

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Ayşe Esra DURUSOY

**FARKLI SULAMA SUYU DÜZEYLERİNDE BİRİNCİ ÜRÜN
SORGUM BİTKİSİNİN KİMİ FİZYOLOJİK VE
MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞİŞİMİ**

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ADANA-2022

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FARKLI SULAMA SUYU DÜZEYLERİNDE BİRİNCİ ÜRÜN SORGUM BİTKİSİNİN KİMİ FİZYOLOJİK VE MORFOLOJİK ÖZELLİKLERİNİN DEĞİŞİMİ

Ayşe Esra DURUSOY

ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

Danışman : Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ
Year: 2021, Sayfa: 63
Jüri : Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ
: Doç. Dr. Burçak KAPUR
: Dr. Öğr. Ü. Yusuf AYDIN

Bu deneme, Çukurova koşullarında, 2018 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Araştırma ve Uygulama alanında, tesadüf blokları deneme deseninde, 3 yinelemeli olarak yürütülmüştür. Çalışmada farklı sulama suyu düzeylerinde birinci ürün sorgum bitkisinin kimi fizyolojik ve morfolojik özelliklerinin değişimi araştırılmıştır. Araştırmada, bitki gelişim dönemleri boyunca 4 farklı sulama suyu düzeyleri %100 sulama (I₁), %75 sulama (I₂), %50 sulama (I₃) ve %25 sulama (I₄) ile susuz (I₀) uygulamaları oluşturulmuştur. Çalışmada, deneme konularına sırasıyla 414 mm (I₁), 324 mm (I₂), 233 mm (I₃) ve 142 mm (I₄) sulama suları uygulanmıştır. Konulara göre elde edilen kuru madde verimi 6020 kg da⁻¹ ile 3380 kg da⁻¹ arasında değişmiş olup, tam sulanan konuda en yüksek kuru madde verimi elde edilmiştir. Yaprak alan indeksi değerleri 8.4 ile 6.1 arasında değişmiş olup, tam sulama konusundan en yüksek yaprak alan indeksi değeri elde edilmiştir. Sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) 14.5 kg/da mm ile 29.5 kg/da mm arasında saptanmıştır. Su kullanım randımanları (WUE) ise 9.9 kg/da mm ile 11 kg/da mm arasında gerçekleşmiştir. Sorgum bitkisinde yapılan fizyolojik ölçümlerde en yüksek değerler I₁ konusundan elde edilmiştir. Buna göre I₁ konusundan ölçülen en yüksek net fotosentez değerinin yaklaşık 53 $\mu\text{mol m}^{-2}\text{s}^{-1}$, transpirasyon değerinin yaklaşık 6.2 $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ ve stoma iletkenliği değerinin ise yaklaşık 738 $\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$ dolaylarında olduğu saptanmıştır.

Anahtar Kelimeler: Sorgum, Net Fotosentez, Transpirasyon, Stoma İletkenliği, Su Kullanım Randımanı

ABSTRACT

MSc THESIS

CHANGES IN SOME PHYSIOLOGICAL AND MORPHOLOGICAL CHARACTERISTICS OF FIRST PRODUCT SORGHUM PLANT AT DIFFERENT IRRIGATION WATER LEVELS

Ayşe Esra DURUSOY

ÇUKUROVA UNIVERSITY
AGRICULTURAL STRUCTURES AND IRRIGATION SCIENCE
DEPARTMENT

Supervisor : Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ

Year: 2021 Pages: 63

Jury : Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ

: Assoc. Prof. Dr. Burçak KAPUR

: Asst. Prof. Dr. Yusuf AYDIN

This experiment was carried out in Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation in the year of 2018 in a randomized block design with 3 replications under Çukurova conditions. In the study, changes in some physiological and morphological characteristics of the first crop sweet sorghum plant at different irrigation water levels were investigated. In the research, 4 different irrigation water levels were formed during the plant development periods: 100% irrigation (I₁), 75% irrigation (I₂), 50% irrigation (I₃) and 25% irrigation (I₄) and no water (I₀). In the study; irrigation waters were applied 414 mm (I₁), 324 mm (I₂), 233 mm (I₃) and 142 mm (I₄) into the treatments, with respectively. The dry matter yield were obtained ranged from 6020 to 3380 kg da⁻¹, and the highest dry matter yield was obtained in the fully irrigation level. The leaf area index values were changed in the study ranged from 8.4 to 6.1 and the highest leaf area index value was obtained in the fully irrigation level. Irrigation water use efficiencies (IWUE) were determined as 14.5 and 29.5 kg/da mm. WUE efficiencies were determined as 9.9 kg/da mm and 11 kg/da mm. The highest values of sorghum plant made in physiological measurements were obtained from I₁ treatment. It was determined that the highest net photosynthesis value measured from I₁ treatment was approximately 53 µmolm⁻²s⁻¹, transpiration value was approximately 6.2 mmolm⁻²s⁻¹ and stomatal conductivity value was approximately 738 mmolm⁻²s⁻¹.

Keywords: Sorghum, Net Photosynthesis, Transpiration, Stomatal Conductivity, Water Use Efficiency

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Su, insanlar için olduğu kadar bitkiler içinde hayati önem taşır. Bitki ağırlıklarının ortalama %90'ını su oluşturur. Hücre faaliyetlerinin sürdürülebilmesi, bitkinin büyümesi ve gelişmesi için bitki kökleriyle yaprakları arasında sürekli bir su akımına ihtiyaç vardır. Bitki için suyun bu kadar önemli olması, sulamanın da önemini ortaya koymaktadır. Sulama, bitkilerin ihtiyacı olan suyun doğal yollarla karşılayamadığı kısmının yapay yollarla bitkiye verilmesidir. Sulama, çeşitli yöntemlerle yapılabilir. Bitki çeşitine göre bitkinin alması gereken su miktarı ve toplam maliyet hesaplanarak en uygun yöntem seçilmelidir. Ülkemizde suyun bilinçsizce kullanımından ve kaynaklarımızın kirletilmesinden dolayı tarım için kullanılan sulama suyu miktarı da tehlike altına girmektedir. Dolayısıyla tarımda ve gündelik yaşamımızda suyu en verimli ve ekonomik şekilde yani su israfını önleyecek şekilde kullanmak zorunlu hale gelmiştir. Bu nedenle yetiştirilen bitkilerde en yüksek verimi almak için gerekli su miktarı hesaplanmalı ve bitkiye yeteri kadar su verilmelidir.

Kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde verimli bitki gelişimi yönünden yağışların yetersizliği, sulamanın öneminin artmasına neden olmuştur. Bitkiler için sulama bu kadar önem taşırken tarımsal su kaynaklarının azalması, suyu doğru kullanmayı öğrenmemize sebep olmuştur. Bu nedenle fazla su ihtiyacı olan bitkilere karşılık olarak az su ihtiyacı olan bitkilerin yetiştirilmesi, yeterli su ile yüksek verim alma çalışmalarına başlanmıştır. Sorgum bitkisi, az gübre ihtiyacı ve kuraklığa olan toleransı ile yüksek verim alınmasından dolayı önem taşımaktadır. Kuraklığa ve mineral eksikliğine toleransı yüksek olan sorgum bitkisi, başta ABD olmak üzere Brezilya, Hindistan, Rusya gibi önemli ülkelerde üretimi yapılırken Türkiye tarımında hala yerini tam olarak alamamıştır. Son yıllarda petrol fiyatlarında aşırı dalgalanmalar ve bununla birlikte ekonomik krizler yaşanmaktadır. Bu nedenle yeni kaynaklar aranmaya başlanmıştır. Biyokütle üretimi amacıyla enerji bitkileri yetiştiriciliği de bu yeni kaynaklardan biri olarak

görülmektedir. Sorgum bitkisi de enerji bitkilerindendir. Kuraklığa dayanıklı olan sorgum bitkisi bir C4 bitkisidir. Gübre ve su ihtiyacı mısra göre azdır. Sorgum bitkisinden etanol ya da kuru biyokütle olarak yararlanılmaktadır.

Araştırma, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında 2018 yılında gerçekleştirilmiştir. Çalışma, tek tip sorgum çeşidi üzerine (M81E) yapılmıştır. 3 yinelemeli olarak tesadüf blokları deneme desenine göre düzenlenmiştir. 5 konu için 15 parsel oluşturulmuştur. Denemede sulama aralığı 7 gün olarak uygulanmıştır. Çalışmada kullanılan sulama konuları; tam sulama (I1) ve kısıtlı sulama konuları ise I2, I3, I4 ve I0 susuz konu olarak adlandırılmıştır. Çalışmada farklı sulama suyu düzeylerinin birinci ürün sorgum bitkisinin kimi fizyolojik ve morfolojik özelliklerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Deneme parsellerinde toprak nemi ölçümleri, sulamadan önce ve hasatta gravimetrik yöntem ile etkili kök bölgesine kadar her konuda ayrı ayrı yapılmıştır. Çalışmada kullanılan buharlaşma değerleri ise arazide bulunan iklim gözlem istasyonundaki Class A Pan buharlaşma havuzundan ölçülerek elde edilmiştir. 5 farklı sulama düzeylerinde bitkilere uygulanan toplam sulama suyu miktarları 414 mm ile 142 mm arasında değişmiştir. 5 konu kıyaslandığında kuru madde miktarı 6020 kgda⁻¹ ile 3380 kgda⁻¹ arasında olup, bir haftalık sulama aralığında belirlenen yığışımli buharlaşma değerlerinin %100'nün (tamamının) uygulandığı sulama konu olan (I1)'de en yüksek kuru madde verimi elde edilmiştir. Araştırma boyunca sorgum bitki boyunun 300cm ile 204 cm arasında değiştiği gözlemlenmiş ve en yüksek bitki boyunun ise yine I1 konusundan elde edildiği belirlenmiştir. Sulama suyu kullanım randımanlarının (IWUE) 14.5 kg/da mm ile 29.5 kg/da mm arasında olduğu saptanmıştır. Su kullanım randımanları (WUE) ise 9.9 kg/da mm ile 11 kg/da mm arasında gerçekleşmiştir. Sorgum bitkisinde yapılan fizyolojik ölçümlerde en yüksek değerler I1 konusundan elde edilmiştir. Buna göre I1 konusundan ölçülen en yüksek net fotosentez değerinin yaklaşık 53 $\mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, transpirasyon değerinin yaklaşık 6.2 $\text{mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ve stoma iletkenliği değerinin ise yaklaşık 738 $\text{mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ dolaylarında olduğu saptanmıştır.

TEŞEKKÜR

Lisans ve Yüksek Lisans eğitim sürecimde desteklerini ve katkılarını esirgemeyen, danışmanım Sayın Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ' ye minnet, şükran ve teşekkürlerimi sunarım.

Yüksek lisans araştırmam esnasında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü'nün tüm olanaklarından yararlanmamı sağlayan bölüm başkanlığına içtenlikle teşekkürlerimi sunarım.

Bu zorlu süreçte her zaman yanımda olan annem Serpil ÜMİT, babam Cevdet ÜMİT ve eşim Osman DURUSOY' a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGELER DİZİNİ	X
ŞEKİLLER DİZİNİ	XII
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XIV
1. GİRİŞ	1
2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR	5
3. MATERYAL VE METOD	11
3.1. Materyal	11
3.1.1. Araştırma Yeri.....	11
3.1.2. Toprak Özellikleri	11
3.1.3. Sulama Suyunun Sağlanması	12
3.1.4. Sulama Sistemi.....	13
3.1.5. İklim Özellikleri	13
3.1.6. Bitki Çeşidi.....	15
3.2. Yöntem	15
3.2.1. Deneme Konuları	15
3.2.2. Buharlaşma Ölçümleri.....	16
3.2.3. Sulamaların Planlanması ve Uygulanması	16
3.2.4. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analizi.....	17
3.2.5. Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi.....	18
3.2.6. Sulama Suyu Kullanım Randımanı ve Su Kullanım Randımanının Saptanması	19
3.2.7. Tarımsal İşlemler.....	20

3.2.7.1. Tarla Hazırlığı	20
3.2.7.2. Ekim	20
3.2.7.3. Gübreleme	20
3.2.7.4. İlaçlama ve Bakım.....	20
3.2.7.5. Hasat.....	20
3.2.8. Bitki Gelişimine İlişkin Gözlem ve Ölçümler.....	21
3.2.8.1. Bitki Boyu	21
3.2.8.2. Yaprak Alan İndeksi (LAI)	22
3.2.8.3. Kuru Madde Miktarları (Biyomas)	22
3.2.9. Eko-Fizyolojik Ölçümleri.....	23
3.2.9.1. Fotosentez Ölçümleri	23
3.2.9.2. Transpirasyon Ölçümleri	23
3.2.9.3. Stoma İletkenliği Ölçümleri	24
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
4.1. Yörenin İklim Koşulları.....	27
4.2. Sorgum Bitkisinin Gelişimi	28
4.3. Toprak Su Kapsamlarının Değişimi.....	29
4.4. Sulama Suyu Miktarları	30
4.5. Sorgum Bitki Su Tüketimi (ET)	31
4.6. Sorgum Su Kullanım Randımanları.....	32
4.7. Bitki Ölçümleri	34
4.7.1. Bitki Gelişimi ile İlgili Parametreler	34
4.7.1.1. Bitki Boyu	34
4.7.1.2. Yaprak Alan İndeksi (LAI)	35
4.7.1.3. Kuru Madde Miktarı.....	37
4.7.1.4. Bitki Taç Genişliği	38
4.8. Eko-Fizyolojik Ölçüm Sonuçları	40
4.8.1. Fotosentez Ölçümleri	40
4.8.2. Transpirasyon Ölçümleri.....	41

4.8.3. Fotosentez Ölçümleri ile Transpirasyon Ölçümleri Arasındaki İlişkiler	42
4.8.4. Stoma İletkenliği Ölçümleri	46
4.8.5. Yaprak Klorofil Miktarları (SPAD Okumaları)	48
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	51
5.1. Sonuçlar	51
5.2. Öneriler	54
KAYNAKLAR	55
ÖZGEÇMİŞ	63



ÇİZELGELER DİZİNİ

SAYFA

Çizelge 3.1.	Deneme alanı toprağının bazı fiziksel özellikleri	12
Çizelge 3.2.	Deneme alanı toprağının bazı kimyasal özellikleri.....	12
Çizelge 3.3.	Denemede kullanılan sulama suyunun analiz sonuçları	13
Çizelge 3.4.	Araştırma yöresinde büyüme dönemindeki uzun yıllık ve 2018 yılı iklim verileri	14
Çizelge 4.1.	Sorgum bitkisinin kimi fenolojik gelişme dönemleri ve tarihleri.....	29
Çizelge 4.2.	Çalışma zamanı boyunca yapılan sulama sayısı, tarihleri ve sulama suyu miktarları (mm).....	31



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1.	Deneme alanının genel görünümü.....	11
Şekil 3.2.	Yetiştirilmiş olan sorgum bitkisi.....	15
Şekil 3.3.	A-Sınıfı Buharlaştırma Kabı (Class-A Pan).....	16
Şekil 3.4.	Bitki boyları ölçüm işlemi.....	21
Şekil 3.5.	Çalışmada kullanılan yaprak alan ölçer aleti.....	22
Şekil 3.6.	Taşınabilir fotosentez ölçüm aleti (CI-340 Handheld Photosynthesis system).....	23
Şekil 4.1.	Yapılan çalışmadaki tüm konulara ait toprak su içeriği değişimleri.....	30
Şekil 4.2.	Deneme boyunca ölçülmüş olan ortalama hava sıcaklık değerlerinin zamansal değişimi.....	27
Şekil 4.3.	Deneme zamanı boyunca ölçülen Ortalama Oransal Nem ve Rüzgar Hızı değerlerinin zamansal değişimleri (Rhavg: Ortalama Oransal Nem, Windavg: Rüzgar hızı).....	28
Şekil 4.4.	Bitki su tüketimlerinin konularına göre zamansal değişimleri.....	32
Şekil 4.5.	Konularına göre bitki boyunun zamansal değişimleri.....	34
Şekil 4.6.	Araştırmadaki konulara göre yaprak alan indekslerinin zamana göre değişimi.....	36
Şekil 4.7.	Konulara göre Biomass miktarının göre zamansal değişimleri.....	37
Şekil 4.8.	Konularına göre Bitki Taç genişliğinin zamansal değişimleri.....	39



SİMGELER VE KISALTMALAR

A	: Parsel alanı
cm	: Santimetre
cm ³	: Santimetreküp
CO ₂	: Karbondioksit
Cr	: Kılcal yükseliş
da	: Dekar
DAP	: Ekimden sonraki günler
Dp	: Derine süzülme kayıpları
dS	: Desisimens
Ep	: Yığışımli buharlaşma
ET	: Bitki su tüketimi
g	: Gram
Gs	: Stoma iletkenliğı
h	: Saat
ha	: Hektar
HCO ₃	: Bikarbonat
IR	: Sulama suyu miktarı
IWUE	: Sulama suyu kullanım randımanı
K	: Potasyum
K ₂ O	: Potasyum oksit
Kcp	: Bitki-pan katsayısı
kg	: Kilogram
kPa	: Kilo Pascal
L	: Litre
LAI	: Yaprak Alan İndeksi
m	: Metre
m ²	: Metrekare

m^3	: metreküp
Mg	: Magnezyum
mm	: Milimetre
N	: Azot
Na	: Sodyum
NaCl	: Sodyum Klorür
$^{\circ}C$	: Derece
P	: Fosfor
P_2O_5	: Fosfor pentaoksit
$P_{\text{ört}}$	: Örü yüzdesi
R	: Yağış
Rf	: Yüzey akış kayıpları
s	: Saniye
SO_4	: Sülfat
Ta	: Hava sıcaklığı
WUE	: Su kullanım randımanı
Δs	: Toprak profilindeki su değişimi

1. GİRİŞ

Dünya üzerindeki nüfusun artışı, yağış azlığı, yanlış su tüketimi ve bilinçsizce su kaynaklarının kirletilmesi tarımsal su kaynaklarının azalmasına sebep olmaktadır. Bu durum doğrudan tarımı ve bitkilerden elde edeceğimiz verimi olumsuz yönde ve büyük ölçüde etkilemektedir. Bu nedenle az su ile yüksek verim alabileceğimiz bitkilere yönelmek önem taşımaktadır.

