

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**SU KISITI KOŞULLARINDA YÜZEYALTI DAMLA SULAMA
İLE SULANAN DANE MISIRIN VERİM VE SU KULLANIM
ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ**

Gonca KARACA BİLGİN

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**ANKARA
2020**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

SU KISITI KOŞULLARINDA YÜZEYALTI DAMLA SULAMA İLE SULANAN DANE MİSİRİN VERİM VE SU KULLANIM ETKİNLİĞİNİN BELİRLENMESİ

Gonca KARACA BİLGİN

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Süleyman KODAL

Bu çalışmada kısıtlı su koşullarında yüzeyaltı damla sulama sistemi ile sulanan dane mısırın verim ve su kullanım etkinliğini belirlemek amaçlanmıştır. Araştırma 2017 ve 2018 yıllarında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde yürütülmüştür. Araştırma, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Araştırmada su tresi oluşturmak amacı ile dört farklı (S_{100} , S_{70} , S_{40} , S_0) su uygulama düzeyleri oluşturulmuştur. Araştırmada yüzeyaltı damla sulama lateralleri 40 cm derinliğe yerleştirilmiştir. Sulama uygulamaları bitki su tüketimi esas alınarak yapılmıştır. FAO Penman Monteith eşitliğinden yararlanılarak ET_0 değerleri hesaplanmış ve bitki katsayısı ile düzeltilerek ET_c değerleri elde edilmiştir. Sulamalar, birikimli ET_c değeri, toprağın 60 cm derinliğindeki kullanılabilir su tutma kapasitesinin $\%30 \pm 5$ 'ine ulaştığında yapılmıştır. Kısıtlı su konularında ise kontrol konusunun oranları şeklinde sulamalar uygulanmıştır. Araştırmada su kullanım etkinliği (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) belirlenerek su kısıtı konularının sulama ile ilişkisi araştırılmıştır. Aynı zamanda hasat sonrası bazı bitki verim parametreleri (bitki boyu, koçan boyu, koçan çapı, koçan ağırlığı, bin dane ağırlığı, koçan başına dane verimi, hasat indeksi) belirlenmiştir. Araştırmada konulara uygulanan sulama suyu miktarı 2017 yılında 189 - 448 mm arasında 2018 yılında ise 152 - 373 mm arasında olmuştur. Bitki su tüketim değerleri ilk yıl konulara göre 281-621 mm, ikinci yıl 231-499 mm arasında bulunmuştur. Verim değerleri kontrol konusunda 1726 kg da⁻¹, S_{70} konusunda 1454 kg da⁻¹, S_{40} konusunda 1061 kg da⁻¹, yağışa dayalı S_0 konusunda 613 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir.

Şubat 2020, 120 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yüzeyaltı damla sulama, su kısıtı, su kullanım etkinliği, verim, dane mısır

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

DETERMINATION OF CORN YIELD AND WATER USE EFFICIENCY IN DEFICIT IRRIGATION CONDITION WITH SUBSURFACE DRIP IRRIGATION

Gonca KARACA BİLGİN

Ankara University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Agricultural Structures and Irrigation

Supervisor: Prof. Dr. Süleyman KODAL

In this study, it was aimed to determine the yield and water use efficiency of corn irrigated with subsurface drip irrigation system under limited water conditions. The research was conducted at Haymana Research and Application Farm, Faculty of Agriculture, Ankara University in 2017-2018. The research was established with a randomized block design with three replications in each treatment. To create water stress, four different irrigation application levels (S_{100} , S_{70} , S_{40} and S_0) were applied. In the research, sub-surface drip irrigation laterals were laid to a depth of 40 cm. Irrigation applications were made based on evapotranspiration. Irrigation requirements were calculated by using the FAO Penman-Monteith equation and ET_c values were obtained by correcting with crop coefficient. The irrigation was carried out when the cumulative ET_c values reached 30 ± 5 % of the readily available water capacity at 60 cm depth of the soil. In the research, irrigation application was started when $30 \pm 5\%$ of the available moisture at 60 cm soil depth was consumed. It was applied to the limited irrigation subjects as multiples of the control subject.

Also, water use efficiency (WUE), irrigation water use efficiency (IWUE) and their relationship between treatments were examined. In the mean time plant growth yield parameters (plant height, ear height, ear diameter, ear weight, thousand seed weight, seed yield per ear, harvest index) were determined. While the amount of applied irrigation water varied between 189 – 448 mm and 231 – 373 mm, calculated evapotranspiration (ET) was between 281 – 621 mm and 231 – 499 mm in 2017 and in 2018, respectively. Crop yield were obtained as 1726, 1454, 1061 and 613 kg da⁻¹ in control, S_{70} , S_{40} and S_0 treatments, respectively.

February 2020, 120 pages

Key Words: Subsurface drip irrigation, deficit irrigation, water use efficiency, yield, corn

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Meslek hayatıma başladığım ilk günde olduğu gibi bugün bu tez çalışması ile akademik hayatıma yön vererek değerli bilgi ve tecrübeleriyle bana destek olan danışman Hocam Prof. Dr. Süleyman KODAL'a, gerek arazi çalışmalarında gerekse tez metodolojisine vermiş oldukları destekten dolayı Prof. Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM'a, tez izleme komitesinde yapmış olduğu yönlendirmeler ile Prof. Dr. Eyüp Selim KÖKSAL'a teşekkür ederim.

Araştırmanın yürütülmesinde Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsünün imkânları ile destek veren Sayın Müdürüm Doç. Dr. Aynur ÖZBAHÇE'ye, arazi çalışmalarından raporlama aşamalarına kadar tüm basamaklarda her zaman benimle birlikte olan çok değerli araştırmacı arkadaşlarım Ceren GÖRGİŞEN ve Tuğba YETER'e, istatistik hesaplarda yardımcı olan Dr. Sevinç KIRAN'a, yüzeyaltı damla sulama sisteminin döşenmesinde yardımcı olan Çağlar Özkan SEZER'e, sulama çalışmalarında destek veren Arman MONSHİZADE KARİMİ'ye, tesisat ve hasat çalışmalarında emeği geçen Enstitü personeline gönülden teşekkür ederim.

Mısır tohumlarını sağlayan ve tecrübesi ile destek veren PIONEER Tohumları İç Anadolu Bölge Müdürü Mehmet FİLİK'e teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince bana güç ve ilham veren canım babam Mustafa KARACA'ya, annem Telman KARACA'ya, kardeşlerime, fedakârlıkla destek veren eşim Ender BİLGİN'e, kızlarım Duru ve Defne'ye sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Bu tez çalışması, TAGEM/TSKAD/16/A13/P02/01 nolu Ülkesel Proje olarak Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü tarafından desteklenmiştir.

Gonca KARACA BİLGİN
Ankara, Şubat 2020

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
3. MATERYAL VE YÖNTEM.....	18
3.1 Materyal	18
3.1.1 Araştırma alanı ve coğrafi konumu	18
3.1.2 Araştırma alanı iklim özellikleri.....	18
3.1.3 Araştırma alanının toprak özellikleri	19
3.1.4 Araştırmada kullanılan sulama suyu özellikleri	22
3.1.5 Araştırmada kullanılan bitkisel materyal.....	23
3.1.6 Araştırmada kullanılan ölçüm araçları	24
3.2 Yöntem	26
3.2.1 Deneme deseni ve deneme konuları.....	28
3.2.2 Sulama sisteminin kurulması ve unsurları	30
3.2.3 Tarımsal uygulamalar ve işlemler	34
3.2.4 Sulama suyu miktarının hesaplanması	38
3.2.5 Bitki su tüketiminin belirlenmesi.....	41
3.2.6 Toprak su içeriğinin ölçülmesi.....	42
3.2.7 Su ve sulama suyu kullanım randımanının belirlenmesi.....	46
3.2.8 Verim ve verim öğelerinin belirlenmesi	47
3.2.9 Bitki ölçüm parametreleri	47
3.2.10 İstatistik analiz ve değerlendirme.....	49
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	50

4.1 Meteorolojik Veriler	50
4.2 Sulama Suyu Miktarı.....	52
4.3 Toprak Su İçeriği	56
4.4 Bitki Su Tüketimleri	58
4.4.1 Referans bitki su tüketimi	58
4.4.2 Potansiyel bitki su tüketimi	60
4.4.3 Gerçek bitki su tüketimi	61
4.4.4 Potansiyel ve gerçek bitki su tüketim ilişkisi	65
4.5 Dane Verimi.....	68
4.5.1 Dane veriminin sulama suyu ve bitki su tüketimi ile ilişkisi	73
4.6 Su ve Sulama Suyu Kullanım Randımanları.....	75
4.7 Sulamanın Bitki Ölçüm Parametreleri Üzerine Etkisi	77
4.7.1 Sulamanın bitki boyu üzerine etkisi	77
4.7.2 Sulamanın koçan çapı üzerine etkisi	80
4.7.3 Sulamanın koçan boyu üzerine etkisi.....	83
4.7.4 Sulamanın koçan ağırlığı üzerine etkisi	85
4.7.5 Sulamanın bin dane ağırlığı üzerine etkisi	87
4.7.6 Sulamanın koçan başına dane verimi üzerine etkisi.....	90
4.7.7 Sulamanın hasat indeksi üzerine etkisi	92
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	95
KAYNAKLAR	101
EKLER.....	112
EK 1 Araştırma İlk Yılı Sulama Suyu Hesabı.....	113
EK 2 Araştırma İkinci Yılı Sulama Suyu Hesabı.....	115
ÖZGEÇMİŞ.....	117

SİMGELER DİZİNİ

°C	Santigrat
%	Yüzde
Φ	Çap, mm
"	İnç
ΔS	Toprak nem değişimi
C	Kil
Ca	Kalsiyum
Cl	Klor
CV	Güven katsayısı
cm	Santimetre
cm ³	Santimetre küp
da	Dekar
dS	Desisimens
g	Gram
h	Saat
ha	Hektar
HCO ₃	Bikarbonat
K	Potasyum
kg	Kilogram
L	Litre
m	Metre
mm	Milimetre
me	Miliekivalan
Mg	Magnezyum
N	Azot
Na	Sodyum
pH	Potansiyel hidrojen
ppm	Milyonda bir kısım
S ₁₀₀	%100 ETc - Kontrol konusu
S ₇₀	%70 ETc - Kısıtlı su konusu
S ₄₀	%40 ETc - Kısıtlı su konusu
S ₀	Yağışa dayalı konu

Kısaltmalar

Cr	Kapılar yükselme
Dp	Derine sızma
EC	Elektiriksel iletkenlik
ETa	Gerçek bitki su tüketimi
ETo	Referans bitki su tüketimi
ETc	Potansiyel bitki su tüketimi
FAO	Dünya Gıda ve Tarım Örgütü
I	Sulama suyu
IWUE	Sulama suyu kullanım randımanı
kc	Bitki katsayısı
KDK	Katyon değişim kapasitesi
KS	Kritik seviye
LSD	En küçük anlamlı farklar testi
MAD	Tüketilmesine izin verilen su içeriği
öd	Önemli değil
P	Etkili yağış
PE	Polietilen
PPRC	Polipropilen rastgele kopolimer plastik boru
R	Yağış
R ²	Korelasyon katsayısı
Rf	Yüzey akış kayıpları
Ry	Elverişli nemin tüketilmesine izin verilen miktar
SAR	Sodyum absorpsiyon oranı
SF	Ölçüm frekansı
SN	Solma noktası
TK	Tarla kapasitesi
TMO	Toprak Mahsülleri Ofisi
Y	Verim
YADS	Yüzeyaltı damla sulama
WUE	Su kullanım randımanı

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1 Araştırma alanı.....	19
Şekil 3.2 İkizce göleti, çiftlik su havuzu ve hidrant.....	23
Şekil 3.3 Araştırmada kullanılan mısır çeşidi	24
Şekil 3.4 Otomatik meteoroloji istasyonu.....	25
Şekil 3.5 Sensörlerin toprakta dikey kesiti.....	25
Şekil 3.6 Deneme parseli yerleşim planı.....	28
Şekil 3.7 Parsel detayı ve hasat alanı	29
Şekil 3.8 Kontrol birimi unsurları	30
Şekil 3.9 Manifold giriş hattı vana, vantuz, sayaç ve manometre.....	31
Şekil 3.10 Tahliye manifold hattı ve bağlantı elemanları	32
Şekil 3.11 YADS sistem laterallerinin döşenmesi	32
Şekil 3.12 YADS sistem lateral aralığı	33
Şekil 3.13 YADS sisteminde içten geçik, kök koruyuculu damlatıcı.....	33
Şekil 3.14 Yüzeyaltı damla sulama sistem planı.....	34
Şekil 3.15 Mısır tohumu ekimi	36
Şekil 3.16 Gübreleme.....	37
Şekil 3.17 Mısır hasat işlemleri.....	38
Şekil 3.18 Dane mısırın bitki katsayısı (kc).....	40
Şekil 3.19 Nem sensörünün yerleştirme düzeni	42
Şekil 3.20 İki farklı derinlikte ölçüm yapan sensörlerin yerleştirme düzeni	43
Şekil 3.21 Sensörlerin kurulum aşamaları	44
Şekil 3.22 Nem sensörü toprak bünyesi kalibrasyon eğrisi	45
Şekil 3.23 Nem sensörü kalibrasyon katsayıları	46
Şekil 3.24 Hasat sırasında ve sonrasında yapılan bitki ölçümleri.....	48
Şekil 4.1 Araştırma yılları yağış ile uzun yıllar ortalama yağış değerleri.....	52
Şekil 4.2 Araştırmanın ilk yılına ait toprak su içeriğinin zamana göre değişimi.....	57
Şekil 4.3 Araştırmanın ikinci yılına ait toprak su içeriğinin zamana göre değişimi	57
Şekil 4.4 Araştırma ilk yılına ait günlük ETo değerleri	59
Şekil 4.5 Araştırma ikinci yılına ait günlük ETo değerleri	59
Şekil 4.6 Araştırma ilk yılına ait günlük ETc değerleri	60
Şekil 4.7 Araştırma ikinci yılına ait günlük ETc değerleri	61

Şekil 4.8 Araştırma ilk yılı kontrol konusuna ait ETc ve ETa değerleri.....	66
Şekil 4.9 Araştırma ikinci yılı kontrol konusuna ait ETc ve ETa değerleri.....	66
Şekil 4.10 Araştırma ilk yılı sulama suyu, su tüketimi ve verim değerleri.....	71
Şekil 4.11 Araştırma ikinci yılı sulama suyu, su tüketimi ve verim değerleri	71
Şekil 4.12 Sulama suyu ve dane verim ilişkisi.....	73
Şekil 4.13 Gerçek bitki su tüketimi ve verim ilişkisi	75
Şekil 4.14 Sulama uygulamalarına göre ölçülen ortalama bitki boyları	79
Şekil 4.15 Sulama uygulamalarına göre ölçülen ortalama koçan çapları	82
Şekil 4.16 Sulama uygulamalarına göre ölçülen ortalama koçan boyları.....	85
Şekil 4.17 Sulama uygulamalarına göre ölçülen ortalama koçan ağırlığı.....	87
Şekil 4.18 Sulama konularına göre ölçülen ortalama bin dane ağırlığı.....	90
Şekil 4.19 Sulama konularına göre ölçülen ortalama koçan başına dane verimi.....	92
Şekil 4.20 Sulama konularına göre ölçülen ortalama hasat indeksi.....	94

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Araştırma alanına ait bazı iklim verilerinin uzun yıllar ortalaması	20
Çizelge 3.2 Araştırma yeri topraklarına ait bazı fiziksel analiz sonuçları	21
Çizelge 3.3 Araştırma yeri topraklarına ait bazı kimyasal analiz sonuçları.....	22
Çizelge 3.4 Denemede kullanılan sulama suyu özellikleri	23
Çizelge 3.5 Tarımsal işlem, gözlem ve faaliyetler	35
Çizelge 4.1 Denemenin yürütüldüğü yıllara ait bazı meteorolojik veriler.....	51
Çizelge 4.2 Araştırma yıllarına ait sulama tarih ve sulama suyu miktarları	53
Çizelge 4.3 Araştırmanın ilk yılına ait bitki su tüketim değerleri.....	62
Çizelge 4.4 Araştırmanın ikinci yılına ait bitki su tüketim değerleri	63
Çizelge 4.5 Araştırma yıllarına ait günlük ETa ve ETc değerleri, mm.....	67
Çizelge 4.6 Deneme yıllarına göre verime ait varyans analizi.....	68
Çizelge 4.7 Araştırma yıllarında konulara göre ortalama verimler.....	69
Çizelge 4.8 Araştırma yıllarında sulama konularının ortalama verim üzerine etkisi.....	69
Çizelge 4.9 Sulama konularına göre I, ETa ve Y değişimleri.....	70
Çizelge 4.10 Araştırma konularına ait su uygulama randımanı değerleri.....	76
Çizelge 4.11 Deneme konuları bitki boyu ölçüm değerleri varyans analiz tablosu.....	78
Çizelge 4.12 Araştırma yıllarında ortalama bitki boyu değerleri, (cm)	79
Çizelge 4.13 Deneme konuları koçan çapı ölçüm değerleri varyans analiz tablosu.....	81
Çizelge 4.14 Araştırma yıllarında ortalama koçan çapı değerleri, (mm)	81
Çizelge 4.15 Deneme konuları koçan boy ölçüm değerleri varyans analiz tablosu.....	84
Çizelge 4.16 Araştırma yıllarında ortalama koçan boy değerleri, (cm)	84
Çizelge 4.17 Deneme konuları koçan ağırlık ölçüm değerleri varyans analiz tablosu ...	86
Çizelge 4.18 Araştırma yıllarında ortalama koçan ağırlık değerleri, (g)	87
Çizelge 4.19 Deneme konuları bin dane ağırlığı varyans analiz tablosu	88
Çizelge 4.20 Araştırma yıllarında ortalama bin dane ağırlık değerleri, (g)	89
Çizelge 4.21 Deneme konuları koçan başına dane verimi varyans analiz tablosu.....	91
Çizelge 4.22 Araştırma yılları ortalama koçan başına dane verim değerleri, (g)	91
Çizelge 4.23 Deneme konuları hasat indeks değerleri varyans analiz tablosu	93
Çizelge 4.24 Araştırma yıllarında ortalama hasat indeksi değerleri, (%)	94

1. GİRİŞ

Su kaynakları hızlı nüfus artışı, yanlış arazi kullanımı ve kirlenmenin yanı sıra küresel iklim değişikliğinin de olumsuz etkisi altındadır. Ülkemiz Akdeniz ikliminin hâkim olduğu yarı kurak iklim kuşağındadır ve son yıllarda yağışların alansal dağılımı, şiddeti ve süresi değişmektedir. Bunun sonucu olarak buharlaşma artmakta, yağış düzeni değişmekte, toprak nemi ve kar örtüsü azalmakta, şiddetli yağışların sıklığı artmakta, akışlar ve akifer beslenmesinde azalmalar olmakta, şehirlerde ani seller olmakta ve kıyısal alanlarda deniz suyu girişi artmakta ve barajlarda daha fazla buharlaşmayla kayıplar olmaktadır. Bu nedenle hem su kaynakları hem de genelde yağışa bağımlı olan kuru tarım nedeniyle yağışın miktar ve dağılımında meydana gelebilecek değişiklikler ciddi bir şekilde etkilerini hissettirebilmektedir (Kadıoğlu 2012). Kuraklığın göstergesi olarak yukarı havzalardaki azalan kar yağışları ve kışın yaşanan yağış yetersizliği su kaynakları üzerinde olumsuz etkilerini gösterirken tarım sektöründe de bugün yaşanan kuraklığın boyutunu göstermektedir. Kurak koşullar altında, sulama için birim alan başına daha fazla su gerekeceği ve yoğun sıcaklardan dolayı da sulama taleplerinin artacağı tahmin edilmektedir (Parry, 2000).

Ülkemizde yıllık ortalama yağış 574 mm olup, yılda ortalama 450 milyar m³ suya karşılık gelmektedir. Ülkemizin brüt yerüstü suyu potansiyeli 185 milyar m³ olup tüketilebilecek yerüstü suyu potansiyeli yılda ortalama toplam 94 milyar m³ yer altı suyu potansiyeli ise 18 milyar m³ ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yer altı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m³ tür. Bu miktarın 54 milyar m³ (% 47) kadarı kullanılmaktadır. Kullanılan bu suyun 40 milyar m³'ü (% 74) sulama suyu olarak, 7 milyar m³ 'ü (% 13) içme-kullanma suyu olarak ve 7 milyar m³'ü (% 13) ise sanayide kullanılmaktadır. Nüfusumuzun 82 milyon olduğu göz önüne alındığında kişi başına 1.366 m³ yıl⁻¹ kullanılabilir su potansiyeli bulunmaktadır. Falkenmark Göstergesine göre ülkemiz “su sıkıntısı çeken” bir ülke olarak kabul edilmektedir (Anonim 2019a). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK), Türkiye nüfusunun 2030 yılında 100 milyona ulaşacağını öngörmektedir. Bu durumda, kişi başına düşen su miktarının 1.120 m³ yıl⁻¹ olması beklenmektedir. Diğer bir deyişle, artan nüfusu, gelişen ekonomisi ve büyüyen kentleriyle Türkiye, “su fakiri” olma yolunda ilerlemektedir. Sektörler

arasında en büyük paya sahip olan sulamanın 2023 yılında % 64 oranına gerilemesi planlanmaktadır. Bu bağlamda su kaynaklarının etkin kullanımı ve yönetimi ülkemizde geliştirilmesi gereken alanlar olduğu kadar, kalkınmanın sürdürülebilirliği ve gıda güvenliği açısından da önem taşımaktadır. Tarımsal üretimde birçok girdinin etkinliğini arttıran sulama, tarımsal üretimde kârlılığı sağlayan en önemli uygulamadır (Kodal 1995). Gerek beklenen su sıkıntısı gerekse nüfus artışı ile birlikte tarım sektöründen kısılarak içme-kullanma ve sanayi sektörüne aktarılabacak su miktarı ile tarımsal sulamanın üzerine baskı giderek artmakta ve su tasarrufu mecburiyetini önemli kılmaktadır.

Kuraklığın yoğun olarak yaşandığı ve su kaynaklarının sınırlı olduğu İç Anadolu bölgesinde suyun ekonomik olarak kullanılması gerekmektedir. Günümüzde yeni alanların sulamaya açılması hem çok büyük ekonomik yatırım gerektirmekte, hem de yeraltı su kaynaklarımızın daha çabuk tükenmesine yol açmaktadır. Bunun çözümü; sulama suyu uygulama performanslarının etkinliğini artırıcı ve uygulama kayıplarını minimize edici basınçlı sulamanın yaygınlaştırılması ile mümkündür (Karaşahin ve Sade 2011). Su tasarrufunda basınçlı sulama yöntemlerinin kullanılmasının yanı sıra suyun pahalı ve kıt olduğu yerlerde kısıntılı sulama suyu uygulaması iyi bir alternatiftir. Kısıntılı sulama, belirli düzeylerde su kısıtına ve bitki veriminde azalmanın kabul edildiği durumda yapılan bir uygulamadır. Yüzey sulama yöntemine göre damla sulama yöntemi uygulandığında bitki su tüketimi azalacağından tasarruf edilecek su miktarı artacaktır (Kodal ve Ahi 2018). Aynı zamanda damla sulama ile topraktaki hava ve su dengesinin aşırı sulama ile bozulmaması ve su eksikliği ile bitkinin su stresine sokulmaması verim artışının ana sebepleridir (Hook ve Kincheloe 1991, Şimşek vd. 2003). Damla sulama yönteminin çok farklı uygulama şekilleri bulunmaktadır. Bu uygulama şekillerinden birisi olan Yüzeyaltı Damla Sulama (YADS) yöntemi, özellikle 1990'lı yıllarda Amerika, İsrail, İtalya gibi ülkelerde meyve bahçelerinde, çim ve yem bitkileri gibi çok yıllık bitkilerin sulanmasında kullanılırken, günümüzde ise tüm sebzeleri içerisine alacak şekilde kullanılmaktadır. Ülkemizde damla sulama yöntemi ile sulanan alanların gün geçtikçe artmasına rağmen, yüzeyaltı damla sulama yöntemi uygulamaları ise son yıllarda görülmektedir (Özdemir 2013). Özellikle ülkemizde ihraç

ürünleri başta olmak üzere Ege Bölgesinde bağ, zeytin, mısır, yonca ve domates alanlarında uygulaması hızla artmaktadır.

Yüzeyaltı damla sulama ile su direkt olarak bitki kök bölgesine gömülü PE lateraller ile iletilmektedir. YADS sisteminde lateraller toprak altına gömülü olduğundan sulama nedeni ile toprak yüzeyinden olan buharlaşma ve derine sızma minimize edilmektedir. Bitkinin ihtiyaç duyduğu besin elementleri sulama suyu ile birlikte direk bitki kök bölgesine verilmektedir. Lateraller toprak bünyesi, bitki çeşidi ve iklim şartları dikkate alınarak 33-50 cm derinliğe gömülmektedir (Irmak 2005). Bu sulama yöntemiyle sulanan alanların toprak yüzeyleri fazla ıslatılmadığından kültürel işlemler rahatlıkla yapılabilenmekte, mevcut su ile daha fazla alan sulanabilmektedir. Yüzeyaltı damla sulama yöntemiyle, suyu ve bitki besin maddesini daha randımanlı uygulayarak verim ve meyve kalitesi artırılabilir. Toprak yüzeyinden olan buharlaşma çok düşük olduğundan toplam sulama suyu gereksinimi azalmaktadır (Ayars vd. 1999).

YADS sistemlerinin planlaması ve tasarımı, tüm bitkiler yaklaşık olarak eşit su alacak şekilde yapılır. Başarılı bir YADS sisteminde tasarım, tesis, yönetim ve bakım ile çok yakın ilişkilidir. YADS sistemlerinin sadece düzgün bir şekilde tasarlanmasının yeterli olmadığı ve sistemin doğru şekilde tesis edilmesinin yanında doğru şekilde bakım ve işletilmesinin yapıldığı durumlarda ürünlerin yüksek verimli olmaları ve üretimde su tasarrufu sağlanmaktadır. Sistemin ilk yatırım masraflarının fazla olması, damlatıcıların tıkanması ve kemirgen zararı sistemin dezavantajlarındandır. Bunlarla ilgili gerekli tedbirler alındığı sürece sistem son derece kullanışlıdır (Ademsen 1992, Lamm 2005).

Yüzeyaltı damla sulama araştırmaları ilk olarak Steriing Davis tarafından 1959 yılında limon, portakal ve patatesde başlamıştır (Hall, 1985). Bu araştırmalar çiftçileri teşvik ettiği gibi günümüzde yüzeyaltı damla sulama ile başta pamuk ve mısır olmak üzere bahçe bitkileri ürünlerinde yapılmaktadır (Martinez-Hernandez vd. 1991, Lamm vd. 1995, Lamm vd. 2010, Irmak vd. 2016).

Tahıllar içinde yer alan mısır, 16. yüzyıldan beri Türkiye'de yetiştirilmekte olup, kullanım alanı çok geniştir. İnsan beslenmesinde önemli olduğu kadar hayvan yemi

olarak da kullanılmaktadır (Özdemir 1983). Dane mısır yetiştiriciliği, tarımsal amaçlı üretiminin yanı sıra nişasta, nişasta bazlı şeker ve yem amaçlı üretimi başta olmak üzere pek çok kullanım alanına hizmet etmesi nedeni ile tüketim yapısı içerisinde de oldukça önemli bir yere sahiptir. Günümüzde hem üretim alanının artması hem de bölgesel ekim alanlarındaki değişim ile en önemli endüstri bitkisi olan pamuk ile olan rekabetinin yanı sıra biyoyakıt, yem katkı maddesi, damıtık tahıllar ve kurutulmuş damıtma çözünür daneler gibi ürünlerin kullanımlarının artması ile birlikte mısır yetiştiriciliğinin önemi giderek artmıştır (Taşdan 2019).

Ülkeler açısından üretim miktarları değerlendirildiğinde 2018 yılı itibari ile Amerika %34'lük payı ile en fazla üretimi yapmaktadır. Bunu %23'lük payı ile Çin, %8'lik pay ile Brezilya %4 pay ile Arjantin ve % 2.5 pay ile Meksika ve Hindistan takip etmektedir (USDA, 2018).

Ülkemizde tahıl üretiminde buğday ve arpadan sonra üçüncü sırada yer alan mısırın, son yıllarda sulama imkânlarının artması ile birlikte yetiştirilme oranında artmıştır. Ülkemizde TÜİK verilerine göre yaklaşık 592 bin hektar alanda mısır üretimi yapılmaktadır. Ankara ilinde ekimi yapılan mısır alanının Türkiye'ye oranı % 0.2'dir. Ankara'da tarımı yapılan tahıllar arasında yer alan mısır % 0.2 lik ekim alanı ile yulaftan sonra gelmektedir. Mısır ekim alanı Ankara'da 2004 yılından 2018 yılına %70 oranında artmıştır (Anonim 2019b).

Mısır, ülkemizde modern sulama teknikleri ile verimde artışı yakalayarak tarım destekleri, TMO alımları ve tüketim taleplerinin artması üzerine çiftçi tarafından tercih edilen bir ürün olmuştur. Dane mısır yetiştiriciliğinin bölgesel dağılımındaki değişimi halen güncelliğini korumakla beraber 2000'li yılların ikinci yarısında başlamıştır. Bu değişim sürecinde, mısır üretimi Çukurova'da yoğunluğunu sürdürmekle beraber Güneydoğu Anadolu, Batı Anadolu ve Ege'de yaygınlaşmaktadır. Alan genişlemesi ve buna bağlı üretim artışında, son yıllarda sulanan alanlardaki artış ile mısıra yönelimin arttığı Konya başta olmak üzere İç Anadolu bölgesindeki gelişim dikkat çekicidir. Orta Anadolu'da üretim payı düşük olmasına rağmen son yıllarda üretimde artış meydana gelmiştir (Taşdan 2019).

Mısır bitkisinin su tüketim miktarı, iklim ve toprak koşullarına, gelişme dönemi uzunluğuna ve çeşide bağlıdır. Gelişme periyodunun bazı dönemlerinde topraktaki nem eksikliği mısırın gelişme ve verimine çok etki eder. Örneğin çimlenme, çiçeklenme ve danelerin süt olumu dönemlerinde bitkinin su sıkıntısı çekmemesi iyi gelişmeyi ve yüksek verimi sağlar. Ankara koşullarında yaz aylarında hemen hemen yağış olmaması mısır bitkisinin sulanmasını zorunlu kılmaktadır (Yıldırım 1993). Bu nedenle bölgede yetiştirilen mısır bitkisinin su tasarrufu sağlayan basınçlı sulama yöntemlerinden yüzeyaltı damla sulama sistemine göre sulama programı ve su-verim fonksiyonunu belirleyen araştırmalara ihtiyaç duyulmaktadır.

Yürütülen bu araştırma ile Ankara iklim şartlarında kısıtlı su koşullarında yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanılarak yetiştirilen dane mısırın verim ve su kullanım etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Araştırmada FAO Penman Monteith eşitliği kullanılarak ET_c'nin belirli oranları (% 100ET_c, % 70ET_c, %40 ET_c ve % 0) ile oluşturulan su stresi düzeylerinde sulama miktarı, bitki su tüketimi, sulama ve su uygulama randımanları hesaplanarak hasat sonrası elde edilen bitki ölçüm parametreleri değerlendirilmiştir.

Aynı zamanda bu araştırma projesi, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü tarafından ülke politikalarına yön vermek amacı ile oluşturulan “Kısıtlı Su Koşullarında Su Tasarrufu Sağlayan Sulama Yöntemlerine Göre Bitki Sulama Programlarının Oluşturulması” ülkesel projesi kapsamında TAGEM/TSKAD/16/A13/P02/01 proje numarası ile yürütülen “Su Kısıtlı Koşullarında Yüzeyaltı Damla Sulama ile Sulanan Dane Mısırın Verim ve Su Kullanım Etkinliğinin Belirlenmesi” alt projesi olarak Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü ile birlikte yürütülmüştür.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Bu bölümde ülkemizde ve dünyada dane mısır bitkisinin su tüketimi ve yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanılarak yapılan araştırmalar kronolojik sıraya göre verilmiştir.

Ayyıldız (1962), Ankara koşullarında karık sulama yöntemi ile mısır bitkisinin su tüketimini belirlemek amacıyla yaptığı çalışmada topraktaki kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'si tüketildiğinde sulamaya başlanan konuda en yüksek verimi 643.8 kg da⁻¹ elde ederken aynı konuya ait mevsimlik su tüketimini 673.3 mm hesaplamıştır.

Oylukan ve Güngör (1976), Eskişehir tarla koşullarında karık sulama yöntemi ile mısır bitkisi üzerine yaptıkları araştırmada sulama suyu ihtiyacını 400 mm, bitki su tüketimini 725 mm olarak belirlemişlerdir. Her sulamada 100 mm su verilerek bitkinin suya en hassas olduğu 4 sulama zamanı belirlemiş (bitki boyunun 40-45 cm olduğu, tepe püskülü açıldığı, koçan oluşumu, süt olum dönemleri) ve bu dönemlerde yaptığı sulama ile 564.5 kg da⁻¹ verim elde etmişlerdir.

Günbatılı (1979), Tokat ili Kazova şartlarında karık sulama yönteminde mısır bitkisinin su tüketimini belirlemek amacıyla 4 yıl boyunca araştırma yürütmüştür. En yüksek verimi topraktaki elverişli nemin %50'si tüketildiğinde yaptığı sulamada elde ederken sulama suyu ihtiyacını 358-437 mm arasında ve mevsimlik bitki su tüketimini ise 688 mm olarak hesaplamıştır.

Ayla (1985), Ankara koşullarında standart lizimetre ile mısıra uygulanan sulama suyu miktarını 275 mm ve bitki su tüketim değerini ise 502.4 mm olarak bulmuştur.

Kanber vd. (1990), Çukurova şartlarında yetiştirilen ikinci ürün mısırın su verim ilişkilerini belirlemek için bir araştırma yürütmüşlerdir. Yüzey sulama yöntemini kullandıkları araştırmada, ekimden 27 gün sonra ilk suyun, tepe püskülü tamamen çıktığında ikinci suyun, koçan püskülü çıkışında üçüncü suyun, dane oluşum döneminde dördüncü suyun ve süt olum döneminde beşinci suyun uygulanmasını önermişlerdir.

Araştırmada sulama suyu ihtiyacını 290 – 427 mm, su tüketimini 470-606 mm arasında hesaplamışlardır.

Uzunoğlu (1991), Ankara koşullarında hibrit mısırın bitki su tüketimini belirlemek amacıyla yaptığı araştırmada dört sulama yapmış, toplam 614.8 mm su uygulamış ve bitki su tüketimini 808.7 mm olarak hesaplamıştır.

Ademsen (1992), yağmurlama sulama ile alkali ve iyi kaliteli sulama sularının kullanılması durumunda mısır veriminde hiçbir fark bulamamışken yüzeyaltı damla sulama ile %30 daha az su kullanıldığını belirtmiştir.

Ayla (1993), Bolu koşullarında mısırın toplam sulama suyu ihtiyacını 310-320 mm, ortalama bitki su tüketim değerini 550 mm olarak bulmuştur.

Öğretir (1993), Eskişehir şartlarında yetiştirilen mısırın su-verim ilişkisini belirlenmek için yaptığı çalışmada, mısırın dört farklı gelişme döneminde sulama yapmış ve en yüksek verimi elde ettiği konuda sulama suyu ihtiyacını 440 mm, bitki su tüketimini ise 659 mm olarak bulmuştur.

Şener vd. (1994), Menemen Ovası koşullarında ikinci ürün mısırdaki farklı sulama yöntemlerinde çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada Class A Pan buharlaşma kabının farklı oranlarında (Kp; 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1.0, 1.2, 1.4, 1.6) sulama uygulamaları yapmışlardır. En yüksek verimi Kp:1.4 olan ve 474 mm su uygulanan sulama konusunda 969 kg da⁻¹ elde etmişlerdir.

Caldwell vd. (1994), Kansas'ta yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanarak yetiştirdikleri mısırdaki sulama sıklığının verime etkisini araştırmışlardır. Sulama aralığını 1, 3, 5 ve 7 gün olarak belirleyerek 12.7, 25.4, 38.1 ve 50.8 mm sulama suyu uygulamışlardır. Yapılan araştırmada sulama konularının verimleri arasında önemli farklılıklar bulamamışlardır. Sulama suyu miktarları 597 mm ile 424 mm arasında değişim gösterirken su uygulama randımanını (WUE) 1.34 – 1.93 kg m⁻³ arasında, sulama suyu

uygulama randımanını (IWUE) ise $2.07 - 2.76 \text{ kg m}^{-3}$ değerleri arasında belirlemişlerdir. En yüksek WUE ve IWUE değerlerini en az su uygulamalarında elde etmişlerdir.

Köksal (1995), Tarsus'ta II. Ürün mısırda farklı sulama seviyelerinde yürüttüğü çalışmasında, sulama suyunu 11 – 599 mm arasında uygulayarak bitki su tüketim değerini 621 – 723 mm arasında elde etmiştir. Sulama suyu kullanım randımanının tam sulama yaptığı konuda $1.38 - 1.80 \text{ kg m}^{-3}$ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Lamm vd. (1995), Kansas'ta yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanarak yetiştirdikleri mısırda gerçek bitki su tüketiminin farklı oranları (% 1.25 ET, % 1.00ET, % 0.75ET, % 0.50ET, % 0.25ET, % 0) ile su kısıtı konularını belirlemişlerdir. Araştırmada konulara sırasıyla 541, 425, 316, 185, 73 ve 0 mm sulama suyu uygularken verim değerlerini sırasıyla 1206, 1330, 1250, 1040, 780 ve 610 kg da^{-1} elde etmişlerdir.

Gençoğlu (1996), Çukurova şartlarında karık sulama yöntemi ile su stresi oluşturmak için farklı sulama seviyelerinin dane mısır verimine ve su kullanım etkinliğine olan etkilerini belirlemiştir. Karık sulama yöntemini kullandığı araştırmada 10 günde bir 120 cm toprak derinliğinde tüketilen nemin farklı oranlarında (yağışa dayalı, % 20, %40, % 60, % 80, %100) sulama suyu uygulamıştır. Çalışmada, konulara göre farklılık göstermekle beraber sulama suyu miktarını 102-823 mm değerleri arasında, mevsimlik bitki su tüketimi değerlerini 343 - 1052 mm arasında bulurken sulama suyu kullanım etkinliğini (IWUE) konularına göre 1.0 ile 2.43 kg m^{-3} arasında, su kullanım etkinliğini (WUE) ise $0.22 - 1.25 \text{ kg m}^{-3}$ arasında elde etmiştir. Deneme konularına uygulanan su stresi arttıkça verim unsurlarında azalma olduğunu belirtmiştir. Araştırmada dane ağırlığı 134.41 – 332.76 mg, koçan çapı 3.48 – 4.91 cm, koçan boyu 11.6 - 20.81 cm, bitki boyu 135.5. – 262.0 cm, koçan başına verim 41.11 – 175.23 g, bitki başına dane verimi 20.65 – 179. 98 g arasında ve hasat indeksi en fazla 0.48 olarak belirlenmiştir.

Yıldırım vd. (1996), Ankara şartlarında 1991 ve 1992 yıllarında kısıtlı sulama koşullarının dane mısır verimi üzerine etkilerini belirlemişlerdir. Araştırma yıllarında elde edilen en yüksek verim kontrol konusunda 1085 kg da^{-1} en düşük verim ise yağışa

dayalı konuda 347 kg da⁻¹ elde edilmiştir. Bitki gelişme dönemlerinde uygulanan su kısıtında toprak su açığına karşı en çok hassasiyetin çiçeklenme döneminde olduğunu belirtlenmişlerdir. Bitki gelişiminin farklı dönemlerinde uyguladıkları su kısıtlarında % 27.9, % 25.2, % 21.2, % 57, % 27.9, % 50.8 ve % 68 oranında verim düşüşü belirlemişlerdir. Elde edilen sonuçlara göre, mısırın toprak suyu açığına karşı oldukça hassas olduğu ve yüksek tane verimi elde etmek için olgunlaşma dönemi hariç toplam büyüme mevsimi boyunca sulanması gerektiği belirtmişlerdir.

Orta vd. (1997), Tekirdağ koşullarında mısırın bitki su tüketimini belirlemek için yaptıkları çalışmada farklı su tüketim tahmin yöntemlerini kullanarak bölgeye en uygun yöntemi belirlemişlerdir. Araştırmada etkili kök derinliğini 90 cm olarak kabul ederek kullanılabilir suyun %65'i tüketildiğinde sulama uygulamalarını yapmışlardır. Araştırmanın iki yıllık sonuçları değerlendirildiğinde, uygulanan toplam mevsimlik sulama suyu miktarı sırasıyla 306 - 285 mm, bitki su tüketimi 599 ve 573 mm ve verim 1069 ile 915 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir.

