FARKLI SULAMA SEVİYELERİNİN BURSA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN CİN MISIRININ (*ZEA MAYS* L. EVERTA) TANE VERİMİ VE AGRONOMİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Ali TÜFEKÇİ

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI SULAMA SEVİYELERİNİN BURSA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN CİN MISIRININ (ZEA MAYS L.EVERTA) TANE VERİMİ VE AGRONOMİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Ali TÜFEKÇİ
0000-0001-9339-1714

Prof. Dr. Hayrettin KUŞÇU
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2021
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI SULAMA SEVİYELERİNİN BURSA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN CİN MISIRININ (*ZEA MAYS* L. EVERTA) TANE VERİMİ VE AGRONOMİK ÖZELLİKLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Ali TÜFEKÇİ

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hayrettin KUŞÇU

Mısır suya duyarlı bir bitkidir ve su eksikliği durumunda önemli verim kayıpları yaşanabilmektedir. Bursa iklim koşullarında yürütülen bu çalışma, R427 çeşidi cin mısırının, damla sulama yöntemi kullanılarak farklı sulama stratejilerinin bitki gelişimine, verim ve bazı verim bileşenlerine olan etkilerini saptamak amacıyla yapılmıştır. Tarla denemesi, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi arazisinde, 2019 yılında, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Sulama konuları; A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan su miktarının tamamının (%100) sulama suyu olarak verilmesi (S1) ve S1 konusuna verilen sulama suyu miktarının %75 (S2), %50 (S3) ve %25'i (S4) kadar sulama suyu verilmesi biçiminde oluşturulmuştur. Uygulanan sulama suyu miktarı 129-516 mm, bitki su tüketimi ise 245-590 mm arasında değişmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimi ile tane verimi arasında önemli ilişkiler elde edilmiştir. En yüksek tane verimi S1 konusundan 486,25 kg da^{-1} olarak elde edilirken sulama seviyesindeki azalmaya bağlı olarak verim de azalmıştır. Genelde, daha yüksek bin tane ağırlığı, koçan çapı, koçan boyu, tek koçan ağırlığı, koçanda sıra sayısı ve bitki boyu değerleri S1 ve S2 sulama konularından elde edilmiştir. Sulama suyunun yeterli ve maliyetinin uygun olduğu koşullarda, S1 konusu önerilebilir. Sulama suyunun sınırlı veya maliyetinin yüksek olduğu yerlerde S2 konusu tercih edilebilir. Bu koşulda, sulama suyunda %25 düzeyinde bir tasarruf, bitki su tüketiminde %20 düzeyinde bir azalma sağlanırken tane veriminde kabul edilebilir düzeyde (%6) bir azalma ve su üretkenliğinde de bir iyileşme elde edilebilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Cin mısırı, A sınıfı buharlaşma kabı, damla sulama, bitki su tüketimi, su üretkenliği

ABSTRACT

MSc Thesis

THE EFFECTS OF DIFFERENT IRRIGATION LEVELS ON THE GRAIN YIELD AND AGRONOMIC CHARACTERISTICS OF POPCORN (ZEA MAYS L. EVERTA) GROWN UNDER BURSA CONDITIONS

Ali TÜFEKÇİ

Bursa Uludağ University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Biosystems Engineering

Supervisor: Prof. Dr. Hayrettin KUŞÇU

Corn is a water sensitive plant and in case of lack of water, significant yield losses can occur. This study, which was carried out in Bursa climate conditions, was conducted to determine the effects of different irrigation strategies on plant growth, yield and some yield components by using drip irrigation method of R427 variety popcorn. The field experiment was implemented in Bursa Uludag University Faculty of Agriculture in 2019, in three replications according to the randomized blocks trial design. Irrigation treatment was created; giving the entire amount of water (100%) evaporated from the A class evaporation pan as irrigation water (S1) and irrigation water of 75%(S2), 50%(S3) and 25%(S4) of the irrigation water amount given to the subject S1. The amount of irrigation water applied varied between 129-516 mm, and plant water consumption between 245-590 mm. Significant relationships were obtained between the amount of applied irrigation water and plant water consumption and grain yield. While the highest grain yield was got from S1 as 486.25 kg da^{-1}, the yield decreased due to the decrease in irrigation level. Generally, thousand grain weight, ear diameter, ear length, single ear weight, number of rows per ear and plant height values were higher in S1 and S2 irrigation subjects. where irrigation water is sufficient and the cost is appropriate, the subject S1 can be recommended. In places where irrigation water is limited or cost is high, S2 treatment can be preferred. Thus situated, around 25% savings in irrigation water, 20% reduction in plant water consumption can be achieved, while an acceptable (6%) reduction in grain yield and an improvement in water productivity can be achieved.

Key words: Popcorn, Class A pan, drip irrigation, evapotranspiration, water productivity

TEŞEKKÜR

Araştırma konumun belirlenmesinde, uygulanmasında ve tezimin yazılmasında yardımını, desteğini ve sabrını esirgemeyen her türlü desteği gösteren, bu çalışmanın danışmanlığını üzerine alan danışmanım Prof. Hayrettin KUŞÇU'ya teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışmamın tarla denemesi kısmında, yardımlarımdan dolayı Emir Doğan KUMRALTEKİN, Ali Kaan YETİK, SİNEM ÇETİN arkadaşlarıma teşekkürlerimi sunarım.

Arazi çalışmalarım ve tez yazım aşamasında, maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen annem Emine TÜFEKÇİ'ye ve babam Ertan TÜFEKÇİ'ye teşekkürlerimi sunarım.

Ali TÜFEKÇİ
16/03/2021

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET i
ABSTRACT ii
TEŞEKKÜR iii
İÇİNDEKİLER iv
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ v
ŞEKİLLER DİZİNİ vi
ÇİZELGELER DİZİNİ vii
1. GİRİŞ 1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI 4
3. MATERYAL VE YÖNTEM 18
3.1. Materyal 18
3.1.1. Araştırma alanı 18
3.1.2. Araştırma alanının tarımsal yapısı 18
3.1.3. İklim özellikleri 19
3.1.4. Toprak özellikleri 20
3.1.5. Sulama suyu 20
3.1.6. Sulama sistemi 21
3.1.7. Bitki özellikleri 21
3.1.8. Araştırmada kullanılan donanımlar 22
3.2. Yöntem 25
3.2.1. Toprak örneklerinin alınması ve analizler 25
3.2.2. Tarımsal işlemler 26
3.2.3. Araştırma konuları ve deseni 27
3.2.4. Uygulanacak sulama suyu miktarının ve sulama zamanının belirlenmesi 30
3.2.5. Bitki su tüketiminin belirlenmesi 30
3.2.6. Su üretkenliği 31
3.2.7. Mısır bitkisinin verim ve verim bileşenleri 31
3.2.8. İstatiksel değerlendirmeler 33
4. BULGULAR ve TARTIŞMA 34
4.1. Mısır Bitkisinin Gelişme Dönemleri 34
4.2. Sulama Suyu Miktarı ve Bitki Su Tüketimi 35
4.3. Mısır Tane Verimi 37
4.4. Bin Tane Ağırlığı 40
4.5. Tek Koçan Ağırlığı 42
4.6. Hasat Nemi 44
4.7. Koçan Boyu 46
4.8. Koçan Çapı 48
4.9. Koçanda Tane Sayısı 49
4.10. Bitki Boyu 51
4.11. Su-Verim İlişkileri 53
5. SONUÇ 57
KAYNAKLAR 59
ÖZGEÇMİŞ 68

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
m^3	Metreküp
mm	Milimetre
da	Dekar
t	Ton
ha	Hektar
kg	Kilogram

Kısaltmalar	**Açıklama**
S1	Tam sulama
S2	Tam sulamanın %75'i kadar sulama
S3	Tam sulamanın %50'si kadar sulama
S4	Tam sulamanın %25'i kadar sulama
WP	Su kullanım etkinliği
ETc	Mevsimlik bitki su tüketimi
IWP	Sulama suyu kullanım etkinliği
I	Uygulanan sulama suyu miktarı
A	Alan
Ep	İki sulama arasında geçen süredeki kümülatif kap buharlaşma miktarı
kpc	Bitki-kap katsayısı
Ea	Uygulama etkinliği
P	Islatılan alan yüzdesini
DS	İki toprak suyu ölçümü arasındaki değişim
D	Drenaj miktarı, mm
R	Yüzey akış miktarı, mm
ETa	Mevsimlik gerçek bitki su tüketimi
IRGA	Mevsimlik sulama suyu miktarı
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Organizasyonu

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3. 1. Deneme alanından bir görünüş 18
Şekil 3. 2. Damla sulama sistemi ve su sayacı 21
Şekil 3. 3. R427 mısır çeşidi 22
Şekil 3. 4. Buharlaşma kabı 23
Şekil 3. 5. Wile 55 Nem Ölçer 24
Şekil 3. 6. Dijital göstergeli kumpas 24
Şekil 3. 7. Hassas terazi 25
Şekil 3. 8. Tohumların toprağa ekimi 26
Şekil 3. 9. Tohumlar çimlenmesi 27
Şekil 3. 10. Tesadüf bloklar deneme desenine deneme parselleri 28
Şekil 3. 11. Arazi deneme parseli planı 29
Şekil 4. 1. Mısır koçanı çıkarma zamanı 34
Şekil 4. 2. Mısır hasat zamanı 34
Şekil 4. 3. Tane verimi (kg da^{-1}) sonuçları 38
Şekil 4. 4. Bin Tane Ağırlığı Sonuçları 41
Şekil 4. 5. Tek koçan ağırlığı (gr) sonuçları 43
Şekil 4. 6. Hasat nemi (%) sonuçları 45
Şekil 4. 7. Koçan boyu (cm) sonuçları 47
Şekil 4. 8. Koçan çapı ölçüm değerleri (mm) 48
Şekil 4. 9. Koçanda tane sayıları sonuçları 50
Şekil 4. 10. Bitki boyu ölçümü sonuçları (m) 52
Şekil 4. 11. Uygulanan sulama suyu ile tane verimi ilişkisi 54
Şekil 4. 12. Bitki su tüketimi ile tane verimi ilişkisi 54