Yetiştirdiğimiz bitkilerde sulama suyu miktarı hesaplanmalı, bitkiye ihtiyacı olduğu kadar su verilmelidir. Bitkiye ihtiyacından fazla su vermek doğru değildir. Çünkü bitki sulama yapıldığında ihtiyacı olan suyu alır kalan fazla su toprakta kalır. Bilinenin aksine fazla sulamak fazla verim getirmemektedir.

Günümüzde hemen hemen tüm ülkelerin başta gelen problemlerinden biri, toprak ve su kaynaklarının korunması, geliştirilmesi ve toplum faydasına en iyi şekilde yarar göstermesidir. Sulama programları hazırlanırken, sudan sürekli ve optimum seviyede yararlanabilmek için bölge koşullarına uygun olması gerekir ve bunun içinde bitkilerin tükettikleri su miktarlarının bilinmesi gerekir (Baştuğ, 1987).

Sulama programlamaları, bitkisel üretim için önemli bir verim artırıcı olan suyun en etkili şekilde kullanılıp geliştirilmesinde başvurulan yöntemdir. Sulamanın en temel soruları, suyun ne zaman ve ne kadar verileceğidir. ET'nin doğru ölçülmesi, tarımda etkin ve verimli sulama yöntemi için büyük önem taşımaktadır (Irmak, 2009). Sulama zamanının planlanması için tarımı yapılan bitki özellikleri, ıslatılacak toprak derinliği, toprağın kullanılabilir su tutma kapasitesi, sulamaya başlanılacak nem düzeyi, her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimi gibi bilgilere ihtiyaç vardır. Sulama zamanının planlanmasındaki amaç, toprak neminin sulamaya başlanacak nem düzeyine düştüğünde tarla kapasitesine kadar sulama suyu uygulamaktır (Güngör ve ark., 1996).

Kurak ve yarı kurak iklime sahip olan bölgelerde optimum bitki gelişimi yönünden yağışın yetersiz olması, mısır tarımı için büyük risk oluşturmakta ve sulama en önemli verim etmeni haline gelmektedir. Sulamanın önemi giderek artarken, dünyanın birçok yerinde tarımsal su kaynakları giderek azalmaktadır. Dünya nüfusundaki hızlı artışa bağlı su kullanımı ve endüstriyel gereksinimlerindeki artış ise, su kaynaklarından olan bu azalmayı fazlasıyla hızlandırmaktadır. Sulama suyuna ve pahalı kaynaklarına olan talebin artması, verim ile sulama suyu arasındaki ilişkiyi belirleyen optimum sulama işletmeciliği için kullanılan su-üretim fonksiyonlarına gereksinimi de arttırmaktadır (Gençoğlu, ve Yazar, 1999).

Anavatanı Afrika olan sorgum ve türleri dane, silaj, yeşil ve kuru yem, süpürge, şıra, duvar kaplama gibi pek çok alanda kullanılmaktadır (Dayton 1948). Sorgum bitkisinin melezlenmesi sonucunda sorgum-sudan otu melezi elde edilmiştir (Skerman ve Riveros, 1990). Diğer sorgum türlerine göre, sorgum-sudan otu melezlerinin daha sulu ve ince saplı, uzun boylu, bol kardeşli ve bol yapraklı olması, saplarının içerisinde fermente olabilir şeker oranının yüksekliği sebebiyle (Kumuk ve Avcıoğlu, 1986; Emeklier, 1993; Acar ve ark., 2001) yeşil yem ve silaj değerleri artmakla birlikte, silaj makineleriyle biçildikten sonra fermentasyonunda katkı maddelerine ihtiyaç duyulmadan başarılı bir şekilde silo yemine dönüştürülebilmektedir (Kılıç, 1986).

Sorgum bitkisi kurak dönemlerde su stresine oldukça dayanıklı olup, kurak ve yarı kurak bölgelerde sulanarak yetiştirildiğinde iyi gelişen bir bitkidir (Barnes ve ark., 1995). Sorgum bitkisinde, sap, yaprak kını ve yaprak ayasının genellikle mum tabakasıyla kaplı olmasından dolayı bitkiden transpirasyonla kaybedilecek su minimuma indirilmektedir (Kumuk ve Avcıoğlu 1986; Emeklier, 1993; Acar ve ark., 2001). Sulamanın, sorgumun verimini arttırdığı kanıtlanmıştır. Yetiştirilen bölgenin iklimi ve toprak yapısına bağlı olarak sulamanın miktarı ve sayısı değişkenlik gösterir. Sorgumun salkımlanma ve çiçek evresinde su tüketiminin arttığı görülmüştür (Al-Kaisi ve Broner, 2010).

Önemli bir yem bitkisi olan sorgum, tropik, subtropik ve hatta sıcak bölgeler için önemli bir bitkidir (Bahrani ve Deghanighenateghestani, 2004). Sorgum bitkisinin adapte olduğu bölgeler, kurağa dayanıklı ve düşük girdilerin hakim olduğu bölgelerdir (Li ve ark., 2010). Sorgum bitkisini kök sistemi, mısır bitkisinin kök sistemine göre iki kat daha gelişmektedir (House, 1985). Sorgum bitkisi mısır ve diğer bitkilere göre suyu (Sanderson ve ark., 1992; Bean ve ark., 2002; Sanchez ve ark., 2002; Howell ve ark., 2008) ve bitki besin elementlerini (N, P, K) daha etkin kullanmakta ve bu şekilde fazla verim vermektedir (Bean ve ark., 2002; Kimbrough, 2002).

Son dönemlerde yapılan çalışmalara göre, stoma iletkenliği, fotosentez hızı, bitki örtü yüzeyi sıcaklığı ve klorofil içeriği gibi fizyolojik özelliklerin bir seleksiyon kriteri olarak kullanılmasının verimde artışlar sağladığını göstermiştir (Fisher ve ark., 1998; Amthor, 2001; Bavec ve Bavec, 2001; Reynolds ve ark., 2001; Soltani ve Galeshi, 2002; Koç ve ark., 2003; Kaplan, 2009; Yıldırım ve ark. 2009).

Erken gelişme döneminde yaprak alan indeksinin değiştirilmesi, bitki tarafından kullanılan günlük ışık miktarını arttırır. Bu şekilde yaprak fotosentezi arttırılabilir. Bu durum da verimi olumlu etkilemektedir (Lopez-Castaneda ve Richards, 1994; Hafid ve ark., 1998).

Bitkinin yeşil aksamının ışık tutma kabiliyeti fotosentez ve buna bağlı olarak biomas üretimi ile doğrudan ilişkilidir (Muchow ve ark., 1990). Fotosentez, stoma iletkenliği, suyun taşınması vb. bitkideki birçok fizyolojik süreç sonucunda ortaya çıkan bitki örtüsü sıcaklığının sıcak ve kurak koşullarda verimle yüksek ilişkili olması, yapılacak seleksiyonlar için büyük öneme sahiptir (Rashid ve ark., 1999). Fotosentez, su ve ışık yardımıyla CO₂'i özel pigment moleküllerinin katalizörlüğü altında indirgeyerek çeşitli organik maddeleri oluşturması şeklinde tanımlanabilir (Kacar ve ark., 1988).

Bir bitkinin yaprağındaki klorofil içeriği o bitkinin fizyolojik durumunu gösterir. Klorofil, klorofil a ve klorofil b şeklinde yaprakta bulunur. Işık enerjisinin

kimyasal enerjiye dönüşümünde klorofil, zorunlu pigmenttir. Güneşten emilen radyasyonun miktarı, yapraktaki fotosentetik miktarına bağlıdır. Bu nedenle fotosentetik aktivite ve birincil üretim, klorofil miktarı ve içeriğiyle ilgilidir. Bitkilerde klorofil miktarlarında oluşan değişimler klorofil ölçme aleti (SPAD) ile belirlenebilir (Curran ve ark., 1990).

Bu çalışmada, farklı sulama suyu düzeylerinin birinci ürün sorgum bitkisinin kimi fizyolojik ve morfolojik özelliklerine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır.



2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Sorgum bitkisi, içerdiği fitokimyasallar sayesinde hastalıklara ve zararlılara dayanımı yüksektir (Awika ve Rooney, 2004). Bu nedenle aşırı sulu arazilerdeki fotosentetik aktivitesi ve mineral madde alımı da yüksek olur (Gosse, 1995; Woods ve ark., 1995).

Kaplan ve Kara (2014), yapmış oldukları çalışmada farklı özelliklere sahip silajlık sorgum genotiplerinin fizyolojik özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerinin verime etkilerini incelemişlerdir. Deneme, 2 yıl süre ile tesadüf blokları deneme desenine uygun olarak 2007-2008 yıllarında sorgum yetiştirme sezonunda 3 tekrarlamalı olarak kurulmuştur. Çalışmada net fotosentez hızı, stoma iletkenliği, klorofil içeriği, yaprak alan indeksi, bitki örtüsü sıcaklığı, bitki boyu, bitki çapı ve yeşil ot verimi gibi özellikler incelenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; vejetatif dönem yaprak alan indeksi ile vejetatif dönem net fotosentez hızı ve stoma iletkenliği arasında, çiçeklenme dönemi yaprak alan indeksi ile çiçeklenme dönemi klorofil içeriği ve bitki boyu arasında, vejetatif dönem klorofil içeriği ile vejetatif ve çiçeklenme dönemi stoma iletkenliği arasında, yeşil ot verimi ile çiçeklenme dönemi klorofil içeriği ve bitki çapı arasında, vejetatif dönem net fotosentez hızı ile çiçeklenme dönemi net fotosentez hızı ve stoma iletkenliği arasında, vejetatif dönem stoma iletkenliği ile çiçeklenme dönemi net fotosentez hızı ve stoma iletkenliği arasında olumlu ilişkiler olduğunu saptamışlardır.

Murdy ve ark. (1994) yapmış oldukları çalışmada, sorgum bitkisinin 0-90 günlük gelişim süreci ile ilgili aşağıda belirtilen sonuçlara ulaşmışlardır.

- Birinci büyüme aşaması (vejetatif gelişim): Sırasıyla tohum, çıkış, 3 yaprak, 5 yaprak dönemi olarak 30 günde tamamlanmıştır.
- İkinci büyüme aşaması (üreme dönemi): Sırasıyla çiçek açımı, gelişen bayrak yaprak, salkım çıkarma öncesi dönem olarak 30 günde tamamlanmıştır.

- Üçüncü büyüme aşaması, (son aşama) çiçeğin tam açtığı dönem (tozlaşma): Sırasıyla yumuşak hamur (tepe püskülü), sert hamur, fizyolojik olgunluk dönemi olarak 30 günde tamamlanmıştır.

Türk ve Çelik (2006), yapmış oldukları çalışmada, yüksek yapılı bitkilerin çok büyük bir bölümü fotosentezde ilk ve kararlı bileşik olarak 3 karbonlu hidrokarbonları üretirler. Diğer bölümü ise 4 karbonlu bileşikler üretirler. Bu çalışmada, CO₂ özümlemesinde C-3 ve C-4 tipi bitkilerde fotosentez-solunum denge noktalarının belirlenmesi amaçlanmıştır. C-3 ve C-4 bitkilerinde CO₂ denge noktası pratik ve basit pH metodu ile ölçülmüştür. Çalışma sonucunda elde edilen veriler C-4 bitkilerinin C-3 bitkilerine göre daha düşük CO₂ konsantrasyonlarında fotosenteze devam ettiklerini göstermiştir.

Çamoğlu ve ark. (2021), Çanakkale yöresinde yapmış oldukları çalışmada, damla sulama ile sulanan tatlı mısırdaki su stresinin bitki su tüketimine, fizyolojik ve morfolojik parametreleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada altı farklı sulama konusu (S₁₀₀, S₈₀, S₆₀, S₄₀, S₂₀ ve S₀) oluşturulmuştur. Çalışma sonucunda su stresine bağlı olarak bitki su tüketiminde, klorofil miktarlarında, yaprak su içeriklerinde, taze koçan veriminde, yaprak alan indekslerinde ve kuru biyokütle miktarlarında önemli değişimler olduğunu belirlemişlerdir.

İptaş ve Yılmaz (1995), yapmış oldukları çalışmada, 1991 yılında ikinci ürün sorgum yetiştirme sezonunda değişik sorgum çeşitlerinin farklı sıra aralıklarında bazı tarımsal ve morfolojik özellikleri araştırılmıştır. Çalışmada üç çeşit sorgum-sudan otu melezi (Pioneer 988, Sugarleaf ve N₂Grozer) ve iki çeşit silajlık sorgum (EarlySumac ve Rox) kullanılmıştır. Çeşitler dört farklı sıra aralığında (15-30-45 ve 60 cm) ekilmiştir. Farklı sıra aralıkları ve bitki çeşitleri morfolojik ve tarımsal özellikler yönünden önemli farklılıklar göstermiştir. En yüksek ot verimi 8841.4 kg/da ile 15 cm sıra aralığında elde edilmiştir. Sıra aralığı arttıkça yeşil ve kuru ot veriminin azaldığı saptanmıştır.

Bayram ve Turgut, (2015) yapmış oldukları çalışmada, az miktarda gübre ve su kullanımı ile yüksek miktarda verim eldesi ve farklı topraklara kolay adaptasyon yeteneği gibi özellikleri ile etanol kaynaklar arasında yer alan şeker darı, Türkiye için de tarım ve ekonomik üretim açısından uygun bir bitki olduğunu belirlemişlerdir.

Balabanlı ve Türk, (2005), Isparta ekolojik koşullarında bazı sorgum, sudanotu melez ve çeşitlerinin verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla 2002 ve 2004 yılları arasında bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada Rox, Early Sumac, Gözde-80 ve Sugar Leaf çeşitleri kullanılmış, sorgum ve sudanotu melez ve çeşitlerinin bitki boyu, yeşil ot verimi, kuru ot verimi ve ham protein verimleri incelenmiştir. Sonuç olarak, Sugar Leaf çeşidi her iki yılda da yeşil ot, kuru ot ve ham protein verimleri yönünden en yüksek performansı göstermiştir. En düşük verimler ise Rox ve Early Sumac çeşitlerinden elde edilmiştir.

Almodares ve ark., (2011), yapmış oldukları çalışmada, kurak iklim koşullarına karşı yüksek toleransa sahip olan Tatlı Sorghum bitkisinin, sıcak ve kuru iklim koşullarında etanol üretiminde hammadde olarak kullanılabileceğini belirtmişlerdir. Çalışma İran'da sıcak ve kuru bölgelerde Tatlı Sorghum yetiştirilmiş ve hektar başına 80 ton sap, 5 ton tahıl ve 15 ton yeşil yaprak elde edilmiştir. Ayrıca, 29 tatlı sorgum çeşidinin kıyaslamaları yapılarak Rio çeşidinin daha yüksek biyokütle (117.14 ton/ha), sap verimi (95.00 ton/ha), tane verimi (5.00 ton/ha) ve yaprak verimine (17.00 ton/ha) sahip olduğu saptanmıştır.

Çakmakçı ve ark., (1999) Akdeniz Bölgesinde yaptıkları çalışmada, silaj amaçlı yetiştiricilikte sorgum bitkisi yüksek sıcaklıklara, kurağa, hastalık ve zararlılara mısırdan daha dayanıklı olduğu ve bu bölgede bir vejetasyon süresince birden fazla biçildiğini saptamışlardır.

Elçi ve ark., (1997) hayvan besleme oranının yüksek olduğu Güneydoğu Anadolu Bölgesinde yaptıkları çalışmada, hayvan besleme için çok değerli kaba yem sağlanması açısından sorgum bitkisinden yararlanılması mümkün olabildiğini saptamışlardır.

Owen ve ark., (1970) yaptıkları çalışmada, mısır üretimi için yetersiz neme sahip bölgelerde alternatif yem olarak sorgum bitkisi yetiştirilebileceğini saptamışlardır.

Barnes ve ark. (1995) yaptıkları çalışmada, kurak ve yarı kurak bölgelerde sulanarak yetiştirildiğinde iyi gelişen sorgum bitkisi, kurak dönemlerde su stresine de oldukça dayanıklı bir bitki olduğunu belirlemişlerdir.

Kumuk ve Avcıoğlu (1986), Emeklier (1993), Acar ve ark. (2001) yapmış oldukları çalışmalarda sorgum bitkisinin, sap, yaprak kını ve yaprak ayasının mum tabakasıyla kaplı olmasından dolayı bitkiden transpirasyonla kaybedilen su miktarının minimum olduğunu saptamışlardır.

Maas ve Hoffman (1986), yaptıkları çalışmada, sorgum bitkisini, tuzluluğa dayanıklılık açısından orta derecede toleranslı bir bitki olarak belirlemişlerdir.

Thakur ve Sharma (2005) yaptıkları çalışmada, sorgum bitkisinin olumsuz çevre koşullarına karşı toleranslı bir bitki olması nedeniyle tahıllar arasında beşinci sırada yer aldığını belirlemişlerdir.