Howell vd. (1997), Bushland, Teksas'ta killi tınlı topraklarda sulamanın mısır verimi üzerine etkilerini iki yıl süresince araştırmışlardır. YADS laterallerini 30 cm derinliğe yerleştirerek bitki su tüketim değerlerini (ET) sulama konuları olarak belirlemişlerdir. Günlük ET ve haftalık ET ile oluşturdukları kısıtlı su (% 100ET, % 67ET, % 33ET) konularında ortalama 257 - 656 mm sulama suyu uygularken bitki su tüketim değerini 327 ile 952 mm arasında bulmuşlardır. Dane mısır verimleri 0.84 ve 14.1 t ha⁻¹ değerleri arasında, su kullanım etkinliği (WUE) 1.08 - 1.62 kg m⁻³ değerleri arasında değişim göstermiştir.

Yıldırım ve Kodal (1998), Ankara şartlarında karık sulama yöntemi ile suladıkları dane mısırdaki su stresi oluşturmak için uygulanan 7 farklı su konusunda araştırma yapmışlardır. Kontrol konusunda, kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'si kullanıldığında eksik nemi tarla kapasitesine tamamlamışlar, kısıt konularını ise kontrol konusuna uygulanan sulama suyunun % 200, % 175, % 125, % 75, % 50, % 25 ve % 0 seviyelerinde sulama suyu uygulaması şeklinde oluşturmuşlardır. Elde edilen sonuçlara göre fazla miktarda uygulanan suyunun verimde önemli bir farklılığa neden olmamıştır.

Araştırmada uygulanan sulama suyu mevsimlik olarak 79.3-1236.8 mm arasında, bitki su tüketim değerleri 346.5– 1023.8 mm arasında belirlenmiş ve kontrol konusunda bitki su tüketim değeri ise 886-1024 mm arasında hesaplanmıştır.

Gündüz ve Beyazgül (1998), Balıkesir’de mısırdaki yürüttükleri çalışmada, sulama zamanlarını bitkinin dört gelişme dönemine göre planlamışlardır. En yüksek verim tüm gelişme dönemlerinde su ihtiyacının karşılandığı kontrol konusunda 882 kg da⁻¹ elde edilmiş ve sulama suyu miktarı 586 mm, bitki su tüketimi 761 mm belirlenmiştir.

Lamm ve Trooien (2001), Amerika, Kansas’ta dane mısırdaki yüzeyaltı damla sulama yöntemi kullanarak farklı sulama seviyeleri ile oluşturdukları kısıtlı sulama suyu koşullarında bitki sıklığının verime etkisini araştırmışlardır. Araştırmada en yüksek dane verimini 1770 - 2389 kg da⁻¹ arasında elde etmiş, sonuç olarak verimin bitki ekim sıklığı ve uygulanan sulama suyu miktarındaki artışa bağlı olarak arttığını bildirmişlerdir.

Yazar vd. (2002), Güneydoğu Anadolu Bölgesi koşullarında, 3 ve 6 gün sulama aralığında kısıtlı su koşullarında (%100, %67, %33) mısır bitkisinin su verim ilişkilerini araştırmışlardır. Araştırmada kontrol konusuna 581 mm sulama suyu uygulamışlardır. Mevsimlik bitki su tüketim değerini 358 – 562 mm arasında, verim değerlerini 794 ile 1192 kg da⁻¹ arasında, WUE ve IWUE değerlerini 2.53 ve 2.27 kg m⁻³ arasında belirlemişlerdir.

Kırnak vd. (2003), Harran Ovası koşullarında damla sulama yöntemi ile mısırın etkili kök derinliğindeki mevcut nemi 7 günde bir tarla kapasitesine tamamlamışlardır. Kısıt konuları ise kontrol konusuna uygulanan sulama suyunun farklı düzeyleri (% 80, %60, %40, %20) olarak belirlenmiştir. Araştırma sonucunda en yüksek verim kontrol konusunda elde edilmiş, bu konunun verimi 1350 kg da⁻¹, sulama suyu 1255 mm ve bitki su tüketimi 1376 mm olarak belirlenmiştir. Su uygulamalarında yapılan kısıtlar arttıkça bitkide yaşanan strese bağlı olarak, yaprak alan indeksi, kuru madde, bitki boyu ve gövde çapı değerlerinde azalma meydana geldiğini saptamışlardır.

Lamm ve Trooien (2003), Amerika, Kansas'ta yüzeyaltı damla sulama yöntemi kullanarak mısır bitkisinde 10 yıllık süreçte tamamladıkları araştırmada, 40-45 cm toprak derinliğine döşenen sulama laterallerini iki bitki arasına yerleştirmişlerdir. Çalışma sonunda su kullanımı bakımından yüzeyaltı damla sulama sistemi ile sulandığında yaklaşık % 35-55 oranında su tasarrufu olduğunu belirtmişlerdir.

Lamm (2004), Nebraska'da yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile mısırdaki potansiyel bitki su tüketiminin (ETc) farklı seviyelerinde (% 75, % 100 ve % 125) oluşturdukları kısıtlı sulama uygulamalarının gübreleme üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada sulama suyu miktarını 152 ile 305 mm arasında belirlemişlerdir.

Çakır (2004), Trakya koşullarında 3 yetiştirme sezonunda mısırın vejetatif gelişme dönemlerini dikkate alarak oluşturduğu 16 farklı kısıtlı sulama uygulamasında yaprak alan indeksi, koçan sayısı, bin dane ağırlığı, bitki boyu, dane verimi, koçanda dane verimi ve verimin su stresine karşı etkilerini belirlemiştir. Araştırmada en fazla uygulanan sulama suyu miktarı 495.3 mm olmuştur. Bitki su tüketim değeri 264.6 – 762.3 mm arasında değişmiştir. Bitkinin farklı gelişme dönemlerinde yaşadığı strese bağlı olarak en yüksek verimi tüm gelişme aşamalarında ihtiyacı karşılanan kontrol konusunda ortalama 1244 kg da⁻¹ olarak, verimin en düşük değerini ise gelişme dönemlerinde su stresine maruz bırakılan yağışa dayalı konuda ortalama 315 kg da⁻¹ olarak elde etmiştir.

Şimşek ve Gerçek (2005), Harran Ovası şartlarında iki yıl boyunca dane mısırdaki farklı sulama gün aralıklarında (2, 4, 6, 8) araştırma yürütmüşlerdir. Araştırmada damla sulama ile yaptıkları sulama uygulamalarında su verim ilişkisini ve ky indeksini belirlemişlerdir. Araştırmada sulama suyu miktarı 829 – 1161 mm arasında, IWUE 1.22 – 1.43 kg m⁻³, WUE ise 1.02 - 1.13 kg m⁻³ değerleri arasında belirlenmiştir. En yüksek verim değerleri ise 1.41 ve 1.33 t da⁻¹ değerleri ile 4 gün sulama aralığında belirlenmiştir.

Bozkurt (2005), damla sulama ile sulanan ikinci ürün mısırdaki kısıtlı su uygulamalarının ve farklı lateral aralıklarının verime ve verim unsurlarına etkisini belirlemek amacıyla

Çukurova koşullarında bir araştırma yürütmüştür. Araştırmada üç farklı lateral aralığı ve iki farklı sulama seviyesi (I67, I100) değerlendirilmiştir. Araştırmada sulama suyu 550 – 756 mm arasında uygulanırken bitki su tüketimi 592 – 758 mm arasında elde edilmiştir. Araştırmada su kullanım etkinliği 1.13-1.40 kg m⁻³ değerleri arasında elde edilirken bitki boyu, koçan en, koçan boy, bin dane ağırlığı ve hasat indeksi gibi verim parametreleri değerlendirilmiştir.

Irmak (2005), Nebraska’da mısır bitkisinde 2004 ve 2005 yıllarında yüzeyaltı damla sulama ile ETc’nin farklı oranlarında (%100 ETc, %75 ETc ve %50 ETc) bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırmada verim değerleri yıllar itibari ile % 100 ETc konusunda 1378 kg da⁻¹ ve 1316 kg da⁻¹, % 75 ETc konusunda 1347 kg da⁻¹ ve 1261 kg da⁻¹ ve % 50 ETc konusunda 1260 kg da⁻¹ ve 1174 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. %100 su konusu ile %50 su konusu arasında sadece %9’luk verim farkı olduğu bildirilmiştir.

Pablo vd. (2007), New Meksiko’da mısır bitkisinde verim ve su kullanım etkinliğinin yüzeyaltı damla sulamada lateral derinliğine etkisini belirlemek amacı ile araştırma yürütmüşlerdir. Araştırmada, damlatıcı aralığı 41 cm ve debisi 0.95 L h⁻¹ olan lateralleri 30, 25, 20 ve 15 cm derinliğe yerleştirmişlerdir. Araştırmada en yüksek verim değerleri 15-20 cm derinlikte olan laterallere ilişkin konudan elde edilmiştir.

Payero vd. (2008), Nebraska’da iki yıl boyunca, yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile yetiştirdikleri mısırdaki sekiz farklı sulama seviyesi uygulamışlardır. Araştırmada sulama suyu miktarları 38 – 291 mm arasında bitki su tüketim değerleri ise 523 – 660 mm arasında hesaplanmıştır. Su miktarındaki artışa bağlı olarak verimde artış meydana geldiği belirtmiştir.

Vural ve Dağdelen (2008), Aydın koşullarında mısırdaki kısıtlı sulama seviyelerinde su verim ilişkilerini araştırmışlardır. Araştırmada sulama konuları, buharlaşma kabından olan 3 ve 6 günlük birikimli buharlaşma değerinin katları (% 0, % 40, % 60, % 80, %100) şeklinde belirlenmiştir. En yüksek verim sulama aralığının 3 gün olduğu kontrol konusunda 642 kg da⁻¹ olarak belirlenmiş, bu konunun sulama suyu miktarı 563 mm ve bitki su tüketim değeri 479 mm olarak hesaplanmıştır.

Payero vd. (2009), Nebraska’da yüzeyaltı damla sulama ile 2005 ve 2006 yıllarında mısır bitki su tüketiminde bitki gelişiminin farklı evrelerinde kısıtlı sulama suyu uygulamasının verim ve WUE üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırmada 150 mm sulama suyu Temmuz, Ağustos ve Eylül aylarında uygulanmıştır.

Uçak vd. (2010), Çukurova koşullarında 2008-2009 yetiştiricilik döneminde mısırın gelişme dönemlerinden üçünde uyguladıkları su kısıtının mısır verimine olan etkilerini belirlemek için bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırmada su kısıtının koçan boyu, koçan çapı, bitki boyu, bin dane ağırlığı, koçanda dane sayısı ve koçan yüksekliği parametrelerinin etkilerini incelemişlerdir. Araştırmada aylık su tüketimlerini 90-195 mm değerleri arasında ve mevsimlik su tüketimini 771.2 mm olarak belirlemişlerdir. Araştırmada uyguladıkları su kısıtlarına bağlı olarak verimde azalma olduğunu belirtmişlerdir.

Lamm vd. (2010b), Kansas’ta yürüttükleri araştırmada, münavebe sistemi ile yetiştirilen ayçiçeği, soya fasulyesi ve sorgumun sulanmasında beş farklı derinliğe yerleştirdikleri yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile beş yıl boyunca deneme yürütmüşlerdir. Araştırmada 20, 30, 40, 50 ve 60 cm lateral derinliklerinde sulama uygulamalarını yapmışlardır. Araştırma sonucunda, lateral derinlikleri arasında verim açısından ortalama % 4’lük, su kullanım randımanı açısından ortalama % 8’lik bir değişim elde edilmiştir. Ayrıca 40 cm lateral derinliğinin her üç bitki için de uygun olduğunu belirlemişlerdir.

Kuşçu (2010), Bursa–Mustafakemalpaşa Ovası koşullarında yetiştirilen mısır bitkisinde damla sulama yöntemi kullanarak bitki gelişme dönemlerine göre 15 farklı kısıntılı sulama uygulaması ve sulama yapılmayan (çıkış hariç) ve tüm fenolojik gelişme dönemlerinde sulama yapılmasını öngören toplam 17 sulama suyu konusundan oluşan denemeyi üç tekerrürlü olarak tesadüf blokları deneme deseninde 2008-2009 yıllarında yürütmüştür. Deneme yıllarında sırasıyla çimlenme çıkış için 66 – 76 mm su verilmiş, her iki yıl 371 - 1018 mm arasında değişen miktarda sulama suyu uygulamış ve bitki su tüketim değeri ilk yıl 277 - 1102 mm ikinci yıl 332 - 1164 mm arasında hesaplanmıştır. İki yıllık ortalama WUE değeri 5.93 - 2.89 kg m⁻³ arasında, IWUE değeri ise 5.43 - 2.65

kg m⁻³ arasında değişmiştir. Verim değerlerinin sulama suyu miktarındaki artışa bağlı olarak artış gösterdiğini ve kısıntılı sulamanın kaçınılmaz olduğu durumlarda ise çiçeklenme ve vejetatif geleişme döneminde sulama yapılmasından kaçınılması gerektiğini belirtmiştir.

Douh ve Boujelben (2011), Tunus'ta mısır bitkisinde farklı derinliklere döşenen yüzeyaltı damla sulama sisteminin IWUE zerine olan etkisini araştırmışlardır. Araştırmada yüzeyaltı damla sulama sistemi lateral boruları 5 cm (T1), 20 cm (T2) ve 35 cm (T3) derinliğe serilmiştir. Araştırma sonucuna göre 35 cm (T3) derinliğe döşenen yüzeyaltı damla sulama sisteminde toprak nemi içeriğinin daha homojen olduğunu, buharlaşma ile kaybolan suyun çok daha az olduğunu ve % 12.9 su tasarrufu sağladığını belirtmişlerdir.

Van Donk vd. (2012), Nebraska Kuzey Platosu'nda 2007-2009 yıllarında yüzeyaltı damla sulama sistemi ile sulanan mısırın farklı geleişme dönemlerinde kısıtlı sulama suyu uygulamaları üzerine bir araştırma yapmışlardır. Araştırmada mısır verimlerini 2007 yılında 890 – 1150 kg da⁻¹, 2008 yılında 730 - 980 kg da⁻¹ ve 2009 yılında ise 1260 - 1350 kg da⁻¹ arasında elde etmişlerdir. Ayrıca en yüksek verimi 264 mm suyun uygulandığı kontrol konusunda alırken en düşük verimi 57 mm suyun uygulandığı konuda elde etmişlerdir. En yüksek verimin elde edildiği konuda toprakta nemin %50'nin altına düşmesine izin vermemişlerdir.

Aydınşakir vd. (2013), Antalya şartlarında damla sulama yöntemi ile dane mısırdaki 5 farklı sulama seviyesinin (I₁₀₀, I₇₅, I₅₀, I₂₅, I₀) verim üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmada 129 – 722 mm sulama suyu miktarı uyulanırken verim değerleri 935 - 363 kg da⁻¹ arasında değişim gösterirken verim değişimleri sulama konuları % 11, % 16, % 41, % 61 oranlarında azalma gösterdiği hesaplanmıştır. WUE değeri 1.57 – 1.27 kg m³ arasında IWUE ise 1.29 – 2.83 kg m³ arasında değişim gztermiştir. Su kısıtı arttıkça bitki boyu, koçan eni, koçan boyu, dane sayısı ve 1000 dane ağırlığının azaldığı belirtilmiştir.

Abuarab vd. (2013), Mısır El-Giza’da, kumlu-killi-tınlı topraklarda 2010-2011 yıllarında 3 farklı sulama sistemi (damla sulama, yüzeyaltı damla sulama ve hava enjeksiyonu yapılarak kullanılan yüzeyaltı damla sulama) kullanılarak mısırdaki verim, WUE, IWUE değerlerini araştırmışlardır. Sulama uygulamalarında Penman-Monteith eşitliği kullanılarak ET_c referans esas alınmıştır. Yüzeyaltı damla sulama yönteminde verim 11.3 kg ha⁻¹, sulama suyu miktarı ortalama 9393 m³ ha⁻¹, bitki su tüketimi ise 12.358 m³ ha⁻¹ olarak hesaplanmıştır. WUE değerini 1.2 kg m⁻³ ve IWUE değerini 0.92 kg m⁻³ olarak elde etmişlerdir.

Abou Kheira (2013), Kahire’de farklı sulama yöntemlerinin (delikli borularla karık sulama, yüzey damla sulama ve yüzeyaltı damla sulama) mısır verimine etkisini araştırmıştır. Kısıtlı sulama uygulamaları potansiyel bitki su tüketiminin (ET_c) farklı katlarının (% 100 ET_c, % 80ET_c, % 60ET_c) uygulanması şeklinde planlanmıştır. En fazla su uygulaması karık sulamada % 100 ET_c konusunda 474.4 mm olurken en az su uygulaması yüzeyaltı damla sulamada % 60ET_c konusunda 352 mm olmuştur. En yüksek su kullanım randımanı karık sulamada (% 100 ET_c, 2.44 kg m⁻³) ve ardından damla sulamada (% 80ET_c, 1.77 kg m⁻³) olurken, en düşük su kullanım randımanı ise yüzeyaltı damla sulamada (% 60ET_c, 0.97 kg m⁻³) elde edilmiştir. Yüzeyaltı damla sulama yönteminde su tasarrufu sağlandığını belirlemişlerdir.

Şen vd. (2015), İzmir -Menemen’de yüzeyaltı damla sulama sistemi ile yetiştirdikleri mısırdaki farklı sulama gün aralığı ve farklı buharlaşma kabı katsayılarını konu aldıkları araştırmalarını 2011-2014 yıllarında yürütölmüşlerdir. Yüzeyaltı damla sulama sisteminde lateraller 140 cm aralıkla iki bitki sırasına birer tane olacak şekilde ve 30 cm toprak derinliğine döşenmiştir. Araştırmada sulama gün aralığı (3 ve 6 gün) ana konu, kısıtlı sulama konuları (K_{pc}-buharlaşma kabı katsayıları 0.90, 0.60, 0.30, ve 0) alt konu olarak alınmıştır. Uygulanan sulama suyu miktarı sırasıyla 264 mm, 179 mm ve 89 mm olmuştur. Mevsimlik bitki su tüketimi 420 -218 arasında değişmiştir. Yıllara göre verim değerleri değişiklik göstermekle birlikte 1206 -618 kg da⁻¹ arasında olurken WUE 35.7 - 21.5 kg m⁻³ arasında, IWUE 116.6 -36.4 kg m⁻³ arasında değişmiştir.

Fumagalli vd. (2015), İtalya’da 2013 yılında yüzey damla sulama ve yüzeyaltı damla sulama sistemini kullanarak mısırdaki gübrelemenin verime etkisini araştırmışlardır. Sulama suyu uygulamaları 4 farklı miktarda (0.25, 0.50, 0.75, 1m) ve 10-15 gün ara ile yapılan çalışmada yüzey damla sulamada 706 mm, yüzeyaltı damla sulamada 340 mm su kullanılmıştır. Gübre üre formunda verilmiş, yüzeyaltı damla sulamada gübre sulama suyu ile birlikte, yüzey damla sulamada ise toprak yüzeyinden uygulanmıştır. Benzer azot dozları uygulanmasına rağmen YADS gübre kullanım etkinliği yüzey damla sulamadan daha fazla olmuştur. En yüksek verim yüzeyaltı damla sulamada 12.8 t ha⁻¹ yüzey damla sulamada 11.8 t ha⁻¹ olarak elde edilmiştir.

Okay ve Yazgan, (2016) Bursa şartlarında damla sulama yöntemi ile mısıra uygulanan farklı sulama seviyelerinin verim üzerine etkisini 2004 yılında araştırmışlardır. Bitki gelişme dönemlerinin dikkate alındığı 16 farklı sulama seviyesi oluşturulmuş ve en yüksek dane verimi kontrol konusunda 1853 kg da⁻¹ elde edilirken en düşük verim yağışa dayalı konuda 1120 kg da⁻¹ elde edilmiştir. Araştırma sonuçlarınsa göre sulamanın verim artışında önemli olduğu sulama yapılmadığında verim düşüklüğünün

Irmak vd. (2016) Nebraska’da 2005 ve 2007 yıllarında mısırdaki 1) YADS yönteminde sulama sıklığını, üretim ve su kullanım randımanını belirlemek, 2) üretim fonksiyonlarını geliştirmek ve su kullanım randımanını ölçmek ve 3) verim tepki etmenini (ky) belirlemek amacıyla bir araştırma yürütmüşlerdir. Araştırmada ana konu sulama uygulamaları; tam sulama -Full Irrigation Treatment- (FIT), % 25 FIT, % 50 FIT, % 75 FIT, % 125 FIT ve yağışa dayalı olarak belirlenirken alt konu sulama sıklıkları olarak belirlenmiştir. Sulama sıklıkları ve dane verimi arasındaki ilişki istatistiki olarak ($P > 0.05$) önemli çıkmamıştır. Dane veriminde, tam suya kıyasla % 125 FIT konusunda azalma görülmüştür ve istatistiki olarak %75 FIT ile aynı sınıfa girmiştir. Araştırmada sulama suyu miktarı 62 mm ile 255 mm arasında, bitki su tüketimi 335-639 mm arasında, verim 2.6- 14,7 t ha⁻¹ arasında, WUE ise 0.8 ile 3.1 kg m⁻³ arasında değişmiştir.

Uygan (2017), tarafından Eskişehir koşullarında damla sulama ile sulanan mısırdaki 2012-2014 yıllarında yürütülen çalışmada, farklı sulama seviyeleri ve farklı lateral

aralıklarının dane mısır verimine etkisini araştırmıştır. Araştırmada lateral aralıkları her bitki sırasına bir lateral (0.70 m) ve iki bitki sırasına bir lateral (1.40 m) olarak alınmış, oluşturulan 4 farklı su seviyesi ise A sınıfı buharlaşma kabından olan 7 günlük birikimli buharlaşmanın katları (% 50, % 75, % 100, % 125) olarak uygulanmıştır. Araştırma sonucunda sulama suyu 333.0 – 618.0 mm, bitki su tüketimi 444 -728 mm, verim 1.82-4.03 kg m⁻³ ve IWUE 1.57-3.19 kg m⁻³ arasında belirlenmiştir.

Demirok (2017), Harran Ovası şartlarında mısır bitkisinde yüzeyüstü (YÜDS) ve yüzeyaltı damla sulama (YADS) sistemi kullanarak yürüttüğü denemeyi 2016 yılında yapmıştır. Araştırmada, Class A Pan buharlaşma kabı katsayıları kullanarak farklı su uygulama seviyeleri (1.5, 1.25, 1.0, 0.75, 0.5) oluşturmuştur. Yüzeyaltı damla sulama laterallerini 40 cm toprak derinliğine sermiştir. YÜSD ve YADS için 421.5 ile 1264.5 mm arasında sulama suyu uygulamıştır. Sulama yöntemlerine göre verimler YÜDS için 698.4 - 1151.5 kg da⁻¹ YADS için 705.4 - 1157.5 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. Bitki su tüketim değerleri ise YÜDS sisteminde 585.7-1294.6 mm, YADS sisteminde 572.5-1286.7 mm olarak bulunmuştur. Su uygulama randımanı (WUE) ve sulama suyu uygulama randımanı (IWUE) değerleri sırasıyla YÜDS sisteminde 0.82-1.19 kg m⁻³, 0.83-1.66 kg m⁻³, YADS sisteminde 0.83-1.66 kg m⁻³ arasında hesaplanmıştır. Araştırmada klorofil indeksi, koçan yüksekliği, kök uzunluğu, bitki sap kalınlığı, bitki boyu, koçan kalınlığı, koçan boyu, bin dane ağırlığı ve koçanda dane ağırlığı gibi bazı fizyolojik ve morfolojik değerler incelenmiştir.

Gupta vd. (2019), Bhubal, Hindistan'da yüzeyaltı damla sulama sistemi ile yetiştirdikleri mısırın verimi ve su verimliliği üzerine yürüttükleri araştırmada beş farklı su seviyesi uygulamışlardır. Araştırmada T1= %100 net sulama suyu ihtiyacı (NIR), T2= %75 NIR, T3= %50 NIR, T4=%120 NIR, T5=%150 NIR olmak üzere kontrol konusu, kısıtlı sulama suyu ve aşırı sulama suyu uygulamaları yapmışlardır. Araştırma konularında sırasıyla 2057, 2019, 1364, 2049 ve 1574 kg da⁻¹ verim elde etmişlerdir. Elde edilen sonuçlar değerlendirildiğinde IWUE 1.9, 2.5, 2.6, 1.6 ve 0.9 kg da⁻¹ mm⁻¹ olarak bulunmuştur.

3. MATERİYAL VE YÖNTEM

Bu bölümde, araştırma yeri, iklim özellikleri, toprak özellikleri, sulama suyu özellikleri, bitki materyali ve araştırmada kullanılan ölçüm araçlarına ilişkin bilgiler verilmiştir.

3.1 Materyal

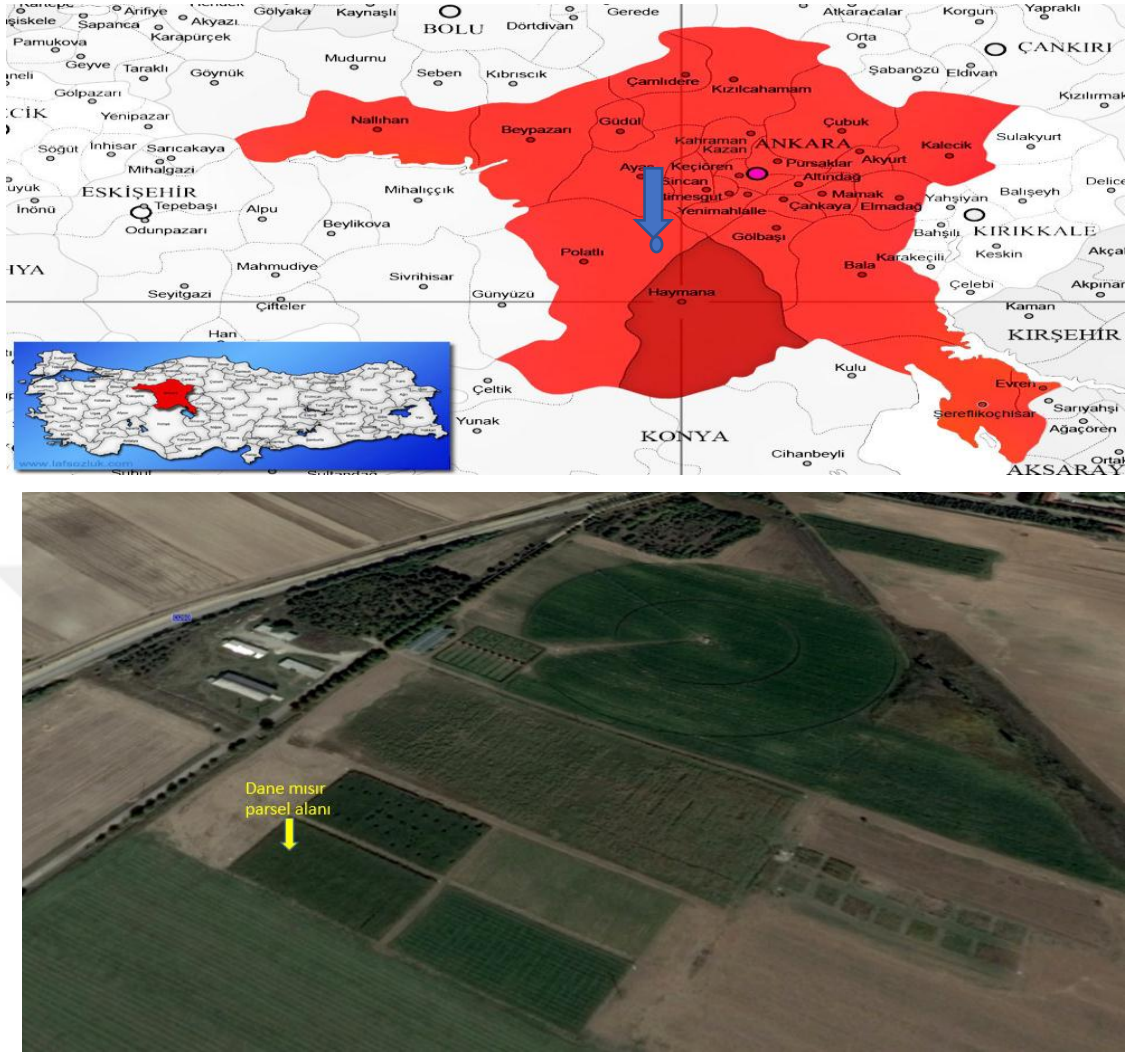
3.1.1 Araştırma alanı ve coğrafi konumu

Araştırmanın yürütüldüğü Haymana ilçesi Türkiye'nin İç Anadolu Bölgesinde yer alan Ankara ilinin yaklaşık 31.000 nüfuslu bir ilçesidir. Haymana, Ankara'nın doğuda Bala ve Gölbaşı, kuzeyde Yenimahalle, batıda Polatlı ilçeleriyle, güneyde de Konya'nın Yunak, Cihanbeyli ve Kulu ilçeleriyle komşudur. Haymana'nın il merkeziyle arasındaki mesafe ise yaklaşık olarak 75 km'dir (Anonim 2019c).

Araştırma Ankara'ya 45 km, Haymana ilçesine 30 km uzaklıkta bulunan Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği deneme alanında yürütülmüştür. Araştırmanın yürütüldüğü alana ait görüntü şekil 3.1'de verilmiştir. Araştırma yeri coğrafi konum olarak 39° 37' kuzey enlemi ile 32° 41' doğu boylamı arasında olup denizden ortalama 1061 m yüksektir.

3.1.2 Araştırma alanı iklim özellikleri

Araştırma alanında karasal iklim hüküm sürmektedir. Temmuz ve Ağustos ayları en sıcak ve kurak aylardır. Bölgede ölçülen maksimum ekstrem sıcaklık 41 °C, minimum ekstrem sıcaklık -21.5 °C ve yıllık sıcaklık ortalaması 12.0 °C'dir. Ortalama olarak sonbahar erken donları Ekim ayı başlarında, ilkbahar son donları Nisan ayı sonlarında görülmektedir. Yağış en fazla kış ve ilkbahar aylarında düşmektedir. Uzun yıllar ortalama yıllık toplam yağış miktarı 409 mm'dir. Araştırma alanına ait bazı iklim verilerinin uzun yıllar (1960-2018) içinde gerçekleşen ortalama değerleri (Anonim 2019d) çizelge 3.1'de verilmiştir.



Şekil 3.1 Araştırma alanı

3.1.3 Araştırma alanının toprak özellikleri

Araştırmanın yapıldığı Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğine ait topraklarda yapılan fiziksel analizlere göre toprakların büyük bir kısmı ağır bünyeli toprak sınıfındadır ve hafif alkali, tuzluluk bakımından sorun teşkil etmeyen, kireç oranı yüksek ve organik maddece fakirdir (Soba vd. 2015). Yıldırım (1993)'ın yapmış olduğu çalışmaya göre, topografya bakımından kuzeyde % 6, güneyde % 2 civarında bir eğime sahiptir ve arazideki genel eğim kuzeyden güneye doğrudur (Öztürk 1989).

Çizelge 3.1 Araştırma alanına ait bazı iklim verilerinin uzun yıllar ortalaması

Meteorolojik veriler	Aylar												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ortalama sıcaklık (°C)	0.4	1.8	6.1	11.3	16.0	20.1	23.5	23.2	18.7	12.9	7.0	2.6	12.0
Ortalama en yüksek sıcaklık (°C)	4.3	6.4	11.7	17.1	22.1	26.6	30.2	30.1	25.9	19.8	12.8	6.5	30.2
Ortalama min. sıcaklık (°C)	-2.9	-2.1	1.0	5.6	9.7	13.0	16.0	15.9	11.8	7.4	2.4	-0.5	-2.9
Maksimum ekstrem sıcaklık (°C)	16.6	19.9	26.4	30.6	33.0	37.0	41.0	40.4	36.0	32.2	24.4	19.8	41.0
Minimum ekstrem sıcaklık (°C)	-21.2	-21.5	-19.2	-6.7	-1.6	4.7	6.8	6.3	2.5	-3.4	-10.5	-17.2	-21.5
Toplam yağış miktarı ortalaması (mm)	41.8	36.9	39.1	48.9	51.2	35.1	14.8	11.5	18.8	30.4	33.2	46.8	409.0
Ortalama buharlaşma (mm/gün)				3.3	4.9	6.5	8.1	7.6	5.3	3.0	1.5		5.0
Ortalama güneşlenme süresi (saat/gün)	2.7	3.7	5.2	6.5	8.6	10.3	11.5	10.9	9.3	6.7	4.6	2.5	6.9
Ortalama yağışlı gün sayısı	11.8	10.9	10.9	11.9	12.5	8.9	3.9	3.1	4.0	7.2	8.4	11.7	105.8

Araştırmanın yürütüldüğü alanda toprakların fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek için bozulmamış ve bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Bozulmuş olarak alınan toprak örneklerinden bünye, solma noktası, pH, EC, kireç ve organik madde analizleri, bozulmamış olarak alınan toprak örneklerinden ise tarla kapasitesi ve hacim ağırlığı analizleri yapılmıştır. Araştırma alanından 0-90 cm toprak derinliğinden alınan toprak örneklerine ait bazı fiziksel ve kimyasal analiz sonuçları çizelge 3.2 ve 3.3’de verilmiştir.

Toprağın kil içeriği % 53.5 ile % 63.6 arasında değişiklik göstermekte olup killi (C) bünyeye sahiptir. Hacim ağırlık değerleri 1.06- 1.23 g cm⁻³ arasında değişmekte iken tarla kapasitesi %38.40 ile % 39.90 değerleri arasında, solma noktası ise % 21.26 ile % 21.46 değerleri arasında değişim göstermiştir. Kullanılabilir su tutma kapasitesi 0-30 cm toprak derinliğinde 68.08 mm, 0-60 cm toprak derinliğinde 125.80 mm, 0-90 cm derinliğinde 183.49 mm olurken 0-100 cm toprak derinliğinde 202.70 mm olmuştur. Araştırma alanında daha önceden yapılan infiltrasyon testinde¹ toprağın su alma hızı ortalama 8 mm h⁻¹ olarak ölçülmüştür (Yıdırım 1993).

Çizelge 3.2 Araştırma yeri topraklarına ait bazı fiziksel analiz sonuçları

Derinlik (cm)	Kum (%)	Kil (%)	Silt (%)	Bünye	Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	Tarla Kapasitesi		Solma Noktası		Kullanılabilir Su Tutma Kapasitesi (mm)
						Ağırlık yüzdesi (%)	mm	Ağırlık yüzdesi (%)	mm	
0-30	27.2	55.9	16.9	C	1.23	39.90	147.05	21.40	78.97	68.08
30-60	26.4	53.5	20.1	C	1.06	39.40	125.39	21.26	67.61	57.78
60-90	24.2	63.6	12.2	C	1.14	38.40	131.33	21.46	73.39	57.63
0-60				C	1.15	39.60	272.44	21.30	146.58	125.86
0-90				C	1.14	39.23	403.77	21.37	219.97	183.49
0-100				C						202.70

Toprağın pH içeriği 7.39-8.00 arasında değişmektedir. Elektriksel İletkenlik (EC) değerleri 0.54 dS m^{-1} ile 1.43 dS m^{-1} arasında değiştiğinden toprakta herhangi bir tuzluluk sorunu bulunmamaktadır. Katmanların kireç içeriği % 21.10 - % 27.34 arasında değişmekte olup alt katmanlara doğru gidildikçe kireç içeriğinin nispeten arttığı gözlemlenmektedir. Organik madde miktarı % 0.65-% 1.28 arasındadır. Toprakta kation değişim kapasiteleri (KDK) $45.78 \text{ me } 100\text{g}^{-1}$ ile $50.17 \text{ me } 100\text{g}^{-1}$ değerleri arasında değişmektedir. Araştırmanın yürütüldüğü topraklarda herhangi bir tuzluluk ve drenaj sorunu görülmemiştir.

Çizelge 3.3 Araştırma yeri topraklarına ait bazı kimyasal analiz sonuçları

Derinlik (cm)	pH	EC (dS m^{-1})	Kireç (%)	Organik Madde (%)	KDK ($\text{me } 100\text{g}^{-1}$)
0-30	7.93	0.54	21.10	1.28	47.14
30-60	8.00	1.43	22.49	0.65	50.17
60-90	7.39	1.27	27.34	0.66	45.78

3.1.4 Araştırmada kullanılan sulama suyu özellikleri

Araştırmada kullanılan sulama suyu, çiftlik arazisi yakınında bulunan Akpınar Deresi üzerine kurulan İkizce Göleti'nden temin edilmiştir. Sulama suyu İkizce Göleti'nden kapalı borularla çitliğe ait 2000 m^3 hacimli sulama havuzuna iletilmektedir. Sulama havuzundan yerçekimi ile kapalı borularla iletilen su 4 almaçlı , 10 L s^{-1} debili hidrantlarla yeryüzüne çıkmaktadır. Sulama suyu, tarlabası hidrantından $\phi 90 \text{ PE}$ boru ile kontrol birimi ünitesine iletilmiştir. Sulama suyunun kaynağı olan İkizce göleti, çiftlik havuzu ve suyun sisteme alındığı hidrant şekil 3.2'de verilmiştir (Anonim 2019e).

Araştırmada kullanılan sulama suyu kimyasal özellikleri çizelge 3.4'de verilmiştir. Sulama suyu ABD tuzluluk sınıfına göre T_2A_1 kalite sınıfındadır. Kullanılan sulama suyu tarımsal açıdan değerlendirildiğinde mısır bitkisinin sulanması için uygun kalitededir.



Şekil 3.2 İkizce göleti, çiftlik su havuzu ve hidrant

Çizelge 3.4 Denemede kullanılan sulama suyu özellikleri

pH	EC (dS m ⁻¹)	Katyonlar (me L ⁻¹)				Toplam	Anyonlar (me L ⁻¹)				SAR	Bor (ppm)	Sınıf
		Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺		CO ₃ ⁻	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁼			
8.25	0.59	1.55	0.11	2.15	2.55	6.36	0.38	4.79	0.73	0.46	1.01	0.25	T ₂ A ₁

3.1.5 Araştırmada kullanılan bitkisel materyal

Araştırmada mısır çeşidi olarak Pioneer P0573 çeşidi kullanılmıştır (Şekil 3.3). İç Anadolu Bölgesinde ana ürün, Ege ve Güneydoğu Anadolu Bölgesinde II. ürün olarak ekilen kendi olum grubunda yüksek verim potansiyeline sahip bir çeşittir. Dane rutubetini kaybetme hızı çok yüksek, hasat rutubeti düşüktür. Değişken toprak ve iklim koşullarına oldukça yüksek adaptasyona sahiptir. Değişik bölge ve ekim koşullarında oldukça stabil koçan oluşturma yeteneğine sahiptir. Koçan büyütme yeteneği yüksektir. Uygun koşullarda sıra sayısı fazla koçanlar oluşturabilir. Kök sistemi güçlüdür ve bundan dolayı kökten yatmaya dayanıklıdır. Bitki sap yapısı güçlü olduğundan zor koşullara dayanımını arttırmaktadır. Portakal renkli daneleri derin at dişi formundadır (Anonymous 2019f).



Şekil 3.3 Araştırmada kullanılan mısır çeşidi

3.1.6 Araştırmada kullanılan ölçüm araçları

3.1.6.1 Meteoroloji istasyonu

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda bitki gelişme dönemine ait bazı meteorolojik parametrelere ilişkin ölçüm değerleri deneme parseline 100 m mesafede bulunan otomatik meteoroloji istasyonundan temin edilmiştir. Araştırma alanında bulunan otomatik meteoroloji istasyonu, FAO Penman Monteith yöntemine göre Referans Bitki Su Tüketimini (ET₀) hesaplamak için gerekli tüm parametreleri saatlik ölçerek kayıt altına alan AG300 model iklim gözlem istasyonundan oluşmuştur. İstasyon solar panellerden sağladığı enerjiyi bataryada depolamaktadır. Araştırmanın yürütüldüğü 2017 ve 2018 yılında istasyonda yağış (mm), hava sıcaklığı (°C) (ortalama, en yüksek, en düşük), nispi nem (%) (ortalama en yüksek, en düşük), güneş radyasyonu (W m⁻²), ortalama ve en yüksek değerlerinin alındığı rüzgâr hızı (m s⁻¹) saatlik olarak ölçülmüş, günlük referans bitki su tüketim değeri ET₀ (mm/gün) (Allen vd. 1998) günün sonunda otomatik olarak hesaplanmıştır (EK 1, EK 2). Meteoroloji istasyonu verilerine online ulaşım sağlanmıştır ve istasyon şekil 3.4’de görüldüğü üzere tel örgü ile korumaya alınmıştır. Araştırma süresince düzenli kontrolleri yapılarak güvenli veri ölçümü sağlanmıştır.



