

**ANKARA ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

DOKTORA TEZİ

**YÜZEYALTI DAMLA SULAMA YÖNTEMİ İLE UYGULANAN FARKLI
SULAMA SUYU MİKTARLARININ SİLAJLIK MISIR VERİMİNE ETKİSİ**

Cenk AKŞİT

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**ANKARA
2020**

Her hakkı saklıdır

ÖZET

Doktora Tezi

YÜZEYALTI DAMLA SULAMA YÖNTEMİ İLE UYGULANAN FARKLI SULAMA SUYU MİKTARLARININ SİLAJLIK MISIR VERİMİNE ETKİSİ

Cenk AKŞİT

Ankara Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Süleyman KODAL

Çalışmada su kısıtı koşullarında yüzeyaltı damla sulama sistemi ile sulanan silajlık mısırın verim ve su kullanım etkinliğinin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışma 2017 ve 2018 yıllarında Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde yürütülmüştür. Çalışma, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada 4 farklı su konusu (S_1 : %125, S_2 : %100, S_3 : %75 ve S_4 : %50) belirlenmiştir. Yüzeyaltı damla sulama sistemi lateralleri toprak yüzeyinin 40 cm altına yerleştirilmiştir. ET_0 değerleri günlük olarak otomatik iklim istasyonundan alınmış ve bitki katsayısı ile düzeltilerek ET_c değerleri hesaplanmıştır. 5 günlük dönemler sonunda birikimli ET_c değerinden etkili yağış düşülerek sulama suyu miktarı hesaplanmış ve S_2 konusuna uygulanmıştır. Diğer konulara ise belirlenen oranlarda su uygulanmıştır. Çalışmada su kullanım etkinliği (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ile hasat sonrası bazı bitki verim parametreleri (bitki boyu, koçan adedi, yaprak ağırlığı, gövde ağırlığı ve silaj verimi) belirlenmiştir. Konulara uygulanan sulama suyu miktarı 2017 yılında 265.5 – 615.3 mm arasında 2018 yılında ise 251.4 – 604.9 mm arasında, gerçek bitki su tüketim değerleri (ET_a) ilk yıl 457 – 713 mm, ikinci yıl 414 – 711 mm arasında bulunmuştur. Verim değerleri ilk yıl S_1 , S_2 , S_3 ve S_4 konularında sırasıyla 8.5 t/da, 7.3 t/da, 7.0 t/da ve 5.1 t/da, ikinci yıl ise sırasıyla 6.5 t/da, 6.0 t/da, 5.2 t/da ve 3.6 t/da olarak elde edilmiştir.

Şubat 2020, 95 sayfa

Anahtar Kelimeler: Yüzeyaltı damla sulama, silajlık mısır, su kısıtı, verim

ABSTRACT

PhD Thesis

THE EFFECT OF DIFFERENT IRRIGATION WATER QUANTITIES APPLIED BY SUB-SURFACE DRIP IRRIGATION METHOD ON SILAGE CORN YIELD

Cenk AKŞİT

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

Supervisor: Prof. Dr. Süleyman KODAL

In the study, it was aimed to determine the yield and water use efficiency of silage corn irrigated with subsurface drip irrigation system under full and deficient irrigation conditions. The study was conducted in Ankara University, Faculty of Agriculture, Haymana Research and Application Farm in 2017 and 2018. The study was established in three replications according to the random blocks trial pattern. In the study, 4 different water subjects (S_1 : 125%, S_2 : 100%, S_3 : 75% and S_4 : 50%) were determined. The subsurface drip irrigation lateral was placed 40 cm below the soil surface. ET_0 values were taken daily from the automatic climate station and ET_c values were obtained by correcting with the plant coefficient. At the end of the 5-day periods, the amount of irrigation water was calculated by deducting the effective precipitation from the accumulated ET_c value and applied to the S_2 . Water was applied at determined rates to other subjects. In the study, water use efficiency (WUE) and irrigation water use efficiency (IWUE), some plant yield parameters (plant height, number of stubs, leaf weight, stem weight and silage yield) were determined. The amount of irrigation water applied to the subjects was between 265.5 - 615.3 mm in 2017 and between 251.4 - 604.9 mm in 2018. Actual ET values were found between 457 - 713 mm in the first year and 414 - 711 mm in the second year. Yield values for the first year were found as 8.5 t/da, 7.3 t/da, 7.0 t/da, and 5.1 t/da for S_1 , S_2 , S_3 and S_4 respectively and 6.5 t/da, 6.0 t/da, 5.2 t/da and 3.6 t/da for the second year.

February 2020, 95 pages

Key Words: Sub-surface drip irrigation, silage corn, deficit irrigation, yield

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Yalnızca bu tez çalışmasında değil birlikte çalışmaya başladığımız ilk andan bu yana bana her türlü desteği veren, yol gösteren ve her zaman arkamda duran başta Danışman Hocam Prof. Dr. Süleyman KODAL'a ve Hocam Prof. Dr. Yusuf Ersoy YILDIRIM'a tez çalışmamın yürütülmesinde ve tamamlanmasında çalışmalarına yön verdikleri ve destekleri için, tez izleme komitesinde yapmış olduğu yönlendirmeler ile Sayın Prof. Dr. Eyüp Selim KÖKSAL'a teşekkür ederim.

Çalışmanın arazi bölümünde sistemin kurulması, sulamaların yürütülmesi ve hasat sonrası arazide yaptığımız çalışmalarda destek veren Çağlar Özkan SEZER'e, Arman Monshizade KARIMI'YE, Erdem ve Canan UYSAL'a, Kenan SAY'a, Cansu ŞENTÜRK'e, Uğur Efe ÖZYILDIZ'a, Ahmet Cengiz YILDIRIM'a, Yusuf KOCAKAYA'ya ve bu çalışmada desteği geçen tüm değerli öğrencilerime, çalışmanın tüm aşamalarında yardımlarını esirgemeyen Gonca Karaca BİLGİN, Ceren GÖRGİŞEN ve Tuğba YETER'e teşekkür ederim.

Tez çalışmam süresince bana güç ve ilham veren, desteklerini esirgemeyen annem Mualla AKŞİT, babam Mehmet Necat AKŞİT, kardeşim Burcu AKŞİT ŞEN ve eşi Alper ŞEN'e gönülden teşekkür ederim.

Cenk AKŞİT
Ankara, Şubat 2020

İÇİNDEKİLER

TEZ ONAY SAYFASI

ETİK.....	i
ÖZET.....	ii
ABSTRACT	iii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ	vii
ŞEKİLLER DİZİNİ	ix
ÇİZELGELER DİZİNİ	xi
1. GİRİŞ	1
2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ	8
2.1 Yüzeyaltı Damla Sulama Sistemi Çalışmaları.....	8
2.2 Silajlık Mısır Çalışmaları	11
3. MATERYAL ve YÖNTEM	15
3.1 Materyal.....	15
3.1.1 Araştırma yeri	15
3.1.2 İklim özellikleri.....	17
3.1.3 Toprak özellikleri	17
3.1.4 Bitki özellikleri.....	18
3.1.5 Sulama suyu özellikleri	18
3.1.6 Sulama sistemi	20
3.1.7 Meteorolojik veriler	22
3.2 Yöntem	22
3.2.1 Deneme deseni ve sulama konuları.....	22
3.2.2 Uygulanacak sulama suyu miktarının hesaplanması.....	24
3.2.3 Bitki su tüketiminin hesaplanması.....	25
3.2.4 Su kullanım etkinliklerinin belirlenmesi.....	27
3.2.5 Toprak analizleri	28
3.2.6 Tarımsal işlemler	29
3.2.7 Bitki ölçüm ve analizleri	29
3.2.8 Silaj verimi	32
3.2.9 İstatistiksel analizler	33
4. BULGULAR ve TARTIŞMA.....	34

4.1 Meteorolojik Veriler	34
4.2 Tarımsal İşlemler ve Gözlemler.....	37
4.3 Toprak Nemi İzlenmesi	38
4.4 Tahmini Bitki Su Tüketimi (ET_c) ve Sulama Suyu Miktarı.....	39
4.4.1 Referans Bitki Su Tüketimi (ET₀).....	39
4.4.2 Tahmini Bitki Su Tüketimi.....	42
4.5 Gerçek Bitki Su Tüketiminin (ET_a) Hesaplanması	46
4.6 Bitki Ölçüm ve Kalite Analizleri	51
4.6.1 Bitki Fenolojik Ölçümleri	51
4.6.2 Bitki Kalite Analizleri	70
4.7 Su Kullanım Etkinliği (WUE) ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği	78
5. SONUÇ.....	81
KAYNAKLAR	85
ÖZGEÇMİŞ.....	94

SİMGELER DİZİNİ

°C	Santigrad derece
%	Yüzde
ΔS	Toprak nem değişimi
C	Kil
Ca	Kalsiyum
Cl	Klor
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
m ²	Metrekare
m ³	Metreküp
mm	Milimetre
Mcal	Megakalori
me	miliekivalan
Mg	Magnezyum
N	Azot
Na	Sodyum
pH	Potansiyel hidrojen
ppm	Milyonda bir kısım
ET _a	Gerçek bitki su tüketimi
ET ₀	Referans bitki su tüketimi

ET _c	Tahmini bitki su tüketimi
I	Sulama suyu
IWUE	Sulama suyu kullanım etkinliği
kc	Bitki katsayısı
LSD	En küçük anlamlı farklar testi

Kısaltmalar

EC	Elektiriksel iletkenlik
CV	Varyasyon Katsayısı
P	Etkili Yağış
R	Yüzey akış
Y	Verim
PE	Polietilen
PPRC	Polipropilen rastgele kopolimer plastik boru
SN	Solma noktası
TK	Tarla kapasitesi
WUE	Su kullanım etkinliği
NDF	Nötral deterjan fiber
ADF	Asit deterjan fiber
LAI	Leaf Area Index (Yaprak Alan İndeksi)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 1.1 Ankara ilinde silajlık mısır ekilen alanların yıllara göre değişimi.....	4
Şekil 1.2 Ankara ilinde silajlık mısır veriminin yıllara göre değişimi	4
Şekil 1.3 Ankara ilinde silajlık mısır üretim miktarının yıllara göre değişimi	5
Şekil 3.1 Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği deneme alanı	15
Şekil 3.2 Gölbaşı bölgesi en fazla ekilen bitkiler ve alanları.....	16
Şekil 3.3 Gölbaşı bölgesi en yüksek verim elde edilen bitkiler	16
Şekil 3.4 Deneme alanı su kaynağı	19
Şekil 3.5 Yüzeyaltı lateral hatları.....	21
Şekil 3.6 Hat başlarında kullanılan su sayacı, manometre ve vantuz	21
Şekil 3.7 Deneme süresince toprak nem takibinin yapıldığı toprak nem sensörleri	22
Şekil 3.8 Deneme planı	23
Şekil 3.9 Blok detayı ve hasat alanı	24
Şekil 3.10 Ankara ilinde yetiştirilen mısır (silaj) bitkisi için bitki katsayısı (k_c).....	26
Şekil 3.11 Deneme süresince kullanılan meteoroloji istasyonu.....	27
Şekil 4.1 2017 – 2018 yılı aylık ortalama sıcaklıkları ile uzun yıllar ortalaması aylık ortalama sıcaklık karşılaştırılması	36
Şekil 4.2 2017 – 2018 yılı aylık toplam yağış miktarları ile uzun yıllar ortalaması aylık toplam yağış miktarlarının karşılaştırılması	36
Şekil 4.3 2017 yılı Mayıs – Eylül dönemi toprak nemi değişim grafiği	38
Şekil 4.4 2018 yılı Mayıs – Eylül dönemi toprak nemi değişim grafiği	39
Şekil 4.5 Deneme alanında 2017 – 2018 yıllarında ölçülen ET_0 değerleri	41
Şekil 4.6 Mısır (silaj) bitkisi 2017 – 2018 yıllarında ET_c ’de meydana gelen değişim ...	44
Şekil 4.7 2017 yılı bitki yetiştirme dönemi aylık gerçekleşen bitki su tüketimi (ET_a) ile tahmini bitki su tüketimi (ET_c) değerlerinin karşılaştırılması	48
Şekil 4.8 2018 yılı bitki yetiştirme dönemi aylık gerçekleşen bitki su tüketimi (ET_a) ile tahmini bitki su tüketimi (ET_c) değerlerinin karşılaştırılması	50
Şekil 4.9 2017 yılı ortalama silaj verimleri	68
Şekil 4.10 2018 yılı ortalama silaj verimleri	69
Şekil 4.11 2017 – 2018 yılı hasadı rutubet oranları	70

Şekil 4.12 2017 – 2018 yılı hasadı ham protein oranı	71
Şekil 4.13 2017 – 2018 yılı hasadı ham yağ oranı	72
Şekil 4.14 2017 – 2018 yılı hasadı ham selüloz oranı	73
Şekil 4.15 2017 – 2018 yılı hasadı ham kül oranı.....	74
Şekil 4.16 2017 – 2018 yılı hasadı metabolik enerji.....	75
Şekil 4.17 2017 – 2018 yılı hasadı NDF oranı.....	76
Şekil 4.18 2017 – 2018 yılı hasadı ADF oranı.....	77
Şekil 4.19 2017 – 2018 yılları I-Y grafiği.....	79
Şekil 4.20 2017 – 2018 yılları ET _a -Y grafiği	80



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1 Deneme alanı meteorolojik verileri (Uzun yıllar ortalaması 1960 – 2019).	17
Çizelge 3.2 Deneme alanı toprak özellikleri	18
Çizelge 3.3 Sulama suyu kalite özellikleri	19
Çizelge 4.1 Bitki yetiştirme dönemi aylık ortalama meteorolojik verileri	34
Çizelge 4.2 Bitki yetiştirme dönemi aylık ortalama meteorolojik verileri	35
Çizelge 4.3 2017 yılı yetiştirme döneminde yapılan tarımsal işlemler	37
Çizelge 4.4 2018 yılı yetiştirme döneminde yapılan tarımsal işlemler	37
Çizelge 4.5 Bitki yetiştirme dönemi süresince meteoroloji istasyonundan alınan ET_0 değerleri	40
Çizelge 4.6 Deneme süresince gerçekleşen mısır (silajlık) bitkisi günlük bitki su tüketimi	42
Çizelge 4.7 2017 yetiştirme dönemi süresince mısır (silaj) bitkisine uygulanan sulama suyu ve meydana gelen toplam yağış miktarları.....	45
Çizelge 4.8 2018 yetiştirme dönemi süresince mısır (silaj) bitkisine uygulanan sulama suyu ve meydana gelen toplam yağış miktarları.....	46
Çizelge 4.9 2017 yılı S_1 (%125) su konusu aylık ET_a hesabı	47
Çizelge 4.10 2017 yılı S_2 (%100) su konusu aylık ET_a hesabı	47
Çizelge 4.11 2017 yılı S_3 (%75) su konusu aylık ET_a hesabı	48
Çizelge 4.12 2017 yılı S_4 (%50) su konusu aylık ET_a hesabı	48
Çizelge 4.13 2018 yılı S_1 (%125) su konusu aylık ET_a hesabı.....	49
Çizelge 4.14 2018 yılı S_2 (%100) su konusu aylık ET_a hesabı.....	49
Çizelge 4.15 2018 yılı S_3 (%75) su konusu aylık ET_a hesabı.....	49
Çizelge 4.16 2018 yılı S_4 (%50) su konusu aylık ET_a hesabı.....	50
Çizelge 4.17 Araştırma yıllarında kuru madde verimi (kg/da)	51
Çizelge 4.18 2017 ve 2018 yılı kuru madde oranı	52
Çizelge 4.19 2017 – 2018 yılları hasatta toplanan bitkilerin sap kalınlıkları varyans analizi.....	53
Çizelge 4.20 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap kalınlıkları LSD testi.....	54
Çizelge 4.21 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap kalınlıkları varyans analizi.....	54
Çizelge 4.22 2018 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap kalınlıkları LSD testi.....	54

Çizelge 4.23 2018 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap kalınlıkları varyans analizi.....	55
Çizelge 4.24 2017 – 2018 yılları hasatta toplanan bitkilerin bitki boyu varyans analizi	55
Çizelge 4.25 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin boyları LSD testi	57
Çizelge 4.26 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin boyları varyans analizi	57
Çizelge 4.27 2018 yılı hasatta toplanan bitki boylar LSD testi.....	57
Çizelge 4.28 2018 yılı hasatta toplanan bitki boylar varyans analizi.....	58
Çizelge 4.29 2017 – 2018 yılları hasatta toplanan bitkilerin bitki sap ağırlığı varyans analizi.....	59
Çizelge 4.30 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap ağırlıkları LSD testi	59
Çizelge 4.31 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap ağırlıkları varyans analizi	59
Çizelge 4.32 2018 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap ağırlıkları LSD testi	60
Çizelge 4.33 2018 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap ağırlıkları LSD testi	61
Çizelge 4.34 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin bitki başına koçan adetleri.....	61
Çizelge 4.35 2018 yılı hasatta toplanan bitkilerin bitki başına koçan adetleri.....	62
Çizelge 4.36 2017 – 2018 yılları hasatta toplanan bitkilerin yaprak ağırlığı varyans analizi.....	62
Çizelge 4.37 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin bitki yaprak ağırlıkları LSD testi	63
Çizelge 4.38 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin bitki yaprak ağırlıkları varyans analizi.....	63
Çizelge 4.39 2018 yılı hasatta toplanan bitkilerin bitki yaprak ağırlıkları LSD testi	64
Çizelge 4.40 2018 yılı hasatta toplanan bitkilerin bitki yaprak ağırlıkları varyans analizi.....	65
Çizelge 4.41 2017 ve 2018 yılı ortalama silaj verimleri LSD testi.....	65
Çizelge 4.42 2017 ve 2018 yılı silaj verimleri varyans analizi	66
Çizelge 4.43 2017 yılı silajlık mısır verimi LSD testi	67
Çizelge 4.44 2017 yılı silajlık mısır verimi varyans analizi.....	67
Çizelge 4.45 2018 yılı silajlık mısır verimi LSD testi	68
Çizelge 4.46 2018 yılı silajlık mısır verimi varyans analizi.....	69
Çizelge 4.47 2017 yılı WUE ve IWUE değerleri.....	78
Çizelge 4.48 2018 yılı WUE ve IWUE değerleri.....	78
Çizelge 4.49 Uygulanan su kısıtına oranla verim azalması	80

1. GİRİŞ

Bitkiler yetiştirme dönemleri süresince normal gelişimleri için gereken bitki besin maddelerini ve suyu kökleri aracılığı ile almaktadır. Toprakta yeterince su olmaması durumunda, bitkinin suyu alması güçleşmekte ve gelişmesini olumsuz olarak etkilemektedir. Toprakta devamlı olarak yeterli miktarda suyun olması bitkilerin normal gelişimini sürdürebilmesi için gereklidir. Bu suyun doğal yağışlarla karşılanamadığı durumda, sulama yapmak gerekmektedir (Kodal 1982).

Modern tarımın ayrılmaz bir parçası olan sulama, aynı zamanda bitkisel üretimde en önemli tarımsal girdilerden birini oluşturmaktadır. Koşullara uygun sulama yöntemi ve bu yöntemeye uygun sulama sisteminin kurularak bitkinin ihtiyacı olan suyun, zamanında bitki kök bölgesine verilmesi, sulamadan beklenen yararın elde edilmesi için önemlidir (Yıldırım 1993).

Kurak ve yarı kurak iklim kuşağında bulunan ülkemizde, sulamanın önemi daha da artmakta, özellikle su kaynaklarının kısıtlı olduğu ve yazları kurak geçen İç Anadolu gibi bölgelerimizde suyun ekonomik olarak kullanılması önem kazanmaktadır (Selenay 1986).

Yapılan çalışmalar gelecekte iklim değişikliğinin sonucu olarak Avrupa'da daha sıcak bir iklimin yaşanacağını öngörmektedir (IPCC 2007). Her durumda, iklim değişikliğinin hidrolojik döngünün tüm yönlerini etkilemesi ve böylece tatlı suyun kullanılabilirliğini değiştirmesi, sulamada yaygın olarak kullanılan yeraltı suyunun iklim değişikliklerinden önemli ölçüde etkilenmesi beklenmektedir (Siebert vd. 2010). Birçok bölgede hızla artış gösteren tarımsal sulama 20. yüzyılda hidrolojik döngüyü ve enerji dengesini önemli ölçüde değiştirmiştir (Wisser vd. 2010).

Su kıtlığı her şeyden önce kurak ve yarı kurak bölgelerde yaşayan dünya nüfusunun %52'sini etkilemektedir (UNESCO-WWAP 2006). Tarımsal üretimde su, sıcak ve kurak yaz dönemlerinde verimi etkileyen en önemli etkenlerden biri olup, su kaynaklarında azalma yaşandığında birim su başına verimi maksimum yapacak sulama programlarına

ihtiyaç duyulmaktadır (Bekele ve Tilahun 2007). Kısıntılı sulamanın arkasındaki fikir, suya olan hassasiyeti daha az olan büyüme aşamalarında bitkiyi hafif su stresine maruz bırakarak verimde küçük bir azalma ile önemli su tasarrufu elde etmektir (Costa vd. 2007; Shrestha vd. 2010). Bu uygulamanın başarılı olması ve kısıtlı olan suyu iyi yönetmek için bitkiyi iyi tanımak gerekmektedir (Farre ve Faci 2009). Sulama suyu kullanım etkinliği (IWUE) ve verim faktörü (su stresine tepki faktörü, Ky), kısıntılı sulama etkinliğini değerlendirmek, sulama yönetim kararlarını optimize etmek ve su stresinin eşik değerlerini tahmin etmek için yaygın olarak kullanılan endekslerdir (Johnson ve Henderson 2002). IWUE, verimliliğin nasıl yönetileceği ve optimize edileceği, yani bazı verim ve biyokütle ölçülerine göre sulama etkinliğinin nasıl yönetileceği hakkında uygulanabilir veriler sağlarken (Sinclair vd. 1984), Ky, su-verim ilişkilerini, yani su stresi ve zaman içindeki su ile verim arasındaki doğrusal ilişkiyi değerlendirmek için kullanılır (Gheysari vd. 2017).

Bitki verimi ve su kullanımı arasındaki ilişki, kurak ve yarı-kurak bölgelerde zirai araştırmanın ana konusunu oluşturmaktadır. Ayrıca su-verim ilişkisinin su kısıtı ve sulama programları unsurları farklı yöntemler kullanılarak araştırılmıştır (Lyle ve Bordovsky, 1995, Zhang ve Oweis, 1999, Pandey vd. 2000).

Mevcut suyu daha etkili kullanabilmek için tarımda kullanılan basınçlı sulama yöntemlerinden damla sulamanın farklı bir uygulama yöntemi olan yüzeyaltı damla sulama sistemlerinin kullanımı gün geçtikçe artış göstermektedir. Yüzeyaltı damla sulama sistemlerinin düzgün tertibi ve yönetimi doğru sulama için önem teşkil etmektedir (Kandelous vd. 2011). Yüzeyaltı damla sulama sistemi son 20 – 25 yıldır meyve bahçeleri başta olmak üzere çok yıllık bitkilerin sulanmasında kullanılmaya başlanmış olup, son yıllarda bu yöntemin kullanımı sebze bahçelerinin sulanmasına kadar genişlemiştir (Verim vd. 2017). Bu sistemin, su tasarrufu sağlamak, toprak yüzeyi kuru kaldığı için yabancı ot kontrolü, toprak yüzeyinden buharlaşmanın en aza düşürülmesi, toprak işlemenin kolaylaştırılması gibi avantajları vardır (Camp 1998; Lamm 2002). Son yıllarda hızla yaygınlaşmaya başlayan yüzeyaltı damla sulama sistemlerinin kullanımı ile sulama suyu ve işçilikten tasarruf sağlanacaktır (Lazarovitch vd. 2006). Yüzeyaltı damla sulama sistemi ile besin elementleri doğrudan, tam ve eşit

miktarda bitki kök bölgesine verilebilirken, gübre uygulamasının zamanında ve doğru miktarda yapılması ile diğer sulama yöntemlerine göre %20 – 50 arasında daha yüksek randıman elde edilebilmektedir (Kumari ve Kaushal 2014; Gönen vd. 2019). Bu uygulamayla hem çiftçinin girdi maliyeti azalmış olacak hem de ülkemiz açısından düşünüldüğünde bu tip uygulamaların yaygınlaşmasıyla su kullanımı azalarak, suyun ihtiyaç duyulduğu anda ve miktarda kullanımı sağlanacaktır.

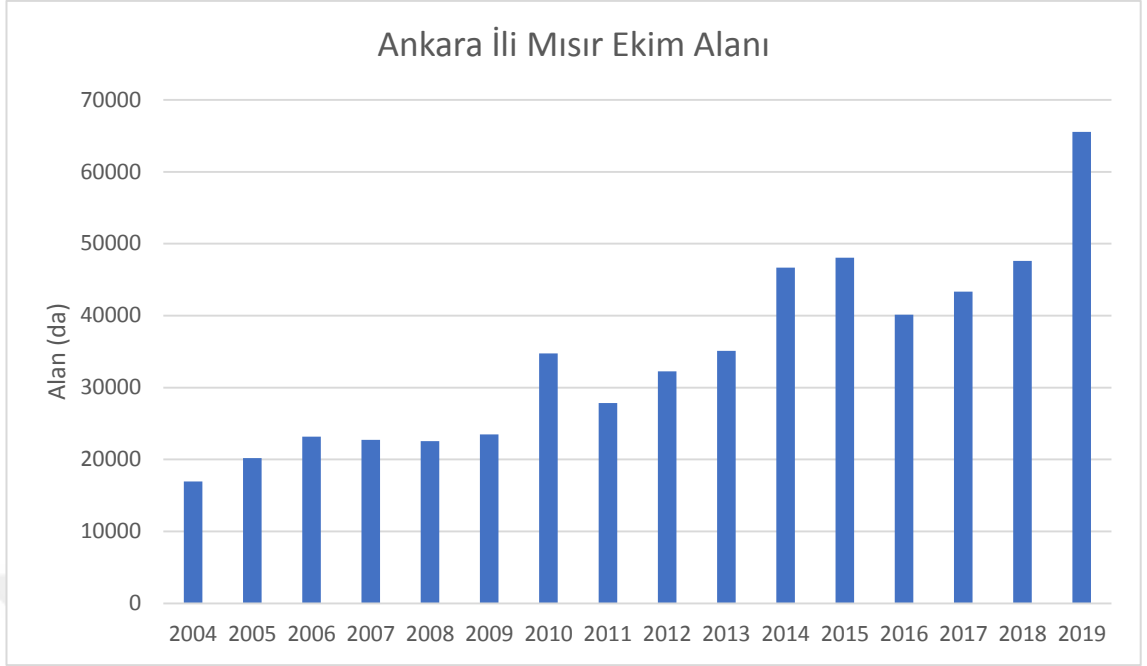
Hayvancılığımızın gelişmesi için verimi yüksek kültür ırkı hayvanlarla birlikte yüksek kaliteli kaba yem kullanımı da önemlidir. Et ve süt verimini kış aylarında yüksek tutmak için yaz ve bahar aylarında bol bulunan yeşil yem bitkilerinin de silaj yapılarak saklanması ve gereken aylarda hayvanlara taze, sulu ve kalitesi yüksek yem olarak verilmesi son dönemlerde büyük önem kazanmıştır. Kaba yem sıkıntısının yaşandığı dönemlerde (kış aylarında) üreticilerimiz zorunlu olarak hayvanlarını düşük besin maddesi içeriğine sahip tahıl samanı ile beslemektedirler. Ancak bütün dünyada kış dönemi besisinde silaj tekniği vazgeçilmez hale gelmiştir. Silajın ülkemizde de yaygınlaşmasıyla özellikle kış aylarında kaliteli kaba yem açığı kapatılabilir.

Mısır yıllık küresel tahıl hasadının dörtte birini oluşturmaktadır (FAO 2018). Mısır, Türkiye için hayvancılık endüstrisinde birincil enerji kaynağıdır (Şimşek vd. 2011). Mısırdaki ham protein oranı genellikle %8 civarında olup süt inekçiliği ihtiyaçlarının altındadır (Miller 1979).

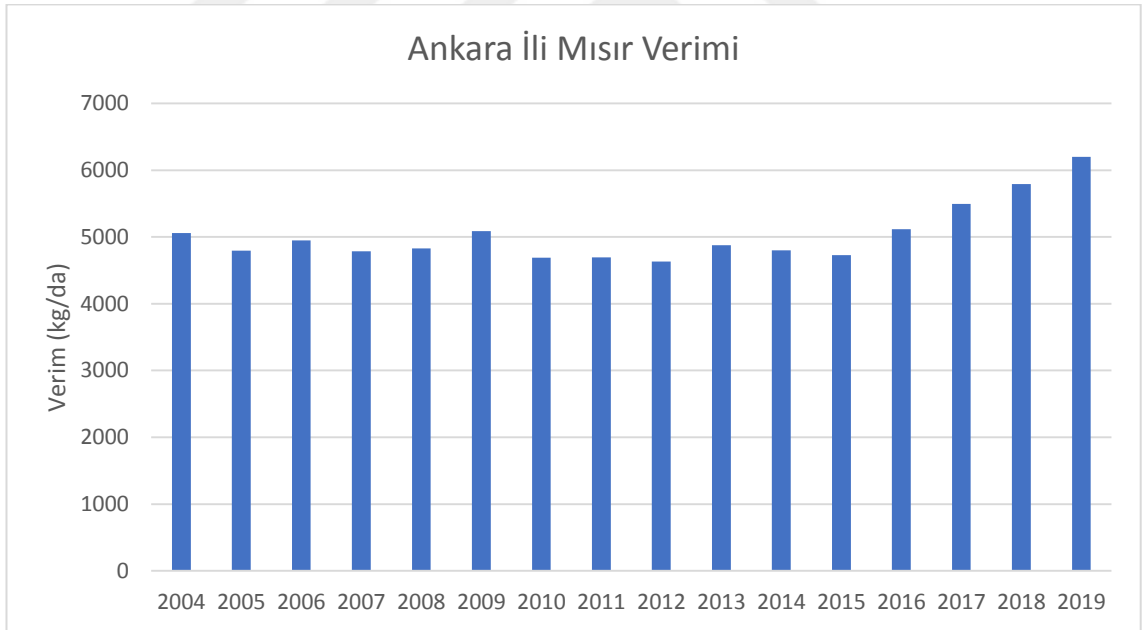
Türkiye İstatistik Kurumu verilerine göre 2004 – 2019 yılları arasında Ankara’da silajlık mısır ekim alanı, verim ve üretim miktarları sırasıyla Şekil 1.1 – 1.3’de verilmiştir (Anonim 2020a).

2004 yılında Ankara ilinde silajlık mısır ekim alanı 16960 da iken yıllar ilerledikçe, ihtiyaç ve destekler arttıkça 2019 yılında 65531 da’a yükselmiştir (Şekil 1.1).

Son yıllarda meydana gelen mısır çeşitliliğindeki artış ve sulama sistemlerindeki gelişme mısır verimine de olumlu yönde yansımış olup 2004 yılında 5060 kg/da olan verimin 2019 yılında 6202 kg/da’a yükselmiştir (Şekil 1.2).