Gül ve Başbağ (2005), yaptıkları çalışmada, gelişmiş ülkelerde silajlık mısırın yerini silajlık sorgum bitkisinin aldığını, silajlık sorgum bitkisinin aynı koşullarda silajlık mısıra oranla daha fazla yeşil ot verimine sahip olduğunu belirlemişlerdir. Aynı zamanda, sorgum bitkisinin doğru zamanda hasat edilmesi koşulu ile mısır bitkisine oranla daha fazla besin maddesine sahip olması ve besleme değerinin daha yüksek olması nedeniyle silaj yapımında sorgum bitkisinin daha fazla tercih edildiğini belirlemişlerdir.

Emeklier ve Köksoy (1997), 1995 yılında, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında yapmış oldukları çalışmada, en yüksek verim 40x20 cm bitki sıklığı ile 20 Nisan'da yapılan ekimden alındığını belirtmişlerdir.

Köse (2015), yapmış olduğu çalışmada, sorgum genotipleri içerisinde tuz stresinin etkilerini incelemiştir. Sonuç olarak tuz stresine en toleranslı çeşidin 2007

genotipi olduğunu ve tuz stresine en dayanıksız çeşidin ise SS79 genotipi olduğunu saptamıştır.

Dündar (2019), Adana koşullarında yapmış olduğu çalışmada, farklı sulama suyu uygulamaları altında yetiştirilen ikinci ürün sorgum bitkisinde en yüksek kuru madde veriminin (6007.4 kg/da), bitki boyunun (388.5 cm) ve sap veriminin ise (7360 kg/da) olarak en fazla sulama suyu uygulanan konudan elde edildiğini belirtmiştir.





3. MATERYAL VE METOD

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma Yeri

Araştırma, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü deneme alanında, 06.04.2018 – 29.08.2018 tarihleri arasında yürütülmüştür. Deneme alanı denizden 20 m yükseklikte olup, 37° 01' Kuzey enlemi ve 35° 21' Doğu boylamları arasında yer almaktadır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Deneme alanının genel görünümü

3.1.2. Toprak Özellikleri

Düz ve düze yakın topografyada yer alan deneme alanı toprakları, Mutlu serisi içerisindedir. Tüm profil yüksek oranda şişme özelliği olan ince kil içermekte olup kireççe orta derecede zengin ve koyu kırmızıya yakın kahverengi topraklardır. Kurak aylarda, 2-4 cm genişliğinde ve 150 cm'den daha derin çatlaklar oluşabilmektedir (Özbek ve ark., 1974).

Deneme alanı topraklarına ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Çizelge 3.1. ve Çizelge 3.2.'de verilmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme alanı toprağının bazı fiziksel özellikleri

Derinlik (cm)	Toprak Dane Büyüklük Dağılımı			Bünye	Hacim Ağırlığı (g/cm ⁻³)	Tarla Kapasitesi (g/g ⁻¹)	Solma Noktası (g/g ⁻¹)
	Kum(%)	Silt(%)	Kil(%)				
0-30	27.6	21.2	51.2	Kil	1.19	34.4	17.5
30-60	27.5	19.1	53.4	Kil	1.16	36.7	18.2
60-90	28.4	18.1	53.5	Kil	1.15	38.4	19.1
90-120	27.4	19.1	53.5	Kil	1.25	37.8	19.4

Çizelge 3.2. Deneme alanı toprağının bazı kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	Doygunluk (%)	pH	Tuz İçeriği dS/m ⁻¹	K ₂ O kg/ha ⁻¹	P ₂ O ₅ kg/ha ⁻¹	Organik madde(%)
0-30	64.6	7.87	0.21	473	25	1.34
30-60	67.3	7.61	0.12	473	29	1.07
60-90	69.3	7.81	0.14	-	-	-
90-120	66.5	7.97	0.13	-	-	-

Fiziksel ve kimyasal analizler yapmak için 120 cm profil derinliğinden 30 cm'lik katmanlar halinde sistematik örnekleme esasına göre bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır (Petersen ve Calvin, 1965; Benami ve Diskin, 1965).

3.1.3. Sulama Suyunun Sağlanması

Araştırmada kullanılan sulama suyu, Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Döner Sermaye İşletmesi Araştırma Uygulama Çiftliğinden geçen DSİ sulama kanalından sağlanmıştır. Kullanılan sulama suyuna ait örnekler USSS (1954)'de verilen esaslardan, abak ve çizelgeler kullanılarak laboratuvarında analiz

edilmiş ve sonuçlar Çizelge 3.3.'de verilmiştir. Analizler sonucunda sulama suyunun C₂S₁ sınıfında olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 3.3. Denemede kullanılan sulama suyunun analiz sonuçları

Sulama Suyu Sınıfı	EC (dS/m ⁻¹)	pH	Kasyonlar(me/l)				Anyonlar(me/l)				% Na	SAR
			Na ⁺	C ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	CO ₃	HCO ₃ ⁻	SO ₄ ⁻²	Cl ⁻		
C ₂ S ₁	0.260	7.1	1.07	2.15	1.23	0.04	-	2.29	0.72	1.48	23.8	0.82

3.1.4. Sulama Sistemi

Araştırma da kullanılan damla sulama sistemi denetim birimi, kum-çakıl filtre, disk filtre, su sayaçları, manifold, lateral, vanalar, bağlantı parçaları v.b. meydana gelmektedir. Ana hat PVC, manifold ve lateraller ise PE borulardan oluşturulmuştur. Lateraller Q16 mm çapında olup üzerinde 100 kPa işletme basıncında debisi 4.00 L/h olan damlatıcılar yer almaktadır. Damlatıcılar lateral hattı üzerinde 0.20 m, her sorgum bitki sırasına da bir lateral gelecek şekilde 0.70 m aralıklarla yerleştirilmiştir.

3.1.5. İklim Özellikleri

Yörede Akdeniz İklimi hüküm sürmekte olup; yazlar sıcak ve kurak, kışlar ılık ve yağışlıdır. Uzun yıllık iklim gözlem sonuçlarına göre, yıllık ortalama sıcaklık 18.8 °C; en soğuk ay 9.4 °C ile Ocak, en sıcak ay ise 28.0 °C ile Ağustos ayıdır. Yıllık ortalama yağış 646 mm'dir. Yağış dağılımı homojen olmayıp genellikle kış aylarında düşmektedir. Ortalama yıllık oransal nem %66, buharlaşma 1308 mm/yıl, rüzgar hızı 2.0 m/sn dolaylarındadır. Çalışmanın yürütüldüğü araştırma alanına ilişkin büyüme dönemi içerisindeki uzun yıllık ve 2018 yılı iklim verileri Çizelge 3.4.'de verilmiştir.

Çizelge 3.4. Araştırma yöresinde büyüme dönemindeki uzun yıllık ve 2018 yılı iklim verileri

Yıl	İklim Ögeleri	AYLAR				
		Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
Uzun Dönem	Sıcaklık °C (Yıl:1930-2015)	17.5	21.8	25.6	27.90	28.20
	Oransal Nem, % (Yıl:1930-2015)	65.2	64.3	66.1	65.9	65.2.
	Yağış,mm (Yıl:1930-2015)	48.6	53.8	22.9	6.2	5.5
	Rüzgar hızı, m/s (Yıl:1930-2015)	1.7	1.6	1.8	2.0	1.90
	Güneşlenme şid. M/Jm ² gün (Yıl:1930-2015)	19.4	20.9	22.4	26.30	22.20
	Buharlaşma, mm (Yıl:1930-2015)	111.2	158.0	198.2	238.6	224.8
	Buhar Basıncı Açığı, mb (Yıl:1930-2015)	7.0	9.3	11.1	11.9	12.5
2018	Sıcaklık°C	19.41	23.77	26.02	28.98	29.37
	Oransal Nem, %	60.12	62.35	68.44	67.02	65.27
	Yağış,mm	35.60	42.20	34	0	0
	Rüzgar hızı, m/s	0.77	0.72	0.76	0.75	0.65
	Güneşlenme şid. MJ/m ² gün	21.57	22.14	23.29	25.63	24.20
	Buharlaşma, mm	108.42	123.89	143.36	154.79	143.64
	Buhar Basıncı Açığı, mb	9.18	11.72	10.81	13.21	14.23

3.1.6. Bitki Çeşidi

Araştırmada, *Sorghum bicolor* (L.) moench M81E çeşidi kullanılmıştır (Şekil 3.2.). Bitki boyu 3 m’den daha fazla olup yatmaya ve kuraklığa dayanıklıdır. Yeşil ot verimi 7.5–10 ton arasındadır. 120 gün içerisinde 3 kez biçim alma imkanı sağlar. Slaj yapmak için en uygun bitkilerden birisidir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme Konuları

Çalışma konusu, tek tip Sorgum çeşidi üzerinde (M81E) gerçekleştirilmiştir. Araştırma 3 yinelemeli olarak tesadüf blokları deneme desenine göre düzenlenmiş ve 5 konu için 15 Parsel alanı oluşturulmuştur.

Denemede sulama aralığı 7 günde bir sulama yapılacak şeklinde planlanmıştır. Dört farklı bitki-pan katsayısı (Kcp1: 1.00 , Kcp2: 0.75 , Kcp3: 0.50 , Kcp4: 0.25) ile susuz konu ve örtü yüzdesi (P) (bitki gelişme süresi boyunca örtü yüzdelere göre değişen) değerleri kullanılmıştır (Kanber ve Güngör, 1986). Örtü yüzdesi değeri yaklaşık %70 değerine ulaştığında anılan değer sulama sezonu boyunca sabit olarak kullanılmıştır.



Şekil 3.2.Yetişmiş olan sorgum bitkisi

3.2.2. Buharlaşma lmleri

Çalışmada kullanılan buharlaşma değerleri deneme alanında bulunan iklim istasyonunda A-Sınıfı Buharlaşma Kabı'ndan (Class-A Pan) llerek elde edilmiştir.



şekil 3.3. A-Sınıfı Buharlaşma Kabı (Class-A Pan)

3.2.3. Sulamaların Planlanması ve Uygulanması

Denemede 4 farklı sulama konusu ve susuz konu ele alınmıştır. I_1 (%100), I_2 (%75), I_3 (%50), I_4 (%25) ve I_0 (%0). Ekimden sonra 68. güne kadar deneme parsellerine eşit miktarda sulama suyu uygulanmıştır. Ekimden 75 gün sonra konulu sulamalara başlanmıştır. Diğer sulamalar açık su yüzeyi A-Sınıfı Buharlaşma Kabı'ndan (Class-A Pan) elde edilen yaklaşık birer haftalık yığışımlı buharlaşma değerlerinin % 100 nn I_1 konusuna, %75 nin I_2 konusuna, %50 sinin I_3

konusuna ve %25 inin I₄ konusuna uygulanmasıyla gerçekleştirilmiştir. Sorgum bitkisinin çimlenmesi için yağmurlama sulama sistemi kullanılarak 18.04.2018, 25.04.2018, 04.05.2018 ve 18.05.2018 tarihlerinde sırasıyla 13 mm, 14 mm, 10 mm ve 15 mm'lik can suları uygulanmıştır. Sulama konuları oluşturulduktan sonra bitkinin büyüme dönemi boyunca gereksinim duyduğu sulama suyu damla sulama sistemi kullanılarak uygulanmıştır. Her bir deneme konusu için hesaplanan sulama suları lateral başında bulunan sayaçlardan ölçülerek verilmiştir.

İşletme sırasında lateral başında ve sonunda basınç ölçümleri yapılmış, yük kayıplarının istenilen sınırlarda kalmasına dikkat edilmiştir. Ayrıca, sulama anında daha önce etiketlenmiş her lateralın başında, ortasında ve sonunda yer alan damlatıcılardaki debi ölçümleri yapılarak, damlatıcıların istenilen debiye ulaşıldığı test edilmiştir.

Sulama suyu miktarı Kanber (1984)'de verildiği gibi açık su yüzeyi buharlaşmasından, bitki-pan katsayılarından ve örtü yüzdesi değerleri ile Eşitlik 3.1 kullanılarak hesaplanmıştır.

$$IR=A \times Ep \times K_{cp} \times P_{ört} \quad (3.1)$$

Eşitlikte:

IR : Sulama suyu miktarı (m³)

A : Parsel alanı (da)

Ep : Sulama aralıklarındaki yığışımli buharlaşma (mm)

K_{cp} : Bitki-Pan katsayısı

P_{ört} : Örtü yüzdesi (%)

3.2.4. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analizi

Araştırma alanı topraklarının temel fiziksel ve kimyasal özelliklerini saptamak amacıyla gerekli analizlerin yapılabilmesi için bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Bozulmuş toprak örnekleri, Petersan ve Calvin (1965) ile Benami ve

Diskin (1965), tarafından uygulanan sistematik örnek alma esasına göre, önceden belirlenmiş toprak profillerinin 120 cm derinliğe ulaşınca dek 30 cm'lik katmanlardan toprak örnekleri alınmıştır.

Deneme parsellerinde toprak suyu ölçümleri, sulamadan önce ve hasatta gravimetrik yöntem ile etkili kök bölgesine kadar her konudan ayrı ayrı yapılmıştır.

3.2.5. Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi

Deneme konularında bitki su tüketiminin (ET) belirlenmesinde James (1988) tarafından verilen su dengesi eşitliği kullanılmıştır (Eşitlik 3.2);

$$ET=IR+R+Cr-Dp-Rf\pm \Delta s \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

- ET : Bitki Su Tüketimi (mm)
IR : Sulama Suyu (mm)
R : Yağış (mm)
Cr : Kılcal Yükseliş (mm)
Dp : Derine Süzülme Kayıpları (mm)
Rf : Yüzey Akış Kayıpları (mm)
 Δs : Toprak Profilineki Su Değişimi (mm)

Eşitlik 3.2'deki sulama suyu miktarları, her konu için ayrı ayrı su saati aracılığıyla ölçülerek uygulanmıştır. Yağış (R) değeri, deneme alanındaki iklim gözlem istasyonundan alınmıştır. Deneme alanı topraklarında taban suyu sorunu olmadığından, kılcal yükseliş (Cr) sıfır sayılmıştır. Kök bölgesinde (120 cm) sulama öncesi nem değeri ile, uygulanan su miktarlarının toplamaları, araziye ilişkin tarla kapasitesi değerinin üzerindeki miktarı derine sızma olarak kabul edilmiştir

(Kanber ve ark. 1993). Ancak çalışmada sulamaların damla sulama sistemiyle yapılmış olması ve tarla kapasitesinin üzerinde sulama suyu uygulanmaması nedeniyle, derine sızma ve yüzey akış (Rf) kayıplarının olmadığı varsayılmıştır.

3.2.6. Sulama Suyu Kullanım Randımanı ve Su Kullanım Randımanının Saptanması

Deneme konularına uygulanan sulama suyu, ölçülen bitki su tüketimi ve elde edilen hasat verimlerine göre elde edilen sulama suyu kullanım ve su kullanım randımanı değerleri aşağıdaki eşitlikler (Eşitlik 3.3 ve Eşitlik 3.4) kullanılarak hesaplanmıştır (Howell ve ark. 1990).

$$IWUE = \frac{Y_i}{IR} \quad (3.3)$$

$$WUE = \frac{Y_i}{ET} \quad (3.4)$$

Eşitliklerde;

IWUE : Sulama suyu kullanım randımanı, kg/da-mm,

WUE : Su kullanım randımanı, kg/da-mm,

Y_i : Deneme konularından elde edilen verim miktarı, kg/da,

IR : Uygulanan sulama suyu miktarı, mm,

ET : Ölçülen bitki su tüketimi, mm' dir.

Su kullanım etkinliği (WUE), kuru madde (biyomas) veriminin (kg/da), mevsimlik bitki su tüketim (mm) değerine bölünmesiyle ve sulama suyu kullanım etkinliği değeri (IWUE) ise kuru madde (biyomas) veriminin (kg/da), uygulanan sulama suyu miktarına (mm) bölünmesiyle belirlenmiştir.

3.2.7. Tarımsal İşlemler**3.2.7.1. Tarla Hazırlığı**

Çalışmanın yürütüldüğü deneme alanı toprağı goble-disk çekilerek ekim için hazırlanmıştır. Kültivatör ve tapan çekilerek tohum yatağı oluşturulmuştur.

3.2.7.2. Ekim

Denemede araziye sorgum ekimi 06.04.2018 tarihinde ekildi, pnömatik mibzerle toprağı 2-3 cm derinliğe sıra arası 70 cm, sıra üzeri 18 cm olacak şekilde yapılmıştır. Ekimden sonra loğ çekilmiştir.

3.2.7.3. Gübreleme

İlk gübre ekimle dekara 8 kg saf madde olarak 20–20–0 (N-P-K) taban gübresi uygulanmıştır. Daha sonraki gübre uygulamaları ise konulu sulamaların başlanmasıyla dekara 8 kg saf azot (%46 üre) ikiye bölünerek (saf madde olarak 4 kg/da azot olacak şekilde) 18.05.2018 ve 20.06.2018 tarihlerinde damla sulama sistemi ile uygulanmıştır.

3.2.7.4. İlaçlama ve Bakım

Sorgum tohumları ekimden önce tohum ilacı ile toprak altı zararlılarına karşı ilaçlanmıştır. Gerekğinde zararlı otlar elle de temizlenmiştir. Denemede sorgum bitkisinin yetiştirme dönemi süresince oluşabilecek hastalık ve zararlılarla mücadele konusunda Ç.Ü. Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümünün görüşü alınmıştır.