Şekil 3.4 Otomatik meteoroloji istasyonu

3.1.6.2 Toprak su içeriği ölçüm sensörü

Araştırma alanında toprak su içeriğini belirlemek amacı ile frekans esasına göre ölçüm yapan Drill&Drop toprak nem sensörleri kullanılmıştır. Sensörler 90 cm ve 120 cm uzunluğunda olup şekil 3.5’den (Anonymous 2019g) izleneceği üzere toprağa dikey olarak yerleştirilmiştir.



Şekil 3.5 Sensörlerin toprakta dikey kesiti

Sensörlerin içinde her 10 cm de bir nemi algılayan frekans yayıcılar bulunduğundan ölçümler her 10 cm derinlik için saatlik olarak kablosuz ağ aracı ile dijital olarak temin edilmiştir. Sensörler enerjisini 30 cm² lik güneş paneli aracılığı ile beslenen bataryadan temin etmektedirler.

3.2 Yöntem

Toprak örneklerinin alınması ve analiz yöntemleri:

Araştırma alanında 0-90 cm toprak profilinde temel fiziksel ve kimyasal toprak özelliklerini belirlemek amacıyla bozulmuş örnekler 30 cm'lik katmanlar şeklinde toprak burgusu ile alınmıştır. Bozulmamış toprak örnekleri ise, 100 cm³'lük çelik çakma silindirleri ile alınmıştır. Bozulmuş toprak örnekleri havada kurutulduktan sonra öğütülüp 2 mm'lik elekten geçirilerek laboratuvar analizleri için hazırlanmıştır. Ekim sezonu başlamadan önce her yıl uygulanacak gübre miktarlarının belirlenmesi amacıyla 0-30 cm toprak derinliğinden verimlilik analizlerinde kullanmak üzere toprak örnekleri alınmıştır. Toprak analizleri belirtilen metotlara uygun olarak aşağıda açıklandığı şekilde yapılmıştır.

Toprağın su ile doyma yüzdesi: Miktarı bilinen ve 2 mm lik elekten geçirilmiş hava kurusu toprağın saf su ilave edilerek doyurulması ile tayin edilmiştir (Richards 1954, TS8333).

Elektriksel iletkenlik (dS m⁻¹): Saturasyon süzüğünde ve macununda EC metre ile tayin edilmiştir (TS ISO 11265, Richards 1954).

Toprak reaksiyonu (pH): Saturasyon süzüğünde ve macununda cam elektrotlu pH metre ile tayin edilmiştir (Richards 1954).

Çözeltideki serbest iyonlar (me L⁻¹): Na⁺ ve K⁺, fleymfotometre ile; Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺, EDTA ile titrasyon; CO₃⁼ ve HCO₃⁼, 0.01N H₂SO₄ ile titrasyon; Cl⁻, 0.05N AgNO₃ ile titrasyon edilerek belirlenmiştir (Richards 1954).

Değişebilir katyonlar (me 100g⁻¹): Ca⁺⁺ ve Mg⁺⁺, 1N NaCH₃COO ile Na⁺ ve K⁺ ise, 1N NH₄CH₃COO ile ekstrakte edilmesi suretiyle belirlenmesi ve bulunan değerlerden söz konusu iyonların çözünebilir değerlerinin çıkarılması esasına göre tayin edilmiştir (Richards 1954).

Kasyon değişim kapasitesi (me100g⁻¹): 1N (Normal) NaCH₃COO çözeltisi ile muamele edildikten sonra 1N NH₄CH₃COO ile ekstrakte edilerek, fleymfotometrede Na⁺ okuması yapmak suretiyle tayin edilmiştir (Bower vd. 1952).

Kireç (%): Çağlar (1949) tarafından bildirildiği şekilde Scheibler kalsimetresi ile tayin edilmiştir.

Toprakların tekstür analizi: Deneme toprağının tekstür analizi, 50 g toprak örneği kullanılarak dispers edilen örneklerde hidrometre yardımıyla 'Bouyoucos Hidrometre' yöntemine göre belirlenmiştir (Bouyoucos 1951).

Hacim ağırlığı tayini: Hacmi 100 cm³ olan çelik silindirlerle alınan bozulmamış toprak örnekleri etüvde 105°C' de 24 saat kurutulup, fırın kuru toprağın ağırlığı toplam silindir hacmine bölünerek belirlenmiştir (Richards 1954).

Tarla kapasitesi: Poroz levhalı basınç aleti ile örnekler doyurulduktan sonra 1/3 atmosfer değerinde basınç uygulanarak belirlenmiştir. (Richards 1954).

Solma noktası: Poroz levhalı basınç aleti ile örnekler doyurulduktan sonra 15 atmosfer değerinde basınç uygulanarak belirlenmiştir (Richards 1954).

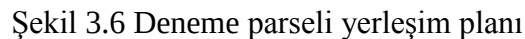
Yarayışlı fosfor (P₂O₅) (mg kg⁻¹): Askorbik asit kullanarak Olsen Metoduna göre kolorimetrik olarak belirlenmiştir (Olsen vd. 1954).

Yarayışlı potasyum (K₂O): Nötr 1 N amonyum asetat çözeltisiyle gerçekleştirilen toprak ekstraktında K miktarı fleymfotometrede belirlenmiştir (Jackson,1958).

Organik madde: Modifiye edilmiş Walkley-Black metoduna göre FeSO₄ ile titre edilerek yapılmıştır (Walkley-Black 1946)

3.2.1 Deneme deseni ve deneme konuları

Deneme konularının sulama programlamasında günlük tahmin edilen potansiyel bitki su tüketimi (ETc) ve 60 cm toprak derinliğindeki kullanılmasına izin verilen toprak su içeriği miktarı (MAD) değerleri kullanılmıştır. Elverişli kapasitenin % 30' u MAD olarak dikkate alınmıştır.



Deneme konuları;

28

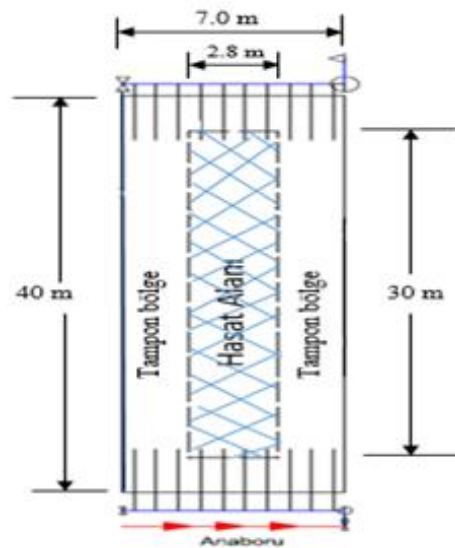
S₇₀:S₁₀₀ konusuna verilen sulama suyunun %70'inin uygulanması (%70 ETc - Kısıtlı su konusu)

S₄₀: S₁₀₀ konusuna verilen sulama suyunun %40'ının uygulanması (%40 ETc - Kısıtlı su konusu)

S₀: Yağışa dayalı konu (%0)

Kısıtlı su konuları (S₇₀, S₄₀), kontrol konusu (S₁₀₀) ile aynı tarihlerde sulanmış ve belirtilen oranlarda sulama suyu uygulaması yapılmıştır.

Araştırmanın yürütüldüğü her bir parselde 10 bitki sırası yer almakta olup parsel genişliği 7 m, parsel uzunluğu 40 m ve parsel alanı 280 m² olarak belirlenmiştir. Parsel ve bloklar arasına 4 bitki sırası (2.8 m) yan parsel sulamalarından kaynaklanan etkiyi ortadan kaldırmak için tampon bölge olarak bırakılmıştır. Konulu sulamalar arasında kenar boşluğu bırakılmadığı için tampon bölge aynı zamanda kenar etkisi olarak değerlendirilmiştir. Her bir parselin yan taraflarında yer alan ikişer tampon bitki sırasına parselin konulu sulaması ile aynı miktarda sulama suyu uygulanmıştır. Her parselde bulunan 10 mısır sırasının kenardaki üçer sıra kenar tesiri olarak bırakılmıştır. Ortada kalan 4 sıranın (4., 5., 6., 7. lateraller) uç kısımlarından 5 m kenar etkisi olarak alınmış ve kalan 84 m² lik alan hasat alanı olarak belirlenmiştir. Bir parselde ait detay ve hasat alanı şekil 3.7'de verilmiştir



Şekil 3.7 Parsel detayı ve hasat alanı

3.2.2 Sulama sisteminin kurulması ve unsurları

Araştırmada yüzeyaltı damla sulama sistemi araziye 12 Mayıs 2016 tarihinde kurulmuştur. Araştırmada sulama sistemi hidrant, kontrol birimi, ana boru, giriş manifoldu, içten geçik damlatıcılı lateraller ve tahliye manifoldundan oluşmuştur. Sulama suyu çiftliğin içinde bulunan gölet ile hidrant arasında mevcut kot farkından faydalanılarak cazibe ile 10 L s^{-1} debili hidranttan ve $\phi 90$ ana boru ile kontrol ünitesine iletimi sağlanmıştır. Kontrol ünitesi 3" hidrosiklon, 2 adet seri bağlı 3" kum çakıl filtre, 2 adet otomatik disk filtreden oluşmaktadır (Şekil 3.8). YADS sisteminin uzun süre hizmet etmesi kontrol biriminde yer alan filtreleme sistemine bağlıdır. Gübreleme zamanında eritilen gübre 120 L gübre tankından sonra dozaj pompası ile sisteme verilmiştir.



Şekil 3.8 Kontrol birimi unsurları

Kontrol ünitesinden sonra sulama suyu $\phi 90$ ve $\phi 75$ PE ana borular ile $\phi 32$ PPRC giriş manifoldlarına ve bunlardan laterallere iletilmiştir. Araştırma alanında 12 giriş manifold hattı kurulmuştur. Her bir giriş manifold boru hattı 10 laterale hizmet ederek bir parsel alanını temsil etmektedir. Sulama suyu ana borudan küresel vana, vantuz, su sayacı ve manometre bağlantı elemanlarından geçerek giriş manifold hattına iletilmiştir. Giriş manifoldlarına bağlı laterallerin sonunda sistem temizliği tahliye manifoldu ve boşaltım vanaları ile sağlanmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.9 Manifold giriş hattı vana, vantuz, sayaç ve manometre

Sulama suyu parsellere ölçülü verildiğinden giriş manifold hattına su sayacı takılmıştır. Araştırmada YADS sisteminin gerektirdiği giriş ve tahliye manifold hattı olmak üzere iki manifold hattı bulunmaktadır. Aynı özellikleri gösteren manifoldlar parsel başında laterallere su girişi sağladığı gibi hat sonlarında da laterallerin çıkışı tahliye manifoldlarına bağlanmıştır. YADS sisteminde basınç kontrolleri hattın başına ve sonuna takılan manometreler ile sağlanmıştır. Manometreler aynı zamanda sistemde tıkanma ya da patlak gibi sorunların belirlenmesinde büyük önem taşımaktadır. Her parselde laterallere su girişini ve lateral sonlarında suyun tahliyesini sağlayan manifold hatlarında hava çıkış tahliyesi için yüksek yerlere vantuz yerleştirilmiştir. Vantuzlarda sıkışan havanın çıkışı sağlandıktan sonra küresel vanalar ile suyun akışı ve boşaltılması sağlanmıştır. Şekil 3.10’da görüldüğü gibi tahliye manifoldlarının bir ucunda vantuz diğer ucunda ise manometre ve boşaltım vanası bulunmaktadır. YADS sistemi sonunda tahliye manifoldları ile sistemin temizliği ve kalan suların boşaltılması sağlanmıştır.

YADS sistem laterallerinde basınç ayarlı sabit debili içten geçik (in-line) $\phi 20$ PE damlatıcılı borular kullanılmıştır. Laterallerin yerleştirilmesinde en önemli kriter toprak bünyesi ve yetiştirilecek ürünün çeşidinin yanı sıra toprak işleme derinliğidir. Genel olarak pullukla toprak işleme derinliği 30 cm olduğundan lateraller, toprak işlemeden kaynaklanan zararın önüne geçmek için 40 cm toprak derinliğine yerleştirilmiştir (Şekil 3.11).



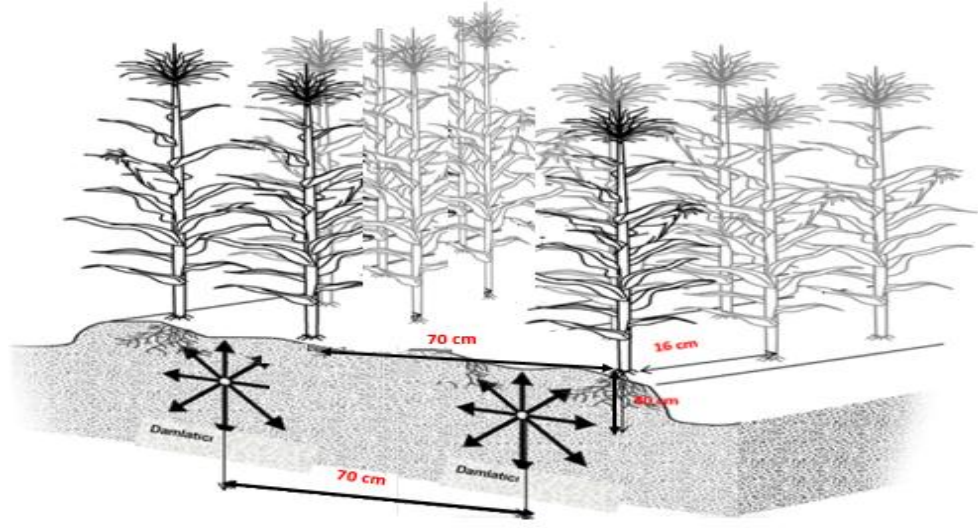
Şekil 3.10 Tahliye manifold hattı ve bağlantı elemanları



Şekil 3.11 YADS sistem laterallerinin döşenmesi

Lateraller her bir bitki sırasına gelecek şekilde 70 cm aralıkla yerleştirilmiştir (Şekil 3.12). Lateral damlatıcıları uygulama sırasında oluşacak negatif basıncın giderilmesi için integral basınç-ayarlı, sürekli kendini temizleyebilen, anti-sifon mekanizma özelliğine sahip, kılcal köklerin damlatıcı içine girişini engelleyen kök koruyucu özelliğe sahip GEOFLOW ASSIF 20 model 2.1 L s^{-1} debili içten geçik damlatıcılar seçilmiştir (Şekil 3.13). Araştırma alanında yapılan infiltrasyon testi sonucuna göre Yıldırım (1993) tarafından bildirilen esaslara göre damlatıcı aralığı 40 cm olarak belirlenmiştir.

Şekil 3.14’de planı verilen YADS sistemi yöntemin gerektirdiği esaslar uygulanarak parsellere kurulmuştur.



Şekil 3.12 YADS sistem lateral aralığı



Şekil 3.13 YADS sisteminde içten geçik, kök koruyuculu damlatıcı

ekimi uygun toprak neminde yapılmıştır. Ekimden sonra bitki fenolojik dönem takipleri düzenli olarak takip edilmiştir. Mısır ekiminden sonra 2017 yılında bahar yağışlarının yetersiz olması sonucu çıkışın yeknesak olması için yağmurlama sulama sistemi kullanılarak can suyu uygulaması yapılmıştır. 2018 yılında bahar yağışları yeterli olduğundan konulu sulama uygulamalarına geçilmiştir. Daneler hasat olgunluğuna geldiğinde 2017 yılında 05.09.2017 tarihinde 2018 yılında 04.09.2018 tarihinde konulu sulamalara son verilmiştir. Sulamalardan sonra dane nem düzeyi takip edilerek hasat işlemleri el ile yapılmıştır.

Çizelge 3.5 Tarımsal işlem, gözlem ve faaliyetler

Yapılan işlem ve gözlemler	2017 yılı		2018 yılı	
	Gün sayısı	Tarih	Gün sayısı	Tarih
Gübreleme için toprak örneği alımı		27.04.2017		17.04.2018
Ekim ve gübreleme	1	29.04.2017	1	02.05.2018
Çıkış (<%50)	11	09.05.2017	17	19.05.2018
Can suyu (yağmurlama)	14	12.05.2017		-
Fertigasyonla gübreleme	48	15.06.2017	43	13.06.2018
Yabancı ot ilacı		-	59	29.06.2018
İlk sulama	56	23.06.2017	65	05.07.2018
Fertigasyonla gübreleme	67	04.07.2017	70	10.07.2018
Tepe püskülü çıkışı	82	19.07.2017	79	19.07.2018
Koçan püskülü	90	27.07.2017	85	25.07.2018
Süt olum başlangıcı	105	11.08.2017	97	06.08.2018
Olgunlaşma başlangıcı	123	29.08.2017	114	23.08.2018
Son sulama	130	05.09.2017	126	04.09.2018
Hasat	187	01.11.2017	175	23.10.2018

Toprak işleme ve ekim: Tarla parselleri sonbaharda derin sürüm yapılarak ilkbaharda diskli tırmık ve kombikürüm ile ekime hazırlanmıştır. Mısır ekimi 7 m x 40 m boyutlarındaki parsellere 70 cm sıra arası ve 16 cm sıra üstü aralıklarla mibzerle yapılmıştır. Ekim araştırmanın ilk yılında 29 Nisan 2017, ikinci yılında ise 2 Mayıs 2018 tarihinde yapılmıştır (Şekil 3.15).



Şekil 3.15 Mısır tohumu ekimi

Gübreleme: Mısır bitkisi için toprak analizleri değerlendirilerek dönüme 20-25 kg azot (N), 8-12 kg/da fosfor (P_2O_5) ayrıca potasyumu (K_2O) tamamlayacak şekilde gübreleme yapılması önerilmektedir. Araştırmada ekim işlemleri başlamadan önce alınan toprak örneklerinin verimlilik analiz sonuçlarına göre gübre miktarları belirlenmiştir. Yapılan analizlere göre ihtiyaç duyulan fosfor (P_2O_5) ekimle birlikte DAP (diamonyum fosfat) formunda dekara 10 kg olarak verilmiştir. Toprak analizlerine göre ihtiyaç duyulan azot (N) ise bitki gelişme durumuna bağlı olarak iki seferde verilmiştir. Araştırma yeri topraklarında kireç bulunduğu azot ihtiyacı $(NH_4)_2SO_4$ (Amonyum sülfat) formunda verilmiştir. Araştırmanın ilk yılı olan 2017 yılında gübrenin ilk dozu bitki boyu 40-45 cm olunca dekara 16 kg Amonyum sülfat şeklinde, 2018 yılında yine toprak analizlerine göre dekara 17 kg Amonyum sülfat şeklinde yüzeyaltı damla sulama sistemi ile tüm konu parsellerine eşit olarak uygulanmıştır. Azotlu gübrenin ikinci doz uygulaması sulama sistemi ile birlikte üre formunda 2017 yılında dekara 20 kg, 2018 yılında ise dekara 17 kg olarak yapılmıştır. Gübrelerin yüzeyaltı sulama sistemini tıkamaması için gübre önce karıştırıcı ile eritilmiş ve dozaj pompası ile sisteme tüm sulama konularına (S_{100} , S_{70} , S_{40} , S_0) eşit olacak şekilde verilmiştir (Şekil 3.16)



Şekil 3.16 Gübreleme

Bakım ve mücadele: Araştırmada yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanıldığından yüzey ıslanmadığı için herhangi bir çapalama ve yabancı ot mücadelesi 2017 yılında yapılmamıştır. Ancak 2018 yılında mısır ekiminden sonra ilkbahar yağışlarının uzun sürmesi yabancı ot yoğunluğu arttığından tüm parsellerde yabancı ot için kimyasal mücadele yapılmıştır.

Hasat: Koçan püskülü ve kavuzlar kuruyup taneler sertleştiğinde koçanlar el ile hasat edilmiştir. Hasat edilen koçanlar danelleme makinasında danelenmiştir. Danelenen mısırlar tartıldıktan sonra nem düzeylerine göre parsel verimleri tespit edilmiştir. Araştırma alanında hasat sırasında ve sonrasında yapılan işlemlere ait resimler şekil 3.17’de bulunmaktadır.



Şekil 3.17 Mısır hasat işlemleri

3.2.4 Sulama suyu miktarının hesaplanması

Yüzeyaltı damla sulama laterali 40 cm toprak derinliğine yerleştirildiğinden sulama konuları için tüm parsellerde 60 cm derinlikteki toprak su içeriği takip edilmiştir.

İlk sulama mısır ekiminden sonra 60 cm toprak derinliğindeki elverişli nemin $\%30 \pm 5$ tüketildiğinde başlanmıştır. İlk sulama ile birlikte aynı anda kısıtlı sulama uygulamaları yapıldığından konulu sulamalara geçilmiştir. Kontrol konusuna (S_{100}) verilen sulama

suyu miktarı şu şekilde hesaplanmıştır: FAO Penman Monteith eşitliğine göre günlük olarak hesaplanan referans bitki su tüketimi (ET_o) değerinin bitki katsayısı (k_c) ile çarpımı ile tahmin edilen potansiyel bitki su tüketimi (ET_c) değeri elde edilmiştir. Son sulamadan sonraki birikimli ET_c değeri 60 cm toprak derinliğindeki elverişli nemin %30±5'ine (31.47 – 44.05 mm) ulaştığında aynı dönemdeki yağış miktarı düşülmüş ve elde edilen değer sulama alanı ile çarpılarak parsele uygulanmıştır.

Tüm sulama uygulamalarında kontrol konusu (S₁₀₀) referans alınmış diğer kısıtlı su uygulamalarında ise kontrol konusunun oranları (0.7, 0.4) şeklinde uygulama yapılmıştır.

Kontrol konusu olan S₁₀₀ sulama suyu miktarının hesaplanmasında Eşitlik 3.1 (Allen vd. 1998) ve 3.2 kullanılmıştır.

$$ET_c = ET_o \times k_c \quad (3.1)$$

Eşitlikte;

ET_c=Potansiyel bitki su tüketimi (mm),

ET_o= Referans bitki su tüketimi (mm).

k_c= Bitki katsayısı, (dane mısır k_{c1}=0.29, k_{c3}=1.23, k_{c4}=0.35)

$$I = (\sum ET_c - \sum R) \times A \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

I= Sulama suyu miktarı (L),

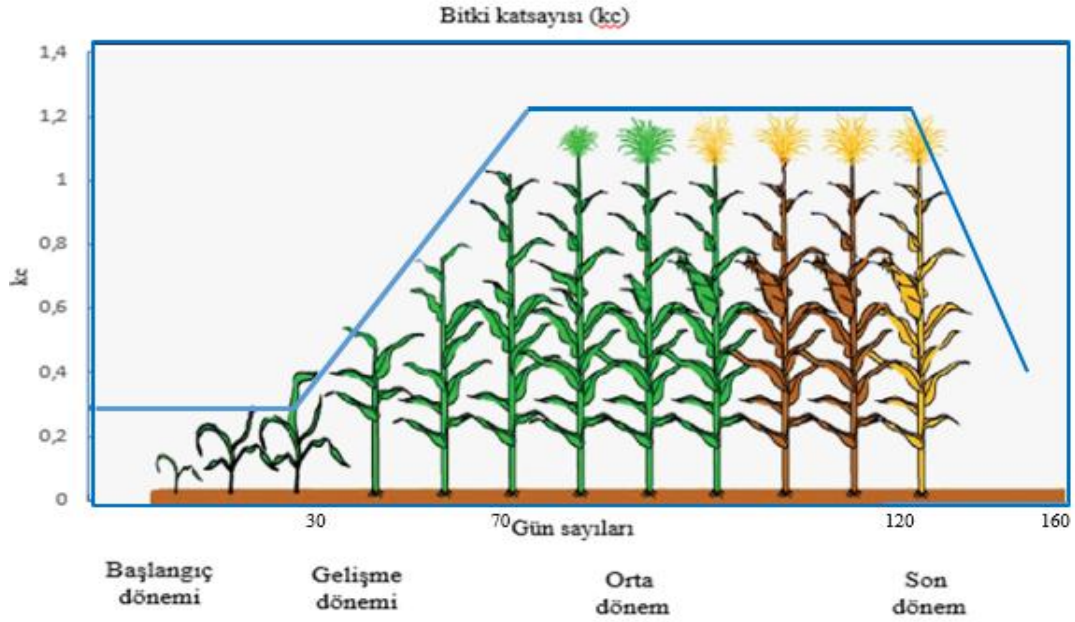
$\sum ET_c$ = Birikimli ET_c (mm),

$\sum R$ = Birikimli yağış (mm),

A= Sulama alanı (m²).

Bitki katsayısı (k_c) değeri, Ankara'da yetiştirilen dane mısır bitkisi verilerini içeren "Türkiye'de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri" rehberinden alınmıştır (TAGEM,

2017). İç Anadolu Bölgesi Ankara istasyonundan elde edilen dane mısıra ait bitki katsayısı grafiği şekil 3.18’de verilmiştir. Dane mısırın gelişme dönem gün sayıları dikkate alındığında, ekim ile başlayıp 30 gün süresince devam eden başlangıç döneminde (kc_1) 0.29 sabit değeri alınmıştır. Bitkinin hızla geliştiği dönem olan, tepe püskülü oluşma dönemini içine alan ve 40 gün süren gelişme dönemi boyunca değer artarak devam etmiş ve her gün için enterpolasyon yapılarak belirlenmiştir. Danelerin olgunlaşma sürecini içeren ve 50 gün süren orta dönemde (kc_3) 1.23 sabit değeri alınmıştır. Danelerin hasat olgunluğuna ulaştığı dönem olan ve 40 gün süren son dönemde kc her gün azalmaya devam etmiş ve son gün (kc_4) 0.35 alınmıştır. Dane mısırın gelişme dönem uzunluğu 160 gün olarak belirlenmiştir ancak mısır daneleri hasat nemine gelene kadar kuruması için arazide bırakılmıştır. Hasat nemine gelen mısır bitkisi 2017 yılında 187. gün hasat edilirken 2018 yılında 175. gün hasat edilmiştir.



Şekil 3.18 Dane mısırın bitki katsayısı (kc)

ETo değeri, FAO Penman-Monteith yöntemine göre araştırma alanında bulunan otomatik meteoroloji istasyonundan günlük olarak alınmıştır (Allen vd. 1994a, 1994b).

3.2.5 Bitki su tüketiminin belirlenmesi

Araştırmanın yürütüldüğü dönemde, bitki su tüketimi değerleri aşağıda verilen su bütçesi yöntemi (Eşitlik 3.3) (James, 1988) kullanılarak hesaplanmıştır.

$$ETa = I + P + Cr - Dp - Rf \pm \Delta S \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

ETa: Gerçek bitki su tüketimi (mm),

I: Sulama suyu miktarı (mm),

P: Etkili yağış (mm)

Cr: Taban suyu kapilar yükselme (mm),

Dp: Derine sızma (mm),

Rf: Yüzey akış kayıpları (mm),

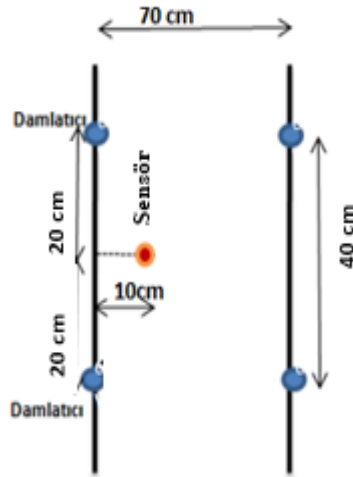
ΔS : Toprak profilindeki nem değişimi (mm)

Eşitlikte, I değeri sulama suyu miktarı, P etkili yağış değeri ise denemenin yürütüldüğü alanda bulunan tam otomatik meteoroloji istasyonundan günlük yağışlar dikkate alınarak hesaplanmıştır. Araştırma alanına düşen günlük yağış 25 mm'nin altında ise olduğu gibi alınmış, üzerinde ise etkili yağış hesaplanmıştır. Araştırmanın yürütüldüğü alanda taban suyu ölçümleri yapılarak taban suyu bulunmadığı belirlenmiş ve taban suyundan kapilar yükselme (Cr) sıfır kabul edilmiştir (Hanks vd. 1976). Damlatıcılar toprak yüzeyinden 40 cm derinde olduğundan ve kontrollü sulama yapıldığından yüzey akış (Rf) söz konusu olmamıştır. Toprakta derine sızmanın (Dp) olup olmadığı nem sensörleri ile takip edilmiştir. Yüzeyaltı damla sulama sistemi ile sulanan mısırın nem takibi 90 cm toprak derinliğinde yapılmış olup derine sızan suyun değerlendirilmesinde, zaman boyutunda mısırın etkili kök derinliğinin altındaki toprak katmanındaki nem değişimi dikkate alınmıştır. Aynı zamanda derine sızmaların kontrolü ve takibi için orta blokta kontrol konusunda (S_{100}) iki lateral arasına yerleştirilen 0-120 cm derinliğindeki nem sensörü ile derine sızmalar takip edilmiştir. Derine sızma hesaplanırken bitkinin gelişme dönemlerinde FAO 56'da verilen kök derinliklerinin bir alt katmanındaki nem artışı dikkate alınmış ve saatlik olarak değerlendirilmiştir. Toprak profilindeki nem

değişimi (ΔS) toprak nem sensörleri okumalarından hesaplanmıştır. Toprak nemi yetiştirme dönemi boyunca saatlik olarak ölçülmüş ve bu değerlerden elde edilen günlük verilerin değerlendirmeleri yapılmıştır.

3.2.6 Toprak su içeriğinin ölçülmesi

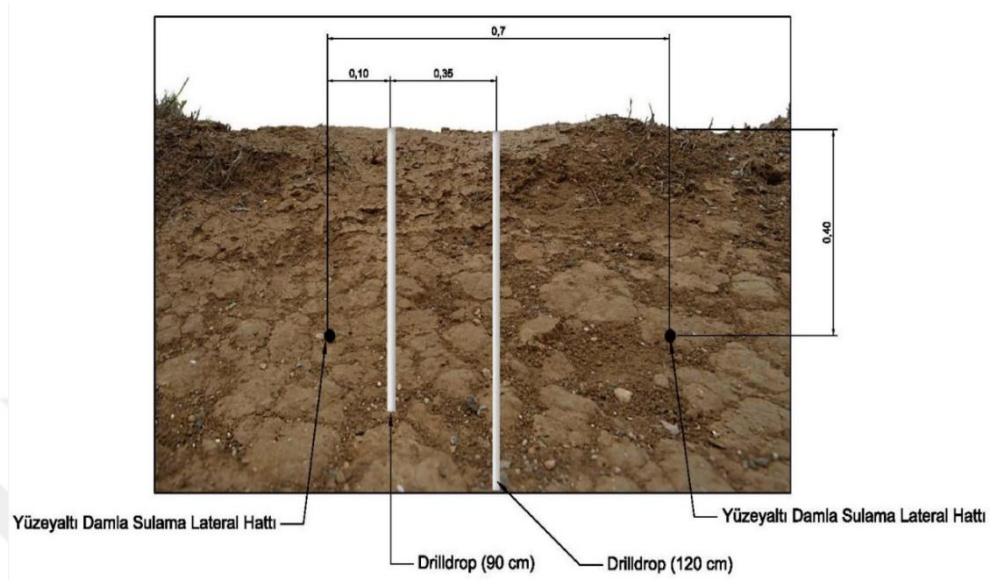
Araştırmada toprak nem ölçümleri frekans esasına göre ölçüm yapan nem sensörleri ile yapılmıştır. Nem sensörleri her 10 cm derinlikte bir ölçüm yapmaktadır. Araştırmada 90 cm ve 120 cm uzunluğunda sensörler kullanılmıştır. Nem sensörleri, damlatıcıdan 10 cm uzağa gelecek şekilde yerleştirilerek orta blokta tüm sulama konularında (S_{100} , S_{70} , S_{40} , S_0) 90 cm toprak derinliğine yerleştirilmiştir (Şekil 3.19). Sadece orta blok kontrol konusunda damlatıcıdan 10 cm uzağa 90 cm derinliğindeki sensör ve derine sızmaları izlemek amacıyla iki lateralin ortasına yani damlatıcıdan 35 cm uzağa gelecek şekilde 120 cm derinliğe ikinci sensör yerleştirilmiştir. Toprak nem sensörlerinden saatlik olarak her 10 cm toprak derinliğinde ölçülen değerler güvenli bir şekilde veri kaydedicide depolanmıştır.



Şekil 3.19 Nem sensörünün yerleştirme düzeni

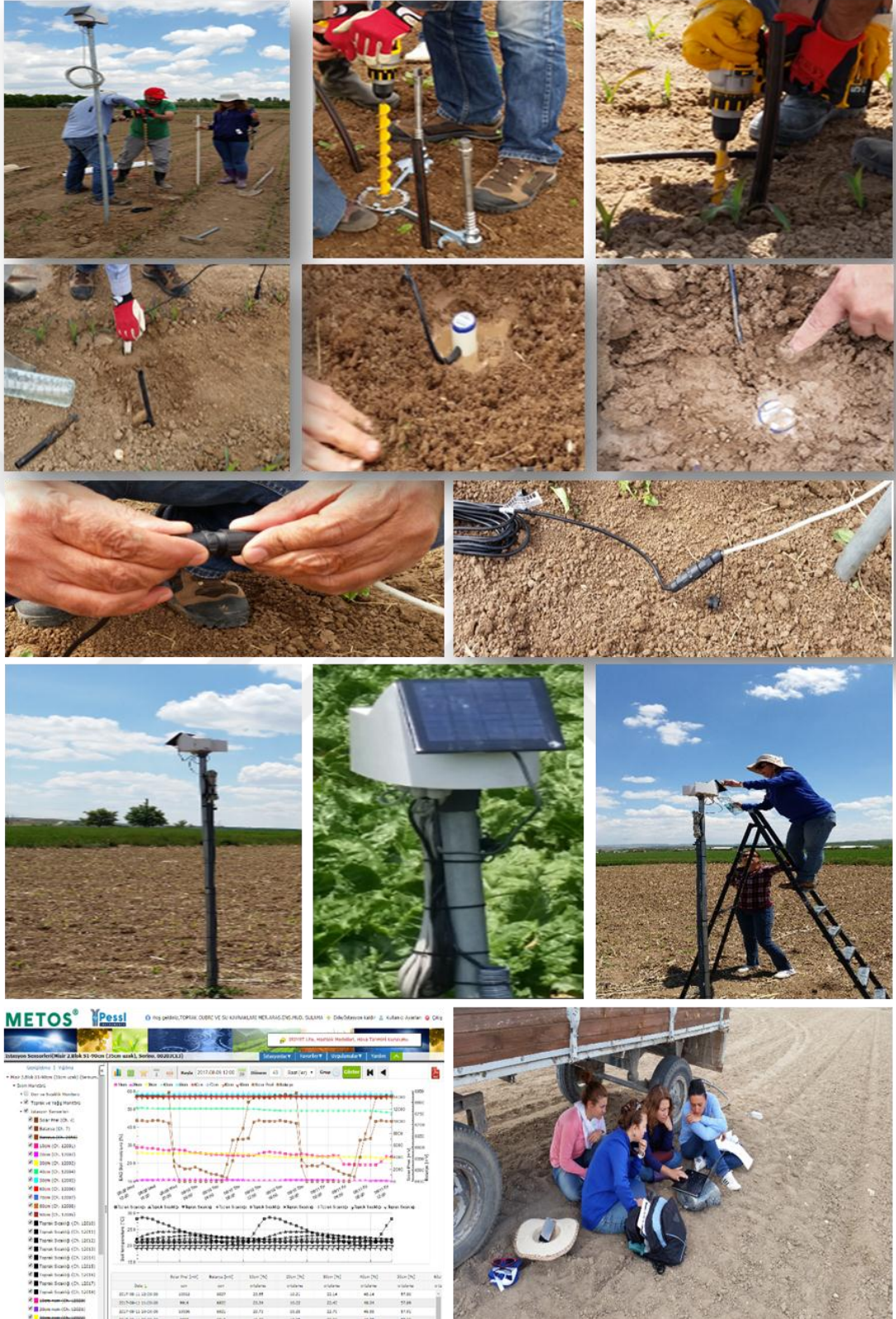
Şekil 3. 20' de kontrol konusuna yerleştirilen 90 ve 120 cm derinliğe kadar iki sensörün yerleştirilme düzeni verilmiştir. Toprak nem sensörleri, 70 cm aralıkla döşenen 10 lateral hattından oluşan sulama parsellerinin tam ortasında bulunan 5. ve 6. laterallerin

arasına ve damlatıcı aralığı 40 cm olan lateralin ortasından 10 cm uzağa 90 cm lik nem sensörü, 35 cm uzağa ise 120 cm lik nem sensörü yerleştirilmiştir.



Şekil 3.20 İki farklı derinlikte ölçüm yapan sensörlerin yerleştirme düzeni

Nem sensörlerinin araziye şekil 3.21’de verildiği gibi montajı sağlanmıştır. Nem sensörleri 90 cm derinliğe matkap ile sensör boyutlarına uygun burguların açmış olduğu deliklere yerleştirilmiştir. Öncelikle burgunun toprakta eğim yapmadan düzgün bir şekilde ilerlemesi için üçayak platform uçları toprağa sabitlenmiştir ve burgu ile delik açıldıktan sonra kaldırılmıştır. Araştırma alanı toprakları ağır killi olduğundan ve burgunun ilerlemesinde güçlük çekildiğinden matkabın ilerlemesi için çukurlara su dökülmüştür. Nem sensörünün toprak içinde 90 cm derinliğe hiçbir engelle karşılaşmadan kolayca yerleşmesi sağlandıktan sonra en üst kısmı toprak yüzeyi ile aynı seviyeye geldiğinde üst kısmı toprakla kapatılmıştır. Nem sensörü solar enerji kullandığından, sensör ve güneş paneli arasında iletim kablolarla bağlandıktan sonra saatlik verilerin web portalından güvenli bir şekilde aktarımı sağlanmıştır. Araştırma alanında orta blokta 90 cm’lik nem problemleri, tüm konulu sulama uygulamalarında ekimden başlayarak hasada kadar toprak nemini devamlı ölçerek her 10 cm toprak katmanında nemin her saat başındaki değeri gerekli hesaplamalar yapılarak elde edilmiştir.



Şekil 3.21 Sensörlerin kurulum aşamaları

Toprak nem sensörlerinin kalibrasyonu öncelikle toprak bünyesinin doğru analizi ile başlamaktadır. Araştırma alanı toprak özellikleri gravimetrik yöntem ile belirlenen tarla kapasitesi ve solma noktası değerleri dikkate alınmıştır. Toprak analizlerinden elde edilen sonuçlara göre ağır killi toprak bünyesinde olduğu belirlenmiştir. Buna göre şekil 3.22’de (Anonim 2016) verilen kalibrasyon eğrisinde, nem sensörü okumalarının ölçüm sıklığını (SF) belirlemek için gerekli katsayılar bulunmaktadır. Buna göre;

$$SF = 0.1957 \times (\text{Nem sensör okuması})^{0.404} + 0.02852$$

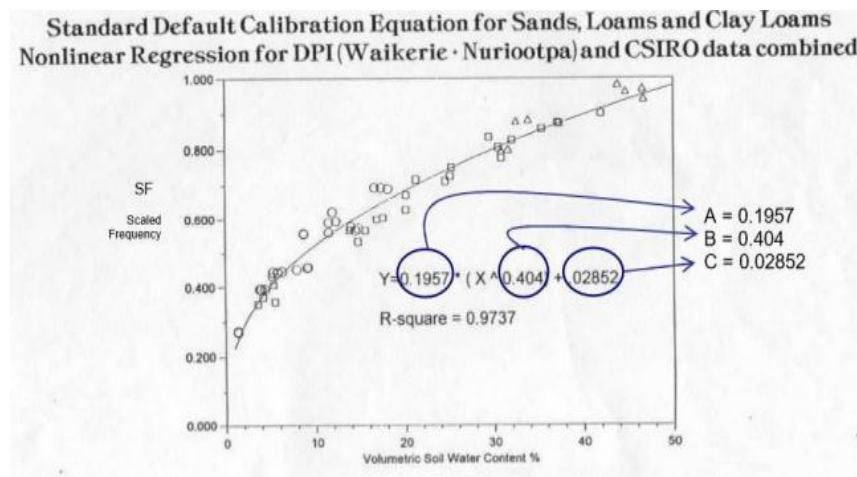
Ölçüm sıklığı (SF) düzeltilmesi yapıldıktan sonra toprakta kalibre edilmiş hacimsel nem içeriğini (VWC) belirlemek için şekil 3.23’de verilen toprak bünye özelliklerine ait katsayılar (a, b, c) kullanılmıştır. Buna göre;

$$SF = a \times VWC^b + c$$

$$VWC = ((SF - 0.02852) / 0.1957)^{1/0.404}$$

Elde edilen değer, nem sensöründe okunan değer karşılığı olan hacimsel nem içeriğini (mm) vermektedir. Elde edilen değerler toprak analizleri ile belirlenen hacim ağırlığına göre gerekli düzenlemeler yapılarak hesaplamalarda kullanılmıştır.