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3. 1. Bursa ilinin 1928-2018 yılları arasındaki ortalama iklim değerleri ve çalışma yılına ait iklim verileri 19
Çizelge 3. 2. Deneme alanındaki toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri..... 20
Çizelge 3. 3. Deneme konuları..... 28
Çizelge 4. 1. Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları (mm)……..……35
Çizelge 4. 2. Deneme konularının mevsimlik bitki su tüketimi değerleri 36
Çizelge 4 3. Tane verimi varyans analizi sonuçları 38
Çizelge 4. 4. Bin tane ağırlığı varyans analizi sonuçları..... 41
Çizelge 4. 5. Tek koçan ağırlığı varyans analizi sonuçları 43
Çizelge 4 .6. Hasat nemi varyans analizi sonuçları..... 45
Çizelge 4 .7. Koçan boyu varyans analizi sonuçları 46
Çizelge 4. 8. Koçan çapı varyasyon analizi sonuçları..... 48
Çizelge 4. 9. Koçanda tane sayısı varyans analizi 50
Çizelge 4. 10. Bitki boyu varyans analizi sonuçları..... 52
Çizelge 4. 11. Cin Mısırı Bitkisinin Sulama Suyu ve Su Tüketim Randımanı..... 55

1. GİRİŞ

Mısır dünyanın en önemli mahsullerinden biridir. Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre, dünya mısır üretimi ve tüketimi son beş piyasa yılında 1,1 milyar ton civarındadır. Artan hayvansal üretime bağlı yemlik kullanımın yanı sıra endüstriyel kullanımdaki artış ile ortaya çıkan yüksek talep düzeyi üretimin bu seviyelerde kalmasını sağlamaktadır. Elde edilen veriler dahilinde, 2015-2016 üretim sezonunda 187 milyon ha olan ekiliş alanı, %2,2 oranında bir artış ile 2019-2020 sezonunda 192 milyon ha olması beklenmektedir. Dünya mısır üretim alanları incelendiğinde; Çin'in %22, ABD'nin %18, Brezilya'nın %10, Hindistan'ın %5 ve Avrupa Birliği ülkelerinin %5'lik pay ile ilk beşte yer aldığı görülmektedir (FAO, 2020). Mısır, buğday ve arpadan sonra Türkiye'nin üçüncü büyük ekim alanına sahiptir. Ülkemiz genelinde, 1961 yılında 705 000 hektar alanda üretilen mısır, 2002 sezonunda 550 000 hektara düşmüş, 2016 sezonunda 688 170 hektara çıkmış, 2019 sezonunda ise 591 900 hektara düşmüş olup, mısır üretimimiz 6 milyon ton civarındadır. Türkiye'nin dünyadaki mısır üretimdeki yeri, %0,32 ile %0,60 oranında değişmektedir. Ülke üretiminde %34'lük pay ile en büyük mısır ekim alanlarına Akdeniz bölgesi sahip olup, onu Güneydoğu Anadolu (%28,7) ve Ege Bölgesi (%15,1) takip etmektedir. Mısırda dünya verimlerinin çok üzerinde verimler elde etmemize rağmen, üretimimiz tüketimimizi karşılayamamaktadır. Dünya mısır verimi ortalaması 2018 yılı verilerine göre 592 kg da^{-1} iken, Türkiye verim ortalaması 963 kg da^{-1} civarındadır (FAO, 2020).

Türkiye'de mısır, hayvan yemi, nişasta, glikoz, yemeklik yağ ve son zamanlarda biyoetanol üretiminde kullanılmaktadır. Sulanabilir alanların artması ile birlikte mısır ekili alanlarda da son dönemde önemli artışlar görülmüştür. Verimli, iyi drene edilmiş tınlı topraklarda daha yüksek verim elde edilebilmektedir. Üretimi en yüksek seviyeye çıkarmak ve üreticilere yüksek getiri sağlamak için girdilerin, özellikle modern teknolojinin kullanıldığı sulama suyunun doğru yönetimi çok önemlidir (Dhanapala, 1992; Hook, 1992; Anonymous, 2015).

Türkiye tarımında oldukça önemli bir il olan Bursa'da, çok geniş tarım alanları olmamasına rağmen, üretim ve pazarlama bakımından mısır önemli bir yer tutmaktadır. Toplam 429 bin hektarlık tarım alanına, sahip olan Bursa'da mısır 142,3 bin dekar ekim

alanı ile üçüncü, üretim bakımından ise 160 bin ton ile yine üçüncü sırada yer almaktadır. Üretimin %97'si Mustafakemalpaşa ve Karacabey'den karşılanmakta olup ortalama tane verimi 1120 kg da^{-1} civarındadır (Anonim 2010; Kuşçu, 2010).

Türkiye'nin büyük bir bölümü karasal iklim bölgesinde yer almaktadır. Tarımsal üretim için yağışların yetersizliği ve düzensizliği dolayısı ile sulama uygulamaları bu bölgelerde çok büyük önem taşımaktadır. Ancak sulamanın giderek öneminin artmasına rağmen su kaynakları da Türkiye ve dünya genelinde giderek azalmaktadır. Özellikle kurak bölgelerde su uygulamalarının daha etkin kullanılması için yenilikçi ve sürdürülebilir metotların kullanılmasına ihtiyaç vardır (Panda ve ark., 2004).

Tarımsal üretim için su çok önemli bir kaynak olmasına rağmen dünyanın birçok yerinde suyun temini, mali ve teknik bakımdan sınırlıdır. Bu yüzden tarım sektörü, su kıtlığı altında sudan tasarruf etmeyi ve verimliliği en üst düzeye çıkarmayı amaçlayan stratejiler geliştirmek durumundadır (Fereres ve Soriano, 2007). Yağışın yetersiz olduğu iklim bölgelerinde bitki gelişimi için yetersiz ve düzensiz sulamalar, mısır bitkisinin yetiştirilmesinde büyük bir risk oluşturmakta ve sulamayı en önemli verim parametresine dönüştürmektedir. Sulamanın artan bu önemine rağmen dünyada su kaynakları azalmakta ve evsel ve sanayi amaçlı su kullanımları bu durumu daha da hızlandırmaktadır (Guitjens, 1982).

Su temini, Türkiye'nin Marmara bölgesinde tarımın yayılmasını ve geliştirilmesini sağlayan en önemli doğal faktördür. Sanayi ve evsel kullanım gibi diğer sektörlerden suya olan talebin gün geçtikçe artması, sulama sektörünü su kıtlığı altında çalışmaya zorlamaktadır (Kuşçu ve ark., 2013).

Bursa, yarı nemli iklim bölgesinde yer almaktadır (Demir ve ark., 2006). Bursa ilinde, mısırın ekim ve hasat ayları arasında uzun yıllara ait verilere göre ortalama 100 mm civarında yağış görülmektedir. Mevsimlik su tüketimi 500–800 mm civarında değişen mısır bitkisine, yeterli su verilmediği takdirde verimde önemli oranda düşüşler olduğu görülmektedir (Doorenbos ve Kassam, 1979). Bu yüzden sadece mevsimlik yağış Bursa

koşullarında mısır bitkisinin ihtiyacı olan suyu karşılamayacağından sulama önemli bir girdi olarak karşımıza çıkmaktadır.

Mısırın sulanmasında uzun yıllardır karık sulama önemli bir yer tutmaktadır. Fakat kuraklıklar ve küresel ısınma yüzünden suyun önemi arttığından ve fazla sulamanın sebep olduğu maliyet artışlarından dolayı son yıllarda damla sulama yönteminin üreticiler tarafından kullanımı yaygınlaşmıştır (Kuşçu, 2010).

Su kaynaklarının kötü kullanılması, artan nüfus ve küresel ısınma karşısında ileriki yıllarda kuraklıkların çok ciddi sorun olacağı öngörülmektedir. Mevcut su kaynakları da göz önüne alındığında Bursa ili sınırlarında da yakın gelecekte su sıkıntılarının yaşanması olasılıklar dahilindedir. Günümüz şartlarındaki uygun koşullar giderek azalacak ve sulama konusunda yeni ve çözüm getirici araştırmalar yapılmaz ise su kıtlığı bölgemizde de görülecektir (Kuşçu, 2010).

Daha önce, mısırın sulanmasıyla ilgili hem dünya genelinde hem de ülkemizde birçok çalışma yürütülmüştür (Yıldırım ve ark., 1996; Eşiyok ve ark., 2004; Sampathkumar ve ark., 2012; Karrou ve ark., 2012; Kuşçu ve ark., 2013). Ancak, ülkemizde cin mısırının farklı sulama seviyelerine olan tepkisine yönelik çok az çalışma bulunurken, yapılan literatür incelemelerinde Bursa ilinde cin mısırının sulamaya tepkisi üzerinde bilimsel bir çalışmaya rastlanmamıştır. Bu nedenle bu çalışmada, yarı nemli iklime sahip Marmara bölgesinde bulunan Bursa ili koşullarında yetiştirilen cin mısırı bitkisinin, damla sulama sistemi ile uygulanan farklı sulama seviyelerine olan tepkisi araştırılmıştır. Çalışmada, cin mısırının tane verimi ve kimi agronomik özellikleri belirlenmiş ve böylece su-verim ilişkileri ortaya konularak optimum sulama programı geliştirilmiş ve sulama suyunun yetersiz olduğu koşullara yönelik öneriler getirilmiştir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Bu bölümde, mısır bitkisinde farklı sulama programlarının mısır bitkisinin verim, verim öğeleri, kalite, fizyolojik özellikler ve su üretkenliği üzerine etkilerine yönelik olarak daha önce yapılan çalışmalara yer verilmiştir.

