

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Burak KARATAYLI

**INFRARED TERMOMETRE TEKNİĞİ KULLANILARAK
SORGUM'DA BİTKİ SU STRESİ İNDEKSİNİN
BELİRLENMESİ VE SULAMALARIN PROGRAMLANMASI**

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

ADANA, 2021

ÖZ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

INFRARED TERMOMERE TEKNİĞİ KULLANILARAK SORGUM'DA BİTKİ SU STRESİ İNDEKSİNİN BELİRLENMESİ VE SULAMALARIN PROGRAMLANMASI

Burak KARATAYLI

**ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ
TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI**

Danışman : Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ
Year: 2021, Sayfa: 59
Jüri : Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ
: Prof. Dr. Harun KAMAN
: Doç. Dr. Burçak KAPUR

Bu çalışma 2018 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Araştırma ve Uygulama alanında, tesadüf blokları deneme deseninde, 3 yinelemeli olarak yürütülmüştür. Denemede farklı sulama düzeylerinin birinci ürün tatlı sorgum bitkisinde, bitki su stres indeksi (CWSI) ve bazı bitki büyüme parametrelerine etkileri 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. Çalışma sonunda; deneme uygulamalarına sırasıyla 414.2 mm (I1), 323.5 mm (I2), 232.9 mm (I3) ve 142.2 mm (I4) sulama suları uygulanmıştır. Çalışmada uygulamalara göre elde edilen kuru madde verimi 6020 kg/da ile 3380 kg/da arasında değişmiş olup, tam sulanan uygulamada en yüksek kuru madde verimi elde edilmiştir. Çalışmada sorgum bitkisine ait yaprak alan indeksi değerleri 8.41 ile 6.07 arasında değişmiş olup, tam sulama uygulamasında en yüksek yaprak alan indeksi değeri elde edilmiştir. Araştırma sonucunda deneme uygulamalarından elde edilen CWSI değerleri sırasıyla I1 uygulaması için 0.02, I2 uygulaması için 0.34, I3 uygulaması için 0.46, I4 uygulaması için 0.59 ve I0 uygulaması için 1 olarak saptanmıştır. Bu sonuçlar doğrultusunda CWSI değerlerinin değişimleri incelendiğinde en yüksek bitki veriminin alındığı I1 uygulamasından elde edilen CWSI değerinin (CWSI=0.02) Çukurova koşullarında sorgum bitkisinin sulama programlamasında kullanılabileceği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitki Su Stres İndeksi, Sorgum, Bitki Su Tüketimi, Sulama

ABSTRACT

MSc THESIS

DETERMINATION OF PLANT WATER STRESS INDEX IN SORGHUM USING INFRARED THERMOMETER TECHNIQUE AND PROGRAMMING IRRIGATIONS

Burak KARATAYLI

**ÇUKUROVA UNIVERSITY
AGRICULTURAL STRUCTURES AND IRRIGATION SCIENCE
DEPARTMENT**

Supervisor : Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ
Year: 2021 Pages: 59
Jury : Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ
: Prof. Dr. Harun KAMAN
: Assoc. Prof Dr. Burçak KAPUR

This study was carried out in the Research and Application area of Çukurova University, Faculty of Agriculture, Department of Agricultural Structures and Irrigation in 2018 in a randomized block design with 3 replications. In the experiment, the effects of different irrigation levels on the plant water stress index (CWSI) and some plant growth parameters in the first crop sweet sorghum plant 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). At the end of the study; 414.2 mm (I1), 323.5 mm (I2), 232.9 mm (I3) and 142.2 mm (I4) irrigation waters were applied to the trial subjects, respectively. The dry matter yield obtained according to the subjects in the study varied between 6020 kg/da and 3380 kg/da, and the highest dry matter yield was obtained in the fully irrigated subject. In the study, leaf area index values of sorghum plant varied between 8.41 and 6.07 and the highest leaf area index value was obtained from full irrigation. As a result of the research, the CWSI values obtained from the trial subjects were determined as 0.02 for the I1 subject, 0.34 for the I2 subject, 0.46 for the I3 subject, 0.59 for the I4 subject, and 1 for the I0 subject, respectively. When the changes in CWSI values were examined in line with these results, it was determined that the CWSI value (CWSI=0.02) obtained from I1 treatment, where the highest plant yield was obtained, could be used in irrigation programming of sorghum plant in Çukurova conditions.

Keywords: Crop Water Stress Index, Sorghum, Evapotranspiration, Irrigation

GENİŞLETİLMİŞ ÖZET

Hızla artan dünya nüfusundan dolayı, insanların temel ihtiyaçları olan yiyeceğe ulaşma oranı azalacağından gelecekte kıtlık yaşanacağı ön görülmektedir. Bu yüzden bitkilerin sulu koşullarda ve en doğru yöntemle yetiştirilmesi hayati önem içermektedir. O nedenle daha küçük alanlardan daha yüksek verim alınabilecek bitkiler yetiştirilmeli. Sorgum bitkisi de kendi türdeşlerine göre daha az sulama ve gübreleme ile daha çok verim alınabilen bir bitkidir. Küresel ısınmadan dolayı buzullar erimekte, hava sıcaklık değerleri değişmekte ve artmakta olup, yağış rejimlerinde ki beklenilenin dışında seyir sergilemesinden dolayı gelecekte su kullanımını ona göre düzenleyerek suyun boşa gitmesine engel olunmalıdır. Dünyada küresel ısınmadan dolayı tatlı su kaynakları azalmaktadır. Bitkilerin temel ihtiyacı olan suya ihtiyaç giderek artacağından dolayı, su kaynaklarının optimum koşullarda ve israf etmeden kullanılması sağlanmalıdır. Bu nedenle yetiştirecek bitki seçimleri ve sulama sistemleri bunları ele alarak tasarlanmalıdır.

Dünyada sorgum üretimi FAO'nun verileri ışığında 127 ülkedeki ve 2019 yılında Dünyada 408264600 dekar alanda üretim yapılmış olup, 61495646000 kg üretilmiş ve 3047141 kg/da verim alınmıştır. Aynı sene içerisinde ise Türkiye İstatistik Kurumundan alınan veriler ışığında Türkiye' de ise 26551 dekar alanda üretim yapılmış olup, 80942000 kg ürün üretilmiş ve 3625 kg/da verim alınmıştır. Türkiye'de yapılan sorgum yetiştiriciliğinde birim alandan alınmak istenilen verim düzeyine ulaşamamıştır. Birim alandan verimin artırılması için doğru sulama ve gübreleme yöntemi ile kuraklığa daha çok dayanabilen bitkiler tercih edilmeli ve çiftçiler bu yönde teşvik edilmeli ve sorgum bitkisinin öneminden bahsedilmelidir.

Araştırma 2018 yılında Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü araştırma arazisinde yapılmıştır. Bu çalışmada tek tip Sorgum bicolor (L.) moench M81E çeşidi kullanılmış olup, farklı sulama

düzeylerinin birinci ürün tatlı sorgum bitkisinde, bitki su stres indeksi ve bazı bitki gelişim parametrelerine etkileri araştırılmıştır.

Araştırmada sorgum bitkisine büyüme mevsiminde 4 farklı sulama düzeyleri uygulanmıştır. Uygulanan sulama düzeyleri I1 konusu için %100, I2 konusu için %75, I3 konusu için %50, I4 konusu için %25 sulama suyu seviyelerinde ve I0 konusu ise susuz konu olmak üzere değerlendirilmiştir. Araştırmada uygulamalara göre sulama suyu miktarları sırası ile 414.2 mm, 323.5 mm, 232.9 mm ve 142.2 mm olarak ölçülmüşlerdir. Elde edilen veriler ışığında kuru madde miktarı en fazla 6020 kg/da olarak I1 konusunda 131. günde ölçülmüş ve en düşük kuru madde miktarı ise I0 konusunda 1380 kg/da olarak 91. günde belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre en fazla bitki boyu 131. günde I1 konusundan 300 cm olarak ölçülmüş, en az bitki boyu ise 90. günde I0 konusundan 153.2 cm olarak belirlenmiştir. En fazla bitki tacı 131. günde I1 konusundan 134.3 cm, en az bitki tacı ise 145. günde I0 konusundan 73.4 cm olarak ölçülmüştür. Bitki örtü yüzdeleri kısıntılı sulamalardan sonra 74. günden itibaren tüm konularda %100' e ulaşmıştır. Yaprak alan indeksi (LAI) değerleri en fazla değere 103. günde 8.41 I1 konusunda, en düşük LAI değeri ise 145. günde I0 konusundan 2.1 olarak ölçülmüştür.

Araştırmada sulama öncesi ve sonrası olmak üzere infrared termometre ile ölçümler alınmıştır. Bu ölçümler sonucunda bitki su stres indeksi (CWSI) değerleri hesaplanmıştır. Çalışma sonucunda CWSI değerleri I1 konusu için 0.02, I2 konusu için 0.34, I3 konusu için 0.46, I4 konusu için 0.59 ve I0 konusu için ise 1.00 olarak bulunmuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda CWSI değerlerinin değişimleri incelendiğinde en yüksek bitki veriminin alındığı I1 konusundan elde edilen CWSI değerinin (CWSI=0.02), Çukurova koşullarında sorgum bitkisinin sulama programlamasında kullanılabileceği belirlenmiştir.

TEŞEKKÜR

Öğrenim hayatıma başladığım günden itibaren, araştırmamın her aşamasında yardımlarını esirgemeyen, yardımcı ve yapıcı fikirlerini ile bir yol gösterici olan, her daim destekleyen, saygıdeğer hocam, danışmanım Sayın Prof. Dr. Mustafa ÜNLÜ' ye minnettarlık duyarak, içten gelen duygularıyla teşekkürü bir borç bilirim.

Yüksek lisans tezi jüri üyelerinden Sayın Prof. Dr. Harun KAMAN ve Sayın Doç. Dr. Burçak KAPUR'a yapıcı ve yönlendirici fikirleri ile katkıda bulundukları için teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamda her türlü destek ve katkıyı sağlayan Araştırma Görevlisi Çiğdem HOŞGÖREN'e de 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.

Tezimin araştırma ve yazım aşamasında karşılaştığım zorluklar karşısında benden desteklerini esirgemeyen annem Ferdane KARATAYLI ve babam Ramazan KARATAYLI' ya da kalpten teşekkürlerimi sunarım.

Tez aşamasında benden desteğini esirgemeyen abim C. Çağlar BILDİRCİN' a da içten duygularıyla teşekkür ederim.

Tez aşamasında bana destek ve katkı sağlayan arkadaşlarım Mehmet YILDIRIM, Hasan ÇELİK ve Nurullah ERZİNCAN'a teşekkürü bir borç olarak bilirim.

Adana'da her zaman bana destek olup beni yalnız bırakmayan Şule Tuğçe YAKIN'a sonsuz teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

SAYFA

ÖZ	I
ABSTRACT.....	II
GENİŞLETİLMİŞ ÖZET	III
TEŞEKKÜR.....	V
İÇİNDEKİLER	VI
ÇİZELGE DİZİNİ.....	VIII
ŞEKİL DİZİNİ.....	X
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	XII
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. Toprak Nemi ve Buharlaşma Ölçümleri	16
3.2.3. Tarımsal İşlemler	16
3.2.3.1. Tarla Hazırlığı.....	16
3.2.3.2. Ekim.....	17
3.2.3.3. Gübreleme.....	17
3.2.3.4. İlaçlama ve Bakım	17
3.2.3.5. Toprak Örneklerinin Alınması ve Analizi	17

3.2.3.6. Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi	18
3.2.3.7. Hasat	19
3.2.4. Bitki Gelişimine İlişkin Gözlem ve Ölçümler	19
3.2.4.1. Bitki Boyu	19
3.2.4.2. Yaprak Alan İndeksi (LAI)	21
3.2.4.3. Kuru Madde Miktarları (Biomass)	21
3.2.5. Sulamaların Planlanması ve Uygulanması.....	22
3.2.6. Bitki Su Stres İndeksinin (CWSI) Belirlenmesi.....	23
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	27
4.1. Sorgum Bitkisinin Gelişimi	27
4.2. Toprak Nem İçeriklerinin Değişimi	27
4.3. İklim Parametreleri	28
4.4. Sulama Suyu Miktarları	30
4.5. Sorgum Bitki Su Tüketimi (ET)	31
4.6. Bitki Ölçümleri	33
4.6.1. Bitki Gelişimi ile İlgili Parametreler.....	33
4.6.1.1. Bitki Boyu	33
4.6.1.2. Yaprak Alan İndeksi (LAI)	34
4.6.1.3. Kuru Madde Miktarı (Biomass)	36
4.6.1.4. Bitki Taç Genişliği	37
4.7. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI)	39
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER	47
5.1. Sonuçlar	47
5.2. Öneriler	49
KAYNAKLAR	51
ÖZGEÇMİŞ	59

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 bazı fenolojik gelişme dönemleri ve tarihleri.....	27
Çizelge 4.2.	Deneme dönemi süresince uygulanan sulama sayısı, tarihleri ve sulama suyu miktarları (mm).	31
Çizelge 4.3.	Farklı bitki sulama düzeylerindeki sorgum bitkisine ait kuru madde miktarı ilişkisi.....	44



ŞEKİLLER DİZİNİ

SAYFA

Şekil 3.1.	Deneme alanının genel görünümü.....	11
Şekil 3.2.	Yetiştirilmiş olan sorgum bitkisi	15
Şekil 3.3.	A-sınıfı buharlaşma havuzu (Class-A Pan)	16
Şekil 3.4.	Bitki boyları ölçüm işlemi	20
Şekil 3.5.	Çalışmada kullanılan yaprak alan ölçer aleti	21
Şekil 3.6.	Everest Interscience Inc., Model 510B Infrared Ag Multimeter ile Sorgum bitkisinde ölçüm işlemi	24
Şekil 4.1.	Araştırma süresince tüm konulara ait toprak su içeriği değişimleri	28
Şekil 4.2.	Araştırma sürecince ölçülmüş olan ortalama hava sıcaklık değerlerinin zamansal değişimi	29
Şekil 4.3.	Araştırma süresince ölçülmüş olan Ortalama Oransal Nem ve Rüzgar Hızı değerlerinin zamansal değişimleri.....	30
Şekil 4.4.	Bitki su tüketimlerinin konularına göre zamansal değişimleri.....	32
Şekil 4.5.	Bitki boyunun konularına göre zamansal değişimleri	34
Şekil 4.6.	Deneme parsellerinin konulara ilişkin yaprak alan indekslerinin zamana göre değişimi	35
Şekil 4.7.	Biomass miktarının konulara göre zamansal değişimleri.....	37
Şekil 4.8.	Bitki Taç genişliğinin konularına göre zamansal değişimleri	38
Şekil 4.9.	Farklı sulama düzeylerinde sorgum bitkisinde CWSI' nin belirlemede kullanılan temel grafiğe ilişkin alt ve üst sınır çizgileri.....	40
Şekil 4.10.	Farklı sulama düzeylerindeki sorgum bitkisinde infrared termometre ölçümleriyle hesaplanan CWSI değerlerinin zamana göre değişimi	42
Şekil 4.11.	Farklı sulama düzeylerindeki sorgum bitkisinin kuru madde miktarı ile CWSI ilişkisi.....	45



SİMGELER VE KISALTMALAR

CWSI	: Bitki su stres indeksi
ET	: Evapotranspirasyon (mm)
VPD	: Buhar basıncı açığı (mb)
LAI	: Yaprak Alan İndeksi
da	: Dekar
ha	: Hektar
kg	: kilogram
mm	: Milimetre
s	: Saniye
Tc	: Bitki taç sıcaklığı
Ta	: Hava sıcaklığı
cm	: Santimetre
cm ³	: Santimetreküp
m ²	: Metrekare
m	: Metre
g	: Gram
NaCl	: Sodyum Klorür
Na	: Sodyum
C	: Karbon
Mg	: Magnezyum
N	: Azot
P	: Fosfor
K	: Potasyum
CO ₃	: Karbonat
HCO ₃	: Bikarbonat
SO ₄	: Sülfat
Cl	: Klor

L	: Litre
h	: Saat
°C	: Derece
WUE	: Su kullanım randımanı
kPa	: Kilo Pascal
K ₂ O	: Potasyum oksit
P ₂ O ₅	: Fosfor pentaoksit
dS	: Desisimens
e _a	: Doygun buhar basıncı
e _d	: Gerçek buhar basıncı
FOV	: Görüş alanı açısı

1. GİRİŞ

Dünyada etkisini hızla arttıran küresel ısınma yüzünden, gıdaya olan ihtiyaç giderek artmaktadır ve bunun sonucunda en önemli para metrelerden biri olan suya olan önem giderek yükselmektedir. Küresel ısınma nedeniyle hava sıcaklığındaki artış, iklim ve bitki yetiştiriciliğinde en önemli parametrelerden biri olan su kullanımını olumsuz yönde etkilemektedir. Hava sıcaklığı arttıkça bitkilerin su tüketimleri de artmaktadır. Öte yandan, değişen iklim koşulları yağışlarda düzensizlikler meydana getirmektedir. Bunun sonucunda dünyadaki tatlı su kaynaklarında azalma meydana gelmektedir. Bu sebeple kuraklığa dayanıklı bitkilere yönelilmeli ve daha az sulama ile daha çok verim alınabilecek bitkiler tercih edilmelidir. Etkin ve gerekli su kullanımı ile en yüksek verim alınacak bitkisel ürünler tercih edilmeli.