Nem sensörlerinden elde edilen okumaların kalibrasyonu tamamlandıktan sonra deneme deseninin orta bloğunda bulunan sulama parsellerinde elde edilen nem okumaları bitki su tüketimi (ET) hesaplarında kullanılmıştır.



Şekil 3.22 Nem sensörü toprak bünyesi kalibrasyon eğrisi

Soils Calibrations

For the form: $SF = a \times VWC^b + c$

Where: SF = Scaled Frequency and VWC = Volumetric Water Content in millimetres (mm).

Soil Texture	a	b	c	r ²
Sand	0.092	0.555	0.189	0.911
Loam	0.446	0.271	-0.227	0.930
Clay	1.072	0.209	-1.169	0.867
Heavy Clay	0.003	1.487	0.270	0.917
Combined Sentek D&D	0.232	0.410	-0.021	0.918

Şekil 3.23 Nem sensörü kalibrasyon katsayıları

3.2.7 Su ve sulama suyu kullanım randımanının belirlenmesi

Su kullanım randımanının (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanının (IWUE) belirlenmesinde sırasıyla Eşitlikler 3.4 ve 3.5 kullanılmıştır (Howell vd.1990).

$$WUE = \frac{Y}{ETa} \quad (3.4)$$

$$IWUE = \frac{Y - Y_o}{I} \quad (3.5)$$

Eşitliklerde;

WUE: Su kullanım randımanı ($kg\ m^{-3}$),

IWUE: Sulama suyu kullanım randımanı ($kg\ m^{-3}$)

ETa: Gerçek bitki su tüketimi (mm)

I: Uygulanan sulama suyu miktarı (mm)'dır.

Y: Sulu koşullarda alınan dane verimi ($kg\ da^{-1}$),

Y_o: Yağışa dayalı koşullarda elde edilen dane verimi ($kg\ da^{-1}$),

3.2.8 Verim ve verim ögelerinin belirlenmesi

Hasat işlemi, bitkilerin nem değerleri yaklaşık %15 civarında olduğunda yapılmıştır. Ancak bu nem değeri tüm parsellerde eşit olmadığından hasat sonrası %15 nem değerine göre düzeltme yapılmıştır. Koçanlar el ile hasat edildikten sonra makine yardımı ile danelenmiş ve danelenen mısırlardan konularına göre nem miktarları belirlenmiştir. Mısır dane nemi için alınan örnekler 133 °C'de 2 saat kurutma fırınında kurutularak dane nemi ve kuru madde hesaplanmasında Eşitlik 3.6 ve 3.7 kullanılmıştır (Günbatılı 1979, Yıldırım 1993).

$$\text{Dane Nemi (\%)} = \frac{(\text{İlk örnek ağırlığı}) - (\text{Kuru örnek ağırlığı})}{\text{İlk örnek ağırlığı}} \times 100 \quad (3.6)$$

$$\text{Kuru madde} = 100 - \text{Dane nemi} \quad (3.7)$$

Yukarıda verilen eşitlikler yardımı ile parsel ait dane nemi belirlendikten sonra tüm parsellerdeki farklı nem düzeyleri belli bir standartta yeniden değerlendirilmiştir. Bu standart tüm dane mısır nemlerinin %15 nem düzeyinde eşitlenmesi ile sağlanmıştır. Konu uygulamalarındaki tüm dane nemlerinin %15 neme göre parsel verim hesabında Eşitlik 3.8 kullanılmıştır (Günbatılı 1979, Yıldırım 1993, Uygan 2017).

İstatistiksel analizler düzeltilmiş parsel verimleri dikkate alınarak yapılmıştır.

$$\%15 \text{ neme göre parsel verimi (kg)} = \frac{\text{Tartılan parsel verimi (kg)} \times \text{Kuru madde (\%)}}{85} \quad (3.8)$$

3.2.9 Bitki ölçüm parametreleri

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda hasat ilk yıl 1 Kasım 2017 tarihinde yapılırken ikinci yıl ise 23 Ekim 2018 tarihinde yapılmıştır. Hasat öncesi ve hasat sonrası yapılan bitki ölçümleri aşağıda verilmiştir. Şekil 3. 24'de hasat esnasında ve sonrasında yapılan ölçüm ve değerlendirmelere ait resimler bulunmaktadır.

Bitki boyu (cm): Parselde hasat alanının orta sıralarından seçilen 10 bitkinin toprak yüzeyinden tepe püskülünün ucuna kadar olan mesafesi ölçülmüş ve ortalamaları alınarak bitki boyu bulunmuştur (Kang vd. 2000, Kuşçu 2010).



Şekil 3.24 Hasat sırasında ve sonrasında yapılan bitki ölçümleri

Koçan boyu (cm) ve koçan çapı (mm): Hasatta, deneme konularından örneklenen onar bitkinin koçanları ölçülerek, ortalama koçan boyu ve çapı bulunmuştur. Koçan sapından koçan ucuna kadar olan uzunluk koçan boyu olarak alınmıştır. Koçan çapı ise koçanın orta kısmının kalınlığı ölçülerek belirlenmiştir (Okay 2006, Kuşçu 2010).

Koçan ağırlığı (g): Hasat alanı deneme konularından örneklenmiş 10 adet daneli koçanın tartımı ile koçan ağırlığı elde edilmiştir. Elde edilen ağırlıkların ortalaması alınmıştır (Gökmen vd. 2001).

Bin dane ağırlığı (g): Her parselden harmanlanmış 4 defa 100 dane tartıldıktan sonra ortalamalarının 10 ile çarpımı ile elde edilmiştir. Bulunan bu değer danelerin nem içerikleri saptanarak, bulunan nem değerine göre düzeltilmiştir.

Koçan başına dane verimi (g): Hasat alanından her bir parselden elde edilen 5 koçanın daneleri tartılarak verimlerinin ortalaması alınmıştır.

Birim alan verimi (kg): Konulu parselden elde edilen koanlar danelendikten sonra daneler tartılmıştır. Tartılan danelerin nem içerikleri saptanmış ve bulunan nem değerine göre düzeltilerek dekara verim belirlenmiştir.

Hasat indeksi (%): Konulu parsellerde hasat işlemi sırasında rasgele 10 bitki kök boğumundan kesilerek alınmış ve hassas terazide saplı ağırlığı ile birlikte tartılmıştır. Daha sonra bu bitkinin üzerinde kalan koçan alınarak ayrıca danelenmiş ve dane ağırlığı hassas terazide tartılmıştır. Elde edilen dane ağırlıklarında %15 nem düzeltmeleri yapıldıktan sonra dane ağırlığını ölçülen saplı ağırlığına bölerek elde edilen değerin 100 ile çarpımından hasat indeksi değeri hesaplanmıştır (Taş 2010).

3.2.10 İstatistik analiz ve değerlendirme

Araştırma tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü ve 4 sulama konusu olacak şekilde yrtlmştir ve buna göre değerlendirmeler yapılmıştır. Araştırma sonucunda veriler arasındaki farklılığın tespiti için varyans analizi yapılmış %1 ve %5 hata seviyesinde önemli bulunan parametreler LSD oklu karşılaştırma testine tabi tutulmuştur (Yurtsever 2011).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Bu bölümde, araştırma alanına ait elde edilen meteorolojik veriler, toprak ve su analiz sonuçları, sulama suyu miktarı, verim ve bitki su tüketim sonuçları, su kullanım ve sulama suyu randımanları sonuçları, bitki ölçüm parametrelerinin sonuçları verilmiş ve tartışılarak değerlendirilmiştir.

4.1 Meteorolojik Veriler

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda yetiştiricilik süresince meteoroloji istasyonunda ölçülen sıcaklık, ortalama nispi nem, yağış ve ortalama rüzgâr hızına ilişkin aylık değerler çizelge 4.1’de verilmiştir. Araştırmanın ilk yılı olan 2017 yılında sıcaklık uzun yıllar ortalama sıcaklıklardan % 5 oranında artış göstermekle beraber yine aynı yılın yağışları uzun yıllar ortalama yağış değerlerinden % 24 oranında bir azalma söz konusu olmuştur. Araştırmanın ikinci yılı olan 2018 yılında ise sıcaklık uzun yıllar ortalama sıcaklık değerlerinden % 4 oranında bir azalma göstermiştir. Yağış değerleri ise 2018 yılında uzun yıllar ortalama değerinden % 37 oranında artma meydana gelmiştir.

Şekil 4.1’den görüleceği gibi araştırmanın yürütüldüğü her iki yılda birbirinden farklı yağış miktarları meydana gelmiştir. 2017 yılı uzun yıllar ortalamasından daha sıcak olurken 2018 yılı ise uzun yıllar ortalamasından daha yağışlı bir yıl olmuştur. İklimsel değişimler yıllar içerisinde uygulanan sulama suyu miktarlarında farklılığa neden olduğu gibi gerçek bitki su tüketim değerlerinde (ETa) sulama konularına göre farklılığa neden olmuştur.

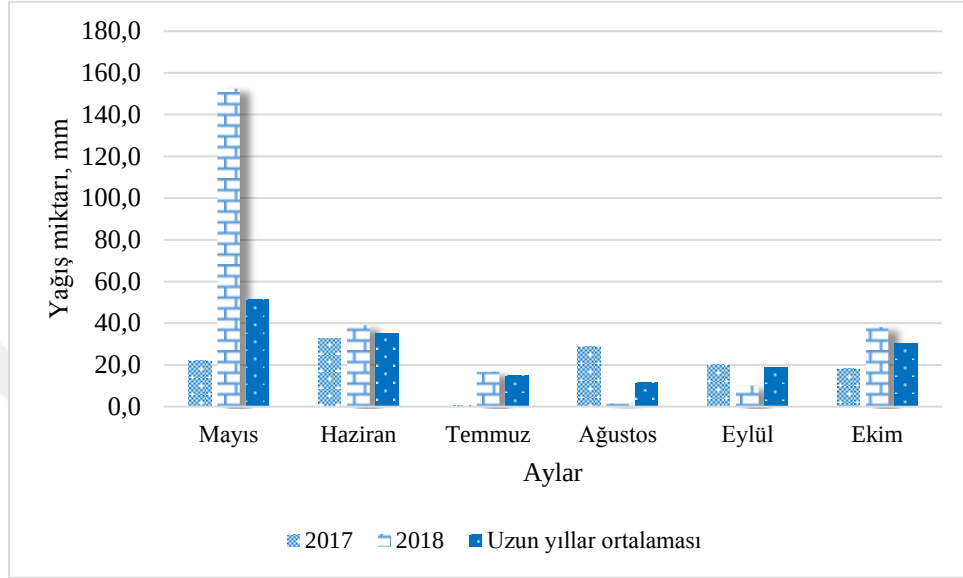
Araştırmada FAO Penman Monteith yöntemi esasına dayanan referans bitki su tüketimi (ETo) değerleri sulama suyu miktarının belirlenmesinde kullanılmıştır. 2017 yılında uzun yıllar ortalama sıcak değerinden fazla olurken aylara göre düşen yağış miktarı uzun yıllar ortalama aylık değerlerine paralel olarak dağılım göstermiştir. 2018 yılında ise sıcaklık değerleri uzun yıllar ortalamasından düşük olmasına rağmen yağış

miktarlarının aylara göre dağılımında uzun yıllar ortalama yağış değerlerine göre oldukça farklılık görülmüştür.

Çizelge 4.1 Denemenin yürütüldüğü yıllara ait bazı meteorolojik veriler

Yıllar	İklim verileri		Bitki yetiştirme dönemi, Aylar							
			Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Toplam
2017	Gün sayısı		2	31	30	31	31	30	31	187.0
	Sıcaklık (°C)	Ort.	16.8	13.5	18	22.7	21.7	17.4	10.0	120.1
		En düş.	15.8	12.7	17.2	21.8	20.8	16.4	9.3	
		En yük.	17.7	14.3	18.8	23.6	22.6	18.5	10.8	
	Ort. nispi nem (%)		35.9	65.5	66.7	44.0	56.3	45.8	65.8	
	Yağış, (mm)		0.0	22.0	32.8	0.4	28.8	20.0	18.2	122.2
	Ort. rüzgâr hızı, (m sn ⁻¹)		1.4	2.3	1.2	1.4	1.2	1.0	1.1	
2018	Gün sayısı			30	30	31	31	30	23	175.0
	Sıcaklık (°C)	Ort.		15.5	18.8	22.1	22.2	17.7	13.5	109.8
		En düş.		8.7	10.8	13.4	13.2	9.5	6.4	
		En yük.		23.1	26.8	30.0	30.4	25.6	21.4	
	Ort. nispi nem (%)			80.2	70.0	56.7	45.2	52.1	72.2	
	Yağış, (mm)			152.4	39.0	16.8	1.6	10.0	38.2	258.0
	Ort. rüzgâr hızı, (m sn ⁻¹)			1.1	1.2	1.4	1.1	1.4	0.9	
Uzun yıllar ort.	Sıcaklık (°C)	Ort.		16.0	20.1	23.5	23.2	18.7	12.9	114.4
		En düş.		9.7	13.0	16.0	15.9	11.8	7.4	
		En yük.		22.1	26.6	30.2	30.1	25.9	19.8	
	Yağış, (mm)			51.2	35.1	14.8	11.5	18.8	30.4	161.8

2018 yılı Mayıs ayında toplam 152.4 mm yağış gerçekleşmiş olup uzun yıllar ortalama Mayıs ayı yağış miktarında yaklaşık 7 katıdır. Bu durum 2 Mayıs 2018 tarihinde ekilen mısırın gelişme dönemlerinden başlangıç dönemine denk gelmesi ve aşırı yağışların arkasından yaşanan hava sıcaklıkları bitki gelişiminde olumlu sonuçlar vermiştir.



Şekil 4.1 Araştırma yılları yağış ile uzun yıllar ortalama yağış değerleri

4.2 Sulama Suyu Miktarı

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda verilen sulama suyu miktar ve tarihleri çizelge 4.2’de verilmiştir. Konulu ilk sulama, 60 cm toprak derinliğindeki elverişli nemin % 30 ± 5 i tüketildiğinde yapılmıştır. İlk sulamadan sonraki sulamalarda günlük olarak hesaplanan ETc’nin birikimli değeri dikkate alınmıştır. Sulama suyu miktarının belirlenmesinde ise; 60 cm toprak derinliğindeki elverişli nem % 30 ± 5 ’ne (31.46 - 44.05 mm) ulaştığında, birikimli ETc değerlerinden aynı dönemdeki yağış değerleri çıkartılarak elde edilen değer sulama suyu olarak uygulanması esas alınmıştır (Ek Çizelge 1, Ek Çizelge 2). Kısıtlı su konularındaki sulama suyu uygulamaları kontrol konusunun oranları (0.70, 0.40) şeklinde olmuştur.

Çizelge 4.2’den izleneceği üzere, araştırmanın ilk yılında konulu su uygulamaları 23.06.2017 tarihinde başlayıp 5.09.2017 tarihinde sona ermiş ve toplam 13 kez sulama

yapılmıştır. Araştırmanın ilk yılında ekimden sonra yeterli yağışın olmaması ve havaların sıcak gitmesi nedeni ile tohum ekiminden sonra çimlenme çıkışta yeknesaklığı sağlamak amacıyla yağmurlama sulama sistemi ile 17 mm can suyu verilmiştir. Konulu su uygulamalarına ilk yıl 56 gün sonra geçilmiştir. Bu süre içinde azot gübrelemesi yapılmış, yüzeyaltı damla sulama sistemi ile birlikte tüm parsellere eşit olarak gübre verilmiştir.

Çizelge 4.2 Araştırma yıllarına ait sulama tarih ve sulama suyu miktarları

Su uygulama amacı	Tarih	2017 yılı uygulanan sulama suyu miktarları (mm)				Tarih	2018 yılı uygulanan sulama suyu miktarları (mm)			
		S ₁₀₀	S ₇₀	S ₄₀	S ₀		S ₁₀₀	S ₇₀	S ₄₀	S ₀
Can suyu	12.05.2017	17.0	17.0	17.0	17.0					
Gübreleme	14.06.2017	3.0	3.0	3.0	3.0	13.06.2018	4.0	4.0	4.0	4.0
Konulu ilk sulama	23.06.2017	13.0	9.1	5.0	0	05.07.2018	34.4	24.1	13.8	0
2. sulama	29.06.2017	26.0	18.2	10.4	0	10.07.2018	25.4	17.8	10.2	3.0
3. sulama + gübreleme	04.07.2017	33.3	23.3	13.3	4.0	16.07.2018	43.0	30.1	17.2	0
4. sulama	10.07.2017	42.0	29.4	16.8	0	19.07.2018	18.5	13.0	7.4	0
5. sulama	14.07.2017	28.7	20.1	11.0	0	25.07.2018	38.6	27.0	15.4	0
6. sulama	19.07.2017	36.9	25.8	14.7	0	31.07.2018	30.2	21.1	12.1	0
7. sulama	25.07.2017	36.7	25.7	14.5	0	08.08.2018	33.2	23.2	13.3	0
8. sulama	28.07.2017	25.1	17.6	10.0	0	13.08.2018	28.2	19.7	11.3	0
9. sulama	02.08.2017	34.6	24.2	13.6	0	17.08.2018	21.4	15.0	8.6	0
10. sulama	17.08.2017 16.08.2019	69.0	48.3	27.0	0	23.08.2018	33.8	23.7	13.5	0
11. sulama	25.08.2017	31.1	21.8	12.1	0	28.08.2018	27.7	19.4	11.1	0
12. sulama	29.08.2017	22.9	16.0	9.2	0	04.09.2018	34.6	24.2	13.8	0
13. sulama	05.09.2017	28.4	19.9	11.4	0	-	-	-	-	-
Toplam		448	319	189	24	Toplam	373	262	152	7

Araştırmanın ilk yılında kontrol konusu olan S_{100} konusuna 448 mm, S_{70} konusuna 319 mm, S_{40} konusuna 189 mm ve S_0 konusuna, can suyu ve gübrenin sulama ile sisteme verilmesinden dolayı 24 mm su verilmiştir.

Araştırmanın ikinci yılında konulu su uygulamaları 05.07.2018 tarihinde başlayıp 4.09.2018 tarihinde sonlandırılmış ve 12 kez sulama yapılmıştır. 2018 yılı tohum ekimi ile birlikte çimlenme çıkış için yeterli yağış olduğundan sulamaya gerek kalmamıştır.

Tohum ekiminden 65 gün sonra ilk konulu su uygulaması yapılmıştır. Araştırmanın ilk yılında olduğu gibi konulu su uygulamalarına geçmeden önce ihtiyaç duyulan azotlu gübreler tüm sulama konularına eşit miktarda yüzeyaltı sulama sistemi ile birlikte verilmiştir. Araştırmanın ikinci yılında kontrol konusu olan S_{100} konusuna 373 mm, S_{70} konusuna 262 mm, S_{40} konusuna 152 mm ve S_0 konusuna 7 mm su verilmiştir.

Mısır bitkisine uygulanan sulama suyu miktarı ile ilgili gerek ülkemizde gerekse farklı iklim kuşağındaki diğer ülkelerde farklı yöntem ve esaslara dayanan pek çok araştırma yürütülmüştür. Sulama suyu hesabında bitki su tüketiminin (ET) temel alındığı bu çalışmada, 2017 yılında verilen sulama suyu miktarı araştırma konularına göre değişmekle beraber 24 - 448 mm arasında ikinci yıl ise bu değer 7 - 373 mm arasında olmuştur. Yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanarak sulanan mısıra uygulanan sulama suyu hesabında bitki su tüketim değerinin oranları kullanılarak kısıntılı sulama uygulamaları yapılan uluslararası birçok çalışma yapılmıştır. Bitki su tüketimi hesabında doğrudan ölçülmesinin zaman alıcı ve pahalı ve olmasından dolayı referans bitki su tüketimi (ET_o) tahmininin meteorolojik veriler kullanılarak değerlendirilmesinin yapılması ve elde edilen değerlerin bitki katsayısıyla (k_c) çarpımı ile hesaplanan gerçek bitki su tüketimi tahmini yapılmaktadır. Elde edilen bilgilerin gerçekliği ve güvenilirliği referans evapotranspirasyon ve geliştirilmiş bitki katsayıları üzerinde yapılan araştırmalarla doğrudan ilişkilidir (Wright 1981). Aynı zamanda Payero vd. (2008) belirttiği üzere günlük veya mevsimsel bazda ET_c'nin doğru bir şekilde tahmin edilmesi, mısır sulamalarının hem sezon içi sulamada hem de stratejik sulama planlama ve yönetiminde en iyi şekilde yönetilmesi için önemlidir. Lamm vd. (1995) Kansas'ta yağışa dayalı konunun da yer aldığı bitki su tüketiminin oranları ile

yaptıkları kısıtlı sulama suyu çalışmasında 73 - 541 mm sulama suyu uygulamışlardır. Howell vd. (1997) Teksas'ta yaptıkları araştırmada, günlük ET ve haftalık ET ile oluşturdukları kısıtlı su araştırmalarına ilk yıl 269 ile 617 mm sulama suyu uygularken ikinci yıl 245 ile 694 mm uygulamışlardır. Lamm vd. (2004), farklı sulama seviyeleri uygulayarak (ETc'nin % 75, % 100 ve % 125) yaptıkları çalışmada sulama suyu miktarını 152 ile 305 mm arasında bulmuşlardır. Abou Kheira (2013) Nil Vadisi'nde yaptığı çalışmada, potansiyel bitki su tüketimi (ETc) değerini referans alarak oluşturdukları farklı su uygulama seviyelerinde (% 100ETc, % 80ETc ve % 60ETc) sırasıyla 454 mm, 404 mm ve 355 mm sulama suyu uygulamıştır. Araştırmalar bitki su tüketiminin (ET) farklı oranlarında sulama suyu hesaplarını içerdiğinden, farklı iklim koşullarında olsa mısır bitkisine ortalama 400 mm su uygulaması yapılmıştır. Ankara koşullarında yapılan araştırmada tam su konusuna verilen ortalama 410.5 mm su uygulaması ile diğer çalışmalar uyum göstermektedir.

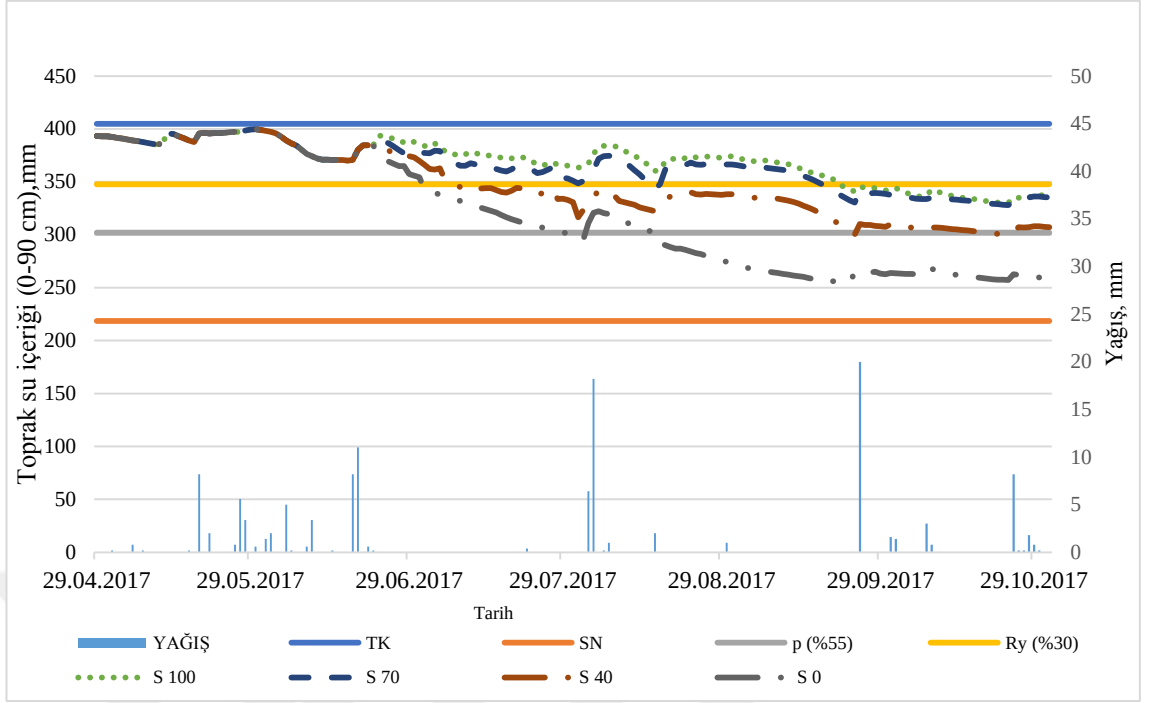
Aynı zamanda yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanılarak sulanan mısırdaki farklı sulama suyu hesabı yöntemi kullanılarak yapılan ulusal ve uluslararası çalışmalar da bulunmaktadır. Şen vd. (2015) tarafından İzmir'de yapılan çalışmada sulama suyu 0 - 264 mm arasında uygulanırken, Demirok (2017) tarafından Class A Pan kullanarak Harran Ovası koşullarında yapılan çalışmada 1264.5 - 421.5 mm değerleri arasında sulama suyu uygulanmıştır. Fumagalli vd. (2015) İtalya'da 340 mm, Irmak vd. (2016) Nebraska'da farklı sulama sıklığı ile yaptığı çalışmada sulama suyu miktarını 62 - 255 mm arasında bulmuştur. Farklı sulama suyu hesaplama yöntemleri ile değerlendirilen araştırmalar sonucunda elde edilen bulgular bitki su tüketiminin (ET) oranlarının kullanıldığı bu araştırma sonuçları ile farklılık göstermektedir. Bu farklılığın sulama suyu miktarının hesaplanmasında kullanılan yöntemlerden kaynaklandığı söylenebilir.

Uygulanan sulama suyu miktarı, kullanılan sulama sisteminden ziyade bölge iklim koşulları ve yöntemine göre değişiklik göstermektedir. Bu bağlamda; ülkemiz iklim koşullarında farklı toprak ve iklim özelliklerinde, yöre koşullarına uygun mısır çeşidinde, kısıtlı sulama uygulamalarının yapıldığı birçok çalışma bulunmaktadır. Yapılan bu çalışmalar değerlendirildiğinde, uygulanan sulama suyu miktarlarının bölgelere göre farklılık gösterdiği görülmektedir. Güneydoğu Anadolu Bölgesinde

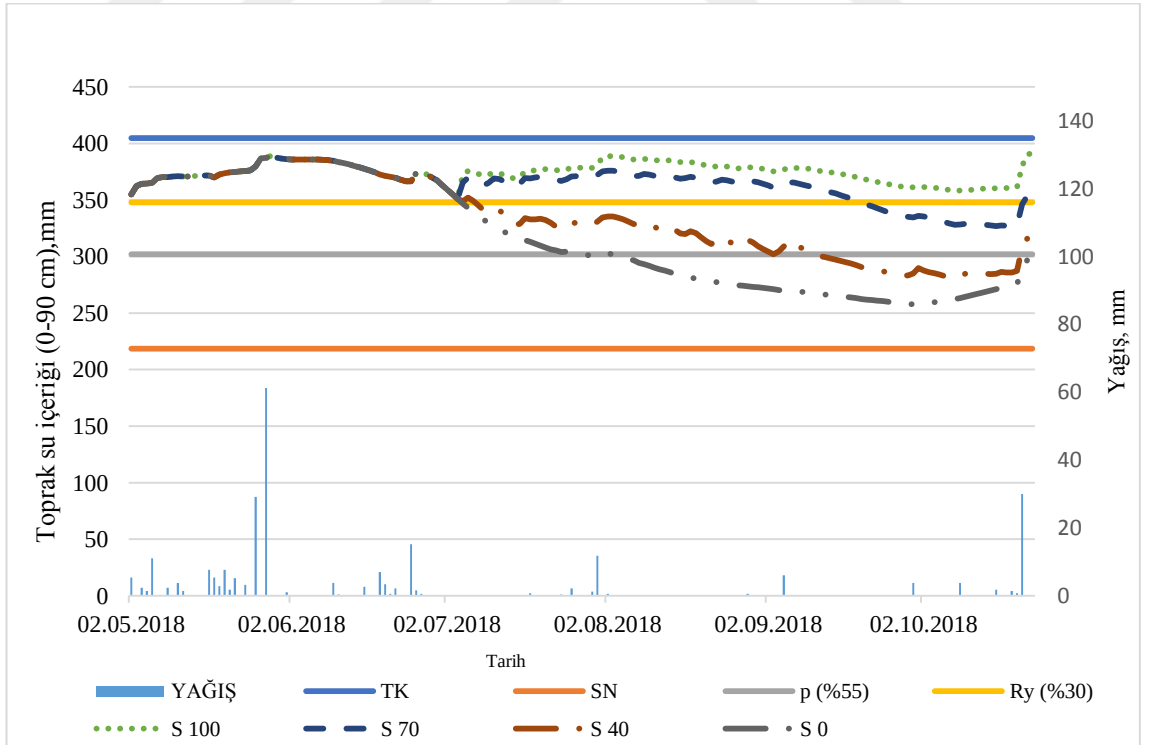
Yazar vd. (2002) tam sulama koşullarında 581 mm, Harran Ovası koşullarında Kırnak vd. (2003) II. ürün mısırdaki ortalama 1255 mm, Şimşek ve Gerçek (2005) farklı sulama aralıklarında yıllar ortalamasına göre 828.5 – 1161 mm, Gençdoğan (1996) Çukurova koşullarında 343 – 1052 mm arasında sulama suyu uygularken, Bozkurt (2005) damla sulama ile 550 – 756 mm arasında sulama suyu uygulamıştır. Tekirdağ koşullarında, Orta vd. (1997) deneme yıllarında sırasıyla 285 ve 306 mm, Çakır (2004) 0-574 mm, Kuşçu (2010) Bursa koşullarında 371-1018 mm arasında, Gündüz ve Beyazgül (1998) Balıkesir’de 586 mm, Vural ve Dağdelen (2008) Aydın koşullarında 563 mm, Şener vd. (1994) Menemen Ovası koşullarında 474 mm, Özçelik vd. (2017) 48 – 522 mm arasında, Aydınşakir vd. (2013) Antalya koşullarında 129 – 722 mm sulama suyu uygulamıştır. Günbatılı (1979), Tokat-Kazova’da sulama suyu ihtiyacını 358- 437 mm arasında, Orta Anadolu koşullarında Öğretir (1993) sulama suyu ihtiyacını 440 mm, Eskişehir koşullarında Oylukan ve Güngör (1976), 400 mm, Uygan (2017) 333 ile 618 mm arasında, Ayla (1993) Bolu koşullarında 310-320 mm, Ankara koşullarında Ayla (1985) lizimetre koşullarında sulama suyunu 275 mm, Uzunoğlu (1991) 614.8 mm, Yıldırım ve Kodal (1998) ise 658 ile 906 mm arasında uygulamışlardır. Araştırmalar bölgesel olarak incelendiğinde değişen iklim koşulları ve kısıtlı su uygulamalarına göre uygulanan sulama suyu miktarları farklılık göstermektedir. Araştırmada elde edilen bulgular İç Anadolu koşullarında elde edilen sulama suyu miktarlarına benzerlik göstermektedir.

4.3 Toprak Su İçeriği

Araştırmada toprak su içeriği değişimleri 0-90 cm toprak derinliğinde nem sensörleri ile takip edilerek her sulamadan önce elde edilen veriler değerlendirilmiştir. Araştırmanın ilk yılında sulama konularına göre 0-90 cm su içeriğinin zamana göre değişim grafiği şekil 4.2’de, ikinci yılında elde edilen toprak su içeriğinin zamana göre değişimi ise şekil 4.3’de verilmiştir. Araştırmanın her iki yılında tüm sulama konularında bulunan Dril&Drop nem sensörlerinden elde edilen veriler konulu su uygulamalarına göre ortak değerlendirilmiş su düzeylerine göre toprak içerisinde su içeriği değişimleri grafiklerde olduğu gibi izlenmiştir. Toprak su içerikleri sulama konularına uygulanan farklı sulama suyu miktarlarına göre değişim göstermiştir.



Şekil 4.2 Araştırmanın ilk yılına ait toprak su içeriğinin zamana göre değişimi



Şekil 4.3 Araştırmanın ikinci yılına ait toprak su içeriğinin zamana göre değişimi

Araştırmanın her iki yılında topraktaki su içeriği uygulanan sulama suyu ve yağış miktarlarına göre değişim göstermiştir. Yağışa dayalı S_0 konusu hariç sulama dönemi boyunca tüm sulama konularında toprak su içeriği, tarla kapasitesi (TK) ile dane mısır için FAO 56’da belirlenen kritik seviye (p , %55) arasında kalmıştır. Her iki yılda da Eylül ayının ilk haftası dane olgunlaşma dönemini tamamlaması için son sulama yapılmıştır.

Son sulamadan sonra danelerin hasat için uygun nem oranına gelmesine kadar toprak su içeriği değerleri yağışa bağlı olarak değişim göstermiştir. Her iki araştırma yılında en fazla su uygulanan kontrol konusu (S_{100}) ve S_{70} konusunda sulama sezonu boyunca toprak su içeriği kullanılabilir su tutma kapasitesinin tüketilmesine izin verilen miktarı (R_y , %30, 25 mm) içerisinde kalmıştır. S_{40} sulama konusunda ise toprak su içeriği elverişli nemin %30 tüketilmesine izin verilen miktar (R_y) ile kritik seviye (KS) arasında kalmıştır. Yağışa dayalı (S_0) konuda ise toprak su içeriği solma noktasına doğru eğilim göstermiştir. Hasata yakın dönemde meydana gelen yağışlar nemin bir miktar artmasına neden olmuştur.

4.4 Bitki Su Tüketimleri

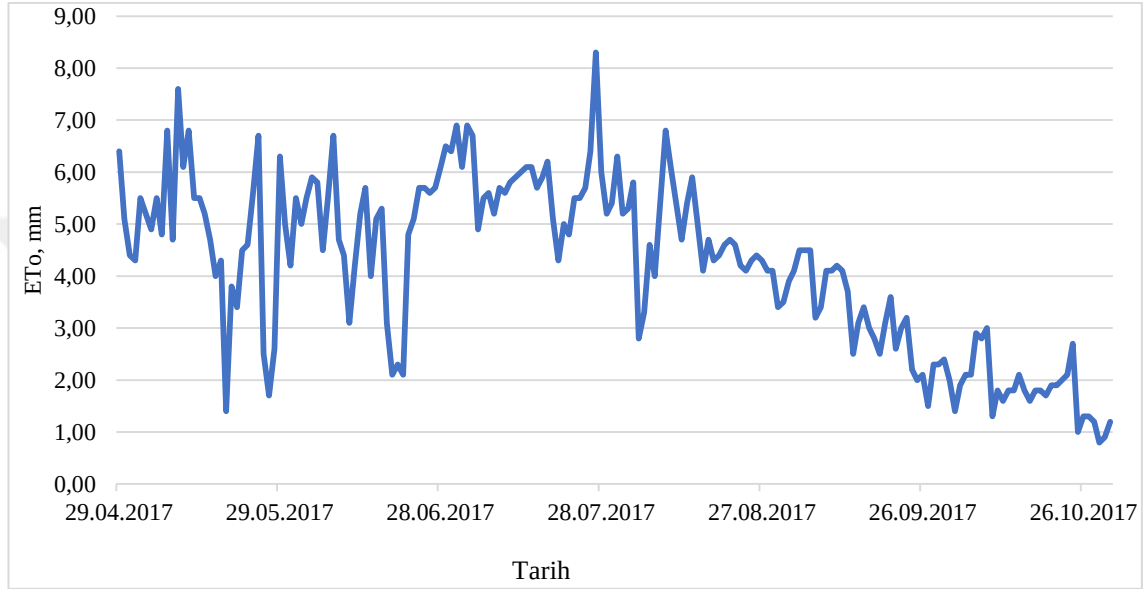
4.4.1 Referans bitki su tüketimi

Araştırmanın her iki yılında uygulanan sulama suyu miktarının belirlenmesinde kullanılan ETo değerleri günlük olarak otomatik meteoroloji istasyonundan alınmıştır. Araştırmanın ilk yılına ait ETo değerleri şekil 4. 4’de verilirken ikinci yıla ait değerler şekil 4.5’te verilmiştir.

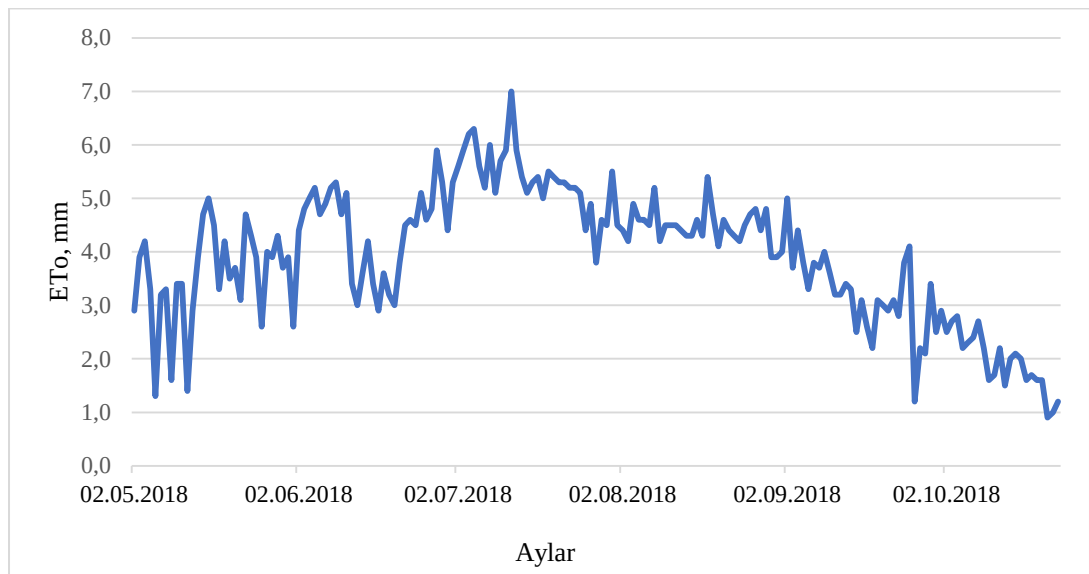
ETo değerleri, 2017 yılında bitki ekiminden sonra meteorolojik parametrelere bağlı olarak iki ay boyunca artış ve azalışlar göstermiştir. En yüksek değerini 8.30 mm ile 27 Temmuz’da, en düşük değerlerini ise 0.80 mm olarak 29 Ekim’de almıştır.

Araştırmanın ikinci yılı olan 2018’de ETo, 12 Temmuz’da aldığı 7.00 mm değerine kadar artış eğiliminde hareketlilik göstermiştir (Şekil 4.5). Temmuz ayından sonra ETo

değerleri azalma eğiliminde olup en düşük değerini 21 Ekim tarihinde 0.90 mm olarak almıştır. Her iki araştırma yılında da Temmuz ayına kadar iklimsel parametrelerin göstermiş olduğu değişimlerle beraber artış ve azalışlar meydana gelirken artış eğilimi, Temmuz ayından sonra ise hasata kadar azalma eğilimi göstermiştir.



Şekil 4.4 Araştırma ilk yılına ait günlük ETo değerleri



Şekil 4.5 Araştırma ikinci yılına ait günlük ETo değerleri

4.4.2 Potansiyel bitki su tüketimi

Araştırma yıllarında konulara uygulanan sulama suyu miktarı ETc değerinin oranlarının uygulaması şeklinde olmuştur. Meteorolojik verilerle günlük olarak hesaplanan ETo değer ile bitki katsayısının çarpımından elde edilen ETc'nin, 2017 yılına ait değerleri şekil 4.6'da, 2018 yılına ait değerleri ise şekil 4.7'de verilmiştir.

Araştırmanın her iki yılında ETc değerleri, ETo ve kc değerlerine bağlı olarak Mayıs ayında düşük değerlerle başlamış, Haziran ayında artışa geçmiş, Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek değerlerini almış, Eylül ayında tekrar azalmaya başlamış ve en düşük değerlerini Ekim ayında almıştır.