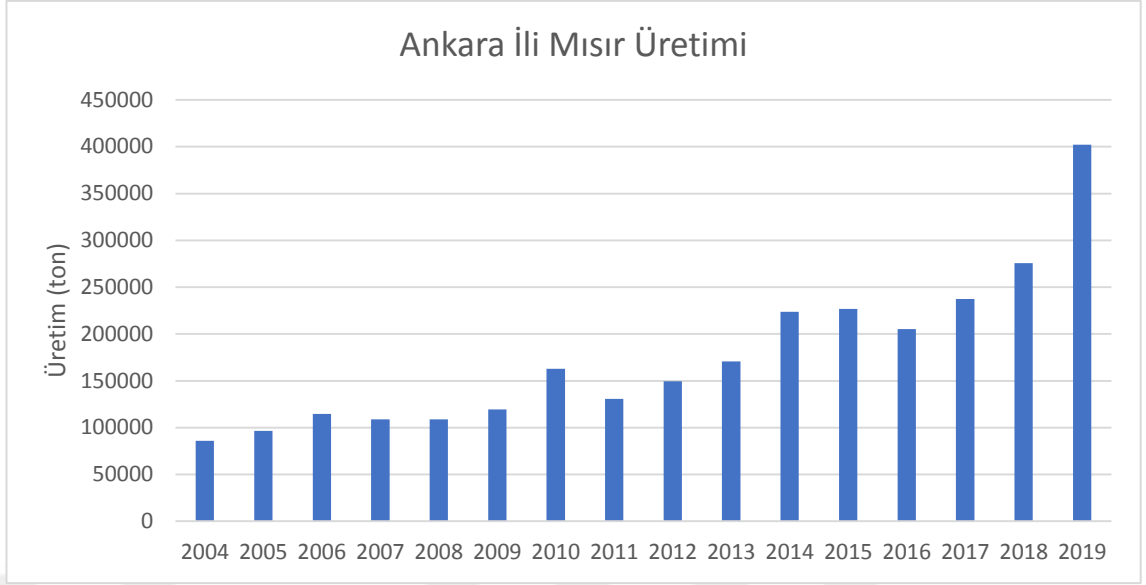


Şekil 1.1 Ankara ilinde silajlık mısır ekilen alanların yıllara göre değişimi



Şekil 1.2 Ankara ilinde silajlık mısır veriminin yıllara göre değişimi

Silajlık mısır üretim miktarının son 15 yılda 4.5 kat arttığı görülmektedir (Şekil 1.3). 2014 yılında 85820 ton olan silajlık mısır üretim miktarı 2019 yılı verilerine göre 402086 tona yükselmiştir.



Şekil 1.3 Ankara ilinde silajlık mısır üretim miktarının yıllara göre değişimi

Mısırdaki su stresi; daha küçük bitkiler, daha az yaprak alanı, dekarda üretilen kuru madde miktarında büyük ölçüde kayba yol açıp, taze silaj verimini ve kalitesini önemli derecede etkiler (NeSmith ve Ritchie, 1992). Eğer bitki strese girerse tohumlar ve dane dolumu olumsuz etkilenecek düşük silaj kalitesi elde edilir. Çünkü daneler kolay sindirilebilen enerji kaynaklarıdır (Cox vd. 1998). Mısır yüksek su ihtiyacı olan bir yem bitkisidir (Musick ve Dusek, 1980; Stone vd. 1996; Karam vd. 2003; Payero vd. 2006; Farre ve Faci 2009). Yetiştirme dönemi süresince yaklaşık 500 ile 800 mm suya ihtiyaç duymaktadır (Brouwer ve Heibloem 1986). Ancak gelecek on yıllarda bizi bekleyen zorlu görev daha az su kullanarak daha fazla ürün elde etmektir (FAO 2002). Bunun için uygulanabilecek bir yaklaşım olan kısıntılı sulamadan beklenen, bitki su ihtiyacının tamamını karşılamadan su kullanım etkinliğini artırıp uygulanan birim sulama suyundan daha yüksek verim almaktır (Bekele ve Tilahun 2007).

Mısır özellikle çiçeklenme döneminde su stresine ve çevresel strese duyarlıdır (Pandey vd. 2000; Çakır vd. 2004; Payero vd. 2006). Su stresine olan duyarlılık önemli verim kaybına yol açmadan zorlu bir sulama planlaması gerektirmektedir (NeSmith ve Ritchie 1992; Lamm vd. 1995). Çevresel, kültürel ve genetik birçok faktör silaj verimini ve kalitesini etkilemektedir (Howell vd. 1997).

Su stresi koşullarında bitkilerin yaprak alan indeksinde ve verimde azalma meydana gelir. Verimdeki bu kaybı azaltmak bitkide yaşanan su stresinin zamanlamasına ve sulama uygulamalarının dönemlerine bağlıdır (Jamieson vd. 1995).

Kaliteli ve yüksek verimli ürün yetiştirmek için uygun zamanda, yeterli miktar ve nitelikteki suyun en iyi biçimde kullanılması gerekir. Bu amaca, farklı yetiştirme koşullarında bitki gelişimi ve verimi üzerine suyun etkisinin iyi bilinmesi ile ulaşılabilir. Bu bakımdan sağlıklı ve uygulaması kolay sulama programlarına gereksinim duyulmaktadır. Son zamanlardaki gelişmeler ve bölgesel uygulamalardaki yenilikler, sulama programlarını önemli ölçüde değiştirmiştir.

Camp vd. (2000) yüzeyaltı damla sulama sisteminin geçmişi, şimdiki zamanı ve tahmin edilen geleceği hakkında yaptıkları araştırmada sanayideki gelişmeler sayesinde bu sistemin daha geniş alanlarda, daha düşük maliyetlerle, çok daha fazla çeşitte bitkide kullanılacağını ön görmüşlerdir. Başlarda yüksek maliyeti ve sistemin kullanım süresindeki belirsizlik nedeniyle mısır tarlalarında kullanılmayan yüzeyaltı damla sulama sisteminin kullanımı şimdilerde yaşanan su kısıtı ve kalitesi nedeniyle daha etkin sulama sistemlerine olan ihtiyacın artmasından dolayı artış göstermiştir.

Mısır hububata göre daha fazla suya ihtiyaç duyduğu için verimi diğer hububata göre daha yüksektir. Verimin yüksek olması ikinci ürün olarak mısır ekimini artırmıştır.

Mısır üretiminin artırılması için verimliliğin ve çiftçi gelirinin artırılması gerekmektedir. Ülkemizde gıda ve yem sanayiindeki mısır açığını kapatabilmek, ithalat yoluyla döviz kaybını önleyebilmek, ülkemize döviz kazandırmak ve Türk çiftçisinin gelir seviyesini yükseltmek için; mısır tarımının kıyı bölgelerde üretimine ağırlık verilmeli, fiyat pariteleri göz önüne alınmalı, kaliteli tohum kullanırlmalı ve gübre kullanımı yaygınlaştırılmalıdır.

Mısır bitkisinin sulama suyu isteği fazladır, bu nedenle bu çalışmada yüzeyaltı damla sulama sistemi ve farklı sulama suyu miktarları ile en etkin su kullanımının belirlenmesi amaçlanmıştır.

Çalışma kapsamında tertip edilecek yüzeyaltı damla sulama sistemi ile toprak yüzeyinden olan buharlaşma ortadan kaldırılacak veya azaltılacağından suyun tamamına yakınının bitki ihtiyacı için kullanılacağı ve bu sayede su tasarrufu sağlanacağı düşünülmektedir. Ayrıca gübre sulama suyu ile birlikte verileceğinden ve bitkinin kök sistemine direk etkiye bulunarak derine sızmalara izin verilmeyeceğinden çevre sorunları da ortadan kaldırılacaktır. Yüzeyaltı damla sulama ile yüzeyde su olmadığı için tarla içi hareket kolaylaşacak, ayrıca yabancı ot ile mücadele olmayacak, böylece işçilik ve zamandan tasarruf edilecektir. Toprakta kohezyonla su üst tarafa çıkma eğiliminde olacağından toprağın devamlı olarak gözenekler vasıtasıyla havalanması sağlanacaktır. Böylece bitki gelişimine en uygun nemli ve havadar kök bölgesi sağlanmış olacaktır. Elde edilecek bilgi birikiminin bölge ve ülke çiftçisine aktarılmasıyla bölge çiftçisinin gelir ve refah seviyesinin artırılması mümkün olacaktır.

Bu çalışmada, hayvancılık için önemli olan silajlık mısır bitkisinde ülkemizde uygulaması hızla artan yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile farklı su kısıtı uygulamaları yapılarak bitki verim ve kalite parametreleri ile su kullanım etkinlikleri arasındaki ilişkiler araştırılmıştır.

2. KURAMSAL TEMELLER ve KAYNAK ÖZETLERİ

2.1 Yüzeyaltı Damla Sulama Sistemi Çalışmaları

Bitki kök gelişimi ve dağılımı, temelde bitkinin sulamaya verdiği cevap ve uygun sulama sistem yönetiminin belirlenmesi ile açıklanır. Özellikle damla sulama sistemlerinde, damla sulamanın bitki kök gelişiminin büyümesini sınırlandırabileceğine inanılmaktadır. Çalışma sık aralıklı yüzey üstü damla sulama ve yüzeyaltı damla sulama ile şeker mısırın kök dağılımının belirlenmesi üzerine kurulmuştur. Damla sulama sistemi ile birlikte 3 farklı fosfor uygulaması yapılmıştır (P_0 : fosfor yok, P_1 : 67 kg/ha fosfor, P_2 : 134 kg/ha fosfor). İlk sezon sonundaki bitki kök dağılımı göstermiştir ki;

- Bütün fosfor uygulamalarında kök dağılımı 2 m derinliğe kadar her iki sulama yönteminde de ulaşmıştır.
- Yüzeyaltı damla ve yüzey üstü damla sulama uygulamaları arasında gözlemlenen en büyük fark üst katmandaki ilk 45 cm derinlikte bulunmuştur. Yüzey üstü damla sulama ile sulanan şeker mısır bitkisinde kökler ilk 30 cm’de yoğunlaşırken, yüzeyaltı damla sulama sistemi ile sulanan parsellerde kök yoğunluğu 30 cm’den sonra artış göstermiştir.
- Yüzeyaltı damla sulama sistemi ile sulanan şeker mısır bitkisinde belirlenen en fazla kök yoğunluğu bitkinin yüzey üstü ve yüzey altındaki kuru madde miktarına etki etmemiştir (Phene vd. 1991).

Ayars vd. (1999) yaptıkları çalışmada 15 yıl boyunca laboratuvar ortamında bilim adamları tarafından yürütülen yüzeyaltı damla sulama araştırmalarını incelemişlerdir. Veriler tarla veya parsel uygulamaları için domates, pamuk, şeker mısır, yonca ve kavun bitkileri ile sulama ve gübreleme yönetimi için sunulmuştur. Tüm ürünlerde önemli verim ve su kullanım etkinliği artışları tespit edilmiştir. Bu sulama yöntemiyle sulanan alanlarda kültürel işlemler, toprak yüzeyi ıslatılmadığından kolaylıkla yapılabilmekte, diğer sulama yöntemlerine göre aynı miktar su ile daha fazla alan sulanabilmektedir. Yüzeyaltı damla sulama yöntemi ile su ve bitki besin maddesinin doğrudan bitki kök bölgesine uygulanmasıyla verim ve ürün kalitesinde artış meydana geldiği ve toprak

yüzeyinden olan buharlaşma çok az miktarda olduğundan toplam sulama suyu gereksiniminin azaldığı sonucuna ulaşmışlardır.

Caldwell vd. (1999) araştırmalarında zaman bazlı ve bitki su tüketimi bazlı 4'er sulama uygulaması konusu belirlemiş ve yüzeyaltı damla sulama ile sulanan mısır bitkisinin üretiminde sulama sıklığının etkisini değerlendirilmiştir. Toplam su tüketimi hesaplanmış ve zamana dayalı uygulama için her 1, 3, 5 ve 7 günde bir sulama yapılmış, su tüketimine bağlı uygulamalarda ise su tüketimi 12.7, 25.4, 38.1 ve 50.8 mm'ye ulaştığında, eksilen su miktarı kadar su bitki kök bölgesine yeniden uygulanmıştır. Verim ve toprak su içeriği açısından önemli bir fark belirlenmemiş, asıl önemli farkı IWUE ve drenajda belirlenmiştir. Sulama uygulamalarının arası açıldıkça yağmur suyunun daha etkin kullanılmasından dolayı daha yüksek IWUE değerleri elde edilmiştir.

Yüzeyaltı damla sulama sisteminde lateral boruların yüzey altına serili olmasından ötürü sulama suyu doğrudan bitki kök bölgesine uygulanmaktadır. Bunun sonucu olarak yüzeyden olan buharlaşma kayıpları azalmakta ve kısmen kuru kalan toprak üst katmanında bitki yetiştirme dönemi boyunca düşen yağış depolanmaktadır (Suarez-Rey vd. 2000).

Camp ve ark. (2000), yüzeyaltı damla sulama yönteminin avantaj ve dezavantajlarını belirlemek için yöntemin geçmişi, mevcut durumu ve geleceğini incelemişlerdir. İlk olarak 1959 yılında kullanımına başlanan bu yöntemin ortaya çıkan birtakım dezavantajlarından dolayı gelişimi yavaş olmuş, damla sulama boruları ve damlatıcı üretimindeki gelişmelerden sonra hızla gelişmiştir. Başlarda, sebze ve meyve gibi ekonomik değeri yüksek ürünleri yetiştirmekte kullanılan yöntem, zamanla maliyetlerin düşmesi ve teknolojiye gelişmeler ile günümüzde pamuk, mısır, yonca gibi bitkilerin sulanmasında da yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Yapılan araştırmalar ortaya çıkarmıştır ki özellikle su kullanım etkinliği açısından yüzey üstü damla sulama yöntemi de dahil diğer sulama yöntemleri ile karşılaştırıldığında daha yüksek değerlere ulaşmak mümkündür. Ayrıca yöntemin, bitki besin elementlerinin doğrudan kök bölgesine uygulanmasını, yüzeyde yabancı ot sorununun azalmasını, toprak yüzeyinin

kuru kalmasını ve böylece hasat gibi tarımsal işlemlerin kolayca yapılmasını sağladığı ortaya konmuştur.

Damla sulama ve yüzeyaltı damla sulama uygulamalarının şeker pancarı performansı üzerindeki etkilerini değerlendirmek amacıyla yapılan bir çalışmada %100 ve %80 sulama suyu konuları uygulanmıştır. Bölünmüş parseller deneme deseninde yapılan çalışmada 4 tekrar yapılmış ve lateral aralıkları 1 m, damlatıcı aralıkları 1 m olarak tasarlanmıştır. Yüzeyaltı damla sulama parsellerinde lateraller 45 cm derinliğe gömülmüştür. Toprak nem ölçümleri 75 cm derinlikten Time Domain Reflectometer (Zaman Bazlı Reflektometre, TDR) ile ölçülmüştür. Sonuçlar, yüzeyaltı damla sulama ile sulanan parsellerde daha yüksek verim ve şeker içeriği görüldüğünü, ayrıca damla sulama yöntemine göre önemli ölçüde su tasarrufu sağlandığını göstermiştir. (Sakellariou-Makrantonaki vd. 2003).

Suyun toprak altındaki hareketi, ıslatılan alan, derinliği ve aralığı hakkındaki bilgiler yüzeyaltı damla sulamanın projelenmesi ve yönetilmesi açısından büyük rol oynar. Yapılan çalışmada toprak yüzeyinin hemen altına yerleştirilmiş laterallerin altında ıslanan toprak bölgesinin geometrisini belirlemek için 3 boyutlu analiz yöntemi kullanılarak bir simülasyon geliştirilmiş ve ıslatılan derinlik ve genişlik ile ilgili tahmin edilen değerler arazi çalışması ile karşılaştırılmıştır. Çalışma, 0.05, 0.10 ve 0.15 m toprak altına yerleştirilen laterallerin 0.5, 1, 2, 3, 5 ve 7 saat su uygulaması sonunda ulaştığı maksimum derinliğin ve genişliğin belirlenmesini kapsamaktadır. İstatistiksel analiz sonucunda ıslak alan derinliği ve genişliğinin tahmin edilen ve gözlemlenen değerleri arasında kayda değer bir fark görülmemiştir. Modelin öngörülebilirliğini model etkinliği şeklinde ifade etmişlerdir. Bunu da ıslatılan alan derinliğinin ve genişliğinin tahmini için sırasıyla %96.4 ve %98.4 olarak belirlemişlerdir. Modelin yüzeyaltı damla sulama sisteminde ıslatılan alan oranını simule etmek için kullanılabileceği sonucuna ulaşmıştır (Singh vd. 2005).

Payero vd. (2008) yaptıkları çalışmada yarı kurak iklime sahip Batı Nebraska'da yüzeyaltı damla sulama ile sulanan mısır bitkisinde sulama uygulamalarının tahmini bitki su tüketimi (ET_c), verim, su kullanım etkinliği (WUE ve IWUE) ve kuru madde

verimi üzerine etkisini değerlendirmiştir. Sulama suyu miktarları 53 – 356 mm (2005 yılı) ve 22 – 226 mm (2006 yılı) arasında değişen sekiz adet sulama suyu konusu uygulanmış ve günlük topraktaki su ve ET_c 'yi belirlemek için toprak su dengesi yaklaşımını (FAO-56) kullanmıştır. Konular 2005 ve 2006 yıllarında sırasıyla 580 – 663 mm ve 466 – 656 mm mevsimsel ET_c ile sonuçlanmıştır. Sulama konularında verimler arasındaki fark 2005 yılında %22 ve 2006 yılında %52 dolaylarında olmuştur. Her iki sezonda da sulamanın verime etkisi açıkça gözlemlenmiş, sulamanın aşırı olduğu noktaya kadar verimlerde artış olduğu belirlenmiştir.

2.2 Silajlık Mısır alışmaları

Aydın ve Uzun (1995) Samsun bölgesinde ikinci ürün olarak yetiştirilen silajlık mısır bitkisinin ekim sıklığı ve hasat zamanını belirlemek için çalışma yapmışlardır. Sonuçta bölgede ikinci ürün olarak yetiştirilen silajlık mısır bitkisinden 4 – 5 t/da verim alınmıştır.

Evett vd. (1995) yaptıkları araştırmada yüzeyaltı sulama sisteminin, toprak yüzeyinin ıslanmasını azaltarak buharlaşmayı (E) en aza indireceğini ve böylece sulama suyundan tasarruf etme potansiyeline sahip olduğunu belirtmişlerdir. Bununla birlikte farklı damlatıcı derinliği ve bitki kombinasyonunun evapotranspirasyon (ET) lmn zorlaştıracaağı kanısına varmışlardır. Bushland, TX'daki Pullman killi toprağı üzerinde mısır (*Zea mays* L., cv. PIO 3245) bitkisi yetiştirerek yüzeyden 15 cm ve 30 cm derinlikte damlatıcılar kullanarak her türlü derinlikteki damlatıcılar ile sulama simülasyonu için bir ET modeli (ENWATBAL) düzenlemişlerdir.

Son 50 yılda sulamalarda yaşanan artış ABD'deki büyük Ogallala akiferinin birçok alanında aşırı çekime yol açmıştır. Su kaynaklarının azalması ve sonrasında sulanan alanlardaki düşüşle yüzleşen halk bu değerli kaynağı korumak için birçok yeni tekniği incelemeye başlamıştır. Yüzeyaltı damla sulama (SDI) sistemi kullanılarak yetiştirilen mısır (*Zea mays* L.)'ın su ihtiyacını belirlemek için kuzeybatı Kansas'ta bulunan Keith siltli tınlı toprağı üzerinde üç yıl süren (1989 – 1991) bir çalışma yapılmıştır. Bir kontrol amaçlı kuru alan ve hesaplanan evapotranspirasyon (ET) ihtiyacının %25 - %125'ini

karşılacak 5 sulama konusu uygulaması incelenmiştir. Her ne kadar kümülatif evapotranspirasyon ve yağış üç mevsim boyunca normal olarak gerçekleşse de, yağış gereklilikleri ve yüksek evapotranspirasyon periyotları nedeniyle sulama ihtiyaçları normalden daha yüksek bulunmuştur (Lamm vd. 1995).

Howell vd. (1998) çalışmalarında, mısır bitkisinin iyi sulandığı koşulda sezonluk su tüketimini 465 – 802 mm ve su kullanım etkinliğini (WUE) 1.65 – 1.68 kg/m³ olarak hesaplamışlardır. Diğer yandan Musick ve Dusek (1980), mısır bitkisinin su tüketimini 667 – 789 mm ve WUE'yi ise 1.25 - 1.46 kg/m³ olarak hesaplamışlardır.

Teksas'taki bir diğer çalışmada, damla sulama ile sulanan mısır bitkisi için günlük su tüketimi, sezonluk su tüketimi ve sulama suyu miktarı sırasıyla 12.4 mm, 973 mm ve 644 mm olarak rapor edilmiştir (Howell vd. 1997).

Lamm (2002), yüzeyaltı damla sulama sisteminin diğer alternatif sulama sistemlerine kıyasla avantaj ve dezavantajlarını tartışmıştır. Avantaj ve dezavantajlarını 3 grupta toplamıştır. Bunlar; 1) Su ve toprak sorunları, 2) Ürün verimi ve kültürel sorunlar ve 3) Sistem altyapı sorunlarıdır. SDI sistemlerinin avantajlarının dezavantajlarına karşı dengesinin farklı bitkilere, coğrafi bölgelere, topraklara ve iklime adaptasyonu ve uyarlanabilmesine bağlı olduğunu öne sürmüştür. Gelecekte yapılacak araştırmaların sistemin dezavantajlarını azaltacağını ve bunları muhtemel potansiyel avantaj listesine ekleyeceğini düşünmüştür.

Kansas State Üniversitesi, ABD'de Central Great Plains'in derin siltli tınlı topraklarında mısır üretimi için yüzeyaltı damla sulama (SDI) uygulamasının başarılı bir şekilde uygulanmasına yönelik metodolojiyi geliştirmek üzere 1989 yılında çalışmalara başlamıştır. Mısır bitkisindeki sulama suyu kullanımının, bölgedeki daha geleneksel sulama yöntemlerine kıyasla SDI kullanıldığında %35-55 oranında azaltılabilir olduğu gözlenmiştir. SDI sistemi derin siltli tınlı topraklarda mısır üretimi için kullanıldığında sulama sıklığı kritik bir konu olmamıştır. 0.76 m aralıklı sıralarda yetiştirilen mısır için 1.5 m'lik lateral hattı aralığı en ekonomik bulunmuştur. Bu araştırmada kullanılan SDI

sistemleri 1989 yılında kurulmuş ve değiştirilmeden ve herhangi bir büyük bozulma olmadan kullanılmıştır (Lamm ve Trooien 2003).

Biber ve Kara (2006) mısır bitkisinde bitki su tüketimi ve kısıntılı sulama konusunda yaptıkları çalışmada, bitkinin su ihtiyacının yüksek olmadığı dönemlerde uygulanan kısıntıyla aynı oranda verimde düşüş gözlemlenmemiştir.

Geren ve Kavut (2009) Ege bölgesinde 2006 ve 2007 yıllarında yürüttükleri çalışmada ikinci ürün olarak yetiştirilen sorgumun bazı çeşitlerini mısırın silaj kalite ve verimiyle karşılaştırmışlardır. Mısır ve sorgumun kuru madde verimi bakımından önemli bir fark görülmemiş ancak mısır bitkisinin ham protein ve silaj kalitesi bakımından diğer ürünlerden önde olduğu sonucuna varmışlardır.

Dağdelen vd. (2010) yaptıkları çalışmada Pioneer 31Y43 ve Dekalb C-955 mısır çeşitleri ile farklı sulama konularında silajlık mısırın su-verim ilişkisini incelemişlerdir. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde yürüttükleri çalışmada tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseni kullanılarak üç tekerrür ve iki faktörlü olarak çalışmışlardır. Deneme A sınıfı buharlaşma kabı kullanılarak 3'er gün arayla kapta oluşan birikimli buharlaşmanın %0, %30, %70 ve %100'ünü karşılayacak kadar su uygulaması şeklinde yürütülmüştür. Tam sulama koşulunda Pioneer 31Y43 çeşidinde ilk yıl 586.8 mm, ikinci yıl 683.0 mm su tüketimi, Dekalb C-955 çeşidinde ilk yıl 625.7 mm, ikinci yıl 695.0 mm su tüketimi hesaplamışlardır. Pioneer 31Y43 çeşidi mısırdan ilk yıl 7.0 t/da, ikinci yıl 6.98 t/da verim alınırken, Dekalb C-955 çeşidi mısırdan ilk yıl 6.8 t/da ve ikinci yıl 6.7 t/da verim elde edilmiştir.

Douh ve Boujelben (2011) yüzeyaltı damla sulama laterallerinin uygulama derinliği üzerine yaptıkları çalışmada yarı kurak iklimde mısır bitkisi yetiştirerek toprak nem dağılımı, toprakta suyun depolanması ve sulama suyu kullanım etkinliğini inceledikleri çalışmayı Tunus'ta yürütmüşlerdir. Yüzeyaltı damla sulama lateralleri 3 farklı derinliğe (5 cm, 20 cm ve 35 cm) kurmuş ve bunun neticesinde topraktaki eş su dağılımının ve su kullanım etkinliğinin 35 cm'ye kurulan laterallerde diğerlerine göre daha iyi olduğu

sonucuna varmışlardır. Genel olarak yüzeyaltı damla sulama ile elde edilen eş su dağılımının, buharlaşmayla oluşan kaybın ve suyun doğrudan bitki kök bölgesine verilmesi ile su kullanım etkinliğindeki artışın yüzey üstü damla sulamaya göre gözle görülür oranda iyi olduğu belirtilmiştir.

Uçak vd. (2016) Siirt ilinde yaptıkları çalışmada 3 farklı çeşit silajlık mısır bitkisinde sulama suyu miktarının kuru madde ve silaj kalite özelliklerine etkisini araştırmışlardır. Damla sulama yöntemiyle 7 günde bir olacak şekilde sulama suyu uyguladıkları çalışmada biri tam sulama olmak üzere 3 farklı sulama konusu çalışmışlardır. Çalışmada Pioneer firmasının 31Y43 çeşit silajlık mısırına tam sulama ile 653 mm sulama suyu uygulanmıştır

Kodal vd. (2017) yaptıkları çalışmada center pivot sulama sistemi kullanarak silajlık mısır bitkisinin su verim ilişkisini incelemişlerdir. Pioneer P31Y43 silajlık mısır çeşidinin kullanıldığı çalışmada 4 farklı sulama konusu belirlemişlerdir. İki yıl süren çalışmanın ilk yılında tam su konusuna 806 mm su uygulayıp 11300 kg/da verim elde etmişler, ikinci yıl ise yine tam su konusuna 638 mm su uygulayıp 8630 kg/da verim elde etmişlerdir. Diğer konulara ise tam su konusuna uygulanan suyun %75, %50 ve %125'ini uygulamışlardır.

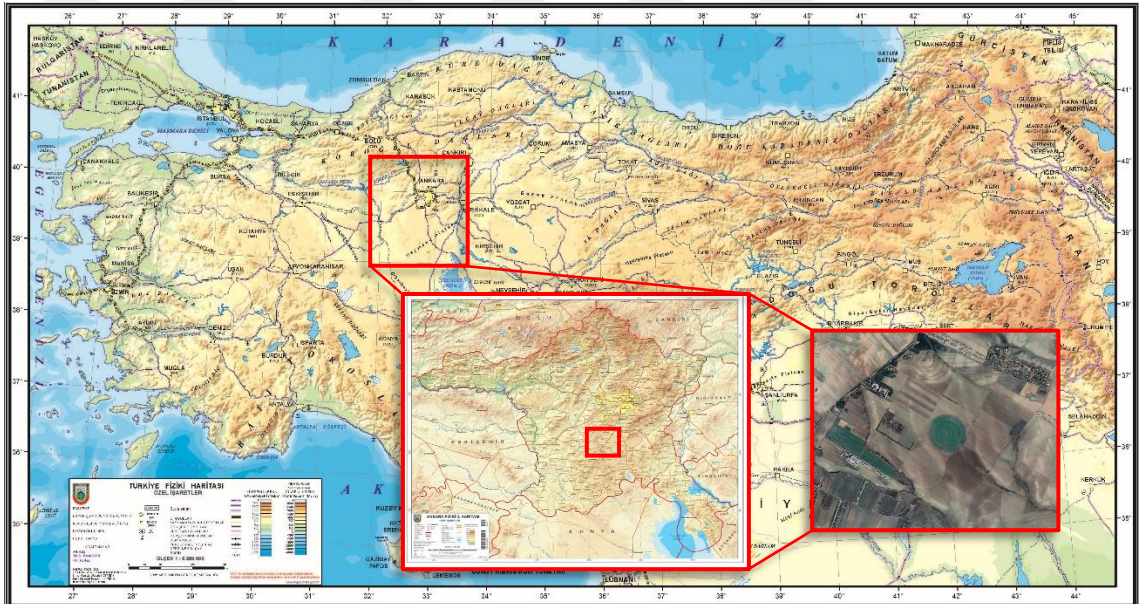
Güney vd. (2018) Erzurum bölgesinde farklı su kısıtı koşulları ve farklı azotlu gübre dozlarında yüzeyaltı ve yüzey üstü damla sulama sistemlerini kullanarak silajlık mısırın verim ve kalitesini incelemişlerdir. Silaj kalitesi yüksek OSSK-596 tohum çeşidinin kullanıldığı çalışmada yüzeyaltı damla sulamada 3 sulama konusu belirlenmiş, sulamalar S₁ konusu tarladaki mevcut nemin tarla kapasitesine kadar sulanması (tam su konusu), S₂, S₁ konusuna uygulanan suyun %75'i ve S₃ konusu ise %50 si olarak planlanmış ve bitki boyu 40 – 45 cm değerine ulaştığında ilk konulu sulamaya başlanarak 7 günde bir olacak şekilde sulama uygulanmıştır. İki sezonda konulara ortalama olarak sırasıyla 370.28, 292.71 ve 215.05 mm su uygulaması yapmışlar ve en yüksek silaj verimini tam sulama konusunda 10.65 t/da olarak elde etmişlerdir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Araştırma yeri

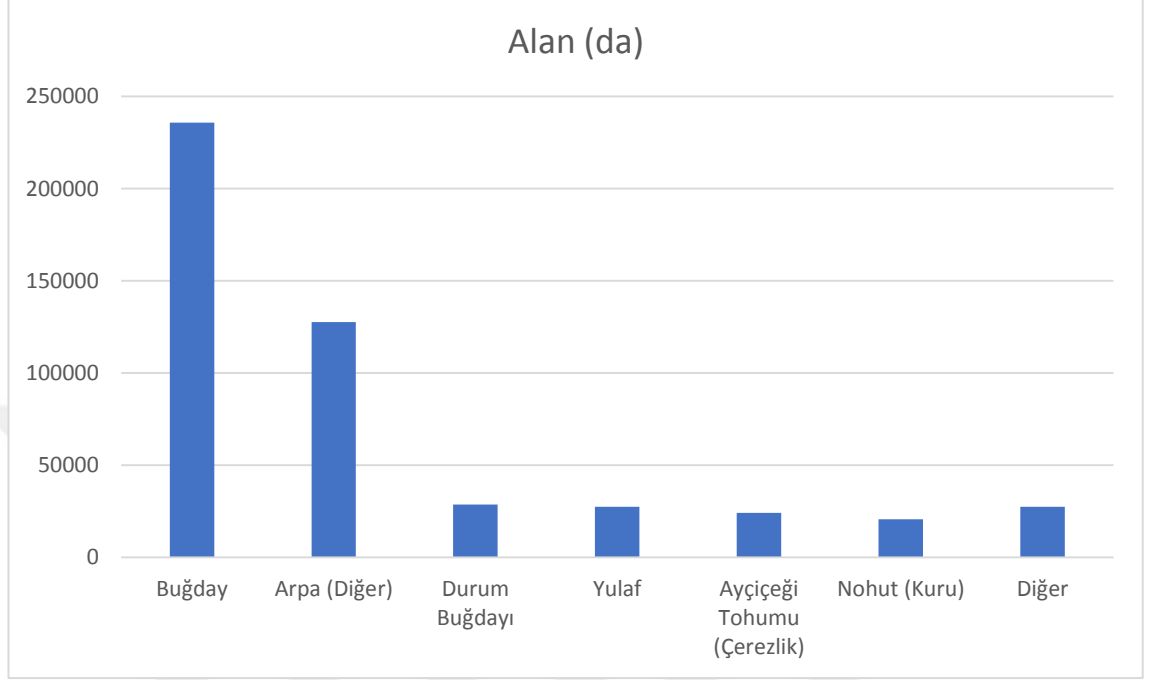
Araştırma, Gölbaşı – Haymana yolu 21. km’de bulunan Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde yürütülmüştür (Şekil 3.1). Çiftlik 39°36'47.03" Kuzey enlemi, 32°41'12.61" Doğu boylamı koordinatlarında ve deniz seviyesinden 1061 m yükseklikte bulunmaktadır.