3.2.7.5. Hasat

Fizyolojik olgunluğı gelen tatlı sorgum bitkileri 29.08.2018 tarihinde elle hasat edilmiştir. Hasatta parsellerin ortalarında yeralan 3. ve 4. sıraları dikkate alınarak, parsel başlarından 0.5 m'lik boşluklar bırakılarak yapılmış ve daha sonra dekara verim hesaplamaları yapılmıştır.

3.2.8. Bitki Gelişimine İlişkin Gözlem ve Ölçümler

Denemede gözlem ve ölçümlere sorgum bitkisinin çıkışıyla başlanmış ve bitki gelişiminin tamamlandığı fizyolojik olgunluğa kadar devam edilmiştir. Çalışmada sorgum bitki gelişimi ile ilgili tüm ölçümler deneme konularını temsil eden bitkilerden alınmıştır.

3.2.8.1. Bitki Boyu

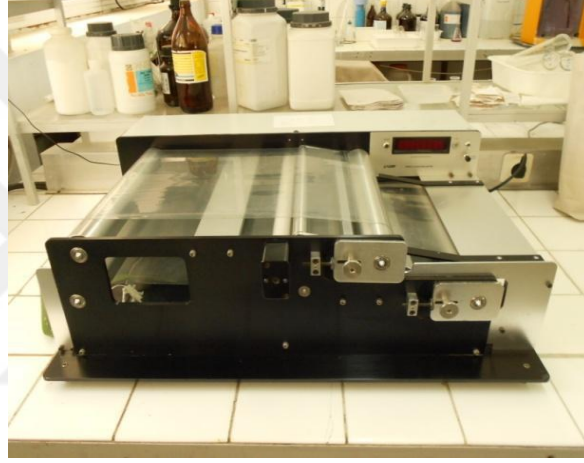
Çalışmada boy ölçümleri, bitki büyüme dönemi boyunca yaklaşık 2 hafta arayla her konuda seçilen 5 bitkinin, tepe püskülünün çıktığı boğum ile toprak seviyesi arasındaki düşey uzunluklar ölçülerek belirlenmiştir (Şekil 3.4.).



Şekil 3.4. Bitki boyları ölçüm işlemi

3.2.8.2. Yaprak Alan İndeksi (LAI)

Yaprak alan indeksi (LAI) için denemede bitki sıralarının 0.60 m'lik uzunlukları kullanılmış ve 3 bitki alınarak işlemler yapılmıştır. Alınan uzunluk üzerindeki bitkiler, toprak yüzeyinden kesilerek; örneğin içerdiği yaprakların tümünün bir yüzeylerinin alanları, optik yaprak alan ölçer kullanılarak ölçülmüştür. (Şekil 3.5.). Elde edilen yaprak alanların toplamı, alınan bitkilerin temsil ettiği alana oranlanarak yaprak alan indeksleri hesaplanmıştır (Mitchell, 1970).



Şekil 3.5. Çalışmada kullanılan yaprak alan ölçer aleti

3.2.8.3. Kuru Madde Miktarları (Biyomas)

Kuru madde (Biyomas) değerleri, yaprak alan indeksinin belirlenmesinde kullanılan bitki örneklerinden saptanmıştır. Yaprak alanları ölçüldükten sonra, yaprak dahil, tüm bitki kısımları küçük parçalara ayrılarak, kağıt torbalar içinde 65-68 °C'lik etüvde sabit ağırlığa ulaşmaya kadar kurutulmuştur (Roberts ve ark., 1985). Kurutulan örnekler tartılmış ve alınan bitki örneğinin temsil ettiği alana oranlanarak birim alana düşen kuru madde miktarı hesaplanmıştır (Gardner ve ark., 1985).

3.2.9. Eko-Fizyolojik Ölçümleri

3.2.9.1. Fotosentez Ölçümleri

Çalışmada sorgum bitkisinin net fotosentez ölçüm miktarlarının belirlenmesi için taşınabilir fotosentez ölçüm aleti (CI-340 Handheld Photosynthesis system) kullanılmıştır (Şekil 3.6.). Fotosentez hızı $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Uygulamalara ait her tekerrürden bütün parsellerde, güneşe bakan ve gelişmesini yeni tamamlamış genç 4 yaprakta ölçümler yapılmıştır. Ölçümler öğle saatlerinde, sulanan ve sulanmayan konulardan 11:00 ile 13:00 saatleri arası, sulamalardan bir gün önce ve bir gün sonra olacak şekilde yapılmıştır.



Şekil 3.6. Taşınabilir fotosentez ölçüm aleti (CI-340 Handheld Photosynthesis system)

3.2.9.2. Transpirasyon Ölçümleri

Denemede sorgum bitkisinin transpirasyon (terleme) ölçüm miktarlarının belirlenmesi için taşınabilir fotosentez ölçüm aleti (CI-340 Handheld Photosynthesis system) kullanılmıştır. Transpirasyon ölçümleri ($\text{mmol H}_2\text{O m}^{-2}\text{s}^{-1}$) olarak ölçülmüştür. Çalışmada ölçümler fotosentez miktarlarının belirlenmesinde olduğu gibi her tekerrürden bütün parsellerde, güneşe bakan ve gelişmesini yeni tamamlamış genç 4 yaprakta yapılmıştır. Ölçümler öğle saatlerinde, sulanan ve

sulanmayan konulardan 11:00 ile 13:00 saatleri arası, sulamalardan bir gün önce ve bir gün sonra olacak şekilde yapılmıştır.

3.2.9.3. Stoma İletkenliği Ölçümleri

Çalışmada sorgum bitkisinin stoma iletkenliği ölçüm miktarlarının belirlenmesi için taşınabilir porometre ölçüm aleti (Leaf Porometer, model SC1) kullanılmıştır (Şekil 3.7.). Stoma iletkenliği ölçümleri ($\text{mmol m}^{-2}\text{s}^{-1}$) olarak ölçülmüştür. Fotosentez ve transpirasyon ölçümlerinde olduğu gibi ölçümler her tekerrürden bütün parsellerde, güneşe bakan ve gelişmesini yeni tamamlamış genç 4 yaprakta öğle saatlerinde, sulanan ve sulanmayan konulardan 11:00 ile 13:00 saatleri arası, sulamalardan bir gün önce ve bir gün sonra olacak şekilde yapılmıştır.



Şekil 3.7. Taşınabilir porometre ölçüm aleti (Leaf Porometer, model SC1)

3.2.9.4. Yaprak Klorofil Miktarının Belirlenmesi

Denemede konulara ait yaprak klorofil miktarları (SPAD Okumaları) SPAD-502 metre (Minolta, Osaka, Japonya) aleti ile belirlenmiştir. SPAD okumaları da diğer eko-fizyolojik ölçümlerde olduğu gibi, her tekerrürden bütün parsellerde, güneşe bakan ve gelişmesini yeni tamamlamış genç 4 yaprakta öğle saatlerinde, sulanan ve sulanmayan konulardan 11:00 ile 13:00 saatleri arasında yapılmıştır (Şekil 3.8).



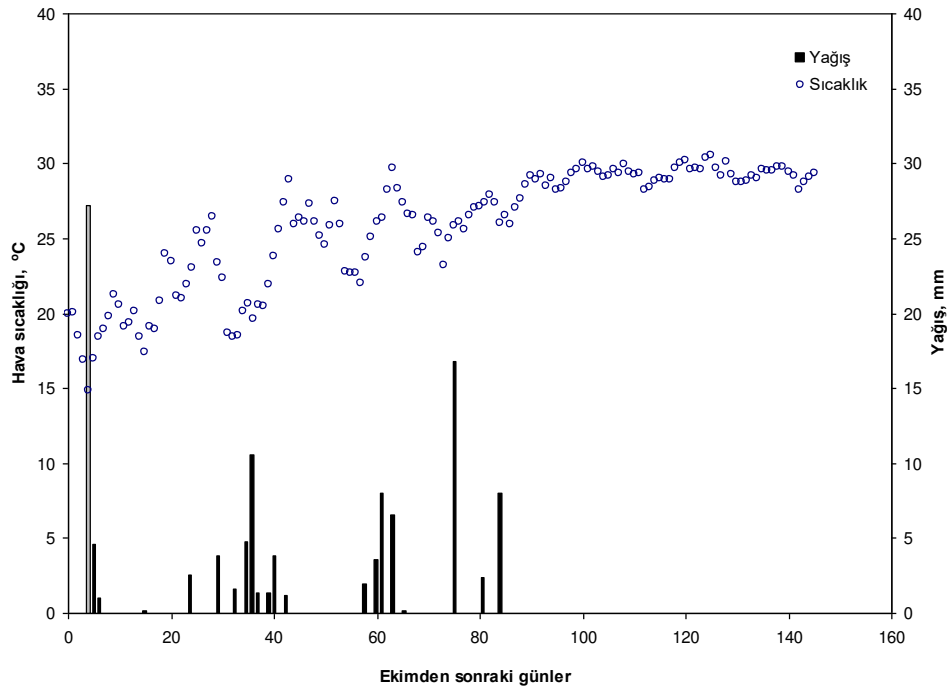
Şekil 3.8. Taşınabilir SPAD ölçüm aleti (SPAD-502 metre, Minolta, Osaka, Japonya)



4. BULGULAR VE TARTIŞMA

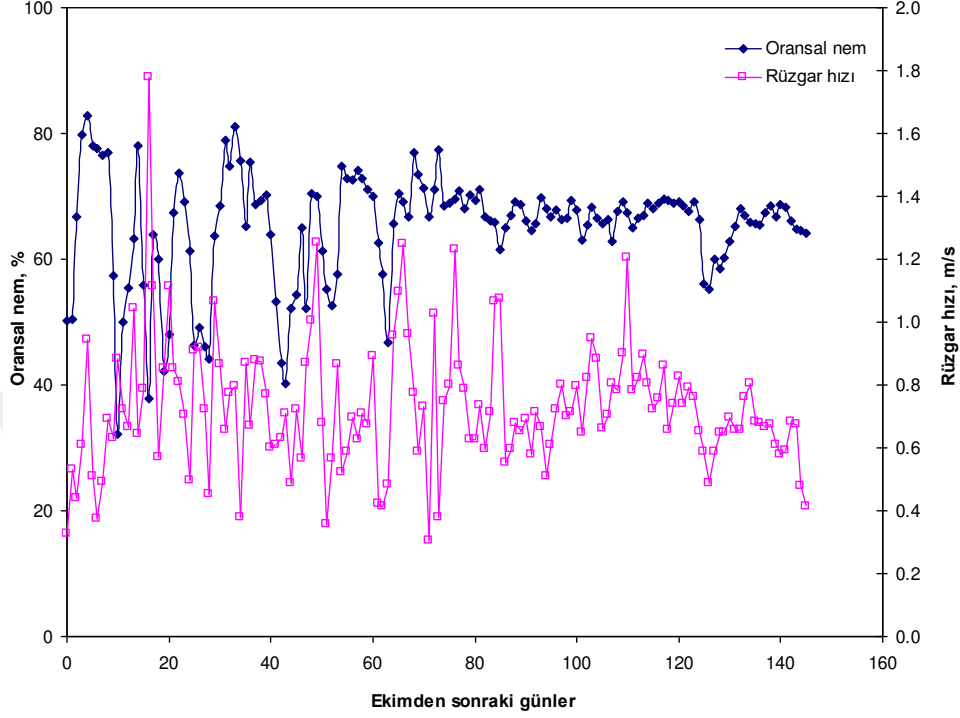
4.1. Yörenin İklim Koşulları

Deneme boyunca ölçülen yağış, ortalama hava sıcaklık, oransal nem ve rüzgar hızları değerlerinin zamansal değişimleri Şekil 4.1 ve Şekil 4.2’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.1. Deneme boyunca ölçülen yağış ve ortalama hava sıcaklık değerlerinin zamansal değişimleri

Şekil 4.1'den anlaşılabacağı gibi, ortalama hava sıcaklık değerleri genel olarak deneme başından deneme sonunu kadar artış göstermiştir. Çalışma boyunca ölçülen en yüksek ortalama hava sıcaklık değeri 30.6 °C olmuştur. Anılan şekilden görüleceği gibi denemede ölçülen en yüksek yağış miktarı ise 27.2 mm olarak deneme başlangıç döneminde ölçülmüştür.



Şekil 4.2. Deneme boyunca ölçülen ortalama oransal nem ve rüzgar hızı değerlerinin zamansal değişimleri

Şekil 4.2'den anlaşılacağı gibi deneme boyunca ortalama oransal nem ve rüzgar hızı değerleri fazla değişim göstermemiştir. Deneme süresince en yüksek ortalama oransal nem miktarı %83 ve rüzgar hızı ise 1.8 m/s olarak saptanmıştır.

4.2. Sorgum Bitkisinin Gelişimi

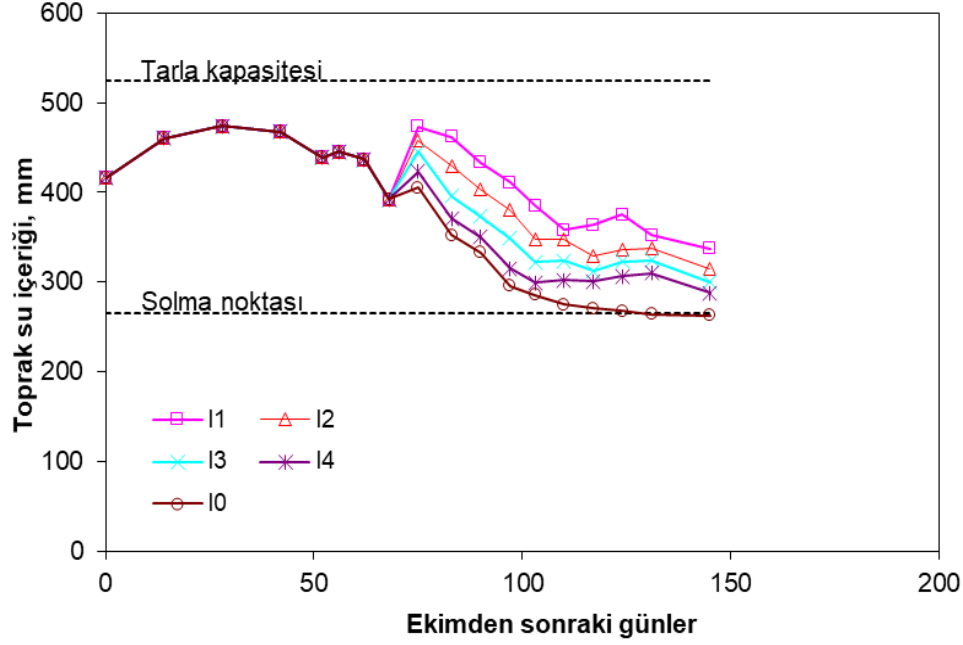
Birinci ürün olarak 06.04.2018 tarihinde ekilen sorgum bitkisinde, 17.04.2018 tarihinde filizlenme gerçekleşmiştir. Ekimden sonra 146. günde fizyolojik olgunluğa erişen sorgum bitkisi 29.08.2018 tarihinde hasat edilmiştir. Sorgum bitkisinin bazı fenolojik gelişme dönemleri ve tarihleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

Çizelge 4.1. Sorgum bitkisinin bazı fenolojik gelişme dönemleri ve tarihleri

Gelişme Dönemleri	Tarih
Ekim	06.04.2018
Çıkış	17.04.2018
Tepe püskülü çıkışı	15.07.2018
Tozlaşma	30.07.2018
Süt Olumu	11.08.2018
Hasat	29.08.2018

4.3. Toprak Su Kapsamlarının Değişimi

Çalışmanın tüm konularında, toprak profilinin 120 cm derinliğinde sulama öncesi gravimetrik yöntemle belirlenen toprak su kapsamlarının zamansal değişimleri Şekil 4.3’de gösterilmiştir. Anılan şekilden görüldüğü gibi araştırma süresi boyunca I_0 dışında diğer tüm konularda (I_1 , I_2 , I_3 ve I_4) ölçülen toprak su içerikleri tarla kapasitesi ile solma noktası değerleri arasında kalmıştır. I_0 konusunun toprak su içeriğinin ise araştırma sonlarına doğru solma noktasının altına düştüğü belirlenmiştir. Genel olarak incelendiğinde en yüksek toprak su içeriği değerleri en fazla sulama suyu uygulanan I_1 konusunda ölçülmüştür. Ayrıca, büyüme mevsiminin ilerlemesiyle birlikte artan bitki gelişimi ve hava sıcaklıkları nedeniyle tüm konulara ait toprak su içeriklerinin zamanla azalmış olduğu belirlenmiştir.



Şekil 4.3. Deneme süresince konularda ölçülen toprak su kapsamlarının değişimleri

4.4. Sulama Suyu Miktarları

Çalışmada tohum ekiminden sonra bitkilere uygulanan can suları yağmurlama sulama sistemi ile yapılmıştır. Daha sonra denemede konulu sulamalara başlanması ile damla sulama sistemi kullanılarak sulamalar yapılmıştır. Denemede farklı sulama konularına uygulanan toplam sulama suyu tarihleri, sayıları ve miktarları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Anılan çizelgeden görüleceği gibi çalışmada konulu sulamalara 13.06.2018 tarihinde (ekimden sonra 68. günde) başlanmıştır. Farklı sulama düzeylerinde sulanan deneme konularına uygulanan toplam sulama suyu miktarlarının 142 mm ile 414 mm arasında değiştiği belirlenmiştir. En fazla sulama suyu miktarı I₁ konusuna uygulanırken, en az sulama suyu miktarı ise I₄ konusuna uygulanmıştır. Bitki büyüme dönemi boyunca deneme konularına, can suları dışında damla sulama sistemi kullanılarak 10 kez sulama yapılmıştır.