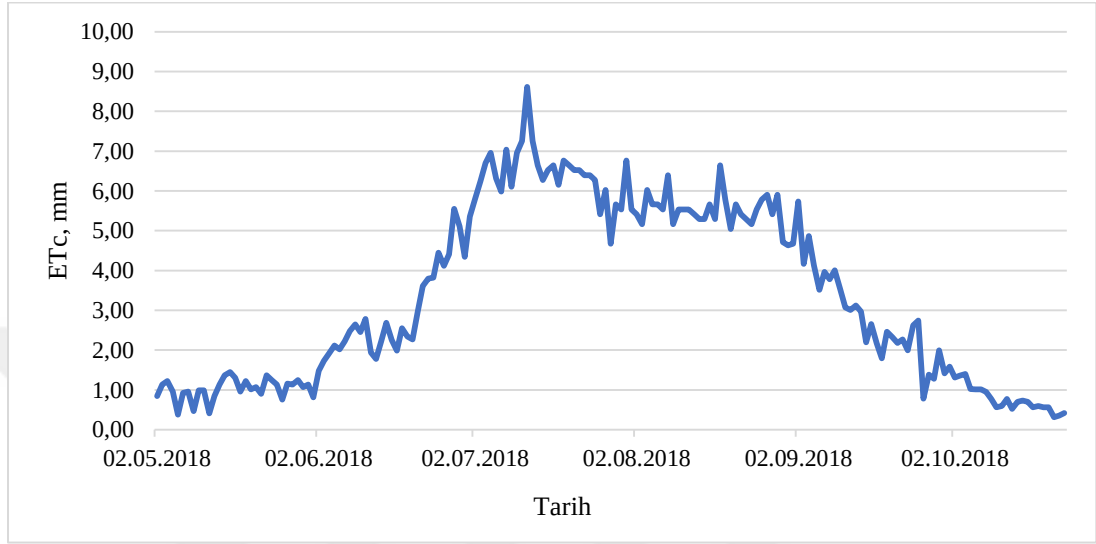


Şekil 4.6 Araştırma ilk yılına ait günlük ETc değerleri

ETc değerleri 2017 yılında başlangıç döneminde en yüksek 2.20 mm, en düşük 0.49 mm, gelişme döneminde en yüksek 7.71 mm, en düşük 1.78 mm, orta dönemde en yüksek 10.21 mm, en düşük 3.44 mm, son dönemde en yüksek 4.79 mm, en düşük 0.28 mm değerini almıştır.

ETc değerleri 2018 yılında başlangıç döneminde en yüksek 1.45 mm, en düşük 0.41 mm, gelişme döneminde en yüksek 8.61 mm, en düşük 4.7 mm, orta dönemde en

yüksek 6.6 mm, en düşük 4.67 mm, son dönemde en yüksek 5.74 mm, en düşük 0.32 mm değerini almıştır.



Şekil 4.7 Araştırma ikinci yılına ait günlük ET_c değerleri

4.4.3 Gerçek bitki su tüketimi

Araştırmada gerçek bitki su tüketimi hesabında su bütçesi eşitliği kullanılmıştır. Araştırma yıllarına göre gerçek bitki su tüketim değerleri çizelge 4.3 ve çizelge 4.4’de verilmiştir.

Araştırmanın ikinci yılında Mayıs ayında anlık yoğun yağışlar meydana geldiğinden bitki su tüketim hesaplamalarında yağışdan kaynaklanan yüzey akış ile etkili yağış (P) dikkate alınmıştır (Yıldırım 1993).

Araştırmanın ilk yılı olan 2017’de bitki su tüketim değerleri S_{100} , S_{70} , S_{40} ve S_0 konularında sırasıyla 621, 498, 397 ve 281 mm arasında değişmiştir. Araştırmanın ikinci yılı olan 2018 yılında ise bu değerler 499, 416, 352 ve 231 mm arasında değişmiştir. Her iki araştırma yılında en fazla bitki su tüketimi değeri S_{100} konusunda elde edilmiştir.

Çizelge 4.3 Araştırmanın ilk yılına ait bitki su tüketim değerleri

Aylar (2017)	SULAMA KONULARI																			
	S 100					S 70					S 40					S 0				
	I (mm)	P (mm)	Dp (mm)	ΔS (mm)	ETa (mm)	I (mm)	P (mm)	Dp (mm)	ΔS (mm)	ETa (mm)	I (mm)	P (mm)	Dp (mm)	ΔS (mm)	ETa (mm)	I (mm)	P (mm)	Dp (mm)	ΔS (mm)	ETa (mm)
Nisan (2 gün)	0	0	0,0	-0.2	0	0	0	0.0	-0.2	0	0	0	0.0	-0.2	0	0	0	0.0	-0.2	0
Mayıs	17	22	0.0	5.3	34	17	22	0.0	5.3	34	17	22	0.0	5.3	34	17	22	0.0	5.3	34
Haziran	42	32.8	0.6	-15.4	90	30	32.8	0.2	-24.2	87	18	32.8	0.0	-33.3	84	3	32.8	0.0	-44.5	80
Temmuz	203	0.4	3.1	-19.4	220	142	0.4	0.5	-25.3	167	81	0.4	0.0	-48.5	130	4	0.4	0.0	-54.9	59
Ağustos	158	27.8	1.3	6.0	179	110	27.8	0.7	14.5	123	62	27.8	0.0	18.4	71	0	27.8	0.0	-18.1	46
Eylül	28	21.0	0.0	-27.6	77	20	21.0	0.0	-25.1	66	11	21.0	0.0	-25.1	57	0	21.0	0.0	-21.0	42
Ekim	0	18.2	0.0	-4.72	23	0	18.2	0.0	-2.5	21	0	18.2	0.0	-2.5	21		18.2	0.0	-1.40	20
Toplam	448	122.2	4.99	-56	621	319	122.2	1.4	-58	498	189	122	0.0	-86	397	24	122.20	0.0	-135	281

I: Sulama suyu miktarı (mm), P: Etkili yağış (mm), Dp: Derine sızma (mm), ΔS: Toprak profilindeki nem değişimi (mm), ETa: Gerçek bitki su tüketimi (mm),

Çizelge 4.4 Araştırmanın ikinci yılına ait bitki su tüketim değerleri

Aylar (2018)	SULAMA KONULARI																			
	S 100					S 70					S 40					S 0				
	I (mm)	P (mm)	Dp (mm)	ΔS (mm)	ET (mm)	I (mm)	P (mm)	Dp (mm)	ΔS (mm)	ET (mm)	I (mm)	P (mm)	Dp (mm)	ΔS (mm)	ET (mm)	I (mm)	P (mm)	Dp (mm)	ΔS (mm)	ET (mm)
Mayıs	0	63.0	3.7	31.1	28	0	63.0	3.7	31.1	28	0	63	3.7	31.1	28	0	63	3.7	31.1	28
Haziran	4	38.2	0.0	-35.2	77	4	38.2	0.0	-35.2	77	4	38.2	0.0	-35.2	77	4	38.2	0.0	-35.2	77
Temmuz	190	17.4	0.8	34.8	172	133	17.4	0.2	20.2	130	76.05	17.4	0.0	-22.4	116	3	17.4	0.0	-46.2	67
Ağustos	144	0.8	0.7	-10.4	155	101	0.8	0.1	-10.1	112	57.72	0.8	0.0	-26.4	85	0	0.8	0.0	-33.7	35
Eylül	35	10.0	0.2	-13.8	59	24	10.0	0.0	-26.4	60	13.86	10	0.0	-17.2	41	0	10	0.0	-14.1	24
Ekim	0	38.2	0.0	30.1	8	0	38.2	0.0	30.2	8	0	38.2	0.0	33.34	5	0	38.2	0.0	38	0
Toplam	373	167.6	5.34	36.62	499	262	167.6	3.9	9.8	416	151.63	167.6	3.7	-36.8	352	7	167.6	3.7	-60.1	231

I: Sulama suyu miktarı (mm), P: Etkili yağış (mm), Dp: Derine sızma (mm), ΔS: Toprak profilindeki nem değişimi (mm), ETa: Gerçek bitki su tüketimi (mm),

Araştırma yılları karşılaştırıldığında, yetiştiricilik süresince gerçekleşen farklı yağış rejimleri ile birlikte uygulanan sulama suyu miktarındaki değişimler bitki su tüketim değerlerinde farklılığa neden olmuştur. Araştırma yıllarının ortalama mevsimsel bitki su tüketimleri S_{100} , S_{70} ve S_{40} konularında sırasıyla 560, 457, 375 mm ve ilk yılın can suyu uygulaması ve fertigasyon amacı ile kullanılan sulama suları dikkate alındığında yağışa dayalı S_0 konusunda 256 mm olmuştur. Araştırmanın iki yıllık verileri değerlendirildiğinde ortalama mevsimlik bitki su tüketimi 560 – 256 mm arasında değişmiştir.

Yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanılarak dünyanın farklı iklim koşullarında yetiştirilen mısırın su ihtiyacının bitki su tüketiminin oranları olarak belirlendiği araştırmalarda bitki su tüketim değerleri konu uygulamalarına göre farklılık göstermektedir. Howell vd. (1997), Bushland, Texas'da yağışa dayalı konuların da olduğu çalışmada bitki su tüketimini 962 – 327 mm arasında, Payero vd. (2008) mevsimlik bitki su tüketimini 466 – 663 mm arasında bulurken 2009 yılında North Platte, Nebraska da yaptıkları diğer bir çalışmada 505–638 mm arasında bulmuşlardır. Van Donk vd. (2012), North Platte, Nebraska da tam sulama ve yağışa dayalı konularının da olduğu çalışmada 2007, 2008 ve 2009 yıllarında sırasıyla bitki su tüketim değerlerini 442 – 571, 479 – 586 ve 205 – 564 mm, farklı lokasyonda aynı yıllarda yaptıkları başka bir çalışmada 617, 582 ve 556 mm olarak bulmuşlardır. Djaman vd. (2013) Clay Center, Nebraska'da 481–634 mm arasında, Irmak vd. (2016) 335-639 mm arasında bulmuşlardır. Araştırmacılar tarafından elde edilen veriler iklim ve bitki çeşidine göre farklılık gösterirken elde edilen bitki su tüketim verileri oransal değişim göstermiştir. Yapılan bu çalışmada da uygulanan sulama suyu miktarının artan oranlarında bitki su tüketiminde artma meydana gelirken azalan sulama suyu miktarında ise bitki su tüketim değerlerinde azalma meydana gelmiştir.

Şen vd. (2015) Ege Bölgesi, Menemen koşullarında yapmış oldukları çalışmada mevsimlik su tüketimini 218 - 420 mm arasında, Demirok (2017) Güneydoğu Anadolu Bölgesinde Harran Ovası koşullarında 572.5 – 1286.7 mm arasında hesaplamıştır. Elde edilen bu sonuçlara göre ülkemizin farklı bölge ve iklim şartlarında yüzeyaltı damla sulama sistemi ile sulaması yapılan dane mısırın bitki su tüketim değerleri yöreyi temsil eden toprak, iklim ve bitki çeşidi farklılıklarına göre değişim göstermektedir. İç

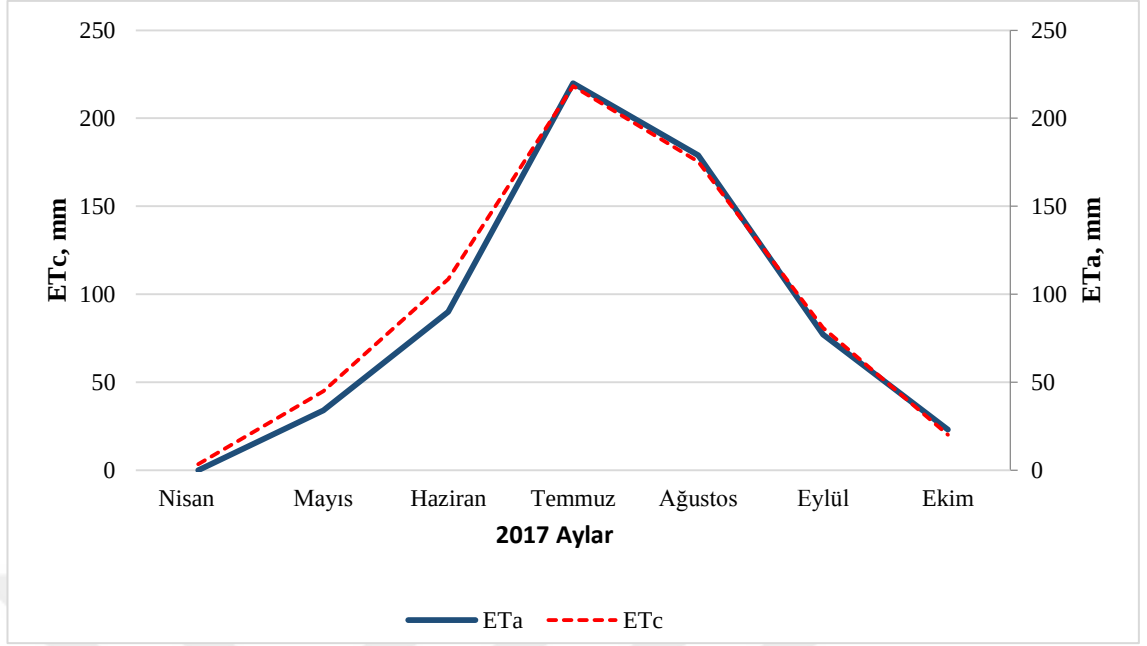
Anadolu koşullarında yapılan bu çalışmada elde edilen bitki su tüketim değerlerinin Şen vd. (2015) tarafından elde edilen verilerle uyumlu olduğu söylenebilir.

Aynı zamanda ülkemizin farklı iklim ve toprak koşullarında farklı sulama yöntemleri ile farklı çeşit özelliklerine sahip mısır yetiştiriciliği üzerine yapılan pek çok çalışma bulunmaktadır. Güneydoğu Anadolu Bölgesi Harran Ovası koşullarında, Kırnak vd. (2003) iki yıl süresince yapmış oldukları kısıtlı sulama suyu uygulamalarında ortalama bitki su tüketim değerini 1378 mm bulurken, Şimşek ve Gerçek (2005) 1192 mm bulmuşlardır. Çukurova koşullarında Kanber vd. (1990), 474 – 606 mm arasında, Köksal (1995) ortalama tüketimi 631 – 723 mm arasında, Gençdoğan (1996) farklı su seviyelerinde 343 - 1052 mm arasında, Bozkurt (2005) konu uygulamalarına göre 592 – 758 mm olduğunu belirlemiştir. Mısır yetiştiriciliğinin yapıldığı sezon nedeni ile çok sıcak ve buharlaşmanın fazla olduğu iklim bölgelerinde bitki su tüketim değerleri de artış göstermiştir. Ege koşullarında II. ürün mısırdaki Özçelik vd. (2017) 198 – 602 mm, Tekirdağ koşullarında Orta vd. (1997) 573 – 599 mm, Eskişehir koşullarında Günbatılı (1979) 688 mm, Öğretir (1993) 659 mm, Uygan (2017) mevsimlik su tüketimini 444 – 728 mm, Ankara koşullarında Ayyıldız (1962) mevsimlik bitki su tüketimini 673.3 mm olarak belirlerken, Ayla (1985) 502.4 mm, Uzunoğlu (1991) 808.7 mm, Yıldırım ve Kodal (1998) 882-998 mm arasında hesaplamışlardır. Bu tez çalışmasında elde edilen gerçek bitki su tüketim değerleri İç Anadolu Bölgesi'nde yapılan diğer çalışmalardan daha düşüktür.

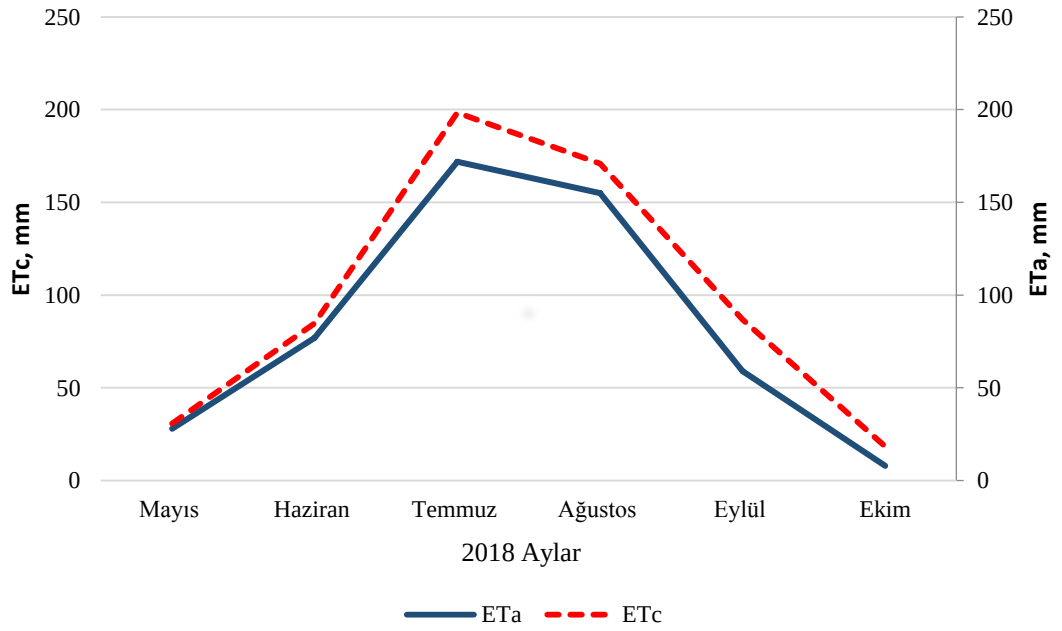
4.4.4 Potansiyel ve gerçek bitki su tüketim ilişkisi

Araştırmada 2017 yılına ait aylık potansiyel bitki su tüketimi (ET_c) ve kontrol konusuna ilişkin gerçek bitki su tüketim (ET_a) değerlerine ait grafik şekil 4.8'de, 2018 yılına ait grafik ise şekil 4.9'da verilmiştir.

Araştırmanın ilk yılında ET_c değerleri, Nisan, Mayıs ve Haziran aylarında artmış Temmuz ayında en fazla değerine ulaşmış ve Ağustos ayından itibaren tekrar azalmıştır. ET_c değerleri ET_a değerlerinden Temmuz ayına kadar daha fazla iken, Temmuz ayından Ekim ayının sonuna kadar birbirine çok yakın seyretmiştir.



Şekil 4.8 Araştırma ilk yılı kontrol konusuna ait ETc ve ETa değerleri



Şekil 4.9 Araştırma ikinci yılı kontrol konusuna ait ETc ve ETa değerleri

Şekil 4.9’da verildiği üzere araştırma ikinci yılında yetiştiricilik sezonu boyunca ETc değerleri ETa değerlerinden daha fazla olmuştur. Araştırmanın her iki yılında da ETc ve ETa değerleri birbiri ile uyumludur.

Araştırmanın her iki yılında da aylara göre hesaplanan günlük ETc ve ETa değerleri çizelge 4.5’de verilmiştir. ETc’nin en yüksek değerleri, yıllara göre Temmuz ayında 7.04 ve 6.40 mm gün⁻¹ ve Ağustos ayında 5.84 ve 5.70 mm gün⁻¹ bulunmuştur.

ETa ise yıllara göre sırasıyla en yüksek Temmuz ayında 7.10 ve 5.55 mm gün⁻¹ değerine ulaştıktan sonra, Ağustos ayında 5.97 ve 5.17 mm gün⁻¹ değerlerine düşmüştür. Her iki değer de Mayıs ayı itibari ile artışa geçmiş ve bitki katsayısının en yüksek olduğu Temmuz ve Ağustos aylarında en yüksek değerlerini almış, daha sonra tekrar azalmıştır.

Çizelge 4.5 Araştırma yıllarına ait günlük ETa ve ETc değerleri, mm

Aylar	2017		2018	
	ETc (mm)	ETa (mm)	ETc (mm)	ETa (mm)
Mayıs	1.45	1.10	0.99	0.90
Haziran	3.62	3.00	2.83	2.57
Temmuz	7.04	7.10	6.40	5.55
Ağustos	5.84	5.97	5.70	5.17
Eylül	2.61	2.48	2.80	1.90
Ekim	0.67	0.77	0.61	0.27

Mısır bitkisi, en fazla suya tepe püskülü çıkarma, koçan püskülü çıkarma ve dane bağlama dönemlerinde ihtiyaç duyduğundan ETa’nın en yüksek değerleri bu dönemlerin gerçekleştiği Temmuz ve Ağustos aylarında gerçekleşmiştir. Mısır ile ilgili yapılan pek çok çalışmada, Oylukan ve Güngör (1975), Günbatılı (1979), Musick ve Dusek (1980), Ayla (1993), Uzunoğlu (1991), Öğretir (1993), Bakanoğulları (1995), Orta vd. (1997), Gençdoğan (1996), Yıldırım ve Kodal (1998), Özgürel ve Pamuk (2003), Çakır (2004), Vural ve Dağdelen (2008), Şen vd. (2015), Özçelik vd. (2017), Uygan (2017), Demirok (2017) en yüksek değerler bu dönemde gerçekleşmiştir. Yapılan bu çalışmalardan elde edilen bulgular bu araştırma sonuçlarını desteklemektedir.

4.5 Dane Verimi

Araştırma sonucunda verim değerlerinden elde edilen varyans analiz sonuçları çizelge 4.6'da verilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü yıllar itibari ile elde edilen veriler istatistiki olarak değerlendirildiğinde verim bakımından sulama düzeyleri arasındaki farklılıklar %1 hata seviyesinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.6 Deneme yıllarına göre verime ait varyans analizi

Varyasyon Kaynakları	SD	K.T.	K.O.	F	P
Bloklar	2	8972.153	4486.076	1.034	0.381öd
Yıllar	1	9329.927	9329.927	2.149	0.165öd
Sulama	3	4228874.839	1409624.946	324.739	0.000**
Yıl x Sulama	3	25607.572	8535.857	1.966	0.165 öd
Hata	14	60771.063	4340.790		
Toplam	23	4333555.554			

** %1 hata düzeyinde önemli. öd: Önemli değil

Araştırmanın yürütüldüğü 2017 ve 2018 yıllarında sulama konularındaki farklılıklara göre değerlendirilen varyans analiz sonuçlarında %1 hata seviyesinde önemli ($P < 0.01$) bulunan konuların LSD testi sonuçları çizelge 4.7'de verilmiştir. Denemede yıllara göre verim miktarları sırasıyla S_{100} konusunda 1692 ve 1760 kg da⁻¹, S_{70} konusunda 1491 ve 1418 kg da⁻¹, S_{40} konusunda 1085 ve 1036 kg da⁻¹ ve yağışa dayalı S_0 konusunda ise 665 ve 560 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir.

Araştırma süresince elde edilen verimler değerlendirildiğinde her iki yılda da sulama uygulamalarında sulama suyu miktarı artışına bağlı olarak verimlerde de artış olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.8'de araştırmanın iki yıllık ortalama verim değerleri verilmiştir. Ortalama verimler S_{100} kontrol konusunda 1726 kg da⁻¹, S_{70} su kısıtı konusunda 1454 kg da⁻¹, S_{40}

su kısıtı konusunda 1061 kg da⁻¹ ve yağışa dayalı S₀ konusunda 613 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. Tüm konularda gerektiğinde çimlenme çıkış sulaması yapıldığından ve yağışa dayalı konularda da gübre yüzeyaltı damla sulama ile verildiğinden, yağışa dayalı konularda da bir miktar verim elde edilmiştir.

Çizelge 4.7 Araştırma yıllarında konulara göre ortalama verimler

Sulama Seviyeleri	Blok	2017		2018	
		Verim (kg da ⁻¹)	Ortalama verim (kg da ⁻¹)	Verim (kg da ⁻¹)	Ortalama verim (kg da ⁻¹)
S ₁₀₀	1	1615	1692 a	1858	1760 a
	2	1607		1720	
	3	1853		1702	
S ₇₀	1	1464	1491 b	1428	1418 b
	2	1425		1425	
	3	1584		1402	
S ₄₀	1	1100	1085 c	1032	1036 c
	2	1071		1042	
	3	1084		1035	
S ₀	1	633	665 d	551	560 d
	2	679		564	
	3	684		566	

Çizelge 4.8 Araştırma yıllarında sulama konularının ortalama verim üzerine etkisi

Sulama Seviyeleri	Ortalama Verim (kg da ⁻¹)
S ₁₀₀	1726 a
S ₇₀	1454 b
S ₄₀	1061 c
S ₀	613 d
Varyasyon Katsayısı (%)	5.43

Çizelge 4.9’da sulama seviyelerine göre sulama suyunda, bitki su tüketiminde ve verimde meydana gelen azalış miktarları oransal olarak verilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü 2017 ve 2018 yıllarında verim sıralaması su uygulama seviyelerine göre sırasıyla S₁₀₀, S₇₀, S₄₀ ve yağışa dayalı konu şeklinde olmuştur. Sulama suyu, bitki su tüketimi ve elde edilen verimler kontrol konusu olan S₁₀₀ konusuna göre

değerlendirilmiştir. 2017 yılında S_{100} konusuna göre S_{70} konusunda sulama suyu miktarında % 29 azalış görülürken bitki su tüketim değeri % 20 verim ise % 12 oranında azalış göstermiştir. 2018 yılında ise bu değerler sırasıyla % 30, % 17 ve % 19 olmuştur. 2017 yılında S_{100} konusuna göre S_{40} konusunda sulama suyu miktarı % 58 azalış gösterirken bitki su tüketim değeri % 36, verim %36 oranında azalış göstermiştir. 2018 yılında ise bu değerler sırasıyla % 59, % 29 ve % 41 olmuştur. 2017 yılında S_{100} konusuna göre yağışa dayalı S_0 konusunda sulama suyu miktarı % 95 azalış gösterirken bitki su tüketim değeri % 55 verim ise % 61 oranında azalış göstermiştir. 2018 yılında ise bu değerler sırasıyla % 98, % 53 ve % 68 oranında olmuştur.

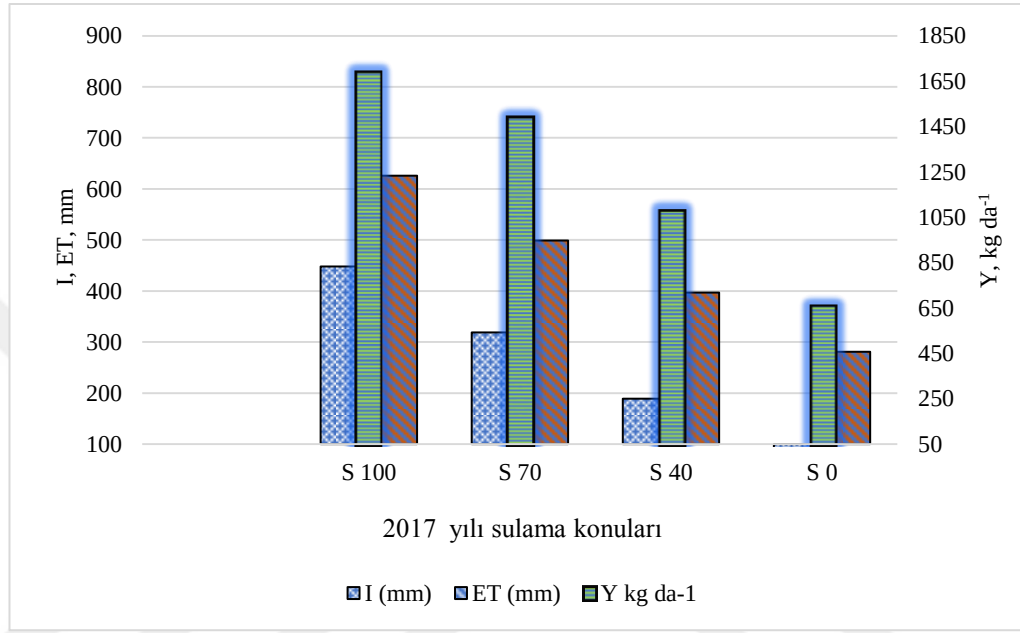
Çizelge 4.9 Sulama konularına göre I, ETa ve Y değişimleri

Yıllar	Sulama Seviyeleri	Sulama Suyu (I, mm)	ETa (mm)	Y (kg da ⁻¹)	Sulama Suyu (I)		Su Tüketimi (ET)		Dane Verimi (Y)	
					Azalış miktarı	%	Azalış miktarı	%	Azalış miktarı (kg da ⁻¹)	%
2017	S_{100}	448	621	1692	-	-	-	-	-	-
	S_{70}	319	498	1491	129	29	123	20	201	12
	S_{40}	189	397	1085	259	58	224	36	607	36
	S_0	24	281	665	424	95	340	55	1027	61
2018	S_{100}	373	499	1760	-	-	-	-	-	-
	S_{70}	262	416	1418	111	30	83	17	342	19
	S_{40}	152	352	1036	221	59	147	29	724	41
	S_0	7	231	560	366	98	268	53	1200	68

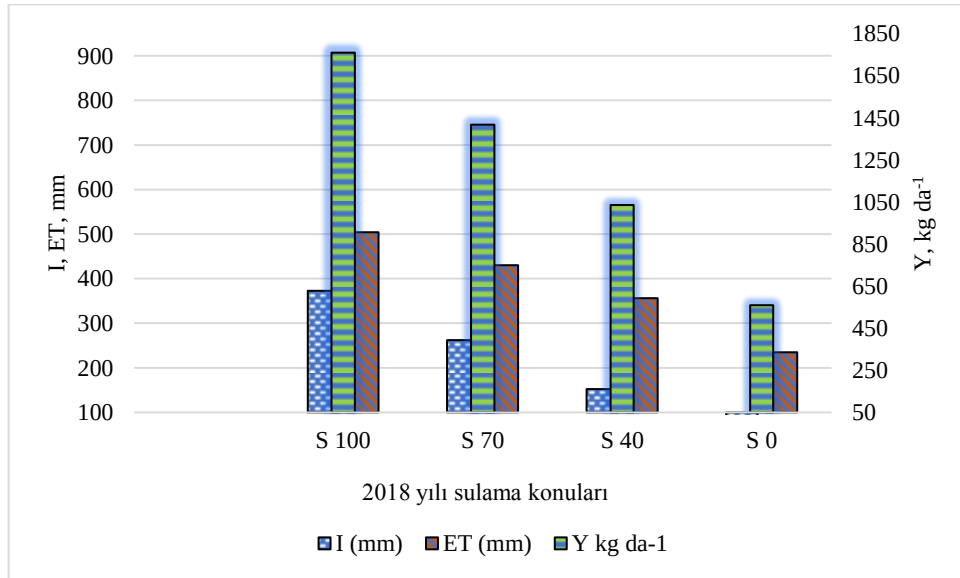
Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda konuların sulama suyu, su tüketimi ve verimleri şekil 4.10 ve şekil 4. 11’de verilmiştir.

Bazı araştırmacılar, mısırın suya ve diğer çevresel streslere karşı özellikle hassas olduğunu bildirmişlerdir (Nesmith ve Ritchie 1992; Çakır 2004; Pandey vd. 2000, Mansouri-Far vd. 2010). Kısıtlı su uygulamalarının konu alındığı mısır yetiştiriciliğine ait birçok araştırma yapılmıştır. Yazar vd. (1990) belirttiği üzere mısır bitki gelişiminin belli dönemlerinde su yetersizliği ile karşılaşırsa bitki gelişimi olumsuz olarak etkilenmekte ve bitkinin yaşamış olduğu stres nedeni ile verimde azalmalar meydana gelmektedir. Rhoads ve Bennett (1990) bildirdiğine göre bitki gelişiminin herhangi bir

devresinde yapılacak su kısıntısı dane verimini belirgin şekilde azaltabilmektedir. Mısırın gelişme dönemlerinde su stresine hassas dönemleri belirlemek amacı ile yürütülen araştırmalarda kısıtlı su konularında verim düşüşü olduğu belirtilmiştir (Yıldırım vd. 1996, Gençoğlu 1996, Çakır 2004, Uçak vd. 2010, Mansouri-Far vd. 2010, Gönülal 2013, Okay ve Yazgan 2016).



Şekil 4.10 Araştırma ilk yılı sulama suyu, su tüketimi ve verim değerleri



Şekil 4.11 Araştırma ikinci yılı sulama suyu, su tüketimi ve verim değerleri

Abou Kheira (2013) mısır veriminin potansiyel bitki su tüketimi (ETc) ile yakından ilgili olduğunu ve ETc'nin düşmesi ile birlikte verimin de düşeceğini belirtmiştir. Benzer değerlendirmeler farklı çalışmalarda da yapılmıştır (Payero vd. 2006a; Payero vd. 2006b; Payero vd. 2006c; Payero vd. 2006d).

Araştırmanın iki yıllık verileri ile elde edilen sonuçlara göre su kısıtı konuları tamamen ETc'nin belli oranda katları (0.7, 0.4) şeklinde uygulandığından su kısıtı uygulanan konularda verim düşüşü olmuştur.

Mısır ile ilgili ulusal ve uluslararası çalışmalarda, uygulanan sulama suyu miktarındaki artışa bağlı olarak verimde de artış olduğu belirtilmiştir.

Yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile sulanan mısırdaki yapılan araştırmalarda yağışa dayalı ve kontrol konusunda ihtiyacın araştırma metodoloji konusuna göre tam olarak verildiği uygulamalarda elde edilen bulgular incelenmiştir. Irmak vd. 2016; yağışa dayalı konunun da içinde olduğu farklı sulama seviyesi uygulamalarında dane mısır verimini 2005 yılında 2.6 - 14.7 t ha⁻¹, 2006 yılında 6.4 - 14.2 t ha⁻¹, 2007 yılında 6.7 ile 11.3 t ha⁻¹ ve 2008 yılında 13.1 ile 14.4 t ha⁻¹ arasında bulmuşlardır. Yağışa dayalı konularda ise verim değerlerinin yağış miktarına bağlı olarak farklılık gösterdiğini belirtmişlerdir. Elde edilen sonuçlar, Lamm ve Trooien (2001)'in kuzeybatı Kansas'ta yaptıkları araştırma bulguları ile benzerlik göstermiştir. Van Donk vd. (2012), yüzeyaltı damla sulama ile sulanan mısırdaki verim değerlerini 2007 yılında 8.9 ile 11.5 t ha⁻¹, 2008'de 7.3 ile 9.8 t ha⁻¹ arasında ve 2009'da Nebraska'da North Platte'de 12.6 ile 13.5 t ha⁻¹ arasında elde etmişlerdir. Van Donk vd. (2012) yaptıkları diğer bir çalışmada 264 mm sulama suyu uyguladıkları kontrol konusunda 11.5 t ha⁻¹ verim elde ederken 57 mm sulama suyu uyguladıkları konuda 7.8 t ha⁻¹ verim elde etmişlerdir.

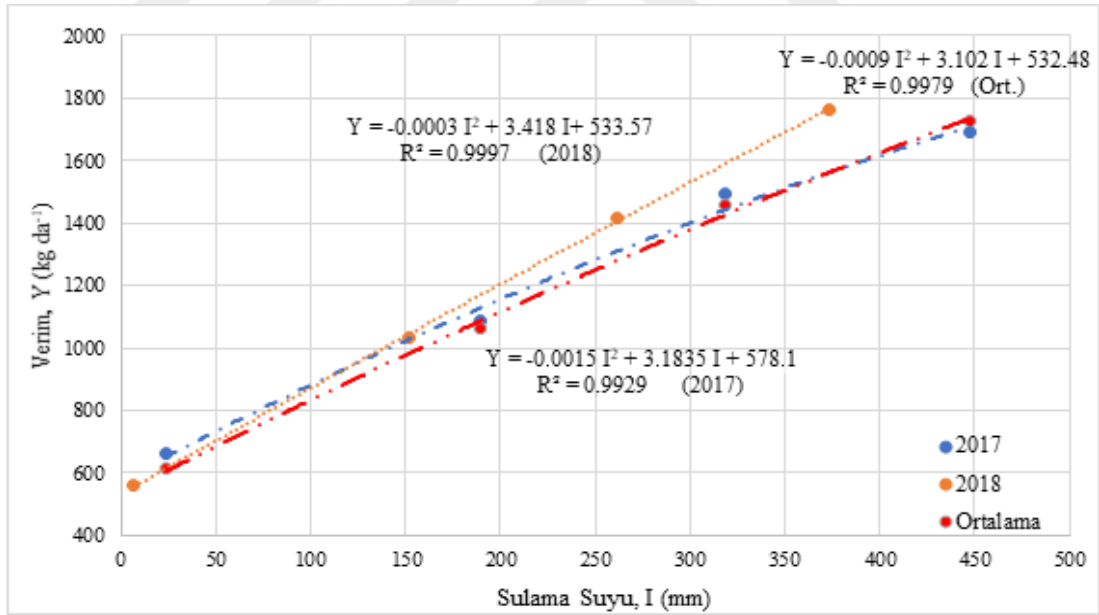
Yüzeyaltı damla sulama ile mısır bitkisinin farklı su kısıtı seviyelerine ilişkin yapılan araştırmalar değerlendirildiğinde; Gupta vd. (2019) %100, %75, %50, %120 ve %150 biçiminde beş farklı sulama düzeyinde sırasıyla 2057, 2019, 1364, 2049 ve 1574 kg da⁻¹ verim elde etmişlerdir. Irmak (2005) Nebraska'da farklı sulama seviyelerinde (%100ETc, %75 ETc ve %50 ETc) iki yıllık çalışmalarının ortalama verimlerini dekara

1347 kg, 1304 kg, 1217 kg bulmuştur. Howell vd. (1997) % 100ET, % 67ET, % 33ET sulama uygulamalarında 0.84- 14.1 t ha⁻¹ arasında değişen verimler almışlardır.

Yapılan bu doktora çalışmasında elde edilen en fazla verim ETc'nin en yüksek değerinde uygulanan sulama suyu miktarı ile kontrol konusunda (S₁₀₀) elde edilmiştir. ETc'nin azalan oranları olarak belirlenen kısıt (S₇₀, S₄₀) konularında uygulanan su miktarına bağlı olarak düşük verimler elde edilmiştir. Elde edilen bulgular diğer araştırmacıların elde ettiği sonuçlarla uyumludur.

4.5.1 Dane veriminin sulama suyu ve bitki su tüketimi ile ilişkisi

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda sulama konulara göre uygulanan sulama suyu miktarı ve gerçek bitki su tüketimleri ile dane verim değerleri (Çizelge 4.8) arasında ikinci dereceden ve doğrusal bir ilişki belirlenmiştir (Şekil 4.12 ve Şekil 4.13).



Şekil 4.12 Sulama suyu ve dane verim ilişkisi

Sulama suyu (I) ve dane verimi (Y) arasında ilk yıl $Y = -0.0015 I^2 + 3.1835 I + 578.1$ ($R^2 = 0.99$), ikinci yılda $Y = -0.0003 I^2 + 3.4181 I + 533.57$ ($R^2 = 1.0$) ve ortalamada ise $Y = -0.0009 I^2 + 3.102 I + 532.45$ ($R^2 = 1.0$) şeklinde eşitlikler elde edilmiştir (Şekil

4.12). Her iki yılda en fazla verim en fazla sulama suyunun uygulandığı konuda gerçekleşmiştir. En fazla verim 2017 yılında 448 mm, 2018 yılında ise 373 mm sulama suyu uygulamasında, en düşük verimler 189 mm ile 2017 yılında, 152 mm ile 2018 yılında belirlenmiştir. Sulamanın verim üzerine en önemli etkisi, kontrol konularında yağışa dayalı konuya oranla 2.5 ile 3 kat daha fazla verim elde edilmesi ile gerçekleşmiştir. Yıllar arasında birbirinden farklı sulama suyu miktarı ve verim elde edilmesinin yetiştirme sezonu boyunca meydana gelen iklimsel değişikliklerden kaynaklandığı söylenebilir.

