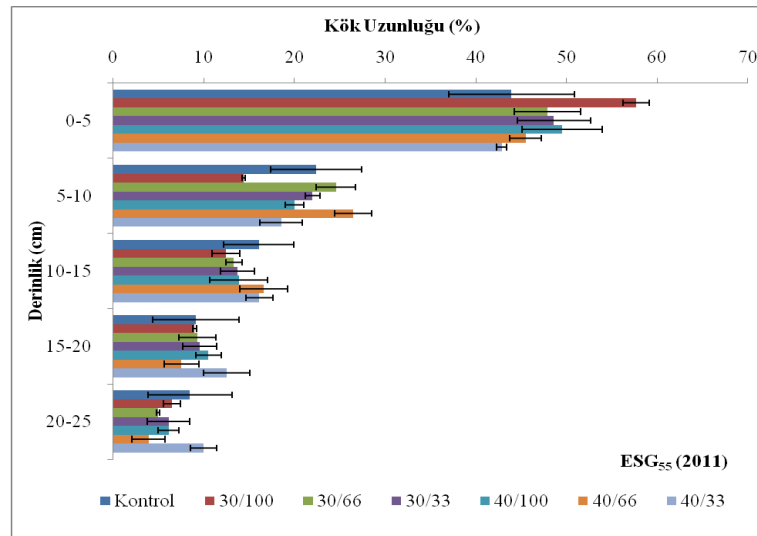
(b)

Şekil 27. 2010 yılı ESG₅₆ (a) ve ESG₈₉'deki (b) kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımı.

Kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımı incelendiğinde, birinci yılın ESG₅₆ için 0-5 cm derinlikte kontrol konusunda, 5-10 cm derinlikte kontrol, 30/33 ve 40/33 konularında, 10-15 cm derinlikte 30/100 ve 40/100 konularında, 15-20 cm derinlikte 40/100 ve 40/66 konularında, 20-25 cm derinlikte ise 30/100 ve 40/100 konularında en yüksek oranlar elde edilmiştir. STB uygulamalarının 0-5 cm derinlik dışında ya kontrol

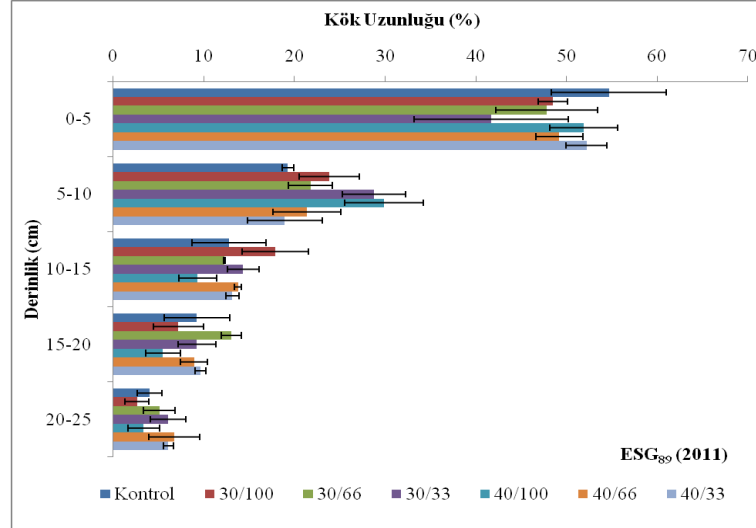
konusuna yakın veya fazla oranlara sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, kontrol konusunda özellikle 15-20 cm ve 20-25 cm derinliklerde kök uzunluğunun en az olduğu görülmektedir. Birinci yılın ESG₈₉ döneminde 0-5 cm derinlikte kontrol konusunda, 5-10 cm derinlikte kontrol, 30/100 ve 40/100 konularında, 10-15 cm derinlikte kontrol, 30/66, 30/33 ve 40/66 konularında, 15-20 cm derinlikte 30/66 ve 40/66 konularında, 20-25 cm derinlikte ise 30/100, 30/66 ve 40/33 konularında en yüksek oranlar elde edilmiştir. STB uygulamalarının 0-5 cm derinlik dışında ya kontrol konusuna yakın veya fazla oranlara sahip olduğu görülmektedir. Bununla birlikte, ESG₅₆'de olduğu gibi kontrol konusunda özellikle 15-20 cm ve 20-25 cm derinliklerde kök uzunluğunun en az olduğu görülmektedir.

2010 yılında iki farklı dönemde alınan kök örnekleri karşılaştırıldığında, 0-5 cm derinlikte en yüksek kök uzunluğunun kontrol konusunda olduğu görülmektedir. Buna karşın, 15-20 cm ve 20-25 cm derinlikte ise en az değerlere sahip olduğu görülmüştür. Söz konusu bu derinliklerde STB uygulamalarında kök uzunluklarının dağılımı %10-15 arasında olurken kontrol konusunda yaklaşık %5 civarında kalmıştır. STB üzerinde biriken sudan daha iyi yararlanmak için çimin kök gelişimini arttırdığı söylenebilir.



(a)

Şekil 28. 2011 yılı ESG₅₅ (a) ve ESG₈₉'deki (b) kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımı.



(b)

Şekil 28. (devam).

Denemenin ikinci yılında kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımına bakıldığında, ESG₅₅'de 0-5 cm derinlikte 30/100 konusunda, 5-10 cm derinlikte kontrol, 30/66 ve 40/66 konularında, 10-15 cm derinlikte kontrol ve 40/66 konularında, 15-20 cm derinlikte 40/100 ve 40/33 konularında, 20-25 cm derinlikte ise 30/33, 40/66 ve 40/33 konularında en yüksek oranlar elde edilmiştir. Denemenin ilk yılının aksine 0-5 cm derinlikte 30/100 konusunun en yüksek kök uzunluğu oranına sahip olduğu görülmektedir. İkinci yılın ESG₈₉ döneminde 0-5 cm derinlikte kontrol konusunda, 5-10 cm derinlikte kontrol, 30/33 ve 40/100 konularında, 10-15 cm derinlikte 30/100, 30/33 konularında, 15-20 cm derinlikte 30/66 konusunda, 20-25 cm derinlikte ise 40/66, 40/33 ve 30/33 konularında en yüksek oranlar elde edilmiştir.

2011 yılında iki farklı dönemde alınan kök örnekler karşılaştırıldığında, ilk dönemde 0-5 cm derinlikte en yüksek kök uzunluğunun 30/100 konusunda olmasına rağmen, ikinci dönemde kontrol konusunda olduğu görülmektedir. Ayrıca, 20-25 cm derinlikte ise en düşük değerler 30/100 ve 40/100 konusunda elde edilmiştir.

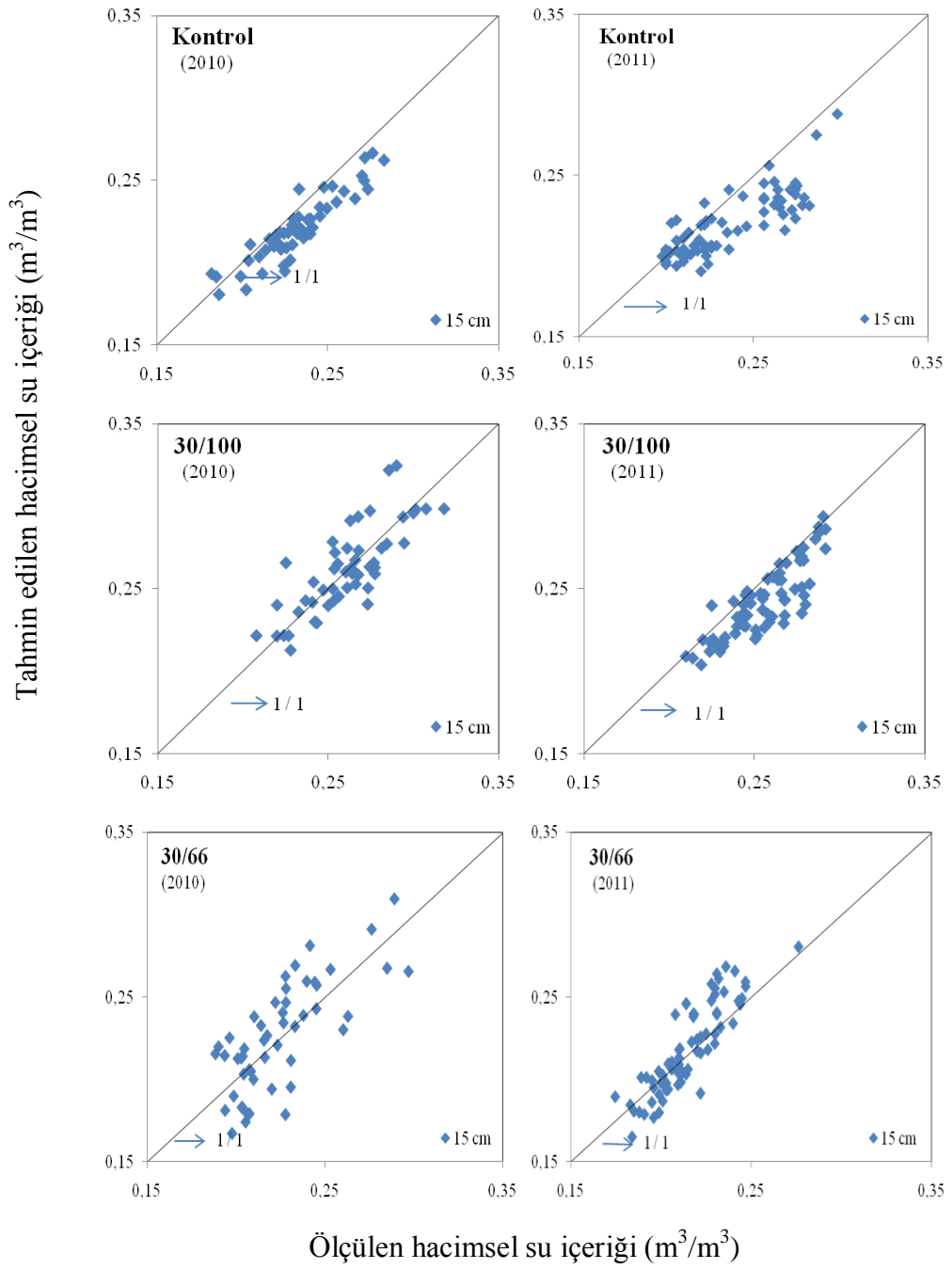
2010 ve 2011 yılları birlikte incelendiğinde, 0-5 cm derinlikte ESG₅₅ (2010) 30/100 konusu dışında en yüksek kök uzunluğu yüzdesi kontrol konusunda bulunmuştur. Denemenin ilk yılında 15-20 cm ve 20-25 cm derinlikte en düşük kök uzunluğu oranları kontrol konusunda elde edilmesine rağmen, denemenin ikinci yılında 30/100 ve 40/100 konusunda elde edilmiştir. Her iki yıldada, genellikle 15-20 cm ve 20-25 cm derinlikte daha az sulanan konularda (%66 ve %33) en yüksek kök uzunluğu bulunmuştur. Denemenin ikinci yılında hemen hemen tüm konularda 0-5 cm derinlikteki kök uzunluğu

oranları denemenin ilk yılına oranla yüksek çıkmıştır. Bu farklılıkların iklim parametrelerinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, denemenin her iki yılında da kök uzunlukları arasında farklılıklar olmasına rağmen, standart hata çubuklarına bakıldığında aynı derinlikte tüm konulardaki kök uzunlukları arasında çoğunlukla fark olmadığı görülmüştür.