Yıldırım ve Kodal (1995), Ankara koşullarında yaptıkları bir arazi çalışmasında farklı sulama suyu miktarlarının mısır bitkisinin verimine etkilerini belirlemek amacıyla dokuz konulu ve dört tekrarlı bir deneme kurmuşlardır. Tam sulama parselinde kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50'si miktarında su tüketildiğinde, tekrardan nemi tarla kapasitesine çıkaracak şekilde sulama yapılmıştır. Diğer parsellere tam sulanan kontrol parseline uygulanan suyun %0, %25, %50, %75, %125, %150, %175, %200'ü kadar sulama uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre ihtiyaçtan daha fazla miktarda su uygulamasının verimde önemli düzeylerde değişiklik oluşturmadığı belirlenmiştir.

Gençoğlan ve Yazar (1999), Çukurova ekolojik koşullarında, kısıntılı sulama uygulamalarının mısır verimi ve su kullanım randımanına etkilerini araştırmak amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada 120 cm'lik toprak katmanında her on günde bir eksilen suyun %100, 80, 60, 20 ve %0'ı kadar sulama suyu uygulaması yapılmıştır. En yüksek verim tam sulama konusunda (%100), en düşük verim ise sulama suyu uygulanmayan konudan elde edilmiştir. Mısır tane veriminin, oluşturulan su kısıntısıyla ters orantılı olduğu bulunmuştur. Araştırma sonucunda toprak profilinde eksilen suyun %100'ü ile %80'i kadar sulamanın uygulandığı konulardaki tane verimleri arasında istatiksel olarak bir fark bulunmamıştır. Ancak daha sert su kısıntılarında ise verimde önemli düzeyde azalmalar tespit edilmiştir. Araştırmada, su kıtlığı bulunan yerlerde %20 kısıntılı sulama yapılabileceği önerilmiştir.

Çin'de su kaynaklarının azalmasından dolayı sulamanın azaltılması ihtiyacı doğmuş ve 1996–1997 yıllarında kontrollü bir su tasarrufu ile verimi korumak amacıyla Kang ve ark. (2000) tarafından bir araştırma yapılmıştır. Yapılan araştırmada büyüme evresinde %40-50 oranında sulama suyunda kısıntı uygulanmıştır. Araştırma sonunda su üretkenliği iyileştirilmiş ve kısıntı yapılan alanlarda ciddi verim düşüşü olmamıştır. Fide

aşamasındaki toprak suyu açığı, stoma iletkenliğini ve yaprak fotosentezini önemli ölçüde azaltmış bununla birlikte kalıcı bir hasara neden olmamıştır. Bunun nedeni olarak fotosentez değerlerinin sulamadan birkaç gün sonra büyük ölçüde düzeldiği rapor edilmiştir.

Pandey ve ark. (2000), Afrika koşullarında, kısıntılı sulamanın ve azot eksikliğinin mısır bitkisi üzerindeki etkileri için çalışma yürütmüşlerdir. 1996-1997 ve 1997-1998 yıllarında vejetatif dönemde uygulanan su kısıntısında sırasıyla verim değerlerinin %11,1 ve %6,6 azaldığı görülmüştür. Vejetatif ve erken gelişme döneminde, kısıntılı sulama uygulandığında %22,6 ve %26,4'lük önemli verim düşüşleri gözlemlenmiştir. Azot oranının verime etkisi eksik sulama ile farklılık göstermiştir. Su stresi altında yüksek azot oranı verimi çok düşürmüştür.

Karam ve ark. (2003), Lübnan'ın Bekaa Vadisi'ndeki Tal Amara Araştırma İstasyonunda 1998–1999 yıllarında yaptıkları çalışmada, tam ve kısıntılı sulama altında mısır bitkisinin büyüme, verim ve su üretkenliğindeki farklılıkları belirlemeyi amaçlamışlardır. Buharlaşmada elde edilen değerlerin tamamını (%100) ve değerlerin %60'ını uygulanmak koşuluyla iki sulama konusu oluşturulmuştur. %40 kısıntı yapılan konuda, yaprak alan indeksi ve kuru madde miktarında azalma olmuştur. Su açığı nihai kuru maddeyi ortalama %35 azaltmıştır ($P < 0,01$). Su stresine maruz kalma, maksimum yaprak alanı endeksini %25 azaltmıştır ($P < 0,01$). Saha gözlemlerinde 1998 ve 1999 yıllarındaki su stresine bağlı azalmanın benzer olduğunu gözlemlenmiştir. 1999'un başlarında meydana gelen su açığı periyodu, bitki büyümesinin önlenmesine ve hızlandırılmış fizyolojik olgunluğun başlıca nedeni olan yaprak alanının azalmasına neden olmuştur.

Kırnak ve ark. (2003), Harran Üniversitesinde, Harran ovası ekolojik koşullarında 1999-2000 yıllarında yürüttükleri çalışmada, kısıntılı sulama uygulamalarının mısır verimine ve mısır bitki gelişimine etkisini belirlemek amacıyla beş konulu bir deneme yapmışlardır. Sulama konuları sırasıyla her yedi günde bir tarla kapasitesinin (K) %100, (K_1) %80, (K_2) %60, (K_3) %40 ve (K_4) %20'si kadar sulama suyu uygulaması yapılmıştır. İki yılda da en yüksek kuru madde miktarı tam su uygulanan K konusunda,

en düşük ise en az su uygulanan K_4 konusundan elde edilmiştir. İki yılda da dekardan elde edilen ürün miktarının bitki su tüketimine bölünmesi değeri %60 suyun uygulandığı (K_2) konusunda en yüksek çıkmıştır. K ve K_1 konuları arasında tane veriminde önemli bir farklılık bulunmamıştır. Suyun %80'den daha az uygulandığı diğer sulama konularında ise tane veriminde gözle görülür ciddi düşüşler gözlenmiştir.

Mısır bitkisinin, kısıntılı sulama koşulları altındaki verim ilişkisinin belirlenmesi için Okay ve Yazgan (2004), Bursa'nın Yenişehir ilçesinde araştırma yürütmüştür. Arazi denemesi, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrarlı olarak kurulmuştur. "Tector" mısır çeşidinin kullanıldığı deneme parselleri, 10 m uzunluğunda ve 5,6 m genişliğinde olacak şekilde planlanmıştır. On altı farklı sulama konusu oluşturulmuş ve bu konulara göre alınan verimler 1120,1 kg da^{-1} ile 1852,8 kg da^{-1} arasında değişmiştir. Su kısıntısının yapılmadığı koşulda en yüksek verim elde edilmiş olup vejetatif gelişme ve tepe püskülü zamanlarında uygulanan suyun verimde artışa yol açtığı, koçan çıkarma ve süt olum zamanlarında ise su uygulamasında kısıntı yapılmasının verime etki etmediği saptanmıştır. Herhangi bir dönem içinde tek başına sulama yapmanın ise verimi olumsuz yönde etkileyebileceği raporlanmıştır.

Şimşek ve Gerçek (2005), Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesinde 1998 ve 1999 yıllarında yürüttükleri araştırmalarda mısır bitkisi için 4 farklı sulama konusunda deneme yapmışlardır. Damla sulama koşullarında iki, dört, altı ve sekiz gün aralığındaki sulamalarla, su verim ilişkisini belirlemek amaçlanmıştır. Buharlaşma kabından faydalanılarak yapılan çalışmada, iki günlük sulama aralığında toplam buharlaşmanın %100'ü, dört günlük sulama aralığında %90'ı, altı günlük sulama aralığında %80'i, sekiz günlük sulama aralığında da buharlaşan suyun %70'i uygulanmıştır. Araştırmacılar, buharlaşmanın %90'ı uygulanan dört gün aralıklı sulamada en yüksek tane verimi elde edildiğini ve %11,6 oranında bir su tasarrufu sağlandığını raporlamışlardır.

Farre ve Faci (2006), İspanya koşullarında, yağmurlama sulama yöntemi kullanılarak mısır ve sorgumun kısıntılı sulama uygulanması karşısında tepkilerini ölçmek için bir saha çalışması yapmışlardır. Tam sulama altında mısır verimleri sorgumdan daha fazla

bulunmuştur. Ancak kısıntılı sulama koşullarında, mısırdaki verimin sorgumdan daha fazla azaldığı ve orta veya şiddetli su eksikliği uygulaması altında sorgum için daha yüksek verim sağlandığı bildirilmiştir.

ABD'nin büyük ovalarının birçok bölgesinde sulama suyu kaynakları azalmakta ve birçok çiftçi sulama sorunu ile karşı karşıya kalmaktadır. Bunun için Payero ve ark. (2006) tarafından 2003-2004 yıllarında, Nebraska Üniversitesi-Lincoln Merkez Araştırma ve Geliştirme Merkezinde yapılan çalışmada mısırın kısıntılı sulama altında verim tepkisi belirlenmeye çalışılmıştır. Yapılan iki yıllık araştırmada, iki yılda da verim sulama ile birlikte doğrusal olarak artmış fakat aralarındaki ilişki yıldan yıla farklılık göstermiştir. Araştırmanın sonucunda ise verimin arttırılması için eksik su kullanımına gidilmemesini tavsiye etmişlerdir.