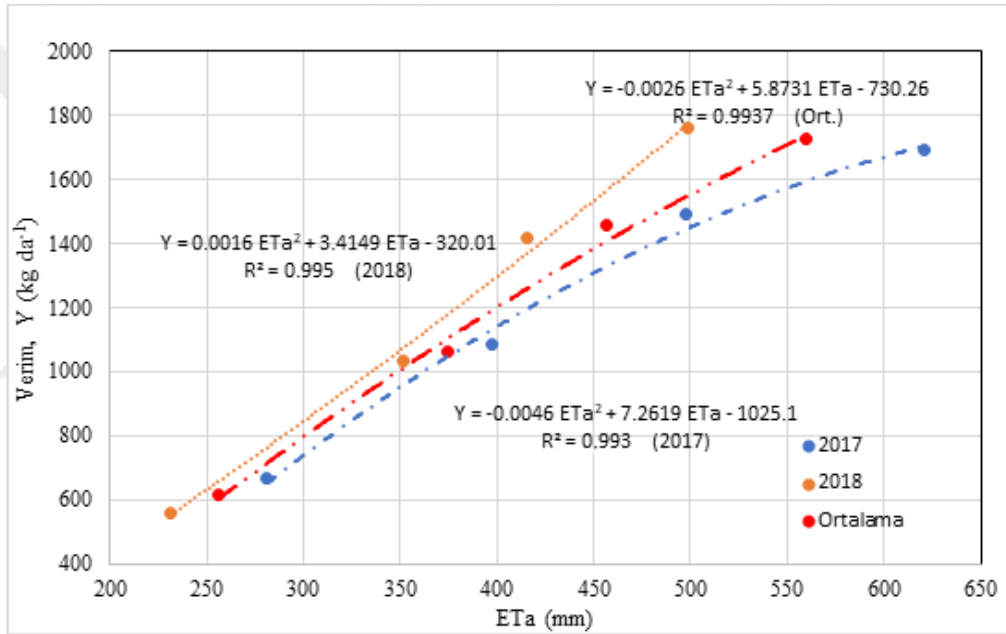
Köksal (1995), Gençoğlu (1996), Yıldırım (1993), Bozkurt vd. (2006) Aydınşakir vd. (2013), Şen vd. (2016), Özçelik vd. (2017) yapmış oldukları araştırmalarda sulama suyu ve mısır dane verimi arasında ikinci dereceden önemli eşitlikler belirlemişlerdir. Yazar vd. (1990), Farré ve Faci (2009), mısır bitkisinde verimin sulama suyu ve sulama sıklığı ile önemli ölçüde arttığını bildirmiştir. Lamm ve Trooien (2001), Kansas'ta yaptıkları araştırmada sulanan konularda yağışa dayalı konulara oranla iki katı verim elde etmiştir. Payero vd. (2008), Van Donk vd. (2009, 2012), Şen vd. (2016) ve Irmak vd. (2016), yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile yaptıkları araştırmalarda benzer sonuçlar elde etmişlerdir. Bu tez sonuçları anılan araştırmalar ile uyumlu olup, YADS yöntemi kullanarak karasal iklim kuşağında sulama uygulamaları ile daha fazla verim elde edilebileceği belirlenmiştir.

Şekil 4.13'de verildiği üzere araştırmanın her iki yılında ETa ile mısır dane verimi arasında ikinci dereceden bir ilişki belirlenmiştir. 2017 yılında elde edilen eşitlik $Y = -0.0046 ETa^2 + 7.2619 ETa - 1025.1$ ($R^2 = 0.99$), 2018 yılında elde edilen eşitlik $Y = 0.0016 ETa^2 + 3.4149 ETa - 320.01$ ($R^2 = 1.0$) ve her iki yılın ortalamasında elde edilen eşitlik $Y = 0.0026 ETa^2 + 5.8731 ETa - 730.26$ ($R^2 = 0.99$) şeklindedir.

2017 ve 2018 yılında en yüksek verimler sırasıyla 621 mm ve 499 mm ile en yüksek ETa değerlerinde elde edilmiştir. Her iki yılda en düşük verimler yağışa dayalı konuda 281 mm ve 231 mm olarak elde edilmiştir. 2017 yılında elde edilen en yüksek verim (1692 kg da^{-1}) değeri 621 mm (ETa) ile gerçekleşirken 2018 yılında en yüksek verim (1760 kg da^{-1}) değerinde daha düşük ETa değerinde (499 mm) gerçekleşmiştir.

Grimes vd. (1969), Orgaz vd. (1992) ve Gulati ve Murty (1979) taneli bitkiler için verim ile ETa arasındaki ilişkinin en iyi ikinci dereceden fonksiyonlarla tanımlandığını bildirmiştir. Gençdoğan (1996) ve Irmak vd. (2016) mısır dane verimi ve ETa arasında doğrusal olmayan bir ilişki elde etmişlerdir. Bu araştırmanın 2017 yılında elde edilen verileri anılan araştırmalar ile desteklenmektedir.

Eck (1986), Payero vd. (2008, 2009) ve Djaman vd. (2013) mısır dane verimi ile ETa arasında doğrusal bir ilişki olduğunu belirtmişlerdir. Bu araştırmanın 2018 yılı verileri bahsi geçen araştırmalar ile desteklenmektedir.



Şekil 4.13 Gerçek bitki su tüketimi ve verim ilişkisi

4.6 Su ve Sulama Suyu Kullanım Randımanları

Araştırmanın yürütüldüğü 2017-2018 yıllarında dane mısırın su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım (IWUE) randımanları çizelge 4.10'da verilmiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü ilk yıl en yüksek WUE, S₇₀ konusunda 3.0 kg m⁻³ iken ikinci yıl S₁₀₀ kontrol konusunda 3.5 kg m⁻³ olmuştur. Her iki yılda yağışa dayalı konuda en

düşük WUE değeri (2,4) elde edilmiştir. Araştırma yılları birlikte değerlendirildiğinde WUE değerleri 2.4 ile 3.5 kg m⁻³ değerleri arasında değişim göstermiştir.

Araştırmanın birinci ve ikinci yılında en yüksek sulama suyu kullanım randımanını (IWUE), sırasıyla 2.6 ve 3.3 kg m⁻³ ile S₇₀ konusunda elde edilmiştir. En düşük IWUE değeri ise her iki yılda 2.2 ve 3.1 kg m⁻³ değerleri ile S₄₀ konusunda belirlenmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü yılların sonuçları beraber değerlendirildiğinde IWUE değerlerinin, 2.2 ile 3.3 kg m⁻³ arasında değiştiği görülmektedir. Yüzeyaltı damla sulama yönteminin kullanıldığı iki araştırma yılında da WUE ve IWUE değerleri S₇₀ kısıt konusunda en yüksek değerlerini almıştır.

Çizelge 4.10 Araştırma konularına ait su uygulama randımanı değerleri

Yıllar	Sulama Seviyeleri	Y (kg da ⁻¹)	ET (mm)	I (mm)	WUE (kg m ⁻³)	IWUE (kg m ⁻³)
2017	S ₁₀₀	1692	621	448	2.7	2.3
	S ₇₀	1491	498	319	3.0	2.6
	S ₄₀	1085	397	189	2.7	2.2
	S ₀	665	281	24	2.4	-
2018	S ₁₀₀	1760	499	373	3.5	3.2
	S ₇₀	1418	416	262	3.3	3.3
	S ₄₀	1036	352	152	2.9	3.1
	S ₀	560	231	7	2.4	-

Gupta vd. (2019) yüzeyaltı damla sulama ile yetiştirdikleri mısırdaki IWUE değerlerini kontrol konusunda 1.9 kg m⁻³ kısıtlı sulama suyu konularında (%75, %50) 2.5 ve 2.6 kg da⁻¹, aşırı sulamalarda (%120, %150) ise 1.6 ve 0.9 kg m⁻³ olarak belirlemişlerdir. Uygan (2017) Eskişehir koşullarında damla sulama yöntemi ile sulanan mısırdaki IWUE değerini 1.82 - 4.03 kg m⁻³, WUE değerini ise 1.57 - 3.19 kg m⁻³ arasında hesaplamıştır. Irmak vd. (2016) Nebraska'da yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile dane mısırdaki 4 yıl boyunca yaptıkları araştırmada yıllar arasında farklılık göstermekle beraber IWUE değerleri 1.1 ile 9.4 kg m⁻³ arasında, WUE değerleri ise 2.2 ile 2.6 kg m⁻³ arasında değişim göstermiştir ve en yüksek değerler kısıtlı su uygulamalarında en düşük değerler ise yağışa dayalı konuda hesaplanmıştır. Şen vd. (2015) İzmir koşullarında 4 yıl

boyunca yüzeyaltı damla sulama yöntemi kullanarak suladıkları mısırdaki WUE değerlerini 2.13 ile 3.51 kg m⁻³ değerleri arasında hesaplamışlardır. Yazar vd. (2009) Çukurova koşullarında mısırdaki yapmış oldukları çalışmada WUE 1.1 ile 2.7 kg m⁻³ değerleri arasında bulurken ortalamanın 1.80 kg m⁻³ olduğunu bildirmişlerdir. Irmak (2005) mısırdaki WUE değerini 1.2 ile 2.5 kg m⁻³ arasında en düşük değerini ise yağışa dayalı konuda saptamıştır. Howell vd. (1997) Bushland, Texas'ta iki yıl boyunca mısırdaki yapmış oldukları çalışmada WUE değerlerinin 1.08 - 1.62 kg m⁻³ arasında olduğunu belirtmişlerdir. Caldwell vd. (1994) Kansas'ta yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile suladıkları mısırdaki IWUE değerlerinin 2.07 ile 2.76 kg m⁻³ arasında değiştiğini belirlemişlerdir. Yapılan araştırmalarda su ve su uygulama randımanları kısıt konularında en yüksek değerlerini almıştır. Bu araştırmada elde edilen sonuçların yukarıda belirtilen araştırmacılar tarafından hesaplanan WUE ve IWUE değerleri ile uyumlu olduğu söylenebilir.

4.7 Sulamanın Bitki Ölçüm Parametreleri Üzerine Etkisi

Araştırmanın yürütüldüğü her iki yılda hasat sırasında ölçümler yapılmıştır. Söz konusu parametreler konu başlıkları altında ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Araştırma yıllarında elde edilen farklılıklar her yılın yetiştiricilik döneminde meydana gelen iklim olaylarına göre farklılık göstermiştir.

4.7.1 Sulamanın bitki boyu üzerine etkisi

Araştırmada yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanılarak sulanan dane mısırdaki farklı seviyedeki sulama uygulamalarının ortalama bitki boyu üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği istatistiksel analiz verileri çizelge 4.11'de verilmiştir. Çizelge'den izlendiği üzere araştırmanın yürütüldüğü yıllar tek tek değerlendirildiğinde sulama konuları % 1 hata seviyesinde önemli bulunurken iki yıllık birleştirilmiş verilere göre yıllar % 1 düzeyinde ve sulama konuları % 1 düzeyinde önemli, yıl x sulama arasındaki interaksiyon ise önemsiz çıkmıştır.

Araştırma yıllarına ait ölçümleri yapılan ortalama bitki boyu değerleri ve LSD gruplandırması çizelge 4.12’de verilmiştir. Araştırma ilk yıl bitki boyu değerleri 172.7 cm ile 263.0 cm arasında, ikinci yıl 141.4 ile 237.1 cm arasında değişirken iki yıllık ortalama değerlendirildiğinde 157.1 ile 250.1 cm arasında değişmiştir. Araştırma her iki yılında da en yüksek ortalama bitki boyu değerleri sulama kontrol konusunda (S_{100}) ilk yıl 263.0 cm, ikinci yıl 237.1 cm ve iki yıl birleştirildiğinde ortalama 250.1 cm elde edilirken en düşük bitki boyu değerleri yağışa dayalı konuda deneme yılları itibari ile 172.7 cm ve 141.4 cm ve ortalama iki yıllık veriler değerlendirildiğinde 157.1 cm elde edilmiştir. Araştırma yıllarında ortalama olarak elde edilen bitki boyları değerlendirildiğinde ilk yıl 228.7 cm elde edilirken ikinci yıl % 11 düşüş elde edilerek ikinci yıl 202.7 cm olmuştur.

Çizelge 4.11 Deneme konuları bitki boyu ölçüm değerleri varyans analiz tablosu

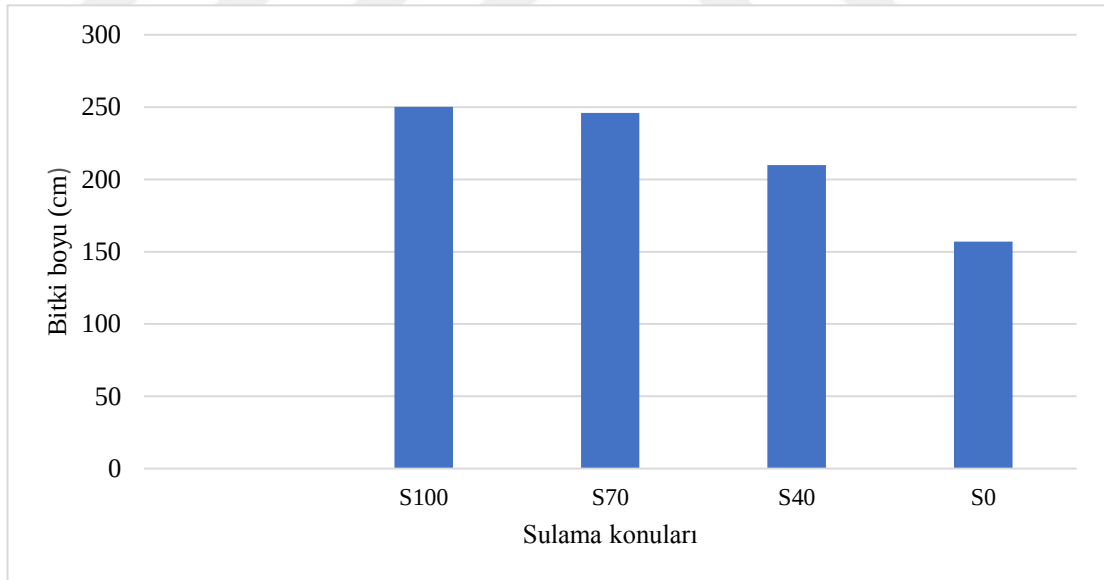
Yıllar	Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	Olasılık
2017	Bloklar	2	450.670	226.330	1.613	öd
	Sulama	3	15283.000	5094.000	36.299	0.000**
	Hata	6	834.000	140.330		
	Genel	11	16568.386			
2018	Bloklar	2	2.765	1.382	0.011	öd
	Sulama	3	18198.580	6066.193	48.091	0.000**
	Hata	6	756.835	126.139		
	Genel	11	18958.179			
2017 ve 2018 birlikte	Bloklar	2	243.361	121.680	0.946	öd
	Yıllar	1	4014.507	4014.507	31.206	0.000**
	Sulama	3	33386.222	11128.741	86.506	0.000**
	Yıl x Sulama	3	95.923	31.974	0.249	öd
	Hata	14	1801.059	128.647		
	Genel	23	39541.072			
	Varyasyon Katsayısı (%)		5.26			

** %1 hata düzeyinde önemli. öd: Önemli değil

Çizelge 4.12 Araştırma yıllarında ortalama bitki boyu değerleri, (cm)

Sulama Konuları	2017				2018				İki Yıllık Ortalama
	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama	
S ₁₀₀	258.0	265.0	266.0	263.0 a	227.8	249.5	234	237.1 a	250.1 a
S ₇₀	265.0	258.0	245.0	256.0 a	238.0	238.4	230.8	235.7 a	245.9 a
S ₄₀	213.0	235.0	221.0	223.0 b	208.8	184.0	196.8	196.5 b	209.8 b
S ₀	150.0	188.0	180.0	172.7 c	133.8	139.0	151.5	141.4 c	157.1 c
Ortalama				228.7	Ortalama				202.7
LSD (%1)				23.56	22.44				

Araştırma yıllarına ait sulama konularına göre ölçülen ortalama bitki boyları şekil 4.14’de verilmiştir. Kontrol konusunda elde edilen bitki boy uzunlukları kısıtlı sulama suyu uygulamaları ile azalma göstermiştir. Kontrol konusu ile kısıt konuları (S₇₀, S₄₀) arasında sırasıyla %2, %16 ve yağışa dayalı konuda ise %37 azalma gerçekleşmiştir.



Şekil 4.14 Sulama uygulamalarına göre ölçülen ortalama bitki boyları

Samimis vd. (1988) mısır bitkisi ile ilgili yapmış oldukları bir çalışmada, bitki boyunun su stresini belirlemede iyi bir gösterge olduğunu ve geliştirdikleri modelde verim azalmasının tahmininde çabukluk ve kolaylık sağladığını belirtmişlerdir. Aynı zamanda

sulama uygulamalarında yapılan kısıta bağılı olarak mısır bitki boyunda azalmalar olduğu birçok araştırmacı tarafından da belirtilmiştir (Ul 1992, Otegui vd. 1995, Gençdoğan 1996, Pandey vd. 2000, İstanbulluoğlu vd. 2002, Kırnak vd. 2003, Yılmaz vd. 2004, Çakır 2004, Bozkurt 2005, Uçak vd. 2010, Kuşçu 2010, Gönülal 2013, Özçelik vd. 2017). Araştırmada elde edilen bulgular mısır bitkisinde kısıntılı sulama üzerine yapılan araştırma bulguları ile benzerlik göstermektedir.

Yüzeyaltı damla sulama ile mısır bitkisinde kısıtlı sulama suyu araştırmaları değerlendirildiğinde Demirok (2017) farklı sulama seviyelerinde ölçülen bitki boylarını konularına göre sırasıyla 216.9, 210.5, 202.6, 180.4, 165.9 ve 195.1 cm değerlerinde bulmuştur.

4.7.2 Sulamanın koçan çapı üzerine etkisi

Araştırma konularına göre 2017 ve 2018 yıllarında hasat sonrası ölçülen koçan çap varyans analizlerine ait sonuçlar çizelge 4.13’de verilmiştir. Araştırmanın her iki yılında sulama konusu %1 hata seviyesinde önemli bulunurken, yıllar birlikte değerlendirildiğinde yıl x sulama arasındaki interaksiyon %5 hata düzeyinde önemli çıkmıştır.

Araştırmada hasat sonrası ölçülen ortalama koçan çapı ve LSD gruplandırması çizelge 4.14’de verilmiştir. Araştırma ilk yıl ortalama koçan çapı değerleri 38.0 ile 49.6 mm arasında değişirken ikinci yıl 28.6 ile 50.6 mm arasında bulunmuştur. Araştırmanın her iki yılında en yüksek ortalama koçan çapı değerleri sulama kontrol konusunda (S_{100}) ilk yıl 49.6 mm, ikinci yıl 50.6 cm elde edilirken iki yıllık ortalama değer ise 50.1 mm bulunmuştur. Koçan çapına ait en düşük değerler ise yağışa dayalı konuda elde edilmiş ve deneme yılları itibari ile 38.0 mm ve 28.6 mm olarak elde edilirken iki yıllık ortalama ise 33.3 mm bulunmuştur. Elde edilen sonuçlara göre sulama tam yapıldığında ve % 30 kısıt uygulandığında koçan çapı değerlerinin yüksek olduğu, artan kısıt ve yağışa dayalı koşullarda ise koçan çapının gittikçe azaldığı belirlenmiştir. Her iki

araştırma yılında ortalama koçan çapı verileri değerlendirildiğinde ilk yıl 45.7 mm elde edilirken ikinci yıl 43.6 mm elde edilmiştir.

Çizelge 4.13 Deneme konuları koçan çapı ölçüm değerleri varyans analiz tablosu

Yıllar	Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	Olasılık
2017	Bloklar	2	0.112	0.056	0.0635	öd
	Sulama	3	251.223	83.741	95.250	0.000**
	Hata	6	5.275	0.879		
	Genel	11	256.609			
2018	Bloklar	2	23.782	11.891	0.920	öd
	Sulama	3	932.740	310.913	24.044	0.001**
	Hata	6	77.858	12.931		
	Genel	11	1034.107			
2017 ve 2018 birlikte	Bloklar	2	10330.000	5.165	0.750	öd
	Yıllar	1	26.670	26.670	3.872	0.069 öd
	Sulama	3	1075.608	358.536	52.057	0.000**
	Yıl x Sulama	3	108.355	36.118	5.244	0.012*
	Hata	14	96.423	6.887		
	Genel	23	1317.386			
	Varyasyon Katsayısı (%)					5.87

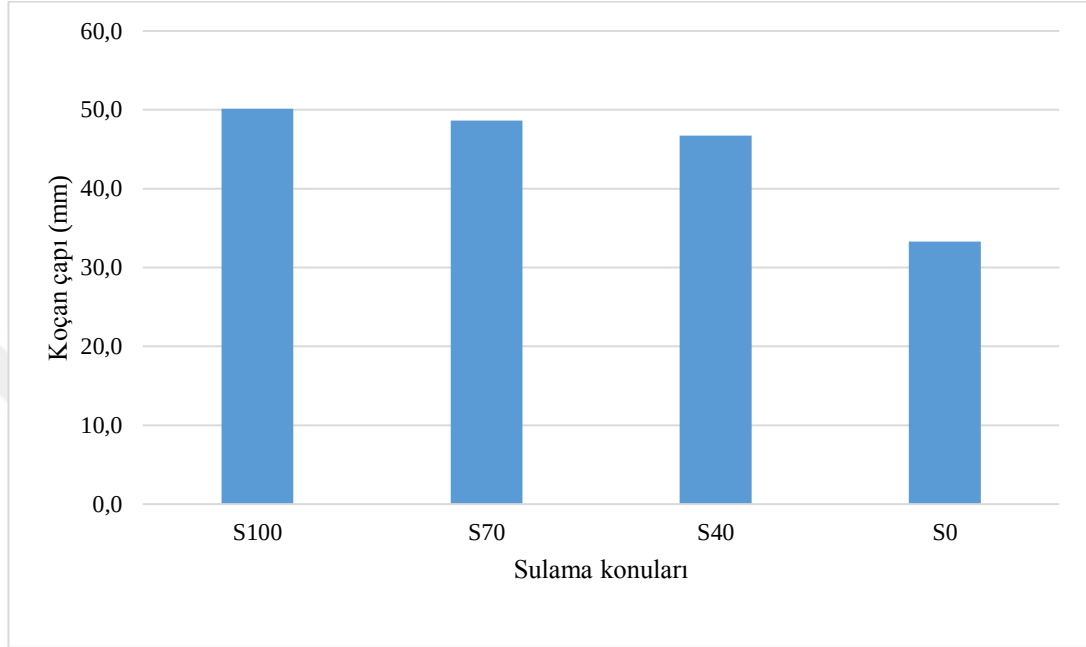
*%5 hata düzeyinde önemli ** %1 hata düzeyinde önemli. öd: Önemli değil

Çizelge 4.14 Araştırma yıllarında ortalama koçan çapı değerleri, (mm)

Sulama Konuları	2017				2018				İki Yıllık Ort.
	1. Blok	2. Blok	3. Blok	Ortalama	1. Blok	2. Blok	3. Blok	Ortalama	
S ₁₀₀	50.5	49.0	49.4	49.6 a	50.8	50.3	50.8	50.6 a	50.1 a
S ₇₀	47.9	49.4	47.4	48.2 a	47.6	49.0	50.4	49.0 a	48.6 a
S ₄₀	47.3	47.3	46.8	47.1 b	45.7	46.6	46.6	46.3 b	46.7 b
S ₀	37.1	37.8	39.0	38.0 c	33.8	20.7	31.3	28.6 c	33.3 c
Ortalama				45.7	Ortalama				43.6
LSD (%1)				1.83	22.44				14.05

Araştırma yıllarına ait sulama konularına göre ölçülen ortalama koçan çapı şekil 4.15’de verilmiştir. Koçan çapında kontrol konusuna oranla S₇₀ konusunda % 3, S₄₀ konusunda

% 7 ve S₀ konusunda % 34 azalma olduğu belirlenmiştir. Mısır bitkisine ait bitki ölçüm parametrelerinden olan koçan çapı uygulanan kısıtlı su uygulamalarından etkilenmiş ve azalan su uygulamalarından etkilenerak koçan çapı da düşüş göstermiştir.



Şekil 4.15 Sulama uygulamalarına göre ölçülen ortalama koçan çapları

Koçan çapı ölçümlerinin yapıldığı araştırmalarda sulama suyu miktarı ve sayısının koçan çapı üzerinde önemli düzeyde etkili olduğu belirtilmiştir. Ul (1992) sulama zamanının önemini belirttiği araştırmasında sulama sayısı azaldığında koçan çaplarının da azaldığını belirterek 3.2 – 5.62 cm arasında değişen koçan çapları belirlemiştir Yılmaz vd. (2004) en düşük koçan çapı değerlerini yağışa dayalı konuda 4.79 – 4.81 cm elde ederken tam su uygulamasında 5.26 – 5.33 cm arasında elde etmiştir. Kuşçu (2010) benzer şekilde yağışa dayalı konuda 4.46 cm, tam su konusunda 5.30 cm elde etmiş, koçan çapının kısıtın artan oranlarında azaldığını belirtmiştir. Uçak vd. (2010), farklı sulama suyu uygulamalarında koçan çapının istatistiki değerlendirmesinde %1 hata düzeyinde önemli olduğunu bulmuştur.

Gönülal (2013) farklı fenolojik dönemlerde uyguladığı kısıtlı sulama suyu çalışmasında koçan çapının en yüksek değerini 29.2 mm, en düşük koçan boyu değerini 28.5 mm

olarak belirlemiştir. Menemen koşullarında, farklı sulama suyu uygulamalarında koçan çapı 39.72 - 48.38 mm arasında bulunmuştur (Özçelik vd. 2017). Demirok (2017) Harran Ovası koşullarında yüzeyaltı damla sulama sistemi ile sulanan mısırdaki 39.7 - 42.8 mm arasında değişen koçan çapı değerleri elde etmiştir. Araştırmacılar tarafından yapılan çalışmalarla elde edilen sonuçlar yapılan araştırmayı destekler niteliktedir.

4.7.3 Sulamanın koçan boyu üzerine etkisi

Araştırmada yüzeyaltı damla sulama sistemi ile sulanan dane mısırdaki farklı sulama seviyelerinin ortalama koçan boyu üzerindeki etkilerinin değerlendirildiği istatistiksel analiz verileri çizelge 4.15’de verilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü yıllar tek tek ve birlikte değerlendirildiğinde sulama konuları % 1 hata düzeyinde önemli bulunmuştur. Her iki yılın verilerinin birlikte değerlendirildiğinde yıl ve sulama arasındaki interaksiyon önemsiz bulunmuştur.

Araştırmada hasat sonrası ölçülen ortalama koçan boyu ve LSD gruplandırması çizelge 4.16’da verilmiştir. Araştırmada ilk yıl ortalama koçan boyu değerleri 11.3 ile 17.2 cm arasında, ikinci yıl 10.7 cm ile 18.5 cm arasında değişirken iki yıllık ortalamalar ise 11.0 ile 17.6 cm arasında bulunmuştur. Araştırmanın ilk yılında en yüksek ortalama koçan boyu değeri S₇₀ su kısıtı konusunda 17.2 cm elde edilirken ikinci yıl S₁₀₀ kontrol konusunda 18.5 cm elde edilmiş ve her iki yıl birlikte değerlendirildiğinde kontrol konusunda 17.6 cm olarak bulunmuştur. En düşük koçan boyu değerleri ise her iki yılda da yağışa dayalı konuda ilk yıl 11.3 cm, ikinci yıl 10.7 cm olarak elde edilirken iki yıllık ortalama koçan boyu 11.0 cm bulunmuştur.

Çizelge 4.15 Deneme konuları koçan boy ölçüm değerleri varyans analiz tablosu

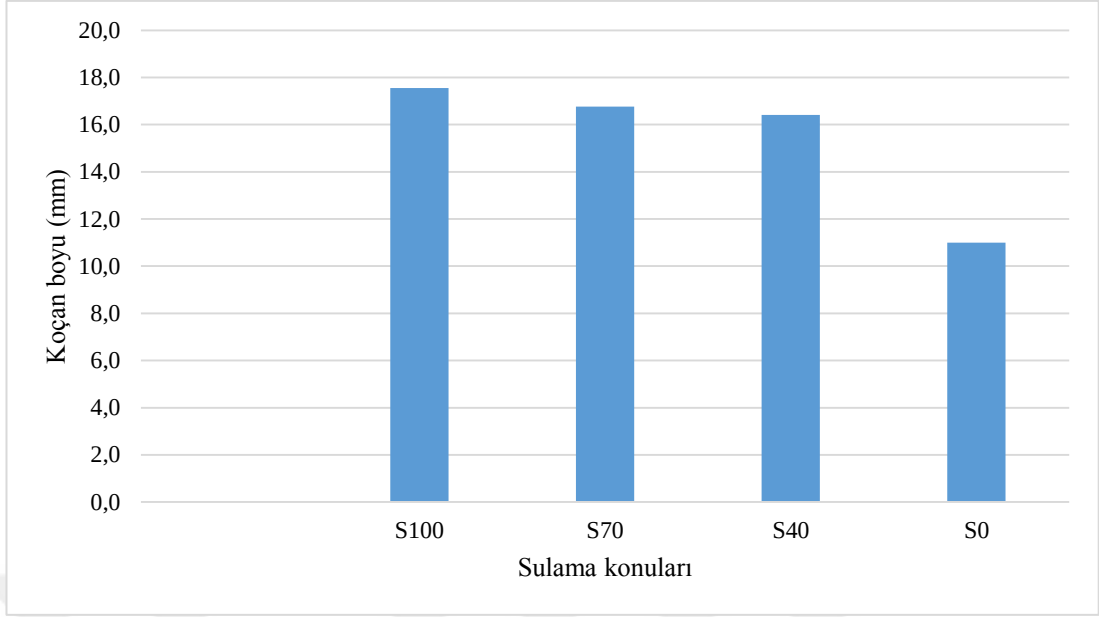
Yıllar	Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	Olasılık
2017	Bloklar	2	307.712	153.856	1.268	0.3473öd
	Sulama	3	6466.353	2155.451	17.762	0.002**
	Hata	6	728.122	121.354		
	Genel	11	7502.187			
2018	Bloklar	2	327.705	163.852	0.738	öd
	Sulama	3	10474.453	3491.584	15.723	0.003**
	Hata	6	1332.402	222.067		
	Genel	11	12134.86			
2017 ve 2018 birlikte	Bloklar	2	506.893	253.447	1.621	0.233öd
	Yıllar	1	74.907	74.907	0.479	öd
	Sulama	3	16177.683	5392.561	34.488	0.000**
	Yıl x Sulama	3	763.424	254.475	1.628	0.228öd
	Hata	14	2189.047	156.360		
	Genel	23	19711.954			
	Varyasyon Katsayısı (%)		8.1			

* %5 hata düzeyinde önemli ** %1 hata düzeyinde önemli. öd: Önemli değil

Araştırma yıllarına ait sulama konularına göre ölçülen ortalama koçan boyu şekil 4.16’da verilmiştir. Kontrol konusuna oranla S₇₀ konusunda % 5, S₄₀ konusunda % 7 ve S₀ konusunda % 38 oranında azalma görülmüştür.

Çizelge 4.16 Araştırma yıllarında ortalama koçan boy değerleri, (cm)

Sulama Konuları	2017				2018				İki Yıllık Ortalama
	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama	
S ₁₀₀	17.3	18.2	14.2	16.6 a	21.3	17.4	16.9	18.5 a	17.6 a
S ₇₀	16.9	18.1	16.6	17.2 a	16.2	16.2	16.8	16.4 a	16.8 a
S ₄₀	15.8	15.9	16.2	16.0 a	16.0	18.5	16.0	16.9 a	16.4 a
S ₀	10.8	11.5	11.7	11.3 b	11.2	11.0	9.9	10.7 b	11.0 b
Ortalama				15.3				15.6	15.4
LSD (%1)				22.01				29.77	15.48



Şekil 4.16 Sulama uygulamalarına göre ölçülen ortalama koçan boyları

Araştırmada elde edilen sonuçlara göre sulama suyu miktarındaki azalmaya bağlı olarak koçan boyunda önemli oranda azalma gerçekleşmiştir. Araştırmada elde edilen sonuçlar mısır bitkisinde kısıtlı su uygulaması yapılan farklı toprak, iklim koşullarındaki diğer araştırma bulguları ile desteklenmektedir. Menemen koşullarında Ul (1992), 20.0 - 38.1 cm, Özçelik vd.(2017) 13.1 – 18.7 cm arasında, Bursa koşullarında Okay (2006) 19.1– 21.5 cm, Çarpıcı (2009) 9.0–23.6 cm, Tekirdağ koşullarında İstanbulluoğlu vd. (2002) 16.4–20.5, Konya koşullarında Gönülal (2013) 16.5 – 17.4 cm, Kara (2011), 15.6-18.9 cm, Çukurova koşullarında Gençdoğan (1996) 11.6–20.8 cm arasında, Bozkurt (2005) 17.3-19.3 cm arasında, Demirok (2017) Harran ovası şartlarında YADS ile 22.2 - 16.6 cm arasında bulmuşlardır.

4.7.4 Sulamanın koçan ağırlığı üzerine etkisi

2017 ve 2018 yıllarında hasat sonrası ölçümleri yapılan koçan ağırlıklarının farklı sulama seviyesindeki etkilerinin değerlendirildiği istatistiksel analiz verileri çizelge 4.17’de verilmiştir. Araştırmada yıllık olarak istatistik analiz sonuçları değerlendirildiğinde her iki yılda sulama yönünden %1 hata seviyesinde önemli

bulunmuştur. Araştırma yılları birlikte değerlendirildiğinde yıl ve sulama arasındaki interaksiyon %1 hata düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.17 Deneme konuları koçan ağırlık ölçüm değerleri varyans analiz tablosu

Yıllar	Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	Olasılık
2017	Bloklar	2	14.332	7.166	0.1533	
	Sulama	3	48731.168	16243.723	347.4244	0.000**
	Hata	6	280.528	46.755		
	Genel	11	49026.027			
2018	Bloklar	2	31.262	15.631	0.2656	
	Sulama	3	62724.766	20908.255	355.2824	0.000**
	Hata	6	353.098	58.850		
	Genel	11	63109.126			
2017 ve 2018 birlikte	Bloklar	2	25.083	12.541	0.2684	
	Yıllar	1	2784.260	2784.260	59.5894	0.000**
	Sulama	3	109248.501	36416.167	779.3875	0.000**
	Yıl x Sulama	3	2207.432	735.811	15.7480	0.000**
	Hata	14	654.137	46.724		
	Genel	23	114919.413			
	Varyasyon Katsayısı (%)					4.02

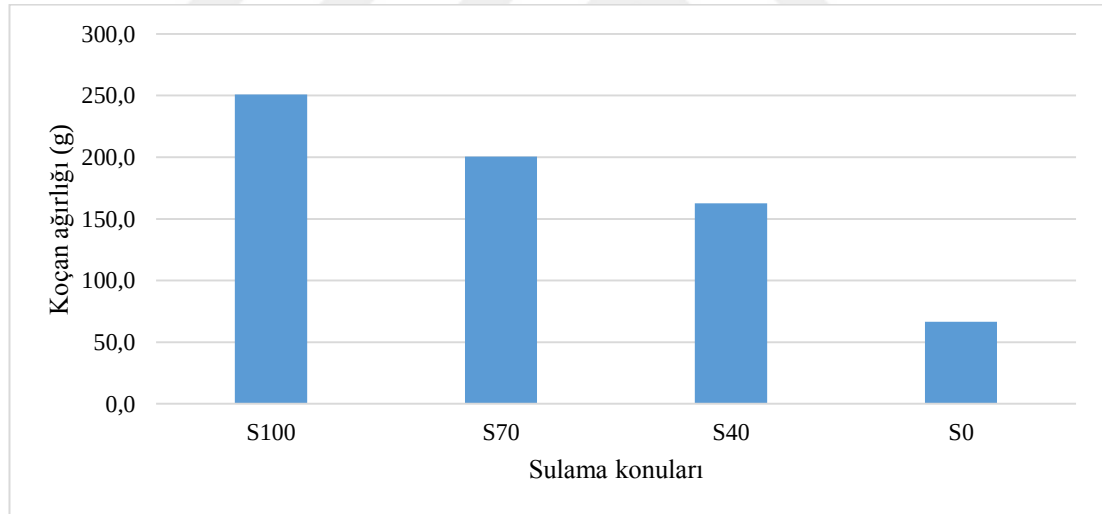
*%5 hata düzeyinde önemli ** %1 hata düzeyinde önemli. öd: Önemli değil

Araştırma yıllarına ait ortalama koçan ağırlığı ve LSD gruplandırması çizelge 4.18’de sunulmuştur. Buna göre 2017 ve 2018 yıllarında su uygulaması arttıkça veriler istatistiki olarak en yüksek gruba girmiştir. İkinci yıl verileri ilk yıl verilerinden genel olarak düşük olmakla birlikte birbirine yakın veriler elde edilmiştir. İlk yıl en yüksek koçan ağırlığı kontrol konusunda (S_{100}) 245.7 g olurken sırasıyla (S_{70} , S_{40} , S_0) sulama konularında 219.5, 180.2 ve 78.2 g değerlerini almıştır. İkinci yıl ise kontrol konusunda (S_{100}) 256.0 g olurken S_{70} , S_{40} , S_0 konularında sırasıyla 181.5, 144.9 ve 55.1g elde edilmiştir. Araştırma yıllarında elde edilen ortalama koçan ağırlıkları değerlendirildiğinde ilk yıl 180.9 g elde edilirken ikinci yıl % 12’lik azalma ile 159.4 g elde edilmiştir.

Araştırma yıllarına ait sulama konularına göre ölçülen ortalama koçan ağırlıkları şekil 4.17’de verilmiştir. Kontrol konusuna oranla S₇₀ konusunda % 20, S₄₀ konusunda % 35 ve S₀ konusunda % 73 oranında azalma görülmüştür.

Çizelge 4.18 Araştırma yıllarında ortalama koçan ağırlık değerleri, (g)

Sulama Konuları	2017				2018				İki Yıllık Ortalama
	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama	
S ₁₀₀	257.3	242.2	237.7	245.7 a	263.8	256.7	247.4	256.0 a	250.9 a
S ₇₀	214.7	224.8	219.1	219.5 b	171.3	185.4	187.8	181.5 b	200.5 b
S ₄₀	180.3	181.2	179.0	180.2 c	144.7	142.7	147.4	144.9 c	162.6 c
S ₀	76.8	75.2	82.6	78.2 d	54.3	61.7	49.2	55.1 d	66.6 d
Ortalama				180.9	Ortalama				159.4
LSD (%1)				13.66					15.33
									11.97



Şekil 4.17 Sulama uygulamalarına göre ölçülen ortalama koçan ağırlığı

4.7.5 Sulamanın bin dane ağırlığı üzerine etkisi

Araştırmada 2017 ve 2018 yıllarında bin dane ağırlıklarının değerlendirildiği istatistik analiz verileri çizelge 4.19’da açıklanmıştır. Araştırmada yıllık olarak istatistik analiz sonuçları değerlendirildiğinde her iki yılda sulama konuları %1 hata seviyesinde önemli

bulunmuştur. Araştırma yılları birlikte değerlendirildiğinde yıl ve sulama arasındaki interaksiyon önemsiz bulunmuştur.

Araştırma yıllarına ait ortalama bin dane ağırlığı ve LSD gruplandırmaları çizelge 4.20’de verilmiştir. 2017 ve 2018 yıllarında sulama suyu azaldıkça bin dane ağırlığı azalmıştır. Araştırma ilk yılında en yüksek bin dane ağırlığı kontrol konusunda (S_{100}) ortalama 409.2 g olurken sulama seviyesinin azalan oranlarında sırasıyla 393.8, 357.6 ve yağışa dayalı konuda 295.9 g olmuştur. Araştırma ikinci yılında en yüksek 371.4 g olurken sırasıyla sulama konusunun azalan düzeylerinde (S_{70} , S_{40} , S_0) ise 324.4, 263,9 ve 230.1 g olmuştur. İlk yıl tüm bloklarda ortalama 364.1 g elde edilirken ikinci yıl bu değer % 18 düşüş göstererek 297.4 g olmuştur. Araştırma yılları birlikte değerlendirildiğinde ortalama bin dane ağırlık değerleri 263.0 g ile 390.3 g arasında değişmiştir.