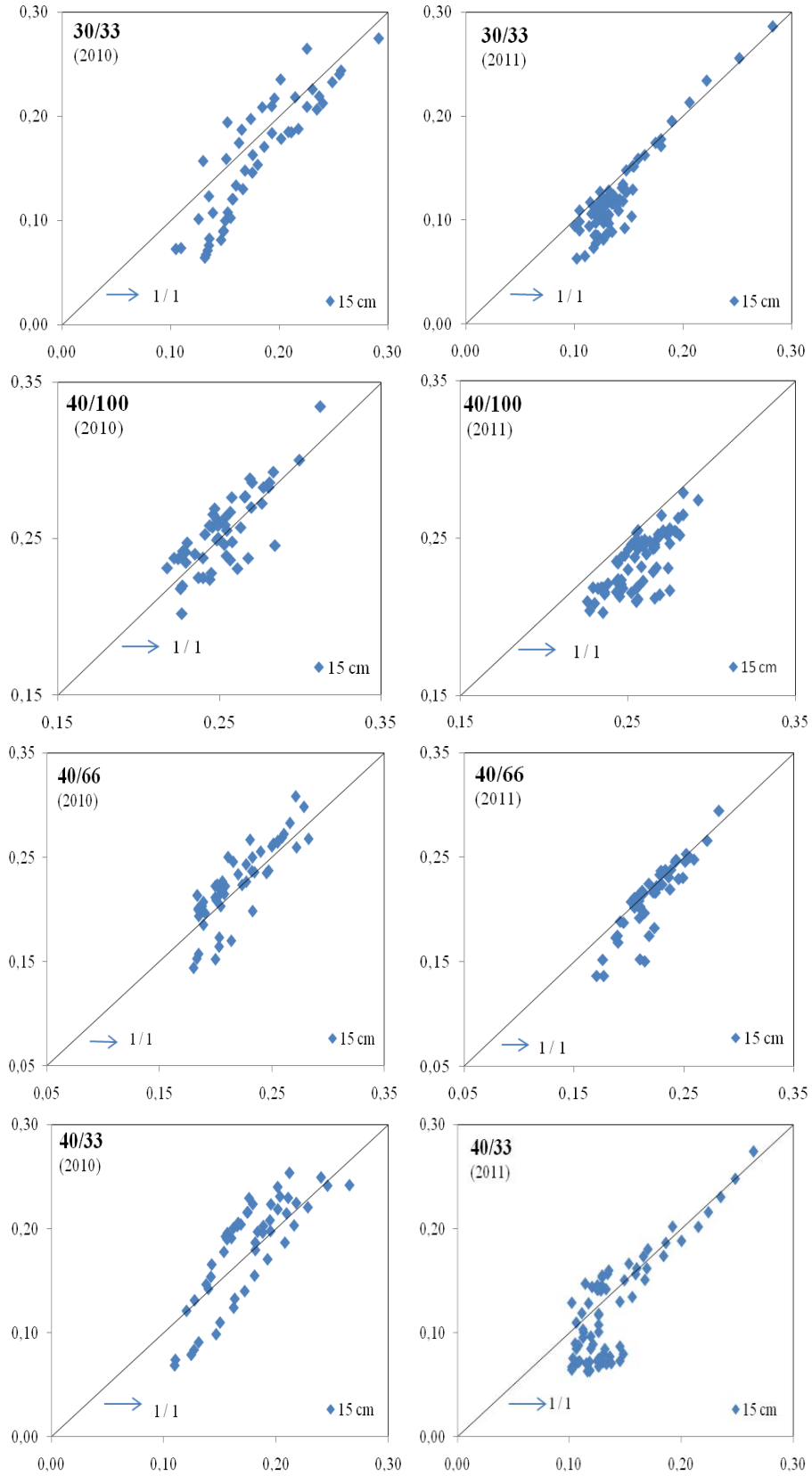
Su kısıtının uygulanmadığı alanlarda kök gelişiminin yüzeyde olmasına rağmen, su kısıtının olduğu yerlerde kökler derinde bulunan sudan faydalanmak için derine doğru gelişim gösterirler (Açıkgöz, 1985). Bennett ve Doss (1960)'a göre, sık aralıklarla yapılmayan sulama serin iklim çim çeşitlerinde kök gelişimini desteklemektedir (Jordan ve ark., 2003). Zhang (2007), Amerika'da su stesi koşulları altında kök uzunluklarını *Tall fescue* çim çeşidinde 6.2-13.0 ve *Kentucky bluegrass* çim çeşidinde 7.1-10.6 arasında değiştiğini belirtmiştir. İnce (2010), İstanbul'da yaptığı çalışmada, İngiliz çiminde 4 farklı sulama uygulamasında toprağın nem durumuna göre, 7 gün aralıkla, 14 gün aralıkla ve 21 gün aralıkla yapılan sulamalarda kök uzunluğunu sırasıyla 10.87 cm, 11.94 cm, 13.27 cm ve 14.4 cm olarak bulmuştur. Bu çalışma ile elde edilen kök uzunluklarının daha derinlerde olmasının toprağın yapısının kumlu bünyeli olmasından kaynaklandığı söylenebilir. Çünkü kumlu bünyeli topraklarda bitkilerin kök gelişimi killi bünyeli topraklara göre daha fazla olmaktadır.

4.7. Toprak Neminin HYDRUS/2D Programı ile Modellenmesi

HYDRUS/2D modelleme programı kullanılarak elde edilen toprak nem değerleri ile sensörler yardımıyla ölçülen nem değerlerine ilişkin duyarlılık analizi sonuçları Şekil 29'da verilmiştir.



Şekil 29. Deneme yıllarına ilişkin ölçülen ve tahmin edilen hacimsel su içeriği arasındaki ilişki.



Şekil 29. (devam).

2010, 2011 yıllarına ait HYDRUS/2D modeli sonucunda elde edilen hacimsel su içeriği ile arazide ölçülen gerçek su içerikleri arasındaki ilişkilere ait r (korelasyon katsayısı), RMSE (hata kareleri ortalamasının karekökü), MAE (ortalama mutlak hata), ME (model etkinliği) değerleri Çizelge 25’de verilmiştir.

Çizelge 25. 2010 ve 2011 yılı ölçülen ve tahmin edilen su içerikleri arasındaki ilişkilere ait r , RMSE, MAE ve ME değerleri

	r	RMSE	MAE	ME
Konular	2010			
Kontrol	0.91 ^{**}	0.015	0.013	0.56
30/100	0.82 ^{**}	0.017	0.013	0.55
30/66	0.80 ^{**}	0.022	0.019	0.39
30/33	0.89 ^{**}	0.035	0.031	0.41
40/100	0.80 ^{**}	0.015	0.012	0.48
40/66	0.83 ^{**}	0.021	0.018	0.45
40/33	0.82 ^{**}	0.029	0.025	0.28
Konular	2011			
Kontrol	0.82 ^{**}	0.023	0.018	0.30
30/100	0.85 ^{**}	0.017	0.014	0.29
30/66	0.87 ^{**}	0.015	0.011	0.37
30/33	0.94 ^{**}	0.024	0.019	0.43
40/100	0.74 ^{**}	0.025	0.022	0.22
40/66	0.84 ^{**}	0.020	0.014	0.22
40/33	0.83 ^{**}	0.034	0.027	0.22

^{**} $p < 0.01$

2010 yılında r , RMSE, MAE ve ME değerlerini sırasıyla 0.80-0.91, 0.015-0.035 m^3/m^3 , 0.012-0.031 m^3/m^3 ve 0.28-0.56 arasında değişmiştir. 2011 yılında ise söz konusu parametreler sırasıyla, 0.74-0.94, 0.015-0.034 m^3/m^3 , 0.011-0.027 m^3/m^3 ve 0.22-0.43 arasında değişmiştir.

Denemenin ikinci yılında r değerleri, STB₃₀ uygulamasındaki tüm sulama konularında ilk yıla oranla daha yüksek çıkmıştır. STB₄₀ uygulamasında ise 40/100 konusunda ikinci yılda azalma olmasına rağmen, diğer konularda farklılık olmamıştır. Ayrıca, kontrol konusunda ikinci yılda r değerinde azalma görülmüştür.

RMSE ve MAE değerleri, denemenin ikinci yılında kontrol, 40/100 ve 40/33 konularında ilk yıla göre daha yüksek olmasına rağmen, 30/66, 30/33 ve 40/66 konularında daha düşüktür. Denemenin ilk ve ikinci yılında RMSE değerleri 30/100 konusunda ise değişmemiş ve MAE değerleri %0.1 oranında artmıştır. Legates ve McCabe (1999)'a göre, RMSE değerleri genellikle MAE değerlerine eşit ya da büyüktür. Söz konusu değerlerdeki bu farklılık genellikle aykırı değerlerin bir göstergesi olmaktadır (McCoy ve McCoy., 2009).

ME değerleri incelendiğinde, ikinci yılda ilk yıla oranla 30/33 konusu dışında diğer konularda azalmalar meydana gelmiştir. Bunun nedeni olarak, ikinci yıldaki ölçülen değerlerin model sonucunda elde edilen değerlere oranla daha yüksek çıkmasından kaynaklandığı söylenebilir.