Suya olan önemin her geçen gün giderek artmasından dolayı, yüksek miktarda suya ihtiyaç duyan bitkilere alternatif olarak su gereksinimi daha az olan bitkilerin yetiştirilmesi büyük önem kazanmıştır. Bunun doğrultusunda da mısıra alternatif olarak sorgum bitkisinde daha az gübre ve sulama ile daha yüksek verim elde edilebileceği belirlenmiştir (Farre ve Faci, 2006).

Bitkisel üretim için en önemli etken sudur. Bitkisel üretimde daha fazla verim elde etmek için kullanılabilir olan suyun, düzenli ve etkin biçimde kullanılması büyük rol oynar. Bu amaçla değişen doğal koşullardan dolayı bitkiye ihtiyaç duyduğu suyu ne derecede verildiği ve sulama ile ne kadar verim alınabildiği ve bitki gelişimini ne kadar etkilediğine bakılır. Bunları özetleyecek olursak bitki gelişimi düzeyi için optimum koşulların sağlanması ve sulama ile bitkilerden yüksek verim alınması için ihtiyaç duyduğu suyu yeterli miktar ve zamanda alabilmesi ile bu koşullar sağlanır (Doorenbos ve Kassam, 1979).

Dünya popülasyonundaki sürekli ve bilinçsiz artış, gıdaya olan ihtiyaçların artması, suya olan ihtiyaç ve önem gereğinden fazla olarak artmıştır (Kanber ve ark., 1994).

Sulama zamanının programlanması, suyun zamanında verilmesi ve bitkinin ihtiyacı kadar uygulanmasını amaçlamaktadır. Sulama sistemini programlayabilmek için 3 ana parçeye bakmak gereklidir. Bu yöntemler meteorolojik veriler, toprak ve bitkiyi baz alan yaklaşımlardır. Bitkiler, atmosferik çevre ve toprağın etkilerini bünyesinde birleştirmektedir. Burada anlatılanlardan ötürü bitki sulama zamanının programlanmasında bitkiden yüksek verim alınarak büyümesi ve gelişmesi için bitki ölçümleri baz alınarak kullanılmasının önemi artmıştır (Grimes ve ark.² 1987).

Araştırmalar ve denemeler sonucunda, bitki su stresi indeksinin kolay yollardan hesaplanabilen yöntemlerin bulunması ile niceliksel olarak ifade edilmesine olanak sağlamıştır. Bahsedilen bu yöntemdeki hesaplanabilen değerler, bitki tacı ve hava sıcaklığı farkı ile havanın buhar basıncı açığından oluşan değerlerdir (Jackson ve Idso² 1981).

Bir bitkinin hangi zamanda sulanabilmesi gerektiğinin anlaşılabilmesi için, bitkinin toprak su içeriğine mi yoksa hava durumundan kaynaklı su isteği varlığına mı ihtiyacı olduğu istemi, bitkinin kendi içsel su durumu kadar doğru olarak belirtmez. Bunlardan ötürü, bitkinin suya olan ihtiyacının belirlenmesinde, bitki sulama programları hazırlanmış ve bunlar bitkilerde kapsamlı olarak yararlanılmıştır (Reginato, 1983).

Bitkiler havadaki sıcaklık değerlerinin artmasından dolayı terleme yaparlar. Bitkiler terleme yaptıkça yapraklarında ki sıcaklık değerleri düşmekte ve hava sıcaklığından daha az bir değere gelmektedir. Anlatılan bitkinin bu fiziksel özelliğinden dolayı psikometrik ölçümler yapılarak bitki su stres indeksi (CWSI) belirlenmektedir (Jackson, 1982).

İnfrared termometre tekniği kullanılması yöntemi sayesinde, bitki ölçümleri sırasında bitki ile temas olmadığından dolayı, bitkiye hiçbir şekilde zarar verilmiyor olup, daha hızlı ve doğru ölçümler yapılabilmektedir (Zipoli, 1990).

Son zamanlarda bitkilerin su stresinin incelenmesi için bitki sıcaklığı ölçüm yöntemi üzerine olan eğilim artmış ve bu konunun üzerine araştırmacılar birçok çalışma yapmışlardır (Jackson ve ark.² 1981).

Anılan teknik yaprak yüzeylerinden transpirasyon yoluyla buharlaşan suyun yaprakları serinlettiği ilkesine dayanır. Bu süreçte kullanılan su sınırlanırsa, transpirasyon azalır ve yaprak sıcaklıkları artar. Buharlaşma çok azsa, absorbe edilen radyasyon nedeniyle yaprak sıcaklığı, çevresindeki atmosferden daha yüksek değerler gösterir (Jackson, 1982).

Dünyadaki gelişen teknoloji sayesinde İnfrared termometre de gelişim göstermiştir. Bitki sıcaklıklarını ve büyük alanlardan daha hızlı ve kolay ölçümler alınarak bitkinin o anki sıcaklık farklılıklarını öğrenerek sulama zamanının hesaplanabilmesini daha kolay hale getirmiştir.

Idso ve ark. (1981), farklı bitkilerde ve değişik yerlerde taç-hava sıcaklığı farkı ile buhar basıncı açığını (VPD, kPa) belirlemek için günlük ölçümler yapmışlardır. Bulutluluk dışında diğer çevre etmenlerini ihmal ederek bitkilerin potansiyel evapotranspirasyon yaptığı koşullarda taç sıcaklığı (Tc) hava sıcaklığı (Ta) farkı ile VPD arasında doğrusal bir ilişki olduğunu öğle saatlerinde yaptıkları ölçümlerle göstermişlerdir. İyi sulanan ve potansiyel hızda transpirasyon yapan (minimum su stresi durumundaki) bitkiler için bu doğrusal ilişki, alt baz çizgisi olarak adlandırılır. Birçok bitki için anılan ilişki güneşli ve tamamen gölgeli koşullarda gelişmiştir (Idso ve Pinter,1990).

Bağlantının bitki cinsine bağlı olmakla birlikte büyük bir coğrafik alanda teyit edilebilir olduğu saptanmıştır (Idso ve ark. 1981).

Buhar basıncı açığından bağımsız, fakat hava sıcaklığına bağımlı olan bitki tacı-hava sıcaklığı farkının üst baz çizgisi ise transpirasyon yapmayan (maksimum su stresi durumundaki) bitkilerden belirlenir. Böylece elde edilen temel grafik yardımıyla, genellikle bitkilerin en çok streste olduğu 13:00 - 14:00 saatleri arasında yapılan bitki tacı, kuru ve ıslak termometre sıcaklığı ölçümleri kullanılarak bitki su stres indeksi (CWSI) hesaplanabilir. CWSI değeri, stres

düzeyine bağlı olarak $CWSI=0$ (minimum stres) ve $CWSI=1$ (maksimum stres) arasında değişir (Reginato, 1983).

Üstteki bilgiler ışığında, ele alınan bu çalışmada sorgum bitkisinde infrared termometre ile saat 11:30 ile 13:00 saatleri arasında bitki sıcaklıklarını ölçmüş olup buradan bitki taç sıcaklıkları (T_c) bulunmuştur. Arazide bulunan otomatik meteoroloji istasyonundan da anlık alınan ıslak termometre sıcaklıkları ile T_a değerleri bulunarak formül oluşturulmuştur. $CWSI$ değerini buradan hesaplanmıştır.

Çok sayıda araştırmacı tarafından, değişik bitkilerde $CWSI$ ' nin sulama programlanması için yararlı bir indeks olduğu gösterilmiştir (Pinter ve ark. 1982; Reginato, 1983; Howell ve ark. 1984 ve Niemiera, 1990).

Morfolojik ve fizyolojik özelliklerinden dolayı sorgum, mısır ile karşılaştırıldığında kuraklığa daha dayanıklıdır (Purseglove, 1972).

Sorgum bitkisi sulandığında verimin arttığı birçok çalışmalarla kanıtlanmıştır. Sulamanın miktarı ve sayısı, bölgenin iklim koşullarına ve toprak yapısına bağlı olarak değişmektedir. Sorgumun en fazla su tüketiminin salkımlanma ve çiçeklenme evresinde olduğu görülmüştür. Sorgumun çiçeklenme dönemindeki su stresi büyük bir öneme sahiptir (Al-Kaisi ve Broner, 2010).

Bu çalışmada, Çukurova koşullarında yetiştirilen tatlı sorgum bitkisinde, farklı sulama suyu düzeylerinde bitki su stres indeksi ($CWSI$) değerlerinin değişimlerinin belirlenmesi ve sulamaların programlanmasında kullanılması amaçlanmıştır.

2. ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Keten (2020), yapmış olduğu çalışmada, ortalama bitki su stres indeksi (CWSI) değerleri her iki yılda da en düşük M100(M: Mısır bitkisi için) ve S100 (S: Sorgum bitkisi için) konularından elde etmiştir. Bu değerler, 2018 ve 2019 yılında, silajlık mısır bitkisinde 0.14 ve 0.39, silajlık sorgum bitkisinde ise 0.27 ve 0.32 olarak elde edilmiştir. Diğer konularda ölçülen bitki su tüketimi değerleri ise uygulanan sulama suyu miktarına göre değişmiş, silajlık mısır bitkisinde M80 konusunda 0.37 ve 0.53, M60 konusunda 0.41 ve 0.58, M40 konusunda 0.62 ve 0.70, M20 konusunda 0.73 ve 0.82 olarak bulunmuştur. Silajlık sorgum bitkisinde bu değerler S80 konusunda 0.32 ve 0.38, S60 konusunda 0.47 ve 0.50, S40 konusunda 0.47 ve 0.61, S20 konusunda 0.67 ve 0.70 olarak belirlenmiştir.

Dündar (2019), yapmış olduğu çalışmasında, araştırmadan elde edilen verilere göre, Adana ikinci ürün koşullarında sorgum bitkisinin yetiştirme dönemleri içerisinde konulara uygulanan sulama suyu miktarları I1 konusu için 479.6 mm, I2 konusu için 395.6 mm, I3 konusu için 307.7 mm ve I4 konusu için 227.8 mm olarak ölçmüştür.

Alderfasi ve ark. (2016), yapmış oldukları çalışmada, sorgumun düşük su temini ve çeşitli sulama rejimlerinin değerlendirilmesi üzerine yapılan çalışmada King Saud üniversitesi tarım ve köy işleri araştırma istasyonunda. (6, 8 ve 10 bitkiler/m²) farklı büyüme, verimi ve verim bileşen parametrelerinde olduğu kadar, sorgum yerel çeşidinin (Gizani) tane kalitesi üzerinde her sulama 6, 9 ve 12 günde bir yapmışlardır. Sonuçlar, hemen hemen tüm büyüme, verim ve verim bileşen parametrelerinin, her iki faktörden ve etkileşiminden önemli ölçüde etkilendiğini ortaya koymuştur. Tohumların kimyasal bileşimi, yaprak prolin içeriği ve su kullanım randımanı (WUE) da dikkate alınmış. Aşırı kuraklık stres durumu, büyüme karakterlerinin çoğunda, sulandırılmış işleme kıyasla kademeli olarak azalmaya neden olmuş ve verim ve verim bileşen karakterlerinin düşürülmesine yansımıştır.

Gencel (2009), yapmış olduğu çalışmada, çalışma sonunda infrared termometre kullanılarak belirlenen CWSI yöntemi bu çalışmada test edilen yaklaşımla birlikte kullanıldığında dolaylı olarak sulamada ne kadar su uygulanacağını da belirlenebileceği kanıtlanmıştır. CWSI yaklaşımının eksik yönü olan “sulama da ne kadar su uygulanacağı” konusu giderilmiş ve sulama programlanmasında daha etkin kullanılabilir hale getirilmiştir. Gerek küresel ısınma gerekse son yıllarda sıkça ortaya çıkan kuraklık nedeniyle sınırlı olan su kaynakları tarımda daha etkin olarak kullanılması kaçınılmazdır.

Arıtürk (2008), yapmış olduğu çalışmada, bitki su stres indeksi (CWSI) değerlerinin belirlenmesi için gerekli olan üst baz çizgisi karık ve damla sulama yöntemlerinde yaklaşık 2 °C, alt baz denklemleri ise sırasıyla sulama suyu ihtiyacının %100’ ünün karşılandığı II konularından “ $T_c - T_a = -2.8124 \text{ VPD} + 1.2904$ ” ve “ $T_c - T_a = -2.7175 \text{ VPD} + 1.4061$ ” olarak elde edilmiştir.

Tekelioğlu (2016), yapmış olduğu çalışmada, sulama konularına ilişkin CWSI değerlerinin hesaplanmasında deneysel yaklaşım kullanılmış ve mevsimlik ortalama CWSI değerleri üç gün ara ile sulanan sırasıyla D3S1, D3S2, D3S3, D3S4 konuları için, 0.16, 0.12, 0.15, 0.28 altı gün ara ile sulanan sırasıyla D6S1, D6S2, D6S3, D6S4, konuları için 0.29, 0.25, 0.21, 0.25 ve susuz parselde ise 0.36 olarak belirlenmiştir.