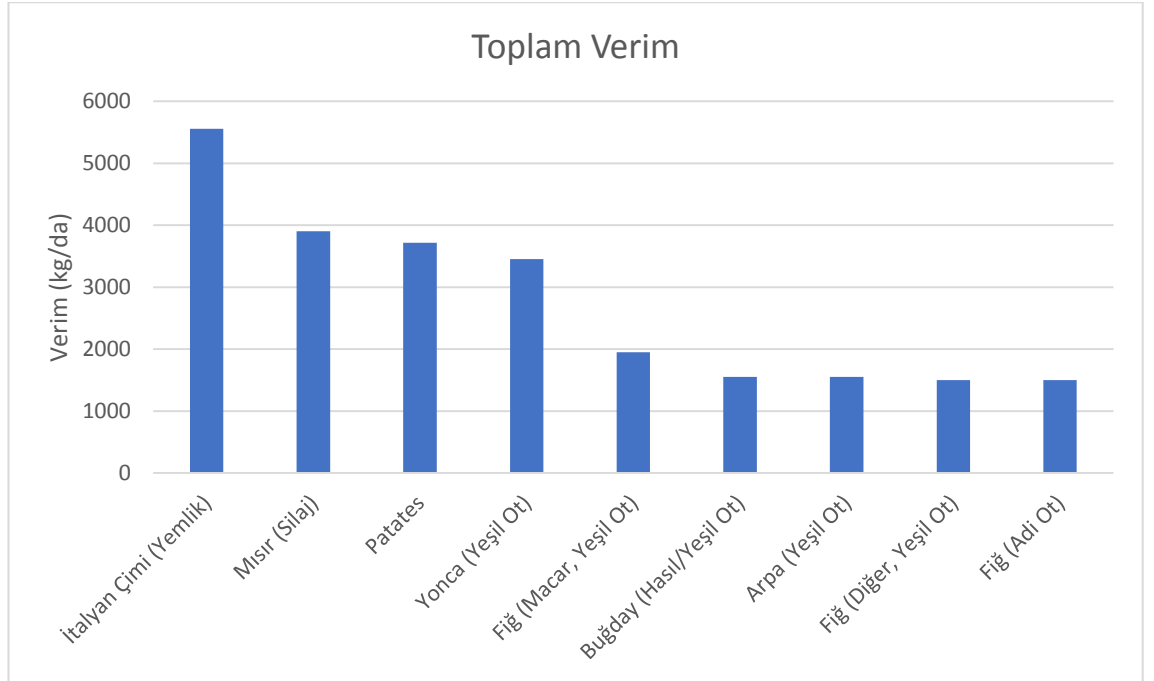
Şekil 3.1 Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliği deneme alanı

Bölgede 2019 yılında ekilen alanların çoğunluğunu 235700 da ile buğday oluştururken buğdayı, 127578 da ile arpa izlemektedir. Bölgede ağırlıklı olarak kuru tarım yapıldığından en çok ekilen bitkiler hububat ağırlıklı kuru tarıma uygun bitkilerdir. Silajlık mısırın su ihtiyacı fazla olduğu için bölgede ekimi yapılan ilk altı bitki arasında yer almamaktadır (Şekil 3.2). Ancak, aynı yıl bölgede elde edilen verimler incelendiğinde 5556 kg/da ile İtalyan çimi (yemlik) en verimli ürün olurken

İtalyan çimini 3900 kg/da ile silajlık mısır, 3714 kg/da ile patates ve 3 450 kg/da ile yonca izlemektedir (Şekil 3.3) (Anonim 2020a, TUİK).



Şekil 3.2 Gölbaşı bölgesi en fazla ekilen bitkiler ve alanları



Şekil 3.3 Gölbaşı bölgesi en yüksek verim elde edilen bitkiler

3.1.2 İklim özellikleri

Bölgede yazları sıcak ve kurak, kışları ise soğuk olan yarı kurak iklim koşulları hüküm sürmektedir. Yıllık ortalama sıcaklık 11.9 °C'dir. En soğuk ay ortalama -2.9 °C ile Ocak ve en sıcak ay ise 30.3 °C ile Temmuz ve Ağustos aylarıdır. Haymana ilçesine ait uzun yıllar ortalaması meteorolojik veriler (1960 – 2019) (Anonim 2020b) Çizelge 3.1'de verilmiştir.

Çizelge 3.1 Deneme alanı meteorolojik verileri (Uzun yıllar ortalaması 1960 – 2019)

Meteorolojik Veriler	Aylar												Yıllık
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Ort. Sıcaklık (°C)	0.3	1.9	6.1	11.2	15.8	19.8	23.3	23.2	18.9	13.2	7.1	2.5	11.9
Ort. Maks. Sıcaklık (°C)	4.4	6.7	11.9	17.3	22.3	26.6	30.3	30.3	26.1	19.9	12.9	6.5	17.9
Ort. Min. Sıcaklık (°C)	-2.9	-1.9	1.2	5.7	9.8	13.1	16.1	16.2	12.0	7.5	2.5	-0.6	6.6
Aylık Top. Yağış Miktarı Ort. (mm)	42.7	36.1	41.3	47.5	51.7	37.5	14.2	13.4	19.2	30.1	33.3	45.8	412.8
Ort. Buharlaşma (mm)				25.9	94.3	150.0	190.3	248.3	233.6	160.2	90.4	32.0	6.9
Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	2.7	3.8	5.2	6.5	8.4	10.1	11.3	10.8	9.2	6.6	4.5	2.5	6.8
Aylık Ortalama Nispi Nem (%)	76.7	71.8	64.2	59.5	57.4	52.7	45.4	45.1	49.0	60.1	69.6	76.8	60.7

Bölgede Temmuz ayı en sıcak geçerken (Çizelge 3.1) bitki yetiştirme dönemi süresince sıcaklıkların ortalama 15.8 °C ile 23.3 °C arasında değiştiği görülmektedir. Yine yetiştirme döneminde meydana gelen aylık yağışlar ise 13.4 mm ile 51.7 mm arasında değişmektedir. Yetiştirme döneminde en yüksek yağış, ortalama 51.7 mm ile Mayıs ayında yaşanmış olup Temmuz ve Ağustos ayları diğer aylara göre nispeten daha kurak geçmiştir.

3.1.3 Toprak özellikleri

Deneme alanı toprak özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Deneme alanı toprağı killi (C) bünyeye sahiptir (Çizelge 3.2). Deneme alanında toprak su tutma kapasitesi 208.8 mm/m hesaplanırken, ilk 60 cm derinlik için bu değer 125.9 mm olarak bulunmuştur. Yıldırım (1993) aynı bölgede yaptığı çalışmada infiltrasyon hızını belirlemek için iki

deneme yapmış ve bu denemelerin ortalamasını 8 mm/h olarak hesaplamıştır. Ayrıca aynı bölgede çift silindirli infiltrometre ile yapılan bir başka infiltrasyon testinde deneme alanının infiltrasyon hızı 8 mm/h olarak belirlemiştir¹. Yapılan bu çalışmalar dikkate alındığında, çalışmada ortalama infiltrasyon hızının 8 mm/h olarak alınması uygun bulunmuştur.

Çizelge 3.2 Deneme alanı toprak özellikleri

Derinlik	Kum	Silt	Kil	Bünye Sınıfı	Hacim Ağırlığı	Tarla Kapasitesi		Solma Noktası		Kullanılabilir Su Tutma Kapasitesi
(cm)	(%)	(%)	(%)		(g/cm ³)	%	mm	%	mm	mm
0-30	27.2	16.9	55.9	C	1.23	39.9	147.1	21.4	78.9	68.1
30-60	26.4	20.1	53.5	C	1.06	39.4	125.4	21.3	67.6	57.8
60-90	24.2	12.2	63.6	C	1.14	38.4	133.3	21.5	73.4	57.6
0-60				C	1.15	39.6	272.4	21.3	146.6	125.9
0-90				C	1.14	39.2	403.8	21.4	220.0	183.5
0-100				C						203.8

3.1.4 Bitki özellikleri

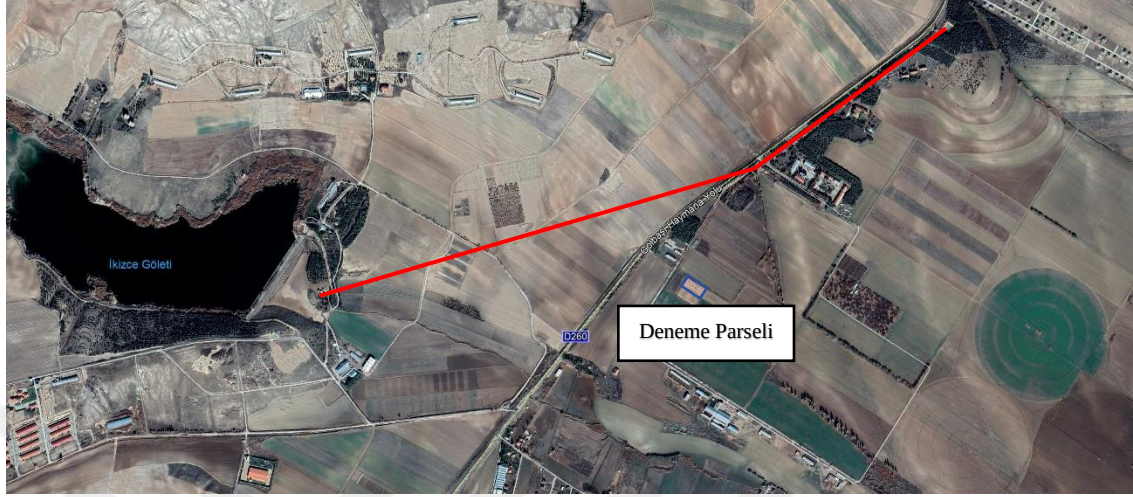
Araştırmada silajlık mısır çeşidi olarak sap ve kök sistemi çok kuvvetli, silaj verim potansiyeli yüksek, orta geçici bir çeşit olan Pioneer 31Y43 çeşidi kullanılmıştır. Çeşidin hazmedilebilirlik derecesi, enerji ve protein oranı yüksek olup tane ve yaprak kalitesi çok iyidir. Hem ana hem de ikinci ürün olarak ekilebilen çeşit, değişik toprak şartlarına da uyumludur (Anonim 2020c).

3.1.5 Sulama suyu özellikleri

Sulamada kullanılan su İkizce Göleti'nden 1075 m kotundan cazibeyle kapalı hatlar kullanılarak Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinin 1065 m kotundaki pompa birimine geldikten sonra pompalar vasıtasıyla çiftliğin sulama için kullandığı 1095 m'deki havuza basılmaktadır (Şekil 3.4). Burada toplanan su kapalı sistem kullanılarak

¹ Erdem Uysal (2015) "Çift Silindir İnflitrometre ile Mini Disk İnflitrometrenin Karşılaştırılması" isimli yayınlanmamış dönem projesi

Çiftlikteki hidrantlara cazibeyle ileilmektedir. Sulama suyu kalite özellikleri izelge 3.3’de verilmiştir.



şekil 3.4 Deneme alanı su kaynağı

Çizelge 3.3 Sulama suyu kalite özellikleri

pH	EC (dS/m)	Kasyonlar (me/L)				Toplam	SAR	Bor (ppm)	Sınıf
8.25	0.59	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	6.36	1.01	0.25	C ₂ S ₁
		1.55	0.11	2.15	2.55				
		Anyonlar (me/L)							
		CO ³⁻	HCO ³⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻				
		0.38	4.79	0.73	0.43				

Sulama suyunda anyon ve katyonlarda mısır üretimi için problem oluşturacak herhangi bir unsur belirlenmemiş olup, bor toksisitesi açısından da herhangi bir sorun öngörülmemiştir (izelge 3.3). Sulama suyu kalite sınıfı C₂S₁ olarak belirlenmiştir. Su kalitesinin yüzeyaltı damla sulama sistemi ile mısır bitkisinde kullanılmasında bir sakınca yoktur.

3.1.6 Sulama sistemi

Çalışmada yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanılmıştır. Hidranttan (10 L/s) alınan su sırasıyla hidrosiklon – kum çakıl filtre – disk filtreden geçtikten sonra sisteme verilmiştir. Ana boru 90 mm Polietilen (PE) boru, manifoldlar 32 mm Polipropilen Rastgele Kopolimer (PPRC), lateraller 20 mm yuvarlak ve toplayıcı manifoldlar ise 32 mm PPRC borulardan oluşmaktadır.

Çalışmada 2.1 L/h debili damlatıcıların yer aldığı yüzeyaltı damla sulama borusunun kullanılması planlanmıştır. Toprağın su alma hızı ($I = 8$ mm/h) dikkate alındığında kullanılması gereken maksimum damlatıcı aralığı (S_d) 46 cm olarak hesaplanmıştır (Eşitlik 3.1).

$$S_d = 0.9 \sqrt{\frac{q}{I}} \quad 3.1$$

S_d : Damlatıcı aralığı, (m)
 q : Damlatıcı debisi, (L/h)
 I : İnfiltrasyon hızı, (mm/h)

$$q = 2.1 \text{ L/h}$$

$$I = 8 \text{ mm/h}$$

$$S_d = 0.9 \sqrt{\frac{2.1}{8}} = 0.46 \text{ m}$$

Emniyet açısından çalışmada 2.1 L/h debili damlatıcıların 40 cm aralıklarla yer aldığı yüzeyaltı damla sulama laterali kullanılmıştır.

Her sulama konusu için 8.4 m uzunluğunda tek manifold ayrılmış ve bu manifoldlara 0.70 m aralıklarla 10 adet yüzeyaltı lateral hattı bağlanmıştır. Yapılan ön denemede yüzeyaltı lateral hatları iki bitki sırasına bir (1.40 m) olacak şekilde yerleştirilmiş ancak sonuçlar beklendiği gibi çıkmamış, bitki sıraları arasında bitki gelişmesinde düzensizlikler tespit edilmiştir. Bu nedenle çalışmada her bitki sırasına bir lateral gelecek şekilde 70 cm aralıkla ve pullukla toprak işlemede laterallerin zarar görmemesi

için toprak yüzeyinden 40 cm derinliğe lateraller yerleştirilmiştir (şekil 3.5). Sulama manifold başlarında bulunan vanalar ile başlatılmakta ve verilen su miktarı vanalardan sonra bağlanan su saatleri ile ölçülmektedir. Ayrıca, lateral boruların temizliğini yapabilmek için lateral hatlarının sonuna bir tahliye manifoldu konmuş ve sistemde kalan suların tahliyesi sağlanmıştır. Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarı konulara ait kontrol vanası ve su saatinden geçirilerek ölçülerek verilmiş (şekil 3.6) ve topraktaki nem değişimi toprak nem sensörleri (şekil 3.7) ile izlenmiştir.



şekil 3.5 Yüzeyaltı lateral hatları



şekil 3.6 Hat başlarında kullanılan su sayacı, manometre ve vantuz

3.1.7 Meteorolojik veriler

Deneme süresince kullanılan meteorolojik veriler (yağış, sıcaklık, rüzgâr hızı, güneşlenme süresi ve şiddeti, bağıl nem, çiğlenme noktası ve buhar basıncı) deneme alanının güney doğusunda kurulu olan otomatik iklim istasyonunda ölçülmüş, sonuçlar saatlik olarak online takip edilmiş ve yine saatlik olarak kayıt altına alınmıştır.



Şekil 3.7 Deneme süresince toprak nem takibinin yapıldığı toprak nem sensörleri

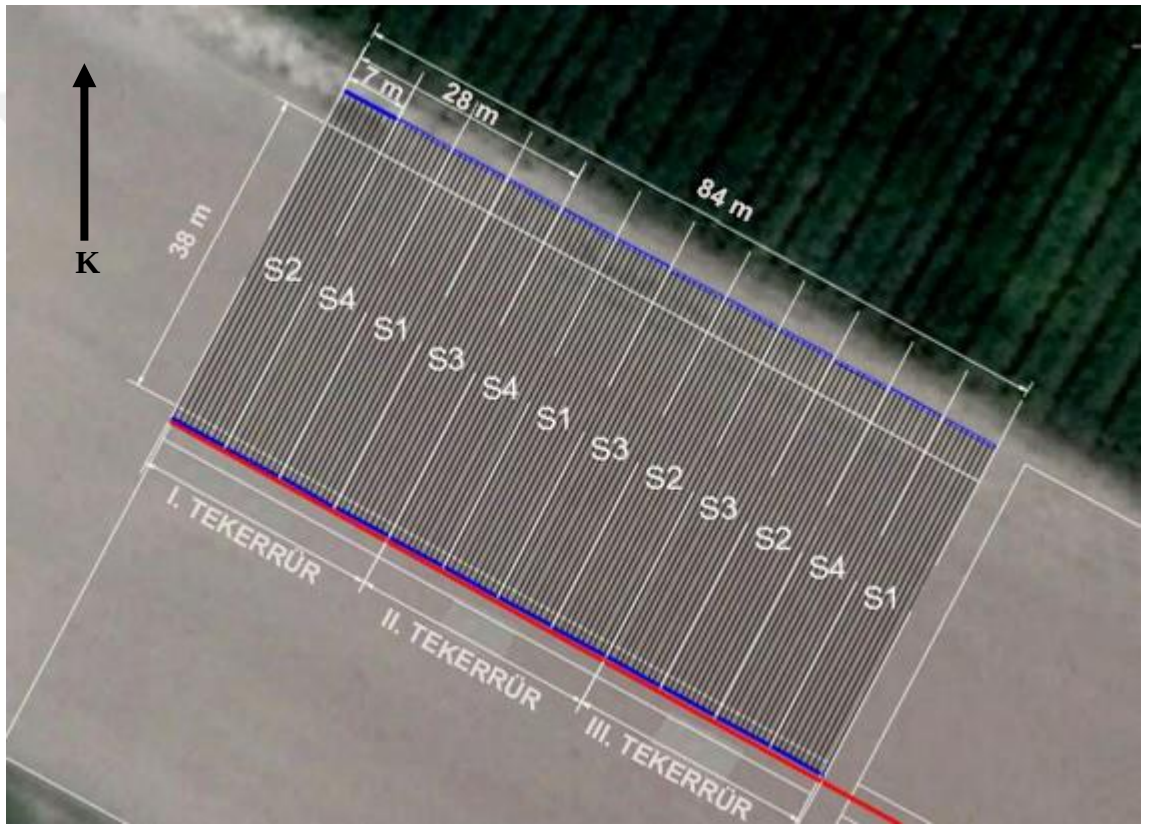
3.2 Yöntem

3.2.1 Deneme deseni ve sulama konuları

Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak toplam 12 blokta silajlık mısır bitkisinde 2 yıl süreyle yürütülmüştür (Şekil 3.8 – 3.9). Sulama konularında 4 farklı su uygulama düzeyi (%125, %100, %75, %50) uygulanmış ve sulama aralığı tüm konularda 5 gün olarak alınmıştır. Verilen sulama suyu miktarı 5 günlük toplam ET_c 'den 5 günlük toplam etkili yağışın çıkartılması ile bulunmuştur. Konulara bulunan sulama suyu miktarlarının farklı yüzdeleri kadar sulama suyu verilmiştir.

Otomatik iklim istasyonu tarafından hesaplanan referans bitki su tüketimi (ET_0) ile bölge için hesaplanmış bitki katsayısı (k_c) kullanılarak günlük ET_c hesaplanmıştır. Aynı dönemde meydana gelen yağış miktarı etkili yağış olarak kabul edilip hesaplanan ET_c değerinden düşülerek kalan miktar sulama suyu olarak alınmıştır.

Konulu sulamalara bitkide 5 – 6 yaprak görüldükten sonra başlanmış, 5 günlük sürede hesaplanan sulama suyu ihtiyacının konulara göre belirli yüzdeleri kadar ve aynı gün sulama suyu uygulanmıştır

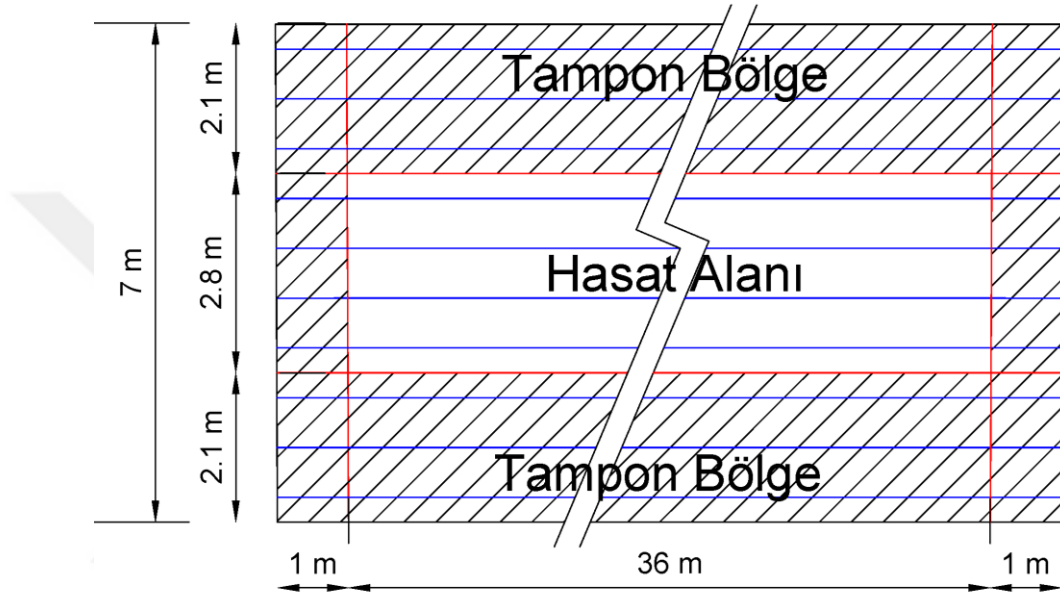


Şekil 3.8 Deneme planı

Deneme alanına kurulan yüzeyaltı damla sulama sistemi ile silajlık mısır bitkisine yetiştirme evresi boyunca 4 farklı sulama konusu uygulanmıştır. Bunlar:

S_1 : 5'er günlük dönemler için hesaplanan sulama suyu ihtiyacının %125'inin sulama suyu olarak uygulanması.

- S_2 : 5'er günlük dönemler için hesaplanan sulama suyu ihtiyacının %100'ünün sulama suyu olarak uygulanması.
- S_3 : 5'er günlük dönemler için hesaplanan sulama suyu ihtiyacının %75'inin sulama suyu olarak uygulanması.
- S_4 : 5'er günlük dönemler için hesaplanan sulama suyu ihtiyacının %50'sinin sulama suyu olarak uygulanması.



Şekil 3.9 Blok detayı ve hasat alanı

3.2.2 Uygulanacak sulama suyu miktarının hesaplanması

Referans bitki su tüketimi (ET_0) referans bitkinin su tüketimini belirlemek için kullanılmaktadır. Diğer bitkiler için bitki su tüketimi (ET_c), referans bitkinin su tüketiminin bitki tipi ve bitki gelişimine göre değişen bitki katsayısı (k_c) ile çarpılmasıyla belirlenmektedir. ET_0 değerinin hesaplanmasında FAO Penman-Monteith eşitliği yaygın olarak kullanılmaktadır (Allen vd. 1998).

Bitki su tüketim değerlerini günlük olarak belirlemek için, aşağıda verilen eşitlikten yararlanılmıştır. Buna göre;

$$ET_c = ET_0 \times k_c$$

3.2

Eşitlikte;

ET_c : Tahmini bitki su tüketimi (mm),

ET_0 : Referans bitki su tüketimi (mm, meteoroloji istasyonundan günlük olarak alınmıştır.)

k_c : Bitki katsayısı

Günlük referans bitki su tüketimi otomatik iklim istasyonundan alınmıştır (Penman – Monteith yöntemi ile hesaplanmaktadır). Bitki katsayısı “Türkiye’de Sulanan Bitkilerin Bitki Su Tüketimi Rehberi” çalışmasından alınmıştır (TAGEM 2017).

Beş günlük ET_c değerleri toplandıktan sonra meydana gelen yağış (P) miktarı beş günlük toplam ET_c ’den çıkartılarak verilecek net sulama suyu (I_n) miktarı hesaplanmıştır. Deneme parseline verilen hacimsel su miktarı (V) ise net sulama suyunun parsel alanı ile çarpılması sonucu hesaplanmıştır.

$$I_n = ET_c - P \quad 3.3$$

$$V = I_n * A / 1000 \quad 3.4$$

I_n : Net sulama suyu miktarı (mm)

P : Yağış miktarı (mm)

V : Parsele uygulanan hacimsel sulama suyu miktarı (m³)

A : Parsel alanı (m²)

Bitki katsayısı değerleri, gelişimin II. evresindeki ve IV. evresindeki değerler (Şekil 3.10), evrelerin başlangıç ve bitiş gün sayıları esas alınarak enterpolasyonla hesaplanmıştır.

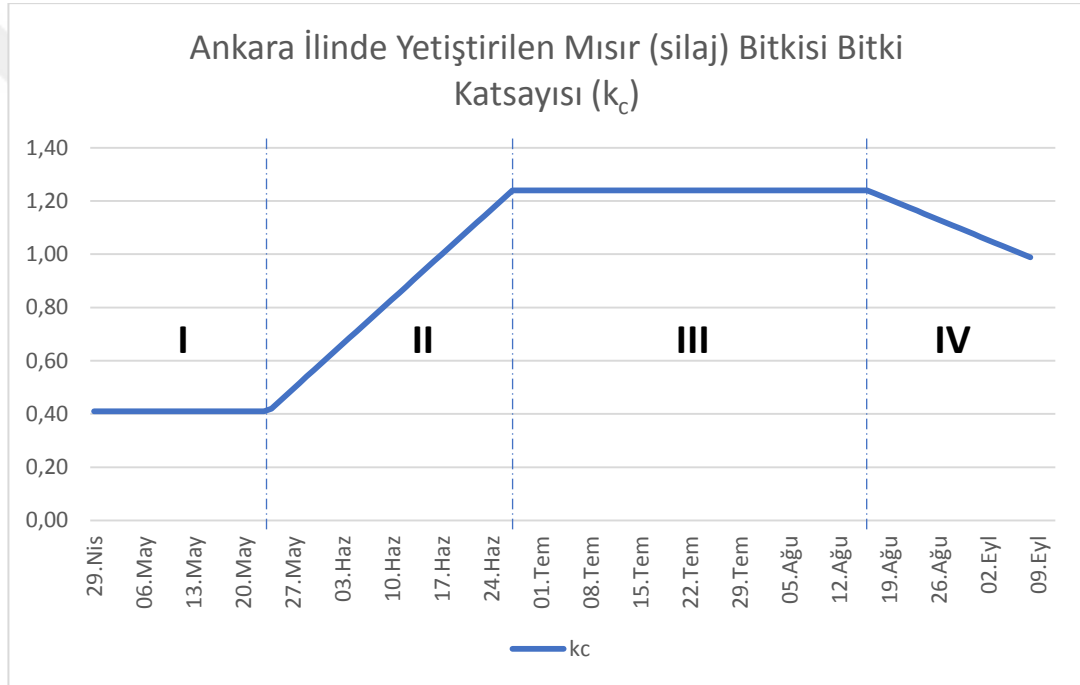
3.2.3 Bitki su tüketiminin hesaplanması

Araştırmada dikkate alınan konulara göre bitki su tüketim değerleri, aşağıda verilen su dengesi eşitliği yöntemi (James 1988) kullanılarak hesaplanmıştır. Buna göre;

$$ET_a = I + P + Cr - Dp + R \pm \Delta S$$

3.5

- ET_a : Bitki su tüketimi (mm)
 I : Sulama suyu miktarı (mm)
 P : Etkili yağış (mm)
 Cr : Kapılar yükselme (mm)
 Dp : Derine sızma (mm)
 R : Yüzey akış kayıpları (mm)
 ΔS : Toprak profilindeki nem değişimi (mm)



Şekil 3.10 Ankara ilinde yetiştirilen mısır (silaj) bitkisi için bitki katsayısı (k_c)

Eşitlik 3.4'te I değeri sulama suyu ölçümlerinden, etkili yağış (P) değerleri denemenin yürütüldüğü yerde bulunan tam otomatik meteoroloji istasyonu plüviograf ölçümlerinden elde edilmiştir (Şekil 3.11). Kapılar yükselme (Cr) değeri, deneme alanında taban suyu bulunmadığından, kılcal hareketle bitki kök bölgesine su girişi olmayacağından dikkate alınmamıştır. Yüzey akış (R) değeri yüzeyaltı damla sulama sistemi kullanılacağından dikkate alınmamış ve toprakta derine sızmaların (Dp) olup olmadığı nem sensörleri ile saatlik olarak izlenmiştir.

3.2.4 Su kullanım etkinliklerinin belirlenmesi

Su kullanım etkinliğinin (WUE) ve sulama suyu kullanım etkinliğinin (IWUE) belirlenmesinde aşağıdaki eşitlikler kullanılmıştır (Howell ve ark., 1990).



şekil 3.11 Deneme sũresince kullanılan meteoroloji istasyonu

$$WUE = Y/ET_a \quad 3.6$$

$$IWUE = Y/I \quad 3.7$$

WUE : Su kullanım etkinliği (kg/m^3)

Y : Silaj verimi (kg/da)

ET_a : Gerçek bitki su tũketimi (mm)

$IWUE$: Sulama suyu kullanım etkinliği (kg/m^3)

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

3.2.5 Toprak analizleri

Toprak kimyasal analizleri için, deneme parsellerinden; deneme öncesinde toprak burgusu ile 0-30, 30-60 ve 60-90 cm derinliklerden bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Alınan topraklar havada kurutulduktan sonra öğütölüp 2 mm'lik elekten elenerek laboratuvar analizlerine hazır hale getirilmiştir. Deneme alanına ait toprak özelliklerinin belirlenmesi amacıyla bozulmamış toprak numuneleri alınmıştır. Tüm analizler, Tüzüner (1990)'a göre yapılmıştır.

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

Elektriksel iletkenlik: Kondaktivite aleti ile saturasyon ekstraktında 25°C'de elektriksel iletkenliğin ölçülmesi suretiyle tayin edilmiştir (Richards, 1954).

Toprak 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 (Blake ve Hartge, 1986).

Tarla kapasitesi: Poroz levhalı basınç aleti ile örnekler doyurulduktan sonra 1/3 atmosfer değerinde basınç uygulanarak belirlenmiştir. (Tüzüner 1990).

Solma noktası: Poroz levhalı basınç aleti ile örnekler doyurulduktan sonra 15 atmosfer değerinde basınç uygulanarak belirlenmiştir (Tüzüner 1990).