Çizelge 4.2. Deneme konularına ilişkin sulama tarih, sayı ve miktarları (mm).

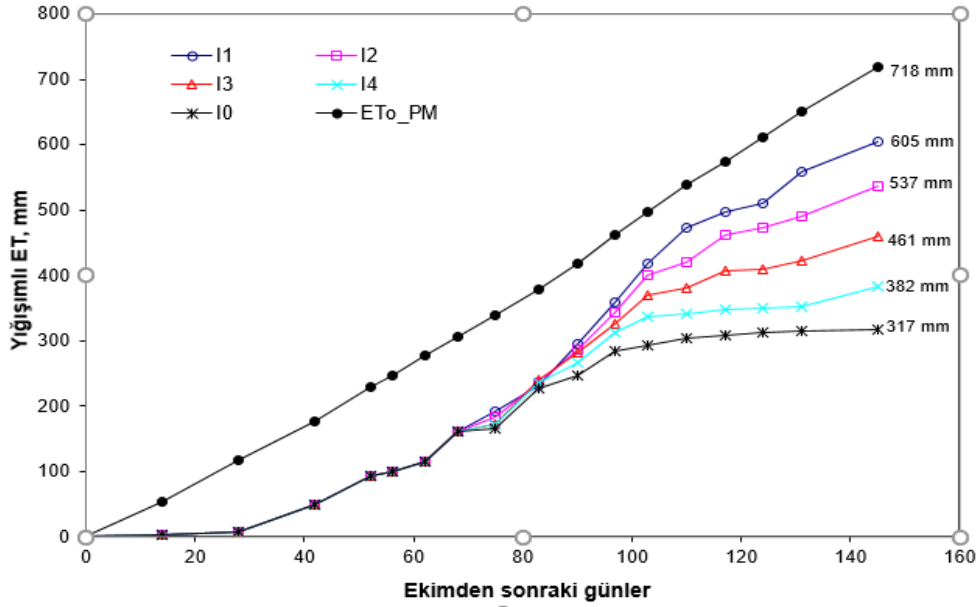
Ekim Tarihi:	6.04.2018	Konulara Göre Uygulanan Sulama Suyu				
Tarih	DAP	Sulama sayısı	I1	I2	I3	I4
18.04.2018	12	Can Suyu	13	13	13	13
25.04.2018	19	Can Suyu	14	14	14	14
4.05.2018	28	Can Suyu	10	10	10	10
18.05.2018	42	Can Suyu	15	15	15	15
13.06.2018	68	1	93	70	46	23
20.06.2018	75	2	21	15	10	5
28.06.2018	83	3	35	27	18	9
5.07.2018	90	4	41	31	21	10
12.07.2018	97	5	33	25	16	8
19.07.2018	104	6	28	21	14	7
26.07.2018	111	7	29	22	15	7
2.08.2018	118	8	26	19	13	7
9.08.2018	125	9	25	19	13	6
16.08.2018	132	10	31	23	15	8
Toplam			414	324	233	142

4.5. Sorgum Bitki Su Tüketimi (ET)

Denemede farklı sulama düzeylerinde konulara göre belirlenen yığılmı bitki su tüketim değerleri Şekil 4.4'de gösterilmiştir. Söz konusu şekilden görüldüğü gibi bitki büyüme mevsiminin ilerlemesi ile birlikte bitkilerin büyümesi ve artan hava sıcaklık değerlerinden dolayı bütün konularda bitki su tüketim değerinin artmış olduğu belirlenmiştir. Araştırmadan elde edilen en yüksek gerçek bitki su tüketim değeri 605 mm ile I1 konusunda oluşurken, I2 konusunda 537 mm, I3 konusunda 461 mm, I4 konusunda 382 mm ve en düşük gerçek bitki su tüketim

değeri ise hiç sulanmayan I0 konusunda 317 mm olarak belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlardan anlaşılacağı gibi fazla sulama suyu uygulanan konularda bitki gelişimlerinde daha fazla olmuş ve sonuçta daha fazla su tüketimleri meydana gelmiştir.

Singh ve Singh (1995) sorgum bitkisi ile yapmış oldukları dört farklı sulama seviyeleri altında (1.0ET, 0.6ET, 0.3ET ve 0.15ET) toplam bitki su tüketim değerlerini sırasıyla, 605 mm, 537 mm, 461 mm, 382 mm ve 317 mm olarak saptamışlardır.



Şekil 4.4. Bitki su tüketimlerinin konularına göre zamansal değişimleri

4.6. Sorgum Su Kullanım Randımanları

Deneme konuları için belirlenen sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su kullanım randımanı (WUE) sonuçları, Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çalışmada elde edilen dekar başına en yüksek kuru madde (biyomas) verim değerleri, uygulanan toplam sulama suyuna bölünerek sulama suyu kullanım

randımanı (IWUE); mevsimlik su tüketimine bölünerek ise toplam su kullanım randımanı (WUE) hesaplanmıştır.

Çizelge 4.3. Sorgum Bitkisinin Sulama Suyu ve Su Kullanım Randımanları

Konular	Kuru Madde Miktarı, kg/da	ET, mm	Sulama Suyu Miktarı, mm	IWUE, kg/da mm	WUE, kg/da mm
I1	6020	605.2	414.2	14.5	9.9
I2	5040.5	536.6	323.5	15.6	9.4
I3	4560	460.6	232.9	19.6	9.9
I4	4200	382.1	142.2	29.5	11.0

Çizelgede görüldüğü gibi sulama suyu kullanım randımanı değerleri 14.5-29.5 kg/da-mm, su kullanım randımanı değerleri ise 9.9 - 11.0 kg/da-mm arasında değişmiştir. Çalışmadan elde edilen en yüksek sulama suyu kullanım randımanları 29.5 kg/da.mm değeri ile I4 konusundan elde edilmiştir. Denemede en yüksek toplam su kullanım randımanı ise 11.0 kg/da.mm ile yine I4 konusundan elde edilmiştir. Deneme konuları içerisinde en düşük sulama suyu kullanım randımanı, 14.5 kg/da.mm değeri ile I1 konusundan elde edilmiştir. En düşük su kullanım randımanı ise I2 konusundan elde edilmiştir.

Şimşek ve Gerçek 2005 yılında, yapmış oldukları çalışmada toplam su kullanım randımanı (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerlerinin, konulara ve yıllara göre önemli değişim göstermediğini belirtmişlerdir. Lyle ve Bordovsky (1995), yapmış olduğu çalışmada IWUE değerini, 1.9 kg/m^3 , Musick ve Dusek (1980), $1.25\text{-}1.46 \text{ kg/m}^3$ arasında olduğunu bildirmişlerdir.

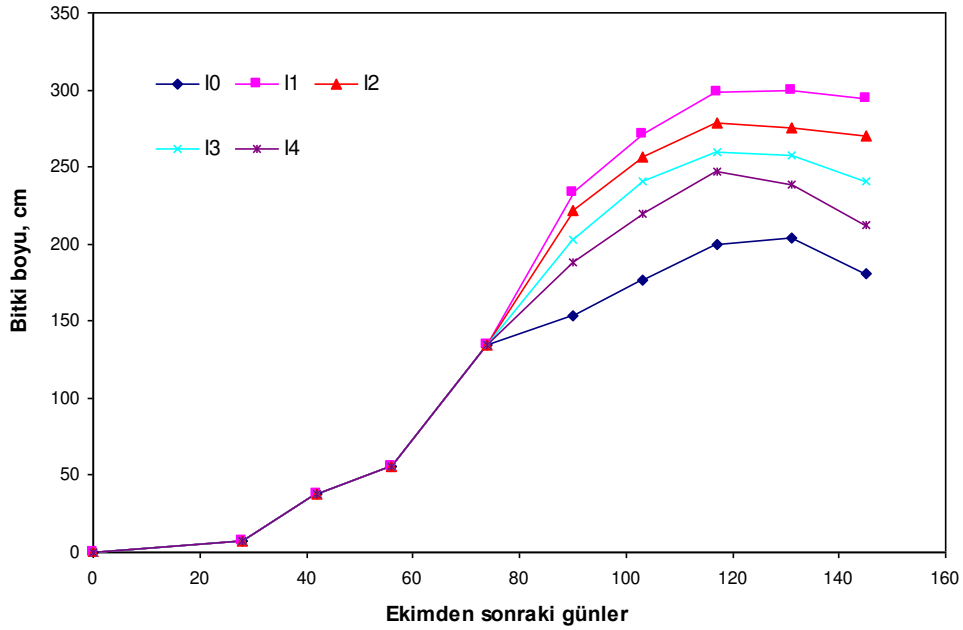
4.7. Bitki Ölçümleri

Deneme süresi boyunca, bitki boyu, yaprak alan indeksi, kuru madde miktarı ve bitki taç genişliği belirli aralıklarla ölçülmüştür.

4.7.1. Bitki Gelişimi ile İlgili Parametreler

4.7.1.1. Bitki Boyu

Çalışmada her konuda belirlenen 5'er bitkide bitki boy ölçümleri yapılmıştır. İlk bitki boy ölçümü bitkilerin ekiminden 28 gün ve son bitki boy ölçümü ise 146 gün sonra olacak şekilde toplamda 9 ölçüm gerçekleştirilmiş ve grafiklenerek Şekil 4.5'de gösterilmiştir.



Şekil 4.5. Konulara göre ölçülen bitki boylarının zamansal değişimleri

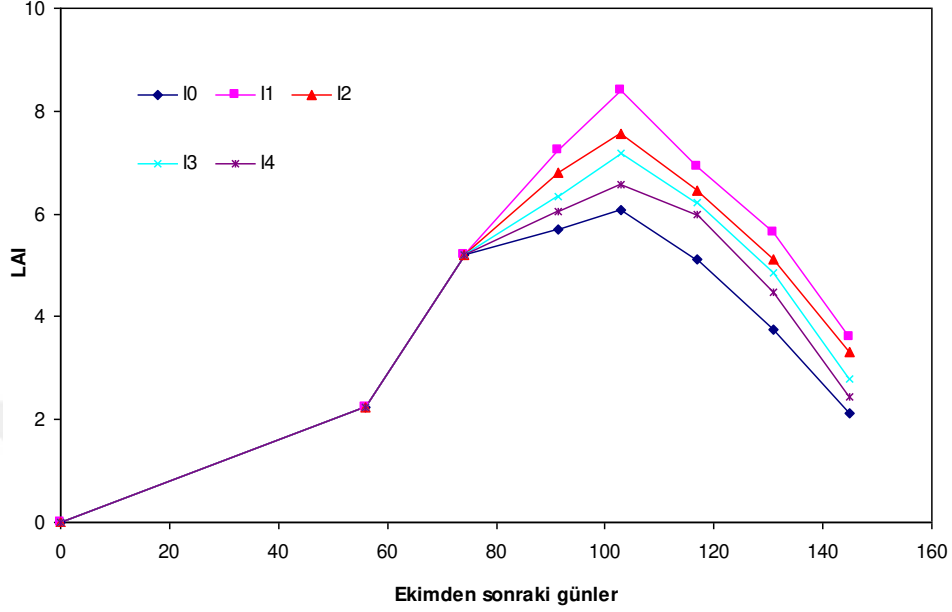
Çalışmada en yüksek bitki boyu bitkilerin ekiminden 131 gün sonra yapılan ölçümlerinde I1 konusundan 300 cm olarak elde edilmiştir. Deneme

sonunda yapılan ölçümler dikkate alındığında ise, en yüksek bitki boyu değeri I1 konusundan (294 cm) ve en düşük bitki boyu değeri ise I0 konusundan (181 cm) elde edildiği saptanmıştır. Ayrıca, I2 konusunu temsil eden bitkilerin bitki boylarının 270 cm, I3 konusunu temsil eden bitkilerin ise bitki boylarının 241 cm ve I4 konusunu temsil eden bitkilerin boylarının ise 212 cm olduğu belirlenmiştir. Çalışma sonunda, genel olarak deneme konuları incelendiğinde, tam sulanan konularla (I1) kıyaslandığında, %25 düzeyinde kısıntılı sulanan konulara ait (I2) bitki boylarının yaklaşık %9, %50 düzeyinde kısıntılı sulanan konuların (I3) boylarının yaklaşık %22, %75 düzeyinde kısıntılı sulanan konuların (I4) bitki boylarının ise yaklaşık %39 ve sulama yapılmayan konuların (I0) bitki boylarının yaklaşık %62 oranında daha az olduğu belirlenmiştir. Tüm bu sonuçlar dikkate alındığında, çalışmada farklı sulama düzeylerinin bitki boylarını farklı seviyelerde etkilediği saptanmıştır.

Freeman ve ark. (1973)'de yapmış oldukları çalışmada, tatlı sorgum bitki boyunun 4.8 m olduğunu saptamışlardır. Subramanian (2013), tatlı sorgumda bitki boyunun 0.93 m ile 4.40 m arasında değiştiğini bildirmiştir. Dweikat (2014), 4-5 aylık yetiştirme periyodunda sorgum bitkisinin 4.5 m'ye kadar uzadığını saptamıştır. Yücel ve ark. (2017), Çukurova yöresinde yaptığı çalışmada, aynı sulama uygulamalarında farklı genotiplerde bitki boylarının 1.16 m ile 4.19 m arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Dündar (2019), yapmış olduğu çalışmada Çukurova yöresinde, farklı sulama suyu miktarları ile sulanan sorgum bitkilerinin ortalama boylarının 2.83 m ile 3.89 m aralığında değiştiğini saptamıştır. Söz konusu araştırmalar, çalışmamızdan elde edilen sonuçların önceki araştırma sonuçlarıyla uyum içerisinde olduğunu göstermektedir.

4.7.1.2. Yaprak Alan İndeksi (LAI)

Çalışmada belirlenen konulara göre elde edilen yaprak alan indeksi (LAI) Şekil 4.6'de gösterilmiştir.



Şekil 4.6. Konulara göre belirlenen yaprak alan indekslerinin zamansal değişimleri

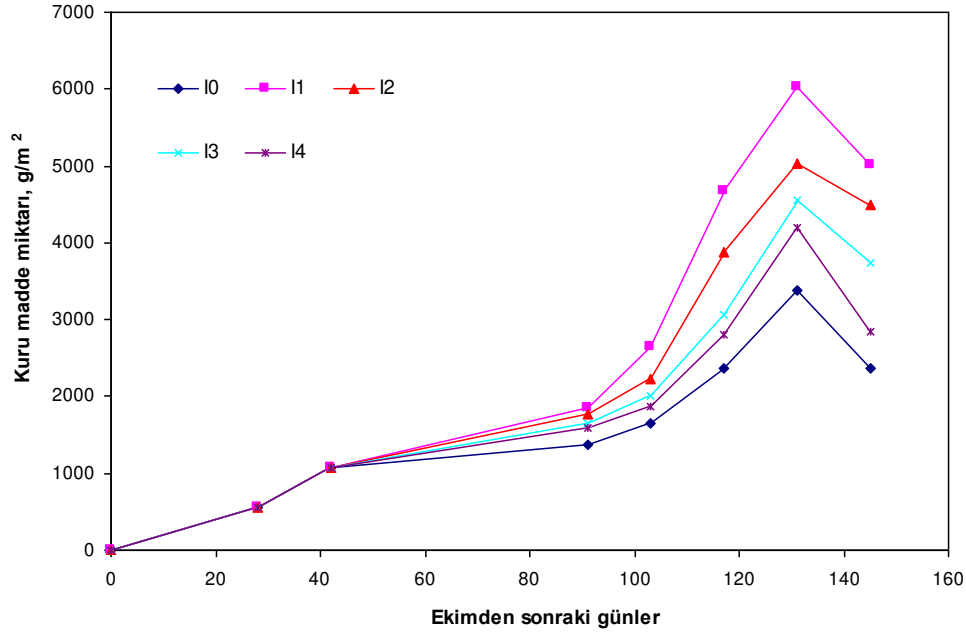
Şekil 4.6'dan anlaşılabacağı üzere ölçülen yaprak alan indeksi (LAI) değerleri bitki gelişimine bağlı olarak artış göstererek bitkinin tam gelişme döneminde en yüksek değere ulaşmış ve daha sonra hasata doğru azalan bir tavır sergilemiştir. Söz konusu şekilden de görüldüğü gibi, LAI değerlerinin beş konuda da en yüksek değerlere ekimden 103 gün sonra ulaştığı ve daha sonra azalmaya başladığı belirlenmiştir. Çalışmada en yüksek LAI değeri 8.41 ile I_1 konusundan elde edilmiştir. Yaprak alan indeksi yönünden en yüksek değerler elde ettiğimiz I_1 sulama konusuyla diğer sulama konuları karşılaştırıldığında, I_2 konusunun yaklaşık olarak %9, I_3 konusunun yaklaşık olarak %29, I_4 konusunun yaklaşık olarak %48 ve I_0 konusunun %71 oranında daha düşük yaprak alanına sahip olduğu belirlenmiştir.

Ramazanadeh ve Asgharipour (2011), yapmış oldukları çalışmada çiçeklenme döneminde yaprak alan indeksi ölçümlerinde en yüksek değerleri elde etmişlerdir. Kaplan ve Kara (2014), yapmış oldukları çalışmada iki yıl boyunca

çiçeklenme döneminde ölçtüğü yaprak alan indeksi değerlerini kıyaslamıştır. Birinci yılda 4.05-5.54 arasında olan LAI değerleri, ikinci yılda 3.33-4.75 arasında ölçülmüş ve iki yılın ortalaması 3.96-5.12 değerleri arasında değiştiğini belirlemiştir.

4.7.1.3. Kuru Madde Miktarı

Çalışma süresi boyunca bitkilerin toprak üstü aksamalarına ilişkin kuru madde miktarlarının zamansal değişimleri Şekil 4.7’de gösterilmiştir.