Çoban (2018), yapmış olduğu çalışmada, kullanılan sorgum sudan otu çeşitlerinde yaprak sayısı, sap çapı, bitki ağırlığı, yaprak ağırlığı ve yaprak oranına ait değerler istatistiksel olarak önemli bulmuştur. Çeşitler arasında en yüksek yaprak sayısı ortalaması Greengo (10.98 adet/bitki), en düşük yaprak sayısı ortalaması Nutrihoney (9.33 adet/bitki) çeşidinden, en yüksek sap çapı ortalaması Aneto (16.55 mm), en düşük sap çapı ortalaması Sugar Graze (14.49 mm) çeşidinden, en yüksek bitki ağırlığı ortalaması Aneto (160.11 g), en düşük bitki ağırlığı ortalaması Sugar Graze (116.22 g) çeşidinden, en yüksek yaprak ağırlığı ortalaması Greengo (27.22 g), en düşük yaprak ağırlığı ortalaması Sugar Graze (17.78 g) çeşidinden, en yüksek yaprak oranı ortalaması Greengo (%18.33), en

düşük yaprak oranı ortalama değeri ise Nutrihoney (%13.56) çeşidinden elde edilmiştir.

Erten (2020), yürütmüş olduğu çalışmasında, ortalama CWSI değerleri ile pamuk kütlü verimleri arasındaki ilişkiyi istatistiksel açıdan ikinci derecede önemli (polinomiyal) ($p < 0,01$) bulmuştur. Farklı sulama düzeyleri beraber incelendiğinde, kütlü veriminin en yüksek olduğu S1 konusunda, sulamalardan önce elde edilen 0.22'lik CWSI değerinin, sulama zamanına karar vermede baz alınabileceği söylenebilir. Ancak su kaynaklarının kısıtlı olduğu koşulda, S1 konusundan biraz daha fazla strese maruz kalmasına rağmen verimin daha yüksek olması da S2 konusunun önerilebileceğini göstermektedir. Bu koşulda daha az su kullanılarak (%25 tasarruf) ikinci en yüksek pamuk verimi sağlayan ve CWSI=0.36 olarak saptanan S2 deneme konusu önerilebilir.

Köse (2015), yapmış olduğu çalışmasında, sorgum genotipleri için de tuz stresinin (200 mm NaCl) etkileri incelenmiş, tuz stresinin anlamlı ölçüde bütün genotipleri etkilediği belirlenmiştir. Tuz stresinin ilk aşamasında 2007 genotipi daha dayanıklı iken, SS79 genotipi en hassas çeşit olduğu görülmüştür. M 71 ve 2007 genotiplerinin yeşil aksam ağırlığındaki azalma diğer çeşitlere göre daha düşük iken SS 79 genotipi en fazla azalma gösteren çeşittir. Tuz stresinin ikinci aşamasında ise M 71 ve E-tian genotiplerinin gövdedeki Na⁺ konsantrasyonları daha düşüktür. Yine bu çeşitlerde kökten gövdeye Na⁺ taşınımının daha düşük olduğu görülmüştür. M 71 genotipi diğer genotiplere göre en düşük miktarda Na⁺ alan çeşittir. Sonuç olarak, tuz stresinin ilk aşamasında M 71 ve 2007 genotipleri, ikinci aşamasında ise M 71 ve E-tian genotipi daha dayanıklı bulunmuştur.

Kaçar (2007), yapmış olduğu çalışmasında, araştırmada ölçülen Tc-Ta sıcaklık farkı değerleri ile VPD değerlerinin ilişkilendirilmesi sonucunda bitki su stres indeksi (CWSI) değerlerini hesaplamıştır. CWSI değerlerinin belirlenmesi için tam sulama yapılmış ve hiç sulama yapılmamış konulardan yapılan ölçümler sonucunda bir temel grafik oluşturulmuştur. Anılan temel grafikte hiç sulama yapılmayan konudan ortaya çıkan üst baz çizgisi değeri 3.1 °C'lik bir doğru ve

tam sulama yapılmış olan konuya ait alt baz çizgisi $T_c - T_a = 2.3 - 1.7VPD$ denklemi ile ifade edilebilen bir doğru olarak saptanmıştır. CWSI değerleri her bir deneme konusu için ayrı ayrı hesaplanarak saptanmıştır. Hesaplamaların sonucunda CWSI değerleri I1 konusu için 0.05, I2 konusu için 0.15 ve I3 konusu için 0.30 olarak bulunmuştur. Deneme konularında verim esas alınarak stres eşik değeri hesaplanmıştır. Çukurova koşullarında yetiştirilmiş olan pamuk bitkisinde farklı su ve gübre düzeyleri altında verimde çok önemli farklılıklar olmadığından, I3 konusuna ait 0.30 CWSI değerini stres eşik değeri olarak kabul edilebilir. Çukurova koşullarında yetiştirilen pamukta bitki su stres indeksi değerinin 0.30'a ulaştığında optimum bitki gelişimi ve verim için sulama zamanını belirlemede bir ölçüt olarak alabiliriz.

Gençoğlu ve Yazar (1996), yapmış oldukları çalışmada, Çukurova koşullarında farklı düzeylerde su kısıntının bitki gelişim evresi boyunca birinci ürün mısır bitkisinde bitki tane oluşumu ve su kullanım üretkenliği üzerine etkilerini araştırmıştır. Araştırmada sulanabilen konular 10 günde bir olmak üzere 120 cm'lik toprak profilinden kullanılan suyun %100, 80, 60, 40, 20, 0 olacak şekilde deneme oluşturulmuştur. %100'lük sulama koşulları altında uygulanan su miktarı 752 ve 823 mm'dir. Bunun yanında tüketilen su miktarları hesaplandığında birinci yılda 999 mm ve ikinci yılda 1052 mm olarak bulunmuştur. Verimler ise birinci yılda 1001.5 kg/da ikinci yılda ise 1003.5 kg/da olarak hesaplanmıştır. Sulama sonunda % 80'lik sulama istatistiksel olarak %100 den farklı çıkmamıştır. Yani %20'lik kısıntının bir fark oluşturmadığı gözlenmiştir. Ancak diğer düzeylerde önemli düşüşler gözlenmiştir.

İptaş ve Yılmaz (1995), yapmış oldukları çalışmada, 1991 yılında 2. ürün olarak ekilen silajlık sorgum ve sorgum-sudan otu melezleri (*Sorghum Bicolor* x *Sorghum Sudanense* stapf.) farklı sıra aralıklarının belirlenmesi çalışması sonucunda en fazla yeşil aksam olan ot verimini 8841.4 kg/da ile 15 cm olarak sıra aralığında gözlemlenmiştir. Ayrıca sıra aralıklarının artmasının verimi azalttığı saptanmıştır.

Emeklier ve Köksoy (1997), yapmış oldukları çalışmada, 1995 yılında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü deneme alanında yürütülen 3 farklı sorghum çeşidi ekim zamanı ve 3 farklı ekim sıklığı verime olan etkisini araştırmıştır. Araştırma sonucunda en yüksek verim 40x20 cm bitki sıklığı ile 20 Nisan’da yapılan ekimde elde edilmiştir.





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 içerisinde. 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 damlaticılar yer almaktadır. Damlaticılar 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. Deneme alanında bulunan istasyondan alınan uzun yıllık 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 Öğeleri	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
	Buharlaşıma, 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
	Buharlaşıma, 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 eşidi

Araştırmada, Sorghum bicolor (L.) moench M81E eşidi 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 Sorghum eşidi üzerinde (M81E) gerçekleştirilmiştir. Araştırma 3 yinelemeli olarak tesadüf blokları deneme desenine göre düzenlenmiş ve 5 konu için 15 Parsel alanı oluşturulmuştur.

Deneme sulama aralığı 7 günde bir olacak şekilde 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. Toprak Suyu ve Buharlaşma Ölçümleri

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

Çalışmada kullanılan buharlaşma değerleri deneme alanında bulunan iklim gözlem merkezindeki A-Sınıfı Buharlaşma Kabı'ndan (Class-A Pan) ölçülerek elde edilmiştir.



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

3.2.3. Tarımsal İşlemler**3.2.3.1. Tarla Hazırlığı**

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

3.2.3.2. Ekim

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

3.2.3.3. 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.

3.2.3.4. 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.

3.2.3.5. 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 ulaşmaya dek 30 cm'lik katmanlardan toprak örnekleri alınmıştır.

Toprak örnekleri her deneme parseli için sulamalardan önce ve sulamalardan sonra olmak üzere büyüme mevsimi boyunca alınmıştır. Deneme alanı topraklarının temel fiziksel ve kimyasal özelliklerini saptamak için alınan

toprak örnekleri, laboratuvarında toprak su içeriklerini belirlemek amacıyla analiz edilmiştir.

3.2.3.6. Bitki Su Tüketiminin Belirlenmesi

Deneme konularında bitki su tüketiminin (ET) belirlenmesinde James (1988) tarafından verilen su dengesi eşitliği kullanılmıştır (Eşitlik 3.1);

$$ET=I+R+Cr-Dp-Rf\pm \Delta s \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

ET : Bitki Su Tüketimi (mm)

I : 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)

Eşitlikte sulama suyu (I), her konu için ayrı ayrı su saati aracılığıyla verilmiştir. 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.2 1993). Ancak sulamaların damla sulama sistemiyle yapılmış olması nedeniyle, derine sızma ve yüzey akış (Rf) kayıpların olmadığı belirlenmiştir.

3.2.3.7. Hasat

Fizyolojik olgunluğa gelen tatlı sorgum bitkileri 29.08.2018 tarihinde elle hasat edilmiştir. Hasatta parsellerin 3. ve 4. sıraları dikkate alınarak ve parsel başlarından 0.5 m' lik boşluklar bırakılarak yapılmıştır. Kesilen bitkilerin sapları sayılmış, kardeş sayıları hesaplanarak her parsel ayrı ayrı tartılmıştır. Bitkilerin yaprakları ve salkımları kesilmiş ayrı olarak tartılmıştır. Boğum çapları araziyi temsil eden 5 bitkiden ölçülmüştür. Dekara verim hesaplaması yapılmıştır.

3.2.4. Bitki Gelişimine İlişkin Gözlem ve Ölçümler

Denemede gözlem ve ölçümlere sorgum bitkisinin çıkışıyla başlanmış ve bitki gelişiminin tamamlandığı fizyolojik olgunluğa kadar, 7 günde bir belirli aralıklarla devam etmiştir. Çalışmada açık alanda ki sorgum bitki gelişimi ile ilgili ölçümler araziyi temsil eden alanlardan alınmıştır.

3.2.4.1. Bitki Boyu

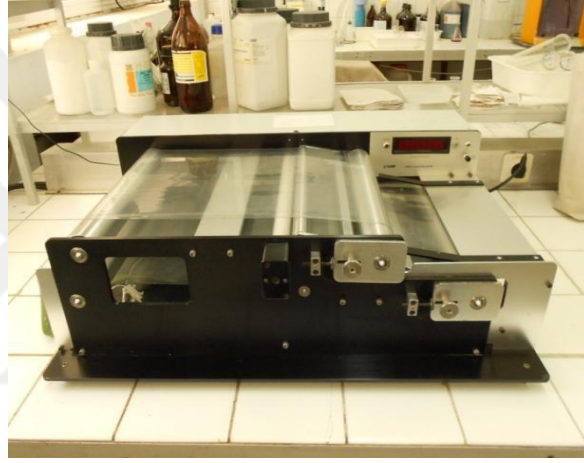
Yaprak alan indeksini ve kuru madde miktarını belirlemek amacıyla alınan bitki örneklerinden başaklanmadan önceki dönemde rastgele 5 sap seçilerek bitki boyları ölçülmüştür (Şekil 3.4.). Başaklanmadan sonra ise, kök boğazı ile başak ucundaki son başakcığın ucu arasındaki uzunluk cm olarak ölçülerek 5 bitkinin ortalaması alınmıştır.



Şekil 3.4. Bitki boyları ölçüm işlemi

3.2.4.2. Yaprak Alan İndeksi (LAI)

Yaprak alan indeksi (LAI) için denemede bitki sıralarının 0.60 m'lik uzunlukları kullanılmış ve 3 bitki alınacak şekilde işlemler yapılmıştır. Alınan uzunluk üzerindeki bitkiler, toprak yüzeyinden kesilerek; örneğin içerdiği yaprakların tümünün bir yüzeylerinin alanları, optik yaprak alan ölçer kullanılarak ölçülmüştür. 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

3.2.4.3. Kuru Madde Miktarları (Biomass)

Biyokütle değerleri, yaprak alan indeksinin belirlenmesinde kullanılan bitki örneklerinde 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.2 1985). Kurutulan örnekler tartılmış ve anılan bitki örneğinin temsil ettiği alana oranlanarak birim alana düşen kuru madde miktarı hesaplanmıştır (Gardner ve ark.2 1985).

3.2.5. Sulamaların Planlanması ve Uygulanması

Denemede 4 farklı sulama konusu ve susuz konu oluşturulmuştur. I_1 (%100), I_2 (%75), I_3 (%50), I_4 (%25) ve I_0 (%0). Ekimden 68 gün süresince 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 yığılımlı buharlaşma değerlerinin % 100'nün I_1 konusuna, %75'nin I_2 konusuna, %50'sinin I_3 konusuna ve %25'inin I_4 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 13.3 mm, 13.7 mm, 10 mm ve 14.6 mm'lik can suyu uygulanmıştır. Sulama konuları oluşturulduktan sonra bitkinin büyüme dönemi boyunca gereksinim duyduğu 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 başlangıcında, ortasında ve sonunda yer alan damlatıcılardaki debi ölçümleri yapılarak, damlatıcıların istenilen debiye ulaşıldığı test edilmiştir. Sulama süresi, uygulanacak sulama suyu miktarı, damlatıcı debisi ve sayısına bağlı olarak Eşitlik 3.2 ile hesaplanmıştır.

$$IR=A*Ep*Kcp*P \quad (3.2)$$

Eşitlikte:

IR : Sulama suyu miktarı (m^3)

A : Parsel alanı (da)

Ep : Sulama aralıklarındaki yığılımlı buharlaşma (mm, Class A Pan)

Kcp : Bitki-Pan katsayısı

P : Örü yüzdesi (%)

Sulama suyu Kanber (1984)'de verildiği gibi açık su yüzeyi buharlaşmasından, bitki-pan katsayılarından ve örtü yüzdesi değerlerinden yararlanılarak hesaplanmıştır.

3.2.6. Bitki Su Stres İndeksinin (CWSI) Belirlenmesi

Çalışmada bitki su stresinin izlenmesi amacıyla, bitki taç sıcaklıkları, elde taşınabilir bir İnfrared termometre (Everest Interscience Inc., Model 510B İnfrared Ag Multimeter) ile ölçölmüştür (Şekil 3.6.).





Şekil 3.6. Everest Interscience Inc., Model 510B Infrared Ag Multimeter ile Sorgum bitkisinde ölçüm işlemi

Rüzgar hızı, hava sıcaklıkları, oransal nem ve diğer iklimsel veriler deneme alanındaki otomatik meteoroloji istasyonundan anlık değerler olarak alınmıştır. Elde edilen değerlerden doygun buhar basıncı (e_a) ile gerçek buhar basıncı (e_d) her ölçüm zamanı için hesaplanarak buhar basıncı açığı (VPD) bulunmuştur.