HYDRUS/2D ile ilgili yapılmış çalışmalarda; Vrugt ve ark. (2001), badem ağacında HYDRUS/1D, HYDRUS/2D ve HYDRUS/3D model programları kullanılarak toprak nem içeriğinin tahmin edilebilirliğini araştırmışlardır. Modelleme sonucunda, HYDRUS/1D, HYDRUS/2D ve HYDRUS/3D modelleme programlarında R^2 değerlerini sırasıyla 0.98 m^3/m^3 , 0.91 m^3/m^3 ve 0.92 m^3/m^3 ve RMSE değerleri ise 0.0068, 0.0152 ve 0.0180 bulmuşlardır. Blonquist ve ark. (2006), Amerika'da sensörler yardımıyla çimde etkili kök derinliğindeki nemin tahmini için HYDRUS/2D modelleme programını kullanmışlar ve bitki su tüketimini 50 mm/hafta (7.14 mm/gün) olarak sabitlediklerinde %53 oranında daha az sulama suyu uygulandığını belirtmişlerdir. Zhou ve ark. (2007), Çin'de bağda yapmış oldukları çalışmada, farklı derinliklerde (0-10 cm ve 10-20 cm) toprak nem içeriklerini tahminlemek için HYDRUS/2D programını kullanmışlardır. Çalışma sonucunda, r ve RMSE değerlerini sırasıyla 0.730-0.943 ve 0.012-0.031 cm^3/cm^3 arasında bulmuşlardır. McCoy ve McCoy (2009), Amerika'da çimde farklı derinliklere yerleştirilen sensörler yardımıyla toprak nemini belirlemişler ve elde edilen toprak nem değerlerini HYDRUS/2D modelleme programı ile karşılaştırmışlardır. Modelleme sonucunda, ME, RMSE ve MAE değerlerini denemenin ilk yılında sırasıyla 0.40 ile 0.78, 0.015 ile 0.024 m^3/m^3 ve 0.012 ile 0.021 m^3/m^3 , denemenin ikinci yılında ise sırasıyla 0.33 ile 0.69, 0.019 ile 0.028 m^3/m^3 ve 0.016-0.024 m^3/m^3 arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Çalışma sonucunda, HYDRUS/2D simülasyon model programının arazi koşullarındaki toprak nem içeriğini belirlemede oldukça başarılı olduğunu bildirmişlerdir.

Araziden ölçülen hacimsel su içerikleri ile HYDRUS/2D modeli kullanılarak tahmin edilen hacimsel su içeriği arasındaki ilişkinin kuvvetli olduğu görülmektedir. Sonuç olarak,

2010 ve 2011 yılı verileri ve yapılan diğer çalışmalar göz önüne alındığında HYDRUS/2D modelinin arazideki nem değerlerini belirlemede kullanılabileceği söylenebilir.

BÖLÜM 5

SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışmada, su tutma kapasitesi oldukça düşük olan kumlu topraklarda yetiştirilen çim bitkisinin etkili kök derinliği altına serilen geçirimsiz STB ile suyun kök derinliğinde tutulması, farklı STB derinliklerinin ve farklı sulama suyu miktarlarının çim bitkisinin bitki su tüketimine, yeşil ve kuru ot verimine ve bitkisel özelliklerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, çim bitkisinde iki farklı STB derinliği, üç farklı sulama ve kontrol konusu olmak üzere 7 farklı konu oluşturulmuştur. Ayrıca, toprak içerisindeki nem değişimini tahmin etmek için HYDRUS/2D modelleme programı kullanılmıştır.

Deneme konularına göre 2010 ve 2011 yıllarında uygulanan toplam sulama suyu miktarları sırasıyla 354-842 mm ve 515-1085 mm olmuştur. Mevsimlik ET değerleri ise yıllara göre sırasıyla 441-822 mm ve 549-1005 mm arasında değişmiştir. Denemenin her iki yılında da en düşük günlük bitki su tüketim değeri 30/33 konusundan, en yüksek günlük bitki su tüketim değeri ise kontrol konusundan elde edilmiştir. 30/100 ve 40/100 konularına verilen sulama suyunun hesabı kontrol konusuyla aynı olmasına rağmen, söz konusu konulardaki ET ve TSSM değerleri kontrol konusuna oranla daha düşük bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, kumlu topraklarda yetiştirilen çim bitkisinde STB uygulamasının sulama suyundan önemli oranda tasarruf sağlayan bir yöntem olduğu görülmüştür.

Ortalama hacimsel su içeriği değerleri denemenin ilk yılında 0.175-0.262 m³/m³, ikinci yılında ise 0.139-0.257 m³/m³ arasında değişmiştir. En yüksek değerler ilk yıl 30/100 ikinci yıl ise 40/100 konusunda ve en düşük değerler ise her iki yılda da 40/33 konularında bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, kumlu topraklarda STB uygulamaları ile topraktaki nem içeriğinin arttığı belirlenmiştir.

Deneme konularına göre ortalama yeşil ot verim değerleri 15.04-21.06 t/ha ve kuru ot verimleri ise 4.47-5.42 t/ha arasında elde edilmiştir. STB uygulamalarında ortalama yeşil ot verimleri (30/33 ve 40/33 konuları dışında) kontrol konusuna göre yüksek bulunmuştur. Ortalama kuru ot verimleri ise tüm STB uygulamalarında kontrol konusuna göre daha yüksek çıkmıştır. Her iki yılın ortalaması dikkate alındığında, STB uygulamalarında su kısıtı arttıkça yeşil ot veriminde azalmalar olduğu görülmüştür. STB uygulanan konularda ortalama yeşil ot verimi ile uygulanan toplam sulama suyu miktarı arasındaki R² değeri 0.969 olarak bulunmuştur. Buna göre, çim için sulama suyu miktarı arttıkça yeşil ot veriminde artış olacağı söylenebilir.

En yüksek su kullanım randımanları denemenin ilk yılında 4.02 kg/m^3 olmak üzere 30/66 konusundan, ikinci yılında ise 2.53 kg/m^3 olmak üzere 30/100 ve 30/33 konularından elde edilmiştir. En yüksek sulama suyu kullanım randımanları ilk yılda 4.87 kg/m^3 ve ikinci yılda 2.70 kg/m^3 olmak üzere 30/33 konusunda bulunmuştur. Söz konusu konuda sulama suyu kullanım randımanının yüksek olmasına rağmen, iyi kalitede çim yetiştiriciliği için yeterli olmadığı belirlenmiştir.

2010 ve 2011 yıllarının ortalaması dikkate alındığında, STB uygulamaları kontrol uygulamasına göre %35-74 arasında su tasarrufu sağlamıştır. En yüksek su tasarrufu KSTK'nın %33'üne tamamlandığı 30/33 ve 40/33 konularından %74 ve %70 olarak elde edilmiştir. Söz konusu konuların su tasarruf oranları yüksek olmasına rağmen, çimde bitkisel özellikler birlikte dikkate alındığında, bu uygulamaların Çanakkale koşullarında çim yetiştiriciliği için yeterli olmadığı görülmektedir. Bununla birlikte, kontrol uygulaması gibi sürekli tarla kapasitesine getirilen 30/100 ve 40/100 konuları ile su kısıtı uygulanan 30/66 ve 40/66 konularında verilen sulama suyunun çim yetiştiriciliği için uygun olduğu görülmüştür.

Denemenin her iki yılında, iki defa alınan toprak örneklerindeki EC ve pH değerleri bakımından konular arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Deneme alanı toprakları ve uygulanan sulama suyunun EC değerlerinin düşük olmasından dolayı herhangi bir tuzluluk sorunu görülmemiştir. pH değerleri yönünden ise çim yetiştiriciliği için önerilen aralıklar arasında bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, kumlu topraklarda STB uygulamasının EC ve pH değerleri üzerine olumlu veya olumsuz bir etkisi bulunmadığı söylenebilir.

Su kısıtına bağlı olarak klorofil miktarlarında azalmalar meydana gelmiştir. Özellikle su kısıtına geçildikten sonra zaman içerisinde az sulanan konulardaki (30/33 ve 40/33) klorofil değerleri azalma eğilimi göstermiştir. Gelişme dönemi boyunca en yüksek toplam klorofil miktarı genellikle kontrol, 30/100 ve 40/100 konularından elde edilmiştir. Bununla birlikte, denemenin sonunda (ilk yılda ESG_{86} ve ikinci yılda ESG_{95} 'de) alınan örneklerde en yüksek toplam klorofil miktarı 40/100 konusundan elde edilmiştir. Klorofil değerlerine göre, su kısıtı yapılmayan STB uygulamalarında bitki gelişme dönemi boyunca sağlıklı bir bitkinin göstergesi olan klorofil içeriği değişmemiştir.

Konulardaki görsel kalite değerleri 4.8-7.7 arasında değişmiştir. Her iki yılda da en düşük değerler 30/33 ve 40/33 konularından elde edilmiştir. Bu çalışmada, söz konusu konuların çim için kabul edilebilir seviyenin altında olduğu görülmüştür. Diğer konuların görsel kalite değerleri ise kabul edilebilir seviyenin üzerinde bulunmuştur. Görsel kalite ile

TSSM arasında R^2 değeri 0.992 ve görsel kalite ile yeşil ot verimi arasında ise R^2 değeri 0.938 olarak elde edilmiştir. Elde edilen veriler ışığında, görsel kalitenin çim için en önemli kriter olduğu, TSSM ve yeşil ot verimi arasında kuvvetli bir ilişki olduğu söylenebilir.

Deneme yıllarına göre yaprak su içerikleri %47-78 arasında değişmiştir. En yüksek YSİ değerleri tam sulanan konulardan (kontrol, 30/100 ve 40/100) elde edilmiştir. En düşük YSİ değerleri ise en az sulanan 30/33 ve 40/33 konularında bulunmuştur. Denemenin süresi ikinci yılda daha fazla olduğundan özellikle 30/33 ve 40/33 konularından elde edilen YSİ değerleri ilk yıla oranla daha düşük bulunmuştur.

Konulara ilişkin kök gelişiminde yüzeyden derinlere gidildikçe azalmalar olmuştur. Yıllar arasında kök gelişimi bakımından genellikle fark bulunmamıştır. Deneme sonuna doğru alınan örneklerde %66 sulama suyu uygulanan konularda en yüksek kuru kök ağırlıkları ve buna bağlı olarak kök uzunluğu ve kök yüzey alanı değerleri elde edilmiştir. Elde edilen verilere göre, STB uygulamasının kök gelişimine olumsuz bir etkisinin bulunmadığı sonucuna varılmıştır.

Deneme yıllarına göre, HYDRUS/2D modelleme programı yardımıyla belirlenen hacimsel su içeriği ile nem sensörleri yardımıyla ölçülen hacimsel su içeriği arasındaki korelasyon katsayıları 0.74-0.94 ve model etkinliği değerleri de 0.22-0.56 arasında bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre, hem kontrol hem de STB uygulamalarında HYDRUS/2D modeli kullanılarak arazideki gerçek nem değerleri belirlenebilir.

Bu çalışmada, incelenen tüm özellikler birlikte değerlendirildiğinde STB_{30} ve STB_{40} uygulamaları arasında elde edilen değerler bakımından farklılığın çok önemli olmadığı söylenebilir. Sulama suyu miktarı bakımından %34 su kısıtı uygulanan 30/66 ve 40/66 konuları çim bitkisinin bitkisel özelliklerini olumsuz yönde etkilememesi ve kontrol uygulamasına göre yaklaşık olarak %50 su tasarrufu sağladıklarından dolayı iyi kalitede bir çim yetiştiriciliği için önerilebilir.