Şekil 4.7. Konulara göre belirlenen kuru madde miktarlarının zamansal değişimleri

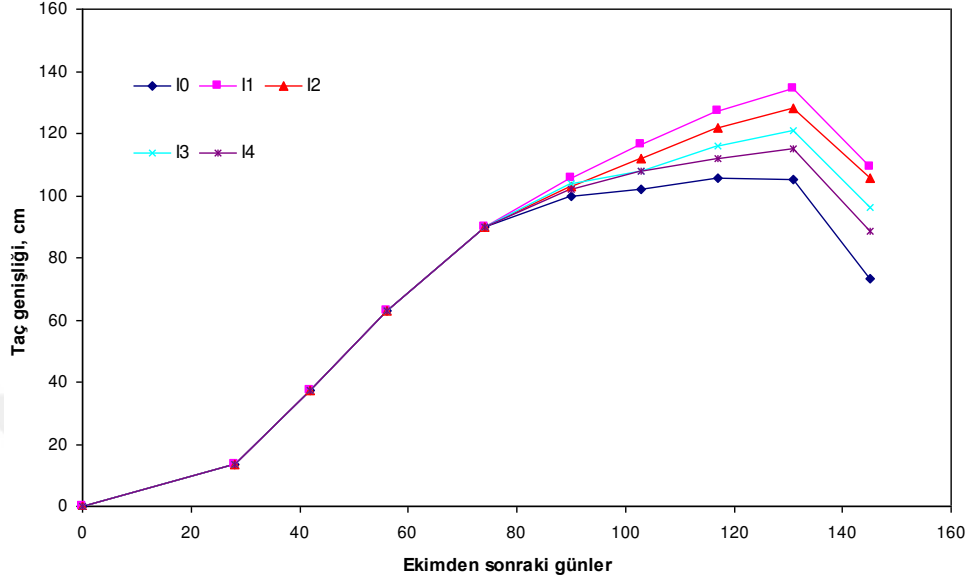
Söz konusu şekilden görüleceği gibi en yüksek kuru madde miktarlarına, ekimden 131 gün sonra ulaşılmıştır. Anılan değerler I₀ konusu için 3380 g/m², I₁ konusu için 6020 g/m², I₂ konusu için 5041 g/m², I₃ konusu için 4560 g/m² ve I₄ konusu için 4200 g/m² olarak belirlenmiştir. Araştırma sonunda I₁ sulama konusu ile diğer konular kıyaslandığında, I₂ konusunda kuru madde miktarının yaklaşık

%19, I₃ konusunda kuru madde miktarının yaklaşık %32, I₄ konusunda kuru madde miktarının yaklaşık %43 ve sulama yapılmayan I₀ konusunda kuru madde miktarının yaklaşık %78 oranında daha az olduğu saptanmıştır. Elde edilen değerler incelendiğinde bitki büyüme mevsimi boyunca kuru madde miktarı olarak en yüksek değerler I₁ sulama konusundan elde edilmiştir.

Baytekin (1990), Çukurova bölgesinde yaptığı çalışmada, silajlık sorgum çeşitlerinde kuru madde veriminin 1801.7- 2270.5 kg/da aralığında olduğunu belirlemiştir. Arslangiray ve ark. (1991), silajlık sorgum bitkisiyle yapmış oldukları çalışmalarda kuru madde veriminin 730-3019.7 kg/da değerleri arasında olduğunu saptamışlardır.

4.7.1.4. Bitki Taç Genişliği

Çalışmada bitki taç genişliklerinin ölçülmesi amacıyla her konudan 5'er bitki seçilip işaretlenmiştir. İşaretlenen bu bitkilerden bitki büyüme mevsimi boyunca bitki taç genişliği ölçümleri yapılmıştır. İlk bitki taç genişliği ölçümleri bitki ekim tarihinden 28 gün sonra yapılmıştır. Deneme boyunca 9 kez yapılan bitki taç genişliği ölçümü son olarak bitki ekim tarihinden 146 gün sonra (hasat tarihi) yapılmıştır. Araştırmadan elde edilen bitki taç genişliği ile ilgili ölçüm sonuçları grafiklenerek Şekil 4.8'de gösterilmiştir.



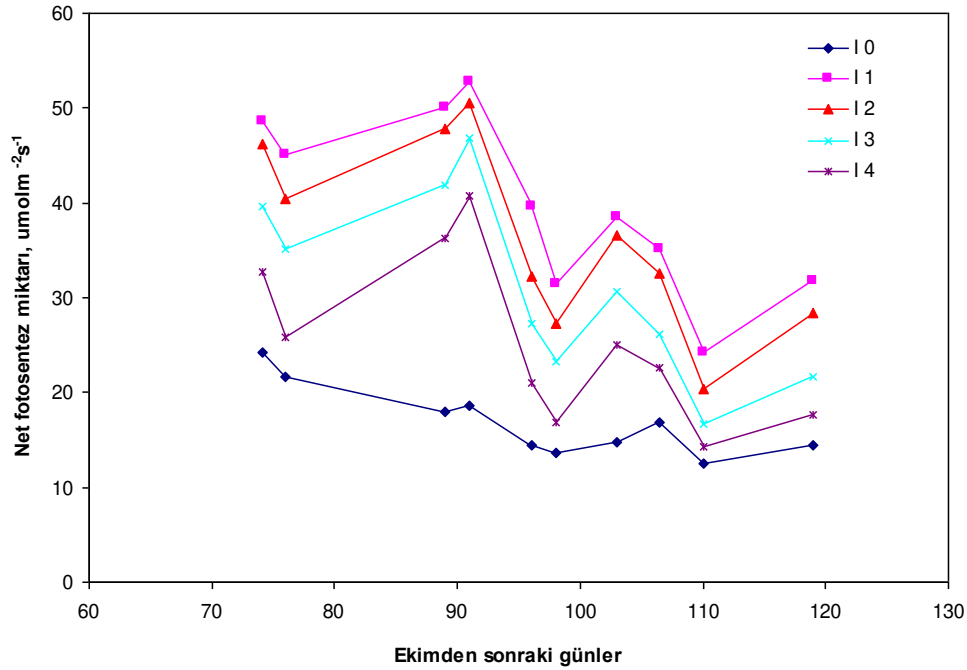
Şekil 4.8. Konularına göre ölçülen bitki taç genişliği değerlerinin zamansal değişimleri

Anılan şekilden görüleceği gibi bitki taç genişliği ölçümlerinde en yüksek değerler, ekimden sonraki 131. günde elde edilmiştir. Söz konusu günde konular arasında ölçülen en yüksek bitki taç genişliği değeri I₁ konusundan 134.3 cm olarak elde edilmiştir. Hasat zamanı yapılan bitki taç genişliği ölçümlerinde ise en yüksek değer yine I₁ konusundan 109.3 cm olarak elde edilmiştir. En düşük değer ise I₀ konusundan 73.4 cm olarak ölçülmüştür. Diğer konulardan I₂ konusunda bitki taç genişlik değeri 105.5 cm, I₃ konusunda bitki taç genişlik değeri 96 cm ve I₄ konusunda bitki taç genişlik değeri de 88.7 cm olarak ölçülmüştür. Deneme sonunda en yüksek değerlerin ölçüldüğü I₁ konusuyla diğer konular karşılaştırıldığında, I₂ konusuna ait bitki taç genişliğinin yaklaşık olarak %4, I₃ konusuna ait bitki taç genişliğinin yaklaşık olarak %14, I₄ konusuna ait bitki taç genişliğinin yaklaşık olarak %23 ve I₀ konusuna ait bitki taç genişliğinin ise yaklaşık olarak %49 oranında daha az olduğu saptanmıştır.

4.8. Eko-Fizyolojik Ölçüm Sonuçları

4.8.1. Fotosentez Ölçümleri

Sorgum bitkisinde deneme süresince farklı sulama düzeylerinde, sulama öncesi ve sonrası yapılan net fotosentez ölçüm sonuçları Şekil 4.9’da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Net fotosentez miktarlarının konularına göre zamansal değişimleri

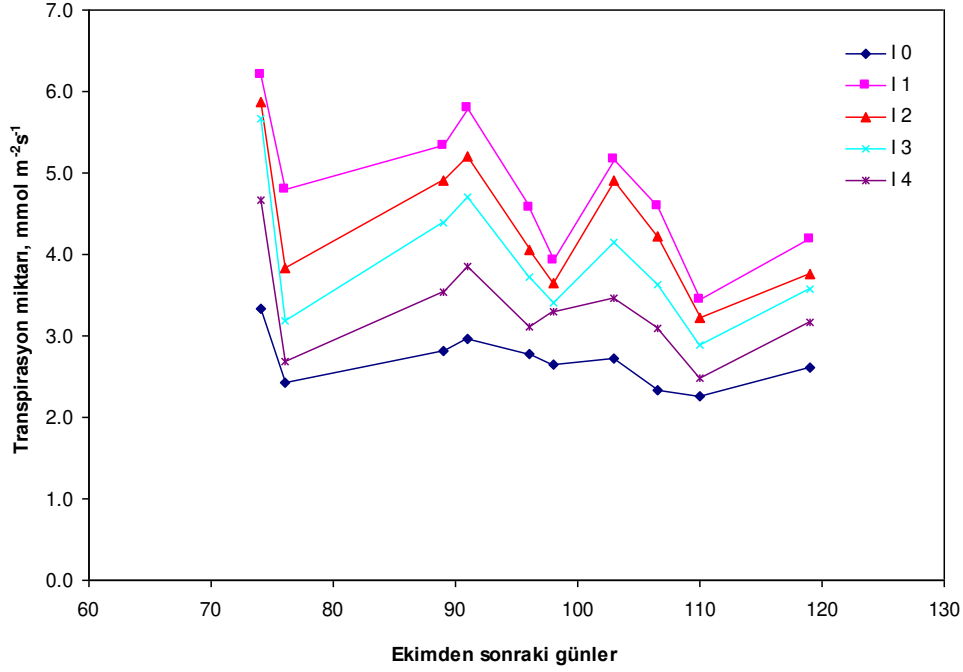
Anılan şekilden görüldüğü gibi deneme süresince farklı sulama düzeylerine ilişkin elde edilen net fotosentez miktarları sulama suları ve yağış miktarlarına bağlı olarak artış ve azalışlar göstermiştir. Çalışmada en düşük net fotosentez miktarları sulanmayan I0 konusundan elde edilirken, en yüksek net fotosentez değerleri ise tam sulama konusundan (I1 konusundan) elde edilmiştir. Denemede elde edilen en yüksek net fotosentez miktarları I1 konusunda $53 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I2 konusunda $51 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I3 konusunda $47 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I4 konusunda $41 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ve I0 konusunda ise $24 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Elde edilen ölçüm

sonuçlarından anlaşılacağı gibi net fotosentez miktarları su kısıtlamasının yapılmadığı tam sulama konusunda diğer su kısıtlamasının yapıldığı konulara oranla daha yüksek değerde ölçülmüştür.

Kaplan ve Kara (2014), farklı özelliklere sahip silajlık sorgum genotiplerinin fizyolojik özelliklerinin belirlenmesi ve bu özelliklerinin verime etkilerinin incelenmesi amacıyla yapmış oldukları çalışmada, net fotosentez ölçümleri ile ilgili olarak bizim deneme ile benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

4.8.2. Transpirasyon Ölçümleri

Transpirasyon, buhar halinde bitki stomalarından meydana gelen su kayıpları olarak tanımlanır. Sorgum bitkisinde deneme süresince farklı sulama düzeylerinde, sulama öncesi ve sonrası yapılan transpirasyon ölçüm sonuçları Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Anılan şekilde deneme süresince farklı sulama düzeylerine ilişkin elde edilen transpirasyon ölçüm değerleri, sulama suları ve yağış miktarlarına bağlı olarak artış ve azalışlar göstermiştir. Çalışmada elde edilen en yüksek transpirasyon miktarları I1 konusunda $6.2 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I2 konusunda $5.9 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I3 konusunda $5.7 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I4 konusunda $4.7 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ve I0 konusunda ise $3.3 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Su kısıtlamasının yapılmadığı tam sulama konusunda, diğer su kısıtlamasının yapıldığı konulara oranla daha yüksek transpirasyon değerleri elde edilmiştir.

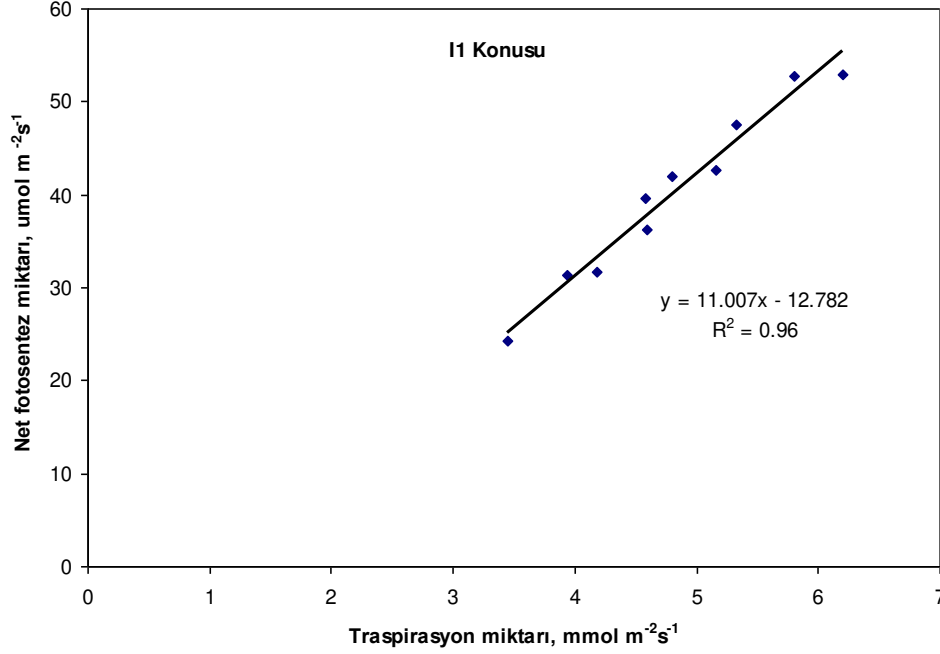


Şekil 4.10. Transpirasyon miktarlarının konularına göre zamansal değişimleri

Kaplan ve Kara (2014), farklı özelliklere sahip silajlık sorgum genotiplerinin fizyolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapmış oldukları çalışmada transpirasyon ölçümleri ile ilgili olarak bizim çalışmamızla benzer sonuçlar elde etmişlerdir.

4.8.3. Fotosentez Ölçümleri ile Transpirasyon Ölçümleri Arasındaki İlişkiler

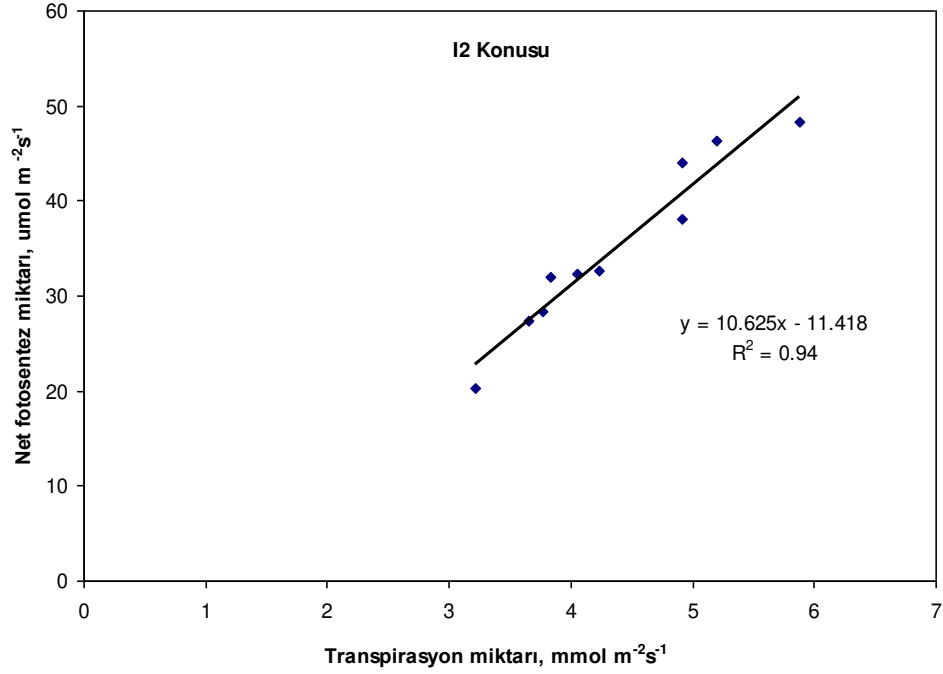
Çalışmada I1, I2, I3 ve I4 konularında belirlenen fotosentez ölçümleri ile transpirasyon ölçümleri arasındaki ilişkiler grafiksel olarak Şekil 4.11-Şekil 4.14'de verilmiştir.