Gökçel ve Yazar (2008), Çukurova şartlarında mısırın, yarı ıslatmalı ve kısıntılı sulama programlarının su – verim üzerine ilişkisinin belirlenmesi için araştırma yapılmışlardır. 2006 yılında Çukurova Üniversitesi deneme alanında yapılan bu araştırmada Pioneer-3394 mısır çeşidi kullanılmıştır. Uygulanan sulama suyu miktarının belirlenmesi için A sınıfı buharlaşma kabı kullanılmış ve tam sulama (%100), kısıntılı sulama (%50), yarı ıslatmalı sulama (%100, %75, %50) olarak konular belirlenmiş ve damla sulama sistemi kullanılmıştır. Araştırma sonunda en yüksek verim tam sulama konusunda, en düşük verim ise yarı ıslatmalı (%50) konusundan elde edilmiştir. Çukurova koşularında kısıntılı sulamanın verimde azalmalara neden olduğu belirlenmiş ve kısıntılı sulamadan kaçınılması önerilmiştir. Fakat geleneksel kısıntılı sulama ile yarı ıslatmalı kısıntılı sulama verim değerleri birbirine yakın çıktığı görülmüştür. Bu yüzden suyun pahalı ya da az olduğu yerlerde yarı ıslatmalı kısıntılı sulamayı önermişlerdir.

Kaman ve Kırda (2008), Çukurova Ziraat Fakültesinde yürüttükleri bir çalışmada, üç sulama konusu ile beş mısır çeşidinin su-verim ilişkisini belirlemeyi amaçlamışlardır. Sulama konuları, bitkiye uygulanan sulama suyunda kısıntının yapılmadığı tam sulama (TS), uygulanması gereken suyun %65'inin köklerin her iki tarafına da uygulanması (KS) ve yarı ıslatmalı olarak tanımlanan (YIS) suyun %65 ve köklerin bir yarısını ıslatacak şekilde uygulanması belirlenmiştir. Çalışma dört tekrarlı olarak kurulmuş ve damla sulama sistemi uygulanmıştır. Araştırmada ortalama verim değerleri TS>YIS>KS

şeklinde bulunmuştur. Mısır çeşitleri arasından en yüksek tane verimini P.3394 çeşidi, en düşük verimi ise Tector çeşidi vermiştir.

Oktem (2008), Kısıntılı sulamanın mısır bitkisi üzerindeki verim parametrelerine etkisini araştırmak için 1998 ve 1999 yıllarında Şanlıurfa koşullarında çalışma yapmıştır. Damla sulama ile sulanan tatlı mısırda, sulama konuları A sınıfı buharlaşma kabından elde edilen verilere göre buharlaşan suyun %100, %90, %80 ve %70'inin verilmesi şeklinde planlanmıştır. Bitki veriminde en yüksek değerler her iki yılda da tam sulanan %100 konusunda, en düşük değerler ise %30 kısıntı uygulanan konudan elde edilmiştir. Her iki yılda da %10 kısıntı uygulanan konudan elde edilen verimler yüksek ve mısır üretimi için kabul edilebilir düzeyde bulunmuş ve bu uygulama tavsiye edilmiştir.

Di Paolo ve Rinaldi (2008), Orta İtalya'nın Akdeniz kıyı bölgesinde yaptıkları bir araştırmada, sulama suyu uygulama verimliliğini ve azot kullanımını araştırmışlardır. İki yıllık tarla denemelerinde üç sulama konusu belirlemişlerdir. Buharlaşmadan elde edilen değerlerin %100, %50 ve %0'ı uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre %50 su kısıntısı yapılması ile Akdeniz koşullarında su tasarrufu sağlayarak aynı zamanda iyi bir mısır tane verimi elde edildiğini raporlamışlardır.

Shehata (2009), Kahire yakınlarında mısır bitkisinin sulanması için yüzey damla sulama, yüzey altı damla sulama ve karık sulama arasında karşılaştırma yapmak için tarla denemesi yapmışlardır. Üç farklı sulama seviyesinin (evapotranspirasyonun %100, %80 ve %60'ı) araştırıldığı çalışmada, mısır için en yüksek verim tam sulama uygulanan karık sulama yönteminde ve en düşük verim buharlaşmanın %60'ı verilen yüzey altı damla sulama yönteminden elde edilmiştir. Eksik sulamanın, bitki boyu, yaprak alanı, bitki çevresi ve bitki başına koçan sayısı üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu görülmüştür. İkinci en yüksek su kullanım etkinliği ise %80 su uygulanan yüzey damla sulama yönteminden elde edilmiştir.

Dağdelen ve ark. (2010), 2007 ve 2008 yıllarında Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesine bağlı olan araştırma alanında iki silajlık mısır çeşidi üzerinde farklı

miktarlarda uygulanan suyun yeşil ot verimine etkisini araştırmışlardır. Dört farklı sulama konusunun uygulandığı çalışmada, buharlaşma kabından elde edilen değerin %0, %30, %70, %100'üne göre üç günde bir sulama yapılmıştır. Her iki mısır çeşidinde de en fazla verim kısıntının uygulanmadığı tam sulama konusundan elde edilmiştir. Buharlaşmanın %70'inin verildiği konu verimde ikinci sırada yer almıştır ve en az verim sulama yapılmayan %0 konusundan elde edilmiştir. Su kullanımının sıkıntılı olduğu ve kısıntı yapılması gereken koşullarda %30 kısıntının yapıldığı uygulama tavsiye edilmiştir. Çünkü %30 sulama suyu kısıntısına karşılık verimde %4,3'lik bir verim düşüşü gerçekleşmiştir.

Rodrigues ve Pereira (2009), Güney Portekiz'de, mısır ve ayçiçeği için su-verim ilişkileri için ve kısıntılı sulamanın ne zaman uygulanabileceğinin tespiti amacıyla çalışma yapmışlardır. Araştırma sonuçlarında; belirli limitler dahilinde mısır bitkisi için uygulanan su kısıntılarının, su kullanım etkinliğini artırdığı belirtilmiştir.

Tarıq ve Usman (2009), Pakistan'da Takht-i Bahi bölgesinde mısır üzerinde gerçekleştirdikleri araştırmada 5 konulu ve 3 tekrarlı bir uygulama yapmışlardır. Sulama konuları, buharlaşma kabından elden edilen değerlerin sırasıyla %50 (T1), %75 (T2), %100 (T3), %125 (T4) ve kontrol parseli (T0) olarak ayarlanmıştır. T0, T1, T2, T3 ve T4 uygulamaları için sırasıyla 278, 132, 197, 263 ve 328 mm sulama suyu uygulanmıştır. Çalışma döneminde yoğun yağışlar sebebi ile sadece üç kere sulama yapılmıştır. En yüksek verim T2 konusundan, en düşük verim ise T0 konusundan elde edilmiştir. T1 uygulamasından ortalama %70 uygulama verimliliği elde edilmiştir. Çalışmada T2 konusundan ise optimum verim elde edileceği sonucuna ulaşılmıştır.

Topak ve ark. (2009), Konya ovası koşullarında, mısır bitkisinin eksik su uygulama koşullarında verimdeki değişmelerin belirlenmesi için 2005 ve 2006 yıllarında bir arazi denemesi yürütmüşlerdir. Çalışmada sulama sistemi olarak, damla sulama yöntemi kullanılmış ve üç konulu bir sulama programı uygulanmıştır. Bunlar bitkinin tükettiği su miktarının %100(S1), %75(S2) ve %50(S3)'sinin verilmesi şeklinde planlanmıştır. Araştırmadan elde edilen verilerden görülmüştür ki %25 kısıntının uygulandığı S2 konusu ile tam sulamanın uygulandığı S1 konusu arasında istatiksel olarak önemli bir

verim farkı gözlenmemiştir. Fakat %50 sulamanın uygulandığı S3 konusunda ciddi verim düşüşleri olduğu rapor edilmiştir.

Kuşçu ve Demir (2010), Bursa–Mustafakemalpaşa Ovası koşullarında, Uludağ Üniversitesi Mustafakemalpaşa Meslek Yüksekokulu arazisinde, kısıntılı sulamanın mısır bitkisinin gelişimi ve verimi üzerine etkilerini belirlemek amacı ile 2008 ve 2009 yıllarında tarla denemesi yapmışlardır. Yapılan bu denemede, on beş farklı kısıntılı sulama uygulaması (V, F, T, VF, VT41, FT, V25FT, V50FT, V75FT, VF25T, VF50T, VF75T, VFT25, VFT50 ve VFT75), tam sulama VFT ve susuz olarak toplamda on yedi deneme konusu oluşturulmuştur. Yapılan ölçümlerde uygulanan sulama suyu arttıkça, verimin de arttığı gözlemlenmiş ve en yüksek tane verimi en yüksek su tüketimine sahip olan VFT ve tane döneminde %25 kısıntı uygulanan VFT_{75} konularından elde edilmiştir. Denemenin sonuçlarında, mısır bitkisinin su eksikliğine karşı hassas bir bitki olduğu ve en duyarlı olduğu dönemin çiçeklenme dönemi olduğu, sonra sırasıyla vejetatif gelişme, tane oluşum ve olgunlaşma dönemleri izlediği gözlemlenmiştir. Sudan kısıntı yapılmasının zorunlu olduğu durumlarda çiçeklenme ve vejetatif gelişme zamanlarında su kısıntısı yapılmasından kaçınılması gerektiği belirtilmiştir.