Çalışma sonucunda, STB uygulamalarının toprakta suyun tutulması ve çim yetiştiriciliği için kullanılabilecek önemli bir yöntem olduğu görülmüştür. Bu avantajının yanısıra, STB yönteminin dezavantajı da toprağın belli bir derinliğe kadar kazılmasıdır. Ancak, 2011 yılında Prof. Dr. Alvin Smucker liderliğinde C&S Stell (Michigan/USA) firmasıyla birlikte PE örtü serme makinesi yapılmış ve bu sorun giderilmiştir.

Sonuç olarak, STB'nin toprak içinde uzun yıllar dayanacak olan bir malzeme olması, sulama suyundan tasarruf sağlaması, verim artışı ve maliyeti göz önüne alındığında kurak ve yarı kurak bölgelerde oldukça yarar sağlayacağı düşünülmektedir. Özellikle ülkemizde,

yazın sulama olanağı bulunmayan bazı bölgelerde bu yöntem doğru kullanıldığı takdirde üreticiye önemli bir katkı sağlayacaktır. Ayrıca, STB uygulamaları ile gübrelerin toprak profilinden yıkanması engellenerek yer altı suyunun kirlenmesinin önlenilebileceği düşünülmektedir. Bu çalışma ilk olarak yarı-kurak bölge koşullarında yapıldığından diğer çalışmalar için örnek teşkil edecektir. İleriki çalışmalarda, STB uygulamalarının etkilerinin daha iyi görülmesi için farklı toprak bünyelerinde, farklı derinliklerde ve farklı bitkilerde denenmesi önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Abedi-Koupai J. ve Asadkazemi J., 2006. Effects of a Hydrophilic Polymer on the Field Performance of Cupressus Arizonica under Reduced Irrigation Regimes. *Iranian Polymer Journal*, 15 (9): 715-725.
- Açıkgöz E., 1985. *Tarımsal Ekoloji*. U.Ü. Ziraat Fak. Ders Notları, No:17. 177 s.
- Açıkgöz E., 2001. *Yem Bitkileri*. III: Baskı. U.Ü. Güçlendirme Vakfı Yay. No: 182, VİPAŞ Yay. No: 58, 584 s.
- Ahmad I., Khan M.A. ve Qasım M., 2003. Growth and Development of Different Turfgrasses as Influenced by Nitrogen Application and Leaf Nitrogen Contents. *Int. J. Agric. Biol.*, 5: 175–178.
- Ahnert M., Blumensaat F., Langergraber G., Alex J., Woerner D., Frehmann T., Halft N., Hobus I., Plattes M., Spering V. ve Winkler S., 2007. Goodness-of-Fit Measures for Numerical Modelling in Urban Water Management-A Summary to Support Practical Applications. *In: Proceedings 10th LWWTP Conference*, 9-13 September 2007, Vienna, Austria. 69-72.
- Allen R.G., Pereira L.S., Raes D. ve Smith M., 1998. *Crop Evapotranspiration*. (Guidelines for Computing Crop Water Requirements). FAO Irrigation and Drainage Paper No.56. 7-24.
- Alshammary S.F., Qian Y.L. ve Wallner S.J., 2004. Growth Response of Four Turfgrass Species to Salinity. *Agricultural Water Management*, 66: 97–111.
- Alshehhi A.M.H., Khan I.A., Alsaïd F.A., Deadman M.L., Al-Khanjari S. ve Ahmad T., 2010. Evaluation of Warm Season Turfgrass under Different Irrigation Regimes in Arid Region. *Not. Sci. Biol.*, 2 (3): 30-38.
- Anonim 2011a. Soil Survey Standard Test Method Available water capacity. (n.d). Retrieved October 10, 2011, from <http://www.environment.nsw.gov.au/resources/soils/testmethods/awc.pdf>
- Anonim 2011b. Chapter 2. Materials and Study Methodologies (n.d). Retrieved August 9, 2011, from <http://upetd.up.ac.za/thesis/available/etd-09062001-093813/unrestricted/03chapter2.pdf>
- Arnon D.I., 1949. Copper Enzyme in Isolated Chloroplast Polyphenol Oxidase in Beta Vulgaris, *Plant Physiology*, 24: 1-15.
- Aronson L.J., Gold A.J. ve Hull R.J., 1987. Cool-Season Turfgrass Responses to Drought Stress, *Crop Sci.*, 27: 1261-1266.

- Arslan M. ve akmakçı S., 2004. Farklı im Tür ve eřitlerinin Antalya İli Sahil Koşullarında Adaptasyon Yeteneklerinin ve Performanslarının Belirlenmesi. *Akdeniz Üni. Ziraat Fak. Dergisi*, 17 (1): 31-42.
- Aydınşakir K., Baştuğ R. ve Büyüktaş D., 2003. Antalya Yöresinde im Kıyas Bitki Su Tüketimini Veren Bazı Eşitliklerin Tarla ve Lizimetre Koşullarında Kalibrasyonu. *Akdeniz Üni. Ziraat Fak. Dergisi*, 16 (1): 107-119.
- Barton L., Wan G.G.Y. ve Colmer T.D., 2006. Turfgrass (Cynodon Dactylon L.) Sod Production on Sandy Soils: I. Effects of Irrigation and Fertiliser Regimes on Growth and Quality. *Plant and Soil*, 284: 129-145.
- Bastug R. ve Buyuktas D., 2003. The Effects of Different Irrigation Levels Applied in Golf Courses on Some Quality Characteristics of Turfgrass. *Irrig. Sci.*, 22: 87-93.
- Beard J.B., 1973. *Turfgrass: Science and Culture*. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ. 658 p.
- Beard J.B., 1985. An Assessment of Water Use by Turfgrasses. In Gibeault, V.B. ve Cockerham, S.T., Eds. Turfgrass water conservation. *Univ. of . Calif. Riverside Div. Agr. Nat. Resour. Publ.*, 21405. 45-60.
- Beard J.B., 1989. Turfgrass Water Stress: Drought Resistance Components, Physiological Mechanisms, and Species-Genotype Diversity. In: Takatoh, H. Ed. *Proceeding of Sixth International Turf. Res. Conf.*, Tokyo, Japan. 23-28.
- Beard J.B. ve Kim K.S., 1989. Low Water-Use Turfgrasses. *Green Section Record*, 27 (1): 12-13.
- Belmans C., Wesseling J.G. ve Feddes R.A., 1983. Simulation Model of the Water Balance of a Cropped Soil: SWATRE. *J. Hydrol.*, 63: 271-286.
- Beltrao J., Neves A., De Brito J.C. ve Seita J., 2009. Salt Removal Potential of Turfgrass in Golf Courses in the Mediterranean Basin. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, 5: 394-403.
- Bennett O.L. ve Doss B.D., 1960. Effect of Soil Moisture Level on Root Distribution of Cool-Season Forage Species. *Agron. J.*, 52: 204-207.
- Bennet O. L., Ashley D. A. ve Doss, B.D., 1966. Cotton Responses to Black Plastic Mulch and Irrigation. *Agron. Jour.*, 58: 57-59.
- Black A.L. ve Greb B.W., 1962. Nitrate Accumulation in Soils Covered with Plastic Mulch. *Agron. Jour.*, 54: 336-340.
- Black C.A., 1965. *Methods of Soil Analysis Part-II*. American Soc. of Agronomy Inc., Publisher Madison Wisconsin, USA. 1372-1376.

- Blake G.R., 1965. Bulk Density Methods of Soil Analysis. *Am. Soc.Agronomy*, No:9, Madison, US. 374-377.
- Blonquist Jr J.M., Jones S.B. ve Robinson D.A., 2005. A Time Domain Transmission Sensor with TDR Performance Characteristics. *J.Hydrol.*, 314: 235-245.
- Blonquist Jr, J.M., Jones S.B. ve Robinson D.A., 2006. Precise Irrigation Scheduling for Turfgrass Using a Subsurface Electromagnetic Soil Moisture Sensor. *Agricultural Water Management*, 84: 153-165.
- Boartright J.L., Balint D.E., Mackay W.A. ve Zajicek J.M., 1997. Incorporation of a Hydrophilic Polymer into Annual Landscape Beds. *J. Environ. Hort.*, 15: 37-40.
- Büyüктаş D. ve Havgören F., 2005. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Aksu Birimi Topraklarının Toprak-Su Karakteristik Eğrisi Parametrelerinin Belirlenmesi. *Akdeniz Üni. Ziraat Fak. Dergisi*, 18 (1): 101-106.
- Callaghan T.V., Lindley D.K., Ali O.M., Abdelnour H. ve Bacon P.J., 1989. The Effect of Waterabsorbing Synthetic Polymers on the Stomatal Conductance, Growth and Survival of Transplanted Eucalyptus Microtheca Seedlings in the Sudan. *J. Appl. Ecology*, 26: 663-672.
- Cardenas-Lailhacar B.C. ve Dukes M.D., 2010. Precision of Soil Moisture Sensor Irrigation Controllers Under Field Conditions. *Agricultural Water Management*, 97: 666-672.
- Carrow R.N., 1985. Soil/Water Releationships in Turfgrass. In: Gibeault, V.A. ve Cockerham, S.T., Eds. *Turfgrass Water Conservation*. Univ. Calif. Pub. No: 21405. 85-102.
- Carrow R.N., Shearman R.C. ve Watson J.R., 1990. Turfgrass. In: Stewart, B.A. ve Nielsen, D.R., Eds. *Irrigation of Agricultural Crops*. Madison, Wis., USA. 889-919.
- Carrow R.N., 1996. Drought Resistance Aspects of Turfgrasses in The Southeast: Root Shoot Responses. *Crop Sci.*, 36: 687-694.
- Cereti C.F., Ruggeri R. ve Rossini F., 2010. Cool-Season Turfgrass Species and Cultivars: Response to Simulated Traffic in Central Italy. *Ital. J. Agron.*, 5: 53-59.
- Clarkson V.A. ve Frazier W.A. 1957. Effect on Paper and Polyethylene Mulches and Plastic Caps on Cantaloupe Yields and Earliness. *Amer. Soc. Hort. Sci.*, 69: 400-405.