Şekil 4.11. Denemede I1 konusu için fotosentez ölçümleri ile transpirasyon ölçümleri arasındaki ilişkiler

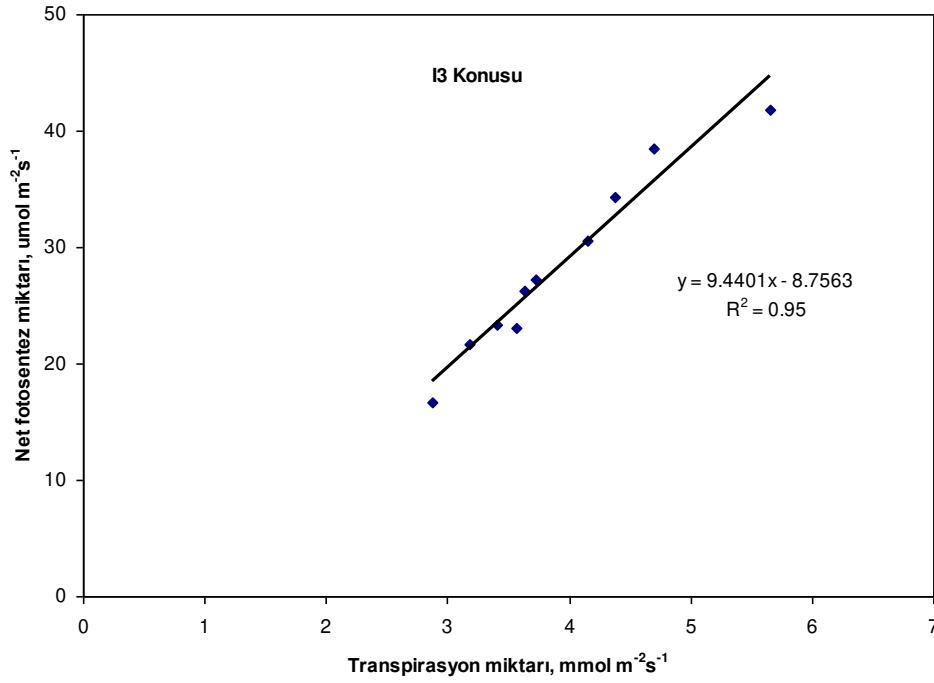
Söz konusu şekilden görüldüğü gibi net fotosentez ölçümleri ile transpirasyon ölçümleri arasında çok yakın doğrusal ilişkiler olduğu saptanmıştır ($R^2=0.96$).

Kaplan ve Kara (2014), farklı özelliklere sahip silajlık sorgum genotiplerinin fizyolojik özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yapmış oldukları çalışmada net fotosentez miktarları ve transpirasyon miktarları ile ilgili olarak bizim çalışmamızla benzer sonuçlar elde etmişlerdir.



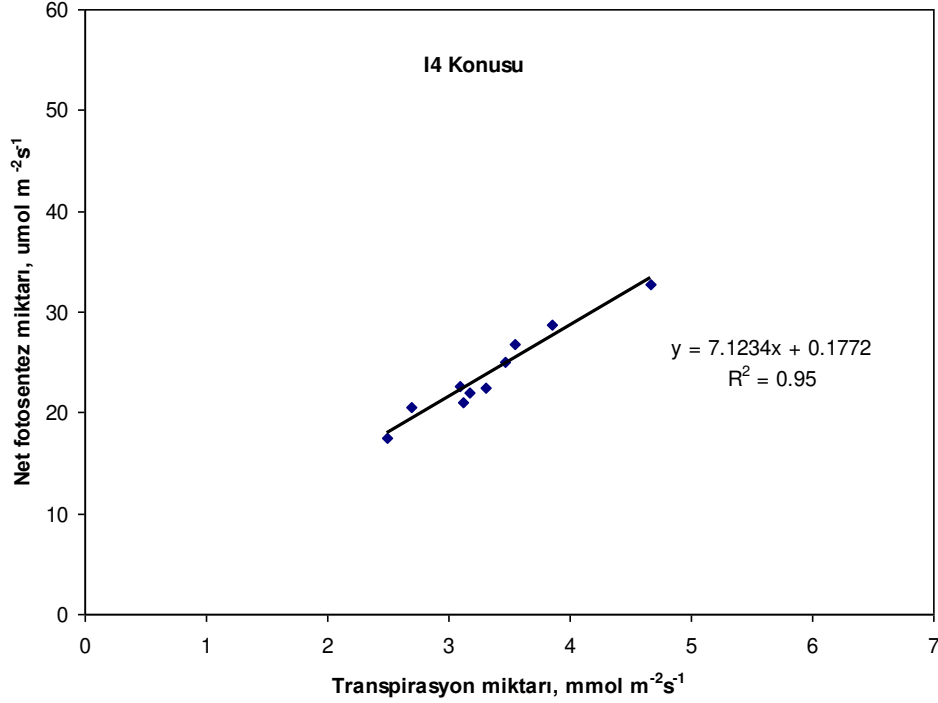
Şekil 4.12. Denemede I2 konusu için fotosentez ölçümleri ile transpirasyon ölçümleri arasındaki ilişkiler

Anılan Şekil 4.12'den görüldüğü gibi net fotosentez ölçümleri ile transpirasyon ölçümleri arasında $R^2=0.94$ olan oldukça yakın doğrusal ilişkiler belirlenmiştir.



Şekil 4.13. Denemede I3 konusu için fotosentez ölçümleri ile transpirasyon ölçümleri arasındaki ilişkiler

Söz konusu Şekil 4.13'den görüldüğü gibi net fotosentez ölçümleri ile transpirasyon ölçümleri arasında çok yakın $R^2=0.95$ olan doğrusal ilişkiler saptanmıştır.

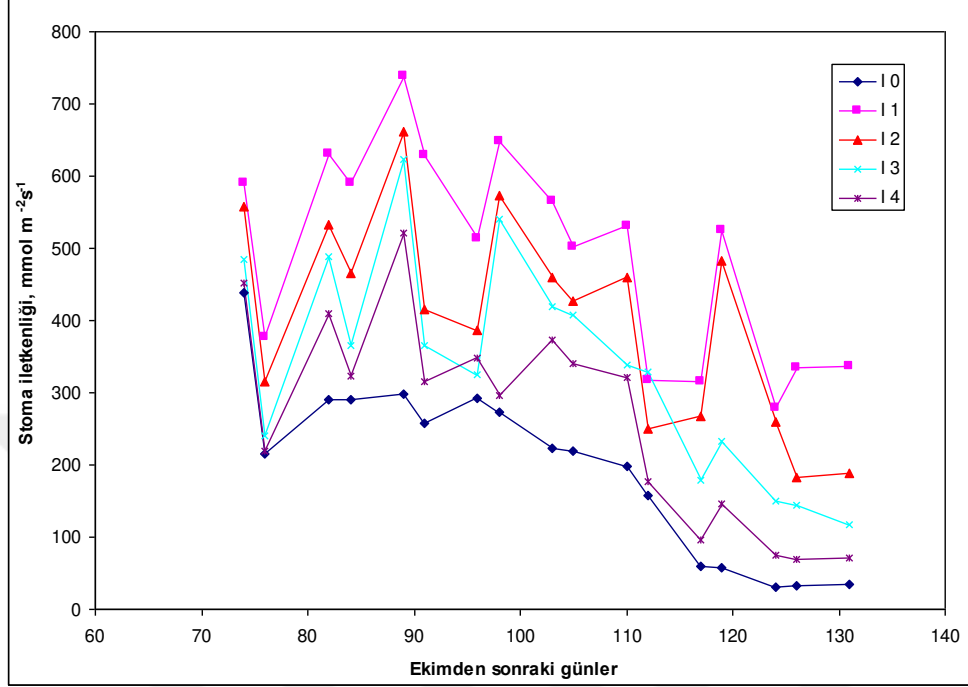


Şekil 4.14. Denemede I4 konusu için fotosentez ölçümleri ile transpirasyon ölçümleri arasındaki ilişkiler

Şekil 4.14'den görüldüğü gibi net fotosentez ölçümleri ile transpirasyon ölçümleri arasında $R^2=0.95$ olan yakın doğrusal ilişkiler belirlenmiştir.

4.8.4. Stoma İletkenliği Ölçümleri

Sorgum bitkisinde deneme süresince farklı sulama düzeylerinde, sulama öncesi ve sonrası yapılan stoma iletkenliği ölçüm sonuçları Şekil 4.15'de gösterilmiştir.



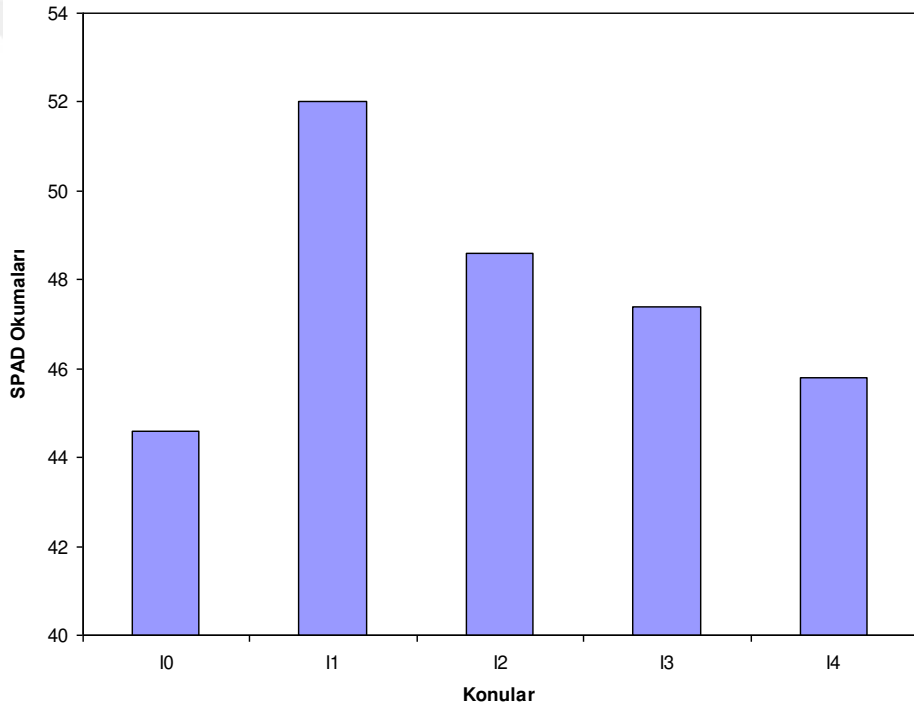
Şekil 4.15. Stoma iletkenliği değerlerinin konularına göre zamansal değişimleri

Anılan şekilden anlaşılacağı gibi deneme boyunca farklı sulama düzeylerine ilişkin elde edilen stoma iletkenliği miktarlarında ekim zamanından hasat zamanına kadar sulama aralıklarında artış ve azalışlar gerçekleşmiştir. Denemede 5 farklı sulama yapılan konularda stoma iletkenliği verileri incelendiğinde %100 sulama yapılan I1 konusunda en yüksek değerler elde edilmiştir. Denemede en düşük stoma iletkenliği değeri susuz konu olan I0 konusunda olduğu görülmüştür. Stoma iletkenlikleri ile konulara uygulanan sulama suları arasında önemli bir ilişki olduğu söylenebilir. Konulara uygulanan sulama suyu miktarları azaldıkça stoma iletkenliğinde de azalmalar söz konusu olabilmektedir. Çalışmada elde edilen en yüksek stoma iletkenliği değerleri I1 konusunda $738 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I2 konusunda $662 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I3 konusunda $623 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I4 konusunda $522 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ve I0 konusunda ise $437 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak ölçülmüştür. Elde edilen ölçüm sonuçlarından anlaşılacağı gibi stoma

iletkenliği miktarlarında su kısıtlamasının yapılmadığı tam sulama konusunda, diğer su kısıtlamasının yapıldığı konulara oranla daha yüksek değerler elde edilmiştir.

4.8.5. Yaprak Klorofil Miktarları (SPAD Okumaları)

Sorgum bitkisinde deneme süresince farklı sulama düzeylerinde, sulama öncesi ve sonrası yapılan yaprak klorofil miktarları ölçüm sonuçları Şekil 4.16'da gösterilmiştir.



Şekil 4.16. Yaprak klorofil miktarlarının (SPAD Okumalarının) konularına göre değişimleri

Anılan şekilden görüldüğü gibi deneme süresince farklı sulama düzeylerine ilişkin elde edilen yaprak klorofil miktarlarında artış ve azalışlar gözlemlenmiştir. Çalışmada en düşük yaprak klorofil miktarları sulanmayan I0 konusundan elde edilirken, I0 konusunu %25 sulama suyu uygulanan I4 konusu takip etmiş ve en

yüksek yaprak klorofil miktarları ise %100 sulama suyu uygulanan II konusundan elde edilmiştir. Elde edilen ölçüm sonuçlarından anlaşılabacağı gibi yaprak klorofil miktarlarının su kısıtlamasının yapılmadığı tam sulama konusunda diğer su kısıtlamasının yapıldığı konulara oranla daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bu sonuçlara benzer şekilde Taş ve Öktem (2019), yılında bazı mısır çeşitleri üzerinde yapmış oldukları çalışmada, tam sulama suyu uygulanan konularda, kısıtlı su uygulanan konulara göre daha yüksek SPAD değerlerinin ölçüldüğünü belirlemişlerdir.





5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Bu tez çalışmasında, farklı sulama suyu düzeylerinin birinci ürün sorgum bitkisinin bazı fizyolojik (net fotosentez miktarları, transpirasyon miktarları, stoma iletkenlikleri, yaprak klorofil miktarları) ve morfolojik (bitki boyu, yaprak alan indeksi, kuru madde miktarı ve bitki taç genişliği) özelliklerinde meydana getirdiği değişiklikler araştırılmıştır.

Denemede sulamalar 7 günde bir olacak şekilde planlanmıştır. Çalışmada 4 farklı sulama konusu ve susuz konu oluşturulmuştur. I1(%100), I2(%75), I3(%50), I4(%25) ve I0(%0) Sulamalar açık su yüzeyi A-Sınıfı Buharlaştırma Kabı'ndan (Class-A Pan) elde edilen yaklaşık birer haftalık yığılımlı buharlaştırma değerlerinin % 100 nün I1 konusuna, %75 nin I2 konusuna, %50 sinin I3 konusuna ve %25 inin I4 konusuna uygulanmasıyla gerçekleştirilmiştir.

Deneme sürecinde farklı sulama düzeylerindeki konulara toplamda, I1 konusu için 414 mm, I2 konusu için 324 mm, I3 konusu için 233 mm ve I4 konusu için 142 mm sulama suları uygulanmıştır. Deneme sürecince sorgum bitkisinin, can suları dışında, 10 kez damla sulama sistemi ile sulamaları yapılmıştır.

Yürütülen çalışmadan elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenerek verilmiştir.

- Denemede ortalama hava sıcaklık değerleri genel olarak deneme başından deneme sonunu kadar artış göstermiştir. Çalışma boyunca ölçülen en yüksek ortalama hava sıcaklık değeri 30.6 °C olmuştur.
- Deneme boyunca ortalama oransal nem ve rüzgar hızı değerleri fazla değişim göstermemiştir. Araştırma süresince en yüksek ortalama oransal nem miktarı %83 ve rüzgar hızı ise 1.8 m/s olarak saptanmıştır.

- Çalışma süresi boyunca deneme konuları içerisinde sulanmayan I0 konusu dışında diğer tüm konularda (I1, I2, I3 ve I4) ölçülen toprak su içerikleri tarla kapasitesi ile solma noktası değerleri arasında kalmıştır.
- Farklı sulama düzeylerinde sulanan deneme konularına uygulanan toplam sulama suyu miktarlarının 142 mm ile 414 mm arasında değiştiği belirlenmiştir. En fazla sulama suyu miktarı I1 konusuna uygulanırken, en az sulama suyu miktarı ise I4 konusuna uygulanmıştır.
- Araştırmadan elde edilen en yüksek gerçek bitki su tüketim değeri 605 mm ile I1 konusunda oluşurken, I2 konusunda 537 mm, I3 konusunda 461 mm, I4 konusunda 382 mm ve en düşük gerçek bitki su tüketim değeri ise hiç sulanmayan I0 konusunda 317 mm olarak belirlenmiştir.
- Çalışmadan elde edilen en yüksek sulama suyu kullanım randımanları 29.5 kg/da.mm değeri ile I4 konusundan elde edilmiştir. Denemede en yüksek toplam su kullanım randımanı ise 11.0 kg/da.mm ile yine I4 konusundan elde edilmiştir. Deneme konuları içerisinde en düşük sulama suyu kullanım randımanı, 14.5 kg/da.mm değeri ile I1 konusundan elde edilmiştir. En düşük su kullanım randımanı ise I2 konusundan elde edilmiştir.
- Çalışmada en yüksek bitki boyu bitkilerin ekiminden 131 gün sonra yapılan ölçümlerinde I1 konusundan 300 cm olarak elde edilmiştir. Diğer sulama konuları tam sulanan konularla (I1) kıyaslandığında, I2 konusunda bitki boylarının yaklaşık %9, I3 konusunda bitki boylarının yaklaşık %22, I4 konusunda bitki boylarının yaklaşık %39 ve sulama yapılmayan I0 konusunda ise bitki boylarının yaklaşık %62 oranında daha az olduğu belirlenmiştir.
- Çalışmada en yüksek LAI değeri 8.41 ile I1 konusundan elde edilmiştir. Yaprak alan indeksi yönünden en yüksek değerler elde ettiğimiz I1 sulama konusuyla diğer sulama konuları karşılaştırıldığında, I2 konusunun yaklaşık olarak %9, I3 konusunun yaklaşık olarak %29, I4 konusunun

yaklaşık olarak %48 ve I0 konusunun %71 oranında daha düşük yaprak alanına sahip olduğu belirlenmiştir.