Özcan (2010), Konya koşullarında bazı mısır çeşitlerinin kısıntılı sulama altında verim tepkisinin belirlenmesi için 2008 yılı döneminde çalışma yürütmüştür. Dört tekrarlı olarak yürütülen çalışmada, sulama suyunun %100'ü(kontrol), kontrolün %75 ve %50'si olarak üç sulama konusunun, altı mısır çeşidi üzerine etkileri gözlemlenmiştir. Çalışmanın sonucunda incelenen özelliklerin hepsinde çeşitler arasında önemli farklılıklar bulunmuştur. İncelenen çeşitlerin bir kısmında, sulamada kısıntı yapılarak ekonomik verim değerlerine varılabileceği tespit edilmiştir. P34 N43, OSSK-713, Mitic ve Bora çeşitleri, uygulanan sulama suyu kısıntılarına olumlu bir verim değeri ortaya koymuşlardır.

Arıtürk ve Erdem (2011), 2006 yılında Tekirdağ şartlarında mısır bitkisinde suyun verim üzerindeki etkilerini belirlemek için çalışma yürütmüşlerdir. İkinci ürün olarak ekilen mısır için üç sulama konulu bir planlama yapılmıştır. Sulama konuları, su ihtiyacının %0, %50 ve %100'nün verilmesi şeklinde belirlenmiştir. Gravimetrik

yöntem kullanılarak topraktaki nem değişimleri izlenmiştir. Karık sulama ve damla sulama olarak belirlenen sulama yöntemlerinin her ikisinde de en fazla verim tam sulama konusundan elde edilmiştir. Araştırmanın sonuçlarına göre suda kısıntıya gidilmesi gerekilen yerlerde, sulama suyu yerine alanda kısıntı uygulayıp bitkinin ihtiyacı olan su miktarının tam olarak verilmesinin daha faydalı olacağı tavsiye edilmiştir.

Ayana (2011), 2007 yılında, Arba Minch (Etiyopya) koşullarında sulamanın mısır bitkisinin verim performansı üzerindeki etkisini belirlemek için bir tarla denemesi gerçekleştirmiştir. Mısırın dört büyüme aşamasının, birinci, ikinci veya üçüncü büyüme aşamasında su kısıntısına maruz bırakılmıştır. Birinci ve ikinci büyüme aşamalarında su stresine maruz kalan konular altındaki mısır bitkilerinin verimi, tam sulanan konular altında elde edilen verimden önemli ölçüde farklı olmayan verimler üretmiştir. Maksimum verime kıyasla, üç büyüme aşamasında su açığına maruz kalan işlemlerde %29 ile %42 daha düşük verim kaydedilmiştir. En yüksek verim düşüşü, yalnızca dördüncü büyüme aşamasında sulanan, ardından birinci ve üçüncü büyüme aşamalarında sulanan ve ardından yalnızca ikinci aşamada sulanan uygulamalarda gözlenmiştir. Birinci ve ikinci büyüme aşamalarındaki su açığının mısırın tane verimi üzerinde önemli bir etkisinin olmadığını ve bu koşullarda sulama suyundan tasarruf edilebileceğini ileri sürmüştür.

Çamoğlu ve ark. (2011), 2007 ve 2008 yıllarında Çanakkale bölgesinde tatlı mısır bitkisinin su stresi altında fizyolojik ve morfolojik özelliklerinin tepkilerini belirlemek üzere çalışma yürütmüşlerdir. Bu çalışmada sulama sistemi olarak damla sulama tercih edilmiştir ve altı sulama konulu bir araştırma yapılması planlanmıştır. Bunlar; ihtiyacın tamamının uygulandığı tam sulama ve sırasıyla tam sulamanın %80, %60, %40, %20 ve su uygulanmayan konudur. (S_{100}, S_{80}, S_{60}, S_{40}, S_{20} ve S_0) Araştırmanın sonunda bitki su tüketimi, klorofilmetre, yaprak su içeriği gibi istatiksel verilerde önemli farklar gözlemlenmiştir. En yüksek değerler tam sulama konusunda elde edilmiştir. Tam sulamadan sonra ciddi verim düşüşleri olduğu görülmüştür. Tatlı mısır bitkisinin suya karşı oldukça hassas olduğu bu nedenle hiçbir şekilde suda kısıntıya gidilmemesi tavsiye edilmiştir.

Kaman ve ark. (2011), Çukurova Üniversitesinde yaptıkları çalışmada beş farklı mısır çeşidi üzerinde (P.31.G.98, P.3394, Rx:9292, Tector and Tietar) geleneksel eksik sulama ve kısmı kök bölgesi sulamasının, verimdeki genotipik farklılıklarını araştırmışlardır. Sulama konuları; bitkinin su ihtiyacının tamamının veriliği %100 sulama (1), buharlaşma kabından elde edilen değerin tam olarak verildiği, bitki sıralarındaki olukların sulanması (2), kısmi kök bölgesi sulamasında %35 eksik sulama ile bitkinin sadece bir tarafının sulanması (PRI) şeklinde belirlenmiştir (3). Üç sulama uygulaması ve dört tekerrürlü beş mısır çeşidinden oluşan deney 2 yıl uygulanmış ve bir haftalık sulama aralıkları ile toplam dokuz sulama yapılmıştır. Test edilen mısır çeşitlerinden Tector ve Tietar, PRI altında (3) önemli ölçüde daha yüksek tane verimi ($P < 0,05$) göstermiştir.

Kara (2011), Konya ovası koşullarında mısır bitkisinin, uygulanan sulama suyu miktarlarına karşı verimindeki değişmeleri belirlemek için çalışma yürütmüştür. 2009 yılında yapılan bu çalışmada su tüketim değerleri A sınıfı buharlaşma kabı yöntemi ile belirlenmiştir ve sulama metodu olarak damla sulama sistemi tercih edilmiştir. Yapılan denemede yedi gün aralıklarla sulama yapılmıştır. Sulamanın verim ve kalite üzerine etkilerinin incelendiği bu araştırmada dört sulama konulu bir araştırma yapılmıştır. Buharlaşma kabından eksilen suyun %60, %80, %100 ve %120'sinin uygulandığı bu çalışmada, araştırma sonuçlarında en yüksek verim suyun %100'nün uygulandığı konudan, en düşük verim ise %60'ının uygulandığı konusundan elde edilmiştir. Bu bölgede mısır bitkisinin damla sulama sistemi ile sulanmasında buharlaşma kabında ölçülen değerlerin %80 ve %100'ü kadar sulamanın yapıldığı konular yetiştiricilik için ideal olarak bulunmuştur.

Dominguez ve ark. (2012), İspanya koşullarında mısır üzerinde yaptıkları üç yıllık araştırma sonuçlarında kısıntılı sulama uygulamalarının çiftçilerin su-verim ilişkisini arttırarak, yüksek kar elde edilebileceği gözlemlemişlerdir.

Karrou ve diğeleri (2012), Mısır koşullarında yaptıkları üç yıllık bir çalışmada mısır bitkisi üzerinde kısıntılı sulamanın etkilerini araştırmışlardır. Sonuç olarak mısır su

isteği fazla olan bir bitki olduğu için su kısıntısının araştırma yapılan yerin iklim koşullarında, verimi olumsuz etkileyebileceği gözlemlenmiştir.

Sampathkumar ve ark. (2012), Hindistan koşullarında 2007–2009 yıllarında, kısıntılı sulama uygulamalarının pamuk ve mısırın kök büyümesi üzerindeki etkisini incelemek için tarla deneyleri yapmışlardır. Deneysel işlemler altı sulama konusundan oluşmuş ve sulama için damla sulama sistemi kullanılmıştır. Hafif kısıntılı sulama altında bitkiler daha uzun yanal kök üretmişlerdir. Tam %100 ve %80 su uygulanan konularda verim değerleri arasında ciddi fark bulunmamıştır. Çalışma koşullarına sahip alanlarda %20 su kısıntısına gidilebileceğine ulaşılmıştır.

Aydinsakir ve ark. (2013), Akdeniz koşullarında yetişen mısır genotiplerinde eksik sulama uygulanması karşısında verim ve bazı kalite parametrelerindeki değişimler araştırılmıştır. İki farklı tohum üzerinde (Şafak ve Ant-İ90) araştırma yapılmıştır. Beş farklı sulama konusu oluşturulmuştur. Bunlar; su ihtiyacının tamamının verildiği %100 konusu ve daha sonra tam sulamanın %75, %50, %25 ve %0'ının uygulandığı konulardır. Araştırma sonuçları sulamanın, verim üzerinde istatiksel olarak anlamlı bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. En yüksek su kullanım etkinliği şafak genotipi için %50 su uygulanan konudan, en düşüğü ise Abt-İ90 için sulama uygulanmayan konudan elde edilmiştir. Şafak genotipinin su stresine toleransının Ant-İ90'dan daha yüksek olduğu sonucu rapor edilmiştir.

Ertek ve Kara (2013), Mısır bitkisinin verim–su ilişkisinin belirlenmesi için Isparta Süleyman Demirel Üniversitesi koşullarında çalışma yürütmüşlerdir. 2011 ve 2012 yıllarında yapılan bu çalışmada beş farklı sulama konusu belirlenmiştir. Bunlar; %100 tam sulama ve tam sulamanın %85, %70, %55 ve %40'ı şeklinde oluşturulmuştur. Parseller üç tekrarlı tesadüfi bloklardan oluşturulmuştur. Her iki yılda da en düşük ve en yüksek bitki su tüketimi %40 su uygulanan ve tam sulama uygulanan konulardan elde edilmiştir. En düşük verim her iki yılda da %40 su uygulanan konudan elde edilmiştir. En yüksek verim tam sulama konusundan elde edilmiştir. Verim, su kısıntısından önemli ölçüde etkilenmiştir. Bununla birlikte %30 kısıntı yapılan konuda verimde önemli bir azalma olmadan su tasarrufu sağlayan bir tutum göstermiştir. Ayrıca en

yüksek protein içeriği ve şeker miktarı da yine bu konuda gözlemlenmiştir. Sudan %30 kısıntı yapılan bu sulama konusu, tatlı mısır için verim düzeyinde en düşük etki ile daha yüksek kalite değerlerine sahip olduğu görülmüştür.