Infrared termometre ile konulara göre sulamalardan önce ve sonra, sulanan ve sulanmayan konulardan 11:30-13:30 saatleri arasında ölçümler yapılmıştır. Alet 15°'lik görüş alanı açısı (FOV) ile çalıştırılmış ve ölçümler sırasında yatayla 30-40°'lik açı yapacak biçimde tutularak görüş alanına yalnızca bitki tacının girmesine özen gösterilmiştir. Bitki su stres indeksi (CWSI)'nin belirlenmesinde deneysel yaklaşım olarak bilinen (Idso ve ark. 1981) yönteminden yararlanılmıştır. Bunun için tam sulanan konuda, yapılan ölçümlerden belirlenen T_c - T_a ve VPD değerlerinin doğrusal regresyonu (Linear Regression) alt baz çizgisi ve sulanmayan konudan alınan ölçümlerden belirlenen üst baz çizgisi elde edilerek temel grafik oluşturulmuştur.

CWSI değerleri alınan grafikten yararlanılarak belirlenmiştir. CWSI' ni belirlemede kullanılan Eşitlik 3.3'de verilmiştir.

$$CWSI = \frac{[(T_c - T_a) - (T_c - T_a)_l]}{[(T_c - T_a)_u - (T_c - T_a)_l]} \quad (3.3)$$

Eşitlikte, T_c bitki tacı sıcaklığını, T_a hava sıcaklığı, $(T_c - T_a)_l$ alt baz çizgisini ve $(T_c - T_a)_u$ ise üst baz çizgisini göstermektedir.

Buhar basıncı açığı Howell ve ark. (1992) bildirdiği temel psikometri eşitlikleri kullanılarak hesaplanmıştır (Eşitlik 3.4 ve 3.5).

$$e_w = 0.61078 \exp[17.27T_w]/[273.3 + T_w] \quad (3.4)$$

$$e_a = e_w - (AP)(T_a - T_w) \quad (3.5)$$

Burada;

e_w , ıslak termometre sıcaklığından doygun buhar basıncı (kPa); e_a , hava sıcaklığında gerçek buhar basıncı (kPa); T_w , ıslak termometre sıcaklığı (°C) ; A, psikometrik sabite (kPa °C⁻¹) ; P, barometrik basınçtır, (kPa).

Psikometrik sabite (A), Eşitlik 3.6 ile hesaplanmıştır.

$$A = [0.000660(1+0.00115T_w)] \quad (3.6)$$

Buhar basıncı açığı (VPD), kuru termometre sıcaklığındaki doygun buhar basıncı ile aynı sıcaklıktaki gerçek buhar basıncı farkı alınarak bulunmuştur (Eşitlik 3.7).

$$VPD = (e_w - e_a) \quad (3.7)$$

Anılan eşitlikte; e_w kuru termometre sıcaklığındaki doygun buhar basıncı (kPa) ve e_a ise, kuru termometre sıcaklığındaki gerçek buhar basıncı (kPa)'nı göstermektedir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Sorgum Bitkisinin Gelişimi

Sorgum bitkisi büyüme mevsimi boyunca yürütülen çalışmada 06.04.2018 tarihinde birinci ürün olarak ekilen sorgum bitkisi, 17.04.2018 tarihinde filizlenme olayı gerçekleşmiş olup, 146 günlük büyüme mevsimi sürecinden sonra fizyolojik olgunluğa erişerek 29.08.2018 tarihinde hasat edilmiştir. Sorgum bitkisinin bazı fenolojik gelişme dönemleri ve tarihleri Çizelge 4.1.'de verilmiştir.

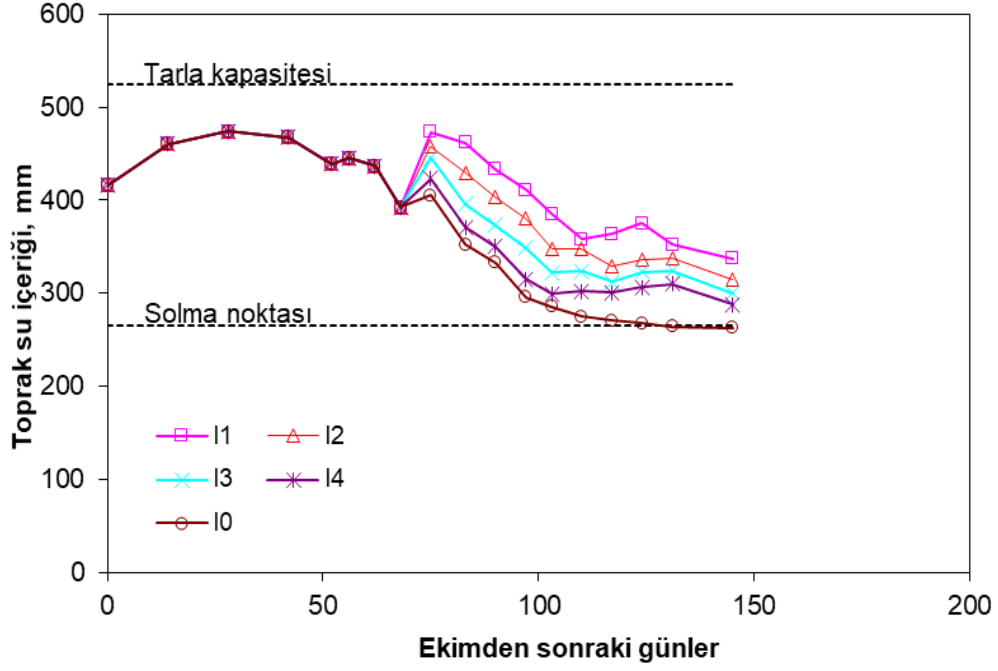
Çizelge 4.1. Sorgum bitkisinin bazı fenolojik gelişme dönemleri ve tarihleri

Gelişme Dönemleri	Tarih
Ekim	6.04.2018
Çıkış	17.04.2018
Tepe püskülü çıkışı	15.07.2018
Tozlaşma	30.07.2018
Süt Olumu	11.08.2018
Hasat	29.08.2018

4.2. Toprak Su İçeriklerinin Değişimi

Tüm araştırma konuları için toprak profilinin 120 cm derinliğinde sulama yapılmadan önce 18 kez gravimetrik yöntemle belirlenen toprak su içeriklerinin zamansal değişimlerinin izlenilmesi Şekil 4.1'de gösterilmiştir. Anılan şekilden görüldüğü gibi araştırma süresi boyunca I_0 haricinde diğer tüm konulara (I_1 , I_2 , I_3 ve I_4) ait toprak örneklerindeki su içeriklerinin tarla kapasitesi ve solma noktası arasında kalmış olduğu belirlendi. I_0 konusunun toprak su içeriğinin ise araştırma sonlarına doğru solma noktasının altına düştüğü belirlenmiştir. Genel olarak incelendiğinde ise en yüksek toprak su içeriği değerlerinin beklenildiği gibi %100 sulama suyu uygulanan I_1 konusundan elde edildiği tespit edildi. Ayrıca, büyüme

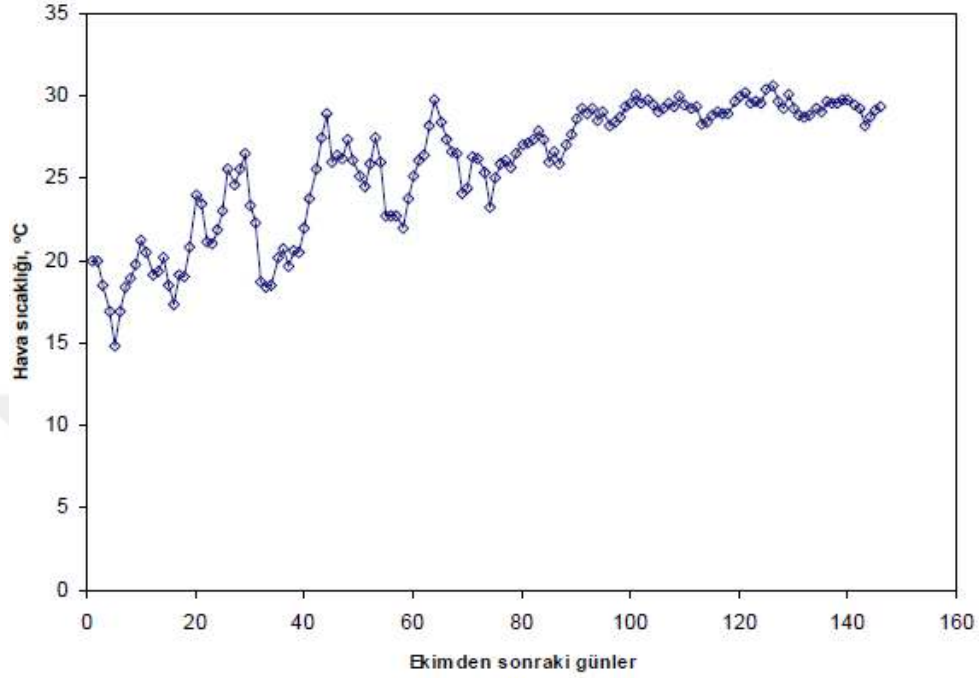
mevsiminin ilerlemesiyle birlikte artan bitki gelişimi ve hava sıcaklıkları nedeniyle tüm konulara ait toprak su içeriklerinin zamanla azalmış olduğu görülmüştür.



Şekil 4.1. Araştırma süresince tüm konulara ait toprak su içeriği değişimleri

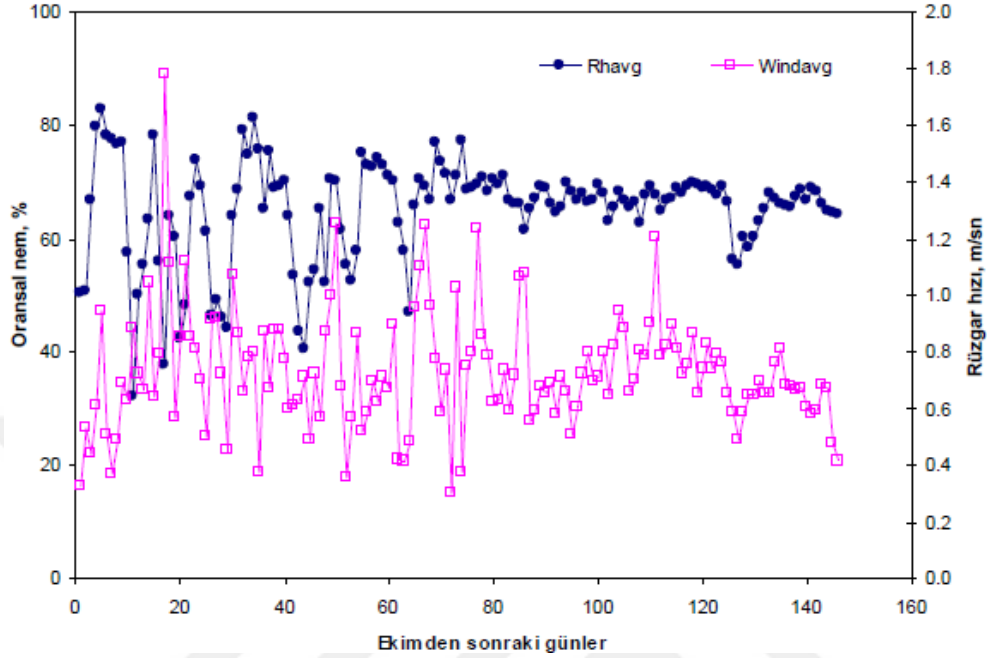
4.3. İklim Parametreleri

Araştırma süresince ölçülen ortalama hava sıcaklık, oransal nem ve rüzgar hızları değerlerinin zamansal değişimleri Şekil 4.2 ve Şekil 4.3’ de gösterilmiştir.



Şekil 4.2. Araştırma sürecince ölçülmüş olan ortalama hava sıcaklık değerlerinin zamansal değişimi

Şekil 4.2’de görüleceği gibi ortalama hava sıcaklık değerleri bitki büyüme zamanından bitki hasat zamanına doğru artış göstermiştir. Araştırma süresince ölçülen en yüksek ortalama hava sıcaklık değeri 30.6 °C olarak saptanmıştır.



Şekil 4.3. Araştırma süresince ölçülmüş olan Ortalama Oransal Nem ve Rüzgar Hızı değerlerinin zamansal değişimleri (Rhavg: Ortalama Oransal Nem, Windavg: Rüzgar hızı)

Şekil 4.3’de görüldüğü gibi ortalama oransal nem ve rüzgar hızı değerleri bitki büyüme mevsimi başından bitki hasat zamanının sonuna doğru fazla bir değişiklik göstermeden benzer bir tavır sergilemiştir. Araştırma süresince ölçülmüş olan en yüksek ortalama oransal nem miktarı %83 ve rüzgar hızı ise 1.8 m/s olarak belirlenmiştir.

4.4. Sulama Suyu Miktarları

Araştırmada bitkilerin su ihtiyaçları damla sulama sistemi ile sulanarak yapılmıştır. Araştırmadaki farklı sulama suyu seviyeleri için konularına göre kullanılan toplam sulama suyu tarihleri, sayıları ve miktarları Çizelge 4.2’de verilmiştir. Konulara göre bitkilere uygulanmış olan toplam sulama suyu miktarları 414.2 mm ile 142.2 mm arasında değişim göstermiştir. En fazla sulama suyu

miktarı I₁ konusuna, en az sulama suyu miktarı ise I₄ konusuna uygulanmıştır. Çalışmada can suları haricinde damla sulama sistemi ile 10 kez sulama yapılmıştır.

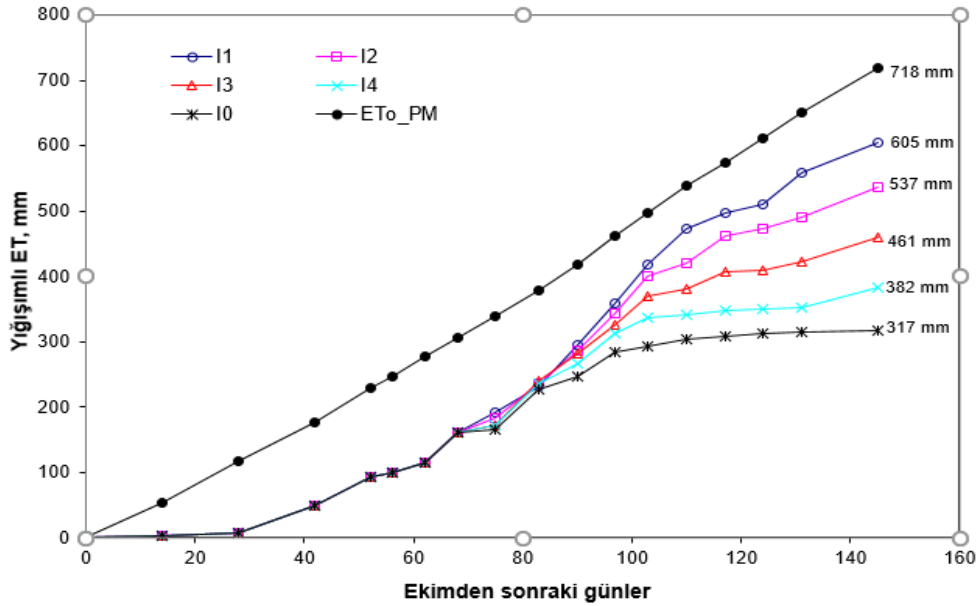
Çizelge 4.2. Deneme dönemi süresince uygulanan sulama sayısı, tarihleri ve sulama suyu miktarları (mm).