Çizelge 4.19 Deneme konuları bin dane ağırlığı varyans analiz tablosu

Yıllar	Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	Olasılık
2017	Bloklar	2	661.972	330.986	2.7069	
	Sulama	3	22818.205	7606.068	62.2048	0.000**
	Hata	6	733.648	122.275		
	Genel	11				
2018	Bloklar	2	675.372	337.686	1.0567	0.404öd
	Sulama	3	35599.185	11866.395	37.1340	0.000**
	Hata	6	1917.335	319.556		
	Genel	11	38191.892			
2017 ve 2018 birlikte	Bloklar	2	35.423	17.712	0.0627	
	Yıllar	1	26693.341	26693.34	94.5398	0.000**
	Sulama	3	56056.396	18685.465	66.1783	0.000**
	Yıl x Sulama	3	2360.994	786.998	2.7873	0.0794öd
	Hata	14	3952.904	282.350		
	Total	23	89099.057			
	Varyasyon Katsayısı (%)		5.08			

*%5 hata düzeyinde önemli ** %1 hata düzeyinde önemli. öd: Önemli değil

Araştırma yıllarına ait sulama konularına göre ölçülen bin dane ağırlığına ait ortalama değerler şekil 4.18’de verilmiştir. Kontrol konusuna oranla bin dane ağırlığında S_{70}

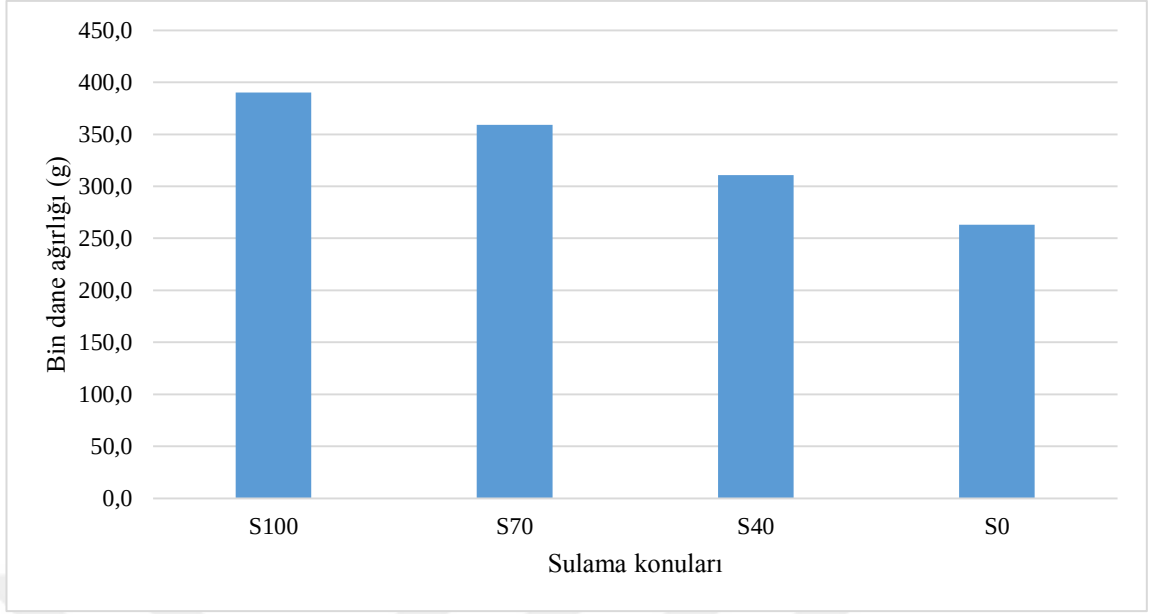
konusunda %8, S₄₀ konusunda %20 ve S₀ konusunda %33 oranında azalma görülmüştür.

Araştırmada elde edilen veriler ortalama olarak her iki yılda da değerlendirildiğinde sulama konularına göre farklılık göstermekle birlikte 230.1 ile 409.2 g arasında değişmiştir. Elde edilen veriler sulama uygulamalarının artış miktarına bağlı olarak bin dane ağırlıklarında da artış olarak kendini göstermiştir.

Bin dane ağırlığı yapılan tüm çalışmalarda su stresine karşı bitkinin belirgin olarak gösterdiği en önemli tepkilerden birini oluşturmuştur. Özgürel ve Pamuk (2003), kısıtlı sulama uygulamaları yaptığı çalışmasında bin dane ağırlığını 265.0 – 353.0 g arasında, Çakır (2004) mısırın farklı gelişme dönemlerinde su stresi uyguladığı araştırmasında ortalama 190.8 - 282.9 g arasında, Kuşçu (2010) farklı gelişme dönemlerinde uyguladığı su stresi çalışmasında her iki yılın ortalama verileri değerlendirildiğinde bin dane ağırlığını, 443.3 – 530.7 g arasında, Kara (2011) farklı oranlarda uyguladığı su kısıtı çalışmasında 289.8 – 339.1 g arasında, Gönülal (2013) farklı fenolojik dönemlerde uyguladığı su kısıtı çalışmasında ortalama olarak 210.4 – 234.1 g arasında elde etmiştir.

Çizelge 4.20 Araştırma yıllarında ortalama bin dane ağırlık değerleri, (g)

Sulama Konuları	2017				2018				İki Yıllık Ortalama
	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama	
S ₁₀₀	420.1	411.1	396.5	409.2 a	355.2	397.2	361.9	371.4 a	390.3 a
S ₇₀	391.5	394.3	395.5	393.8 a	297.6	325.5	350.0	324.4 b	359.1 b
S ₄₀	374.5	356	342.3	357.6 b	263.8	258.3	269.5	263.9 c	310.7 c
S ₀	312.2	278.2	297.4	295.9 c	231.7	237.4	221.1	230.1 c	263.0 d
Ortalama				364.1	Ortalama				297.4
LSD (%1)				22.09					35.71
									20.81



Şekil 4.18 Sulama konularına göre ölçülen ortalama bin dane ağırlığı

Dane mısır üzerine yapılan araştırmalarda yetiştirilen mısırın çeşidine, yetiştirilen ortamın toprak ve iklim özelliklerine bağlı olarak bin dane ağırlıkları farklılık göstermiştir. Sulama uygulamalarının artan oranlarında bin dane ağırlıkları artış gösterirken azalan su uygulamalarında ise elde edilen verilerde azalma göstermiştir. Bu bağlamda araştırma sonuçları ile elde edilen tüm veriler uyum içersindedir.

4.7.6 Sulamanın koçan başına dane verimi üzerine etkisi

Araştırmada hasat sonrası ölçümleri yapılan ortalama koçan başına dane verimine ilişkin istatistiksel sonuçlar çizelge 4.21’de sunulmuştur. Çizelge’den izlendiği üzere araştırmanın yürütüldüğü yıllar tek tek ve birlikte değerlendirildiğinde sulama konuları % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Koçan başına dane veriminde araştırma yılları birlikte değerlendirildiğinde yıl ve sulama arasındaki interaksiyon önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.21 Deneme konuları koçan başına dane verimi varyans analiz tablosu

Yıllar	Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	Olasılık
2017	Bloklar	2	417.418	208.709	0.6801	öd
	Sulama	3	33080.55	11026.85	35.9297	0.000**
	Hata	6	1841.41	306.901		
	Genel	11	35339.37			
2018	Bloklar	2	283.932	141.966	1.449	0.307 öd
	Sulama	3	34476.671	11492.224	117.321	0.000**
	Hata	6	587.735	97.956		
	Genel	11	35348.338			
2017 ve 2018 birlikte	Bloklar	2	11.316	5.658	0.025	öd
	Yıllar	1	4074.22	4074.22	18.267	0.000**
	Sulama	3	65771.205	21923.735	98.297	0.000**
	Yıl x Sulama	3	1788.514	596.171	2.673	0.088 öd
	Varyasyon Katsayısı (%)		10.48			

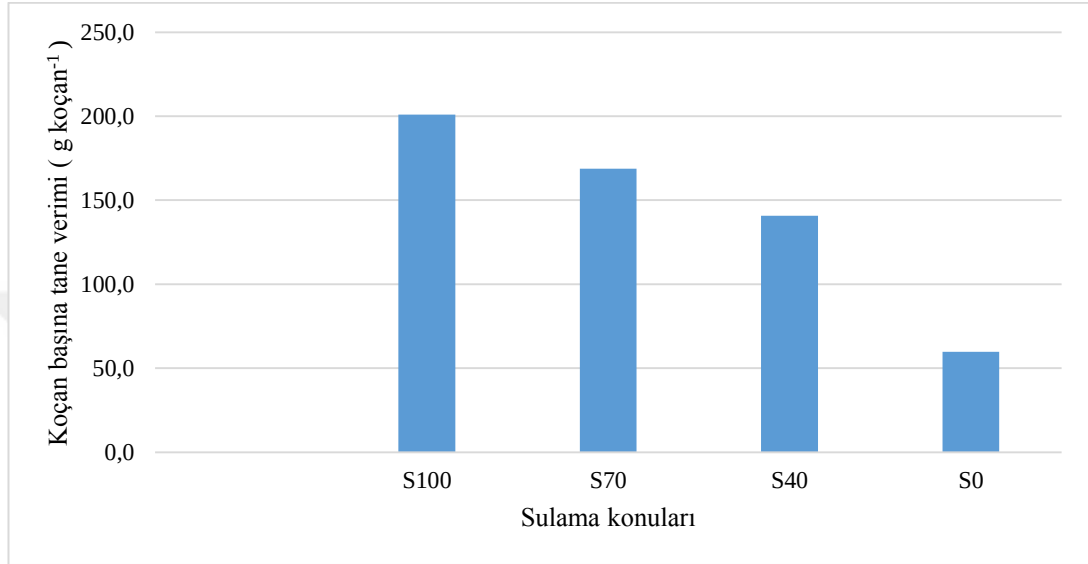
*%5 hata düzeyinde önemli ** %1 hata düzeyinde önemli. öd: Önemli değil

Araştırma yıllarına ait ortalama koçan başına dane verim değerleri ve LSD gruplandırması Çizelge 4.22’de verilmiştir. Araştırma ilk yılında koçan başına dane verim değerleri 67.5 ile 204.1 g arasında, ikinci yılında 51.8 ile 197.7 g arasında değişirken iki yıllık ortalama 59.7 ile 200.9 g arasında olmuştur. 2017 ve 2018 yıllarında en yüksek koçan başına dane verim değerleri sulama kontrol konusunda (S_{100}) ilk yıl 204.1 g, ikinci yıl 197.7 g ve iki yıl birleştirildiğinde ortalama 200.9 g elde edilirken en düşük değerler yağışa dayalı konuda deneme yılları itibari ile 67.5 g ve 51.8 g ve ortalama iki yıllık veriler değerlendirildiğinde 59.7 g olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4.22 Araştırma yılları ortalama koçan başına dane verim değerleri, (g)

Sulama Konuları	2017				2018				İki Yıllık Ort.
	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ort.	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ort.	
S_{100}	185.4	212.3	214.5	204.1 a	213.3	184.5	195.4	197.7 a	200.9 a
S_{70}	180.6	181.1	189.8	183.8 ab	169.1	145	147.1	153.7 b	168.8 b
S_{40}	184.7	156.7	159.3	166.9 b	111.3	119.6	113.4	114.8 c	140.8 c
S_0	62.4	68.9	71.3	67.5 c	51.8	57.1	46.6	51.8 d	59.7 d
Ortalama	155.6				129.5				142.5
LSD(%1)	35.1				19.7				10.48

Araştırma yıllarında sulama konularına göre ölçülen ortalama koçan başına dane verimi Şekil 4.19’da verilmiştir. Araştırmada elde edilen ortalama koçan başına dane verimleri kontrol konusuna oranla S₇₀ kısıt konusunda % 16, S₄₀ kısıt konusunda % 30 ve S₀ konusunda % 70 azalış göstermiştir.



Şekil 4.19 Sulama konularına göre ölçülen ortalama koçan başına dane verimi

Koçan dane ağırlığı, yetiştiriciliği yapılan mısır çeşidine, yetiştirildiği ortam şartları ve iklim koşullarına bağlı olarak değişim göstermektedir (Yıldız ve Genç 1990, Yücel 1993, Cesurer vd. 1999, Türkay vd. 2002, İdikut ve Kara (2013). Gençdoğan (1996) araştırmasının ilk ve ikinci yılında koçan başına ortalama dane verimini yağışa dayalı konuda sırasıyla 41.19 ve 41.11 g, su kısıtının olmadığı kontrol konusunda ise 175.23 ve 157 g olarak belirlemiştir. Denemenin her iki yılında da su kısıntısıyla ters orantılı olarak veya uygulanan sulama suyu miktarı ile orantılı olarak koçan başına alınan dane veriminin arttığını belirtmiştir. Araştırmada elde edilen bulgular sonuçları desteklemektedir.

4.7.7 Sulamanın hasat indeksi üzerine etkisi

Çizelge 4.23’de 2017 ve 2018 yıllarında hasat sırasında ölçümleri alınarak farklı su uygulamaları ile değerlendirmeleri yapılan hasat indeksi istatistiksel sonuçları

verilmiştir. Çizelge 4.23’de izlendiği gibi araştırmanın yürütüldüğü yıllar tek tek değerlendirildiğinde sulama konuları % 1 hata düzeyinde önemli bulunurken yıllar birlikte değerlendirildiğinde yıl x sulama arasındaki interaksiyon % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.23 Deneme konuları hasat indeks değerleri varyans analiz tablosu

Yıllar	Varyasyon kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ortalaması	F	Olasılık
2017	Bloklar	2	17.052	8.53	0.9185	öd
	Sulama	3	1157.5	385.83	41.57	0.000**
	Hata	6	55.7	9.28		
	Genel	11	1230.247			
2018	Bloklar	2	71.232	35.616	4.3566	0.0670öd
	Sulama	3	973.962	324.654	39.9862	0.000**
	Hata	6	48.715	8.119		
	Genel	11	1093.909			
2017 ve 2018 birlikte	Bloklar	2				öd
	Yıllar	1	11.147	5.574	0.43	öd
	Sulama	3	192.1	192.1	14.814	0.002**
	Yıl x Sulama	3	2091.098	697.033	53.752	0.000**
	Varyasyon Katsayısı (%)		7.84			

*%5 hata düzeyinde önemli ** %1 hata düzeyinde önemli. öd: Önemli değil

Araştırma yıllarına ait ortalama hasat indeks değerleri ve LSD gruplandırması çizelge 4.24’te verilmiştir. Araştırma ilk yılında hasat indeks değerleri % 32.4 ile % 56.9 g arasında, ikinci yılında % 27.7 ile % 46.5 arasında değişirken iki yıllık ortalama % 30.1 ile % 53.7 değerleri arasında olmuştur. 2017 ve 2018 yıllarında en yüksek ortalama hasat indeks değerleri S₁₀₀ kontrol konusunda ilk yıl % 56.9, ikinci yıl % 50.5 ve iki yıl birleştirildiğinde ortalama %53.7 olarak elde edilirken en düşük hasat indeks değerleri yağışa dayalı konuda deneme yılları itibari ile % 32.4 ve % 27.7 ve ortalama iki yıllık veriler değerlendirildiğinde % 30.1 olarak elde edilmiştir.

Araştırma yıllarında farklı su seviyelerinde hasat indeksi değerleri şekil 4.20’de verilmiştir. Hasat indeksi değerleri kontrol konusuna oranla S₇₀ kısıt konusunda % 5, S₄₀ kısıt konusunda % 8 ve S₀ konusunda % 44 azalma göstermiştir.

Çizelge 4.24 Araştırma yıllarında ortalama hasat indeksi değerleri, (%)

Sulama Konuları	2017				2018				İki Yıllık Ortalama
	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama	1.Blok	2.Blok	3.Blok	Ortalama	
S ₁₀₀	55.4	60.1	55.3	56.9 a	54.5	47.5	49.5	50.5 a	53.7 a
S ₇₀	51.1	59.4	57.3	55.9 a	46.5	46.5	46.5	46.5 a	51.2 a
S ₄₀	51.1	49.4	48.8	49.8 a	48.8	48.8	48.8	48.8 a	49.3 a
S ₀	35.2	32.8	29.3	32.4 b	28.9	26.5	27.7	27.7 b	30.1 b
Ortalama				48.8	Ortalama				43.4
LSD (%1)				6.09					5.69
									4.46

Uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak su kısıtı miktarı arttıkça hasat indeksi miktarının da azaldığı belirlenmiştir. Yapılan araştırmalarda hasat indeksini Deloughery ve Crookston (1979) % 32 - 0.50 arasında, Lorens vd. (1987) Florida'nın kuzeyinde % 45 - 48 arasında, Howell vd. (1997) Bushland'de %34 - 58 arasında, Gençdoğan (1996) % 20 - % 48 arasında, Gençel (2002) Harran Ovası koşullarında % 22 - 35 değerleri arasında, Bozkurt (2005) Çukurova koşullarında ortalama % 33 - 42 arasında, Kuşçu (2010) araştırma yılları ortalamaları % 45 - 63 arasında, Özçelik vd. (2017) Menemen koşullarında % 24 - 51 arasında bulmuşlardır. Bu araştırma ile elde edilen hasat indeksi değerleri belirtilen araştırmacıların değerleri ile uyumlu olup farklılıkların bitki çeşidi ile toprak ve iklim durumundan kaynaklandığı söylenebilir.



Şekil 4.20 Sulama konularına göre ölçülen ortalama hasat indeksi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde dane mısır bitkisinde 2017 ve 2018 yıllarında yürütülen bu çalışmada, yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanılarak potansiyel bitki su tüketim değerlerinin % 100 (S_{100}), % 70 (S_{70}), % 40 (S_{40}) katları ve yağışa dayalı (S_0) uygulamaları ile 4 farklı sulama suyu uygulaması gerçekleştirilmiştir. Araştırmada yüzeyaltı damla sulama sistemi ile sulanan dane mısırdaki oluşturulan stres koşullarının sulama suyu miktarı, bitki su tüketim değeri, su kullanım etkinliği ve verim unsurları üzerine etkileri belirlenmiş, elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda verilmiştir.

Araştırmanın ilk yılında 29 Nisan'da, ikinci yılında 2 Mayıs tarihinde ekim yapılmıştır. Ekimden sonra ilk yıl havalarda sıcak gitmesi sonucu bitkilerde üniform çimlenme çıkışın sağlanması için yağmurlama sulama sistemi ile yağışa dayalı konu dahil olmak üzere tüm konulara eşit miktarda 17 mm çıkış suyu verilmiştir. Araştırmanın ikinci yılında ekimden sonra yağışlar yeterli olduğu için çimlenme çıkış suyu verilmemiştir. Her iki yılda da ekim öncesi yapılan toprak analizlerine göre belirlenen gübre ihtiyacı, konulu sulamalara başlamadan önce gübreler eritilerek parsellerde eşit dağılımın sağlandığı dozaj pompası ile yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanılarak yağışa dayalı konu dahil tüm konulu uygulamalara eşit olarak verilmiştir. Araştırmanın ilk yılında ekimden 56 gün, ikinci yılında 65 gün sonra konulu sulama uygulamalarına başlanmıştır. Yüzeyaltı damla sulama laterallerinin 40 cm derinliğe döşendiği araştırmada, sulama konularına verilecek sulama suyu miktarının belirlenmesinde, 60 cm toprak derinliğindeki nem değişimi dikkate alınmıştır. Her iki yılda da ilk konulu sulama uygulamasına, 60 cm toprak derinliğindeki elverişli nemin $\%30 \pm 5$ kadarı tüketildiğinde başlanmıştır. İlk sulamadan sonra ise kontrol konusuna (S_{100}) verilen sulama suyu miktarı, günlük olarak hesaplanan ET_c 'nin birikimli değerinden aynı dönemdeki yağış miktarı düşülerek belirlenmiştir. Araştırmanın ilk yılında 13 sulama, ikinci yılında ise 12 sulama uygulaması yapılmıştır. Araştırmanın ilk yılında uygulanan çimlenme çıkış suyu dahil olmak üzere her iki yılda da gübrelemede fertigasyon yöntemi kullanıldığından, tüm konulu parsellere ait sulama sulama suyu miktarlarına gübre ile uygulanan sulama suyu miktarı da eklenmiştir. Buna göre S_0 , S_{40} , S_{70} ve S_{100}

konularına sırasıyla ilk yıl 24, 189, 319, 448 mm, ikinci yıl 7, 152, 262, 373 mm su verilmiştir. Su dengesi eşitliği yardımı ile hesaplanan bitki su tüketim değerleri ise araştırmanın ilk yılında sırasıyla 281, 397, 498 ve 621 mm ikinci yılında ise 231, 352, 416 ve 499 mm olarak saptanmıştır. Yıllar arasında yaşanan farklı iklim koşullarına göre uygulanan sulama suyu miktarları ve hesaplanan bitki su tüketim değerleri yıllara göre farklılık göstermiştir. Her iki yılda da uygulanan sulama suyu miktarlarındaki artışa bağlı olarak bitki su tüketim değerleri artış göstermiştir.

Araştırmanın yürütüldüğü yıllarda sulama uygulamalarının mısır dane verimine etkisi, istatistiki değerlendirme sonucunda % 1 hata seviyesinde önemli bulunmuştur. Araştırma yıllarının birlikte değerlendirilmesinin yapıldığı ortalama verim değerleri 613 – 1726 kg da⁻¹ değerleri arasında belirlenmiştir. 2017 ve 2018 yıllarında maksimum verimler su kısıntısının yapılmadığı kontrol konusunda (S₁₀₀), yıllar itibari ile sırasıyla ortalama 1692 ve 1760 kg da⁻¹ olarak elde edilmiştir. Kontrol konusuna göre sulama suyunda %30 kısıt uygulanan S₇₀ konusunda yıllar itibari ile ortalama 1491 ve 1418 kg da⁻¹ verim elde edilirken, % 12 ve % 19 oranlarında verim kaybı sözkonusu olmuştur. Kontrol konusuna göre % 60 kısıt uygulanan S₄₀ konusunda yıllar itibari ile ortalama 1085 ve 1036 kg da⁻¹ verim elde edilirken, ilk yıl % 36 ve ikinci yıl % 41 oranında verim kaybı olduğu belirlenmiştir. Yağışa dayalı konuda ise yıllar itibariyle ortalama 665 ve 560 kg da⁻¹ verim elde edilirken ilk yıl % 61 ikinci yıl % 67 oranlarında verim kaybı belirlenmiştir. Elde edilen veriler ışığında sonuç olarak artan su kısıtında dane veriminde azalmalar meydana gelmiştir. Su kaynağının yetersiz olduğu kısıtlı su uygulamalarının zorunlu olacağı koşullarda gerçek ihtiyaca karşı belli oranda yapılacak kısıtlı su uygulamalarında belli oranlarda verim azalması gözönüne alınmalıdır.

Verimin bitki su tüketim değerine ve kullanılan sulama suyu miktarına oranı ile hesaplanan su kullanım (WUE) ve sulama suyu kullanım randımanları (IWUE) 2017 - 2018 yıllarında sırasıyla 2.4 - 3.5 kg m⁻³ değerleri ile 2.2 – 3.3 kg m⁻³ değerleri arasında belirlenmiştir. Yağışa dayalı ürün yetiştiriciliğinde IWUE hesaplanmamıştır. Araştırma en yüksek WUE ve IWUE değerleri her iki yılda S₇₀ kısıtlı sulama uygulamasında hesaplanmıştır. Elde edilen veriler sonucunda yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile kısıtlı su uygulamasında en yüksek su uygulama randımanları elde edildiğinden birim sudan

daha fazla fayda sağlanmıştır. %30 kısıtlı su uygulaması ile daha fazla randıman elde edilmiştir.

Konulu sulama uygulamalarında su kısıtı yani su stresi arttıkça hasat sırasında ve sonrasında ölçümleri alınıp değerlendirilen bitki ölçüm parametreleri olan bitki boyu, koçan boyu, çap ve dane verimi ayrıca hesaplanan bin dane ağırlığı ve hasat indeksi ölçümleri azalış göstermiştir. Aynı zamanda sulama konularının tüm parametreler üzerindeki etkisi istatistiki olarak % 1 hata seviyesinde önemli bulunmuştur. Tüm sulama konularında su kısıntısı yani su stresi artış gösterdikçe bitki ölçüm parametre değerlerinde düşüş görülmüştür.

Yüzeyaltı damla sulama sistemi ile farklı sulama seviyelerinde sulanan dane mısırın bitki boyu ilk yıl ortalaması 228.7 cm ikinci yıl ortalaması ise 202.7 cm olup her iki yılın ortalama değerleri 157.1 ile 250.1 cm arasındadır. Araştırmanın her iki yılında da S_{100} ve S_{70} aynı istatistiki grupta yer almıştır. En düşük değerler yağışa dayalı konuda (S_0) belirlenmiştir.

Bitki ölçüm parametrelerinden olan koçan çapı değerleri ilk yıl ortalama 45.7 mm ikinci yıl ise 43.6 mm olurken her iki yılın ortalama değerleri 33.3 ile 50.1 mm arasında belirlenmiştir. Her iki yılda da S_{100} ve S_{70} aynı grupta yer almıştır.

Ortalama koçan boyu ölçümleri değerlendirildiğinde ise ilk yıl 15.3 cm, ikinci yıl 15.6 cm olup her iki yılın ortalaması ise 11.0 ile 17.6 cm arasındadır. Koçan boyu değerleri su kısıntısından etkilenmiş olsa da istatistiki olarak S_{100} , S_{70} ve S_{40} aynı gruba girmiştir. Su kısıntısından yani su stresinden en çok yağışa dayalı (S_0) konu etkilenmiştir.

Diğer bir ölçüm parametresi olan koçan ağırlığı ise ilk yıl ortalama 180.9 g ikinci yıl ise ortalama 159.4 g olurken, her iki yılın ortalama değerleri 66.6 ile 250.9 g arasında değişmiştir. Koçan dane ağırlığı ile ilişkili olan koçan ağırlığı su stresi arttıkça azalmıştır. Her iki yılda da en yüksek koçan dane ağırlığı değerleri S_{100} ve S_{70} sulama konularında, en düşük değerler ise yağışa dayalı konuda elde edilmiştir.

Ortalama bin dane ağırlığı verileri ilk yıl ortalama 364.1 g ikinci yıl ise 297.4 g olarak belirlenirken iki yılın ortalama verileri 263.0 ile 390.3 g arasında değişmiştir. Her iki yılda da bin dane ağırlıkları su stresinden oldukça etkilenmiş ve artan stres ile birlikte elde edilen değerler azalma göstermiştir.

Koçan başına dane verimi 2017 yılında 155.6 g, 2018 yılında 129.5 g olarak belirlenmiş olup iki yılın ortalama verileri ise 59.7 ile 200.9 g arasında değişmiştir. Koçan başına dane verimleri sulamanın artan düzeyleri ile birlikte artış göstererek her iki yılda da en yüksek S_{100} konusunda elde edilmiştir.

Hasat indeksi verileri ilk yıl % 48.8, ikinci yıl % 43.4 olarak belirlenmiş ve her iki yılın ortalama verileri % 30.1 ile % 53.7 arasında değişim göstermiştir. Araştırmanın her iki yılında hasat indeksi değerleri S_{100} , S_{70} ve S_{40} sulama konularında istatistiki gruplandırmada ilk grupta yer almış olup yağışa dayalı konuda en düşük değerlerini almıştır.

2017 ve 2018 yıllarında yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanılarak FAO Penman Monteith yönteminin esas alındığı sulama suyu uygulamalarında en yüksek verim ve bitki kalite parametreleri S_{100} konusunda elde edildiğinden, su kaynaklarının yeterli olduğu durumlarda kontrol konusu olan S_{100} uygulaması önerilmektedir. Su kaynağında kısıt söz konusu olduğunda elde edilecek verimde azalmalar gözönüne alınarak S_{70} konusu önerilmektedir.

Elde edilen araştırma sonuçlarına göre öneriler şu şekilde yapılabilir;

- YADS sisteminin uzun yıllar hizmet etmesi iyi bir işletme bakımından geçmektedir. Yöntemin en önemli unsuru filtreleme sistemidir. Su kaynağı özelliklerine göre en iyi şekilde tasarlanan filtreleme sistemi ile damlatıcıların tıkanması engellenmelidir. Ayrıca lateral temizliği tahliye manifoldlarında boşaltım vanalarının birkaç sulamadan sonra açılması ile sağlanmalıdır. Düzenli olarak sistem yıkamasının yapılarak tıkanmaların önüne geçilmelidir.

- Yüzeyaltı damla sulama sisteminde laterallerin döşenmesinde en önemli kriter toprak işleme derinliğidir. Lateral derinliği toprak bünyesi ve bitki özelliklerine göre değişmekle birlikte asıl derinliği belirleyen toprak işlemedir. Genel olarak pullukla toprak işleme derinliği 30 cm olduğundan lateral derinliği bu çalışma ile birlikte 40 cm olarak önerilmektedir.
- Su kaynağında herhangi bir kısıt ile karşılaşmadığı durumda, mısır bitkisinin sulanmasında yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanılması durumunda, “Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri” rehberinde verilen bitki katsayısı “kc” değeri kullanılarak ve Penman Monteith yöntemi ile bitki su tüketimi hesaplayarak ve toprağın fiziksel özellikleri dikkate alınarak, 4-5 günü geçmeyen sulama aralıkları ile sulama programlaması yapılması önerilmektedir.
- Su kaynağında herhangi bir sorun olmadığı takdirde, iki yıllık araştırma sonuçlarından elde edilen verim ve bitki ölçüm parametrelerine göre S_{100} kontrol konusu önerilmektedir.
- Tüm su uygulamalarında % 30 kısıntı yapıldığında verimde % 12’lik bir azalma söz konusudur. Su kısıntısı şiddetinin arttığı durumlarda % 60 kısıntı uygulamasında ise verimde % 36’lık bir kayıp meydana gelmiştir. Yapılacak sulama programında suyun daha etkin kullanımı için verim değerleri dikkate alınarak kısıt oranı belirlenebilir. Bu çalışma sonucunda en az verim kaybı %30 su kısıtında elde edildiği ve su kullanım randımanı en yüksek bulunduğu için S_{70} konusu önerilmektedir.
- Yağışların yetersiz olduğu dönemlerde sulamanın önemi elde edilen verim artışları ile kendini göstermektedir. Yapılan bu çalışmada elde edilen veriler ışığında, mısır yetiştiriciliğinde sulamanın verim üzerine etkisi ortaya çıktığından yağışa dayalı (S_0) yetiştiricilik önerilmemektedir.
- Araştırma sonuçlarında yağışa dayalı konularda bile verimin alınması yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanılarak bitki kök bölgesine gübrenin de verilmesi ile sağlandığı düşünülmektedir. Bu yüzden direk kök bölgesine verilen besin

maddesinin kullanılmasında toprak altında meydana gelen farklı mikrobiyolojik gelişmelerin çalışılması gerekmektedir.

Ülkemizin çoğu bölgesinde olduğu gibi İç Anadolu bölgesinde yağış rejiminin düzensizliği yetiştiricilikte su kullanım etkinliğini arttıran basınçlı sulama yöntemlerinin kullanımını zorunlu hale getirmiştir. Yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile sistemin gerektirdiği standartlara uygun kurulum sağlandıktan sonra iyi bir işletme bakım ile sulama yönetiminin yapılması gerekmektedir. Sonuçları elde edilen bu tez çalışması ile yüzeyaltı damla sulama yönteminin etkin ve doğru kullanımı toprak ve su kaynaklarının sürdürülebilirliği açısından önem taşımaktadır.



KAYNAKLAR

- Abou Kheira, A. A. 2013. Comparison Among Different Irrigation Systems For Deficit-Irrigated Corn In The Nile Valley. <https://www.researchgate.net/publication/228875377> Erişim Tarihi: 25.08.2019
- Abuarab, M., Mostafa, E., İbrahim, M. 2013, Effect of air injection under subsurface drip irrigation on yield and water use efficiency of corn in a sandy clay loam soil. Cairo University Journal of Advanced Research, Volume 4, Issue 6, Pages 493-499
- Ademsen, F.J. 1992. Irrigation method and water quality effect on corn yield in the Mid-Atlantic Coastal Plain. Agron. J. 84(5):837-843.
- Allen, R. G., Smith, M., Perrier, A., And Pereira, L. S. 1994a. An update for the definition of reference evapotranspiration. ICID Bulletin. 43(2). 1-34
- Allen, R. G., Smith, M., Pereira, L. S., And Perrier, A. 1994b. An update for the calculation of reference evapotranspiration. ICID Bulletin, 43 (2): 35-92
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D, Smith, M. 1998. Crop Evapotranspiration-Guidelines for Computing Crop Water Requirements. FAO Irrigation and Drainage Paper, No:56, Rome, Italy, 300 p.
- Anonymous. 2016. Web Sitesi: <https://www.sentektechnologies.com/download/sentek-modbus-manual-rs485-232-ver-3-6/>, Erişim Tarihi: 10.08.2016.
- Anonim. 2019a. Ulusal Su Planı (2019- 2023), T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Devlet Su İşleri, 98 s., Ankara.
- Anonim. 2019b. <http://www.tuik.gov.tr/PreHaberBultenleri.do?id=16020>. (Erişim Tarihi: 26.11.2019).
- Anonim. 2019c. Web Sitesi: <https://www.lafsozluk.com/2009/01/haymana-nerededir-nereye-baglidir-haymana.html>, Erişim Tarihi: 14.05.2019.
- Anonim. 2019d. Web Sitesi: <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx>, Erişim Tarihi: 15.05.2019.
- Anonim. 2019e. Web Sitesi: <http://agri.ankara.edu.tr/haymana-arastirma-ve-uygulam-ciftligi/>, Erişim Tarihi: 15.05.2019.
- Anonymous. 2019f. Web Sitesi: <https://www.pioneer.com/web/site/turkey/ourproduct/corn/P0573/>, Erişim Tarihi: 15.05.2019.
- Anonymous. 2019g. Web Sitesi: <https://sentektechnologies.com/product-range/soil-data-probes/drill-and-drop/> Erişim Tarihi: 15.05.2019.

- Ayars, J.E., Phene, C.J., Hutmacher, R.B., Davis, K.R., Schoneman, R.A., Vail, S.S., Mead, R.M. 1999. Subsurface Drip Irrigation of Row Crops: a Review of 15 Years of Research at the Water Management Research Laboratory. *Agricultural Water Management*, 42: 1-27.
- Aydınşakir, K., Erdal, Ş., Büyüктаş, D., Baştuğ, R., Toker, R., 2013. The Influence of Regular Deficit Irrigation Application on Water Use, Yield and Quality Components of Two Corn (*Zea mays*L.) Geneotypes. *Agricultural Water Management*, 128:65-71
- Ayla, Ç. 1985. Ankara Koşullarında Ayçiçeği, Patates, Yonca ve Mısır Bitkilerinde Tartılı Lizimetre ile Saptanan Gerçek Su Tüketimlerinin Potansiyel Evaporanspirasyon Değerleri ile Karşılaştırılması. Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No:126, Rapor Yayın No:55, s.1 – 69, Ankara
- Ayla, Ç. 1993. Bolu Ovasında Yetiştirilen Mısırın Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Ankara Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No:180, Rapor Yayın No:87, s.1 – 37, Ankara
- Ayyıldız, M. 1962. Ankara Koşullarında U.S. 13 Melez Mısırının Su İstihlakı Üzerinde Bir Araştırma. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları:202, Çalışmalar:130, s. 1 – 64, Ankara
- Bouyoucos. G.J. 1951. A recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soil.
- Bower, C. A., Reitemeier R. F. Fireman M. 1952. Exchangeable Cation Analysis Of Saline And Alkali Soils: *SoilSci.* 73, 251-261.
- Bozkurt, Y. 2005. Çukurova Koşullarında Damla Yöntemiyle Sulanan İkinci Ürün Mısır Bitkisinde Optimum Lateral Aralığının Belirlenmesi (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 70 s
- Bozkurt, Y., Yazar, A., Gencel, B., Sezen, S.M., 2006. Optimum lateral spacing for dripirrigated corn in the Mediterranean Region of Turkey. *Agric. Water Manage.* 85, 113–120
- Caldwell, D.S., Spurgeon, .E., Manges, H.L. 1994. Frequency of Irrigation for Subsurace Drip-Irrigation Corn. *TRANSACTIONS of the ASAE.* Vol. 37(4):1099 – 1103.
- Cesurer, L., Çölkesen, M., Dokuyucu, T., Çiçek, A. 1999. Kahramanmaraş Koşullarında Uygun Erkenci ve Yüksek Verimli İkinci Ürün Hibrid Mısır Çeşitlerinin Belirlenmesi. Orta Anadolu'da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu, 8-11 Haziran 1999, Konya, s 635- 639
- Çağlar, Ö. 1949. Toprak Bilgisi Kitabı. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayın No:10, Ankara

- Çakır R. 2004. Effect of water stress at different developmental stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89,1–16
- Çarpıcı, E.B. 2009. Bitki Yoğunluğu ve Farklı Miktarda Azot Uygulamalarının Stres Fizyolojisi Açısından Silajlık Mısır Yetiştiriciliğinde Değerlendirilmesi. Doktora tezi. Uludağ Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri ABD, 300, Bursa.
- Deloughery, R. L., R.K. Crookston. 1979. Harvest Index of Corn, Affected by Population Density, Maturity Rating, and Environment. *Agronomy Journal*, 72: 577– 580
- Demirok A. 2017. Harran Ovası'nda Mısır (*Zea Mays* L. *Indendata*) Bitkisi İçin Toprak Üstü ve Toprak Altı Damla Sulama Uygulamalarının Araştırılması, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Şanlıurfa.
- Djaman, K., Irmak, S., Rathje, W.R., Martin, D.L., Eisenhauer, D.E. 2013. Maize evapotranspiration, yield production function, biomass, grain yield, harvest index, and yield response factors under full and limited irrigation. *Trans ASABE* 56(2):273–293
- Douh, B., Boujelben, A. 2011. Improving Water Use Efficiency for a Sustainable Productivity of Agricultural Systems Using Subsurface Drip Irrigation, *Journal of Agricultural Science and Technology B* 1 (2011) 881-888
- Farré I, Faci J.M. 2000. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. *Agric Wat Manag* 96(3):383–394
- Fumagalli, M., Giussani, A., Alfieri, L., Carozzi M., Corno, D., Chiodini, M.E., Sanna, M., Perego, A., Acutis, M. 2015. Effect Of Subsurface Drip Irrigation On Maize Yield, Water Dynamics And Nitrogen Losses, <https://www.researchgate.net/publication/285131643>
- Gençel, B. 2002. GAP (Güneydoğu Anadolu Projesi) Bölgesinde İkinci Ürün Mısır Bitkisinin Damla Yöntemiyle Sulanması Üzerinde Bir Çalışma. Yüksek lisans tezi. Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 61, Adana.
- Gençoğlu, C. 1996. Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri, Kök Dağılımı İle Bitki Su Stresi İndeksinin Belirlenmesi ve CEREZ-Maize Bitki Büyüme Modelinin Yöreye Uyumluluğunun İrdelenmesi. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 185, Adana,
- Grimes DW, Yamada H, Dickens WL (1969) Functions for cotton production from irrigation and nitrogen fertilizer variables. I. Yield and evapotranspiration. *Agron J* 61(5):769–773

- Gökmen, S., Sencar, Ö., Sakin, M.A. 2001. Response of Popcorn (*Zea mays everta*) to Nitrogen Rates and Plant Densities. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 25: 15-23
- Günbatılı, F. 1979. Tokat-Kazova Koşullarında Mısır Su Tüketimi. Tokat Bölge TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No:33, Rapor Yayın No: 21, sç1-44, Tokat
- Gündüz, M., Beyazgül, M. 1998. Balıkesir Koşullarında Mısırın Su-Verim İlişkileri, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı 1998, s:190-203 Yayın No:108.
- Güngör, Y., Yıldırım, O. 1989. Tarla Sulama Sistemleri. Ank.Üni. Zir. Fak. Yayınları 1155, Ankara.
- Gönülal, E. 2013. Dane Mısırdaki Farklı Fenolojik Dönemlerdeki Kısıtlı Su Uygulamalarının Verim Ve Verim Öğelerine Etkilerinin Belirlenmesi. Yüksek lisans tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 75, Konya.
- Gulati HS, Murty VVN (1979) A model for optimal allocations of canal water based on crop production functions. *Agric Wat Manag* 2(1):79–91
- Gupta, A., Rao, K., Singh, S., Soni, K., Sawant, C. 2019. Water productivity and yield of baby corn (*Zea mays L.*) as influenced by irrigation levels under subsurface drip irrigation, *International Journal of Chemical Studies* 2019; 7(5): 128-135.
- Hall, B. J. 1985. History of drip/trickle irrigation. Drip/trickle irrigation in action. In *Proc. of the 3rd Int. Drip/Trickle Irrig. Congress* 1:1-7. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Hanks, R.J., Keller, J., Rasmussen, V.P., Wilson, G.D. 1976. Line Source Sprinkler For Continuous Variable Irrigation-Crop Production Studies. *Soil Sci Soc Am J* 40(3): 426-429.
- Harris, G. 2005. Sub-surface Drip Irrigation Advantages and Limitations. The State of Queensland Department of Primary Industries and Fisheries Note: 17650.
- Hook, E.J., Kincheloe, S. 1991. Irrigation Scheduling For Corn-Why and How, University of Florida and C.D. Yonts, University of Nebraska.
- Howell, T.A., Cuence, R.H., Solomon, K.H. 1990. Crop yield response, In: Hoffman, G.J., et al. (Eds.), *Management of Farm Irrigation Systems*, ASAE, St. Joseph, MI, p. 312.
- Howell, T. A., Schneider, A. D., Evett, S. R. 1997. Subsurface and surface microirrigation of corn, Southern High Plains. *Trans. ASAE*, 40(3), 635-641.<http://dx.doi.org/10.13031/2013.21322>.