- Çakmakcı S., Aydınoğlu B., Arslan M. ve Bilgen M., 2005. Farklı Ekim Yöntemlerinin Fiğ (Vicia sativa L.)+İngiliz Çimi (Lolium perenne L.) Karışımlarının Ot Verimine Etkisi. *Akdeniz Üni. Ziraat Fak. Dergisi*, 18 (1): 107-112.
- Çelebi Ş.Z., Arvas Ö., Çelebi R. ve Yılmaz İ.H., 2010. Atıksu Arıtma Çamuru ile Tesis Edilen Yeşil Alanda İngiliz Çimi (Lolium perenne L.)'nin Performansının Belirlenmesi. *Tekirdağ Ziraat Fak. Dergisi*, 7 (3): 111-118.
- Çetin Ö., 2003. *Toprak-Su İlişkileri ve Toprak Suyu Ölçüm Yöntemleri*. Eskişehir Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları Genel Yayın No: 258, Teknik Yayın No: 25. 99 s.
- Dacosta M. ve Huang B., 2006. Determination of Minimum Water Requirements for Creeping, Colonial, and Velvet Bentgrasses under Fairway Conditions. *Crop Sci.*, 46: 81-89.
- Decagon 2011. EC-5 Soil Moisture, Small Area of Influence. (n.d). Retrieved August 5, 2011, from, <http://www.decagon.com/products/sensors/soil-moisture-sensors/ec-5-soil-moisture-small-area-of-influence/>
- DMİ 2011. Çanakkale İli ve Ezine İlçesi Meteorolojik Verileri, Devlet Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü, Ankara.
- Donatelli M., Bellocchi G. ve Carlini L., 2006. Sharing Knowledge Via Software Components: Models on Reference Evapotranspiration. *Europ. J. Agronomy*, 24: 186-192.
- Dowdy R.H., Smucker A.J.M., Dolan M.S. ve Ferguson J.C., 1998. Automated Image Analyses for Separating Plant Roots From Soil Debris Elutriated from Soil Cores, *Plant and Soil*, 200: 91-94.
- Dunnett C.W., 1964. New Tables for Multiple Comparisons with a Control. *Biometrics*, 20 (3): 482-491.
- Egerzegi S., 1964. Plant Physiological Principles of Efficient Sand Amelioration. *Agrok. es Talaj.*, 13: 209-214.
- Emekli Y. ve Baştuğ R., 2007. Antalya'da Tarla Koşullarında Bermuda Çiminin Su Tüketimi ve Bazı Kıyas Bitki Su Tüketimi Eşitliklerinin Geçerliliğinin Belirlenmesi. *Akdeniz Üni. Ziraat Fak. Dergisi*, 20 (1): 45-57.
- Emekli Y., Bastug R., Buyuktas D., Emekli N.Y., 2007. Evaluation of a Crop Water Stress Index for Irrigation Scheduling of Bermudagrass. *Agricultural Water Management*, 90: 205-212.

- Erickson A.E., Hansen C.M. ve Smucker A.J.M., 1968. The Influence of Subsurface Asphalt Barriers on the Water Properties and the Productivity of Sand Soils. *9th Int'l. Congress of Soil Science Transactions*. Vol. 1, Paper 35. 331-337.
- Fazackerley S. ve Lawrence R., 2010. *Reducing Turfgrass Water Consumption using Sensor Nodes and an Adaptive Irrigation Controller*. Retrieved December 5, 2010, from <https://people.ok.ubc.ca/rlawrenc/research/Papers/IEEEESAS2010.pdf>
- Feddes R.A., Kowalik P.J. ve Neuman S.P., 1978. *Simulation of Field Water Use and Crop Yield*, John Wiley, New York.
- Friedman M., 1937. The Use of Ranks to Avoid the Assumption of Normality Implicit in the Analysis of Variance. *Journal of the American Statistical Association* (American Statistical Association), 32 (200): 675–701.
- Fu J., Fry J. ve Huang B., 2004. Minimum Water Requirements of Four Turfgrasses in the Transition Zone. *HortScience*, 39 (7): 1740-1744.
- Galvez J.F. ve Barahona E., 2005. Changes in Soil Water Retention due to Soil Kneading. *Agricultural Water Management*, 76: 53-61.
- Garnier E. ve Laurent G., 1994. Leaf Anatomy, Specific Mass and Water Content in Congeneric Annual and Perennial Grass Species. *New Phytologist*, 128: 725-736.
- Garrot D.J. ve Mancino C.F., 1994. Consumptive Water Use of Three Intensively Managed Bermudagrasses Growing Under Arid Conditions. *Crop Sci.*, 34: 215-221.
- Garrity D.P., Vejpas C. ve Herrera W.T., 1992. Percolation Barriers Increase and Stabilize Rainfed Lowland Rice Yields on Well Drained Soil. *Proceedings of the International Workshop on Soil and Water Engineering for Paddy Field Management*, 28-30 January 1992, Asian Institute of Technology, Bangkok, Thailand. 413-421.
- Gee, G.W. ve Bauder J.W., 1986. Particle-Size Analysis. In *Methods of Soil Analysis, Part 1, Physical and Mineralogical Methods*. Klute, A., Ed. *Agronomy Monograph*, ASA, SSSA, (2nd ed., Vol. 9). Madison, WI. 383-411.
- Geren H., Avcioglu R. ve Curaoglu M., 2009. Performances of Some Warm-Season Turfgrasses Under Mediterranean Conditions. *African J. of Biotechnology*, 8 (18): 4469-4474.
- Gibeault V.A., Cocker-Ham S., Henry J.M. ve Meyer J., 1989. It's Use, Water Requirement and Irrigation. *California Turfgrass Culture*, 39 (3): 1-9.

- Githinji L.J.M., Dane J.H. ve Walker R.H., 2009. Water-Use Patterns of Tall Fescue and Hybrid Bluegrass Cultivars Subjected to ET-Based Irrigation Scheduling. *Irrig Sci.*, 27: 377-391.
- Gulzar, S., Khan M.A. ve Ungar I.A., 2003. Salt Tolerance of a Coastal Salt Marsh Grass. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 34: 2595-2605.
- Gül A., 1997. Bazı Yeşil Alan Buğdaygillerin Ege Bölgesi Sahil Kuşağında Kullanma Uygunluğu ve Değişik Çim Yatağı Üzerindeki Performansının Araştırılması. (Doktora Tezi). Ege Üniversitesi, İzmir.
- Güneylioğlu H., 2007. Çok Yıllık Çim (*Lolium Perenne* L.) Çeşitlerinin Ankara Koşullarında Tarımsal Özelliklerinin Değerlendirilmesi. (Yüksek Lisans Tezi). Ankara Üniversitesi, Ankara.
- Gültekin R., 2008. Çiftlik Gübresinin Farklı Form ve Dozlarının, Çukurova Bölgesi Koşullarında, Tek Yıllık Çim (*Lolium Multiflorum* Lam.)'in Ot ve Tohum Verimi ile Ot Kalitesine Etkisi. (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Hansen C.M. ve Erickson A.E., 1969. Use of Asphalt to Increase Water Holding Capacity of Droughty Sand Soils. *Ind. and Eng. Chem. Prod. Res. and Dev.* 8: 256-259.
- Harivandi M.A. ve Butler J.D., 1982. Factors Associated with Iron Chlorosis of Kentucky Bluegrass Cultivars. *California Turfgrass Culture*, 32 (1): 1-5.
- Harivandi M.A., 1999. Interpreting Turfgrass Irrigation Water Test Results. *California Turfgrass Culture*, 49 (1): 1-6.
- Harlow R.C., Burke E.J. ve Ferre T.P.A., 2003. Measuring Water Content in Saline Sands Using Impulse Time Domain Transmission Techniques. *Vadose Zone Journal*, 2: 433-439.
- Hayat R. ve Ali S., 2004. Water Absorption by Synthetic Polymer (Aquasorb) and Its Effect on Soil Properties and Tomato Yield. *International Journal of Agriculture & Biology*, 6: 998-1002.
- Hays K.L., Barber J.F., Kenna M.P. ve McCollum T.G., 1991. Drought Avoidance Mechanisms of Selected Bermudagrass Genotypes. *HortScience*, 26 (2): 180-182.
- Hedley C.B. ve Yule I.J., 2009. A Method for Spatial Prediction of Daily Soil Water Status for Precise Irrigation Scheduling. *Agricultural Water Management*, 96: 1737-1745.
- Henry J.M. ve Gibeault V.A., 1985. *Paspalum Vaginatum* Winter Color Management Study. *California Turfgrass Culture*, 35 (3): 4-7.

- Hillel D. ve Guron Y., 1973. Relation Between Evapotranspiration Rate and Maize Yield. *Water Resour Res.*, 9: 743–748.
- Holden M., 1976. Chlorophylls. In: *Chemistry and Biochemistry of Plant Pigments*. Goodwin, T.W., Ed. (Vol. 2). Academic Press, London. 1-37.
- Huttermann A., Zommodi M. ve Reise K., 1990. Addition of Hydrogels to Soil for Prolonging the Survival of Pinus Halepensis Seedlings Subjected to Drought. *Soil Tillage Res.*, 50: 295-304.
- İnce E., 2010. Bazı Çim Türlerinin Farklı Sulama Uygulamalarına Tepkileri Üzerine Bir Araştırma. (Yüksek Lisans Tezi). Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.
- James L.G., 1988. *Principles of Farm Irrigation Systems Design*. John Wiley and Sons, New York. 9-37.
- Janik L.J., Merry R.H., Forrester S.T., Lanyon D.M. ve Rawson A., 2007. Rapid Prediction of Soil Water Retention Using Mid İnfrared Spectroscopy. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 71: 507–514.
- Jiang Y., Liu, H. ve Van C., 2009. Correlations of Leaf Relative Water Content, Canopy Temperature, and Spectral Reflectance in Perennial Ryegrass Under Water Deficit Conditions. *HortScience*, 44 (2): 459-462.
- Jordan J.E., White R.H., Vietor D.M., Hale T.C., Thomas J.C. ve Engelke M.C., 2003. Effect of Irrigation Frequency on Turf Quality, Shoot Density, and Root Length Density of Five Bentgrass Cultivars. *Crop Sci.*, 43: 282-287.
- Kanapeckas J., Lemeziene N., Stukonis V. ve Tarakanovas P., 2008. Drought Tolerance of Turfgrass Genetic Resources. *Biologija.*, 54: 121-124.
- Kanber R., Yazar A., Koksal H. ve Oguzer, V., 1992. Evapotranspiration of Grapefruit in the Eastern Mediterranean Region of Turkey. *Sci. Hort.*, 52: 53-62.
- Karcher D.E. ve Richardson M.D., 2003. Quantifying Turfgrass Color using Digital Image Analysis. *Crop Sci.*, 43: 943-951.
- Karcher D.E., Richardson M.D., Hignight K. ve Rush D., 2008. Drought Tolerance of Tall Fescue Populations Selected for High Root/Shoot Ratios and Summer Survival. *Crop Sci.*, 48: 771-777.
- Karnok K.J. ve Tucker K.A., 2001. Wetting Agent Treated Hydrophobic Soil and its Effect on Color, Quality and Root Growth of Creeping Bentgrass. *International Turfgrass Society Research Journal*, 9: 537-541.
- Kesiktaş M., 2010. Karaman’da Farklı Ekim Zamanları ve Azotlu Gübre Dozu Uygulamalarının İtalyan Çiminin (*Lolium Multiflorum Westerwoldicum*