Ekim Tarihi:	6.04.2018	Konulara Göre Uygulanan Sulama Suyu Miktarları, mm				
Tarih	DAP	Sulama sayısı	I1	I2	I3	I4
18.04.2018	12	Can Suyu	13.3	13.3	13.3	13.3
25.04.2018	19	Can Suyu	13.7	13.7	13.7	13.7
4.05.2018	28	Can Suyu	10.0	10.0	10.0	10.0
18.05.2018	42	Can Suyu	14.6	14.6	14.6	14.6
13.06.2018	68	1	92.9	69.7	46.4	23.2
20.06.2018	75	2	20.7	15.6	10.4	5.2
28.06.2018	83	3	35.4	26.5	17.7	8.8
5.07.2018	90	4	41.5	31.1	20.7	10.4
12.07.2018	97	5	32.8	24.6	16.4	8.2
19.07.2018	104	6	28.1	21.1	14.1	7.0
26.07.2018	111	7	29.2	21.9	14.6	7.3
2.08.2018	118	8	25.8	19.4	12.9	6.5
9.08.2018	125	9	25.3	19.0	12.7	6.3
16.08.2018	132	10	30.8	23.1	15.4	7.7
Toplam:			414.2	323.5	232.9	142.2

4.5. Sorgum Bitki Su Tüketimi (ET)

Araştırmada farklı sulama dereceleri altında farklı konulara göre belirlenen yığışımli bitki su tüketim değerleri Şekil 4.4’de gösterilmektedir. Şekil 4.4’ den görüldüğü gibi bitki büyüme mevsiminin ilerlemesi ile birlikte bitkilerin büyüme ve artan hava sıcaklık değerlerinden dolayı bütün konularda bitki su tüketim

değerinin artmış olduğu saptanmıştır. Bitkinin büyüme mevsimi boyunca konularına göre daha fazla sulama suyu uygulanmış olan bitkilerde daha fazla terleme ve gelişme göstermiş olup daha yüksek ET değerlerine ulaştığı saptanmıştır. Araştırmada en fazla yığışimli gerçek ET değeri tam sulama yapılmış olan I_1 konusundan 605 mm ve en az yığışimli gerçek ET değeri ise sulama yapılmayan konu olan I_0 konusundan 317 mm olarak hesaplanmıştır. Bunun sebebi ise daha az sulama suyu uygulanmış olan konuların, daha fazla sulama suyu uygulanmış olan konulara göre kıyaslanacak olursa su stresinden dolayı bitkilerin stomalarını kapatma eğiliminde olmaları ve bu nedenden ötürü daha az bitki su tüketimine sahip oldukları söylenebilir. Buna benzer olarak, Singh ve Singh (1995) sorgum bitkisinde dört farklı sulama seviyeleri altında (1.0ET, 0.6ET, 0.3ET ve 0.15ET) toplam ET 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. Bitki Ölçümleri

Bitki boyu, yaprak alan indeksi, kuru madde miktarı ve bitki taç genişliği başlıkları altında toplanan ve bitki gelişimini gösteren ölçümler her bir deneme parseli için bitki büyüme dönemi süresince düzenli olarak yapılmıştır.

4.6.1. Bitki Gelişimi ile İlgili Parametreler

4.6.1.1. Bitki Boyu

Araştırmada bitki büyüme mevsimi boyunca farklı konulardan seçilmiş ve işaretlenmiş olan 5 bitkide bitki boy ölçümleri yapılmıştır. İlk bitki boyu ölçümü 28. günde yapılmış olup, son bitki boyu ölçümü ise 146. günde ölçülerek toplamda 9 kez ölçüm yapılmış olup Şekil 4.5'te gösterilmiştir. Araştırmada en yüksek bitki boyu ölçümü bitkinin ekildiği tarihten 131 gün sonra yapılan ölçümden elde edilmiş olup, I_1 konusunda 3 m olarak ölçülmüştür. Araştırma sonunda yapılan (145. günde) ölçümler değerlendirildiğinde ise, en yüksek bitki boyu değeri I_1 konusunda 2.94 m ve en düşük bitki boyu değeri ise I_0 konusunda 1.81 m olarak ölçülmüştür. Bunların dışında, I_2 konusunu temsil eden bitkilerin bitki boyları ortalaması 2.70 m, I_3 konusunu temsil eden bitkilerin bitki boyları ortalaması 2.41 m ve I_4 konusunu temsil eden bitkilerin bitki boy ortalaması 2.12 m olarak saptanmıştır. Çalışma sonuçlarından görüldüğü gibi bitki sulama suyu miktarı arttıkça bitkilerin boylarının uzadığı görülmüştür. Bu sonuçlar, daha önceki yıllarda yapılmış olan çalışmalar ile benzerlikler göstermektedir.

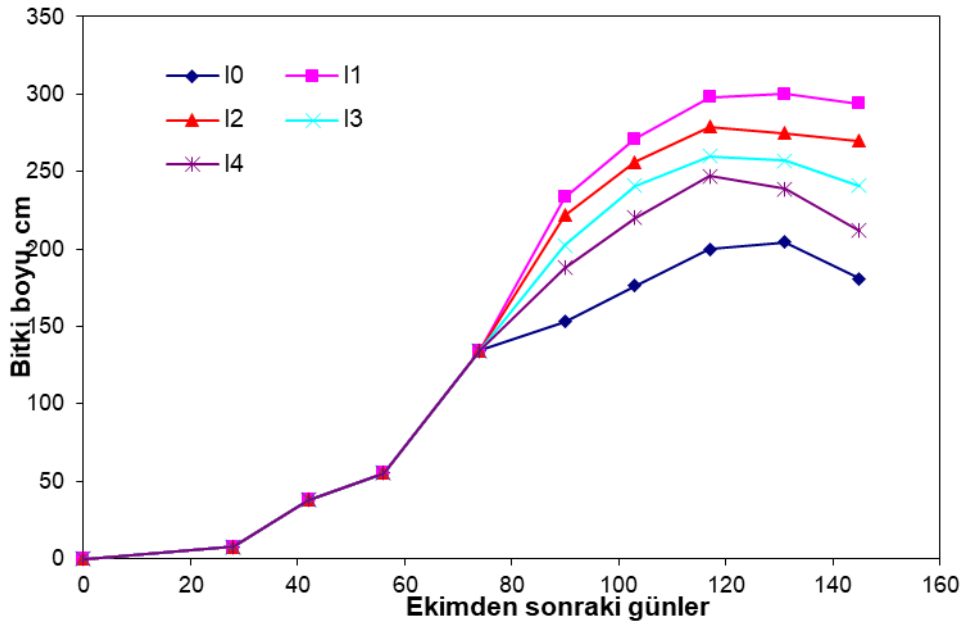
Freeman ve ark. (1973)'de yapmış oldukları çalışmada, tatlı sorgum bitki boyunun 4.8 m olduğunu saptamışlardır.

Subramanian (2013), tatlı sorgumda bitki boyunun 0.93 m ile 4.40 m arasında değiştiğini bildirmiştir.

Dweikat (2014), tatlı sorgumun uygun koşullarda 4-5 ay gibi yetiştirme süresinde 4.5 m'ye kadar boylandığı belirlenmiştir.

Yücel ve ark. (2017), Çukurova yöresinde normal sulama koşullarında farklı 21 genotipin bitki boyu ortalamalarının 1.16 m ile 4.19 m arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Dündar (2019), Çukurova koşullarında sorgum bitkisinin farklı sulama düzeyleri altında bitki boylarının 2.83 m ile 3.89 m arasında değiştiğini saptamıştır.



Şekil 4.5. Bitki boyunun konularına göre zamansal değişimleri

4.6.1.2. Yaprak Alan İndeksi (LAI)

Araştırmada konulara göre elde edilen yaprak alan indeksi (LAI) Şekil 4.6'de gösterilmiştir. Söz edilen grafikten de görüleceği gibi, LAI değerlerinin 5 konuda da en yüksek değerlere bitki ekiminden 103 gün sonra ulaştığı ve daha sonra azalmaya başladığı gözlemlenmiştir. Araştırmada en yüksek LAI değeri 8.41 ile I₁ konusundan elde edilmiştir. Araştırma sonunda ki ölçümler göz önüne alındığında ise en yüksek LAI değeri yine I₁ konusundan 3.60 olarak ölçülmüştür. I₁ ile kıyaslandığında I₂ uygulamasının yaklaşık olarak %9'u, I₃ uygulamasının yaklaşık olarak %29'u, I₄ uygulamasının yaklaşık olarak %48'i ve I₀

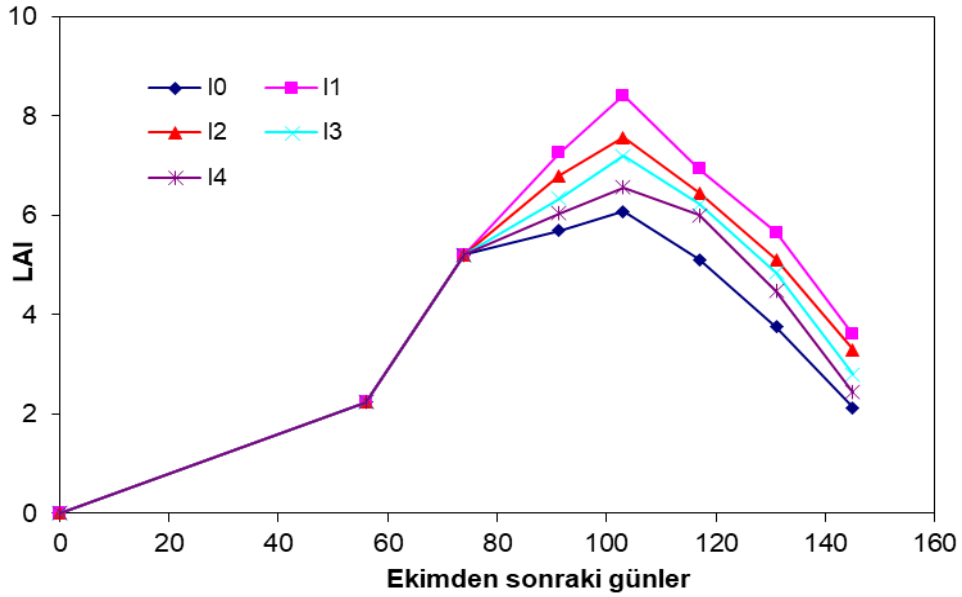
uygulamasının %71 oranında daha düşük yaprak alanına sahip olduğu tespit edilmiştir. Su stresi şiddetinin zamanla daha çok artmasından ötürü yaprak alanlarında düşüşlerin meydana gelmesi beklenen bir durum halini almıştır.

Mahajan ve Tuteja (2005), su stresi koşullarında yapraklarda meydana gelen değişimlerin terleme ile kaybedilen su miktarını azaltmaya yönelik bir tepki olduğunu bildirmişlerdir.

Ramanzadeh ve Asgharipour (2011), yapmış oldukları çalışmada en yüksek LAI değerlerinin çiçeklenme döneminde olduğunu bildirmişlerdir.

Kaplan ve Kara (2014), yapmış oldukları çalışmada çiçeklenme dönemi yaprak alan indeksi değerleri ilk yılda 4.05-5.54 arasında, ikinci yılda 3.33-4.75 arasında, yıllar ortalamasında ise 3.96-5.12 arasında değiştiğini saptamışlardır.

Barbanti ve ark. (2015), iki farklı sulama seviyesi altında sorgum bitkisinin yaprak alanının topraktaki su stresinin artması ile düştüğünü bildirmişlerdir. Araştırmada elde edilen bilgilerin literatür ile uyum içerisinde olduğu söylenebilir.



Şekil 4.6. Deneme parsellerinin konulara ilişkin yaprak alan indekslerinin zamana göre değişimi

Şekil 4.6'dan görüleceği gibi sorgum bitkisinin yaprak alan indeksi (LAI) değerleri bitki büyüme gelişimine bağlı olarak belirli değere kadar artış göstermiştir. Yaprak alan indeksi değerleri bitkinin tam yetiştirme döneminde en yüksek seviyeye ulaşmış ve daha sonra hasat dönemine yaklaştıkça azalan bir durum sergilemiştir.

4.6.1.3. Kuru Madde Miktarı (Biomass)

Araştırma süresince toprak üstü aksamla ilişkin kuru madde miktarının zamana göre değişimleri Şekil 4.7'de gösterilmiştir. Anılan şekilden anlaşıldığı gibi I_0 , I_1 , I_2 , I_3 ve I_4 konularında, en yüksek kuru madde miktarlarına ekimden 131 gün sonra ulaşılmıştır. Söz konusu değerler I_0 konusu için 3380 g/m^2 , I_1 konusu için 6020 g/m^2 , I_2 konusu için 5041 g/m^2 , I_3 konusu için 4560 g/m^2 ve I_4 konusu için 4200 g/m^2 olarak belirlenmiştir. Araştırma sonunda tam sulama yapılmış olan I_1 konusu kıyaslandığında, %25 düzeyinde kısıntılı sulanan konulara ait I_2 kuru madde miktarının yaklaşık %19, %50 düzeyinde kısıntılı sulanan konulara ait I_3 kuru madde miktarının yaklaşık %32, %75 düzeyinde kısıntılı sulanan konulara ait I_4 kuru madde miktarının yaklaşık %43 ve sulama yapılmayan konuların I_0 kuru madde miktarının yaklaşık %78 oranında daha az olduğu belirlenmiştir.

Bitki büyüme mevsimi sürecinde kayıt altına alınmış veriler ışığında I_1 tam sulama koşullarında en yüksek verilere ulaşılmıştır. Bunları daha sonra sırası ile I_2 , I_3 , I_4 ve I_0 sulama koşulları takip etmiştir.

Baytekin (1990), Çukurova iklim koşullarında silajlık sorgum çeşitleriyle yaptığı çalışmada, biomass veriminin $1801.7-2270.5 \text{ kg/da}$ olduğunu belirlemiştir.