- Denemede en yüksek kuru madde miktarları, ekimden 131 gün sonra I1 konusundan 6020 g/m^2 olarak elde edilmiştir. Araştırma sonunda elde edilen kuru madde değerleri I1 sulama konusu ile diğer konular kıyaslandığında, I2 konusunda kuru madde miktarının yaklaşık %19, I3 konusunda kuru madde miktarının yaklaşık %32, I4 konusunda kuru madde miktarının yaklaşık %43 ve sulama yapılmayan I0 konusunda kuru madde miktarının yaklaşık %78 oranında daha az olduğu saptanmıştır.
- Çalışmada bitki taç genişliği ölçümlerinin en yüksek değerleri ekimden sonraki 131. günde I1 konusundan 134.3 cm olarak elde edilmiştir. Hasat zamanı (deneme sonunda) yapılan bitki taç genişliği ölçümlerinde en yüksek değerlerin ölçüldüğü I1 konusuyla diğer konular karşılaştırıldığında, I2 konusuna ait bitki taç genişliğinin yaklaşık olarak %4, I3 konusuna ait bitki taç genişliğinin yaklaşık olarak %14, I4 konusuna ait bitki taç genişliğinin yaklaşık olarak %23 ve I0 konusuna ait bitki taç genişliğinin ise yaklaşık olarak %49 oranında daha az olduğu saptanmıştır.
- Deneme süresince farklı sulama düzeylerine ilişkin elde edilen net fotosentez miktarları sulama suları ve yağış miktarlarına bağlı olarak artış ve azalışlar göstermiştir. Denemede elde edilen en yüksek net fotosentez miktarları I1 konusunda $53 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I2 konusunda $51 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I3 konusunda $47 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I4 konusunda $41 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ve I0 konusunda ise $24 \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak ölçülmüştür.
- Çalışmada elde edilen en yüksek transpirasyon miktarları I1 konusunda $6.2 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I2 konusunda $5.9 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I3 konusunda $5.7 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I4 konusunda $4.7 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ve I0 konusunda ise $3.3 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak belirlenmiştir.

- Denemede net fotosentez ölçümleri ile transpirasyon ölçümleri arasında $R^2=0.94-0.96$ olan çok yakın doğrusal ilişkiler olduğu saptanmıştır.
- Araştırmada stoma iletkenliği miktarlarında su kısıtlamasının yapılmadığı tam sulama konusunda, diğer su kısıtlamasının yapıldığı konulara oranla daha yüksek değerler elde edilmiştir. Çalışmada elde edilen en yüksek stoma iletkenliği değerleri I1 konusunda $738 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I2 konusunda $662 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I3 konusunda $623 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$, I4 konusunda $522 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ve I0 konusunda ise $437 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ olarak ölçülmüştür.
- Çalışmada en yüksek yaprak klorofil miktarları (SPAD değerleri) su kısıtlamasının yapılmadığı tam sulama konusundan (I1 konusundan) elde edilmiştir. En düşük yaprak klorofil miktarları ise sulanmayan I0 konusundan elde edilmiştir.

5.2. Öneriler

Bu çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda aşağıdaki öneriler yapılabilir.

Sorgum bitkisinden en yüksek verimin alına bilmesi için fizyolojik ölçümlerden net fotosentez ölçüm değerlerinin yaklaşık $53 \text{ } \mu\text{molm}^{-2}\text{s}^{-1}$, transpirasyon miktarlarının yaklaşık $6.2 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ ve stoma iletkenliği değerlerinin ise yaklaşık $738 \text{ mmolm}^{-2}\text{s}^{-1}$ dolaylarında olması önerilebilir.

KAYNAKLAR

- Acar, R. ve Yıldırım, A. İ. 2001. Farklı Bitki Sıklıklarının Süpürge Darısında Ot Verimi ve Verim Unsurları Üzerine Etkileri. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 15(27):128133. Konya.
- Al-Kaisi, M.M., and Broner, I., 2010. Crop Water Use and Growth Stages. Fact
- Almodares, A., Hatamipour, M.S., 2011. Planting Sweet Sorghum Under Hot and Dry Climatic Condition for Bioethanol Production, World Renewable Energy Congress Sweden
- Arslangiray, C., Kızıl, S., Tansı, V., 1999. Çukurova Koşullarında İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Bazı Tane Sorgum (*Sorghum Bicolor* L. Moench) Ve Sorgum X Sudanotu (*Sorghum Bicolor* L. Moench X *Sorghum Sudanence* L.) Melez Çeşitlerinde Azot Gübrelemesinin Tane Ve Hasıl Verimine Etkileri Üzerinde Araştırmalar. Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, 15–18 Kasım, Adana, (Sunulu Bildiri), Cilt III: 160–165.
- Avcıoğlu, R., Kumuk, T., 1986. Sorgum Yetiştiriciliği ve Hayvan Beslemedeki Yeri Önemi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 485: 3-11
- Awika, J.M., Rooney LW 2004. Sorghum phytochemicals and their potential impact on human health. *Phytochemistry*, 65, 1199–1221.
- Bahrani, M.J., Deghani ghenateghestani A 2004. Summer forage sorghum yield, protein and prussic acid contents as affected by plant den sity and nitrogen topdressing. *J. Agric. Sci. Technol.* Vol. 6: 73-83
- Balabanlı, C., ve Türk, M. 2005. Sorgum, Sudanotu Melez ve Çeşitlerinin Isparta Koşullarında Verim ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma. Süleyman Demirel Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi, 9-3 (2005),x-x
- Barnes, R. F., Miller, D. A., ve Nelson C. J. 1995. Forages. An Introduction to Grassland Agriculture. Fifth Ed. Iowa State University Pres. Ames. Iowa. U.S.A.

- Başbağ, M., Gül, İ., 2005. Diyarbakır koşullarında bazı burçak (*Vicia ervilia* (L.) Willd.) hatlarında verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. Hr. Ü. Z. F. Dergisi, 9 (1):1-7.
- Baştuğ, R., 1987. Çukurova Koşullarında Pamuk Bitkisinin Su-Üretim Fonksiyonunun Belirlenmesi Üzerinde Bir Çalışma. Çukurova Üniv. Fen Bilimleri Enstitüsü, Adana, 120 s.
- Bavec, F., Bavec M., 2001. Chlorophyll meter readings of winter wheat cultivars and grain yield prediction. commun. Soil Sci. Plant Anal. Res., 32: 2709–2719.
- Bayram, G., Turgut, İ., 2015. Biyoetanol Kaynağı Olarak Şeker Darı Üretimi ve Önemi. U.Ü. Fakültesi Dergisi, Cilt 29, Sayı 1,147-155.
- Baytekin, H., 1990. Çukurova Koşullarında 2. Ürün Olarak Yetiştirilen Tane Ve Silaj Sorgum Çeşitlerinde Verim Ve Bazı Tarımsal Karakterler İle Karakterler Arasındaki İlişkilerin Saptanması (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Adana.
- Bean, B., Mccollum, T., Pietsch D., Rowland M., Porter B., Vanmeter R. 2002. Texas Panhandle Forage Sorghum Silage Trial. The Agriculture Program of Texas A&M University System. <http://soilcrop.tamu.edu/publications/pubs/910465silage.pdf>
- Benami, A., Diskin, M. H., 1965. Design of Sprinkler Irrigation. Lowdermilk Faculty of Agriculture Engineering Inst. Israel, 23s.
- Curran, P.J., J.L. Dungan, and H.L. Gholz. 1990. Exploring the relationship between reflectance red edge and Chl content in slash pine. Tree Physiol. 7:33–48
- Çakmakçı, S., Gündüz İ., Tüsüz MA., Çeçen S., Aydınoglu B. 1999. Sorgum (*Sorghum bicolor* L.)’un silajlık kullanımında farklı biçim devrelerinin verim ve kalite üzerine etkileri. Turkish Journal of Agriculture and Forestry 23: 603-613.

- Çamoğlu, G., Levent, G. E. N. Ç., & Şerafettin, A. Ş. I. K. (2011). Tatlı mısırdada (*Zea mays saccharata* Sturt) su stresinin fizyolojik ve morfolojik parametreler üzerine etkisi. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 48(2), 141-149.
- Dayton, A., 1948. Grass: Green, Grain, Grow. Grass The Yearbook of Agriculture. Graunment Printing Office. Washington. U.S.A.
- Dündar, M., 2019. Kısıntılı Sulama Tekniğinin İkinci Ürün Tatlı Sorgumun Biyokütle ve Biyoetanol Verimine Etkilerinin Araştırılması (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana.
- Dweikat, I., 2014. "Sorghum Diversity Paper, Sweet Energy Crop Article". <http://agronomy.unl.edu/sweetsorghum>, 7 Temmuz 2019.
- El Hafid, R., Smith D.H., Karrou M., Samir K., 1998. Physiological attributes associated with early-season drought resistance in spring durum wheat cultivars. Canadian Journal of Plant Science 78(2): 227-237.
- Elçi, Ş., Sağlamtimur, T., İnal, İ., 1999. Türkiye’de Yem Bitkileri Yetiştiriciliğinin Ekim Nöbetindeki Yeri ve Sorunları, Çayır Mera Amenajmanı ve ıslahı, Ankara, 81.
- Emeklier, H.Y., 1993. Sıcak İklim Tahılları (Tahıllar II). Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:1296 Yardımcı Ders Kitabı:372. Ankara.
- Emeklier, Y.H., Köksoy, F.N., 1997. Sorghum (*Sorghum bicolor* L. Moench) Sowing Time and Plant Effect on Yield Components. Journal of agricultural sciences 3 (3) 20-28.
- Fischer, R.A., Rees D., Sayre KD., Lu Z.M., Condon A.G., Larque-Saavedra A 1998. Wheat yield progress is associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. Crop Sci., 38:1467-1475.
- Freeman, K.C., Broadhead, D.M., Zummo, N., 1973. "Culture of Sweet sorghum for syrup production", USDA Agricultural Handbook No 441, USDA.

- Gardner, F.P., Pearce, R.B., Mitchell, R.L., 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State Univ. Press, 327 s.
- Gençoğlu, C., Yazar. A., 1996. Çukurova Koşullarında Yatıştırılan I. Ürün Mısır Bitkisinde İnfrared Termometreden Yararlanılarak Bitki Su Stresi İndeksinin(CWSI) Ve Sulama Zamanın Belirlenmesi Türkiye23,87-95
- Gosse, G. 1995. “Rendement Energetique Et Bilan De CO2 D'une Culture”. C.R. Acad. Agric. Fr.81 (5), pp. 93-107.
- Güngör, Y., Erözel, A.Z., Yıldırım, O., 1996. Sulama. Ankara Üniv. Ziraat. Fak. Ders Kitabı: 424, Yayın No:1443, Ankara.
- House, R.L. 1985. A guide to sorghum breeding. ICRISAT
- Howell, T.A., Evett S.R., Tolk, J.A., Copeland, K.S., Colaizzi, P.D., Gowda, P.H. 2008. Evapotranspiration of corn and forage sorghum for silage. World Environmental and Water Resources Congress 2008 Ahupua'a, 1-14.
- Howell, T.A., Yazar, A., Schneider, A.D., Dusek, D.A., 1992. Yield and Water Use Efficiency of Corn in Response to LEPA Irrigation. Transaction of ASAE, Vol. 38(6) 1737-1747.
- Irmak, S., 2009. Estimating Crop Evapotranspiration from Reference Evapotranspiration and Crop coefficients. University of Nebraska-Lincoln Journal, (<http://extension.unl.edu/publications>, accessed on July 19/07/2011). Pp 1 – 12.
- İptaş, S., ve Yılmaz, M., 1995. Silajlık Sorgum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) ve *Sorghum*-Sudanotu Melezleri (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* Stapf.)'nde Farklı Sıra Aralıklarının Bazı Morfolojik ve Tarımsal Özelliklere Etkisi Üzerine Bir Araştırma. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Derg., 12, 203 - 212
- Kacar, B., ve Katkat, V., Bitki Besleme, 595 s., Bursa, 1988.
- Kanber, R., 1984. Utilizing Open Water Surface Evaporation in Çukurova Conditions Irrigation of First and Second Peanuts. Regional Soil Water Research Institute Publication. 114 (64), Tarsus, 93.

- Kanber, R., Yazar, A., Ünlü, M., 1993. Bitki Üretim Fonksiyonlarının Eldesinde Çizgi Kaynaklı Yağmurlama Sisteminin Kullanılması Ç.Ü Ziraat Fak Dergisi Cilt 9 Sayı 1 Adana
- Kaplan, K., Kara, R., 2014. Silaj Sorgum’da Bazı Fizyolojik Özelliklerin Verim Üzerine Etkileri. Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpasa University. (3), 20-31.
- Kaplan, M., 2009. Farklı kökenli tane sorgum (*Sorghum Bicolor*L.) genotiplerinde verim, verim unsurları ile bazı fizyolojik özelliklerin belirlenmesi ve DNA düzeyindeki farklılıklarla ilişkilendirilmesi. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Doktora Tezi
- Kimbrough, L. 2002. Corn and Sorghum for Silage. Extension Service of Mississippi State University.
- Köse, H. 2015. Tuz Stresinin Farklı Mısır ve Sorgum Bitkilerinin Gelişimi Üzerine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi). Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak ve Bitki Besleme Anabilim Dalı, İzmir.
- Kumuk, T., ve Avcıoğlu, R. 1986. Sorgum Yetiştiriciliği ve Hayvan Beslemedeki Yeri-Önemi, Ege Üniv. Ziraat Fak. Yayınları No: 485, 28 s., Bornova-İzmir
- Li, R., Zhang H., Zhou X., Guan Y., Yao F., Song G., Wang J., Zhang C. 2010. Genetic diversity in Chinese sorghum landraces revealed by chloroplast simple sequence repeats. Genet Resour Crop Evol. 57:1–15.
- Lopez-Castaneda, C., Richards R.A. 1994. Variation in temperate cereals in rainfed environments II. phasic development and growth. Field Crops Res. 39:85-98.
- Maas, E. V. 1986. Salt tolerance of plants. App. Agr. Res.1(1): 12-26
- Mitchell, R.L., 1970. Crop Growth and Culture.Iowa State Univ.Press.USA.349 s.

- Muchow, R.C., Sinclair, T.R., Benett, J.M. 1990. Temperature and solar radiation effects on potential maize yield across locations. *Agon. J.* 82:338-343.
- Murdy, D.S., Tabo, R. and Ajayi, O. 1994. Botanical Parts of the inflorescence of a sorghum plant. *Sorghum Hybrid seed production management*. Pp 4-12.
- Owen, F. G., and Moline, W. J., 1970. *Sorghum for Forage, Sorghum Production and Utilization*, Oxford, The AVI Publishing Company, Inc, 382.
- Özbek, A., Dinç, U., Kapur, S., 1974. Çukurova Üniversitesi Yerleşim Sahası Topraklarının Detaylı Etüd ve Haritası. Ç.Ü Ziraat Fakültesi Yayınları. Adana 23(8) 149.
- Petersen, R.G., and Calvin, L.D., 1965. *Sampling Methods of Soil Analysis*. Part 1, Agronomy series, Amer. Society of Agric., 9:54-72.
- Ramazanzadeh, S., Asgharipour, M.R., 2011. Physiological growth responses of sorghum genotypes to impairment of plant photosynthesis using potassium iodide. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences* 5(11): 1884-1890.
- Roberts, M.J., Long, S.P., Tienszen, L.L., Beadles, C.L, 1985. Measurement of Plant Biomass and Net Primary Production Technigues in. *England*, 1:1-24
- Sanderson, M.A., Jones, R.M., Ward, J., Wolfe, R. 1992. Silage sorghum performance trial at stevensville: Forage Research in Texas. Rep. PR-5018. *Texas Agric. Exp. Stn., Stephenville Sheet No. 4,175*. Colorado State University, United State.
- Skerman, P.J., ve Riveros, F., 1990. *Tropical Grasses*. FAO Plant Production and Protection Series 23, Roma. 832 s.

- Subramanian, S. K. (2013). Agronomical, physiological and biochemical approaches to characterize sweet sorghum genotypes for biofuel production. Kansas State University.
- Thakur, M., Sharma, A.D., 2005. Salt stress and phytohormone (ABA)induced changes in germination, sugars and enzymes of carbohydrate metabolism in Sorghum bicolor (L.) Moench. seeds. Journal of Agriculture and Social Science 1: 89-93.
- Timuçin, T. A. Ş., Öktem, A. 2019. Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde Bazı Mısır Genotiplerinin (Zea mays L.) Yüksek Sıcaklık ve Su Stresine Fizyolojik, Morfolojik ve Biyokimyasal Tepkilerinin Belirlenmesi. ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 3(1), 128-152.
- Türk, M., Çelik, N., 2006. CO₂ Özümlemesinde C-3 ve C-4 Tipi Bitkilerde Fotosentez-Solunum Denge Noktalarının Belirlenmesi. Süleyman Demirel Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi 10-1 (2006),48-51
- Verim Unsurları Üzerine Etkileri. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 15(27):128133. Konya.
- Yıldırım, M., Akıncı, C., Koç, M., Barutçular, C. 2009. Bitki örtüsü serinliği ve klorofil miktarının makarnalık buğday ıslahında kullanım olanakları. Anadolu Tarım Bilim. Dergisi 24(3):158-166.
- Yücel, C., İnal, İ., Hatipoğlu, R., Gündel, F., Yücel, H., Dweikat, İ., 2017. Farklı Tatlı Sorgum (Sorghum bicolor var. saccharatum (L.) Mohlenbr.)



ÖZGEÇMİŞ

Ayşe Esra DURUSOY, İlkokul ve lise öğrenimi Kahramanmaraş'ta bitirdi. 2013-2017 yılları arasında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünde lisans eğitimini tamamlayıp mezun oldu. 2017 yılında Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalında Yüksek Lisans eğitimine başladı ve halen devam etmektedir.