- Caramba) Yem Verimine Etkileri. (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Kırda C., Van Cleemput O. ve Moutonnet P., 1996. Plant Nutrient and Water Balance Studies Under Legume-Cereal Rotation Systems. *Nuclear Methods for Plant Nutrients and Water Balance Studies*. IAEA. 11-22.
- Kırda C. ve Kanber R., 1999. Water, no longer a plentiful resource, should be used sparingly in irrigation agriculture. J.In: Kırda, C., Moutonnet, P., Hera, C. ve Nielsen, D.R., Eds. *Crop Yield Responses to Deficit Irrigation*. Kluwer, Dordrecht.1-20.
- Kirsten W. J., 1983. Organic Elemental Analysis. Academic Press, New York, NY.
- Klute A., Dirksen C., 1986. Methods of Soil Analysis Part I. *Physical and Mineralogical Methods*. Klute, A., Ed. SSSA Madison, Wisconsin USA. 687-734.
- Kneebone W.R., Kopec D.M. ve Mancino C.F., 1992. Water Requirements and Irrigation. In: Waddington, D.V., Carrow, R.N. ve Shearman, R.C., Eds. *Turfgrass. American Society of Agronomy*, 32: 441–472.
- Kuşvuran A., 2009. Çukurova Koşullarına Uygun Çim Tür ve Karışımlarının Belirlenmesi ve Performanslarının Saptanması. (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi, Adana.
- Lambers H. ve Poorter H., 1992. Inherent Variation in Growth Rate Between Higher Plants: A Search for Physiological Causes and Ecological Consequences. *Adv. Ecol. Res.*, 23: 187-261.
- Leib B.G., Jabro J.D. ve Matthews G.R., 2003. Field Evaluation and Performance Comparison of Soil Moisture Sensors. *Soil Sci.*, 168: 396-408.
- Liu H., Hull R.J. ve Duff D.T., 1993. Comparing Cultivars of Three Cool-Season Turfgrasses for Nitrate Uptake Kinetics and Nitrogen Recovery in the Field. *International Turfgrass Society Research Journal*. Carrow, R.N., Christians, N.E. ve Shearman, R.C., Eds. Intertec Publishing Corp., Overland Park, Kansas. 7: 546-552.
- Maas E.V., 1986. Salt Tolerance of Plants. *Applied Agricultural Research.*, 1: 12-26.
- McCoy E.L. ve McCoy K.R., 2009. Simulation of Putting-Green Soil Water Dynamics: Implications for Turfgrass Water Use. *Agricultural Water Management*, 96: 405-414.
- McCready M.S., Dukes M.D. ve Miller G.L., 2009. Water Conservation Potential of Smart Irrigation Controllers on St. Augustinegrass. *Agricultural Water Management*, 96: 1623-1632.

- Mefti M., Bouzerzour H., Abdelguerfi A. ve Nouar H., 2008. Morphological and Growth Characteristics of Perennial Grass Cultivars Grown under Semi-Arid Conditions of the Algerian High Plateaus. *Journal of Agronomy*, 7 (2): 138-147.
- Mulvaney R.L., 1996. Nitrogen-Inorganic Forms. *In Methods of Soil Analyses Part 3-Chemical Methods*. 1123-1184.
- Nizam İ., 2009. Azotlu Gübrelemenin Çokyıllık Çim (*Lolium perenne L.*)'in Tohum Verimi ve Bazı Bitkisel Özelliklerine Etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fak. Dergisi*, 6 (2): 111-120.
- Oğan A., 1995. Harran Ovası Koşullarında Kışlık Ürün Olarak Yem Bezelyesi (*Pisum arvense L.*) ve İtalyan Çimi (*Lolium italicum L.*) Karışım Oranlarının Ot Verimine Etkisi Üzerinde Bir Araştırma. (Yüksek Lisans Tezi). Harran Üniversitesi, Şanlıurfa.
- O'Neil K.J. ve Carrow R.N., 1983. Perennial Ryegrass Growth, Water Use, and Soil Aeration Status Under Soil Compaction. *Agron. J.*, 75: 177-180.
- Orfanus T. ve Eitzinger J., 2010. Factors Influencing the Occurrence of Water Stress at Field Scale. *Ecohydrol.*, 3: 478-486.
- Ortmann J., Stubbendieck J. ve Parkhurst A.M., 1994. Sources of Variation in Leaf Moisture Content of Eastern Red Cedar. *Proceedings of the Fourteenth North American Prairie Conference: Prairie Biodiversity*. Division of Biology, Kansas State University, Manhattan, Kansas. 31-34.
- Oyeyiola Y.B., Ewetola E.A. ve Ogunrinde J.O., 2010. Vetiver Grass Performance under Compost and Mycorrhiza Treatments. *Journal of Agricultural and Veterinary Sciences*, 2: 29-35.
- Palta J.P. ve Blake G.R., 1974. Effect of an Asphalt Barrier on Water Storage and Drought Probability. *Agron J.*, 66: 209-212.
- Patton A.J., Hardebeck G.A., Williams D.W. ve Reicher Z.J., 2004. Establishment of Bermudagrass and Zoysiagrass by Seed. *Crop Sci.*, 44: 2160-2167.
- Pessaraki M., Marcum K.B. ve Kopec D.M., 2001. Growth Responses of Desert Saltgrass Under Salt Stress. *Turfgrass landscape and urban IPM research summary 2001*, AZ1246 Series P-126: 70-73.
- Riaz A., Younis A., Hameed M. ve Kiran S., 2010. Morphological and Biochemical Responses of Turf Grasses to Water Deficit Conditions. *Pak. J. Bot.*, 42 (5): 3441-3448.

- Richards L.A. 1931. Capillary Conduction of Liquids Through Porous Mediums. *Physics*, 1 (5): 318-333.
- Richards L.A. ve Weaver L.R., 1944. Moisture Retention by Some Irrigated Soils As Related to Soil Moisture Tension. *Journal of Agricultural Research*, 69: 215-235.
- Richards, L.A Ed. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. United States Department of Agriculture Handbook. 94 p.
- Richie W.E., Gren R.L., Klein G.J. ve Hartin J.S., 2002. Tall Fescue Performance Influenced by Irrigation Scheduling, Cultivar and Moving Height. *Crop Sci.*, 42: 2011-2017.
- Ritchie J.T., 1972. A model for Predicting Evaporation From a Row Crop with Incomplete Cover. *Water Resour. Res.*, 8: 1204-1213.
- Robinson D.A., Jones S.B., Wraith J.M., Or D. ve Friedman S.P., 2003. A Review of Advantages in Dielectric and Electrical Conductivity Measurement in Soils Using Time Domain Reflectometry. *Vadose Zone J.*, 2: 444-475.
- Romano N. ve Santini A., 2002. Water retention and storage: Field. In “*Methods of Soil Analysis, Part 4, Physical Methods*”. Dane, J.H. ve Topp, G.C., Eds. SSSA Book Series N.5, Madison, WI, USA. 721-738.
- Sağlam M.T. ve Adiloğlu A., 1997. *Su Kalitesi*. Trakya Üni. Tekirdağ Ziraat Fak. Yayın No. 230, Ders Kitabı No: 27. 143 s.
- Salman A., 2008. Farklı Gübre Dozlarının Bazı Serin ve Sıcak İklim Çimlerinin Yeşil Alan Performanslarına Etkisi. (Doktora Tezi). Ege Üniversitesi, İzmir.
- Sass J.F. ve Horgan B.P., 2006. Irrigation Scheduling on Sand Based Creeping Bentgrass: Evaluating Evapotranspiration Estimation, Capacitance Sensors, and Deficit Irrigation in the Upper Midwest. Online. *Applied Turfgrass Science*, doi:10.1094/ATS-2006-0330-01-RS.
- Save R., Pery N., Marfa O. ve Serrano L., 1995. The Effect of Hydrophilic Polymer on Plant and Water Status and Survival of Seedlings. *Hort. Technology*, 5: 141-143.
- Schlossberg M.J. ve Karnok K.J., 2001. Root and Shoot Performance of Three Creeping Bentgrass Cultivars as Affected by Nitrojen Fertility. *Journal of Plant Nutrition*, 24 (3): 535-548.
- Schmidt R.E., 1973. *Drought Stress on Turf*. Retrieved September 11, 2011, from <http://turf.lib.msu.edu/1970s/1973/730907.pdf>
- Shahrokhi M., Tehranifar A., Hadizadeh H. Ve Selahvarzi Y., 2011. Effect of Drought Stress and Paclobutrazol- Treated Seeds on Physiological Response of Festuca

- arundinacea L. Master and Lolium perenne L. Barrage. *J. Biol. Environ. Sci.*, 5 (14): 77-85.
- Shearman R. C. ve Beard J.B., 1973. Environmental and Cultural Preconditioning Effects on the Water Use Rate of *Agrostis Palustris* Huds., Cultivar Pennncross. *Crop Sci.*, 13: 424-427.
- Sivapalan S., 2006. Some Benefits of Treating a Sandy Soil with a Crosslinked Type Polyacrylamide. *Australian Journal of Experimental Agriculture*, 46 (4): 579-584.
- Skierucha W. and Wilczek A., 2010. A FDR Sensor for Measuring Complex Soil Dielectric Permittivity in the 10–500 MHz Frequency Range. www.mdpi.com/journal/sensors *Sensors*, 10: 3314-3329.
- Smith, S.W., 1997. *Landscape Irrigation Design and Management*, John Wiley& Sons, Inc, New York. 229 p.
- Smucker A.J.M., 1969. Asphalt Moisture Barriers Increase Water Use Efficiency in Rice and Sugarcane Cultures in Taiwan. M.S. Thesis (Yüksek Lisans Tezi). Michigan State University, USA.
- Soil Survey Staff., 1951. Soil Survey Manuel. U.S. Dept. Agr. Handbook 18. U.S. Govt. Printing Office. Washington DC. USA.
- Soil Taxonomy 2010. *Keys to Soil Taxonomy* Eleventh Ed. USDA.
- Specht A. ve Harvey-Jones J., 2000. Improving Water Delivery to the Roots of Recently Transplanted Seedling Trees: The Use of Hydrogels to Reduce Leaf and Hasten Root Establishment. *Forest Research*, 1: 117-123.
- SPSS 2004. Brief Guide. SPSS Inc.,Version 13.0, Chicago, USA.
- Starr J.L. ve Paltineanu I.C., 1998. Real-Time Soil Water Dynamics Over Large Areas Using Multisensor Capacitance Probes and Monitoring System. *Soil&Tillage Research*, 47: 43-49.
- Şahinler Ç. ve Yazgan S., 1997. Peyzaj Sulama Tasarımı ve Bursa Büyükşehir Belediyesi Soğanlı Kent Parkı Uygulaması. 6. *Ulusal Kültürteknik Kongresi*. 5–8 Haziran 1997. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fak. ve Kültürteknik Derneği. 427-435.
- Simunek J., Sejna M. ve Van Genuchten M.Th., 1999. The HYDRUS/2D Software Package for Simulating Two-Dimensional Movement of Water, Heat, and Multiple Solutes in Variably-Saturated Media, Version 2.0, U.S. Salinity Laboratory, USDA, ARS, Riverside, California.
- TÇA, 2004. Türkiye Çevre Atlası, ÇED ve Planlama Genel Müdürlüğü Çevre Envanteri Daire Başkanlığı, Çevre ve Orman Bakanlığı, Ankara. 457 s.