Rodrigues ve ark. (2013), Portekiz şartlarında yaptıkları çalışmada, kısıntılı sulamanın ekonomi ve verim üzerindeki etkilerini belirlenmek istemişlerdir. Araştırma sonuçlarında, kısıntılı sulama stratejilerinin uygulanabilirliğinin büyük ölçüde yatırım maliyetlerine bağlı olduğu belirtilmiştir. Damla sulama sistemlerinin yararlı su kullanımı ve su üretimi açısından yağmurlama sistemlerine göre daha yüksek su kullanım performansına yol açtığı bulunmuştur.

Sampathkumar ve ark. (2013), Tarım Koleji ve Araştırma Enstitüsü bünyesinde, Coimbatore, Hindistan'da 2007–2009 dönemlerinde, damla sulama sistemiyle uygulanan açık sulama uygulamalarının pamuk-mısır mahsul sırasına etkisini incelemek için tarla deneyleri yapmışlardır. Bu çalışmada, kısmı kök sulaması (PRD) ve eksik sulama (DI) kavramları, damla sulama sistemi kullanılarak iki sulama seviyesinde alternatif açık sulama (ADI) aracılığıyla uygulanmıştır. Yedi sulama konusu yüzey damla sulama ile uygulanmıştır. Araştırma sonunda mısır bitkisi söz konusu olduğunda, koçan başı tane sayısı ve koçan ağırlığı, tane verimi ile oldukça ilişkili bulunmuştur. Sınırlı su koşulları altında hafif uygulanan kısıntılı sulamanın uygun bir seçenek olabileceği rapor edilmiştir.

Hirich ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada arıtılmış atık suyun ve kısıntılı sulamanın verim, kuru madde ve toprak nemi mevcudiyeti üzerindeki etkilerini araştırmışlardır. Tam sulama altında verim biraz artırmıştır, ancak stres koşulları altında nispeten küçük bir etkiye sahip olmuştur. Çiçeklenme ve tahıl doldurma aşamalarında tam sulama ihtiyacının %50'sinin uygulanması verimde azalmaya yol açmıştır. Sonuçlar hem çiçeklenme hem de tane oluşum aşamasının, kısıntılı sulama için en duyarlı dönem olduğunu, vejetatif büyüme aşamasının ise en toleranslı dönem olduğunu göstermiştir. Vejetatif büyüme aşamasında %75 su kısıntısına kadar mısırın verimini önemli ölçüde etkilemediği gözlemlenmiştir buda %25 su kısıntısı uygulanan konu ile tasarruf sağlanabileceği anlamına gelmektedir.

Yaseen ve ark. (2014), Kısıntılı sulama uygulamalarının, toprağın fiziksel özellikleri ile mısır bitkisinin büyümesi ve verimi üzerine etkilerini görmek için arazi çalışması yapmışlardır. Sonuçlarda, daha fazla sulama derinliğinin, bitki boyunu geliştirdiği görülmüştür. Toprak suyundaki artış, daha iyi çimlenme ve daha yüksek verim sağlamıştır. Ortalama değerler, farklı sulama seviyelerinde koçan uzunluğu üzerinde önemli bir etkinin olmadığını göstermiştir.

Benjamin ve ark. (2015), ABD'nin Colorado eyaletinde 2001-2006 yılları arasında mısır bitkisinde kısıntılı sulamanın; toprak suyu kullanımı, toprak suyu içeriği, biyokütle üretimi ve su kullanım verimliliği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kısıntılı sulama ile tam sulamanın 2001 yılında aynı tane verimine sahip olduğu görüldü. Verim 2002 yılında %20 azalmış ve 2006 ya kadar süren süreçte tane veriminde %65'e varan oranda azalma gözlemlenmiştir. Kısa vadeli ve acil durumlarda kısıntılı sulama alternatif seçecek olabilirken, uzun süreli kısıntılı su kullanımı, bu deneysel koşullar altında hem mısır üretimi hem de su kullanım verimliliği için zararlı olmaktadır.

Uçak ve ark. (2016), Siirt bölgesi koşullarında silajlık mısır çeşitlerinin kısıntılı sulama altında, verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi, su ile kuru madde arasındaki ilişkiler ve bu ilişkilerden yola çıkarak silaj kalitesinin tahmin edilmesinde yararlanılacak kuru maddenin eşik değerini tayin etmek için bir arazi çalışması yürütmüşlerdir. Tesadüfi olarak bloklara ayrılmış deneme parsellerinde üç tekerrürlü olarak ve üç sulama konulu bir çalışma yapılmıştır (tam suyun verildiği %100, tam suyun %70'i, tam suyun %35'i). Sulama aralığı yedi gün olarak belirlenip, damla sulama sistemi kullanılmıştır. Araştırmada P32K61, P31Y43 VE P30B74 mısır çeşitleri kullanılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre uygulanan su miktarı arttıkça kuru madde miktarı, yaprak alan indeksi ve klorofil değerlerinde artış gözlenmiştir. Ancak %30 su kısıntısı uygulanan konu ile tam sulama uygulanan konunun değerleri çok yakın çıkmıştır bu yüzden sulama kaynağının yetersiz olduğu koşullarda sulamada %30 kısıntı yapılabileceği gözlemlenmiştir.

Gheysari ve ark. (2017), İsfahan Üniversitesinde, mısır bitkisinin farklı sulama seviyeleri altındaki verim değişikliğini gözlemlemek için bir arazi çalışması

yürütmüşlerdir. Sulama konuları oluşturulurken su kısıntısının; şiddetli, orta, hafif ve tam sulama olmak üzere dört konulu olarak planlanmıştır. Araştırma sonuçlarında çok ciddi farklar gözükmese de M1 konusunun (etkin kök bölgesinde toprak suyunun tüketmesine ve izin verilen maksimum tüketimin %50'ye eşit olması), M2 konusundan (değişken sulama aralığı-sabit sulama derinliğin) daha olumlu sonuçlar doğurmuştur.

Greaves ve Wang (2017), Tayfan koşullarında, mısır bitkisi üretiminde kullanılan suyun verimliliğinin iyileştirilmesi ve etkili köklenme derinliği bulunması için bir arazi araştırması yürütmüşlerdir. Beş sulama konusu oluşturulmuş ve topraktaki suyun %40'ı tüketilince sulama uygulanmıştır. Uygulanan mevsimlik su 235–555 mm arasında değişmiş, mevsimlik evapotranspirasyon 331–605 mm arasında değişmiştir. Su kısıntıları, konular arasında değişken su stresi şiddetine neden olmuş, bu da verimin azalmasına neden olmuştur. Kritik büyüme aşamalarında su kısıntısına gidilmemesi tavsiye edilmiştir.

Taş ve Öktem (2017), Türkiye'nin güneydoğusunda bulunan Harran ovasında 2015 ve 2016 yıllarında hibrit mısır çeşitlerinde uygulanan sudaki kısıntıların, tepe-koçan püskülü çiçeklenme süresi ve tepe-koçan püskülü çiçeklenmeleri arası gün farklarına olan etkilerinin belirlenmesi için çalışma yürütmüştür. Bu çalışma, yirmi adet mısır genotipi gereç olarak kullanılmış ve bitkisel tesadüf bloklarına ayrılmış parsellere göre üç tekrarlı olarak hazırlanmıştır. Sulama konuları, uygulanması gereken suyun tamamı %100 (kontrol) ve kontrol suyunun %50'si olarak oluşturulmuştur ve sulama metodu olarak damla sulama sistemi tercih edilmiştir. Sulamalar beş gün aralıklarla yapışmıştır. Araştırmada %50 kısıntısı yaşayan mısır genotipleri, tam sulamaya oranla tepe ve koçan püskülü çiçeklenme sürelerinde gecikmeler yaşanmıştır. Bunun sonucunda da çiçeklenmeler arasındaki gün farklarında da artış gözlemlenmiştir.

Faloye ve ark. (2019), Nijerya koşullarında yaptıkları araştırmada, kısıntılı sulamanın biyokömür ile etkileşiminin, mısır büyümesi ve verimi üzerindeki değişiklikleri analiz etmek için arazi çalışması yapmışlardır. Sulama konuları ihtiyaç duyulan sulamanın %100, %80 ve %60'ı olarak belirlenmiştir. Sonuçlara göre, sınırlı su kullanımı altında biyokömür ile toprağın iyileştirilmesi, kuraklık stresinin olumsuz etkilerini en aza

indirerek mısır verimini ve su kullanım verimliliğini artırmak için yeni bir yaklaşım olabileceği rapor edilmiştir.

Yuan ve ark. (2019), Çin'in kuzeybatısında, tuzlu su ile kısıntılı sulamanın, mısır bitkisi üzerindeki etkilerini incelemek için iki yıllık bir çalışma yürütmüşlerdir. Sulama suyu miktarı ve sulama suyu tuzluluğunun birleşik etkisi altında, sulama suyunun tuzluluğunun artması ve sulama suyu miktarının azalması ile toprak tuz birikimi kademeli olarak artmıştır. 3 g L^{-1} tuzluluk oranı ve 370 mm su miktarı ile sulamada, önemli bir verim düşüşüne neden olmayacağı ve mısırın tohum üretimi için su kullanım verimliliğini arttıracağı rapor edilmiştir.