3.2.6 Tarımsal işlemler

Toprak işleme ve ekim

Sonbaharda derin sürüm yapılarak kışa bırakılan deneme arazisi ilkbaharda diskli tırmık ve kombikürüm ile ekime hazırlandıktan sonra Mayıs ayının ikinci yarısında mibzer ile ekim yapılmıştır.

Bakım ve hasat

Ekimi yapılan bitkiler çıkışı tamamladıktan sonra yaklaşık 20-25 cm boya ulaşınca ilk çapa yapılmıştır. İkinci çapa bitkiler yaklaşık 40-45 cm boylandığında boğaz doldurma şeklinde yapılmıştır. Silajlık mısır, uygun hasat dönemi olan süt olum-hamur olum dönemine ulaştığında hasat elle yapılmıştır.

Gübreleme

Her sene ekim ile birlikte 30 kg DAP (taban gübresi) uygulaması yapılmıştır. Azotlu (amonyum sülfat) gübre bitki boyları 40-45 cm olunca ilk yıl dekara 16 kg, ikinci yıl ise dekara 25 kg olacak şekilde uygulanmış, son olarak üre ise bitki çiçeklenme döneminde ilk yıl dekara 22 kg, ikinci yıl ise dekara 17 kg olacak şekilde sulamayla verilmiştir.

3.2.7 Bitki ölçüm ve analizleri

Denemeye alınan bitkilerin tarımsal ve fizyolojik özelliklerini belirlemek üzere yapılan analizler Aslangiray ve ark. (1991), Güçük ve Baytekin (1999), Gül ve Başbağ (1999) ve Geren ve ark. (2003)'nın izlediği esaslar dâhilinde yapılmıştır. Silaj kalite özellikleri ise Akyıldız (1986) ve Kılıç (1986)'nın belirttiği yöntemlerle belirlenmiştir. Bitkilerle ilgili analizler her iki yılda da hasatla birlikte başlamış Eylül – Ekim ayları içerisinde yapılmıştır. Analizler ise Ekim – Aralık döneminde tamamlanmıştır.

Bitki ölçüm ve analizleri için her bloktan rastgele 3 bölgeden 2.8 m² alan belirlenmiş ve bu alana düşen mısırlar kesilerek toplanmıştır. Toplanan mısırların sap kalınlığı, bitki

boyu, sap ağırlığı, koçan adedi, yaprak ağırlığı ve toplam ağırlığı her bölge için hesaplanmış ve 2.8 m²'deki mısır verimi belirlenmiştir.

3.2.7.1 Çimlenme – çıkış süresi

Parsellerdeki bitkilerin toprak yüzeyine çıkmaya başladığı, %50 oranda çıktığı ve çıkışın tamamlandığı tarihler tespit edilerek çıkış süresi olarak kaydedilmiştir.

3.2.7.2 Tepe ve koçan püskülü çıkarma zamanı

Bitkilerde tepe ve koçan püsküllerinin çıktığı tarihler ayrı ayrı kaydedilmiştir.

3.2.7.3 Bitki gelişme durumu

Her parseldeki bitkilerin hasat sırasındaki durumu değerlendirilip ulaştıkları olgunlaşma dönemleri gelişme durumu olarak ifade edilmiştir.

3.2.7.4 Kuru madde verimi

Hasattan sonra parsellerden alınan bitki örnekleri önce açık havada daha sonra 105 °C'ye ayarlı kurutma fırınında bir gece kurutularak her parselin kg/da cinsinden kuru madde verimleri bulunmuştur (Kacar 2008).

3.2.7.5 Kuru madde oranı

Parsellerden elde edilen kuru madde verimleri ile yaş verimler oranlanarak kuru madde oranları (%) tespit edilmiştir (Kacar 2008).

3.2.7.6 Rutubet oranı

Kuru madde oranı belirlendikten sonra 100'den farkı alınarak rutubet oranı belirlenmiştir.

3.2.7.7 Bitki boyu

Hasat sırasında bloklarda hasat bölgesi içerisinde bulunan alanda rastgele 3 adet 2.8 m²'lik alanlar belirlenmiş ve bu alanlar içerisine düşen bitkiler alınarak boyları ölçülüp ortalama bitki boyu cm olarak belirlenmiştir.

3.2.7.8 Koçan sayısı

Hasat sırasında rastgele 10 bitki incelenerek bitkilerde bulunan koçan sayıları belirlenmiştir.

3.2.7.9 Sap kalınlığı

Hasat sırasında alınan 10'ar bitkinin gövdesi orta kısımlardan ölçülerek gövde çapı cm olarak bulunmuştur.

3.2.7.10 Ham protein oranı

Mısır kuru maddesinden alınan 0.3 g'lık örneklerde Mikro Kjeldahl metoduyla toplam azot tayini yapılmış ve 6.25 katsayısı ile çarpılarak % ham protein oranı belirlenmiştir (Bremmer 1965).

3.2.7.11 Asit deterjan fiber (ADF) ve Nötral deterjan fiber (NDF) oranları

Nötral deterjan fiber (NDF): Hücre duvarının lifli karbonhidratlarını (selüloz ve hemiselüloz), lignin, ligninleşmiş ve sıcaklıkla zarar görmüş bir kısım proteinleri ve silisyum içerir. Bu fraksiyon, yemin özgül ağırlığı hakkında da fikir veren iyi bir göstergedir. Sindirim sisteminin hacimsel kapasitesi dikkate alındığında, NDF değeri ile hayvanın yemi tüketimi hakkında da fikir sahibi olunabilir (Goering ve Van Soest 1970).

Asit deterjan fiber (ADF): ADF yemin sindirilebilirliği hakkında ve hayvanın enerji alımı hakkında fikir veren iyi bir göstergedir (Goering ve Van Soest 1970).

Bitkilerin kuru maddesindeki ADF ve NDF oranları Akyıldız (1986) ve Kılıç (1986)'ın belirttiği esaslara göre yapılmıştır.

3.2.7.12 Ham kül miktarı (%)

Seramik krozelerde 1 g materyal 550 °C'de grimsi beyaz renk (yaklaşık 8-10 saat) oluşuncaya kadar bekletildikten sonra kalan ağırlık üzerinden hesaplanmıştır (Kacar 2008)

3.2.7.13 Ham yağ (%)

Hekzan çözeltisi ile ekstraksiyon yöntemi kullanılmış, okumalar tam otomatik soxhelet cihazında yapılmıştır.

3.2.7.14 Ham selüloz (%)

Nötral deterjan lif değerlerinden asit deterjan lif değerlerinin çıkarılması ile bulunmuştur.

3.2.7.15 Metabolik enerji (Mcal/kg)

Ham protein, ham yağ, ham selüloz ve ham kül değerleri ile aşağıdaki formül kullanılarak hesap edilmiştir.

$$ME(Mcal/kgKM) = 3019 - 10.66\%HP + 37.33\%HY - 26.9\%HK - 23.29\%HS$$

3.2.8 Silaj verimi

Silajlık mısır hasatları Eylül ayının ilk yarısında bitkilerin süt olum-hamur olum devresi arasında yapılmış, parsellerden elde edilen ürün tartılarak verim kg/da birimine dönüştürülmüş ve her bloktan alınan 3'er alanın ortalamaları alınmış, o bloğun verimi kg/da biriminden olacak şekilde hesaplanmıştır.

3.2.9 İstatistiksel analizler

Denemede elde edilen tüm bulguların varyans analizleri yapıldıktan sonra, ortalamalar arasındaki farklılıkların önem derecesi LSD çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir (Yurtsever 2011).



4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1 Meteorolojik Veriler

Ankara Üniversitesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğine ait otomatik iklim istasyonundan alınan 2017 ve 2018 yılı 10 günlük ortalama meteorolojik veriler Çizelge 4.1’de ve aylık ortalama meteorolojik veriler ise Çizelge 4.2’de verilmiştir.

Çizelge 4.1 Bitki yetiştirme dönemi aylık ortalama meteorolojik verileri

Ay	Dönem	Toplam Yağış (mm)	Ort. Rüzgar Hızı (m/sn)	Ort. Hava Sıcaklığı (°C)	Ort. Nispi Nem (%)
2017					
Nisan	III. Dönem (2 gün)	0.0		15.0	38.6
Mayıs	I. Dönem	1.2		14.4	59.8
	II. Dönem	8.4		14.2	59.5
	III. Dönem	12.4		12.0	76.1
Haziran	I. Dönem	12.6		17.1	74.8
	II. Dönem	19.4	2.6	16.7	69.3
	III. Dönem	0.8	1.8	20.7	56.2
Temmuz	I. Dönem	0.0	2.1	22.2	45.1
	II. Dönem	0.0	2.1	23.1	46.1
	III. Dönem	0.4	2.2	22.8	41.0
Ağustos	I. Dönem	25.8	2.0	23.2	57.9
	II. Dönem	2.0	1.7	23.0	54.1
	III. Dönem	1.0	1.8	19.1	56.7
Eylül	I. Dönem	0.0	1.7	18.2	39.9
	II. Dönem (9 gün)	0.0	1.4	18.3	31.4
2018					
Mayıs	I. Dönem	28.6	1.7	16.5	75.8
	II. Dönem	101.2	1.8	17.2	84.1
	III. Dönem	5.0	1.9	19.1	69.6
Haziran	I. Dönem	13.8	2.0	19.5	66.9
	II. Dönem	28.8	1.9	20.6	73.4
	III. Dönem	0.2	1.9	23.0	51.9
Temmuz	I. Dönem	1.0	2.3	22.8	55.1
	II. Dönem	15.6	2.0	23.2	62.5
	III. Dönem	0.8	2.0	22.6	58.0

Çizelge 4.2 Bitki yetiştirme dönemi aylık ortalama meteorolojik verileri (devam)

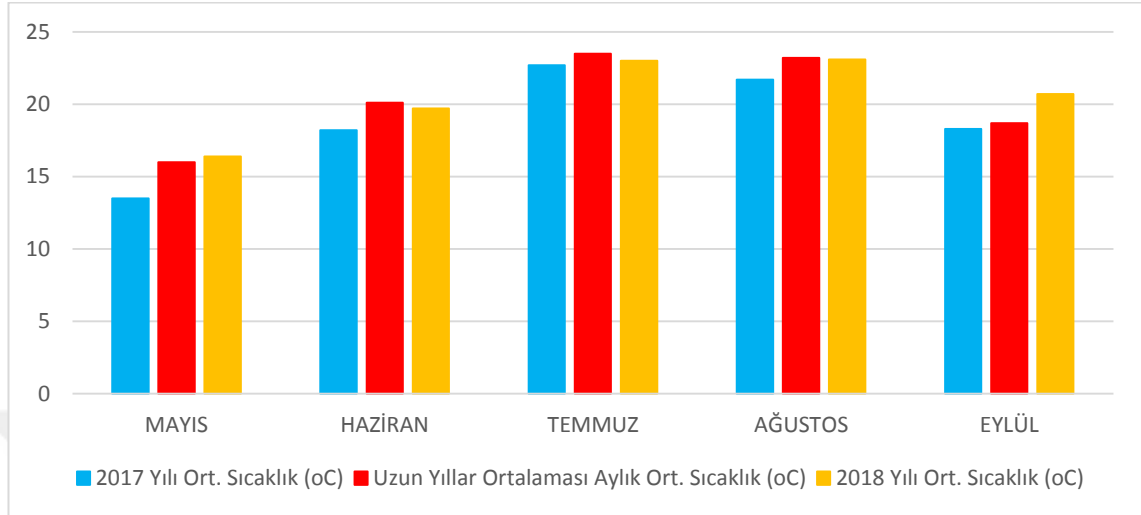
Ay	Dönem	Toplam Yağış (mm)	Ort. Rüzgar Hızı (m/sn)	Ort. Hava Sıcaklığı (°C)	Ort. Nispi Nem (%)
2018					
Ağustos	I. Dönem	8.6	1.8	22.2	39.7
	II. Dönem	0.6	1.7	24.5	38.5
	III. Dönem	6.6	2.1	21.3	50.6
Eylül	I. Dönem	0.0	2.2	17.7	60.2
	II. Dönem				

Çizelge 4.2 Bitki yetiştirme dönemi aylık ortalama meteorolojik verileri

Ay	Toplam Yağış (mm)	Ort. Rüzgar Hızı (m/s)	Ort. Hava Sıcaklığı (°C)	Ort. Nispi Nem (%)
2017				
Nisan	0.0		15.0	38.6
Mayıs	22.0		13.5	65.5
Haziran	32.8		18.2	66.7
Temmuz	0.4	2.1	22.7	44.0
Ağustos	28.8	1.8	21.7	56.2
Eylül	0.0	1.6	18.3	38.5
2018				
Mayıs	152.4	1.9	16.4	78.8
Haziran	47.6	1.9	19.7	70.0
Temmuz	16.8	2.1	23.0	56.7
Ağustos	10.0	1.8	23.1	45.2
Eylül	6.6	2.0	20.7	50.6
UZUN YILLAR ORTALAMASI				
Nisan	47.5		11.2	59.5
Mayıs	51.7		15.8	57.4
Haziran	37.5		19.8	52.7
Temmuz	14.2		23.3	45.4
Ağustos	13.4		23.2	45.1
Eylül	19.2		18.9	49.0

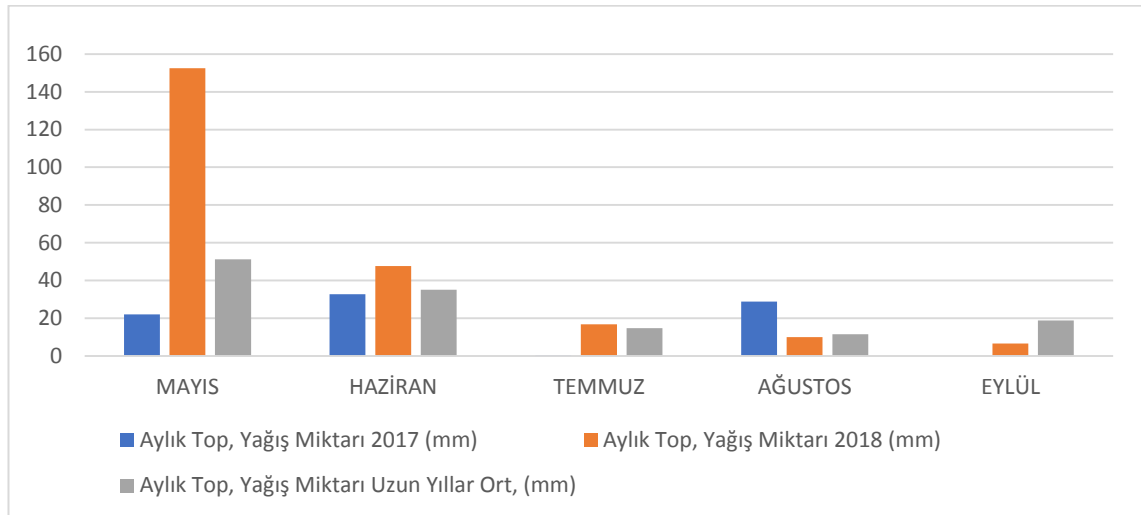
Çizelge 4.2 incelendiğinde 2018 yılı Mayıs ayında meydana gelen toplam yağışın 2017 yılı bitki yetiştirme dönemi süresince meydana gelen toplam yağıştan fazla olduğu

görülmektedir. Şekil 4.1’de 2017 – 2018 yetiştirme dönemleri ile uzun yıllar ortalaması aylık ortalama sıcaklıkları, Şekil 4.2’de ise aylık toplam yağışlar karşılaştırılmıştır.



Şekil 4.1 2017 – 2018 yılı aylık ortalama sıcaklıkları ile uzun yıllar ortalaması aylık ortalama sıcaklık karşılaştırılması

Şekil 4.1 incelendiğinde 2017 yılı bitki yetiştirme döneminde aylık ortalama sıcaklıkların uzun yıllar ortalamasının altında olduğu, 2018 yılı bitki yetiştirme döneminde ise uzun yıllar ortalamasına yakın olduğu görülmektedir.



Şekil 4.2 2017 – 2018 yılı aylık toplam yağış miktarları ile uzun yıllar ortalaması aylık toplam yağış miktarlarının karşılaştırılması

2018 yılında Mayıs – Haziran aylarında uzun yıllar ortalamasının çok üzerinde yağışlar meydana gelmiştir. Sonraki aylarda ise yağışlar uzun yıllar ortalamalarına yakın değerlerde seyretmiştir. 2017 yılında ise yalnızca Ağustos ayında 2018 yılı ve uzun yıllar ortalamasından daha fazla yağış meydana gelmiş ancak bitki yetiştirme sezonunun geri kalanında yağışlar uzun yıllar ortalamasının altında gerçekleşmiştir (Şekil 4.2).

4.2 Tarımsal İşlemler ve Gözlemler

Denemeler süresince yapılan tarımsal işlemler Çizelge 4.3 ve Çizelge 4.4’de verilmiştir.

Çizelge 4.3 2017 yılı yetiştirme döneminde yapılan tarımsal işlemler

Tarih	Tarımsal İşlemler ve Gözlemler
29.04.2017	Pioneer 31Y43 çeşit silajlık mısır ekimi yapılarak 30 kg/da DAP (taban gübresi) verilmiştir
15.05.2017	Çimlenme çıkış için yağmurlama sulama yapılmıştır
14.05.2017	4 sulama konusun yer aldığı araziye temsilen ortada yer alan 4 bloğa 120 cm derinliğe kadar ölçüm yapabilen drill & drop sensörler kurulmuştur
15.05.2017	Çimlenme çıkış gözlemlenmiştir
18.05.2017	Tüm arazide üniform çimlenme çıkış gözlemlenmiştir
15.06.2017	Dekara 16 kg Amonyum Sülfat gübresi verilmiştir
03.07.2017	Dekara 22 kg Üre verilmiştir
27.07.2017	Püskül oluşumu gözlemlenmiştir
31.07.2017	Deneme alanının %99’ında püskül oluşumu gözlemlenmiştir
04.08.2017	Deneme alanının %50’sinde koçan oluşumu gözlemlenmiştir
09.08.2017	Deneme alanının %99’unda koçan oluşumu gözlemlenmiştir
11.09.2017	Sezonun son sulaması yapılmıştır
15.09.2017	Hasat

Çizelge 4.4 2018 yılı yetiştirme döneminde yapılan tarımsal işlemler

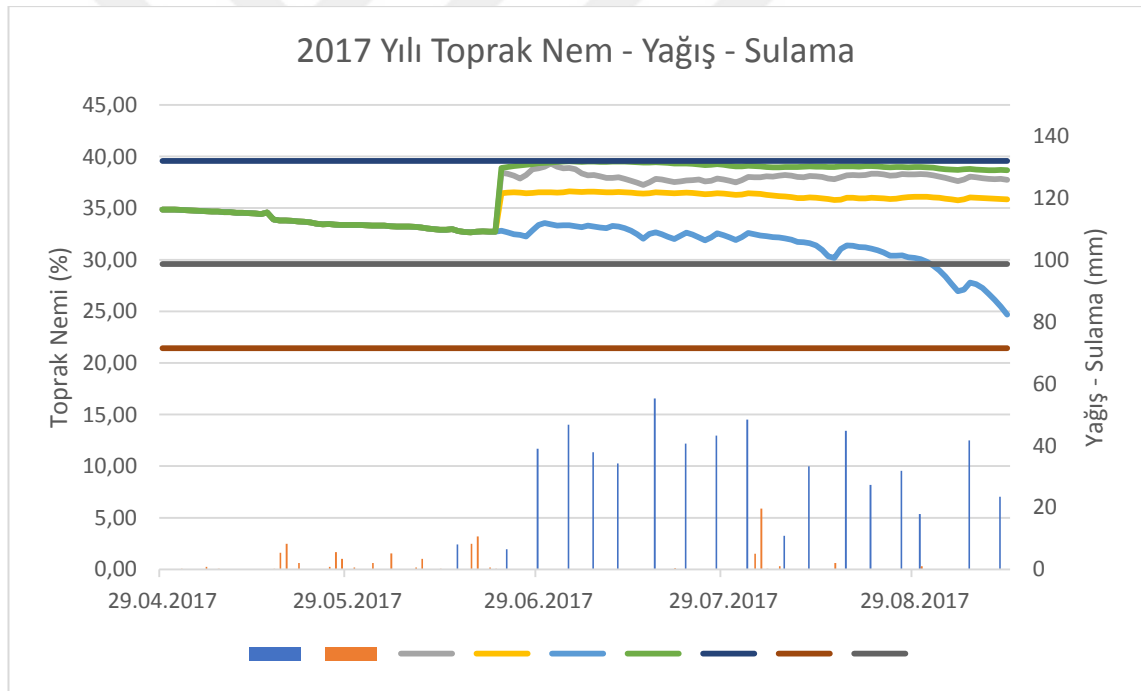
Tarih	Tarımsal İşlemler ve Gözlemler
02.05.2018	Pioneer 31Y43 çeşit silajlık mısır ekimi yapılarak 30 kg/da DAP (taban gübresi) verilmiştir
15.05.2018	Çimlenme çıkış gözlemlenmiştir
11.06.2018	Dekara 25 kg olacak şekilde 11.5 mm su ile birlikte tüm parselde gübre verilmiştir
10.07.2018	17 kg/da üre uygulanmıştır
19.07.2018	Püskül oluşumu gözlenmiştir (%30)

Çizelge 4.5 2018 yılı yetiştirme döneminde yapılan tarımsal işlemler (devam)

Tarih	Tarımsal İşlemler ve Gözlemler
24.07.2018	Püskül oluşumu tamamlanmıştır
29.07.2018	Koçan oluşumu gözlenmiştir (%10)
08.08.2018	Koçan oluşumu tamamlanmıştır
17.09.2018	Sezonun son sulaması yapılmıştır
20.09.2018	Hasat

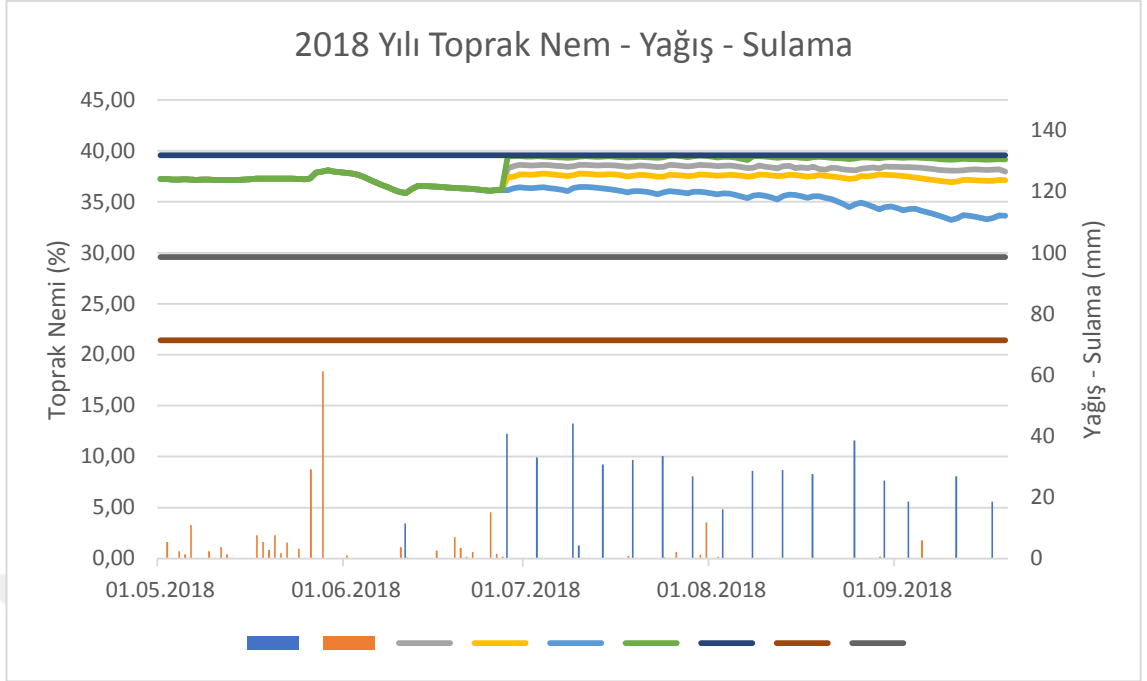
4.3 Toprak Nemi İzlenmesi

Deneme parselinde 4 farklı sulama konusunda topraktaki nemi izlemek için 0 – 120 cm derinlikte her 10 cm’de bir ölçüm alması için kurulan toprak nem sensörlerinden elde edilen verilerin 10-90 cm derinlikteki ortalamaları Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de verilmiştir.



Şekil 4.3 2017 yılı Mayıs – Eylül dönemi toprak nemi değişim grafiği

2017 bitki yetiştirme dönemi boyunca toprak nem sensörleri sonuçları incelendiğinde (Şekil 4.3) S₁ konusunda toprak neminin sezon sonuna kadar tarla kapasitesine yakın değerler verdiği, S₂ ve S₃ konularında toprak neminin tarla kapasitesi ile kritik seviye arasında kaldığı görülmektedir. S₄ konusundaki nemin ise zamanla kritik seviyenin altına düştüğü belirlenmiştir.



Şekil 4.4 2018 yılı Mayıs – Eylül dönemi toprak nemi değişim grafiği

2018 yılında toprak nem sensörlerinden elde edilen veriler incelendiğinde (Şekil 4.4) S₁ sulama konusundaki toprak nem değerlerinin tarla kapasitesine yakın değerlerde kaldığı, diğer sulama konularındaki nemlerin tarla kapasitesi ile kritik seviye arasında kaldığı görülmektedir.

4.4 Tahmini Bitki Su Tüketimi (ET_c) ve Sulama Suyu Miktarı

4.4.1 Referans Bitki Su Tüketimi (ET₀)

Bitki yetiştirme dönemi süresince günlük ET₀ değerleri otomatik iklim istasyonundan online olarak takip edilmiş (Çizelge 4.5) ve ET_c hesabında kullanılmıştır.

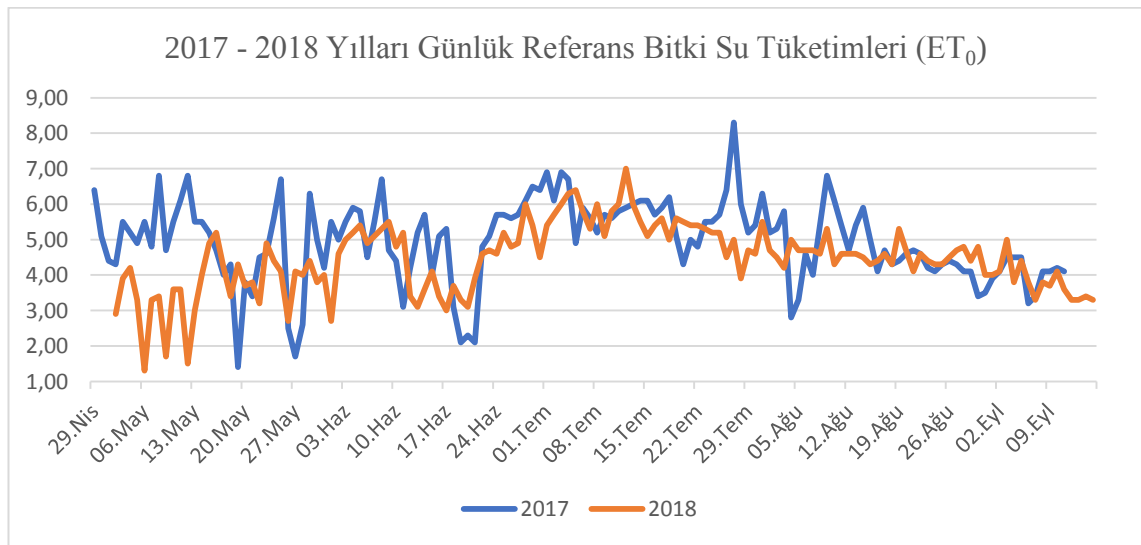
2018 yılında bitki yetiştirme dönemi başında 2017 yılı aynı döneme göre daha fazla yağış meydana gelmiştir. Aynı dönemde 2018 yılı sıcaklıkları 2017 yılından daha fazla ölçülmüş olup 2018 yılında ölçülen yüksek nem 2018 yılı Haziran ayının ortalarına kadar ET₀ değerlerinin 2017 yılına göre daha düşük olmasına neden olmuştur (Şekil 4.5).