- Topp G.C., 2003. State of the Art Measuring Soil Water Content. *Hydrol. Process*, 17: 2993-2996.
- Turgeon A.J., 1980. *Turfgrasses Management*. Reston Publishing Company Inc., A Pretince-Hall Company Reston Virginia. 391 p.
- Uddin Md.K., Juraimi A.S., Ismail M.R., Othman R. ve Rahim A.A., 2009. Growth Response of Eight Tropical Turfgrass Species to Salinity. *Afr. J. Biotechnol.*, 21: 5799-5806.
- Uddin Md.K., Juraimi A.S., Ismail M.R., Hossain Md, A., Othman R. ve Rahim A.A., 2011. Effect of Salinity Stress on Nutrient Uptake and Chlorophyll Content of Tropical Turfgrass Species. *Australian J. Crop Sci.*, 5 (6): 620-629.
- Xinmin Z., Lin H., Xiuju B., Bingxiang Z., Fahe C., Xinzhang S., 2007. The Most Economical Irrigation Amount and Evapotranspiration of the Turfgrasses in Beijing City, China. *Agricultural Water Management*, 89: 98-104.
- Van Genuchten M.Th. 1980. A Closed Form Equation for Predicting the Hydraulic Conductivity of Unsaturated Soils. *Soil Sci. Soc. Am. J.*, 44: 892-898.
- Varoğlu H., 2010. Bazı Yeni Kamyışı Yumak (*Festuca arundinaceae*), Çayır Salkım Otu (*Poa pratensis*), Kırmızı Yumak (*Festuca rubra*), İngiliz Çimi (*Lolium perenne*) Çeşitlerinin Çim Alan Özellikleri. (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi, İzmir.
- Vrugt J.A., Van Wijk M.T., Hopmans J.W. ve Simunek J., 2001. One, Two and Three-Dimensional Root Water Uptake Functions for Transient Modeling. *Water Resources Research*, 37 (10): 2457-2470.
- Wherley B., 2011. Turfgrass Growth, Quality, and Reflective Heat Load in Response to Deficit Irrigation Practices. Labeledzki, L. Ed. *Evapotranspiration*. 419-430.
- Wiecko G., Carrow R.N. ve Karnok K.J., 1993. International Turfgrass Society Research Journal. Carrow, R.N., Christians, N.E. ve Shearman, R.C., Eds. Intertec Publishing Corp., Overland Park, Kansas. 7: 451-457.
- Wilde S.A. ve Voigt G.K., 1977. *Munsell Color Chart for Plant Tissues*. 2nd ed. Kollmorgen, Baltimore.
- Wu Lin., 1985. Matching Irrigation to Turfgrass Root Depth. *California Turfgrass Culture*, 35 (1): 1-2.
- Yıldırım O., 1996. *Sulama Sistemleri 2*. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları No:1449, Ankara. 289 s.
- Yıldırım M., 2003. Rekreasyon Alanı Sulama Sistemlerinde Uyulması Gerekli Kurallar. 2. *Ulusal Sulama Kongresi*. Kültürteknik Derneği. Kuşadası- Aydın. 134-142.

- Youngner V.B., Marsh A.W., Strohman R.A., Gibeault V.A. ve Spaulding S., 1981. Water Use and Turf Quality of Warm-season and Cool-season Turfgrasses. *California Turfgrass Culture*, 31 (3): 1-4.
- Yüksel A.N. ve Erdem Y., 2002. *Sulama ve Gübreleme*, Hasad Yayıncılık, İstanbul. 19-23.
- Zhou Q., Kang S., Zhang L. ve Li F., 2007. Comparison of APRI and HYDRUS-2D Models to Simulate Soil Water Dynamics in a Vineyard Under Alternate Partial Root Zone Drip Irrigation. *Plant Soil*, 291: 211-223.
- Zhang X., 1997. Influence of Plant Growth Regulators on Turfgrass Growth, Antioxidant Status, and Drought Tolerance. PhD Dissertation (Doktora Tezi). Virginia Polytechnic Institute and State University, Virginia, USA.
- Zorer Ş., Hosafloğlu I. ve Yılmaz I.H., 2004. Çim Alanlarında Uygun Azotlu Gübre Uygulama Zamanlarının Belirlenmesi. *Yüzüncü Yıl Uni. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi*, 14 (1): 27-34.

ÇİZELGELER

	Sayfa No
Çizelge 1. Deneme alanına ait toprak analiz sonuçları.....	24
Çizelge 2. 2010 ve 2011 Ezine ilçesine ait aylık ortalama iklim verileri.....	25
Çizelge 3. Deneme konuları.....	30
Çizelge 4. Çim bitkisi için bitki su tüketimi oranları.....	33
Çizelge 5. pH değerlendirme kriterleri.....	35
Çizelge 6. EC değerlendirme kriterleri.....	35
Çizelge 7. Munsell renk skalası ve çim renginin derecelendirilmesi.....	36
Çizelge 8. HYDRUS/2D programında kullanılan toprak parametre değerleri.....	38
Çizelge 9. 2010 ve 2011 yıllarında konulara ait 15 cm derinlikte ortalama hacimsel su içeriği değerleri (m^3/m^3).....	43
Çizelge 10. Çim biçim zamanları.....	45
Çizelge 11. Deneme yıllarına ve yıllar ortalamasına ilişkin konuların toplam yeşil ot ve kuru ot verimleri (t/ha).....	47
Çizelge 12. 2010 ve 2011 yıllarındaki TSSM, yağış, mevsimlik ve günlük ortalama ET, WUE, IWUE değerleri	51
Çizelge 13. Deneme yıllarına ve yıllar ortalamasına göre $TSSM_{kısıt}$ değerleri ve kontrol uygulaması ile karşılaştırılması.....	54
Çizelge 14. 2010 ve 2011 yılı ortalama pH ve EC değerleri.....	60
Çizelge 15. Deneme yıllarında, farklı biçim zamanlarında konulara ilişkin klorofil-a değerleri (mg/g).....	62
Çizelge 16. Deneme yıllarında, farklı biçim zamanlarında konulara ilişkin klorofil-b değerleri (mg/g).....	63
Çizelge 17. Deneme yıllarında, farklı biçim zamanlarında konulara ilişkin toplam klorofil değerleri (mg/g).....	64
Çizelge 18. 2010 ve 2011 yıllarında konulara ilişkin görsel kalite değerleri.....	67
Çizelge 19. 2010 ve 2011 yıllarında konulardaki YSİ değerleri (%).....	73
Çizelge 20. 2010 ve 2011 yıllarında konulara ilişkin kuru kök ağırlıkları (kg/da)..	79
Çizelge 21. 2010 ve 2011 yıllarında konulara ilişkin kök uzunlukları (cm/cm^3)....	80
Çizelge 22. 2010 ve 2011 yıllarında konulara ilişkin ortalama kök çapları (cm)...	82
Çizelge 23. 2010 ve 2011 yıllarında konulara ilişkin kök hacimleri (cm^3/cm^3).....	82

Çizelge 24. 2010 ve 2011 yıllarında konulara ilişkin kök yüzey alanları (cm^2/cm^3).....	83
Çizelge 25. 2010 ve 2011 yılı ölçülen ve tahmin edilen su içerikleri arasındaki ilişkilere ait r, RMSE, MAE ve ME değerleri.....	90

ŞEKİLLER	Sayfa No
Şekil 1. Deneme alanı.....	23
Şekil 2. Denemede kullanılan sulama sistemi.....	26
Şekil 3. Nem sensörleri ve veri kaydediciler.....	26
Şekil 4. Toprak ve su analiz cihazları.....	27
Şekil 5. Kök örnekleme ve analizi.....	28
Şekil 6. Çim biçimi ve spektrofotometre.....	28
Şekil 7. Deneme planı.....	31
Şekil 8. STB'lerin toprağa yerleştirilmesi.....	31
Şekil 9. STB ₃₀ konularındaki sensörlerin görünümü.....	31
Şekil 10. Su tutma eğrisi.....	38
Şekil 11. 2010 ve 2011 yıllarında konulardaki 15 cm derinlikte ölçülen hacimsel su içeriği değerleri.....	41
Şekil 12. 2010 ve 2011 yıllarına ait eklemeli yeşil ot verim değerlerinin değişimi.....	45
Şekil 13. 2010 ve 2011 yıllarına ait eklemeli kuru ot verim değerlerinin değişimi.....	46
Şekil 14. Deneme yıllarının ortalama yeşil ot veriminin ve kuru ot veriminin kontrol uygulamasına göre değişimi.....	48
Şekil 15. STB uygulamalarındaki TSSM ile yeşil ot verimi arasındaki ilişki.....	53
Şekil 16. Farklı toprak derinliklerindeki EC değerleri.....	56
Şekil 17. Farklı toprak derinliklerindeki pH değerleri.....	58
Şekil 18. 2010 ve 2011 yıllarındaki görsel kalite değişimleri.....	66
Şekil 19. 2011 yılı parsel resimleri.....	68
Şekil 20. Deneme yıllarına ve yıllar ortalamasına göre STB konularındaki TSSM ile görsel kalite arasındaki ilişki.....	70
Şekil 21. Deneme yıllarına ve yıllar ortalamasına göre STB konularındaki yeşil ot verimi ile görsel kalite arasındaki ilişki.....	70
Şekil 22. 2010 ve 2011 yılı YSİ değişimleri.....	72
Şekil 23. 2010 yılı ESG ₅₆ 'deki kök görüntüleri.....	75
Şekil 24. 2010 yılı ESG ₈₉ 'deki kök görüntüleri.....	76
Şekil 25. 2011 yılı ESG ₅₅ 'deki kök görüntüleri.....	77

Şekil 26. 2011 yılı ESG ₈₉ 'deki kök görüntüleri	78
Şekil 27. 2010 yılı ESG ₅₆ ve ESG ₈₉ 'deki kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımı	84
Şekil 28. 2011 yılı ESG ₅₅ ve ESG ₈₉ 'deki kök uzunluklarının derinliğe göre dağılımı.....	85
Şekil 29. Deneme yıllarına ilişkin ölçülen ve tahmin edilen hacimsel su içeriği arasındaki ilişki.....	88