- Irmak, S. 2005. A Brief Research Update on Subsurface Drip Irrigation http://water.unl.edu/documents/subsurface%20drip%20irrigation_Irmak_S.pdf (Erişim Tarihi: 12.04.2015)
- Irmak, S., Djaman, K., Rudnick, D.R. 2016. Effect of full and limited irrigation amount and frequency on subsurface drip-irrigated maize evapotranspiration, yield, water use efficiency and yield response factors, *Irrig Sci* (2016) 34:271–286 DOI 10.1007/s00271-016-0502-z
- Istanbulluoglu, A., Kocaman, I., Konukcu, F. 2002. Water Use–Production Relationship of Maize under Tekirdag Conditions in Turkey. *Pakistan Journal of Biological Science*, 5 (3): 287–291.
- İdikut, L., Kara, S. 2013. Tane Ürünü İçin Yetiştirilen İkinci Ürün Mısır Çeşitlerinin Bazı Verim Ögeleri ile Tane Nişasta Oranlarının Belirlenmesi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, 16 (1), 8-15. Retrieved from <https://dergipark.org.tr/tr/pub/ksudobil/issue/22836/243768>
- Jackson, M. 1958. *Soil Chemical Analysis*. p. 1–498. Prentice–Hall, Inc. EnglewoodCliffs, New Jersey, USA
- James, L. G. 1988. *Principles of Farm Irrigation System Design*. John Wiley and Sons Inc. New York, 543.
- Kadioğlu, M. 2012. Türkiye’de İklim Değişikliği Risk Yönetimi. Türkiye’nin İklim Değişikliği II. Ulusal Bildiriminin Hazırlanması Projesi Yayını, 172 sf
- Kanber, R., Yazar, A., Eylen, M. 1990. Çukurova Kosullarında Bugdaydan Sonra Yetistirilen İkinci Ürün Mısırın Su–Verim İlişkisi. Tarsus Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları. Genel Yayın No: 173. Rapor Serisi No: 108, s. 1-77, Tarsus
- Kang, S., W. Shi J. Zhang. 2000. An Improved Water–Use Efficiency for Maize Grown under Regulated Deficit Irrigation. *Field Crops Research*, 67: 207–214.
- Kara, S. 2011. Konya Ekolojik Koşullarında Damla Sulama Yöntemi ile Sulanan Mısır Bitkisinde Su-Verim İlişkileri. Yüksek lisans tezi. Selçuk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 51, Konya.
- Karaşahin, M., Sade B. 2011. Farklı Sulama Yöntemlerinin Hibrit Mısırd (Zea mays L. indentata S.) Dane Verimi ve Verim Unsurları Üzerine Etkileri, *U. Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi*, 2011, Cilt 25, Sayı 2, 47-56.
- Kırnak, H., Gençoğlan, C., Değirmenci, V., 2003. Harran Ovası Koşullarında Kısıntılı Sulamanın II. Ürün Mısır Verimine ve Bitki Gelişimine Etkisi. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 34(2): 117-123.
- Kuşçu, H. 2010. Bursa Koşullarında Yetiştirilen Mısır Bitkisinde Kısıntılı Sulamanın Verim ve Kalite Üzerine Etkisi, Doktora tezi. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, 191, Bursa.

- Kodal, S. 2015. Türkiye’de Tarımsal Su Yönetimi ve Problemler, Ankara Üniversitesi Su Yönetimi Enstitüsü, Erişim Tarihi: 17.12.2015
- Kodal, S. ve Ahi Y. 2018. Tarımda Su Verimliliği. Anahtar Dergisi, 30 (354), 30-37
- Köksal, H. 1995. Çukurova Kosullarında II. Ürün Mısır Bitkisi Su-Üretim Fonksiyonları ve Farklı Büyüme Modellerinin Yöreye Uygunluğunun Saptanması ve Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, 199, Adana.
- Lamm, F. R., H. L. Manges, L. R. Stone, A. H. Khan, D. H. Rogers. 1995. Water requirement of sub-surface drip-irrigated corn in Northwest Kansas. Transactions of the ASAE 38(2): 441-448.
- Lamm, F. R., Trooien, T. P. 2001. Irrigation Capacity and Plant Population Effects on Corn Production Using SDI. in Proc. Irrigation Association International Irrigation Technical Conference, Nov. 4-6, San Antonio, Texas, p. 73-80.
- Lamm, F. R., T. P. Trooien. 2003. Subsurface drip Irrigation for corn production: A review of 10 years of reseach in Kansas. Irrig.Sci. 22 (3-4):195-200
- Lamm, F. R. 2004. Comparison of SDI and simulated LEPA sprinkler irrigation for corn. In Proc. Intl. Irrig. Tech. Conf. (pp. 475-485). IA Paper No. IA04-1098. Falls Church, Va.: Irrigation Association
- Lamm, F. R. 2005. Advantages and Disadvantages of Subsurface Drip Irrigation <http://ucanr.edu/sites/adi/files/204430.pdf>. Erişim tarihi: 12.04.2015.
- Lamm, F. R., Colaizzi, P.D., Bordovsky, J.P., Trooien, T.P., Enciso-Medina, J., Porter, D.O., Rogers, D.H., O'brien, D.M. 2010. "Can Subsurface Drip Irrigation Be a Competitive Irrigation System in the Great Plains Region for Commodity Crops?" 2010. Proceedings of the 5th National Decennial Irrigation meeting of the ASABE, Phoenix Convention Center, 5–8 December 2010, Phoenix, AZ USA.
- Lamm, F.R., Danny H. R., Alam M., O'brien D. M., Trooien, T. P. 2010b. Twenty-One Years of Subsurface Drip Irrigation Research in Kansas, Proceedings of the 22nd Annual Central Plains Irrigation Conference, Kearney, NE., February 23-24, 2010.
- Lorens, G.F., Bennett J.M., Loggale. L.B. 1987. Differences in Drought Resistance between two Corn Hybrids. II. Component Analysis and Growth Rates. Agronomy Journal, 79: 808–813.
- Mansouri-Far, C., Sanavy, S. A. M. M., Saberali, S.F. 2010. Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions, Agricultural Water Management 97 12–22

- Martinez-Hernandez, J. J., Bar-Yosef, B., & Kafkafi, U. 1991. Effect of surface and subsurface drip fertigation on sweet corn rooting, uptake, dry matter production, and yield. *Irrig. Sci.*, 12(3), 153-159. <http://dx.doi.org/10.1007/BF00192287>.
- Nesmith, D.S., Ritchie, J.T. 1992. Short- and long-term responses of maize to a preanthesis soil water deficit. *Agron. J.* 84, 107–113.
- Okay, D. 2006. Bursa Koşullarında Mısır Bitkisi Su-Verim İlişkisinin Ceres-Maize Bitki Gelişime Modeliyle Belirlenmesi. Doktora Tezi (yayınlanmamış), Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD, Bursa. 159 s.
- Okay, D., Yazgan, S. (2016). Farklı su uygulama düzeylerinin mısır bitkisi verimi üzerine etkisi. *Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 30(1), 1-12.
- Olsen, S. R., Cole, C. V., Vatanabe, F. S., Ve Dean. L. .A. 1954. Estimation of Available Phosphorus In Soil By Extraction With Sodium Bicarbonate. U. S. Dep. of Agr. Cir., Nb. 939, Washington D. C., s:19
- Orgaz R, Maetos L, Fereres E (1992) Season length and cultivar determine the optimum evapotranspiration deficit in cotton. *Agron J* 84:700–706
- Otegui, M.E., Andrade, F.H., Suero. E.E. 1995. Growth, Water Use, and Kernel Abortion of Maize Subjected to Drought at Silking. *Field Crops Research*, 40 (2):87–94.
- Orta, A.H., İstanbulluoğlu, A., Albut, S. 1997. Tekirdağ koşullarında mısırın su tüketimi. *Ankara Üniv. Ziraat Fak. Tarım Bilimleri Dergisi. J. Agric. Sci.* 3(2):38-43
- Oylukan, S., Güngör. H. 1976. Orta Anadolu’da Mısırın Su Tüketimi. Eskişehir Bölge TOPRAKSU Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genek Yayın No: 129, Rapor Seri No:88, S.1 – 43, Eskişehir.
- Öğretir, K. 1993. Eskişehir koşullarında mısırın su-verim ilişkileri. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi. Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü Adana (83) S. 1993.
- Özçelik, Ş., Yüzbaşı, Ş., Aras, S., Şen, S., Tarı Akap, P., Şen, O., Pamuk Mengü, G., Akkuzu, E. 2017. Menemen Ovasında Farklı Sulama Programlarının II. Ürün Mısır Bitkisinin Verim Ve Bazı Gelişim Parametreleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi Ve Ceres-Maize Bitki Büyüme Modeli İle Test Edilmesi, TAGEM/TSKAD/13/A13/P02/1, Uluslararası Tarımsal Araştırma ve Eğitim Merkezi Müdürlüğü, İzmir.
- Özdemir, O. 1983. Bafra ve Çarşamba sulu koşullarında mısırın azotlu ve fosforlu gübre isteği ve olsen fosfor analiz metodunun kalibrasyonu, Samsun Bölge Toprak-Su Araştırma Enstitüsü Müd. Yayınları, Yayın No: 31, Samsun.

- Özdemir, Y. 2013. Aydın Bölgesinde Pamukta Topraküstü Ve Toprakaltı Damla Sulama Uygulamalarının İrdelenmesi, Adnan Menderes Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek lisans tezi, 79, Aydın.
- Özgürel, M., Pamuk, G. 2003. Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri ve Ceres-Maize Bitki Büyüme Modelinin Bölge Koşullarına Uygunluğunun İrdelenmesi Üzerine Bir Araştırma. Doktora tezi. Ege Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, İzmir.
- Öztürk, A. 1989. Ankara Üniversitesi Ziraat fakültesi Araştırma ve Uygulama Çitliği Topraklarının Tuzlulaşma Süresi ve Yıkama İhtiyacının Saptanması. A.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Ankara.
- Pablo, A.L., Reay, T., Dewald, J.R., Casebeer, A.L., 2007. Identifying, Enabling and Managing Dynamic Capabilities in the Public Sector, Journal of Management Studies, 44(5), pp. 687-708.
- Pandey, R.K., Maranville J.W., Admou. A. 2000. Deficit Irrigation and Nitrogen Effects on Maize in a Sahelian Enviroment. II. Shoot Growth. Agricultural Water Management, 46 (1): 15–27.
- Parry, M.L. Ed. 2000. Assessment of potential effects and adaptations for climate change in Europe. The Europe ACACIA Project. Jackson Environment Institute, Univer- sity of East Anglia, Norwich, UK.
- Payero, J. O., Klocke, N. L., J. P. Schneekloth, D. R. Davison. 2006a. Comparison of irrigation strategies for surface-irrigated corn in West Central Nebraska. Irrigation Science, 24(4): 257-265.
- Payero, J. O., Melvin, S. R., Irmak S., Tarkalson, D. 2006b. Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate. Agricultural Water Management, 84: 101-112.
- Payero, J. O., Tarkalson, D., Irmak, S. 2006c. Corn yield response to different irrigation depths with subsurface drip irrigation, Annual meeting of the ASCE-EWRI. ASCE-EWRI, Omaha, Nebraska.
- Payero, J. O., D. Tarkalson, S. Irmak. 2006d. Yield response of corn to timing of a limited seasonal irrigation depth (150 mm) with subsurface drip irrigation, Annual meeting of the ASCE-EWRI. ASCE-EWRI, Omaha, Nebraska.
- Payero, J.O. Tarkalson, D.A., Irmak, S., Davison, D., Petersen, J.L. 2008. Effect of Irrigation Amounts Applied with Subsurface Drip İrrigation on Corn Evapotranspiration, Yield, Water Use Efficiency, and Dry Matter Production in a Semiarid Climate. Agricultural Water Management 95: 895-908.
- Payero J.O., Tarkalson D.D., Irmak S., Davison D, Petersen J.L. 2009. Effect of timing of a deficit-irrigation allocation on corn evapotranspiration, yield, water use

efficiency and dry mass, *Agricultural Water Management* 96 (2009) 1387–1397).

Rhoads, F.M., Bennett, J.M. 1990. *Corn. Irrigation of Agricultural Crops*, American Society of Agronomy Inc., Madison – Winconsin, p. 569 – 595, New York.

Richards, L. A. 1954. *Diagnosis and Improvement of Saline and Alkali Soils*. USDA Agriculture Handbook 60, Washington D. C.

Sammis, T., Smeal, D., Illiams, S. 1998. Predicting Corn Yield Under Limited Irrigation Using Plant Height. *Transactions of the ASAE*, 31 (3): 830 - 838

Soba, M.R., Türkmen F., Taşkın, M.B., Akça, M.O., Öztürk H.S. 2015. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği Topraklarının Verimlilik Durumlarını İncelenmesi *Toprak Su Dergisi*, 4 (1): (7-17)

Şen, S., Korkmaz, N., Gündüz, M., Kayam, Y., Albayram Doğan Z., Bilir, L., Aşık, Ş. 2015. Ege Bölgesinde Pamuk ve Mısırın Yüzeyaltı Damla Sulama Programı, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, TAGEM Araştırma – Geliştirme Destek Programı Proje Sonuç Raporu, UTEAM 2015-01, İzmir.

Şener, S., Schafer. A.W., Uz, E., Yürdem, H. 1994. Farklı Sulama Yöntemlerinin Menemen Yöresinde Patates, 2. Ürün Mısır ve Soyanın Verimine ve Su Kullanma Randımanına Etkileri, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Genel Yayın No:205, Menemen.

Şimşek, M., Gerçek, S., Öktem, A. 2003. Farklı Sulama Yöntemlerinin Mısır Bitkisinde Verim ve Su Tüketimine Etkisi. GAP III. Tarım Kongresi, Bildiri No: S: 29, Şanlıurfa

Şimşek, M., Gerçek, S. 2005. Yarı-Kurak Koşullarda Damla Sulamada Farklı Sulama Aralıklarının Mısır Bitkisinin (*Zea mays L. indentata*) Su Verim İlişkilerine Etkisi. Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg. 36 (1), 77-82, 2005 ISSN 1300-9036

TAGEM, 2017. Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimleri, Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Devlet Su İşleri, 590, Ankara.

Taş, T. 2010. Harran Ovası Koşullarında Farklı Ekim Sıklıklarında Yetiştirilen Mısırdaki (*Zea Mays L. İndentata*) Değişik Büyüme Dönemlerinde Yapılan Hasadın Silaj ve Tane Verimine Etkisi (Yüksek Lisans Tezi), Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 104 s.

Taşdan, K. 2019. Mısır Durum/Tahmin 2018/2019, T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, TAGEM, Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü TEPGE Yayın No: 308 <http://arastirma.tarim.gov.tr/tepge/Sayfalar/AnaSayfa.aspx> Erişim Tarihi: 15.08.2019

- Türkay M. A., Cerit, İ., Sarıhan İ. H., Şen, H. M., Çınar, S., Ülger, A. C. 2002. Farklı Azot Dozlarının At Dışı Melez Mısır Çeşitlerinde Tane Verimi ve Bazı Tarımsal Özelliklere Etkisi Üzerine Bir Araştırma. Çukurova Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Tarla Bitki Araştırmaları ATK, Adana
- Tüzüner, A., Kurucu, N., Börekçi, M., Gedikoğlu, İ., Sönmez, B., Eyüpoğlu, İ., Ağar, A. 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Ankara.
- Uçak, B.A., Ertek, A., Güllü, M., Aykanat, S., Akyol A. 2010. Bazı İklim Parametrelerinin Çukurova’da Yetiştirilen Mısır Bitkisi Verim ve Kalitesine Etkileri, GOÜ, Ziraat Fakültesi Dergisi, 27(1), 9-19
- Uygan, D. 2017. Eskişehir Koşullarında Damla Sulama Sistemi ile Sulanan Mısır Bitkisinin Sulama Programının Belirlenmesi, Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, TAGEM/BB/100206E2/ TAGEM/TSK-1102A13P02E02, Eskişehir.
- Ul, M.A. 1992. Menemen Ovası Koşullarında İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Mısır Bitkisinde Kısıtlı Sulama Uygulamasının Verim Üzerine Etkisi. IV. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Kongresi Bildirileri, 24–26 Haziran 1992, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Erzurum. s. 148–160
- USDA-NASS (U.S. Department of Agriculture/National Agricultural Statistics Service). (2018). Census of agriculture, Washington, DC
- Uzunoglu, S. 1991. Ankara Yöresinde Hibrit Mısırsın Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları, Genel Yayın No:172, Rapor Seri No: R.64, s.1 – 26, Ankara
- Van Donk, S., J, Petersen. J.L., Davison, D. R. 2012. Effect of amount and timing of subsurface drip irrigation on corn yield. West Central Research and Extension Center, North Platte (Paper 73)
- Vural Ç., Dağdelen N .2008. Aydın Koşullarında Damla Sulama Yöntemiyle Sulanan Cin Mısırsın Sulama Programının Oluşturulması. Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Dergisi 2008;5(2):105-113 (2008).
- Walkley, A. 1946. A. Critical Examination of a Rapid Method for Determining Organic Carbon in Soils. SoilSci. 63: 251-263
- Wright, J.L. 1981. Crop Coefficients for Estimates of Daily Crop Evapotranspiration. Proceedings of the American Society of Agricultural Engineers Irrigation Scheduling Conference, s.18 – 26, St. Josep – Miami.
- Yazar, A., Çevik, B., Tekinel, O., Tülüçü, K., Baştuğ, R. ve Kanber, R. 1990. Çukurova Koşullarında Yağmurlama Yöntemiyle Sulanan II. Ürün Soyada Evapotranspirasyon - Verim İlişkilerinin Belirlenmesi. Doğa Tr. Journal of Agriculture and Forestry 14:181-203.

- Yazar, A., Sezen, S. M., Gencel, B. 2002. Corn yield response to partial rootzone drying and deficit irrigation strategies applied with drip system. *Plant Soil Environ.*, 55, 2009 (11): 494–503.
- Yazar, A., Gökçel, F., Sezen, S. M. 2009. Drip Irrigation of Corn in the Southeast Anatolia Project (GAP) Area in Turkey. *Irrigation and Drainage*, 51: 293–300.
- Yıldırım, Y.E. 1993. Ankara Koşullarında Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri, (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı. 89 s.
- Yıldırım, O., Kodal, S., Selenay, F., Yıldırım, Y. E., Ozturk, A. 1996. Corn grain yield response to adequate and deficit irrigation. *Turk. J. Agric. For.* 20(4): 283–288.
- Yıldırım, Y.E., Kodal, S. 1998. Ankara Koşullarında Sulamanın Mısır Verimine Etkisi. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 22: 65–70.
- Yıldız, G., Genç, I. 1990. Bazı Hibrit Mısır Çeşitlerinin Çukurova Koşullarında UYUM Yetenekleri Üzerine Bir Araştırma. ÇUKUROVA ÜNİVERSİTESİ, Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi. Ç.Ü Fen Bilimleri Enstitüsü en ve Mühendislik Bilimleri Dergisi. 4 (3):35 – 51.
- Yılmaz, E., Dağdelen, N., Sezgin, F., Gürbüz, T. 2004. Karık Yöntemiyle Sulanan İkinci Ürün Mısırdaki Farklı Sulama Düzeylerinin Verim ve Bazı Agronomik Özellikler Üzerine Etkisi. Adnan Menderes Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Aydın.
- Yurtsever, N. 2011. Deneysel İstatistik Metodlar. Köy Hizmetleri Gnl. Md. Toprak ve Gübre Araştırma Ens. Yayın No 56.
- Yücel, C. 1993. Çukurova Koşullarında Yetiştirilen Melez Mısır (*Zea May L.*) Çeşitlerinde Bazı Kök Özellikleri ile Dane Verimi ve Tarımsal Özellikler Arasındaki İlişkilerin Saptanması. Yüksek lisans tezi, Çukurova Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, 67, Adana.

EKLER

EK 1 Araştırma ilk yılı sulama suyu hesabı

EK 2 Araştırma ikinci yılı sulama suyu hesabı

EK 1 Araştırma ilk yılı sulama suyu hesabı

Tarih	Gün	GA	kc	ET _o	ET _c	Yağış (mm)	Sulama suyu (mm)	Eksilme (mm)	Birikimli Eksilme (mm)	Sulama No	Sulama Suyu Miktarı (mm)		
											S ₁₀₀	S ₇₀	S ₄₀
29.04.2017	1	1	0.29	6.4	1.9	0		1.9	1.86				
30.04.2017	2	1	0.29	5.1	1.5	0		1.5	3.3				
1.05.2017	3	1	0.29	4.4	1.3	0		1.3	4.6				
2.05.2017	4	1	0.29	4.3	1.2	0.2		1.0	5.7				
3.05.2017	5	1	0.29	5.5	1.6	0		1.6	7.3				
4.05.2017	6	1	0.29	5.2	1.5	0		1.5	8.8				
29.05.2017	31	2	0.31	6.3	2.0	0		2.0	6.6				
30.05.2017	32	2	0.34	5.0	1.7	0.6		1.1	7.7				
31.05.2017	33	2	0.36	4.2	1.5	0		1.5	9.2				
1.06.2017	34	2	0.38	5.5	2.1	1.4		0.7	9.9				
2.06.2017	35	2	0.41	5.0	2.0	2		0.0	10.0				
3.06.2017	36	2	0.43	5.5	3.7	0		3.7	13.6				
4.06.2017	37	2	0.45	5.9	2.7	0		2.7	16.3				
5.06.2017	38	2	0.48	5.8	2.8	5		-2.2	14.1				
8.07.2017	71	3	1.23	5.2	6.4	0		6.4	35.0				
9.07.2017	72	3	1.23	5.7	7.0	0		7.0	42.0				
10.07.2017	73	3	1.23	5.6	6.9	0	42.0	-35.1	6.9	4	42.01	29.41	16.80
11.07.2017	74	3	1.23	5.8	7.1	0		7.1	14.0				
12.07.2017	75	3	1.23	5.9	7.3	0		7.3	21.3				
13.07.2017	76	3	1.23	6	7.4	0		7.4	28.7				
14.07.2017	77	3	1.23	6.1	7.5	0	28.7	-21.2	7.5	5	28.66	20.06	11.46
15.07.2017	78	3	1.23	6.1	7.5	0		7.5	15.0				

EK 1. Araştırma ilk yılı sulama suyu hesabı (devam)

Tarih	Gün	GA	kc	ETo	ETc	Yağış	Sulama suyu	Eksilme	Birikimli Eksilme	Sulama Sayısı	Sulama Suyu Miktarı (mm)		
											S ₁₀₀	S ₇₀	S ₄₀
16.07.2017	79	3	1.23	5.7	7.0	0		7.0	22.0				
17.07.2017	80	3	1.23	5.9	7.3	0		7.3	29.3				
18.07.2017	81	3	1.23	6.2	7.6	0		7.6	36.9				
19.07.2017	82	3	1.23	5.1	6.3	0	36.9	-30.6	6.3	6	36.90	25.83	14.76
25.08.2017	119	3	1.23	4.3	5.3	0	31.1	-25.8	13.3	11	31.13	21.79	12.45
26.08.2017	120	3	1.23	4.4	5.4	0		5.4	18.8				
27.08.2017	121	4	1.21	4.3	5.2	0		5.2	24.0				
28.08.2017	122	4	1.19	4.1	4.9	0		4.9	28.8				
29.08.2017	123	4	1.17	4.1	4.8	0	22.9	-18.1	10.7	12	22.90	16.03	9.16
30.08.2017	124	4	1.15	3.4	3.9	1		2.9	13.6				
31.08.2017	125	4	1.13	3.5	3.9	0		3.9	17.6				
1.09.2017	126	4	1.11	3.9	4.3	0		4.3	21.9				
2.09.2017	127	4	1.08	4.1	4.4	0		4.4	26.3				
3.09.2017	128	4	1.06	4.5	4.8	0		4.8	31.1				
4.09.2017	129	4	1.04	4.5	4.7	0		4.7	35.8				
5.09.2017	130	4	1.02	4.5	4.6	0	28.4	-23.8	12.0	13	28.44	19.91	11.38
6.09.2017	131	4	1.00	3.2	3.2	0		3.2	15.2				
1.11.2017	187	4	0.35										

EK 2 Araştırma ikinci yılı sulama suyu hesabı

Tarih	Gün	GA	kc	ET _o	ET _c	Yağış	Sulama suyu	Eksilme	Birikimli Eksilme	Sulama Sayısı	Sulama Suyu Miktarı (mm)		
											S ₁₀₀	S ₇₀	S ₄₀
2.05.2018	1	1	0.29	2.9	0.8	5.4		-4.6	-4.56				
3.05.2018	2	1	0.29	3.9	1.1	0		1.1	-3.4				
4.05.2018	3	1	0.29	4.2	1.2	2.4		-1.2	-4.6				
5.05.2018	4	1	0.29	3.3	1.0	1.4		-0.4	-5.1				
6.05.2018	5	1	0.29	1.3	0.4	11		-10.6	-15.7				
7.05.2018	6	1	0.29	3.2	0.9	0		0.9	-14.7				
24.05.2018	23	1	0.29	4.3	1.2	3.2		-2.0	-38.3				
25.05.2018	24	1	0.29	3.9	1.1	0		1.1	-37.2				
26.05.2018	25	1	0.29	2.6	0.8	29.2		-28.4	-65.6				
27.05.2018	26	1	0.29	4.0	1.2	0.2		1.0	-64.6				
28.05.2018	27	1	0.29	3.9	1.1	61.2		-60.1	-124.7				
29.05.2018	28	1	0.29	4.3	1.2	0.2		1.0	-123.7				
30.05.2018	29	1	0.29	3.7	1.1	0.2		0.9	-122.8				
31.05.2018	30	1	0.29	3.9	1.1	0		1.1	-121.7				
1.06.2018	31	2	0.31	2.6	0.8	1		-0.2	-121.8				
4.07.2018	64	2	1.08	6.2	6.7	0		6.7	-52.0				
5.07.2018	65	2	1.10	6.3	7.0	0	34.4	-27.4	0.0	1	34.4	24.08	13.8
6.07.2018	66	2	1.13	5.6	6.3	0		6.3	6.3				
7.07.2018	67	2	1.15	5.2	6.0	0		6.0	12.3				
8.07.2018	68	2	1.17	6	7.0	0		7.0	19.3				
9.07.2018	69	2	1.20	5.1	6.1	0		6.1	25.4				
10.07.2018	70	2	1.22	5.7	7.0	0	25.44	-18.5	7.0	2	25.44	17.81	10.17

EK 2. Araştırma ikinci yılı sulama suyu hesabı (devam)

Tarih	Gün	GA	kc	ET _o	ET _c	Yağış	Sulama suyu	Eksilme	Birikimli Eksilme	Sulama Sayısı	Sulama Suyu Miktarı (mm)		
											S ₁₀₀	S ₇₀	S ₄₀
11.07.2018	71	3	1.23	5.9	7.3	0		7.3	14.2				
12.07.2018	72	3	1.23	7	8.6	0		8.6	22.8				
13.07.2018	73	3	1.23	5.9	7.3	0		7.3	30.1				
14.07.2018	74	3	1.23	5.4	6.6	0		6.6	36.7				
15.07.2018	75	3	1.23	5.1	6.3	0		6.3	43.0				
16.07.2018	76	3	1.23	5.3	6.5	0	43.0	-36.5	6.5	3	42.99	30.10	17.20
17.07.2018	77	3	1.23	5.4	6.6	0		6.6	13.2				
18.07.2018	78	3	1.23	5	6.2	0.8		5.4	18.5				
19.07.2018	79	3	1.23	5.5	6.8	0.2	18.51	-11.9	6.6	4	18.51	12.96	7.40
20.07.2018	80	3	1.23	5.4	6.6	0		6.6	13.2				
27.08.2018	118	3	1.23	4.8	5.9	0		5.9	27.7				
28.08.2018	119	3	1.23	4.4	5.4	0	27.68	-22.3	5.4	11	27.68	19.37	11.07
29.08.2018	120	3	1.23	4.8	5.9	0.6		5.3	10.7				
30.08.2018	121	4	1.21	3.9	4.7	0		4.7	15.4				
31.08.2018	122	4	1.19	3.9	4.6	0		4.6	20.1				
1.09.2018	123	4	1.17	4	4.7	0		4.7	24.7				
2.09.2018	124	4	1.15	5	5.7	0		5.7	30.5				
3.09.2018	125	4	1.13	3.7	4.2	0		4.2	34.6				
4.09.2018	126	4	1.11	4.4	4.9	0	34.64	-29.8	4.9	12	34.64	24.25	13.86
5.09.2018	127	4	1.08	3.8	4.1	6		-1.9	3.0				
23.10.2018	175		0.35										

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Gonca KARACA BİLGEN
Doğum Yeri : TOKAT/Reşadiye
Doğum Tarihi : 30.07.1975
Medeni Hali : Evli
Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Ankara Atatürk Lisesi, (1992)
Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü (1993-1997)
Yüksek Lisans : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı (Eylül 1997- Haziran 2000)
Doktora : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı (Eylül 2011- 2020)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

Doğa Tohumculuk, Nevşehir, 1997
GAP Bölge Kalkınma İdaresi Bölge Müdürlüğü, GAP Sulama Sistemlerinin İşletme, Bakım ve Yönetim (İBY)Projesi, Şanlıurfa, 1998-2003
GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Tarım Orman ve Kırsal Kalkınma Bölümü, Ankara, 2003-2011
Toprak Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü, Ankara, 2011-2018
Tarımsal Araştırmalar ve Politikalar Genel Müdürlüğü, Ankara, 2018-Devam

Yayınlar

Çakmak E., Çetik M., Tuzun A.M., Baysan N., **Karaca Bilgen G.**, Terzi M., R Kanber., Yazar S., 2003, Participatory Irrigation Management and Water Cultural Heritage: Turkey Country Report WASAMED Project, Şanlıurfa.
Kodal, S., Yıldırım, Y. E, Yıldız D., Bingöl, Ü., Aksu, S., **Karaca Bilgen, G.**, 2016. Tarımsal Sulama Politikaları Sulama Yönetimi ve Sulama Etkinliğinin Değerlendirilmesi. TAGEM Araştırma-Geliştirme Destekleri Proje Sonuç Raporu., Ankara.
Karaca Bilgen, G., Özbahçe, A., Yeter, T., Uslu Kıran, S., Demir, Y., Görgişen, C., Avağ, K., Bahçeci Alsan, P., Atay, Ü., 2018. Su Stresi Koşullarında Malç Uygulamalarının Turşuluk Hıyarın Verim Unsurları ve Bazı Stres Parametreleri Üzerine Etkilerinin Belirlenmesi. TAGEM/TSKAD/15/A13/P02/2

Hakemli Dergiler

- Karaca G.**, Selenay F., 2001, Harran Ovasında Karık ve Damla Sulama Sistemlerinin Ekonomik Yönden Karşılaştırılması, Tarım Bilimleri Dergisi 2001, 7 (1), 166-176
- Karaca Bilgen, G.**, Özbahçe, A, Yeter, T, Görgişen, C, Bahçeci Alsan, P, Avağ, K. (2018). Farklı sulama seviyeleri ve malç uygulamalarında turşuluk hıyarın verim su ilişkileri. Isparta Uygulamalı Bilimler Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 328-339.
- Karaca Bilgen, G**, Kodal, S, Yıldırım, Y. E. 2019. Havza Bazlı Bitkisel Üretim ve Sulama Suyu Optimizasyon Çalışmaları ve Önemi. Toprak Su Dergisi, 107-114 . DOI: 10.21657/topraksu.655499

Ulusal Kongre Sunum

- Demir, H., **Karaca G.**, Demir E., Kodal S., Yıldırım Y.E., 2001. GAP Bölgesindeki DSİ Sulamalarında Bitki Deseni ve Sulama Suyu İhtiyacı. GAP II. Tarım Kongresi, 24-26 Ekim 2001. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi GAP Bölge Kalkınma İdaresi Başkanlığı, Şanlıurfa, s.671-680.
- Karaca G.**, 2003, GAP Sulama Sistemlerinin İşletme Bakım ve Yönetimi Projesi. FAO- Toprak ve Su Kaynaklarının Harekete Geçirilmesi ve Yönetimi Çalıştayı, Ankara.
- Tüzün, A. M., Baysan N., **Karaca Bilgen, G.**, Kodal, S., 2006. Sulama Yatırımlarına Çiftçi Katkısı. TMMOB Su Politikaları Kongresi, 21-23 Mart 2006, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara, s:424-434.
- Tüzün, A. M., Demir H., Baysan N., **Karaca Bilgen G.**, S. Kodal, 2006. GAP Sulamalarında Enerji Maliyetinin Ürün Maliyeti İçerisindeki Payı. TMMOB Su Politikaları Kongresi, 21-23 Mart 2006, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara, s:411-423.
- Tüzün, A. M, Baysan N., **Karaca Bilgen. G.**, S. Kodal, 2006. Sulama Sistemlerine Kullanıcıların Etkin Katılımı. TMMOB Su Politikaları Kongresi, 21-23 Mart 2006, TMMOB İnşaat Mühendisleri Odası, Ankara, s:392-402.
- Karaca Bilgen, G.**, Yeter, T., Görgişen, C., 2014, Kuraklıkla Mücadelede Tarımda Su Tasarrufunun Önemi, II. Uluslararası katılımlı Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, Konya
- Görgişen, C., Yeter, T., **Karaca Bilgen, G.**, 2014. Tarımsal Don Olayının CBS ile Belirlenmesi. Uluslar Arası Mezopotamya Tarım Kongresi. 22-25 Eylül 2014. Diyarbakır
- Yeter, T., Görgişen, C., **Karaca Bilgen, G.**, 2014. Sulanan Alanlarda Drenaj Suyu Kalite Kriterleri. II. Uluslararası Katılımlı Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu. 16-18 Eylül 2014. Konya
- Özaydın, K.A., Yıldırım, Y.E., Köksal, E.S., Çetin, Ö., Yıldız, Ö., Sönmez, B., Tahmiscioğlu, M.S., Küçükcoşkun, Ş., Caymaz, U., Uçar, İ., Türkeş, M., Taş, İ., Kodal, S., Bulut, İ., Yılmaz, A., Kolsuz, H.U., Bulut, F., Şimşek, O., Angın, N.,

Kaya, B., **Karaca Bilgen, G.**, Avağ, K., Köşker, Y., Aysel, M., Tekeli, M., Aydınşakir, K., Dinç, N., Berekatoğlu, K., Güney, E., Karagöz, K., Uygan, D., Özbek, Ö., Kösetürkmen, S., Küçükyumuk, C., Yıldız, H., Korkmaz, N., Gündüz, M., Şen, S., Akap, P.T., Özçelik, Ş., Altay, T., Aras, S., Yüzbaşı, Ş., Çebi, Ü., Özdemir, A.G., Özer, S., Gündüz, A., Dündar, M.A., Bozkurt Çolak, Y., Baydar, A., Taşan, M., Kara, F., Anlağan Taş, M., Bahçeci, P., Üglü, G., Boyacıoğlu, A., Özer, N., 2014. Bitki Su Tüketimi Çalışmalarında Kullanılabilecek Veritabanı Tasarımı. II. Uluslararası Katılımlı Kuraklık ve Çölleşme Sempozyumu, 16-18 Eylül 2014, Konya, s:59-71.

Karaca Bilgen G., 2014. Tarımda Su Ayak İzi, 12. Ulusal Kültürteknik Sempozyumu, Tekirdağ, 2014

Özbahçe A., **Karaca Bilgen G.**, 2016. Bütünleşik Uyum ve Yöntemleri, Uluslararası Katılımlı 2. İklim Değişikliği ve Tarım Etkileşimi Çalıştayı, Şanlıurfa.

Karaca Bilgen G., Kodal S., 2017. Optimum Bitki Deseni Çalışmalarının Kısıtlı Sulama Uygulamalarında Önemi, 5. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, 12 Eylül 2017, 15 Eylül 2017.

Karaca Bilgen G., Kodal S., Yıldırım Y.E., 2017. Havza Bazlı Bitkisel Üretim ve Sulama Suyu Optimizasyon Çalışmaları Ve Önemi, 5. Uluslararası Katılımlı Toprak Ve Su Kaynakları Kongresi, 12 Eylül 2017, 15 Eylül 2017.

Yeter T., Görgişen C., **Karaca Bilgen, G.**, I. Tas, 2017 Tarımda Su Kalitesi ve Değerlendirme Ölçütleri.5. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, 12 Eylül 2017, 15 Eylül 2017.

Karaca Bilgen, G., Özbahçe A., Yeter T., Kıran S., Görgişen C., Bahçeci Alsan P., Avağ K., 2018, Turşuluk Hıyarda Farklı Malç Materyallerinin Bazı Morfolojik ve Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkileri, Uluslararası Avrasya Doğal Beslenme ve Sağlıklı Yaşam Zirvesi Kongre & Sergi, 12-15 Temmuz 2018, Ankara-Türkiye

Baysan N., **Karaca Bilgen, G.**, Mutlu N., 2018, GAP Sulama Projelerinin Bölge Ekonomisi Üzerine Yarattığı Değişim Üzerine Bir Değerlendirme, 1st International Congress On Agricultural Structures And Irrigation -14. Ulusal Tarımsal Yapılar Ve Sulama Kongresi, 26-28 Eylül 2018, Antalya

Karaca Bilgen G., Özbahçe A., Yeter T., Görgişen C., Bahçeci Alsan P., Avağ K., 2018. Farklı Sulama Seviyeleri Ve Malç Uygulamalarında Turşuluk Hıyarın Verim Su İlişkileri, 1st International Congress On Agricultural Structures And Irrigation -14. Ulusal Tarımsal Yapılar Ve Sulama Kongresi, 26-28 Eylül 2018, Antalya

Kodal S., Yıldırım, Y.E., **Karaca Bilgen, G.**, Akşit, C., 2019, Yüzeyaltı Damla Sulama Çalışmalarında Derine Sızma Değerlendirmeleri, 6. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, 12-14 Kasım 2019, İzmir.

Görgişen,C., Yeter, T., **Karaca Bilgen, G.**, Bahçeci Alsan, P., Avağ, K., Boyacıoğlu, A., Yıldırım, Y.E., 2019 .Kısıtlı Su Koşullarında Yüzeyaltı Damla Sulama Sistemi ile Sulanan Şekerpancarının Su Kullanım ve Sulama Suyu Kullanım Randımanları, 6. Uluslararası Katılımlı Toprak ve Su Kaynakları Kongresi, 12-14 Kasım 2019, İzmir

Uluslararası Kongre Sunum

- Kodal, S., Erkan, A. Z., Baysan, N., **Karaca Bilgen, G.**, 2006. Importance of Water Delivery Scheduling for Water Saving in Water User Association: A Case Study for GAP-Harran Plain, Turkey. Harmonization and Integration of Water Saving Options, WASAMED Thematic Network, 5th Workshop, May 3-7, 2006, Malta.
- Demir, H., Erkan, A.Z., Baysan, N., **Karaca Bilgen, G.**, 2007. The possible effects of irrigation schemes and irrigation methods on water budget and economy in Atatürkdam of south-eastern Anatolia region of Turkey, 2. MELIA Workshop Technological Perspectives for Rational Use of Water Resources in the Mediterranean Region, 2008/10/29-2008/11/02, Marrakesh (Morocco).
- Demir, H., Baysan, N., **Karaca Bilgen, G.**, 2009. What is covered by water fees, prices and costs? Example of water policies in Turkey, MELIA Workshop, 5th Word Water Form, 16-22/03/2009, İstanbul.
- Karaca Bilgen, G.**, Kodal S., Yıldırım Y.E. Effects of Deficit Irrigation Application with Subsurface Drip Irrigation on Corn. Proceedings of 9th International Micro Irrigation Conference (9IMIC). Indian National Committee on Surface Water (INCSW) – CWC Ambassador Ajanta, Aurangabad, India 16 Jan - 18 Jan 2019, p. 115-117.
- Yıldırım Y.E., Kucukcoskun S., Tas M., Ataol Olmez H., **Karaca Bilgen G.**, Görgişen C., Yeter T., 2019. The Gains to Obtain From National Subsurface Drip Irrigation Research Project in Turkey. Proceedings of 9th International Micro Irrigation Conference (9IMIC). Indian National Committee on Surface Water (INCSW) – CWC Ambassador Ajanta, Aurangabad, India 16 Jan - 18 Jan 2019, p. 109-114.
- Tas I., Yıldırım Y.E., **Karaca Bilgen G.**, Görgişen C., Aksit C., Yeter B., Monshizadeh A., 2019. The Effect of Subsurface Drip Irrigation System on Variation of Soil Moisture. Proceedings of 9th International Micro Irrigation Conference (9IMIC). Indian National Committee on Surface Water (INCSW) – CWC Ambassador Ajanta, Aurangabad, India 16 Jan - 18 Jan 2019, p. 121-126
- Tas I., Yıldırım Y.E., Görgişen C., **Karaca Bilgen G.**, Yeter T., 2019. Comparison of Geostatistic Methods of Sugar Beet Yield with Irrigated of Lineer Movements and Subsurface Drip Irrigation Systems. Proceedings of 9th International Micro Irrigation Conference (9IMIC). Indian National Committee on Surface Water (INCSW) – CWC Ambassador Ajanta, Aurangabad, India 16 Jan - 18 Jan 2019, p. 127-132