Çizelge 4.5 Bitki yetiştirme dönemi süresince meteoroloji istasyonundan alınan ET₀ değerleri

2017						
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
1		4.40	3.37	6.90	5.20	3.90
2		4.30	3.19	6.10	5.30	4.10
3		5.50	3.64	6.90	5.80	4.50
4		5.20	4.04	6.70	2.80	4.50
5		4.90	4.11	4.90	3.30	4.50
6		2.26	3.30	5.90	4.60	3.20
7		1.97	4.17	5.60	4.00	3.40
8		2.79	5.24	5.20	5.40	4.10
9		1.93	3.79	5.70	6.80	4.10
10		2.26	3.44	5.60	6.10	4.20
11		2.50	2.49	5.80	5.40	4.10
12		2.79	3.47	5.90	4.70	
13		2.26	4.42	6.00	5.40	
14		2.26	4.97	6.10	5.90	
15		2.13	3.58	6.10	5.00	
16		1.93	4.68	5.70	4.10	
17		1.64	4.98	5.90	4.70	
18		1.76	2.98	6.20	4.30	
19		0.57	2.07	5.10	4.40	
20		1.56	2.32	4.30	4.60	
21		1.39	2.16	5.00	4.70	
22		1.85	5.06	4.80	4.60	
23		1.89	5.10	5.50	4.20	
24		2.35	5.70	5.50	4.10	
25		2.98	5.70	5.70	4.30	
26		1.17	5.60	6.40	4.40	
27		0.84	5.70	8.30	4.30	
28		1.34	6.10	6.00	4.10	
29	6.40	3.41	6.50	5.20	4.10	
30	5.10	2.82	6.40	5.40	3.40	
31		2.47		6.30	3.50	
2018						
1			2.70	5.40	4.70	4.00
2		2.90	4.60	5.70	4.50	4.10
3		3.90	5.00	6.00	4.20	5.00
4		4.20	5.20	6.30	5.00	3.80
5		3.30	5.40	6.40	4.70	4.40
6		1.30	4.90	5.80	4.70	3.80
7		3.30	5.10	5.30	4.70	3.30
8		3.40	5.30	6.00	4.60	3.80

Çizelge 4.5 Bitki yetiştirme dönemi süresince meteoroloji istasyonundan alınan ET₀ değerleri (devam)

2018						
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
9		1.70	5.50	5.10	5.30	3.70
10		3.60	4.80	5.80	4.30	4.10
11		3.60	5.20	6.00	4.60	3.60
12		1.50	3.40	7.00	4.60	
13		3.00	3.10	6.00	4.60	
14		4.00	3.60	5.50	4.50	
15		4.90	4.10	5.10	4.30	
16		5.20	3.40	5.40	4.40	
17		4.20	3.00	5.60	4.60	
18		3.40	3.70	5.00	4.30	
19		4.30	3.30	5.60	5.30	
20		3.70	3.10	5.50	4.70	
21		3.80	3.90	5.40	4.10	
22		3.20	4.60	5.40	4.60	
23		4.90	4.70	5.30	4.40	
24		4.40	4.60	5.20	4.30	
25		4.10	5.20	5.20	4.30	
26		2.70	4.80	4.50	4.50	
27		4.10	4.90	5.00	4.70	
28		4.00	6.00	3.90	4.80	
29		4.40	5.40	4.70	4.40	
30		3.80	4.50	4.60	4.80	
31		4.00		5.50	4.00	



Şekil 4.5 Deneme alanında 2017 – 2018 yıllarında ölçülen ET₀ değerleri

4.4.2 Tahmini Bitki Su Tüketimi

Bitki su tüketim değerlerini günlük olarak belirlemek için Eşitlik 3.2'den yararlanılmıştır (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6 Deneme süresince gerçekleşen mısır (silajlık) bitkisi günlük bitki su tüketimi

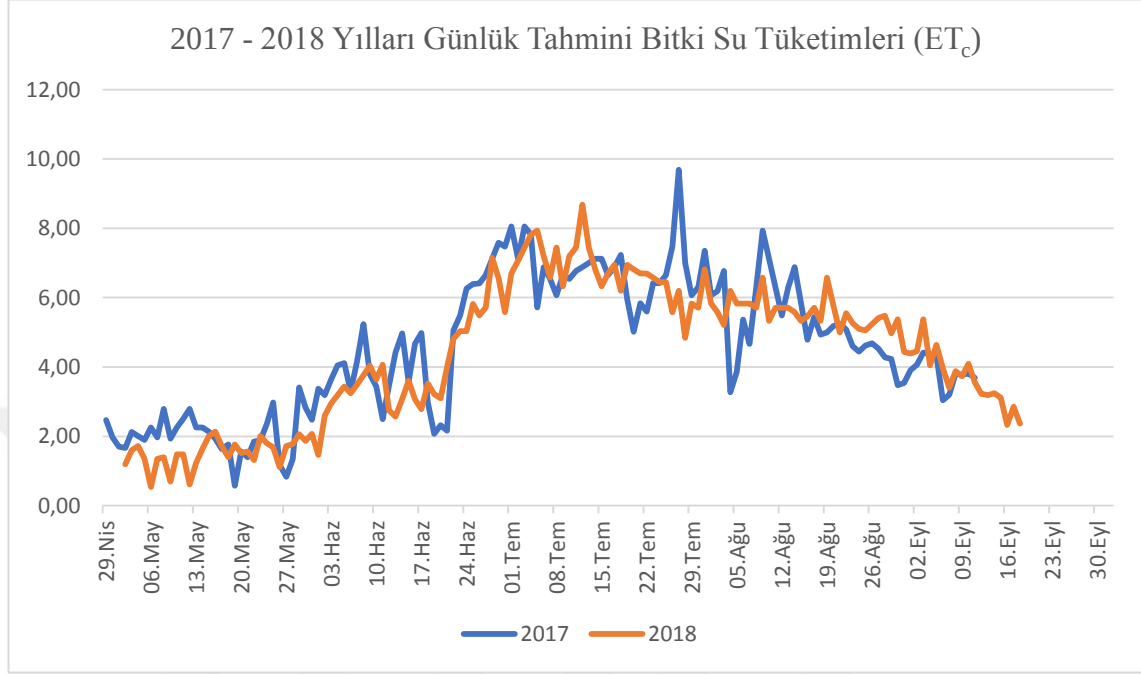
2017 yılı günlük su tüketimi (ETc, mm/gün)						
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
1		1.70	3.37	8.56	6.45	4.15
2		1.66	3.19	7.56	6.57	4.32
3		2.12	3.64	8.56	7.19	4.69
4		2.01	4.04	8.31	3.47	4.64
5		1.89	4.11	6.08	4.09	4.59
6		2.26	3.30	7.32	5.70	3.23
7		1.97	4.17	6.94	4.96	3.40
8		2.79	5.24	6.45	6.70	4.05
9		1.93	3.79	7.07	8.43	4.00
10		2.26	3.44	6.94	7.56	4.06
11		2.50	2.49	7.19	6.70	3.91
12		2.79	3.47	7.32	5.83	
13		2.26	4.42	7.44	6.70	
14		2.26	4.97	7.56	7.32	
15		2.13	3.58	7.56	6.20	
16		1.93	4.68	7.07	5.08	
17		1.64	4.98	7.32	5.78	
18		1.76	2.98	7.69	5.24	
19		0.57	2.07	6.32	5.31	
20		1.56	2.32	5.33	5.50	
21		1.39	2.16	6.20	5.57	
22		1.85	5.06	5.95	5.40	
23		1.89	5.83	6.82	4.89	
24		2.35	6.66	6.82	4.72	
25		2.98	6.79	7.07	4.91	
26		1.17	6.81	7.94	4.97	
27		0.84	7.07	10.29	4.81	
28		1.34	7.56	7.44	4.54	
29	2.21	3.41	8.06	6.45	4.50	
30	3.77	2.82	7.94	6.70	3.69	
31		2.47		7.81	3.76	
2018 yılı günlük su tüketimi (ETc, mm/gün)						
1			1.46	6.70	5.83	4.39
2		1.19	2.60	7.07	5.58	4.45

Çizelge 4.7 Deneme süresince gerçekleşen mısır (silajlık) bitkisi günlük bitki su tüketimi (devam)

2018 yılı günlük su tüketimi (ET _c , mm/gün)						
	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül
3		1.60	2.94	7.44	5.21	5.38
4		1.72	3.19	7.81	6.20	4.05
5		1.35	3.44	7.94	5.83	4.64
6		0.53	3.24	7.19	5.83	3.96
7		1.35	3.50	6.57	5.83	3.40
8		1.39	3.76	7.44	5.70	3.88
9		0.70	4.03	6.32	6.57	3.74
10		1.48	3.64	7.19	5.33	4.09
11		1.48	4.07	7.44	5.70	3.56
12		0.62	2.74	8.68	5.70	
13		1.23	2.57	7.44	5.70	
14		1.64	3.07	6.82	5.58	
15		2.01	3.60	6.32	5.33	
16		2.13	3.07	6.70	5.46	
17		1.72	2.78	6.94	5.70	
18		1.39	3.52	6.20	5.33	
19		1.76	3.22	6.94	6.57	
20		1.52	3.10	6.82	5.78	
21		1.56	3.99	6.70	4.99	
22		1.31	4.82	6.70	5.55	
23		2.01	5.03	6.57	5.26	
24		1.80	5.04	6.45	5.10	
25		1.68	5.82	6.45	5.05	
26		1.11	5.49	5.58	5.23	
27		1.72	5.72	6.20	5.42	
28		1.78	7.15	4.84	5.48	
29		2.06	6.57	5.83	4.97	
30		1.87	5.58	5.70	5.37	
31		2.07		6.82	4.43	

Şekil 4.6’da 2017 ve 2018 bitki yetiştirme dönemi boyunca hesaplanan ET_c değerlerinin günlük değişimi verilmiştir. Mayıs ayı başından Haziran ayı ortasına kadar geçen sürede 2018 yılında ET₀ değerleri 2017 yılına oranla düşük olduğundan ET_c değerlerinin de düşük olduğu görülmektedir. 2017 yılı grafiğine bakıldığında 27 Temmuz günü iki yılın en yüksek ET_c değerinin (10.29 mm) hesaplanmıştır. Bunun nedeninin yaşanan yüksek sıcaklık (27.8 °C), kuru (%24 nem) ve rüzgârlı (3.3 m/sn) hava olduğu söylenebilir. Yine 2017 yılının 4 Ağustos tarihinde Temmuz ve Ağustos aylarının iki yıl içerisindeki

en düşük ET_c değeri hesaplanmıştır. Bunun nedeni olarak da o gün yaşanan yüksek yağış (18.2 mm), düşük sıcaklık (19.1 °C) ve yüksek nemi (%89.6 nem) gösterebilir.



Şekil 4.6 Mısır (silaj) bitkisi 2017 – 2018 yıllarında ET_c ’de meydana gelen değişim

Araştırmada 2017 yetiştirme dönemi ve 2018 yetiştirme döneminde yapılan sulamalar Çizelge 4.7 ve Çizelge 4.8’de verilmiştir.

Çizelge 4.7 incelendiğinde 2017 yılında ilk sulamanın 24.5 mm ile 15 Mayıs günü çimlenme çıkış suyu olarak yapıldığı görülmektedir. 15 Haziran tarihinde 8 mm sulama suyuyla birlikte Amonyum sülfat gübresi bitki kök bölgesine uygulanmıştır. 23 Haziran’da konulu sulamalara geçilmiş, 11 Eylül tarihinde son sulama yapılmış olup 15 Eylül’de hasada geçilmiştir. 2017 sulama sezonunda S_2 konusuna en fazla 44.14 mm en az 5.20 mm sulama suyu uygulanmış, diğer konulara da S_2 konusunun %75’i, %50’si ve %125’i oranında sulama suyu uygulanmıştır. Sezon boyunca tam su konusuna (S_2) toplam 498.7 mm sulama suyu uygulanmıştır.

2018 sulama sezonunda sulama tarihleri ve yağışların yer aldığı Çizelge 4.8 incelendiğinde ekimden sonra uzun bir zamanın yağışlı geçtiği görülmektedir. İlk

sulama 11 Haziran'da Amonyum sülfat gübresi uygulamasında 11.52 mm olarak tüm konulara uygulanmıştır. İlk konulu sulamaya 28 Haziran tarihinde başlanmış olup 17 Eylül tarihinde son sulama uygulaması yapılmıştır. Bu sezonda S₂ konusuna verilen en yüksek su 44.19 mm en düşük su ise 16.16 mm olmuştur. Diğer konulara da S₂ konusunun %75'i, %50'si ve %125'i oranında sulama suyu uygulanmıştır. Sezon boyunca tam su konusuna (S₂) toplam 487.1 mm sulama suyu uygulanmıştır.

Çizelge 4.7 2017 yetiştirme dönemi süresince mısır (silaj) bitkisine uygulanan sulama suyu ve meydana gelen toplam yağış miktarları

Tarih	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)			
		%125	%100	%75	%50
15.May		24.50	24.50	24.50	24.50
15.Haz		8.00	8.00	8.00	8.00
23.Haz		6.51	5.20	3.90	2.60
28.Haz		39.01	31.21	23.41	15.60
3.Tem		46.68	37.35	28.01	18.67
7.Tem		37.82	30.26	22.69	15.13
11.Tem		34.26	27.40	20.55	13.70
17.Tem		55.18	44.14	33.11	22.07
22.Tem		40.58	32.46	24.35	16.23
27.Tem		43.25	34.60	25.95	17.30
1.Ağu		48.36	38.69	29.02	19.34
7.Ağu		10.85	8.68	6.51	4.34
11.Ağu		33.32	26.65	19.99	13.33
17.Ağu		44.78	35.82	26.87	17.91
21.Ağu		27.28	21.83	16.37	10.91
26.Ağu		31.86	25.49	19.12	12.74
29.Ağu		17.91	14.33	10.75	7.17
6.Eyl		41.69	33.36	25.02	16.68
11.Eyl		23.42	18.74	14.05	9.37
TOPLAM	87.2	654.4	498.7	382.2	265.5

Çizelge 4.8 2018 yetiştirme dönemi süresince mısır (silaj) bitkisine uygulanan sulama suyu ve meydana gelen toplam yağış miktarları

Tarih	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)			
		%125	%100	%75	%50
11.Haz		11.52	11.52	11.52	11.52
28.Haz		50.99	40.79	30.59	20.40
3.Tem		41.3	33.06	24.8	16.5
9.Tem		55.2	44.19	33.1	22.1
14.Tem		38.4	30.75	23.1	15.4
19.Tem		40.2	32.18	24.1	16.1
24.Tem		41.9	33.53	25.1	16.8
29.Tem		33.6	26.91	20.2	13.5
3.Ağu		20.2	16.16	12.1	8.1
8.Ağu		35.9	28.69	21.5	14.3
13.Ağu		36.3	29.02	21.8	14.5
18.Ağu		34.5	27.58	20.7	13.8
25.Ağu		48.2	38.59	28.9	19.3
30.Ağu		31.9	25.55	19.2	12.8
3.Eyl		23.3	18.65	14.0	9.3
11.Eyl		33.7	26.93	20.2	13.5
17.Eyl		23.3	18.66	14.0	9.3
TOPLAM	215.2	604.7	487.1	369.2	251.5

4.5 Gerçek Bitki Su Tüketiminin (ET_a) Hesaplanması

Her iki yılda da bitki yetiştirme sezonu süresince topraktaki nem değişimi sensörlerle izlenmiş ve her bir konu için gerçek bitki su tüketimi hesaplanmıştır (Çizelge 4.9 – 4.16)

2017 yılı aylık gerçek bitki su tüketimleri incelendiğinde (Şekil 4.7) su tüketiminin yüksek olduğu Temmuz ve Ağustos aylarında en çok su uygulanan S1 konusunun su tüketiminin en yüksek olduğu ve verilen su miktarı azaldıkça su tüketiminin de azaldığı görülmektedir.

Dönemlik olarak her konu için hesaplanan ET_a değerleri ile ET_c değerlerini karşılaştırdığımızda ilk dönem konulu sulamalara geçilmediği için tüm konularda

hesaplanan ET_a değerleri ile ET_c değerleri birbirine çok yakın değerlerde kalmıştır. İkinci dönemin sonlarına doğru konulu sulamalara başlandığından ET_c değeri ET_a değerlerinden oldukça yüksek olmuştur. Konulu sulamalar ikinci dönem sonlarında başlayıp hasada kadar devam ettiğinden üçüncü dönemden itibaren en çok su uygulanan S_1 (%125) konu ET_c değerinden fazla hesaplanmış, üçüncü dönemde 5 günlük birikimli ET_c miktarı kadar su uygulanan S_2 (%100) konusunun hesaplanan ET_a değeri ET_c değerine yakın bulunmuştur.

Çizelge 4.9 2017 yılı S_1 (%125) su konusu aylık ET_a hesabı

Sulama Tarihleri	Dönem	Sulama Suyu (I)	Etkili Yağış (P)	Derine Sızma	Nem Değişimi ΔS	Gerçek Bitki Su Tüketimi (ET_a)
24.04.2017	29.04-31.05	24.50	27.40	0	-15.13	67.03
1.06.2017	01.06-30.06	53.51	31.00	0	32.32	52.19
1.07.2017	01.07-31.07	257.76	0.40	0	-2.54	260.70
1.08.2017	01.08-31.08	214.36	28.80	0	-1.93	245.09
1.09.2017	01.09-12.09	65.12	0.00	0	-2.60	67.72
13.09.2017		0.00	0.00	0	0.00	0.00
TOPLAM		615.25	87.60	0	10.12	692.73

Çizelge 4.10 2017 yılı S_2 (%100) su konusu aylık ET_a hesabı

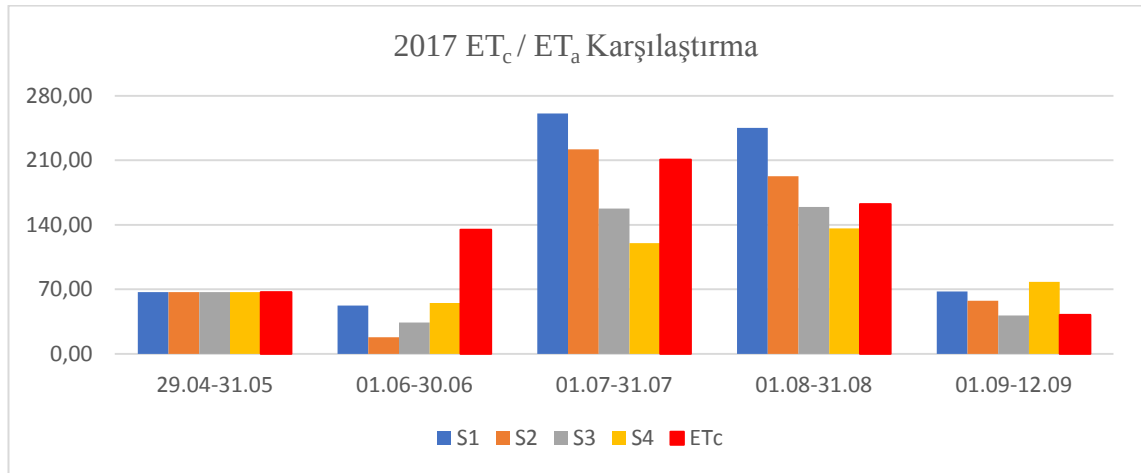
Sulama Tarihleri	Dönem	Sulama Suyu (I)	Etkili Yağış (P)	Derine Sızma	Nem Değişimi ΔS	Gerçek Bitki Su Tüketimi (ET_a)
24.04.2017	29.04-31.05	24.50	27.40	0	-15.13	67.03
1.06.2017	01.06-30.06	44.41	31.00	0	57.51	17.91
1.07.2017	01.07-31.07	206.21	0.40	0	-15.30	221.91
1.08.2017	01.08-31.08	171.49	28.80	0	7.72	192.56
1.09.2017	01.09-12.09	52.09	0.00	0	-5.47	57.56
13.09.2017		0.00	0.00	0	0.00	0.00
TOPLAM		498.70	87.60	0	29.32	556.98

Çizelge 4.11 2017 yılı S₃ (%75) su konusu aylık ET_a hesabı

Sulama Tarihleri	Dönem	Sulama Suyu (I)	Etkili Yağış (P)	Derine Sızma	Nem Değişimi ΔS	Gerçek Bitki Su Tüketimi (ET _a)
24.04.2017	29.04-31.05	24.50	27.40	0	-15.13	67.03
1.06.2017	01.06-30.06	35.31	31.00	0	32.32	33.99
1.07.2017	01.07-31.07	154.65	0.40	0	-2.54	157.60
1.08.2017	01.08-31.08	128.62	28.80	0	-1.93	159.34
1.09.2017	01.09-12.09	39.07	0.00	0	-2.60	41.67
13.09.2017		0.00	0.00	0	0.00	0.00
TOPLAM		382.15	87.60	0	10.12	459.63

Çizelge 4.12 2017 yılı S₄ (%50) su konusu aylık ET_a hesabı

Sulama Tarihleri	Dönem	Sulama Suyu (I)	Etkili Yağış (P)	Derine Sızma	Nem Değişimi ΔS	Gerçek Bitki Su Tüketimi (ET _a)
24.04.2017	29.04-31.05	24.50	27.40	0	-15.13	67.03
1.06.2017	01.06-30.06	26.21	31.00	0	2.09	55.12
1.07.2017	01.07-31.07	103.10	0.40	0	-16.65	120.15
1.08.2017	01.08-31.08	85.74	28.80	0	-21.58	136.12
1.09.2017	01.09-12.09	26.05	0.00	0	-52.03	78.08
13.09.2017		0.00	0.00	0	0.00	0.00
TOPLAM		265.60	87.60	0	-103.30	456.50



Şekil 4.7 2017 yılı bitki yetiştirme dönemi aylık gerçekleşen bitki su tüketimi (ET_a) ile tahmini bitki su tüketimi (ET_c) değerlerinin karşılaştırılması

Çizelge 4.13 2018 yılı S₁ (%125) su konusu aylık ETa hesabı

Sulama Tarihleri	Dönem	Sulama Suyu (I)	Etkili Yağış (P)	Derine Sızma	Nem Değişimi ΔS	Gerçek Bitki Su Tüketimi (ET _a)
2.05.2018	02.05-31.05	0.00	63.01	0	6.76	56.25
1.06.2018	01.06-30.06	62.51	38.00	0	16.39	84.12
1.07.2018	01.07-31.07	255.09	16.80	0	0.00	271.88
1.08.2018	01.08-31.08	206.98	1.60	0	-1.35	209.93
1.09.2018	01.09-18.09	80.30	6.20	0	-2.23	88.74
19.09.2018		0.00	0.00	0	0.00	0.00
TOPLAM		604.87	125.61	0	19.57	710.92

Çizelge 4.14 2018 yılı S₂ (%100) su konusu aylık ETa hesabı

Sulama Tarihleri	Dönem	Sulama Suyu (I)	Etkili Yağış (P)	Derine Sızma	Nem Değişimi ΔS	Gerçek Bitki Su Tüketimi (ET _a)
2.05.2018	02.05-31.05	0.00	63.01	0	6.76	56.25
1.06.2018	01.06-30.06	52.31	38.00	0	7.37	82.94
1.07.2018	01.07-31.07	204.93	16.80	0	-0.15	221.87
1.08.2018	01.08-31.08	165.58	1.60	0	-1.68	168.86
1.09.2018	01.09-18.09	64.24	6.20	0	-4.88	75.32
19.09.2018		0.00	0.00	0	0.00	0.00
TOPLAM		487.06	125.61	0	7.43	605.25

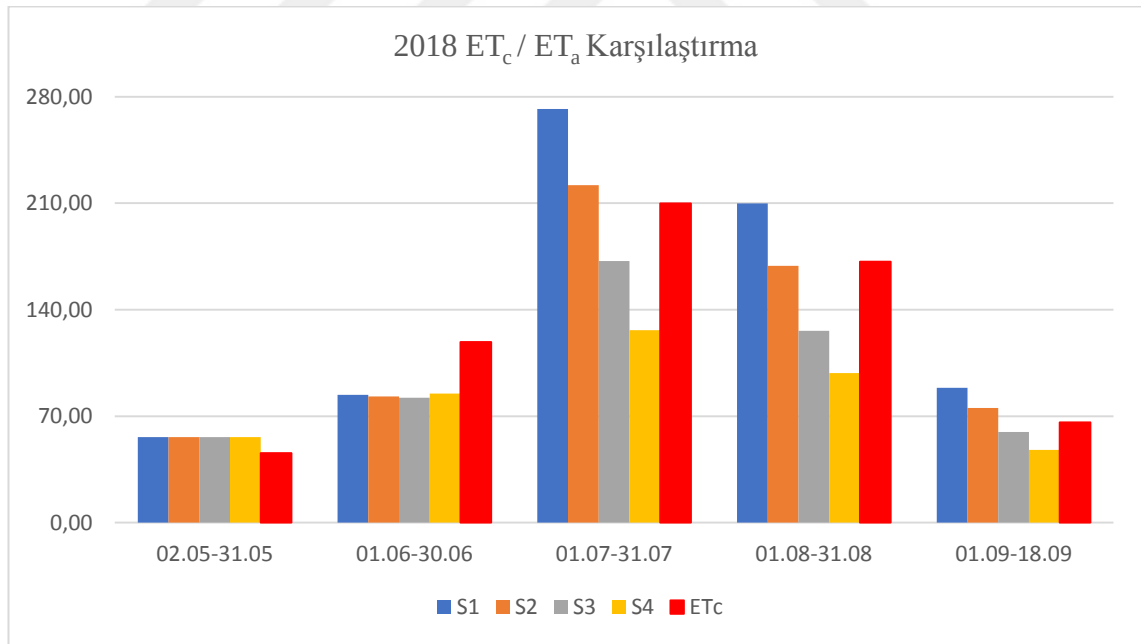
Çizelge 4.15 2018 yılı S₃ (%75) su konusu aylık ETa hesabı

Sulama Tarihleri	Dönem	Sulama Suyu (I)	Etkili Yağış (P)	Derine Sızma	Nem Değişimi ΔS	Gerçek Bitki Su Tüketimi (ET _a)
2.05.2018	02.05-31.05	0.00	63.01	0	6.76	56.25
1.06.2018	01.06-30.06	42.11	38.00	0	-2.10	82.22
1.07.2018	01.07-31.07	154.77	16.80	0	-0.31	171.88
1.08.2018	01.08-31.08	124.19	1.60	0	-0.27	126.05
1.09.2018	01.09-18.09	48.18	6.20	0	-5.14	59.53
19.09.2018		0.00	0.00	0	0.00	0.00
TOPLAM		369.25	125.61	0	-1.06	495.93

Çizelge 4.16 2018 yılı S₄ (%50) su konusu aylık ET_a hesabı

Sulama Tarihleri	Dönem	Sulama Suyu (I)	Etkili Yağış (P)	Derine Sızma	Nem Değişimi ΔS	Gerçek Bitki Su Tüketimi (ET _a)
2.05.2018	02.05-31.05	0.00	63.01	0	6.76	56.25
1.06.2018	01.06-30.06	31.92	38.00	0	-14.89	84.81
1.07.2018	01.07-31.07	104.61	16.80	0	-5.12	126.53
1.08.2018	01.08-31.08	82.79	1.60	0	-13.96	98.35
1.09.2018	01.09-18.09	32.12	6.20	0	-9.46	47.78
19.09.2018		0.00	0.00	0	0.00	0.00
TOPLAM		251.44	125.61	0	-36.67	413.73

2018 yılında yapılan sulamalara göre hesaplanan ET_a değerleri grafiği incelendiğinde (Şekil 4.8) ilk ay sonunda tüm sulama konularının birbirine çok yakın olduğu belirlenmiştir. Sezon ilerledikçe sulama oranlarına göre çoktan aza olacak şekilde aylık ET_a değerleri de sıralanmış ve sezon sonuna kadar bu sıralama devam etmiştir.



Şekil 4.8 2018 yılı bitki yetiştirme dönemi aylık gerçekleşen bitki su tüketimi (ET_a) ile tahmini bitki su tüketimi (ET_c) değerlerinin karşılaştırılması

4.6 Bitki Ölçüm ve Kalite Analizleri

4.6.1 Bitki Fenolojik Ölçümleri

4.6.1.1 Çimlenme çıkış süresi

Çalışmanın ilk yılında 15 Mayıs tarihinde çimlenme-çıkış başlayıp 18 Mayıs tarihinde tüm arazide üniform bir çıkış gözlenmiştir.

Çalışmanın ikinci yılında mısır ekimi 2 Mayıs tarihinde yapılmış ve ilk çıkış 15 Mayıs tarihinde gözlemlenmiştir. 18 Mayıs tarihinde arazide üniform bir çıkış gözlenmiştir.

4.6.1.2 Tepe ve koçan püskülü çıkarma süresi

İlk yıl denemede püskül oluşumu 27 Temmuz tarihinde başlamış ve 31 Temmuz tarihinde tamamlanmıştır. Püskül oluşumunun ardından 4 Ağustos tarihinde mısırlar koçan doldurmaya başlamıştır. 9 Ağustos tarihinde koçan oluşumu tamamlanmış ve bitki süt olum evresine girmiştir.

İkinci yıl ise püskül oluşumu 19 Temmuz'da başlayıp 24 Temmuz'da tamamlanmıştır. Ardından ilk koçan oluşumu 29 Temmuz'da görülmeye başlanıp 8 Ağustos tarihinde tamamlanmıştır.

4.6.1.3 Kuru madde verimi

Konulardan alınan bitki örnekleriyle belirlenen kuru madde verimleri Çizelge 4.17'de verilmiştir.

Çizelge 4.17 Araştırma yıllarında kuru madde verimi (kg/da)

	2017	218
S ₁ (%125)	1520.5	1100.6
S ₂ (%100)	1688.2	1087.9
S ₃ (%75)	1876.6	1211.6
S ₄ (%50)	610.0	375.9

2017 ve 2018 yıllarında en yüksek kuru madde verimi S₃ konusunda elde edilmiş olup en düşük kuru madde verimi en az su uygulanan S₄ konusunda elde edilmiştir.

Güney vd. (2018) en yüksek kuru madde verimini 3343 kg/da olarak ile tam sulama uygulamasından elde etmişler ve bunu %75 su uygulaması 3274 kg/da verim ile izlemiştir. En düşük kuru madde verimini ise 2587 kg/da verim ile %50 su uygulamasının yapıldığı parsellerden elde etmişlerdir.

4.6.1.4 Kuru madde oranı

Konulardan alınan bitki örnekleriyle belirlenen kuru madde oranları Çizelge 4.18’de verilmiştir. Kuru madde oranları incelendiğinde en yüksek kuru madde oranının her iki yılda da S₃ sulama konusunda tespit edilmiştir. S₃ sulama konusunu her iki yılda da sırasıyla S₂, S₁ ve S₄ konuları izlemiştir.

Çizelge 4.18 2017 ve 2018 yılı kuru madde oranı

	Kuru Madde Oranı (%)	
	2017	2018
S ₁ (%125)	18	17
S ₂ (%100)	23	18
S ₃ (%75)	27	24
S ₄ (%50)	12	10

Kodal vd. (2017) yaptıkları çalışmada ilk yıl en yüksek kuru madde oranını %29.75 ile %50 su konusunda, ikinci yıl ise %27.97 ile tam su konusunda belirlemişlerdir. İlk yıl sulama miktarının azalmasına bağlı olarak bitkilerin oluma daha önce ulaşarak, yüksek kuru madde oranı oluşturduğunu tespit etmişlerdir.

Güney vd. (2018) en yüksek kuru madde oranını %28.4 ile %75 su uygulamasından elde etmiş olup bunu %27.2 ile tam su konusu izlemiştir.

Çalışmada her iki yılda da belirlenen kuru madde oranları Güney vd. (2018)’in elde ettiği sonuçlarla benzerlik göstermiştir.

4.6.1.5 Sap kalınlığı

Hasatta alınan bitkilerin sap kalınlığına ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.19 – 4.23 te verilmiştir.

İki yılda ölçülen sap kalınlıklarının varyans analizleri ele alındığında yıllar ve sulama konusu arasındaki farklar istatistiksel olarak %1 önem derecesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.19). Bu nedenle sap kalınlıkları değerlendirilirken iki yıl ayrı ayrı ele alınmıştır (Çizelge 4.20 – 4.23).

Yapılan istatistik çalışmasında 2017 yılında bitki sapı kalınlığında tekerrürler ve sulamalar önemsiz bulunmuştur (Çizelge 4.21). 2018 yılında sulamalar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) olarak bulunmuş (Çizelge 4.23) ve LSD sınıflandırmasına göre S_1 ve S_2 aynı grupta (a) yer almış yani iki konu arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz tespit edilmiş olup, S_3 sulama konusu (b), S_4 sulama konusu ise (c) grubunda yer almış, buna göre bu konuların birbiri arasında ve diğer konularla aralarındaki fark istatistiksel olarak önemli tespit edilmiştir.

Çizelge 4.19 2017 – 2018 yılları hasatta toplanan bitkilerin sap kalınlıkları varyans analizi

Varyans Analiz					
Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	2	0.03	0.02	0.49	
Yıl	1	0.65	0.65	20.04	0.0005**
Sulama	3	1.40	0.47	14.36	0.0001**
Yıl*Sulama	3	1.45	0.49	14.94	0.0001**
Hata	14	0.45	0.03		
Varyasyon Katsayısı			%7.44		

* $p<0.05$ ** $p<0.01$

Güney vd. (2018) araştırmalarında uygulanan farklı su kısıtlarının sap kalınlığı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olmadığını tespit etmişlerdir. Uygulanan farklı su kısıtlarında en yüksek sap kalınlığını 3.24 cm ile tam konusunda, en düşük sap kalınlığını ise %50 su konusunda 3.03 cm olarak elde etmişlerdir.

Çizelge 4.20 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap kalınlıkları LSD testi

Sulama Konuları	Tekerrürlerin Sap Kalınlıkları (cm)	Ortalama Sap Kalınlığı (cm)
S ₁ (%125)	2.60	2.64
	2.68	
	2.63	
S ₂ (%100)	2.62	2.52
	2.31	
	2.61	
S ₃ (%75)	2.49	2.58
	2.50	
	2.75	
S ₄ (%50)	2.56	2.61
	2.92	
	2.36	

Çizelge 4.21 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap kalınlıkları varyans analizi

Varyans Analiz					
Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	2	0.003	0.001	0.0315	
Sulama	3	0.027	0.009	0.2011	
Hata	6	0.268	0.045		
Varyasyon Katsayısı			%8.17		

* p<0.05 **p<0.01

Çizelge 4.22 2018 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap kalınlıkları LSD testi

Sulama Konuları	Tekerrürlerin Sap Kalınlıkları (cm)	Ortalama Sap Kalınlığı (cm)
S ₁ (%125)	3.04	2.82 ^a
	2.68	
	2.75	
S ₂ (%100)	2.76	2.55 ^a
	2.53	
	2.35	

Çizelge 4.23 2018 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap kalınlıkları LSD testi (Devam)

Sulama Konuları	Tekerrürlerin Sap Kalınlıkları (cm)	Ortalama Sap Kalınlığı (cm)
S ₃ (%75)	2.19	2.12 ^b
	2.04	
	2.14	
S ₄ (%50)	1.47	1.56 ^c
	1.71	
	1.43	

LSD değeri: 0.303

Çizelge 4.23 2018 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap kalınlıkları varyans analizi

Varyans Analiz					
Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	2	0.080	0.040	1.7742	0.2481
Sulama	3	2.824	0.941	41.8342	0.0002**
Hata	6	0.135	0.023		
Varyasyon Katsayısı			%6.71		

* p<0.05 **p<0.01

4.6.1.6 Bitki boyu

Yapılan örnekleme çalışması sonucunda 2017 ve 2018 yıllarında ölçülen bitki boylarının analiz sonuçları Çizelge 4.24 – 4.28’de görülmektedir.