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL BİLGİLER:

Adı Soyadı: Kürşad DEMİREL

Doğum Yeri: Ödemiş/İZMİR

Doğum Tarihi: 14.05.1979

EĞİTİM DURUMU:

Lisans Öğrenimi: Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü

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

Bildiği Yabancı Diller: İngilizce

BİLİMSEL FAALİYETLERİ:

a) Yayınlar:

- 1- Demirel Ö. ve Demirel K., 2005. An Examination of the Use “Vetiver Grass” to Prevent Erosion in Yusufeli Region (Çoruh Watershed Area-Turkey): A Case Study. *Journal of Environmental Biology*, 26 (2): 409-419.
- 2- Demirel K., Yıldırım M. ve Çamoğlu G., 2006. Çanakkale İli Belediye Sınırları İçerisindeki Peyzaj Alanlarında Sulama Sistemlerinin Projelenmesi ve İşletilmesindeki Hatalar. *Erzurum Üni. Ziraat Fak. Derg.*, 37 (1): 81-90.
- 3- Çamoğlu G. ve Demirel K., 2006. Çanakkale Yöresi Tarım İşletmelerinde Kullanılan Damla Sulama Sistemlerinin Tasarım ve İşletim Yönünden İncelenmesi. *Ege Üni. Ziraat Fak. Derg.*, 43 (1): 97-109.
- 4- Genç L., Turhan H., Demirel K., Çamoğlu G., Aşar B. ve Saçan M., 2008. Bitki Örtme Oranının Spektral Filtreler Yardımıyla Belirlenmesi. *Ege Üni. Ziraat Fak. Derg.*, 45 (1): 57-63.
- 5- Demirel K. ve Sener S., 2009. Performance of Sprinkler Irrigation Systems at Different Pressures and Under Varying Wind Speed Conditions in Landscape Areas. *Philipp Agric Scientists*, 92 (3): 308-314.
- 6- Yavuz M.Y., Demirel K., Erken O., Bahar E. ve Deveciler M., 2010. Emitter Clogging and Effects on Drip Irrigation Systems Performances. *African Journal of Agricultural Research*, 5 (7): 532-538.

- 7- Demirel K., Genç L., Çamoğlu G. ve Aşık Ş., 2010. Karpuz Bitkisinde Yaprak Su İçeriği ve Klorofil Okumalarından Yararlanarak Su Stresinin Belirlenmesi. *Namık Kemal Üni. Tekirdağ Ziraat Fak.Dergisi*, 7 (3): 155-162.
- 8- Çamoğlu G., Aşık Ş., Genç L. ve Demirel K., 2010. Damla Sulama ile Sulanan Karpuzda Su Stresinin Bitki Su Tüketimine, Su Kullanım Randımanına, Verime ve Kalite Parametrelerine Etkisi. *Ege Üni. Ziraat Fak Dergisi*, 47 (2): 135-144.
- 9- Genc L., Demirel K., Camoglu G., Asik S. ve Smith S., 2011. Determination of Plant Water Stress Using Spectral Reflectance Measurements in Watermelon (*Citrullus vulgaris*). *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 11 (2): 296-304.

b) Bildiriler -Uluslararası -Ulusal

- 1- Demirel Ö., Demirel K. ve Kelkit A., 2003. Bozdağ Platosu Gölcük Yayla Yerleşimi (Ödemiş-İzmir)'inde İnsanların Sosyo-Ekonomik Amaçlı (Tarımsal, Rekreatif, Turistik) Kullanımlarından Kaynaklanan Kirlilik Boyutu. *I. Ulusal Erciyes Sempozyumu*, Kayseri.
- 2- Yıldırım M., Yavuz M.Y. ve Demirel K., 2005. Tarla Su Uygulama Randımanlarının Yükseltilmesinde Düşük Basıncılı Sulama Sistemlerinin Kullanım Olanakları. *II. Ulusal Sulama Sistemleri Sempozyumu*, DSİ Genel Müdürlüğü, Ankara.
- 3- Yavuz M.Y., Yıldırım M., Camoglu G., Demirel K. ve Bahar E., 2006. Results of Transferring of Irrigation Systems' Management in Turkey. *International Symposium on "Water and Land Management For Sustainable Irrigated Agriculture*, April 4-8, 2006, Adana-Turkey.
- 4- Şener S., Yıldırım M., Bahar E., Demirel K. ve Erken O., 2006. Kazdağları Su Kaynakları ve Biga-Kocabaş Çayı'nda Su Kalitesi Üzerinde Bir Araştırma. *Kazdağları 2. Ulusal Sempozyumu*, Çanakkale.
- 5- Demirel K. ve Şener S., 2006. Peyzaj Alanlarındaki Sulamaya Rüzgarın Etkisi. *III Ulusal Süs Bitkileri Kongresi*, İzmir.
- 6- Şener S., Yıldırım M. ve Demirel K., 2007. Küresel Isınma ve Tarımda Suyun Etkili Kullanımı. *III. Ulusal Su Mühendisliği Sempozyumu*, 10-14 Eylül, Gümüşhane- İzmir.
- 7- Yavuz M.Y., Egesel C.Ö., Baytekin H., Erken O., Demirel K. ve Çamoğlu G., 2007. Farklı Sulama Düzeylerinin Farklı Olgunluk Düzeyine Sahip Hybrit Mısırlarının Verim ve Su Kullanımları Üzerine Etkisi. *GAP V. Tarım Kongresi*, 17-19 Ekim 2007, Şanlıurfa.
- 8- Demirel K. ve Çamoğlu G., 2008. Basıncılı Sulama Sistemlerinde Performansın Değerlendirilmesi. *Sulama ve Tuzlanma Konferansı*, 12-13 Haziran, Şanlıurfa. 149-158.

- 9- Genç L., Demirel K., Çamoglu G., Arıcı I., Turhan H., Genç H., Smith S.E. ve Sarıbrahimoğlu S., 2008. Using High Resolution Remote Sensing Data for Precision Farming in Turkey. *9th International Conference on Precision Agriculture*, July 20-23 2008.
- 10- Demirel K., Genç L., Camoglu G., Sacan M., Asar, B. ve Asık S., 2009. Estimation of Yield and Some Quality Parameters by Chlorophyll Readings for Watermelon. *Research People and Actual Tasks on Multidisciplinary Sciences*, 10-12 June 2009, Lozonec, Bulgaria.
- 11- Demirel K., Genç, L., Aşar, B., Turhan, H. ve Saçan M., 2010. İki Farklı Sulama Seviyesinde Spektral İndeksler ile Klorofil Okumaları Arasındaki İlişki. *I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*, 27-29 Mayıs 2010, Kahramanmaraş. 104-110.
- 12- Genç L., Saçan M., Turhan H., Demirel K. ve Aşar B., 2010. Su Stresi Koşullarındaki Patates Bitkisinin Yansıma Karakteristiklerinin Hiper-Spektral Yöntemlerle Belirlenmesi. *I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*, 27-29 Mayıs 2010, Kahramanmaraş. 883-888.
- 13- Demirel K., Yavuz M.Y., Yıldırım M., Erken O., Bahar E., Deveciler M., 2010. Organik Tarım Koşullarında Yetiştirilen Kavun Bitkisinde Sulama Uygulamalarının Verim ve Su Kullanım Randımanı Üzerine Etkisi. *I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*, 27-29 Mayıs 2010, Kahramanmaraş. 935-941.
- 14- Bahar E., Yavuz M.Y., Yıldırım M., Demirel K., Erken O. ve Deveciler M., 2010. Gökçeada'da Organik Olarak Yetiştirilen Soya Bitkisinde Farklı Sulama Düzeylerinin Verime Etkisi. *I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*, 27-29 Mayıs 2010, Kahramanmaraş. 942-951.
- 15- Erken O., Yıldırım M., Yavuz M.Y., Bahar E. ve Demirel K., 2010. Gökçeada Koşullarında Organik Olarak Yetiştirilen Yerfıstığında En Uygun Sulama Suyu Miktarının Belirlenmesi. *I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*, 27-29 Mayıs 2010, Kahramanmaraş. 952-958.
- 16- Yıldırım M., Tekiner M., Bahar E., Demirel K. ve Erken O., 2010. Bilgisayar Destekli Sulama Programının Tarla Denemesi ile Karşılaştırılması. *I. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Sempozyumu*, 27-29 Mayıs 2010, Kahramanmaraş. 790-798.
- 17- Yıldırım M., Tekiner M., Bahar E., Demirel K. ve Erken O., 2011. Çanakkale Koşullarında Damla Sulama ile Sulanan Biberde Bilgisayar Destekli Sulama Programlarının Tarla Denemesi ile Karşılaştırılması. *Çanakkale Tarımı Sempozyumu*, 10-11 Ocak 2011, Çanakkale.

c) Katıldığı Projeler

- * Peyzaj Projelerinde Kullanılan Farklı Yağmurlama sulama başlıklarının performanslarının belirlenmesi üzerine bir araştırma, COMU-BAP (2004-2005).
- * Sulamada Kullanılan Damlatıcılarda Oluşan Tıkanma Miktarının Eş Su Dağılımına Olan Etkisi ve Tekrar Kullanılabilirliği Üzerine Bir Araştırma, COMU-BAP (2005-2008).
- * Biga Yöresindeki Yer altı ve Yerüstü Su Kaynaklarının Sulama Suyu Kalitesinin Belirlenmesi, COMU-BAP (2005-2006).
- * Gökçeada Organik Tarım Alanında Domates Kavun Soya ve Yer Fıstığı Bitkilerinin Fizyolojik Gelişim Performanslarına Uygun Organik Damla Sulama Programlarının Oluşturulması, DPT (2006-2007).
- * Karpuz Bitkisinde Su Stresi Etkilerinin Uzaktan Algılama Yardımıyla Belirlenmesi, EGE-BAP (2007-2008).
- * Kocabaş Çayı ve Sarıçay'ın Sediment Yükü ve Özelliklerinin Araştırılması, COMU-BAP (2008-2011).
- * Toprak Altına Serilen Su Tutma Bariyerlerinin (STB), Toprak Su İçeriği ve Çim Bitkisi Gelişimi Üzerine Etkileri, COMU-BAP (2010-devam ediyor)
- * Development and Evaluation of New Water Saving Irrigation Techniques, TUR 10/002, Founding Agency BMBF (2010-devam ediyor)

İŞ DENEYİMİ

Çalıştığı Kurumlar ve Yıl: Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, (2005 – devam ediyor)

İLETİŞİM

E-posta Adresi : kdemirel@comu.edu.tr