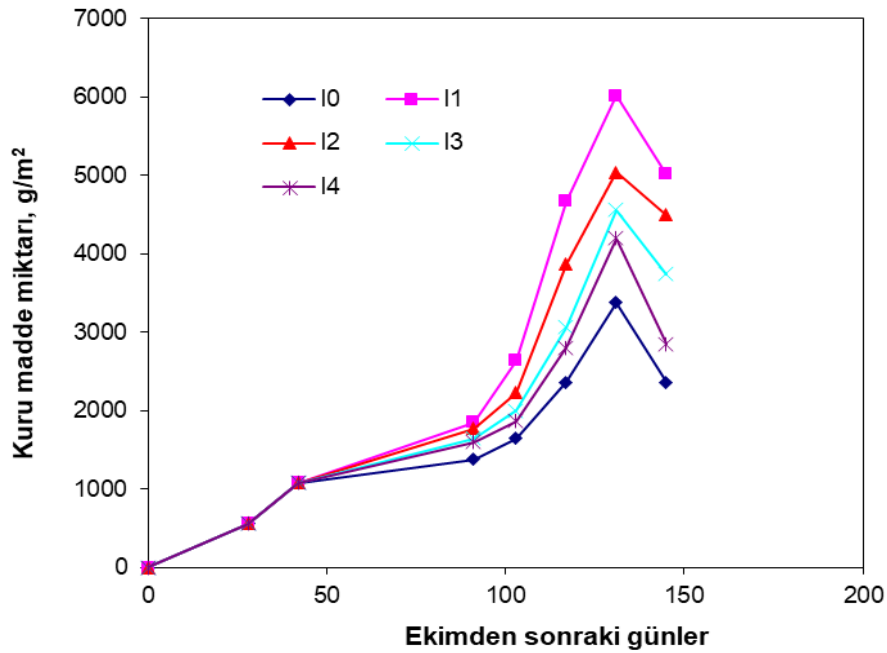
Arslangiray ve ark. (1991), yapmış oldukları araştırmada silajlık sorgum bitkisinin kuru madde veriminin $730-3019.7 \text{ kg/da}$ arasında olduğunu belirlemişlerdir.

Venturi (2003), Avrupa ülkeleri için yaptıkları çalışmada tatlı sorgum bitkisinin biomass verimini $15000-25000 \text{ kg/ha}$ arasında olduğunu belirlemiştir.

Monti ve Venturi (2003), İtalya’da yaptıkları bir araştırmada, tatlı sorgum bitkisinin kuru madde verim miktarını 20800 kg/ha olduğunu belirlemişlerdir.

Gül ve Başbağ (2005), Diyarbakır şartlarında yaptıkları araştırmada birinci ve ikinci ürün olarak ekilen silajlık sorgum bitkilerinde, ortalama biomass veriminin 1001.3 kg/da olduğunu belirlemişlerdir.

Sher ve ark. (2013), üç farklı sulama düzeyi altında, üç farklı sorgum bitki çeşidinin kullanıldığı araştırmada, topraktaki su miktarlarının azalmalarına bağlı olarak toplam biomass miktarında önemli oranlarda azalmalar olduğunu saptamışlardır.

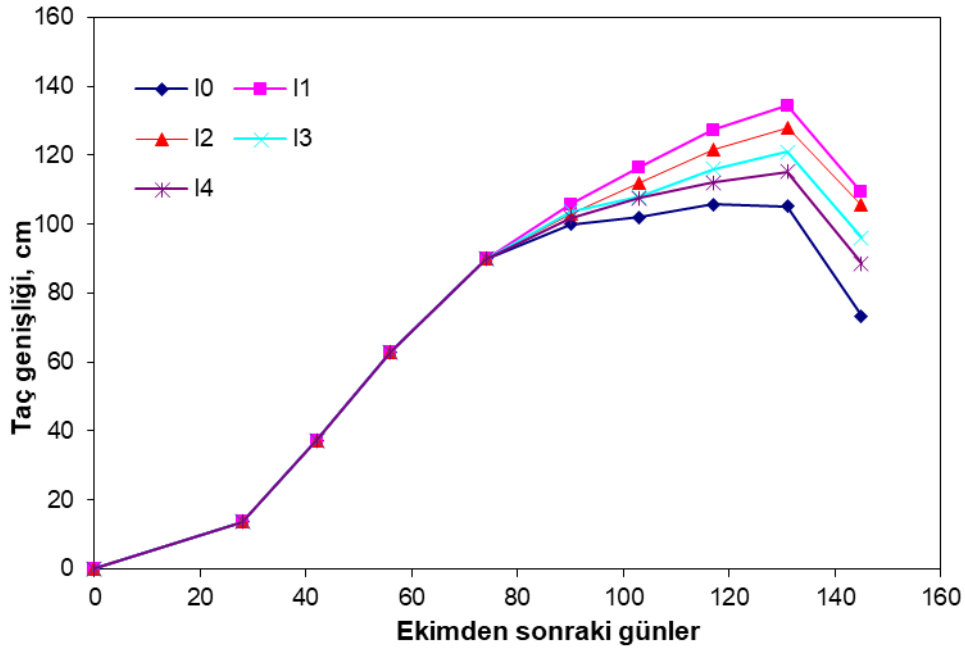


Şekil 4.7. Biomass miktarının konulara göre zamansal değişimleri

4.6.1.4. Bitki Taç Genişliği

Araştırmada bitki büyüme mevsimi boyunca her konuda işaretlenmiş olan 5 bitkide bitki taç genişliği ölçümleri yapılmıştır. İlk bitki taç genişliği ölçümü bitkinin ekildiği tarihten 28. gün sonra, son bitki taç genişliği ölçümü ise bitkinin

büyüdüğü hasat tarihi olan 146.günde yapılmış olup, toplamda 9 kez ölçüm yapılmış ve bunlarda grafiklenerek Şekil 4.8’de gösterilmiştir. Araştırmada en yüksek bitki taç genişliğine bitkinin ekiminden sonraki 131. günde yapılan ölçümlerde I_1 konusundan 134.3 cm olarak ölçülmüştür. Araştırmanın sonunda yapılan ölçümler göz önüne alındığında ise konularına göre en yüksek bitki taç genişliği değeri ise I_1 konusundan 109.3 cm olarak ve en düşük bitki taç genişliği değeri ise I_0 konusundan 73.4 cm olarak saptanmıştır. Bunların dışında, yine araştırmanın sonunda yapılan ölçümlerden çıkan sonuca göre I_2 konusundaki bitki taç genişlik değeri 105.5 cm, I_3 konusundaki bitki taç genişlik değeri 96 cm ve I_4 konusundaki bitki taç genişlik değeri de 88.7 cm değerleri olarak saptanmıştır. Araştırma sonunda tam sulama yapılan I_1 konusu ile diğer konular kıyaslandığında, I_2 konusuna ait bitki taç genişliğinin yaklaşık olarak %4, I_3 konusuna ait bitki taç genişliğinin yaklaşık olarak %14, I_4 konusuna ait bitki taç genişliğinin yaklaşık olarak %23 ve hiç sulama yapılmayan I_0 konusuna ait bitki taç genişliğinin yaklaşık olarak %49 oranında daha az olduğu saptanmıştır.



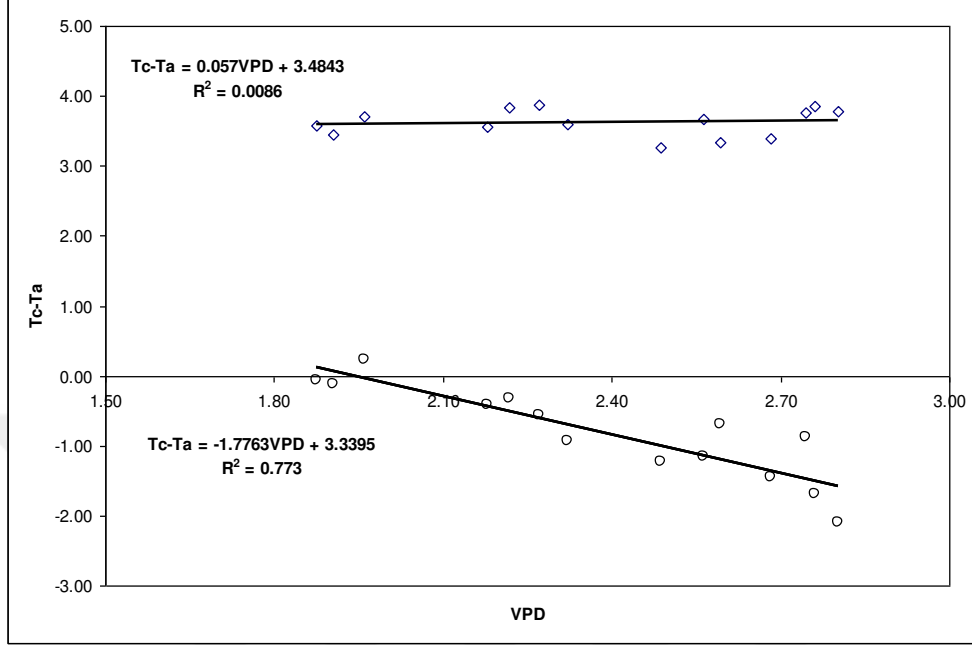
Şekil 4.8. Bitki Taç genişliğinin konularına göre zamansal değişimleri

4.7. Bitki Su Stres İndeksi (CWSI)

Araştırma da Sorgum bitkisinin sulamasına I_1 , I_2 , I_3 ve I_4 konuları için 68. günde 13.06.2018 tarihinde başlanmış olup, bitkinin ekildiği tarihten 132. gün sonunda 16.08.2018 tarihinde son sulama yapılarak bitirilmiştir. Sorgum bitkisinin büyüme mevsimi boyunca, tüm konulara 10 defa damla sulama sistemi ile sulama uygulamaları yapılmıştır. Konularına göre sulama suyu miktarı sırası ile I_1 konusu için 414.2 mm, I_2 konusu için 323.5 mm, I_3 konusu için 232.9 mm ve I_4 konusu için 142.2 mm olarak saptanmıştır (Çizelge 4.2).

Araştırmada bitki su stres indeks değerlerinin hesaplanması için ihtiyaç duyulan alt ve üst baz denklemlerinin saptanmasında bitki büyüme dönemi boyunca gerekli olan sulama suyu ihtiyacının tamamının karşılanmış olduğu, diğer bir deyişle tam sulama suyu uygulaması yapılan, I_1 konusu ile hiç sulama suyu uygulanmayan, yani sulanmayan konu olan I_0 konusu dikkate alınmıştır.

Damla sulama yöntemi ile sulanmış olan sorgum bitkisi için maksimum ve minimum su stresi koşullarında elde edilen üst ve alt sınır değerlerini gösteren grafik Şekil 4.9'da gösterilmiştir.



Şekil 4.9. Farklı sulama düzeylerinde sorgum bitkisinde CWSI' nin belirlemede kullanılan temel grafiğe ilişkin alt ve üst sınır çizgileri

Şekil 4.9'da ki üst baz çizgisi ve alt baz çizgisini belirlemede kullanılan infrared termometre ölçüm değerleri 19.06.2018 tarihinde başlamış olup sulama öncesi ve sulama sonrası olmak üzere 18 kez ölçüm yapılmıştır. Son infrared termometre ölçümleri ise 17.08.2018 tarihinde yapılmıştır. Yaprak sıcaklığı ölçümleri yapılırken (T_c) İnfrared Termometre 15°'lik görüş alanı açısı (FOV) ile çalıştırılmış ve ölçümler sırasında yatayla 30-40°'lik açı yapacak biçimde tutularak görüş alanına yalnızca bitki tacının girmesine özen gösterilmiştir. Ölçümler 11:30 ile 13:00 saatleri arasında infrared termometre ile yapılmıştır. Ölçümlerin bu saatler arasında yapılmasındaki amacımız bitki su stresinin anılan saatler arasında en yüksek seviyelere ulaşiyor olmasından dolayı olduğu söylenebilir.

Çalışmada hava sıcaklıkları (T_a) değerleri ise arazide kurulu olan otomatik meteoroloji istasyonundan alınan değerlerden saptanmıştır.

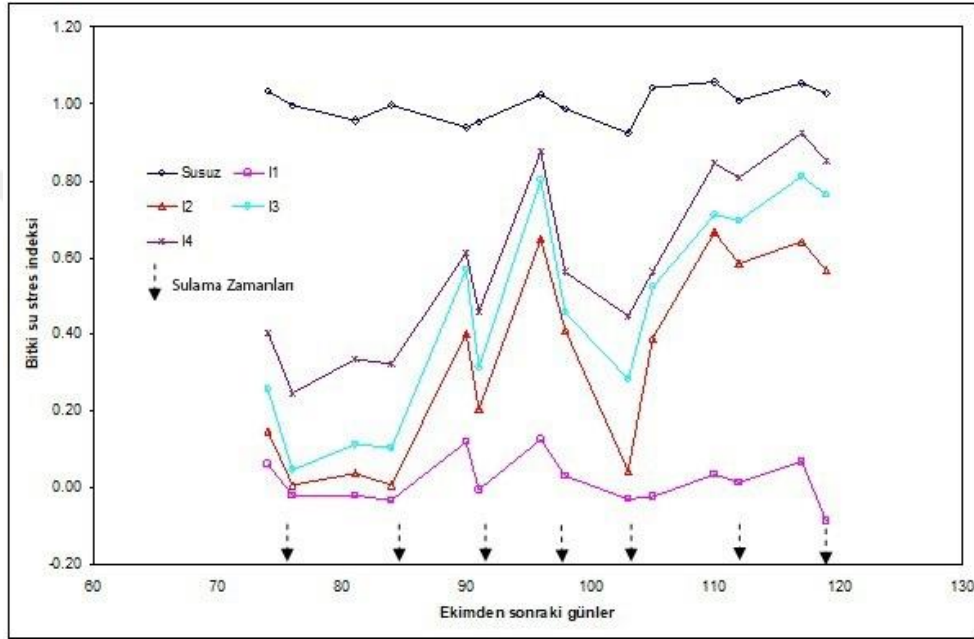
Şekil 4.9'dan görüldüğü gibi, sorgum bitkisinin Çukurova koşullarında üst baz çizgisinin değeri yaklaşık olarak 3.48 °C ($T_c - T_a$ farkı) olarak belirlenmiştir. Çalışmada sorgum bitkisine ait üst baz çizgisi denklemi $T_c - T_a = 0.057 \text{ VPD} + 3.4843$ olarak bulunmuştur. Ayrıca, çalışmada sorgum bitkisine ait alt baz çizgisi denklemi ise $T_c - T_a = -1.7763 \text{ VPD} + 3.3395$ olarak belirlenmiştir.

Arıtürk (2008), Tekirdağ iklim koşulları altında mısır bitki üzerinde yaptığı çalışmada her iki sulama yöntemi için üst baz çizgisi değerini yaklaşık 2 °C olarak saptamıştır. Ortaya çıkan bu değer, anılan konu üzerinde yürütülmüş olan farklı araştırmalarda 1.61 – 5 °C aralığında değiştiğini birçok araştırmacının yapmış olduğu çalışmalarda da gözlemlenmiştir (Steele ve ark.2, 1994; Nielsen ve Gardner 1987; Shanan ve Nielsen 1987; Irmak ve ark.2, 2000; Payero ve Irmak, 2006).

Keten (2020), tarafından 2018 ve 2019 yıllarında, Kahramanmaraş iklim koşullarında, silajlık sorgum bitkisinde yapılan çalışmalarda, üst sınır değeri 0.34 - 1.13 °C arasında değişiklik göstermiştir. Çalışmada sorguma ait alt sınır değeri (su stresinin olmadığı varsayılan alt sınır) denklemleri ise; 2018 yılı için, $T_c - T_a = -1.44 \text{ VPD} + 0.4095$ olarak saptanırken, 2019 yılı için, $T_c - T_a = -1.51 \text{ VPD} - 1.18$ olarak belirlenmiştir. Anılan bu değer, Olufayo ve ark. (1996), tarafından yapılan çalışmada, $T_c - T_a = -2.51 \text{ VPD} + 3.76$ olarak bulmuşlardır.