Çizelge 4.24 2017 – 2018 yılları hasatta toplanan bitkilerin bitki boyu varyans analizi

Varyans Analiz					
Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	2	0.00	0.00	0.045	
Yıl	1	0.40	0.40	100.92	0.0000**
Sulama	3	0.62	0.21	51.87	0.0000**
Yıl*Sulama	3	0.01	0.00	0.78	
Hata	14	0.06	0.00		
Varyasyon Katsayısı			%2.36		

* p<0.05 **p<0.01

İki yılda ölçülen bitki boylarının varyans analizleri ele alındığında yıllar ve sulama konusu arasındaki farklar istatistiksel olarak %1 önem derecesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.24). Bu nedenle bitki boyları değerlendirilirken iki yıl ayrı ayrı ele alınmıştır (Çizelge 4.25 – 4.28).

Yapılan varyans analizinde bitki boyları arasındaki farklar 2017 ve 2018 yıllarında tekerrürlerde önemsiz bulunurken sulamalarda önemli bulunmuştur. LSD sınıflandırmasına göre 2017 yılında (Çizelge 4.25) S₁, S₂ ve S₃ sulama konularından ölçülen bitki boyları arasındaki fark önemsiz bulunurken (a) grubunda sınıflandırılmış, S₄ sulama konusundan ölçülen boylar ile diğer konular arasındaki fark önemli bulunmuş ve (b) grubu olarak sınıflandırılmıştır. 2018 yılındaki sonuçlar (Çizelge 4.27) ise S₁ ve S₂ sulama konuları arasındaki fark önemsiz bulunurken (a) grubunda sınıflandırılmış, diğer gruplar arasındaki farklar ise önemli çıkmıştır. S₃ (b) grubu ve S₄ (c) grubu olarak sınıflandırılmıştır.

Kodal vd. (2017) çalışmalarında sulama konularına ait bitki boyu ortalamaları arası farklılıkları her iki yılda önemli bulmuşlardır. LSD testi sonuçlarına göre en yüksek bitki boyunun ölçüldüğü %125 sulama konusu ile onu izleyen tam su konusu arasında önemli bir fark bulunmamış, en düşük bitki boyunun alındığı %50 su konusu ile diğer sulama konuları arasındaki farkı önemli bulunmuşlardır. İkinci yılda da bitki boyu bakımında benzer sonuçlara ulaşmışlardır. LSD testi sonuçlarına göre en yüksek bitki boyunun ölçüldüğü %125 sulama konusu ile onu izleyen tam su konusu arasında önemli bir fark bulunmamış, Tam su konusu ve %125 su konusu aynı grupta yer alırken %75 ve %50 su konuları farklı gruplarda yer almıştır. İlk yılda olduğu gibi %50 su konusunda en düşük bitki boyu ölçülmüştür.

Güney vd. (2018) araştırmalarından elde ettikleri sonuçlarda, uygulanan farklı su kısıtlarının bitki boyu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olmadığını tespit etmişler, denemede uyguladıkları farklı su kısıtlarında en yüksek bitki boyu 288.4 cm olarak %75 su uygulamasından, en düşük bitki boyu ise 280.2 cm ile %50 su konusundan elde etmişlerdir.

Çizelge 4.25 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin boyları LSD testi

Sulama Konuları	Tekerrürlerin Bitki Boyu (m)	Ortalama Bitki Boyu (m)
S ₁ (%125)	2.96	2.97 ^a
	2.94	
	3.00	
S ₂ (%100)	2.96	2.88 ^a
	2.83	
	2.84	
S ₃ (%75)	2.79	2.84 ^a
	2.86	
	2.87	
S ₄ (%50)	2.53	2.53 ^b
	2.62	
	2.43	

LSD değeri: 0.1713

Çizelge 4.26 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin boyları varyans analizi

Varyans Analiz					
Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	2	0.002	0.001	0.1716	
Sulama	3	0.330	0.110	20.3911	0.0015**
Hata	6	0.032	0.005		
Varyasyon Katsayısı			%2.62		

* p<0.05 **p<0.01

Çizelge 4.27 2018 yılı hasatta toplanan bitki boylar LSD testi

Sulama Konuları	Tekerrürlerin Bitki Boyu (m)	Ortalama Bitki Boyu (m)
S ₁ (%125)	2.73	2.71 ^a
	2.65	
	2.74	

Çizelge 4.28 2018 yılı hasatta toplanan bitki boylar LSD testi (Devam)

Sulama Konuları	Tekerrürlerin Bitki Boyu (m)	Ortalama Bitki Boyu (m)
S ₂ (%100)	2.70	2.65 ^a
	2.62	
	2.64	
S ₃ (%75)	2.48	2.52 ^b
	2.51	
	2.56	
S ₄ (%50)	2.25	2.30 ^c
	2.38	
	2.26	

LSD değeri:0.1264

Çizelge 4.28 2018 yılı hasatta toplanan bitki boylar varyans analizi

Varyans Analiz					
Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	2	0.0	0.0	0.04	
Sulama	3	0.3	0.1	27.62	0.0007**
Hata	6	0.0	0.0		
Varyasyon Katsayısı			%2.37		

* p<0.05 **p<0.01

4.6.1.7 Bitki sap ağırlığı

Yapılan örnekleme çalışması sonucunda 2017 ve 2018 yıllarında ölçülen bitki sap ağırlık analiz sonuçları Çizelge 4.29 – 4.33’de görülmektedir.

İki yılda ölçülen bitki sap ağırlıklarının varyans analizleri ele alındığında yıllar ve sulama konusu arasındaki farklar istatistiksel olarak %1 önem derecesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.29). Bu nedenle bitki sap ağırlıkları değerlendirilirken iki yıl ayrı ayrı ele alınmıştır (Çizelge 4.30 – 4.33).

Çizelge 4.29 2017 – 2018 yılları hasatta toplanan bitkilerin bitki sap ağırlığı varyans analizi

Varyans Analiz					
Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	2	3431.18	1715.59	2.91	0.0877
Yıl	1	55733.67	55733.67	94.53	0.0000**
Sulama	3	137341.67	45780.56	77.65	0.0000**
Yıl*Sulama	3	10275.16	3425.05	5.81	0.0085**
Hata	14	8254.12	589.58		
Varyasyon Katsayısı			%6.28		

* p<0.05 **p<0.01

Çizelge 4.30 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap ağırlıkları LSD testi

Sulama Konuları	Tekerrürlerin Bitki Sap Ağırlığı (gr)	Ortalama Bitki Sap Ağırlığı (gr)
S ₁ (%125)	394.69	401.77 ^a
	419.74	
	390.88	
S ₂ (%100)	380.61	356.89 ^b
	327.56	
	362.49	
S ₃ (%75)	383.61	354.26 ^b
	325.27	
	353.89	
S ₄ (%50)	246.55	240.11 ^c
	234.68	
	239.11	

LSD değeri: 40.76

Yapılan varyans analizinde bitki boyları arasındaki farklar 2017 ve 2018 yıllarında tekerrürlerde önemsiz bulunurken sulamalarda önemli bulunmuştur. LSD sınıflandırmasına göre 2017 yılında (Çizelge 4.30) S₂, S₃ sulama konularında ölçülen bitki sap ağırlıkları arasındaki fark önemsiz bulunurken (b) grubunda sınıflandırılmış, S₁ ve S₄ sulama konusunda ölçülen ağırlıklar ile diğer konular arasındaki fark önemli bulunmuş ve sırasıyla (a) ve (c) grubu olarak sınıflandırılmıştır. 2018 yılındaki sonuçlar (Çizelge 4.32) ise S₁ ve S₂ sulama konuları arasındaki fark önemsiz bulunurken (a)

grubunda sınıflandırılmış, diğer gruplar arasındaki farklar ise önemli çıkmıştır. S₃ (b) grubu ve S₄ (c) grubu olarak sınıflandırılmıştır.

Kodal vd. (2017) sulama konularına ait bitkide gövde ağırlığı ortalamaları arası farklılıkları her iki yılda önemli bulmuşlardır. İlk yılda hesaplanan LSD testi sonuçlarına göre, en fazla gövde ağırlıklarının ölçüldüğü %125, %100 ve %75 sulama konuları arasında istatistiki farklılıkları önemsiz bulmuşlar ve aynı grupta yer aldıklarını belirtmişlerdir. %50 sulama konusu ise en düşük sap ağırlığını vermiş olup, farklı bir grupta yer almıştır ve diğer sulama konuları arasındaki farklar önemli bulunmuştur. Çalışmanın ikinci yılında ise bitkide sap ağırlığına ilişkin hesaplanan LSD sonuçlarına göre yine benzer şekilde 2 grup belirlemişler, S₁, S₄ ve S₂ aynı grupta yer almış, S₃ sulama konusu ise farklı bir grupta yer almış ve en düşük sap ağırlığını vermiştir.

Çizelge 4.31 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap ağırlıkları varyans analizi

Varyans Analiz					
Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	2	1222.267	611.134	1.4682	0.3027
Sulama	3	42807.402	14269.134	34.2794	0.0004**
Hata	6	2497.556	416.259		
Varyasyon Katsayısı			%6.03		

* p<0.05 **p<0.01

Çizelge 4.32 2018 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap ağırlıkları LSD testi

Sulama Konuları	Tekerrürlerin Bitki Sap Ağırlığı (gr)	Ortalama Bitki Sap Ağırlığı (gr)
S ₁ (%125)	583.82	543.41 ^a
	516.95	
	529.46	
S ₂ (%100)	532.42	490.58 ^a
	488.12	
	451.19	

Çizelge 4.33 2018 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap ağırlıkları LSD testi (Devam)

Sulama Konuları	Tekerrürlerin Bitki Sap Ağırlığı (gr)	Ortalama Bitki Sap Ağırlığı (gr)
S ₃ (%75)	422.49	408.89 ^b
	392.99	
	411.19	
S ₄ (%50)	282.15	295.67 ^c
	329.00	
	275.85	

LSD değeri: 57.57

Çizelge 4.33 2018 yılı hasatta toplanan bitkilerin sap ağırlıkları LSD testi

Varyans Analiz					
Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	2	2982.9	1491.4	1.7959	0.2448
Sulama	3	104809.4	34936.5	42.0699	0.0002**
Hata	6	4982.6	830.4		
Varyasyon Katsayısı			%6.63		

* p<0.05 **p<0.01

4.6.1.8 Koçan adedi

Yapılan örnekleme çalışması sonucunda 2017 ve 2018 yıllarında elde edilen bitki başına düşen koçan adetleri Çizelge 4.34 ve Çizelge 4.35’de görülmektedir.

Çalışmada her iki yılda bitki başına da koçan adedi 1 olarak belirlenmiş ve konular arasında istatistiki olarak bir fark bulunmamıştır.

Güney vd. (2018) çalışmalarında uygulanan farklı su kısıtlarının koçan sayısı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli olmadığını belirlemişlerdir. Su kısıtlarında en yüksek koçan sayısı 2. 00 adet ile tam sulama konusu ve %75 su konularında, en düşük koçan sayısı ise 1. 73 adet ile %50 su uygulamasından elde etmişlerdir.

Çizelge 4.34 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin bitki başına koçan adetleri

Sulama Konuları	Tekerrürlerin Koçan Adedi	Ortalama Koçan Adedi
S ₁ (%125)	0.97	0.99
	1.02	
	0.99	
S ₂ (%100)	1.00	0.99
	0.99	
	0.99	
S ₃ (%75)	0.98	0.98
	1.01	
	0.98	
S ₄ (%50)	0.96	0.95
	1.00	
	0.89	

Çizelge 4.35 2018 yılı hasatta toplanan bitkilerin bitki başına koçan adetleri

Sulama Konuları	Tekerrürlerin Koçan Adedi	Ortalama Koçan Adedi
S ₁ (%125)	1.01	1.00
	1.00	
	1.00	
S ₂ (%100)	1.00	1.00
	1.00	
	1.00	
Sulama Konuları	Tekerrürlerin Koçan Adedi	Ortalama Koçan Adedi
S ₃ (%75)	1.01	1.01
	1.00	
	1.01	
S ₄ (%50)	1.00	1.00
	1.00	
	1.00	

4.6.1.9 Yaprak ağırlığı

Yapılan örnekleme çalışması sonucunda 2017 ve 2018 yıllarında elde edilen bitkilerin yaprak ağırlıkları ölçülmüş ve analizler Çizelge 4.36 – 4.40’de verilmiştir.

İki yılda elde edilen yaprak ağırlıklarının varyans analizleri ele alındığında yıllar ve sulama konusu arasındaki farklar istatistiksel olarak %1 önem derecesinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.36). Bu nedenle yaprak ağırlıkları değerlendirilirken iki yıl ayrı ayrı ele alınmıştır (Çizelge 4.37 – 4.40).

Çizelge 4.36 2017 – 2018 yılları hasatta toplanan bitkilerin yaprak ağırlığı varyans analizi

Varyans Analiz					
Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	2	866.50	433.25	2.77	0.0968
Yıl	1	22599.50	22599.50	144.59	0.0000**
Sulama	3	11116.33	3705.44	23.71	0.0000**
Yıl*Sulama	3	581.28	193.76	1.24	0.3326
Hata	14	2188.24	156.30		
Varyasyon Katsayısı			%11.06		

* p<0.05 **p<0.01

Çizelge 4.36 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin bitki yaprak ağırlıkları LSD testi

Sulama Konuları	Tekerrürlerin Yaprak Ağırlığı (gr)	Ortalama Yaprak Ağırlığı (gr)
S ₁ (%125)	168.20	169.72 ^a
	177.75	
	163.19	
S ₂ (%100)	174.82	159.96 ^a
	147.84	
	157.22	
S ₃ (%75)	137.40	143.86 ^a
	134.97	
	159.21	
S ₄ (%50)	119.20	101.21 ^b
	78.55	
	105.88	

LSD değeri: 28.24

Yapılan varyans analizinde bitki yaprak ağırlıkları arasındaki farklar 2017 ve 2018 yıllarında tekerrürlerde önemsiz (p>0.01) bulunurken sulamalar arası farklar önemli

($p < 0.01$) bulunmuştur (Çizelge 4.38, Çizelge 4.40). LSD sınıflandırmasına göre 2017 yılında (Çizelge 4.37) S_1 , S_2 ve S_3 sulama konularından elde edilen bitki yaprak ağırlıkları arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz bulunmuş ve (a) grubunda sınıflandırılmış olup, S_4 sulama konusunun diğer sulama konularıyla arasındaki fark ise istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (b). 2018 yılındaki sonuçlar incelendiğinde (Çizelge 4.40) ise S_1 ve S_2 sulama konuları arasındaki fark önemsiz bulunmuş ve (a) grubunda sınıflandırılmış, diğer gruplar arasındaki farklar ise istatistiksel olarak önemli olarak hesaplanmış ve S_3 (b) grubu ve S_4 (c) grubu olarak sınıflandırılmıştır (Çizelge 4.39).

Çizelge 4.37 2017 yılı hasatta toplanan bitkilerin bitki yaprak ağırlıkları varyans analizi

Varyans Analiz					
Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	2	501.1	250.5	1.2538	0.3508
Sulama	3	8239.5	2746.5	13.7452	0.0043**
Hata	6	1198.9	199.8		
Varyasyon Katsayısı			%9.84		

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

Çizelge 4.38 2018 yılı hasatta toplanan bitkilerin bitki yaprak ağırlıkları LSD testi

Sulama Konuları	Tekerrürlerin Yaprak Ağırlığı (gr)	Ortalama Yaprak Ağırlığı (gr)
S_1 (%125)	116.42	97.06 ^a
	93.40	
	81.35	
S_2 (%100)	112.49	96.99 ^a
	100.00	
	78.49	
S_3 (%75)	85.87	79.58 ^b
	76.38	
	76.49	
S_4 (%50)	57.57	55.62 ^c
	60.27	
	49.03	

LSD değeri: 16.49

Çizelge 4.39 2018 yılı hasatta toplanan bitkilerin bitki yaprak ağırlıkları varyans analizi

Varyans Analiz					
Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	2	946.1	473.1	6.9462	0.0274
Sulama	3	3458.1	1152.7	16.9253	0.0025**
Hata	6	408.6	68.1		
Varyasyon Katsayısı			%2.37		

* $p < 0.05$ ** $p < 0.01$

Kodal vd. (2017) çalışmalarında sulama uygulama ortalamaları arasındaki farkları ilk yıl önemsiz, ikinci yıl ise önemli bulmuşlardır. Yaprak ağırlığı ikinci yıl ortalama değerleri incelendiğinde tam su konusu en yüksek değerle ilk sırada yer almış ve tam su konusuna ait ortalama diğer konu ortalamalarından farklı bulunmuştur. Diğer konu ortalamaları aralarındaki farklılıklar önemsiz olup, aynı grupta yer aldıklarını belirtmişlerdir.

4.6.1.10 Silaj verimi

Blokların ve tekerrürlerinin iki yıllık ortalama silaj verimleri ve analiz sonuçları Çizelge 4.41 ve Çizelge 4.42’de verilmiştir.

Varyans analiz tablosu incelendiğinde sulama konuları ve yıllar arasındaki farkın istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0,01$). Bu durumda yıllar ayrı ayrı değerlendirilmiştir. Sulama * Yıl interaksiyonu önemsiz bulunmuştur. Yıllar ayrı ayrı ele alındığında istatistiksel dağılımlar Çizelge 4.43 – 4.46’da, silaj verimi değerleri grafikleri ise Şekil 4.9 – 4.10 da verilmiştir.

İlk yıl elde edilen sonuçlar arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur ($p < 0.01$). Konular arasındaki farkların önem durumu LSD testi ile incelendiğinde (Çizelge 4.43) 2017 yılında S_1 konusunun diğer konularla arasındaki fark istatistiksel olarak önemli olarak belirlenirken (a), S_2 ve S_3 su konularının arasındaki fark istatistiksel olarak önemsiz hesaplanmış ve aynı grupta (b) yer almıştır. S_4 su

konusunun ise diğer konularla arasındaki fark istatistiksel olarak önemli tespit edilmiş ve (c) grubunda yer almıştır.

Çizelge 4.40 2017 ve 2018 yılı ortalama silaj verimleri LSD testi

Sulama Konuları	Tekerrürler (kg/da)	Ortalama Silaj Verimi (kg/da)
S ₁ (%125)	7887.5	7464.8 ^a
	9181.7	
	8272.0	
	7321.4	
	6471.8	
	5657.9	
S ₂ (%100)	7619.6	6679.2 ^b
	7232.4	
	7167.4	
	6984.1	
	5071.8	
	6002.1	
S ₃ (%75)	7010.0	6047.3 ^b
	6973.6	
	6867.1	
	5867.5	
	4591.6	
	4976.4	
S ₄ (%50)	5326.9	4333.3 ^c
	4473.6	
	5450.4	
	3599.3	
	3680.9	
	3472.9	

Çizelge 4.41 2017 ve 2018 yılı silaj verimleri varyans analizi

Varyans Analiz					
Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	2	1234602.5	617301.3	1.95	0.1794
Sulama	1	16278948.2	16278948.2	51.35	0.0000**
Yıl	3	31909221.0	10636407.0	33.55	0.0000**
Sulama*Yıl	3	380795.5	126931.8	0.40	
Hata	14	4438294.1	317021.0		
Varyasyon Katsayısı			%9.18		

* p<0.05 **p<0.01

Çizelge 4.42 2017 yılı silajlık mısır verimi LSD testi

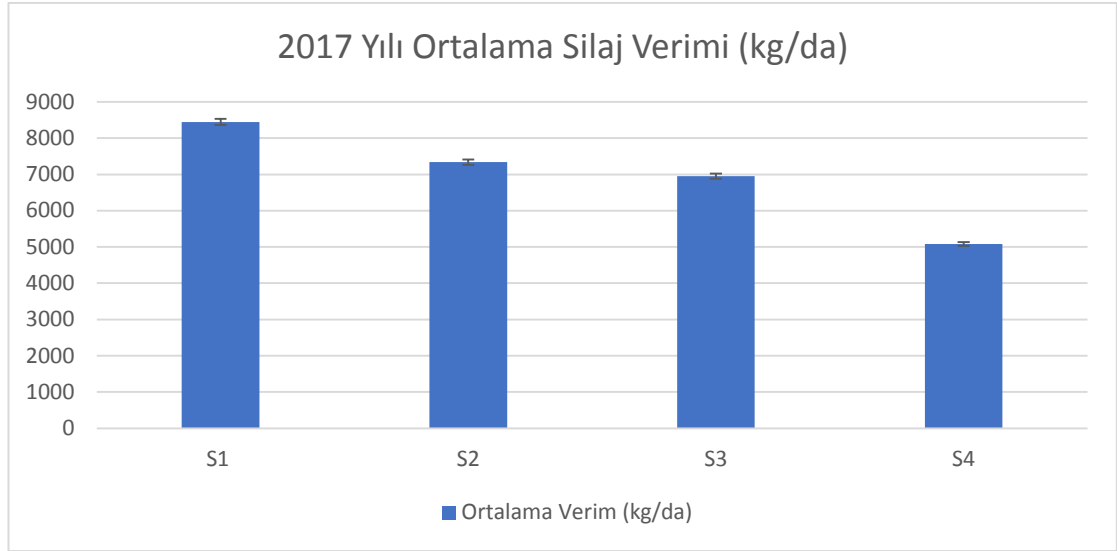
Sulama Konuları	Tekerrürler (kg/da)	Ortalama Verim (kg/da)
S ₁ (%125)	7887.5	8446.7 ^a
	9181.7	
	8272.0	
S ₂ (%100)	7619.6	7339.3 ^b
	7232.4	
	7167.4	
S ₃ (%75)	7010.0	6950.0 ^b
	6973.6	
	6867.1	
S ₄ (%50)	5326.9	5083.0 ^c
	4473.6	
	5450.4	

Çizelge 4.43 2017 yılı silajlık mısır verimi varyans analizi

Varyans Analiz					
Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	2	1524.5	762.3	0.0029	
Sulama	3	17631570.9	5877190.3	22.35	0.0012**
Hata	6	1577744.8	262957.5		
Varyasyon Katsayısı			%7.37		

* p<0.05 **p<0.01

Denemenin ikinci yılında istatistiksel olarak sulamalar arasındaki fark (Çizelge 4.46) önemli olarak belirlenmiştir ($p<0,01$). Konular arasındaki farklar incelendiğinde ise S₁ (a) su konusu ile S₂ (ab) su konusu arasındaki fark ilk yıl deneme sonuçlarında olduğu gibi istatistiksel olarak önemsiz belirlenmiş, S₂ su konusu (ab) ile S₃ su konusu (b) arasındaki farkta istatistiksel olarak önemsiz tespit edilmiş olup S₄ (c) su konusunun diğer konularla arasındaki fark istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Çizelge 4.45). Ayrıca S₃ su konusu (b) ile S₁ su konusu (a) arasındaki fark da istatistiksel olarak önemli hesaplanmıştır.



Şekil 4.9 2017 yılı ortalama silaj verimleri

Dağdelen vd. (2010) yaptıkları çalışma sonunda tam sulama koşulları için Pioneer 31Y43 ilk yıl 586.8 mm, ikinci yıl 683.0 mm su tüketimi ve ilk yıl 7.0 t/da, ikinci yıl 6.98 t/da verim almıştır. Güney vd. (2018) Erzurum bölgesinde yaptıkları çalışmada iki sezonda ortalama olarak sırasıyla 370.28, 292.71 ve 215.05 mm su uygulaması yapmışlar ve en yüksek silaj verimini tam sulama konusunda 10.65 t/da olarak elde etmişlerdir. Kodal vd. (2017) Ankara’da yaptıkları çalışmada merkezi hareketli yağmurlama sulama sistemi ile sulama yaptıkları silajlık mısır bitkisinde ilk yıl 8.5 t/da – 11.1 t/da, ikinci yıl ise 6.7 t/da – 8.6 t/da arasında değişen verimler elde etmişlerdir. Çalışmada tam su konusuna ilk yıl 806 mm ikinci yıl ise 638 mm sulama suyu uygulanmıştır.

Çizelge 4.44 2018 yılı silajlık mısır verimi LSD testi

Sulama Konuları		Tekerrürler (kg/da)	Ortalama Verim (kg/da)
S ₁ (%125)	7321.4	6483.7 ^a	
	6471.8		
	5657.9		
S ₂ (%100)		6984.1	6019.3 ^{ab}
		5071.8	
		6002.1	

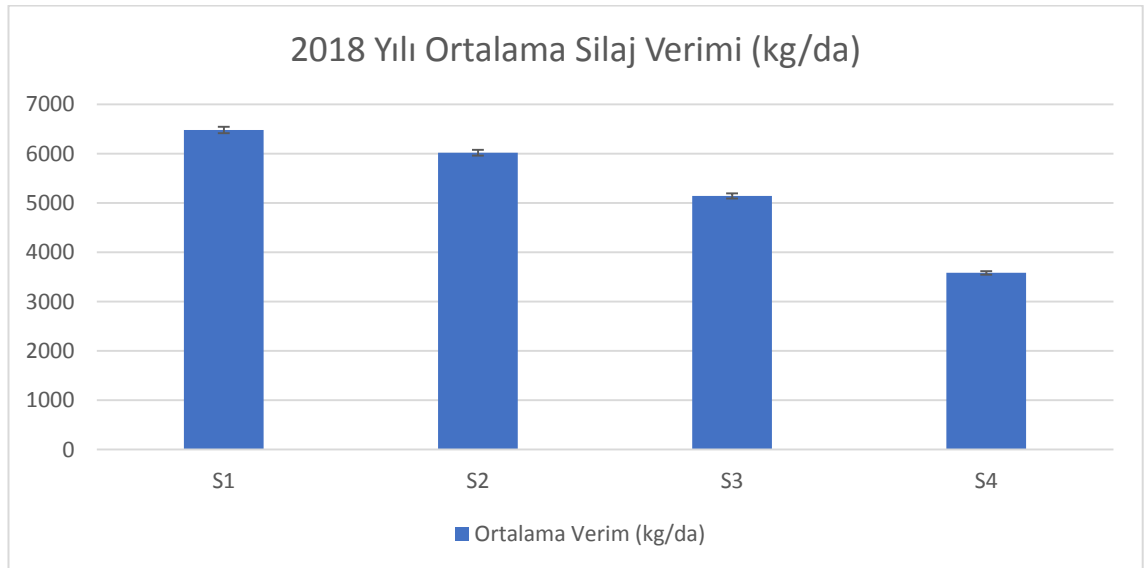
Çizelge 4.45 2018 yılı silajlık mısır verimi LSD testi (Devam)

Sulama Konuları	Tekerrürler (kg/da)	Ortalama Verim (kg/da)
S ₃ (%75)	5867.5	5145.2 ^b
	4591.6	
	4976.4	
S ₄ (%50)	3599.3	3584.3 ^c
	3680.9	
	3472.9	

Çizelge 4.46 2018 yılı silajlık mısır verimi varyans analizi

Varyans Analiz					
Varyans Kaynakları	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	Kareler Ortalaması	F	P
Tekerrür	2	2431424.7	1215712.3	4.3883	0.0669
Sulama	3	14658445.6	4886148.5	17.6374	0.0022**
Hata	6	1662202.7	277033.8		
Varyasyon Katsayısı			%9.92		

* p<0.05 **p<0.01



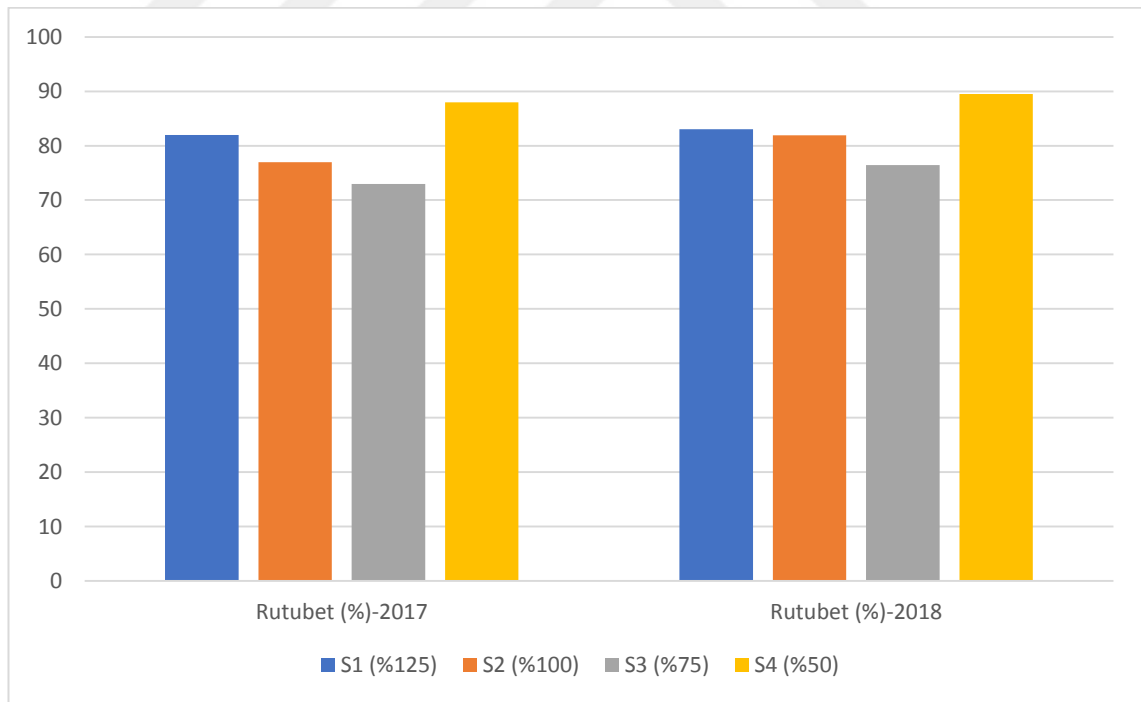
Şekil 4.10 2018 yılı ortalama silaj verimleri

4.6.2 Bitki Kalite Analizleri

Hasat edilen her sulama konusuna ait 3 blok karıştırılmış ve her konudan 500'er gram örnek alınmıştır. Bu örnekler Ofis Yem Fabrikaları analiz laboratuvarına gönderilmiş ve rutubet, ham yağ, ham protein, ham selüloz, ham kül, nişasta, NDF ve ADF değerleri analiz edilmiştir. Yapılan analiz sonucunda 2017 ve 2018 yıllarında elde edilen kalite parametreleri Şekil 4.11 – 4.18'deki gibi gerçekleşmiştir.