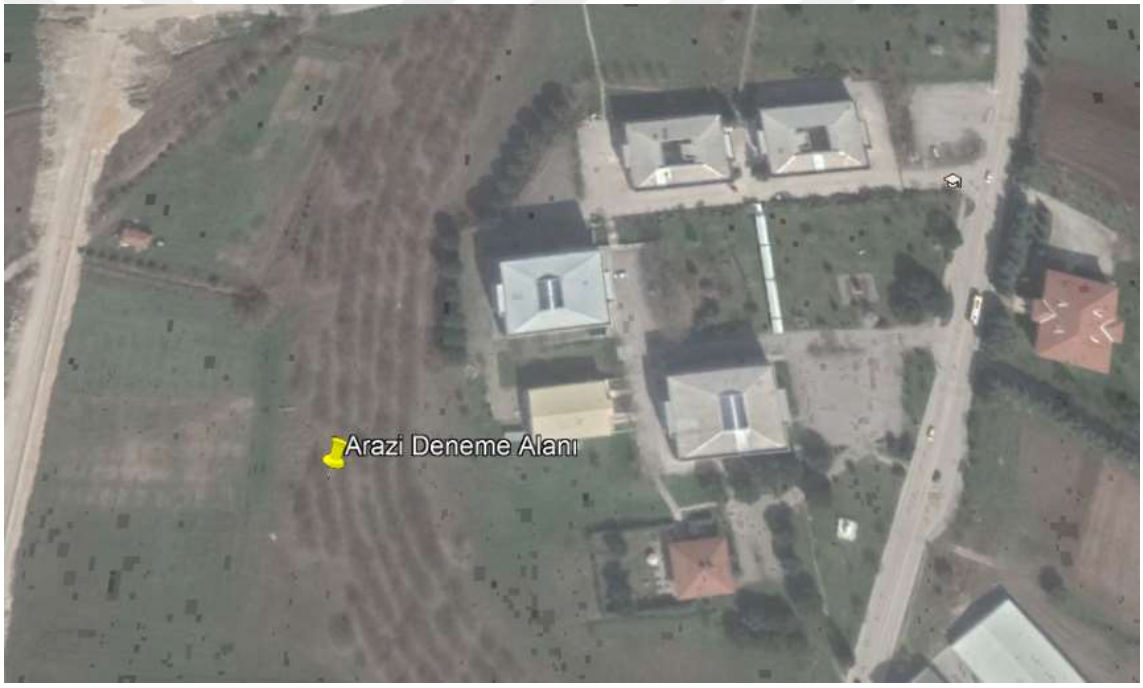
Gönülal ve Soylu (2020), Konya'nın Karapınar ilçesinde 2012 ve 2013 tarihlerinde yürüttükleri bir araştırmada, mısır bitkisinin farklı gelişme devrelerinde su stresine karşı gösterdiği tepkileri belirlemeye çalışmışlardır. Tesadüf bloklu ayrılmış parsellere göre dört tekerrürlü olarak üç sulama konulu bir çalışma yürütülmüştür (Uygulanması gereken suyun tamamı %100, tam sulamanın %70'i ve tam sulamanın %40'ı). Her iki yılda da su uygulamalarının gelişim dönemlerine etkisi istatiksel olarak önemli bulunmuştur. 2012 yılında en iyi verim tam sulama konusundan, en düşük verim %40 su uygulanan konudan elde edilmiştir. 2013 yılında ise yine en yüksek verim tam sulamadan elde edilmiş ancak %30 su kısıntısı yapılan konuyla istatistik sonuçları benzer çıkmıştır. Araştırmanın gelişme dönemine etkilerinde ise ilk dönemlerde sulamada kısıntıya gidilmesinin verimde az bir kayba yol açtığı fakat generatif dönemlerde yapılacak bir su kısıntısının verimde oldukça fazla düşüşe sebep olduğu görülmüştür. Mısırda uygulanacak sulama kısıntısında, fenolojik dönemlerin dikkatle göz önünde bulundurulması gerektiği, tozlaşma döneminde su kısıntısına gidilmemesi gerektiği sonucuna varılmıştır.

3. MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanı

Araştırma, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi'nin deneme arazisinde 2019 yılının yetiştirme periyodunda yürütülmüştür (Şekil 3.1). Araştırma alanı Bursa il merkezi sınırları içinde olup il merkezinden yaklaşık 20 km uzaklıktadır. Marmara bölgesinde yer alan Bursa ili 28°51' doğu boylamında, 40°13' kuzey enleminde yer almaktadır. Bursa'nın deniz seviyesinden ortalama yüksekliği 100 m olup deneme alanın ise 117 m'dir.



Şekil 3. 1. Deneme alanından bir görünüş

3.1.2. Araştırma alanının tarımsal yapısı

Araştırma alanını içine alan Bursa ilinde tarım yapılan kültür arazisi toplam arazinin %40'ını oluşturmaktadır. Bursa polikültür bir tarım yapısına sahip olup hem tarla bitkileri hem de bahçe bitkileri arasında yer alan birçok bitki uygun toprak ve iklim özellikleri nedeniyle yetiştirilebilmektedir. İldeki toplam tarım alanı 347 090 ha olup bu

alanın yaklaşık olarak %42'sinde tarla bitkileri yetiştiriciliği yapılmaktadır. İl genelinde alan bakımından en fazla yetiştiricilik yapılan bitki buğday olmakla birlikte 21 358 ha silajlık ve 13 450 ha tane amaçlı olmak üzere toplam 34 808 ha alanda mısır yetiştiriciliği yapılmaktadır (Turhan ve ark. 2013).

3.1.3. İklim özellikleri

Kışların serin ve yağışlı, yazların ise sıcak olduğu bölge, ılıman iklim koşullarına sahiptir. Araştırma alanının 1928-2018 yıllarına ait uzun yıllar ortalama iklim verileri Bursa Meteoroloji İstasyonundan elde edilmiştir (Çizelge 3.1). Yıllık sıcaklık değerleri ortalaması 14,6 ºC olup en yüksek sıcaklık 24,6 ºC ile temmuz ayında gerçekleşmiştir. Bursa'nın bir yıl içindeki yağış ortalaması ise 707,6 mm olup aralık ayı ise 101,4 mm ile yağış miktarının en fazla olduğu aydır. Thornthwaite sınıflandırmasına göre araştırma alanının iklimi, yarı nemli olarak tanımlanmaktadır (Feddema, 2005). Araştırmanın yürütüldüğü dönemde ise aylık toplam yağış miktarında azalış, ortalama güneşlenme zamanında artış olmuştur. Bağıl nemin sene içindeki ortalaması %66'dır. Araştırmanın yapıldığı döneme ait iklim verileri Çizelge 3.1'de gösterilmiştir. Araştırmanın yapıldığı dönemde yağış miktarı uzun yıllar ortalamasının üstünde gerçekleşmiştir. Çalışma yılında en düşük sıcaklık mayıs ayında, en yüksek sıcaklık ise ağustos ayında görülmüştür. Genel olarak denemenin yürütüldüğü mevsimdeki sıcaklık değerleri uzun yıllar ortalamasının üzerinde gerçekleşmiştir.

Çizelge 3. 1. Bursa ilinin 1928-2018 yılları arasındaki ortalama iklim değerleri ve çalışma yılına ait iklim verileri

	Yağış (mm)		Bağıl nem (%)		Ortalama sıcaklık ºC	
Aylar	2019	1928-2018	2019	1928-2018	2019	1928-2018
Mayıs	40,4	43,4	72	62	19,7	17,7
Haziran	51,2	36,5	64	58	24,4	22,1
Temmuz	37,9	17,7	65	56	24,5	24,5
Ağustos	39,1	13,8	64	57	25,1	24,3

3.1.4. Toprak özellikleri

Denemenin yapıldığı alana ait toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir. Çizelge 3.2'ye göre, araştırma sahası topraklarının kil sınıfına ait olduğu görülmektedir. Toprağın ilk 120 cm'lik kısmında hacim ağırlığı 1,34-1,38 g cm^{-3}, solma noktası %23,18-27,07 arasında ve tarla kapasitesi %38,17-43,01 arasında değişmektedir. 90 cm'ye kadar olan toprak su tutma kapasitesi 163,3 mm'dir. Ayrıca toprağın pH değerlerine baktığımızda, 0-60 cm az asitli, 60-90 cm nötr seviyesinde ve 90-120 cm ise hafif alkalik özelliktedir. Toprağın ilk 90 cm'sinde kireç düzeyi çok düşük seviyede iken, 90-120 cm aralıkta ise yüksek seviyededir. Organik madde miktarı ise toprak derinleştikçe azalmaktadır.

Çizelge 3. 2. Deneme alanındaki toprakların fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak Derinliği(cm)	Kil	Kum	Silt	Bünye Sınıfı	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)	Hacim Ağırlığı (g cm^{-3})
0-30	49,5	24,32	26,18	Kil	38,17	27,07	1,35
30-60	50,5	23,28	26,22	Kil	40,01	27,03	1,36
60-90	53,5	21,88	24,62	Kil	43,01	26,75	1,34
90-120	40,5	21,64	37,86	Kil	40,05	23,18	1,38
Toprak Derinliği(cm)	EC (dS m^{-1})	pH	Kireç (%)	Saturasyon (%)	Organik Madde (%)	Yarayışlı Fosfor (kg da^{-1})	Yarayışlı Potasyum (kg da^{-1})
0-30	0,45	6,1	0,0	101	0,72	8,9	46
30-60	0,45	6,4	0,0	109	0,43	3,5	36
60-90	0,79	7,1	1,3	110	0,57	8,1	39
90-120	0,64	8,0	43,7	101	0,17	6,9	25

3.1.5. Sulama suyu

Bu çalışmada mısır bitkilerinin sulanması için Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle Yerleşkesi içinde bulunan, Yolçatı (Göbelye) Gölet'inden yararlanılmıştır. Göletten alınan suyun dağıtımı hidrantlar ile yapılmaktadır. Göletten elde edilen suyun, yapılan analizler sonucunda pH değeri 7,12, sodyum adsorbsiyon oranı (SAR) oranı 0,23 ve

elektriksel geçirgenliği 310 micromhos cm^{-1} olarak bulunmuştur. Su orta derecede tuz ve düşük seviyede sodyum içermektedir.