Gençel (2009), mısır bitkisinde yapmış olduğu 2 yıllık çalışma sonucunun, ilk yılında $T_c - T_a$ değeri sık sulanan, su stresi olmadığı kabul edilen I- 40 konusunda sulama döngüsü içerisinde -3 ile +4 °C değerleri arasında değişmiştir. Stres koşullarını temsil eden I-80 konusunda ise söz konusu değerler -3.5 ile +5.2 °C değerleri arasında değişmiştir. Genel olarak sulamalardan hemen önce $T_c - T_a$ değerleri en yüksek değerlerde, sulamalardan birkaç gün sonra ise en düşük değerlere ulaşmıştır. Denemenin 2. yılında ise ilk yıla benzer şekilde seyir izleyen $T_c - T_a$ farkı sık sulama yapılan I-40 konusunda -3 ile +3 °C arasında değişmiştir. Stres koşulunu temsil eden I-80 konusunda ise -4 ile +4.5 °C sıcaklıkları arasında değişim göstermişlerdir.

Çalışmanın deneme konularında yapılan ölçümlerden elde edilen verilerin değerlendirilmesi sonucunda, Şekil 4.10'da gösterildiği gibi, sulama uygulamalarından sonra CWSI değerlerinde azalmaların meydana geldiği saptanmıştır.



Şekil 4.10. Farklı sulama düzeylerindeki sorgum bitkisinde infrared termometre ölçümleriyle hesaplanan CWSI değerlerinin zamana göre değişimi

Anılan şekilden anlaşılabacağı gibi, bitki büyüme mevsimi boyunca, ortalama CWSI değerleri I1, I2, I3, I4 ve I0 (susuz konu) konuları için sırasıyla; 0.02, 0.34, 0.46, 0.59 ve 1.00 olarak ölçülmüştür. Yapılan bu çalışmada, ölçülen CWSI değerleri 0.02 ile 1.00 değerleri arasında değişiklik göstermiştir. Idso ve ark. (1981) ile Gardner ve Shock (1989), tarafından konu ile ilgili farklı araştırmalar yapılmıştır. Yapılan bu çalışma sonunda elde edilen CWSI değerleri, anılan araştırmacıların da belirttikleri gibi teorik olarak 0.02 ve 1 değerleri aralığında değişmiştir. Yani, yapılan çalışma sonucunda elde edilen CWSI değerleri belirtilen bu çalışmalarla uyum göstermektedir.

Arıtürk (2008), tarafından yapılan çalışmada, silajlık mısır bitkisinde, sulama ve ölçüm sezonu süresince uygulama konularına göre farklılık gösteren mevsimlik ortalama CWSI değerleri ve sulama öncesi ortalama CWSI değerlerine bakılmış ve sonuç olarak; CWSI değerleri damla sulama yöntemi için I1, I2 ve I3 konularında sırasıyla; 0.36, 0.39 ve 0.94 olarak bulunmuştur. Ayrıca, sulanan deneme konularında CWSI değerleri, toprak neminin en düşük değere ulaştığı zaman olan sulama öncesi dönemde, maksimum değere ulaşmış, sulamadan bir gün sonra ise, minimum değere düşmüştür. Sulama öncesindeki CWSI değerleri damla sulama yöntemi ile sulanan, I1 ve I2 konuları için sırasıyla; 0.55 ve 0.54 değerleri olarak elde edilmiştir. Araştırmacı elde ettiği verileri değerlendirmiş ve yaptığı çalışmanın sonucunda bilhassa sulama uygulamalarında, farklı miktarlarda uygulanan sulama suyu konularından elde edilen ortalama CWSI değerlerinde meydana gelen değişimin az olması, eksik sulama nedeniyle meydana gelen stres farkının düşük olduğunu göstermektedir. Sulama suyu uygulanmayan, diğer bir deyişle, susuz konu olan, I3 uygulamasında ise, 0.94 ortalama CWSI değeri stres düzeyini belirgin bir biçimde göstermektedir.

Keten (2020), yapmış olduğu çalışmada silajlık sorgum için 2018 yılı ortalama CWSI değerleri, S100 konusundan S20 konusuna doğru sırasıyla 0.27 değeri ile 0.67 değeri arasında, 2019 yılında ise bu değerler 0.32 ile 0.72 değerleri arasında değişmiştir. Silajlık sorgum sulama suyunda uygulanan %34 ile %45 oranında azalma bitki su stres indeksinde yaklaşık 2.5 kat artışa sebep olmuştur. Silajlık sorgumda yaşanan 2.5 katlık CWSI artışı verimde yaklaşık 2 kat verim düşüşüne sebep olmuştur.

Reginato ve Howell (1985), CWSI değerlerindeki artışın toprak su içeriğindeki azalmalara bağlı olduğunu belirtmişlerdir.

Bitki su stresleri sulamalardan önce en yüksek değerlere ulaşmakta ve daha sonra sulamaların yapılmasıyla düşüşe geçmektedir.

Jackson (1982) ve Hsio (1993) tarafından yapılan farklı çalışmaların ışığında, CWSI değerlerinin sulamadan hemen sonra minimum değere ulaşmadığı,

minimum değere ulaşması için birkaç gün daha geçmesi gerektiğini ve bu sürenin uzunluğunun CWSI'in büyüklüğüne, bitki çeşidine ve gelişme dönemlerine bağlı olarak farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Bununla birlikte bitki yapraklarının tekrar turgor kazanması ve su stresi esnasında kuruyan kılcal köklerin yeniden gelişerek normal işlevini yerine getirebilmesi için zamana gereksinim duyulduğunu belirtmişler ve yapılan bu çalışmaların neticesinde ihtiyaç duyulan bu süre 'turgor ulaşma süresi' olarak tanımlanarak ifade edilmiştir.

Horst ve Toole (1989), tarafından yapılan bir araştırmada, bitki su stresinin olmadığı alt sınırının bitki türüne, çeşidine ve çevre koşullarına bağlı olduğu ayrıca rüzgar hızı, net radyasyon ve bitki tacı değerleri etkilendiğini ifade edilmiştir.

Çalışmada sorgum bitkisinin farklı sulama düzeylerinde belirlenen kuru madde miktarları ile CWSI değerleri Çizelge 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4.3. Farklı bitki sulama düzeylerindeki sorgum bitkisine ait kuru madde miktarı ilişkisi

Konular	CWSI	Kuru madde miktarı, g/m ²
I0	1,00	3380
I1	0,02	6020
I2	0,34	5040.5
I3	0,46	4560
I4	0,59	4200

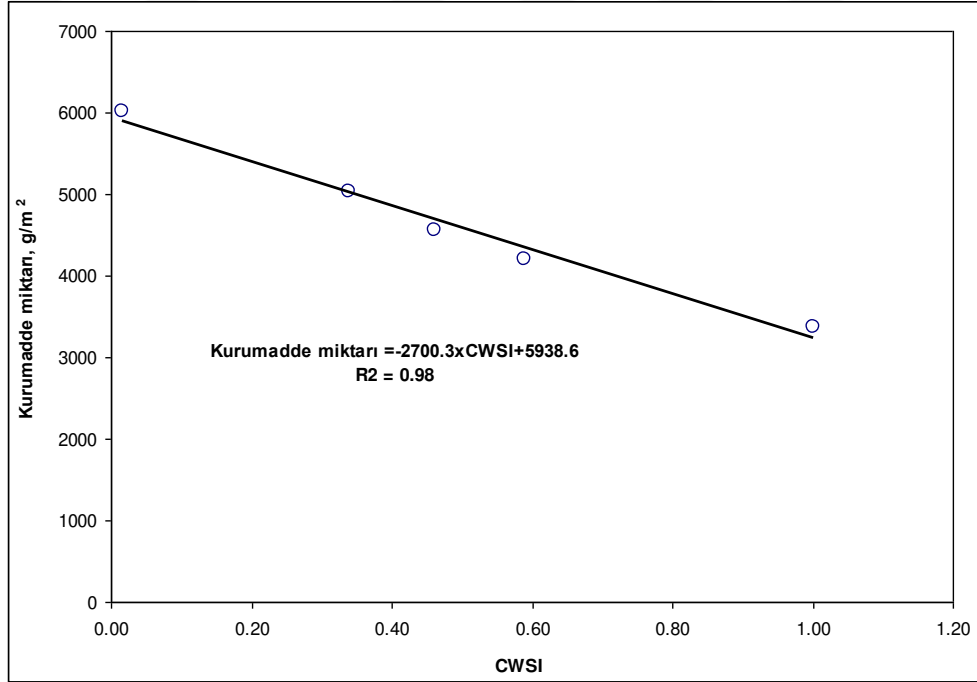
Anılan çizelgeden görüleceği gibi, en düşük verimin elde edildiği I0 konusunda CWSI değeri 1.00 olarak bulunmuştur. Bahsedilen bu konu hiç sulama yapılmamış olan konu olmasından dolayı en yüksek CWSI değerine ulaşmasına rağmen en düşük verim alınan konu olmuştur.

I1 konusu ise en yüksek verim alınan konu olmuştur. I3 konusuna I1 konusunun %50 daha az sulama suyu uygulanmasına ve I4 konusuna ise I1

konusunun %75 daha az sulama suyu uygulanmasına karşın, kuru madde miktarlarında birbirlerine yakın değerler elde edilmiştir.

Sulanan konular birlikte değerlendirildiğinde en düşük CWSI'yi I1 konusunda belirlenmiş ve onu sırası ile I2, I3 ve I4 konuları takip etmiştir. Sulanan konular yine birlikte değerlendirildiğinde en yüksek verim I1 konusundan alınmış ve onu sırası ile I2, I3 ve I4 konuları takip etmiştir.

Araştırmada farklı sulama düzeylerindeki sorgum bitkisinin kuru madde miktarı ile CWSI değerleri arasındaki ilişkiler Şekil 4.11'de gösterilmiştir.



Şekil 4.11. Farklı sulama düzeylerindeki sorgum bitkisinin kuru madde miktarı ile CWSI ilişkisi

Anılan şekilden de görüleceği gibi, bitki su stres indeksi değeri 0.02 olduğunda en yüksek kuru madde miktarına ulaşılmıştır. Söz konusu şekilden anlaşılacağı gibi, sorgum bitkisinin farklı sulama düzeylerinden elde edilen kuru madde miktarları ile bitki su stres indeksleri arasında R^2 'si %98 olan doğrusal ilişki elde edilmiştir. Söz konusu ilişkinin denklemi ise “kuru madde miktarı = $-2700 * CWSI + 5938.6$ ” olarak saptanmıştır.



5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER

5.1. Sonuçlar

Farklı sulama sistemlerinin sorgum bitkisinde su stres indeksinin sulama zamanının hesaplanmasına yönelik yapılan çalışmada elde edilen sonuçlar aşağıda özetlenerek verilmiştir.

Farklı sulama konularının I1, I2, I3,I4 ve I0 birinci ürün sorgum bitkisinin yaprak alan indeksi, kuru madde miktarı, bitki taç genişliği, bitki su stres indeksi ve bitki boyları üzerinde belirlenmiş olan değişimler gözlemlenmiştir. Araştırma 2018 yılında Çukurova Üniversitesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü araştırma arazisinde yapılmıştır. Denemeye 06.04.2018 tarihinde sorgum bitki tohumlarının ekilmesiyle başlanmış ve sorgum bitkisinin gelişimini tamamladığı 29.08.2018 tarihinde yapılan bitki hasat işlemi ile son verilmiştir.

Araştırma sonucunda, ET değerleri için, en yüksek yığışımlı ET değeri I1 konusunda 605 mm olarak ölçülmüştür. En düşük yığışımlı ET değeri ise sulama yapılmayan konu olan I0 konusundan 317 mm olarak ölçülmüştür. Buna ek olarak, araştırmada can suyu sulama suları haricinde 10 adet damla sulama sistemi ile Sorgum bitkisinin sulama işlemi gerçekleştirilmiştir. Araştırmada I1, I2, I3 ve I4 araştırma deneme konuları için sırası ile 414.2 mm, 323.5 mm, 232.9 mm ve 142.2 mm toplamda sulama suları uygulanmıştır.

Bitki boyları, diğer konuların I1 konusu ile kıyaslaması yapıldığında; I2 konusuna ait bitki boylarının yaklaşık olarak %9'u, I3 konusuna ait bitki boylarının yaklaşık olarak %22'si, I4 konusuna ait bitki boylarının yaklaşık olarak %39'u ve sulama yapılmayan I0 konusuna ait bitki boylarının yaklaşık olarak %62'si oranlarında, I1 konusundan daha az oldukları ortaya çıkmıştır.

Bitki taç genişlikleri, diğer konuların I1 konusu ile kıyaslaması yapıldığında; I2 konusuna ait bitki taç genişliklerinin yaklaşık olarak %4'ü, I3 konusuna ait bitki taç genişliklerinin yaklaşık olarak %14'ü, I4 konusuna ait bitki taç genişliklerinin yaklaşık olarak %23'ü ve sulama yapılmayan I0 konusuna ait

bitki ta genişliklerin yaklaşık olarak %49'u oranlarında I1 konusundan daha az oldukları belirlenmiştir.

Kuru madde miktarı, diğer konuların I1 konusu ile kıyaslaması yapıldığında; I2 konusuna ait bitki kuru madde miktarının yaklaşık olarak %19'u, I3 konusuna ait bitki kuru madde miktarının yaklaşık olarak %32'si, I4 konusuna ait bitki kuru madde miktarının yaklaşık olarak %43'ü ve sulama yapılmayan I0 konusuna ait bitki kuru madde miktarının %78'i oranlarında I1 konusundan daha az oldukları ortaya çıkmıştır.

LAI değerleri, en yüksek LAI değeri 3.60 ile I1 konusunda gözlemlenmiştir. Diğer konular tam sulama yapılmış olan I1 konusu ile kıyaslanmak istenildiğinde; I2 konusunun yaklaşık olarak %9'u, I3 konusunun yaklaşık olarak %29'u, I4 konusunun yaklaşık olarak %48'i ve sulama yapılmamış olan I0 konusunun yaklaşık olarak %71'i oranında, I1 konusundan daha düşük yaprak alanları olduğu tespit edilmiştir.

Ta sıcaklıkları, araştırma konularında bitki tacı sıcaklığı T_c sulamalar öncesi ve sonrasında öğle saatlerinde infrared termometre ölçümleri yapılmıştır ve bunlar anlık sıcaklıklardır. Hava sıcaklık değerleri T_a ise araştırma alanımızda bulunan otomatik veri alan meteoroloji gözlem istasyonumuzdan alınmıştır. Ölçülen ve alınan bu değerlerden T_c ve T_a sıcaklıklarının farklılıkları hesaplanmıştır. Ortalama $T_c - T_a$ sıcaklık farklılıkları deneme konuları için I1 konusunda -0.81 °C, I2 konusunda 0.71 °C, I3 konusunda 1.28 °C ve I4 konusundan 1.84 °C olarak bulunmuşlardır. Araştırma konularından büyüme mevsimi boyunca hesaplanmış olan VPD değerlerinin değişimi 1.88-2.80 değerleri arasında farklılık göstermiştir.