4.6.2.1 Rutubet (%)

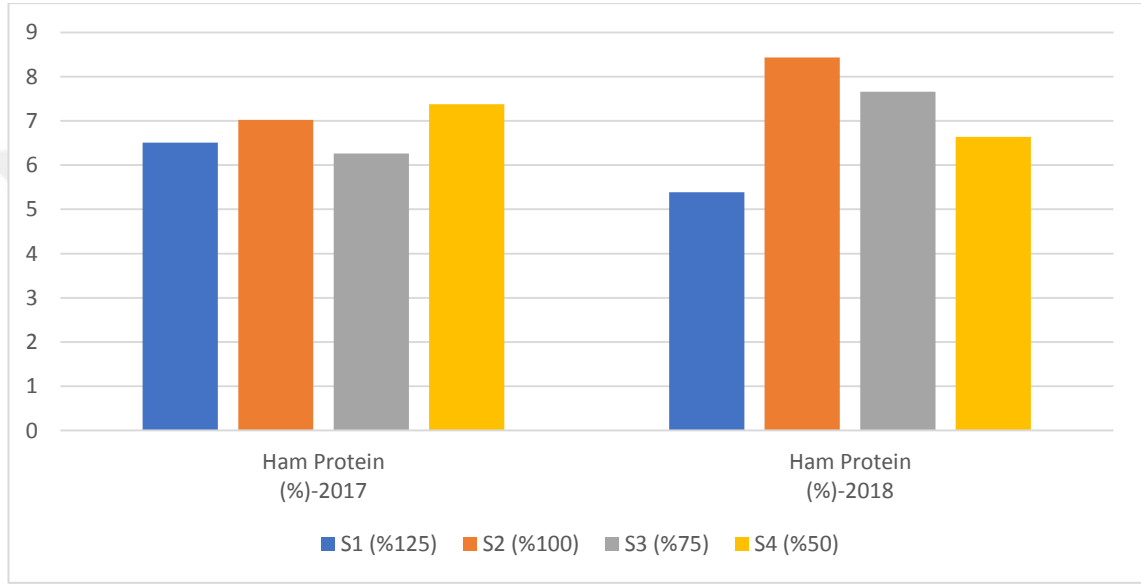
Alınan örneklerden elde edilen rutubet oranları her iki yılda da birbirine benzerlik göstermiştir. Her iki yılda da S₄ (%50) su konusunda en yüksek rutubet oranı elde edilirken S₃ (%75) su konusunda en düşük oranı belirlenmiştir. Her iki yılda da rutubet oranları en düşükten en yükseğe sırasıyla S₃ – S₂ – S₁ – S₄ olarak tespit edilmiştir (Şekil 4.11).



Şekil 4.11 2017 – 2018 yılı hasadı rutubet oranları

4.6.2.2 Ham Protein

Ham protein oranı sonuçları Şekil 4.12’de verilmiştir. 2017 yılında en yüksek ham protein en az su verilen konu olan S₄ (%50) su konusunda %7.38 olurken en düşük ham protein %6.26 ile S₃ (%75) su konusunda olmuştur. 2018 yılı verileri incelendiğinde en yüksek ham protein oranı S₂ (%100) su konusunda tespit edilirken en düşük ham protein oranı ise S₁ su konusunda meydana gelmiştir.



Şekil 4.12 2017 – 2018 yılı hasadı ham protein oranı

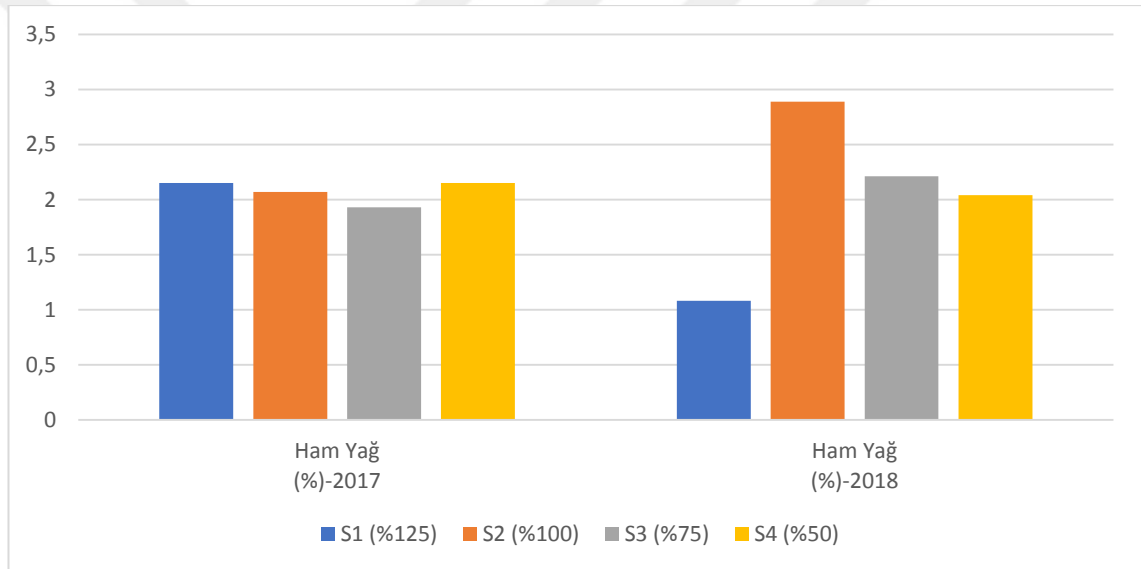
Kodal vd. (2017) yaptıkları çalışmada iki yılda da %75 su uyguladıkları konuda ham protein oranını sırasıyla %8.37 ve %7.69 olarak elde etmişlerdir. Ayrıca çalışmada az su uygulanan %75 ve %50 su konularında ham protein oranlarının yüksek olduğu belirlenmiştir.

Çalışmada elde edilen ham protein oranları ilk yıl %7.38 ile %6.26 arasında, ikinci yıl ise %8.43 ile %5.39 arasında değişmiştir. Kodal vd. (2017)’nin çalışmalarında ham protein oranları ilk yıl %8.37 ile %7.32 arasında, ikinci yıl ise %7.69 ile %6.09 arasında tespit edilmiş, Güney vd. (2018)’nin çalışmalarında ise en yüksek ham protein oranı %100 su konusunda %8.69 ile en düşük ham protein oranı ise %75 su konusunda %7.75

ile belirlemiştir. Her üç çalışmada da ham protein oranları birbirine yakın tespit edilmiş olsa da konular arası ham protein oranlarındaki dağılım farklılık göstermektedir.

4.6.2.3 Ham Yağ (%)

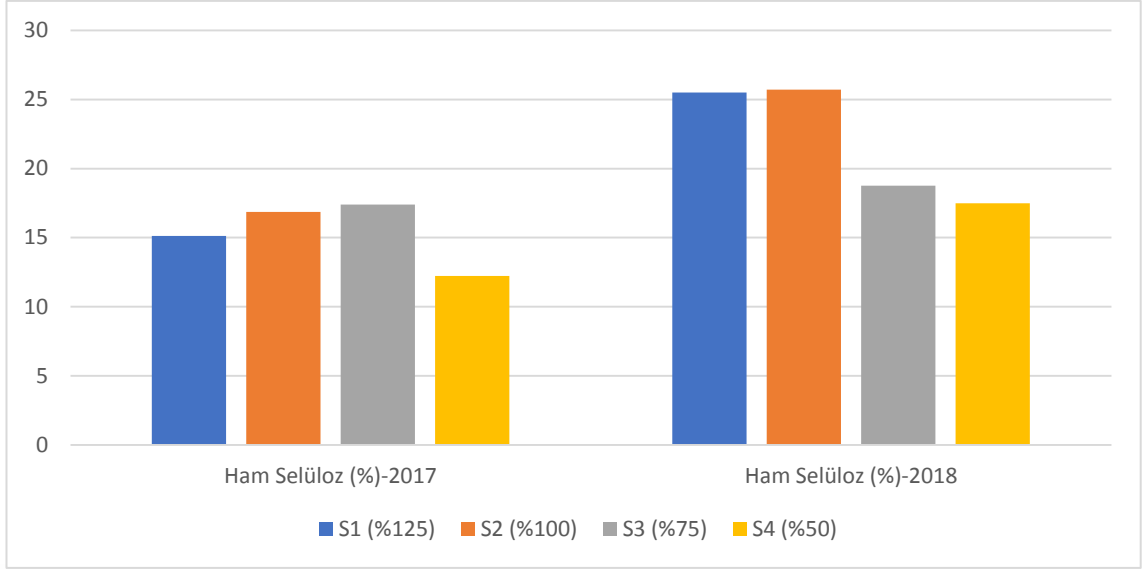
Ham yağ oranları Şekil 4.13’de verilmiştir. 2017 yılında en yüksek ham yağ en az su verilen konu olan S₄ (%50) su konusundan %2.15 ile elde edilirken en düşük ham yağ oranı %1.93 ile S₃ (%75) su konusunda belirlenmiş, 2018 yılı verileri incelendiğinde en yüksek ham yağ oranı S₂ sulama konusunda belirlenirken en düşük ham yağ oranı ise S₁ (%125) su konusunda belirlenmiştir.



Şekil 4.13 2017 – 2018 yılı hasadı ham yağ oranı

4.6.2.4 Ham Selüloz (%)

Ham selüloz oranının iki yılda da en düşük sulama konusunda düşük kaldığı (S₄) belirlenmiştir (Şekil 4.14).



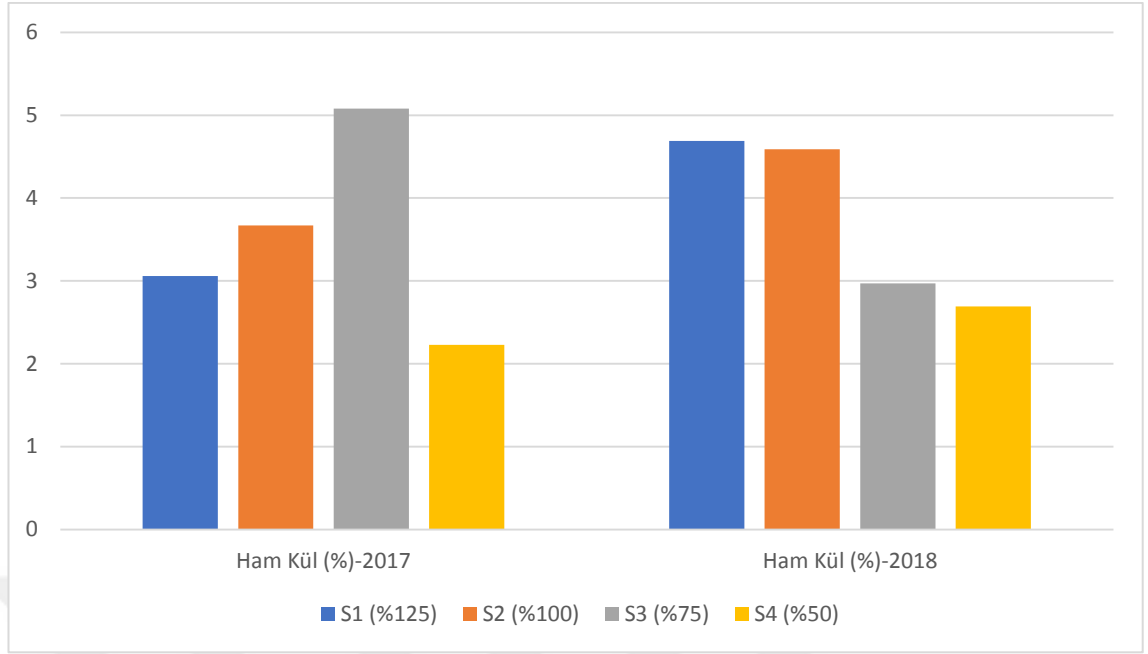
Şekil 4.14 2017 – 2018 yılı hasadı ham selüloz oranı

Kodal vd. (2017) çalışmalarının ilk yılında en düşük selüloz oranını %17.94 %125 su konusunda elde ederken bu konuyu takiben %18.43 olarak %75 su konusunda; ikinci yılında ise en düşük selüloz oranı %14.91’le %125 su konusunda ve %15.21’le %100 su konusunda belirlemişlerdir. Çalışmalarında kısıtlı sulama konularında genel olarak ham selüloz oranının çok az artış gösterdiğini tespit etmişlerdir.

Çalışmada tespit edilen ham selüloz ilk yıl oranları Kodal vd. (2017)’nin elde ettiği değerlere benzerlik göstermiştir. Her iki çalışmada da her iki yılda en düşük ham selüloz oranı %125 sulama konusunda tespit edilmiştir. Ancak diğer sulama konularında elde edilen oranlar birbiri ile benzerlik göstermemiştir.

4.6.2.5 Ham Kül (%)

2017 yılında en yüksek ham kül oranı S₃ konusunda belirlenirken 2018 yılında S₁ konusunda ham kül oranı en yüksek tespit edilmiştir. En düşük ham kül oranı her iki yılda da en az su uygulanan konu olan S₄ konusunda tespit edilmiştir (Şekil 4.15).



Şekil 4.15 2017 – 2018 yılı hasadı ham kül oranı

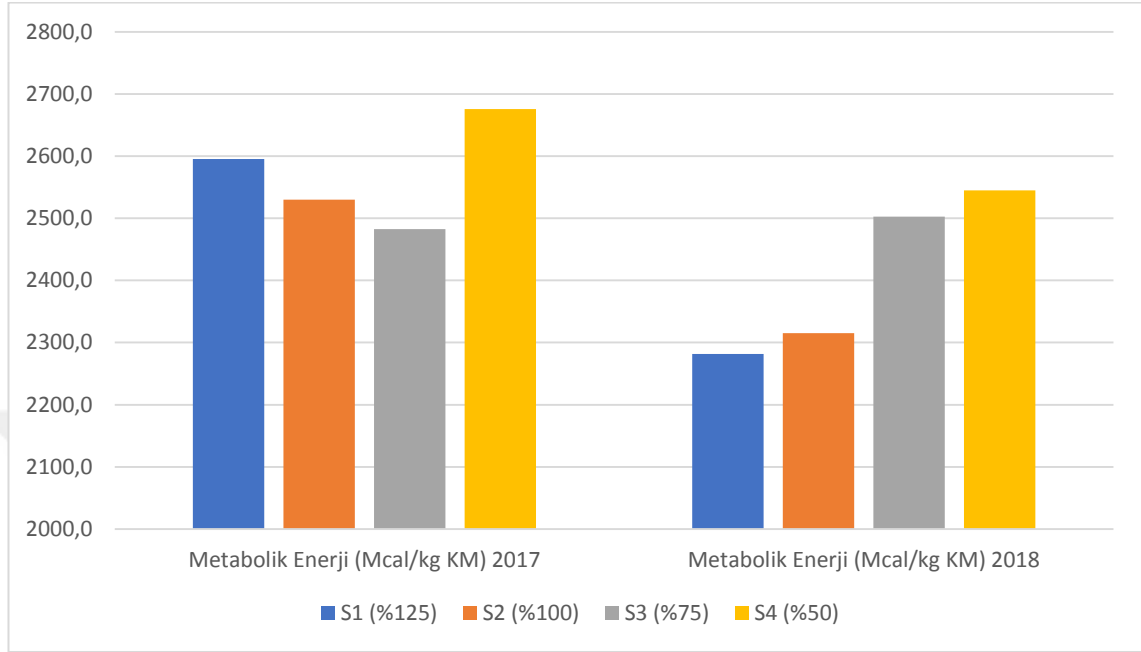
Kodal vd. (2017) yaptıkları çalışmada ilk yıl en yüksek ham kül oranını %4.85 ile tam su konusunda, en düşük ham kül oranını %3.85 ile %50 su konusunda tespit etmişlerdir. Çalışmanın ikinci yılında ise en yüksek ham kül oranı %6.11 ile %50 su konusunda, en düşük ham kül oranı %5.57 ile %125 sulama konusunda belirlenmiştir. Kısıtlı sulamanın yapıldığı konularında çalışmanın ilk yılında ortalamaya yakın ham kül oranları, ikinci yılında ise ortalamadan daha yüksek oranlar saptanmıştır.

Çalışmada elde edilen ilk yıl ham kül oranları ile Kodal vd. (2017)'nin çalışmasında elde ettiği ikinci yıl değerlerinin uyumlu olduğu belirlenmiştir. Ancak çalışmada elde edilen ikinci yıl değerleri ile Kodal vd. (2017) çalışmasında elde ettiği ilk yıl değerleri arasında farklılıklar bulunmuştur.

4.6.2.6 Metabolik Enerji (Mcal/kg)

Yapılan örneklemelerden elde edilen metabolik enerji miktarları Şekil 4.16'de verilmiştir. Çalışmada her iki yılda da en yüksek metabolik enerji (S_4) %50 su konusunda hesaplanmıştır. Ancak diğer konularda her iki yılda da farklı sonuçlar bulunmuştur. Çalışmanın ilk yılında en düşük metabolik enerji 2482.7 Mcal/kg ile S_3

(%75) su konusunda hesaplanırken, ikinci yıldaki en düşük metabolik enerji 2281.8 Mcal/kg ile S₁ (%125) su konusunda hesaplanmıştır.



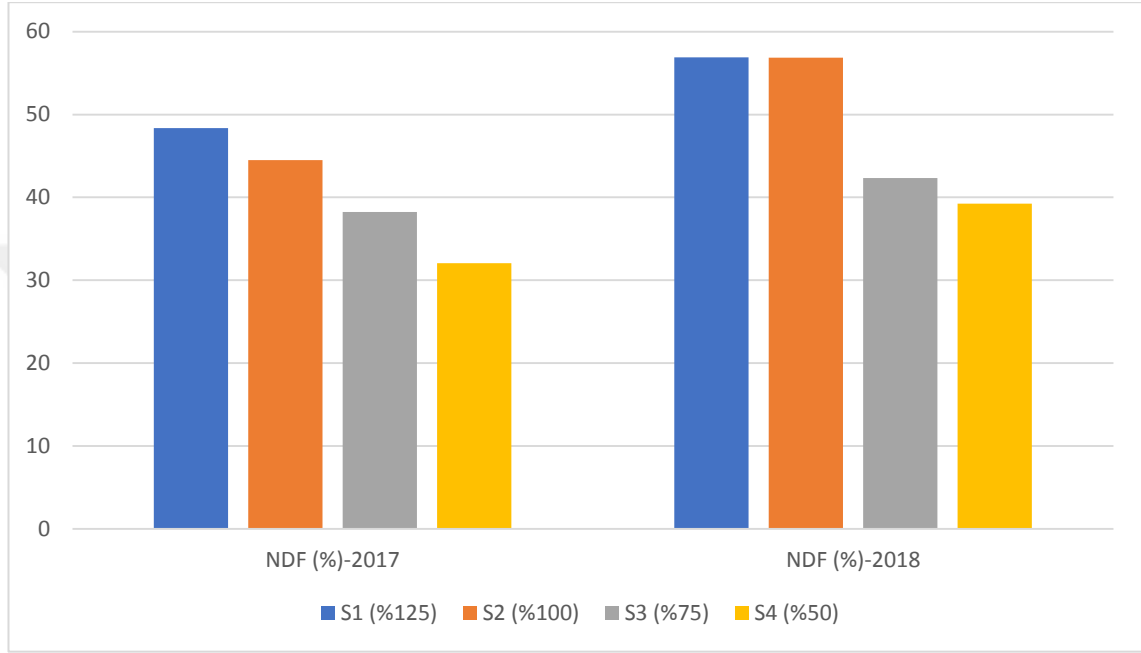
Şekil 4.16 2017 – 2018 yılı hasadı metabolik enerji

4.6.2.7 NDF (%)

NDF oranları her iki yılda da birbiriyle benzer sonuçta tespit edilmiş olup en yüksek NDF en çok su uygulanan S₁ konusunda belirlenmiştir. Her iki yılda da sulama oranı azaldıkça NDF oranı da azalma göstermiştir (Şekil 4.17).

Kodal vd. (2017) çalışmalarının ilk yılında en düşük NDF oranını (%45.47) %125 sulama konusunda ve bunu takiben %46.0 ile %50 su konusunda tespit etmişler. İkinci yılında ise en düşük NDF %44.41’le yine %125 su konusunda ve %48.03’le %50 su uygulamasında belirlemişlerdir. Çalışmanın ilk yılında tam sulama konusunda, kısıntılı sulama konularına göre %53.79 ile en yüksek NDF oranı bulunmalarına rağmen yemin sindirilebilirliği bakımından ya da yem kalitesi açısından uygun olmadığı sonucuna ulaşmışlardır.

Çalışmada her iki yılda da NDF oranları en yüksekten en düşüğe sırasıyla $S_4 - S_1 - S_2 - S_3$ konularında elde edilirken Kodal vd. (2017) çalışmalarında ilk yıl tam su konusunda en yüksek değeri elde etmiş ve bu konuyu sırasıyla %75, %50 ve %125 konuları izlemiştir. Çalışmalarının ikinci yılında ise en yüksek NDF oranını %75 su konusunda elde ederlerken, bu konuyu sırasıyla %50, %100 ve %125 su konuları takip etmiştir.



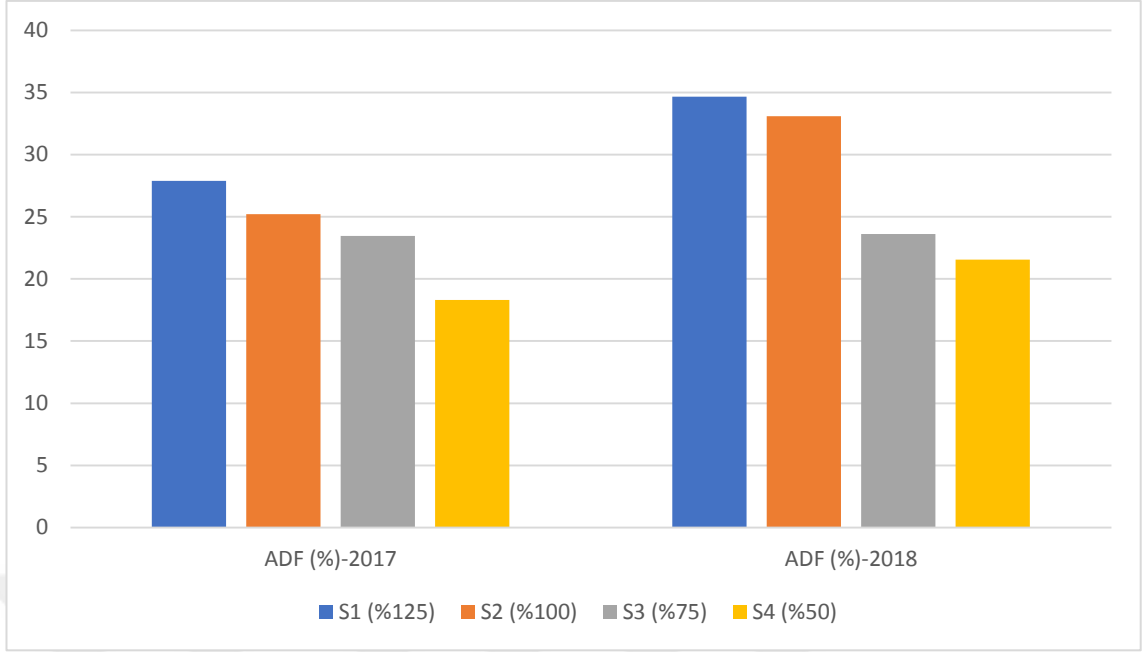
Şekil 4.17 2017 – 2018 yılı hasadı NDF oranı

Güney vd. (2018) yaptıkları çalışmada uyguladıkları farklı su düzeylerine göre su oranı azaldıkça NDF oranında azalma tespit etmiş olup, en yüksek ve en düşük NDF oranlarını sırasıyla %100 tam sulama ve %50 su kısıtı konularından elde etmişlerdir.

Güney vd. (2018)'nin çalışmalarında tespit ettikleri NDF oranları ile çalışmada elde edilen oranlar uyum göstermektedir.

4.6.2.8 ADF (%)

ADF oranları her iki yılda da birbiriyle benzer eğilime sahip olup en yüksek ADF en çok su uygulanan S_1 konusunda belirlenmiştir. Her iki yılda da sulama oranı azaldıkça ADF oranı da azalma göstermiştir (Şekil 4.18).



Şekil 4.18 2017 – 2018 yılı hasadı ADF oranı

Kodal vd. (2017) yaptıkları çalışmada ilk yıl en düşük ADF oranı %22.07 ile %125 sulama konusu, en yüksek ADF oranı %28.18 ile tam su konusunda saptamış, ikinci yılda ise en düşük %17.46 ile %125 sulama konusunda, en yüksek ADF oranı %18.79 ile %75 sulama konusunda belirlemişlerdir. %50 sulama konusunda iki yılda da ADF oranı bakımından daha düşük değerler saptamışlardır.

Kodal vd. (2017) çalışmalarında en düşük ADF oranını %125 su konusunda tespit ederken, bu çalışmada en yüksek ADF oranı her iki yılda da %125 su konusunda tespit edilmiştir. Diğer sulama konularında elde edilen ADF oranlarının da birbirleri ile uyumlu olmadığı belirlenmiştir.

Güney vd. (2018) farklı su uygulamalarında su oranları azaldıkça ADF oranlarında artış gözlemiş, en yüksek ve en düşük ADF oranlarını sırasıyla %50 su kısıtı ve %100 tam sulama konularından elde etmişlerdir.

Çalışmada su oranı azaldıkça ADF oranının her iki yılda da azaldığı tespit edilirken Güney vd. (2018) su oranı arttıkça ADF oranlarında artış gözlemlemiştir.

4.7 Su Kullanım Etkinliği (WUE) ve Sulama Suyu Kullanım Etkinliği

Çalışmada her yıl elde edilen verimler, uygulanan sulama suyu miktarları ve hesaplanan ET_a değerlerinden yararlanarak 2017 yılı için hesaplanan WUE ve IWUE değerleri Çizelge 4.47’de 2018 yılı için hesaplanan WUE ve IWUE değerleri ise Çizelge 4.48’de verilmiştir.

Çizelge 4.46 2017 yılı WUE ve IWUE değerleri

Sulama Konuları	Verim Y (kg/da)	Su tüketimi ET_a (mm)	Sulama suyu I (mm)	WUE (kg/m ³)	IWUE (kg/m ³)
S1	8447.0	713	615.3	11.8	13.7
S2	7339.8	557	498.7	13.2	14.7
S3	6950.2	460	382.2	15.1	18.2
S4	5083.6	457	265.5	11.1	19.1

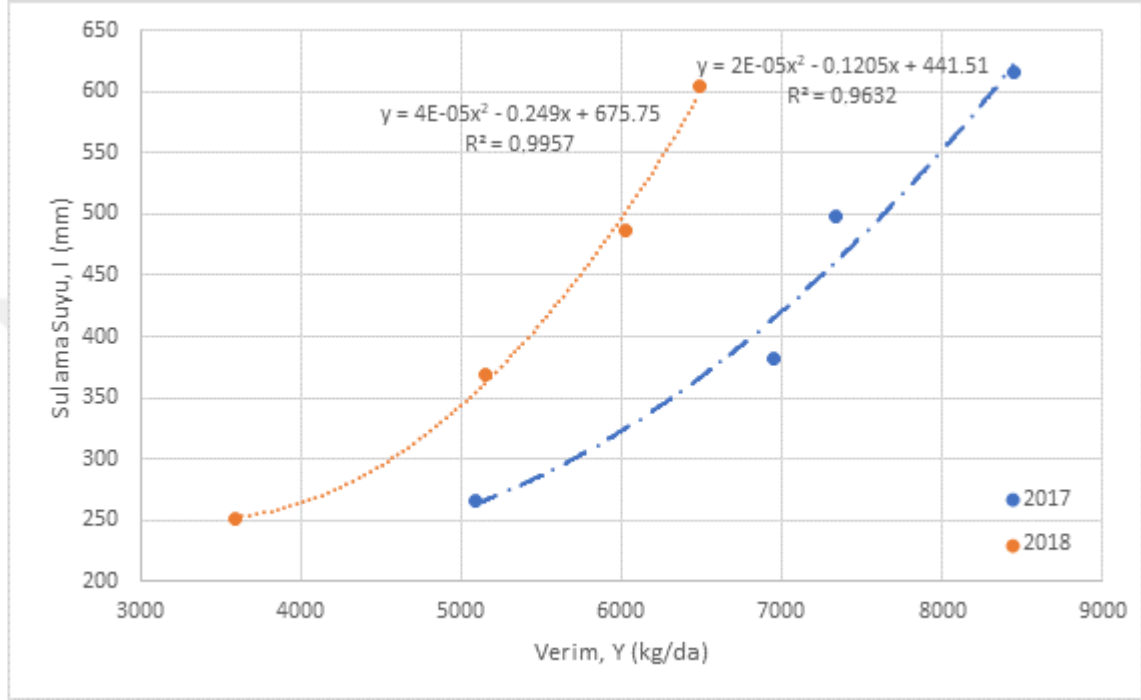
Çalışmanın ilk yılı için hesaplanan IWUE sonuçları incelendiğinde 1 m³ sulama suyuna karşılık 19.1 kg ile en etkin su uygulamasının S₄ (%50) sulama uygulaması olduğu görülmektedir. Aynı yıl 1 m³ suya karşılık 12.9 kg ile en düşük su kullanım etkinliği S₁ (%125) sulama konusunda olmuştur.

Çizelge 4.47 2018 yılı WUE ve IWUE değerleri

Sulama Konuları	Verim Y (kg/da)	Su tüketimi ET_a (mm)	Sulama suyu I (mm)	WUE (kg/m ³)	IWUE (kg/m ³)
S1	6483.7	711	604.9	9.1	10.7
S2	6019.3	605	487.1	9.9	12.4
S3	5145.2	496	369.3	10.4	13.9
S4	3584.3	414	251.4	8.7	14.3

Çalışmanın ikinci yılında ise IWUE değerlerinin birbirine daha yakın elde edilmiş olmasına karşın 1 m³ sulama suyuna karşılık 14.3 kg ile en etkin sulama suyu kullanımı yine S₄ (%50) su uygulama konusunda gerçekleşmiştir. S₄ (%50) su uygulama konusunu sırasıyla S₃ (%75), S₂ (%100) ve S₁ (%125) takip etmiştir.

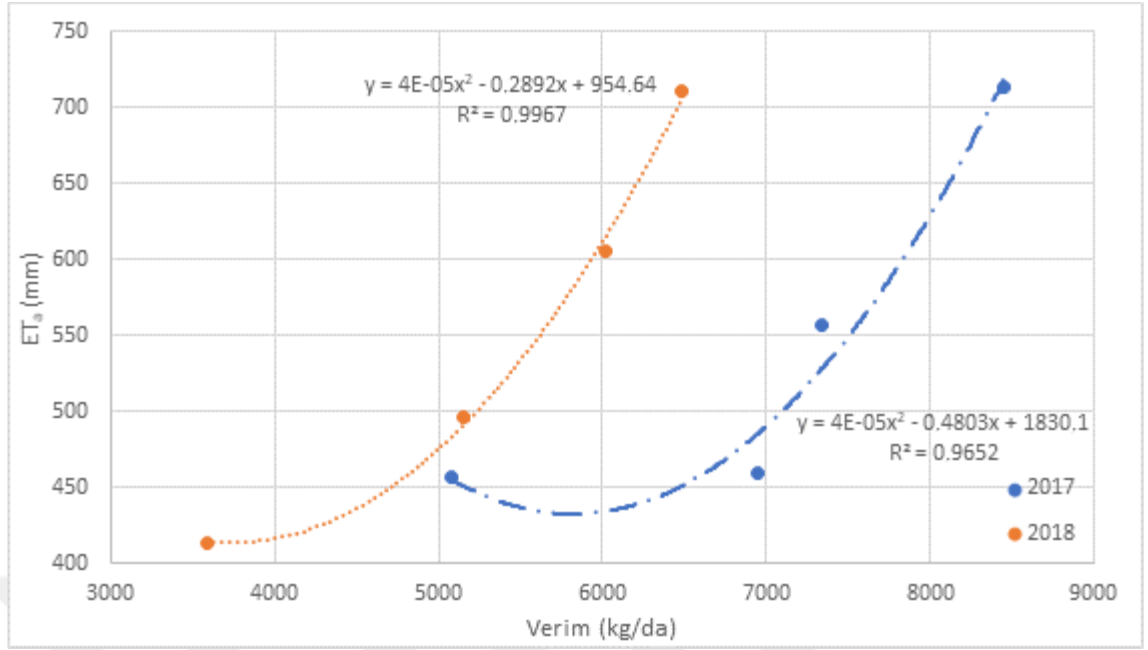
Her iki yılda da sulama suyu miktarı arttıkça verimin de artmaya devam ettiği görülmektedir. Grafikten görüleceği gibi S₁ (%125) su konusunda en yüksek verim elde edilmiştir (Şekil 4.19). Her iki yılda da verim arttıkça ET_a'nın da arttığı görülmektedir (Şekil 4.20).