Araştırmada ölçülen $T_c - T_a$ sıcaklık farkları değerleri ile VPD değerlerinin birbirleri ile ilişkilendirilmesi sonucunda bitki su stres indeksi (CWSI) değerleri hesaplanarak bulunmuştur. CWSI değerlerinin bulunabilmesi için tam sulama yapılmış olunan I1 konusu ve hiç sulama yapılmayan I0 konularından yapılan ölçümler ışığında bir temel grafik oluşturulmuştur. Bu anılan grafik göz önüne

alındığında sulama yapılmayan konu olan I0 konusundan oluşan üst baz çizgisi değeri 3.48 °C’lik bir doğru ve tam sulama yapılmış olan I1 konusuna ait alt baz çizgisi ise $T_c - T_a = 3.3395 - 1.7763$ VPD denklemi ile ifade edilen bir doğru olarak bulunmuştur. CWSI değerleri her konu için ayrı ayrı hesaplanmıştır. Hesaplamalarımın sonucunda CWSI değerleri I1 konusu için 0.02, I2 konusu için 0.34, I3 konusu için 0.46, I4 konusu için 0.59 ve susuz konu olan I0 için ise 1.00 olarak saptanmıştır. Çukurova koşullarında yetiştirilen sorgum bitki su stres indeksi değerinin (CWSI=0.02) bitki gelişimi ve verim için sulama zamanının programlanmasında kullanılabileceği söylenebilir.

Çalışmada sorgum bitkisinin farklı sulama düzeylerinden elde edilen kuru madde miktarları ile CWSI değerleri arasında R^2 ’si %98 olan doğrusal ilişki elde edilmiştir. Anılan ilişkinin denklemi ise “kuru madde miktarı = $-2700 * CWSI + 5938.6$ ” olarak belirlenmiştir.

5.2. Öneriler

Bu araştırmadan elde edilen veriler göz önüne alındığında, aşağıdaki öneriler yapılabilir.

İnfrared Termometre ile ölçülmüş olan sorgum bitkisinde bitki taç sıcaklığı kullanılarak saptanan bitki su stres indeksi (CWSI), sorgum bitkisinde sulama zamanının belirlenmesinde kullanılabilir.

CWSI değerlerinin belirlenebilmesi için infrared termometre ile ölçüm yapılacaksa, güneşin tam tepede olduğu saatlerde ve havanın bulutsuz olduğu zamanlar içerisinde ölçüm yapılmasına dikkat edilmelidir.

Çalışmada CWSI değerlerinin değişimleri incelendiğinde en yüksek bitki veriminin alındığı I1 konusundan elde edilen CWSI değerinin (CWSI=0.02) Çukurova koşullarında sorgum bitkisinin sulama programlamasında kullanılabileceği söylenebilir.

Sorgum bitkisini diğer bitkilerden ayıran bir özelliği daha az sulama ve gübreleme ile daha fazla verim alınabilmesi olduğundan, sorgum bitkisini

ekonomik açıdan ekilebilir hale getirmekte, çiftçilere de sorgum bitkisi ekilen arazilerinin arttırılması önerilmektedir.



KAYNAKLAR

- Alderfasi, A.A., Selim, M.M., Alhammad, B.A., 2016. Sorghum (sorghum bicolor 1.)’nın Düşük su Temini ve Çeşitli Sulama Rejiminin Değerlendirilmesi, Journal of Water Resources and Protection, 8: 1-11
- Al-Kaisi, M.M., and Broner, I., 2010. Crop Water Use and Growth Stages. Fact Sheet No. 4,175. Colorado State University, United State.
- Arıtürk, M. E., 2008. İkinci Ürün Silajlık Mısırın Sulama Zamanının Planlanması ve Su- Verim- Kalite İlişkilerinin Belirlenmesi (Yüksek Lisan Tezi). Namık Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana.
- 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.
- Barbanti, L., Sher, A., Di Girolamo, G., Cirillo, E., Ansar, M., 2015. Growth and physiological response of two biomass sorghum (Sorghum bicolor (L.) Moench) genotypes bred for different environments, to contrasting levels of soil moisture. Italian Journal of Agronomy; volume 10:673, 208-214.
- 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.
- Benami, A., Diskin, M. H., 1965. Design of Sprinkler Irrigation. Lowdermilk Faculty of Agriculture Engineering Inst. Israel, 23s.

- Çoban, Ü., 2018. Farklı Tohum Yataklarına Ekilen Sorgum Sudan Otu Çeşitlerinin Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Konya.
- Doorenbos, J., A.H. Kassam, 1979. Yield Response To Water. FAO Irrigation And Drainage No. 33. FAO, Rome, Italy, 194p
- 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.
- 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.
- Erten, E., 2020. Aydın Ovası Koşullarında İnfrared Termometre Tekniği ile Pamukta Bitki Su Stresi İndeksi (CWSI) ve Sulama Zamanının Belirlenmesi (Yüksek Lisan Tezi). Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Aydın.
- Farre , I., and Faci, J.M., 2006 Comparative Response of Maize (*Zea mays* L.) and Sorghum(*Sorghum bicolor* L. Moench) to Deficit Irrigation 45 in a Mediterranean Environment Unidad de Suelos y Riegos, Centro de Investigación y Tecnología Agroalimentaria de Aragón (CITA-DGA), Apdo 727, 50080 Zaragoza, Spain
- Freeman, K.C., Broadhead, D.M., Zummo, N., 1973. "Culture of Sweet sorghum for syrup production", USDA Agricultural Handbook No 441, USDA.
- Gardner, B.R., Nielsen, D.C., Shock, C.C. 1989. Infrared thermometer and the crop water stress index, II. sampling procedures and interpretation. Journal of Production Agric., 5(4): 466-475.

- Gardner, F.P., Pearce, R.B., Mitchell, R.L., 1985. Physiology of Crop Plants. Iowa State Univ. Press, 327 s.
- Gençel, B., 2009. İkinci Ürün Mısır Bitkisinde Bitki Su Stresi İndeksini (CWSI) Kullanarak Uygulanacak Sulama Suyu Miktarının Kestirimi (Doktora Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana.
- Gençoğlu, C., Yazar. A., 1996. Çukurova Koşullarında Yatıştırılan I. Ürün Mısır Bitkisinde İnfrared Termometreden Yararlanılarak Bitki Su Stresi İndeksinin(CWSI) Ve Sulama Zamanının Belirlenmesi Türkiye23,87-95
- Grimes, D.W., Yamada, H., Hughes, S.W., 1987. Climate-Normalized Cotton Leaf Water Potentials for Irrigation Scheduling, Agric. Water Management, 12: 293-304.
- Gül, İ., Ve Başbağ, M.,2005. Diyarbakır Koşullarında Silaj Sorgum Çeşitlerinde Verim Ve Bazı Tarımsal Karakterlerin Belirlenmesi. Harran Üni. Zir. Fak. Dergisi, 9(1):15-21.
- Horst, G.L., Toole, J.C., 1989. Faver, K.L., Seasonal and Species Variation in Baseline Functions for Determining Crop Water Stres Indices in Turfgrass. Crop Sci. 29: 1227-1232.
- Howell, T.A., Hatfield, J.L., Yamada, H., Davis, K.R., 1984. Evaluation of Cotton Canopy Temperature to Detect Crop Water Stress, Trans. ASAE, 27: 84-88.
- 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.
- Hsiao, T.C., 1993. Plant Atmosphere İnractions. Evapotranspration, and Irrigation Scheduling. Course I.C.A.M.A.S. Bari, İtaly, 148s.
- Idso, S.B., 1982. Non-Water Stressed Baselines: A Key to Monitoring and Interpreting Plant Water Stress, Agric. Meteorol., 27: 59-77.

- Idso, S.B., Jackson, R.D., Pinter, P.J., JR., 1981. Normalizing the Stress- Degree-Day Parameter for Environmental Variability, *Agric. Meteorol.*, 24: 45- 55.
- Idso, S.B., Jackson, R.D., Pinter, P.J., Reginato, R.J., Hatfield., 1981. Determining Soil-Induced Plant Water Potantial Depressions in Alfalfa by Means of Infrared Thermometry, *Agron. J.*, 73: 826- 830.
- Idso, S.B., Pinter, P.J., Reginato, R.J., 1990 Non-Water Stressed Baselines: The Importance of Site Selection for Air Temperature and Air Vapour Pressure Deficit Measurements, *Agric. and Forest Meteorol.*, 53: 73-80.
- Idso, S.B., Reginato, R.J., 1982. Leaf Diffusion Resistance and Photosynthesis in Cotton as Related to Foliage Temperature Based Plant Water Stress Index, *Agric. Meteorol.*, 27: 27-34.
- Irmak, S., Dorota, Z.H., Baştuğ, R., 2000. Determination of crop water stress index for irrigation timing and yield estimation of corn. *Agron. J.* 92:1221-1227.
- Irmak, S., Payero, J.O., 2006. Desing, construction, installation, and performance of two large repacked weighing lysimeters for measuring crop evapotranspiration. *Irrigation Science*(in review).
- İptaş, S., Yılmaz, M., 1995. Silajlık Sorgum (*Sorghum Bicolor*(1.) Moench)n ve *Sorghum*-Sudanotu Melezleri (*Sorghum bicolor* x *Sorghum sudanense* Satpf.)’ nde farklı sıra aralıklarının bazı morfolojik ve tarımsal özelliklere etkisi üzerine bir araştırma, *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 12, 203-212
- Jackson, R.D., 1982. Canopy Temparature and Crop Water Stres. *Advances in irrigation*. Edited by Daniel Hillel Acamedic Pres 1 43-85 New York London.
- Jackson, R.D., Idso, S.B., Reginato, R.J., Pinter, P.J., JR., 1982. Canopy Temperature as a Crop Water Stress Indicator, *Water Resour. Res.*, 17: 1133- 1138.

- Kaçar, M. M., 2007. Farklı Su ve Gübre Sistemlerinin Pamuk Bitkisinde Su Stres İndeksinin Değişiminin İncelenmesi (Yüksek Lisans Tezi). Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Adana.
- 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., Güngör, H , 1986. Açık Su Yüzeyi (Class A Pan) Buharlaşmasının Sulama Programlarının Oluşturulmasında Kullanılması. Köy Hizmetleri Araştırma Ana Projesi. 5 Nolu Ek Talimat. Bitki Su Tüketiminin saptanması Ana Projesi No:433, Eskişehir, 1 s.
- Kanber, R., Tekinel, O., Köksal, H., 1994. Çukurova İklim Koşullarında Pamuk Bitkisinin Sulama Mevsimi Uzunluklarının Karşılaştırılması Tr. J. Of Agric And Forestry 18: 81-86.
- 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 Gaziosmanpaşa University. (3), 20-31.
- Keten, M., 2020. Kısıntılı Sulama Koşullarında Bitki Stres İndeksleri (CWSI ve WDI) Kullanılarak Silajlık Mısır ve Sorgum Bitkilerinin Su-Verim İlişkilerinin Belirlenmesi (Doktora Tezi). Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı, Kahramanmaraş.
- 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.

- Mahajan, S., and Tuteja, N., 2005. Cold, salinity and drought stresses: An overview. *Archives of Biochemistry and Biophysics*.444(2):139-158.
- Mitchell, R.L., 1970. *Crop Growth and Culture*.Iowa State Univ.Press.USA.349 s.
- Monti, A., Venturi, G., 2003. Comparison Of The Energy Performance Of Fibre Sorghum, Sweet Sorghum And Wheat Monocultures İn Northern Italy. *Uer. J. Agron*, 19, 35-43.
- Nielsen, D.C., Gardner, B.R, 1987. Scheduling irrigations for corn with the crop water stress index (CWSI), *Appl. Agric. Res.* 2: 295-300.
- Nielsen, D.C., Shanahan, J.F., 1987. Influence of growth retardants (Anti-Gibberellins) on corn vegetative growth, water use and grain yield under different levels of water stress. *Agron. J.* 79:103-109.
- Niemiera, A.X., Goy, M., 1990. Use of Crop Water Stress Index to Schedule Irrigation of Freeway Landscape plants. *HortScience*, 25: 302-305.
- Olufayo, A., Baldy, C., Ruelle, P. 1996. Sorghum Yield, Water Use and Canopy Temperatures under Different Levels of Irrigation. *Agricultural Water Management* 30:77-90.
- 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.
- Pinter, P.J., JR., Reginato, R.J., 1982. A Thermel Infrared Technique for Monitoring Cotton Water Stress and Scheduling Irrigations, *Trans. ASAE*, 25: 1651-1655.
- Purseglove, J.W., 1972. *Tropical Crops. Monocotyledons 1*. Longman, London, pp. 334.

- 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.
- Reginato, R.J., 1983. Field Quantification Of Crop Water Stress, *Trans. ASAE*, 26(3): 772-775/781.
- Reginato, R.J., Howell, J., 1985. Irrigation Scheduling Using Crop Indicators. *Journal of and Drainage Engineering ASCE*, 111(2): 125-133.
- Roberts, M.J., Long, S.P., Tienszen, L.L., Beadles, C.L, 1985. Measurement of Plant Biomass and Net Primary Production Technugues in. *England*, 1:1-24
- Sher, A., Barbanti, L., Ansar, M., Malik, M.A., 2013. Growth response and plant water status in forage sorghum [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] cultivars subjected to decreasing levels of soil moisture. *AJCS* 7(6):801-808.
- Singh, B.R., Singh, D.P., 1995. Agronomic and physiological responses of sorghum, maize and pearl millet to irrigation. *Field Crops Research* 42:57-67.
- Steele, D.D, Stegman, E.C, Gregor. B.L., 1994. Field comparison of irrigation scheduling methods of corn. *Trans. ASAE* 37:1197-1203.
- Subramanian, S.K., 2013. “Agronomical, physiological and biochemical approaches to characterize sweet sorghum genotypes for biofuel production”. M.S.,Tamil Nadu Agricultural University, India, 2003. An abstract of a dissertation submitted in partial fulfillment of the requirements for the degree, Doctor of Philosophy. Department of Agronomy College of Agriculture. Kansas State University, Manhattan, Kansas.
- Tekelioğlu, B., 2016. Infrared Termometre Tekniğinin Nar (*Punica granatum L.*) Bitkisinin Ssulama Programlanmasında Kullanım Olanakları (Yüksek Lisans Tezi). Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Antalya.

- USSL, 1954. Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils, Agriculture Handbook, No:60, 160s, USA.
- Venturi, P., Venturi, G., 2003. Analysis Of Energy Comparison For Crops In European Agricultural Systems. Biomass And Bioenergy, 25, 235-255.
- Yücel, C., İnal, İ., Hatipoğlu, R., Gündel, F., Yücel, H., Dweikat, İ., 2017. Farklı Tatlı Sorgum (*Sorghum bicolor* var. *saccharatum* (L.) Mohlenbr.) Genotiplerinin Çukurova ve GAP Bölgelerinde Biyo-Etanol Üretim Potansiyellerinin Saptanması. Tübitak 1003, 114O945 nolu proje 3. Gelişme Raporu.
- Zipoli, G., 1990. Remote Sensing for Scheduling Irrigation: Review of Thermal Infrared Approach. Acta Horticulture Volume I(1-442):281-288.

ÖZGEÇMİŞ

Burak KARATAYLI, İlkokul ve lise öğrenimi Tarsus’da 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.