Şekil 4.19 2017 – 2018 yılları I-Y grafiği

Çalışmada kısıtlı su konuları için belirlenen su kısıtı ve verim azalması değerleri çizelge 4.49 da verilmiştir.

Çalışmanın ilk yılında S₂ konusuna göre %23 daha fazla su kullanan S₁ konusunda verim S₂ konusuna oranla %15 daha fazladır. S₃ konusunda %23 daha az su kullanılmasına rağmen verim %5 daha azdır, S₄ konusunda ise %47 daha az su kullanımıyla %38 verim kaybı meydana gelmiştir.



Şekil 4.20 2017 – 2018 yılları ET_a-Y grafiği

Çizelge 4.48 Uygulanan su kısıtına oranla verim azalması

Konular	Sulama Oranları	2017				2018			
		Sulama suyu I (mm)	Sulama suyu oranı (%)	Verim Y (kg/da)	Verim Y (%)	Sulama suyu I (mm)	Sulama suyu oranı (%)	Verim Y (kg/da)	Verim Y (%)
S1	%125	615.3	123	8447.0	115	604.9	124	6483.7	108
S2	%100	498.7	100	7339.8	100	487.1	100	6019.3	100
S3	%75	382.2	77	6950.2	95	369.3	76	5145.2	86
S4	%50	265.5	53	5083.6	62	251.4	52	3584.3	60

İkinci yıl verilerine bakıldığında S₂ tam su konusuna oranla sırasıyla S₁'de %24 daha fazla su kullanmış %8 daha fazla verim elde edilmiş, S₃'de %24 daha az su kullanmış ve %14 daha düşük verim elde edilmiş, S₄'de ise %48 daha az su kullanımı ile %40 düşük verim elde edilmiştir.

5. SONUÇ

Ankara Haymana koşullarında birinci ürün olarak yetiştirilen, yüzeyaltı damla sulama sistemi ile 5 günlük toplam ET_c esasına göre 5 günde bir sulanan ve tam sulama ile kısıntılı sulama konuları uygulanan Pioneer 31Y43 çeşidi silajlık mısır bitkisinin su-verim ilişkisini belirlemek, su kısıtının verim ve bitki kalite parametrelerine yaptığı etkiyi saptamak amacıyla Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Haymana Araştırma ve Uygulama Çiftliğinde 2017 ve 2018 yıllarında yürütülen bu çalışmadan elde edilen sonuçlar ve öneriler aşağıda verilmiştir.

Denemenin ilk yılında 29 Nisan tarihinde ikinci yılında 2 Mayıs tarihinde mısır ekimi yapılmış ve konulu sulamalara ilk yıl 47 gün sonra, ikinci yılında ise 40 gün sonra başlanmıştır. Sulama her 5 günde bir yapılmış ve 5 günlük toplam ET_c 'den o dönemki etkili yağış miktarı düşülerek bulunan değer yüzeyaltı damla sulama sistemi ile bitki kök bölgesine doğrudan uygulanmıştır. Konulara uygulanan toplam sulama suyu miktarları ilk yıl 266 – 615 mm arasında, ikinci yıl ise 251 – 605 mm arasında değişmiştir.

Günlük ET_c değerinin denemenin ilk yılında sulama döneminde (Haziran – Eylül) 2.2 – 10.3 mm, ikinci yılında ise 3.1 – 8.7 mm arasında değişmiştir. Gerçek bitki su tüketimi aylık olarak ele alındığında, ilk yıl Mayıs ayında konulu sulamaya başlanmadığı için tüm konularda 67 mm hesaplanmış, Haziran ayından itibaren 17.9 – 55.1 mm arasında değişmiştir. Bu değer Temmuz ayında 120.2 – 260.7 mm, Ağustos ayında 136.1 – 245.1 mm ve Eylül ayında ise 78.1 – 67.7 mm arasında değişmiştir. Çalışmanın ikinci yılında konulu sulamanın olmadığı Mayıs ayında tüm konularda 56.3 mm olarak gerçekleşmiştir. Konulu sulamalara geçildiği Haziran ayından itibaren hesaplanan ET_a değerleri Haziran ayında 82.9 – 84.8 mm, Temmuz ayında 126.5 – 271.9 mm, Ağustos ayında 98.4 – 209.9 mm ve Eylül ayında ise 47.8 – 88.7 mm arasında değişmiştir.

En yüksek silajlık mısır verimi araştırmanın ilk yılında %125 su konusunda elde edilmiştir (8.5 t/da). Bunu istatistiksel olarak aynı grupta yer alan %100 ve %75 su konuları izlemiştir (sırasıyla 7.3 ve 7.0 t/da. En düşük silaj verimi ise en az su

uygulanan %50 su konusunda elde edilmiştir (5.1 t/da). Araştırmanın ikinci yılında da en yüksek silajlık mısır verimi %125 su konusunda elde edilmiştir (6.5 t/da). Bunu %100 su konusu (6.0 t/da) ve %75 su konusu (5.2 t/da) izlemiştir. En düşük silaj verimi ise en az su uygulanan %50 su konusunda elde edilmiştir (3.6 t/da).

Her iki yıl için ayrı ayrı bakıldığında su uygulama konularına göre ilk yıl elde edilen WUE değerinin 11.1 – 15.1 kg/³, ikinci yıl elde edilen WUE değerinin 10.7 – 14.3 kg/m³ arasında değiştiği hesaplanmıştır. IWUE değerleri ise ilk yıl 13.7 – 19.1 kg/m³ arasında elde edilirken 19.1 kg/m³ il en yüksek değer %50 su uygulanan S₄ su konusunda elde edilmiştir. İkinci yıl IWUE değerleri incelendiğinde 10.7 – 14.3 kg/m³ arasında değişim tespit edilirken 14.3 kg/m³ ile en yüksek değer yine en az su uygulanan (%50) S₄ konusunda elde edilmiştir.

Araştırmada kuru madde verimleri ilk yıl 610 – 1877 kg/da, ikinci yıl ise 376 – 1212 kg/da arasında değişmiştir. Kuru madde oranı ise ilk yıl %12 - %27 arasında ikinci yıl ise %10 - %24 arasında değişmiştir.

Bitki sap kalınlıkları ilk yıl 25.2 – 26.4 cm arasında değişmiş, en kalın bitki sapı en fazla su uygulanan (%125) S₁ konusunda elde edilmiştir.

Bitki boylarının araştırmanın ilk yılında 2.5 – 3.0 m arasında değiştiği görülürken, bu değerler araştırmanın ikinci yılında 2.3 – 2.7 m arasında bulunmuştur.

Araştırmada ölçülen bitki sap ağırlıkları ilk yıl 240.1 – 401.8 gr arasında bulunurken, ikinci yıl 295.7 – 543.4 gr arasında bulunmuştur. En ağır bitki sapı en fazla su uygulanan (%125) S₁ sulama konusunda elde edilmiştir.

Koçan adetleri her iki yılda da tüm konularda bitki başına 1 adet olarak belirlenmiştir.

Yaprak ağırlıkları çalışmanın ilk yılında 101.2 – 169.7 gr, ikinci yılında ise 55.6 – 97.1 gr arasında değişmiştir. En fazla su uygulanan S₁ konusunda (%125) en fazla yaprak

ağırlığı elde edilirken en az su uygulanan S₄ konusunda (%50) yaprak ağırlığı en düşük değerde elde edilmiştir.

Bitki kalite analizlerinden bitki rutubeti ilk yıl %73 - %88 arasında tespit edilirken, ikinci yıl bu değerler %76 - %90 olarak bulunmuştur. Ham protein oranları araştırmanın ilk yılında %6.3 - %7.4 arasında değişirken ikinci yılda bu değerler %5.4 - %8.4 arasında değişmiştir. Araştırmanın ilk yılında ölçülen ham yağ oranları ilk yıl %1.9 - %2.2 arasında değişirken, ikinci yıl bu değerler %1.1 - %2.9 arasında değişim göstermiştir. Ham selüloz oranları çalışmanın ilk yılında %12.2 - %17.4 arasında tespit edilirken ikinci yıl bu değerlerin %17.5 - %25.7 arasında değişmiştir. Çalışmada ölçülen ham kül oranları ilk yıl %2.2 - %5.1 arasında, ikinci yıl ise %2.7 - %4.7 arasında değişmiştir. Araştırma sonuçlarına göre hesaplanan metabolik enerji miktarlarının ilk yıl 2482.7 – 2675.5 Mcal/kg KM, ikinci yıl ise 2281.8 – 2544.7 Mcal/kg KM arasında değişmiştir. Araştırma sonucu elde edilen NDF oranları her iki yılda da uygulanan sulama suyu miktarıyla birlikte azalma göstermiştir. Bu değerler ilk yıl %32.1 - %48.4 arasında değişim göstermiş olup, ikinci yıl bu genel değerlerde artış gözlenmiştir. İkinci yıl değerleri %39.2 - %56.9 arasında değişmiştir. ADF değerleri NDF oranlarında olduğu gibi uygulanan sulama suyu miktarıyla doğru orantılı şekilde azalma göstermiştir. İlk yıl ADF değerleri %18.3 - %27.9 arasında değişirken, ikinci yıl bu değerler %21.5 - %31.7 arasında değişmiştir.

Elde edilen sonuçlar incelendiğinde yüzeyaltı damla sulama sistemi ile sulanan silajlık mısır bitkisi için aşağıda verilen öneriler yapılabilir:

- Su kısıtı olmayan yörelerde S₁ (%125) su konusu uygulanabilir. Bu konuda her iki yılda da en yüksek verim elde edilmiştir. İlk yıl toplam 615 mm sulama suyu uygulaması ile 8.5 t/da verim elde edilirken ikinci yıl 605 mm sulama suyu uygulanmış ve 6.5 t/da verim elde edilmiştir.
- Su kısıtı olan yöreler için S₂ (%100) ve S₃ (%75) su konuları önerilebilir. S₂ (%100) konusunda S₁ (%125) su konusuna oranla %19 daha az su sulama suyu uygulanmış ve %13 verim kaybı meydana gelmiştir. İkinci yıl ise S₁ (%125) su

konusuna göre %19 daha az sulama suyu uygulanmış ve verim kaybı %7 olmuştur. S_3 (%75) su konusunda ise ilk yıl S_1 (%125) su konusuna göre %38 daha az su ile %18 daha az verim elde edilmiş, ikinci yıl ise %39 daha az sulama suyu uygulanarak %21 daha az verim elde edilmiştir.



KAYNAKLAR

- Akyıldız, A. R. 1986. "Yemler Bilgisi ve Teknolojisi." Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, No:974, Ankara
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998 Crop evapotranspiration. guidelines for computing crop water requirements. FAO 56, Rome
- Anonim, 2018. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı, Meteoroloji Genel Müdürlüğü. (<http://www.mgm.gov.tr/>) (Erişim Tarihi: 18.09.2018)
- Anonim, 2020a. Türkiye İstatistik Kurumu. (www.tuik.gov.tr), (Erişim Tarihi: 03.01.2020)
- Anonim, 2020b. Meteoroloji Genel Müdürlüğü (www.mgm.gov.tr), (Erişim Tarihi: 03.01.2020)
- Anonim, 2020c. <https://www.pioneer.com/tr/urunler/silaj/pr31y43.html>, (Erişim Tarihi: 03.01.2020)
- 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.
- Aydın, İ., Uzun, F. 1995. Samsun ekolojik koşullarında II. Ürün olarak yetiştirilen silajlık mısırın kuru ot ve ham protein verimi üzerine sıklık ve biçim zamanının etkisi. Ondokuzmayıs Üniv. Zir. Fak. Derg, 10(1), 15-22.
- Bekele, S., Tilahun, K., 2007. Regulated deficit irrigation scheduling of onion in a semiarid region of Ethiopia. Agric. Water Manage. 89:148-152.
- Biber, Ç. ve Kara, T. 2006. Mısır Bitkisinin Bitki Su Tüketimi Ve Kısıtlı Sulama Uygulamaları. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 21(1), 140-146.
- Blake, G.R., Hartge, K.H. 1986. Bulk Density. Methods of Soil Analysis, Part 1, Soil Sci. Soc. Am., 363-376, Madison, WI, USA.

- Bouyoucos, G.J. 1951. A recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of Soil.
- Bremner, J. M. 1965. Total nitrogen. *Methods of Soil Analysis: Part 2 Chemical and Microbiological Properties*, 9, 1149-1178.
- Brouwer, C., Heibloem, M., (1986). *Irrigation water management: irrigation water needs*. Training manual no: 3 FAO, Rome.
- Caldwell, D.S., Spurgeon, W.E., Manges, H.L. 1994. Frequency of irrigation for subsurface drip-irrigated corn. *Transactions of the ASAE*, 37(4), 1099-1103.
- Camp, C.R., 1998. Subsurface drip irrigation: A review. *Transactions of the ASAE*, 41:1353–1367.
- Camp, C. R., Lamm, F. R., Evans, R. G., & Phene, C. J. 2000. Subsurface drip irrigation–Past, present and future. In *Proc. Fourth Decennial Nat’l Irrigation Symp.*, Nov (pp. 14-16).
- Costa, J.M., Ortuno, M.F., Chaves, M.M., 2007. Deficit irrigation as a strategy to savewater: physiology and potential application to horticulture. *J. Integr. Plant Biol.*49, 1421–1434
- Cox, W.J., Cherney, D.R., Hanchar, J.J. 1998. Row spacing, hybrid, and plant density effects on corn silage yield and quality. *J. Prod. Agric.* 11: 128-134.
- Çakır, R., 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Res.*, 89:1-16.
- Dağdelen, N., Sezgin, F., Gürbüz, T., Akçay, H., ve Ünay, A. 2010. Determination of water production functions of silage maize under different irrigation regimes. *Journal of Adnan Menderes University Agricultural Faculty (Turkey)*.
- Delibaş, L. 1994. *Sulama*. Trakya Üniv. Tekirdağ Ziraat Fak., Yayın No:213, Ders Kitabı No:24, 144.
- Douh, B. ve Boujelben, A. 2011. Improving water use efficiency for a sustainable productivity of agricultural systems with using subsurface drip irrigation for maize (*Zea mays* L.). *J. Agric. Sci. Technol. B*, 1, 881-888.

- Evett, S. R., Howell, T. A., & Schneider, D. (1995). Energy and water balances for surface and subsurface drip irrigated corn. In Proc. Fifth International Microirrigation Congress. Am. Soc. Agric. Engr.
- FAO 2002. Deficit irrigation practices. Water Report No. 22.
- Farré, I., Faci, J.M., 2009. Deficit irrigation in maize for reducing agricultural water use in a Mediterranean environment. *Agric. Water Manage.* 96, 383–394.
- Geerts, S., Raes, D., 2009. Deficit irrigation as an on–farm strategy to maximize crop water productivity in dry areas. *Agric. Water Manage.* 96, 1275–1284.
- Geren, H., Avcioğlu, R., Behçet, K. I. R., Demiroğlu, G., Yılmaz, M., ve Cevheri, A. C. 2003. İkinci ürün silajlık olarak yetiştirilen bazı mısır çeşitlerinde farklı ekim zamanlarının verim ve kalite özelliklerine etkisi. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 40(3).
- Geren, H., ve Kavut, Y. T. 2009. "İkinci ürün koşullarında yetiştirilen bazı sorgum (*Sorghum* sp.) türlerinin mısır (*Zea mays* L.) ile verim ve silaj kalitesi yönünden karşılaştırılması üzerine bir araştırma." *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 46.1 (2009): 9-16.
- Gheysari, M., Sadeghi, S. H., Loescher, H. W., Amiri, S., Zareian, M. J., Majidi, M. M., ... & Payero, J. O. (2017). Comparison of deficit irrigation management strategies on root, plant growth and biomass productivity of silage maize. *Agricultural Water Management*, 182, 126-138.
- Goering, H. K. ve Van soest P.J. 1970. Forage fiber Analysis. *Agricultural Handbook*. Department of Agriculture 379.
- Gönen, E., Tanrıverdi, Ç., Çolak, Y. B., Yazar, A., Özfıdaner, M., 2019. Çukurova Koşullarında Yüzeyüstü ve Yüzeyaltı Damla Sulama Yöntemiyle Farklı Su Düzeylerinde Sulanan Patlıcan Bitkisinin Azot Kullanım Randımanının Belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24, 172-178.

- Güçük, T., and Baytekin H. 1999. "Bozova sulu koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen silaj mısır, silaj sorgum ve sorgum-sudan otu melez çeşitlerinde hasat zamanının verim ve bazı silaj özelliklerine etkisi." Türkiye 3: 15-18.
- Gül, İ., ve Başbağ, M. 1999. "Diyarbakır sulu koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen silaj sorgum, sorgum-sudanotu melezi ve sudanotu çeşitlerinde verim ve verim özelliklerinin incelenmesi." Türkiye 3: 15-18.
- Güney, E., Evren, S., Tunç, T., Daşçı, E., Şimşek, M., Tan, M., Şahin, Ü. 2018. Yüzey Altı Ve Yüzey Üstü Damla Sulama Sistemi Kullanılarak Farklı Su Kısıtı Koşullarının Ve Farklı Azotlu Gübre Dozlarının Silajlık Mısırın Verim Ve Kalitesine Etkisi, Doğu Anadolu Tarımsal Araştırma Enstitüsü. PROJE NO: TAGEM/TSKAD/14/A13/P02/3
- Güngör, Y. ve Yıldırım, O., (1989). Tarla Sulama Sistemleri. Ank.Üni. Zir. Fak. Yayınları 1155, Ankara.
- Harris, G. 2005. Sub-surface Drip Irrigation Advantages and Limitations. The State of Queensland Department of Primary Industries and Fisheries Note: 17650.
- Howell, L. L., Morse, W. H., Spealman, R. D. 1990. Respiratory Effects of Xanthines And Adenosine Analogs in Rhesus Monkeys. J. Pharmacol. Exp. Ther. 254: 786–791.
- 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.
- Howell, T.A., Steiner, J.E., Schneider, A.D., Evett, S.R., Tolk, J.A., 1997. Seasonal and maximum daily evapotranspiration of irrigated winter wheat, sorghum and corn: southern high plains. Trans. ASAE, 40, pp. 623-634
- Howell, T.A., Tolk, J.A., Arland, D.S., Evett, R., 1998. Evapotranspiration, yield and water use efficiency of corn hybrids differing in maturity. Agron. J., 90, pp. 3-9
- IPCC 2007. Intergovernmental Panel on Climate Change, Climate Change 2007: Impacts, Adaptation, and Vulnerability: Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report10 of the Intergovernmental Panel on Climate

- Change, edited by: Parry, M. L., Canziani, O. F., Palutikof, J. P., van der Linden, P. J., and Hanson, C. E., Cambridge University Press, New York, 2007.
- James, L. G. 1988. Principles of Farm Irrigation System Design. John Wiley and Sons Inc. New York, 543.
- Jamieson, P.D., Martin, R.J., Francis, G.S., Wilson, D.R., 1995. Drought effects on biomass production and radiation use efficiency in barley. Field Crops Res., 43, pp. 77-86
- Johnson, B.L., Henderson, T., 2002. Water use patterns of grain amaranth in the Northern Great Plains. Agron. J. 94, 1437–1443.
- Kacar, B. 2008. Bitki Analizleri, Nobel Yayın Dağıtım, Yayın No: 1241, Fen Bilimleri: 63, ISBN 978-605-395-036-3.
- Kandelous, M.M., Šimůnek, J., Van Genuchten, M. T., Malek, K., 2011. Soil water content distributions between two emitters of a subsurface drip irrigation system. Soil Science Society of America Journal, 75(2), 488-497.
- Karam, F., Breidy, J., Stepan, C., Rouphael Y (2003). Evapotranspiration, yield and water use efficiency of drip irrigated corn in the Bekaa Valley of Lebanon. Agric. Water Manage. 63: 125-137.
- Kılıç, A. 1986. "Silo Yemi (Öğretim, Öğrenim ve Uygulama Önerileri)." Bilgehan Basımevi, İzmir 327.
- Kızıloğlu, F.M., Şahin, U., Kuşlu, Y., Tunç, T. 2009. Determining water–yield relationship, water use efficiency, crop and pan coefficients for silage maize in a semiarid region. Irrigation Science, 27(2), 129.
- Kodal, S. 1982. İç Anadolu’da Bitki Su Tüketiminin Saptanması İçin Uygun Yöntemin Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Kültürteknik Bölümü, Doktora Tezi (yayımlanmamış), Ankara.

- Kodal, S., Emeklier, H.Y., Akgül, S., Taş, İ., Öztürk, H.S. 2017. Merkezi Hareketli Yağmurlama Sulama Sistemi İle Sulanan Silajlık Mısır Bitkisinde Su-Verim İlişkileri. TUBİTAK Proje No: 113O549; Ankara
- Kumari, R., Kaushal, A., 2014. Drip fertigation in sweet pepper: A review. Dr. Arun Kaushal Int. Journal of Engineering Research and Applications, 4(8), 144-149.
- Lamm, F. R., Manges, H. L., Stone, L. R., Khan, A. H., ve Rogers, D. H. 1995. Water requirement of subsurface drip-irrigated corn in northwest Kansas. Transactions of the ASAE, 38(2), 441-448.
- Lamm, F. R. 2002. Advantages and disadvantages of subsurface drip irrigation. In International Meeting on Advances in Drip/Micro Irrigation, Puerto de La Cruz, Tenerife, Canary Islands.
- Lamm, F. R., Trooien, T. P. 2003. Subsurface drip Irrigation for corn production: A review of 10 years of reseach in Kansas. Irrig. Sci. 22 (3-4):195-200
- Lazarovitch, N., Shani, U., Thompson, T.L., Warrick, A.W., 2006. Soil Hydraulic Properties Affecting Discharge Uniformity of Gravity-Fed Subsurface Drip Irrigation Systems. Journal Of Irrigation And Drainage Engineering, 132(6):531-536.
- Lyle, W.M., Bordovsky, J.P., 1995. LEPA corn with limited water supplies. Trans. ASAE, 38, pp. 2455-2462
- Miller, W.J., 1979. Dairy cattle feeding and nutrition. Academic Press. Newyork, NY.
- Musick, J.T., Dusek, D.A., 1980. Irrigated corn yield response to water. Trans. ASAE, 23: 92-98.
- NeSmith, D.S., Ritchie, J.T., 1992. Short and long-term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. Argon. J., 84: 107-113.
- Pandey, R. K., Maranville, J. W., & Chetima, M.M. 2000. Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment: II. Shoot growth,

nitrogen uptake and water extraction. *Agricultural Water Management*, 46(1), 15-27.

Payero, J.O. Tarkalson, D.A., Irmak, S., Davison, D., Petersen, J.L. 2008. Effect of Irrigation Amounts Applied with Subsurface Drip Irrigation on Corn Evapotranspiration, Yield, Water Use Efficiency, and Dry Matter Production in a Semiarid Climate. *Agricultural Water Management* 95: 895-908.

Phene, C.J., Davis, K.R., Hutmacher, R.B., Bar-Yosef, B., Meek, D.W. Ve Misaki, C. 1991. Effects of high frequency surface and subsurface drip irrigation on root distribution of sweet corn. *Irrigation Science*, 12:135- 140.

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

Selenay, F. 1986. Damla Sulama Yöntemi ile Domates Bitkisinin Uygun Sulama Aralığı ve Uygulanacak Su Miktarının Saptanması, Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi (yayımlanmamış), Ankara.

Sakellariou-Makrantonaki, M., Kalfountzos, D., Tentas, I., & Vyrlas, P. 2003. Subsurface Drip Irrigation with treated wastewater. In XI World Water Congress. Water Resources Management in the 21s' century (pp. 433-442).

Shrestha, N., Geerts, S., Raes, D., Horemans, S., Soentjens, S., Maupas, F., & Clouet, P. (2010). Yield response of sugar beets to water stress under Western European conditions. *Agricultural Water Management*, 97(2), 346-350.

Siebert, S., Burke, J., Faures, J.M., Frenken, K., Hoogeveen, J., Döll, P., Portmann, F.T., 2010. Groundwater use for irrigation – a global inventory, *Hydrol. Earth Syst. Sci.*, 14, 1863–1880, doi:10.5194/hess-14-1863-2010.

Sinclair, T.R., Tanner, C.B., Bennett, J.M., 1984. Water–use efficiency in crop production. *Bioscience* 34, 36–40.

Singh, D. K., Rajput, T. B. S., Sikarwar, H. S., Sahoo, R. N., & Ahmad, T. 2006. Simulation of soil wetting pattern with subsurface drip irrigation from line source. *Agricultural water management*, 83(1-2), 130-134.

- Stegman, E.C. 1986. Efficient Irrigation Timing Methods For Corn Production. American Society of Agricultural Engineers. Vol. 37(4): 1197-1203
- Stone, L.R., Schlege, A.J., Gwin, R.E., Khan, A.H. 1996. Response of corn, grain sorghum, and sunflower to irrigation in the High Plains of Kansas. Agric. Water Manage. 30: 251-259.
- Suarez-Rey, E., Choi, C. Y., Waller, P. M., & Kopec, D. M. (2000). Comparison of subsurface drip irrigation and sprinkler irrigation for Bermuda grass turf in Arizona. *Transactions of the ASAE*, 43(3), 631.
- 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
- Şimşek, M., Can, A., Denek, N., Tonkaz, T., 2011. The effects of different irrigation regimes on yield and silage quality of corn under semi-arid conditions. *African Journal of Biotechnology*, 10(31), 5869-5877.
- Trejo, J.A.M., Monsivais, G.O.A., Ramirez, O.J., Gozzalez, Z.A., Cerda, R.E., Hernandez, F.M., Sosa, S.E. And Nuncio, A.R. 2006. Effect of Three Driptape Installation Depths on Water Use Efficiency and Yield Paarameters in Forage Maize (*Zea mays L.*) Cultivation. *Tec Pecu Mex* 44 (3): 359-364.
- Tüzüner, A., Kurucu, N., Börekçi, M., Gedikoğlu, İ., Sönmez, B., Eyüpoğlu, İ., Açar, A. 1990. Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü. Ankara.
- UNESCO–WWAP, 2006. Water a Shared Responsibility: The United Nations WorldWater Development Report 2. United Nations Educational, Scientific andCultural Organization (UNESCO), New York.
- Uçak, A. B., Bağdatlı, M. C., Turan, N., Arslan, H., & Mikail, N. 2016. Siirt Koşullarında Kısıntılı Sulama Uygulamaları Altında Silajlık Mısır (*Zea Mays*

1.) Çeşitlerinin, Verim ve Silaj Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi, Ulusal Mısır Kongresi, ADANA

Verim, S.Ü.Ç., Duraktekin, G., Kuşvuran, Y.B.Ç.K., 2017. Farklı Sulama Seviyelerinin Yüzeyaltı Damla Sulama İle Sulanan Yalova İncisi Sofralık Üzüm Çeşidinde Verim ve Su Kullanım Randımanına Etkisi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 34 (Ek Sayı), 67-72

Wisser, D., Fekete, B.M., Vörösmarty, C.J., Schumann, A. H., 2010. Reconstructing 20th century global hydrography: A contribution to the Global Terrestrial Network- Hydrology (GTN- H), Hydrol. Earth Syst. Sci., 14, 1– 24.

Yıldırım, Y.E., 1993. Ankara Koşullarında Mısır Bitkisinin Su-Verim İlişkileri, (Doktora Tezi), Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı.

Yıldırım, O. 1993. Bahçe Bitkileri Tekniği, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1281, Ders Kitabı: 367: ss: 1-214, Ankara

Yurtsever, N., (2011). Deneysel İstatistik Metodlar. Köy Hizmetleri Gnl. Md. Toprak ve Gübre Araştırma Ens. Yayın No 56.

Zhang, H., Oweis, T., 1999. Water-yield relations and optimal irrigation scheduling of wheat in the Mediterranean region. Agric. Water Manag., 38, pp. 195-211

ÖZGEÇMİŞ

Adı Soyadı : Cenk AKŞİT

Doğum Yeri : Ankara

Doğum Tarihi : 8 Şubat 1982

Medeni Hali : Bekar

Yabancı Dili : İngilizce

Eğitim Durumu (Kurum ve Yıl)

Lise : Radyo Televizyon Anadolu Meslek Lisesi (1998)

Lisans : Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Teknolojisi Lisans Programı (2007)

Yüksek Lisans: Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı (2011)

Doktora : Ankara Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı (2011 – Devam)

Çalıştığı Kurum/Kurumlar ve Yıl

- Geomatics Harita Müh. Müşavirlik Ltd. Şti., IT Müdür (2005 – 2010)
- Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Araştırma Görevlisi (2010 – 2018)
- T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarım Reformu Genel Müdürlüğü, Mühendis (2018 – Devam)

Yayınlar

Çapar, G., Dilcan, Ç. C., Akşit, C., Arslan, Ş., Celik, M., Kodal, S. (2016). Evaluation of irrigation water quality in Gölbaşı District. Tarım Bilimleri Dergisi-J Agric Sci, 22, 408-421.

Capar, G., Celik, M., Aksit, C., & Kodal, S. 2013. Evaluation of Groundwater Quality Used For Agriculture In Ankara-Golbası Special Environmental Protection Area. Proceedings of the Second International Conference on Water, Energy and the Environment Kusadası, Turkey

- Semiz G.D. ve Akşit C., 2013. Water Quality, Surface Area, Evaporation and Precipitation of Lake Burdur. Journal of Food, Agriculture & Environment Vol.11 (1): 751 - 753
- Semiz, G. D., Akşit, C., Anlı, A. S. ve Polat, H. E. 2012. Bütünsel Havza Yönetiminde Buharlaştırma ve Yağış Haritalarının CBS Yardımı ile Oluşturulması: Burdur Havzası Örneği. II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Kongresi, Sözlü bildiriler, 24-25 Mayıs 2012, İzmir.
- Manavbaşı İ. D., Aksit C., Avcı S., 2012 Akdeniz Kıyı Şeridi İçin Inverse Distance Weighting Metodu ile Ortalama Günlük Güneşlenme Süresi Haritalarının Oluşturulması ve Sonuçların Değerlendirilmesi, İzmir
- Polat, H. E., Akşit, C., Anlı, A. S. ve Semiz, G. D. 2012. Kentleşme Sürecindeki Kırsal Alanlarda Yapısal ve Çevresel Sorunlar. II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Kongresi, Sözlü bildiriler, 24-25 Mayıs 2012, İzmir.
- Anlı, A. S., Kaya, B. Manavbaşı, İ. D., Akşit, C. ve Avcı, S. 2012. Güneydoğu Anadolu Bölgesindeki Kentlerde Meydana Gelen Kuraklığın SPI (Standart Yağış İndeksi), RDI (Reconnaissance Kuraklık İndeksi) ve RAI (Yağmur Anomali İndeksi) Yöntemleri ile Değerlendirilmesi. II. Ulusal Sulama ve Tarımsal Yapılar Kongresi, Sözlü bildiriler, 24-25 Mayıs 2012, İzmir.