3.1.6. Sulama sistemi

Mısır bitkilerinin kontrollü olarak sulanması için bir damla sulama sisteminden yararlanılmıştır (Şekil 3.2). Suyun sistemli bir şekilde uygulanması için PE borular, hidrosiklon filtre, disk filtre, manometre, su sayaçları ve vanalar kullanılmıştır (Şekil 3.2). Tarlaya uygulanacak olan sulama suyu, hidranttan Ø75 HDPE iletim borusu ile çalışma alanına getirilmiş ve bir küresel vana ile Ø50 PE ana boruya bağlanmıştır. Ana borudan elde edilen su, bir redüksiyon TE, küresel vana ve bir su sayacı ile Ø32 PE yan boru hatlarına alınmıştır. Mısırların sulanması için kullanılan damla sulama boruları, her bitki sırasına Ø16 çaplı PE lateral boru gelecek şekilde yerleştirilmiştir. Yerleştirilen damla sulama boruları üzerinde, basınç regülatörlü damlatıcılar bulunmaktadır. Boru üzerinde 20 cm aralıklar ile içten gecik damlatıcıların debisi 1 atm basınç altında 2 L h^{-1}'dir.



Şekil 3. 2. Damla sulama sistemi ve su sayacı

3.1.7. Bitki özellikleri

Bu çalışmada yüksek verim potansiyeline sahip olan R427 türü cin mısırı tohumu kullanılmıştır. Kullanılan bu çeşidin 105 günlük yetişme sezonu vardır (Şekil 3.3). R427 çeşidinin yaprak hastalıklarına karşı dayanıklılığı yüksek olması ile beraber kök sistemi

de kuvvetlidir. Kullanılan bu çeşidin, değişik toprak yapılarına karşı uyum gösterme yeteneği yüksektir (Anonim, 2021).



Şekil 3. 3. R427 mısır çeşidi

3.1.8. Araştırmada kullanılan donanımlar

a) A sınıfı buharlaşma kabı

Araştırmada, bitkiye uygulanacak olan sulama suyunun belirlenmesi için standart boyutlarda A sınıfı buharlaşma kabından yararlanılmıştır.



Şekil 3. 4. Buharlaşma kabı

b) Nem ölçme aleti

Hasattan sonra tanelenen mısır tanelerinin nem içeriklerini ölçmek için Wile 55 nem ölçme aletinden faydalanılmıştır (Şekil 3.5). Onbeş farklı hububatın nemini ölçen ve çok basit kullanıma sahip olan ürün, çok hassas bir şekilde ve aynı zamanda çok hızlı bir şekilde nem ölçülmesine olanak sağlar. Mısır tohumları aletin içindeki bölmeye kap yardımı ile boşaltılır, kapağı kapatılır ve tek bir tuşa basarak nem değeri hesaplanır. Aletin test sonuçlarını saklama ve ortalama sonucu verme özelliği bulunmaktadır.



Şekil 3. 5. Wile 55 Nem Ölçer

c) Kumpas

Kumpasın alt kısmı mm, üst kısmı inch şeklindedir. Sabit çene ve hareketli çene yardımı ile uzunluk, boy ölçülmesini sağlar. Hassas bir şekilde ölçüm yapılan bu alet ile hasat edilen mısırların koçan boyu ve çapı ölçülmüştür (Şekil 3.6).



Şekil 3. 6. Dijital göstergeli kumpas

d) Terazi

Mısırların hasatından sonra koçanların, mısır tanelerinin, mısır kuru madde oranları gibi bir çok özelliklerin hesaplanması için şarjlı teraziden yardım alınmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3. 7. Terazi

3.2. Yöntem

3.2.1. Toprak örneklerinin alınması ve analizler

Denemenin yürütüldüğü araziye ait toprakların gerekli fiziksel ve kimyasal özelliklerini belirlemek amacıyla sistematik örnek alma yönteminden yararlanılmıştır (Black, 1965). Toprak katmanında açılan 120 cm derinliğin, her 30 cm'lik kısmından örnekler alınmış (Tüzüner,1990)'da belirtilen prensipler yönünde analizler gerçekleştirilmiştir.

- Toprak bünyesi, Bouyoucos (1951), tarafından belirtildiği şekilde Hidrometre Yöntemi ile tespit edilmiştir. Bozulmamış toprak örneklerinde, hacim ağırlığı belirlenmiştir.
- Tarla kapasitesi basınçlı plaka aygıtı yardımı ile bozulmamış toprak örneklerinin 1/3 atmosferde tuttukları nem miktarının tespit edilmesiyle bulunmuştur.
- Solma Noktası, basınçlı membran aleti kullanılarak 15 atmosferde tutmuş oldukları nem miktarının ölçülmesi ile belirlenmiştir.

Denemenin yürütüldüğü alandaki toprağın sahip olduğu pH değeri, saturasyon çamurunda, cam elektrotlu Beckman pH-metre ile belirlenmiştir. Kullanılır Potasyum (K_2O), amonyum asetat solisyonundan geçen potasyum miktarı fleymfotometredeki ölçümün okunması ile tayin edilmiştir. Toprağın içerdiği kireç yüzdesi, Çağlar (1969), tarafından belirtilen ilkelere göre Scheibber kalsimetresiyle hesaplanmıştır. Kullanılabilir fosfor (P_2O_5), miktarı Olsen yöntemi ile belirlenmiştir. Organik maddenin yüzde miktarı ise, Walkley-Black Yönteminin dönüştürülmüş şekli uygulanarak belirlenmiştir (Candoğan, 2009).

3.2.2. Tarımsal işlemler

Araştırma, tesadüf blokları desenine göre üç tekrarlı olarak planlanmıştır. Bunun için öncelikle 28.05.2019 tarihinde arazi deneme parselleri oluşturulmuştur. Araştırmanın parselleri oluşturulduktan sonra 10.06.2019 tarihinde damla sulama sistemi kurulmuştur. Damla sulama sisteminin kurulmasından sonra 25.06.2019 tarihinde R427 çeşidi mısır tohumları toprağa ekilmiştir (Şekil 3.8). Dört sıra tohum ekilmiştir ve her sıra arasında 70 cm sıra aralığı bırakılmıştır. Her sıraya ise yirmi altı tohum ekilmiş olup, sıra üzeri tohum arası da 20 cm mesafe bırakılmıştır. Ekim işleminden sonra mevcut nemin tarla kapasitesine ulaştırılması için gerekli olan su miktarı damla sulama yönetmi ile verilerek çalışma başlatılmıştır. 27.06.2019 tarihinde ise ikinci can suyu uygulanmıştır ve 01.07.2019 tarihinde ise ekimi yapılan mısırlar çıkmaya başlamıştır (Şekil 3.9). 09.07.2019 tarihinde mısırlara tekleme işlemi uygulanmıştır.



Şekil 3. 8. Tohumların toprağa ekimi



Şekil 3. 9. Tohumlar çimlenmesi

Bitkisel üretimde ciddi olumsuz etkileri olan yabancı otlarla mücade için ekimden önce parseller çapalanmış ve tohumlar ekildikten sonra mısırların hasatına kadar yabancı otlarla sürekli olarak çapalama yolu ile mücadele edilmiştir.

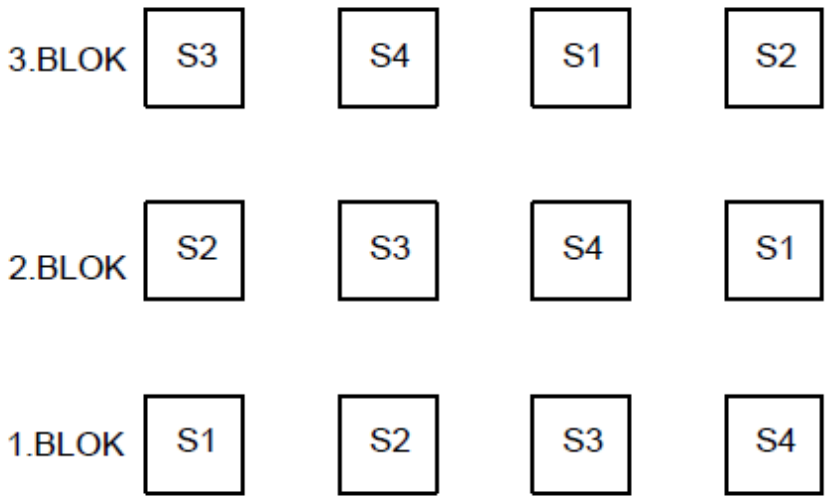
3.2.3. Araştırma konuları ve deseni

Deneme tesadüf blokları deneme desenine göre dört konulu ve üç tekrarlı olarak yürütülmüştür (Çizelge 3.3). Parsellerde sıra aralığı 70 cm ve sıra üzeri mesafe 20 cm olarak ayarlanmış ve dört sıra ve her sıraya yirmi üç tohum ekilmiştir. Parsellerin alanı 2,8 m * 5,2 m = 14,56 m^2 olarak hazırlanmıştır. Parsellerin birbirlerine olan uzaklıkları 2m olarak ayarlanmıştır.

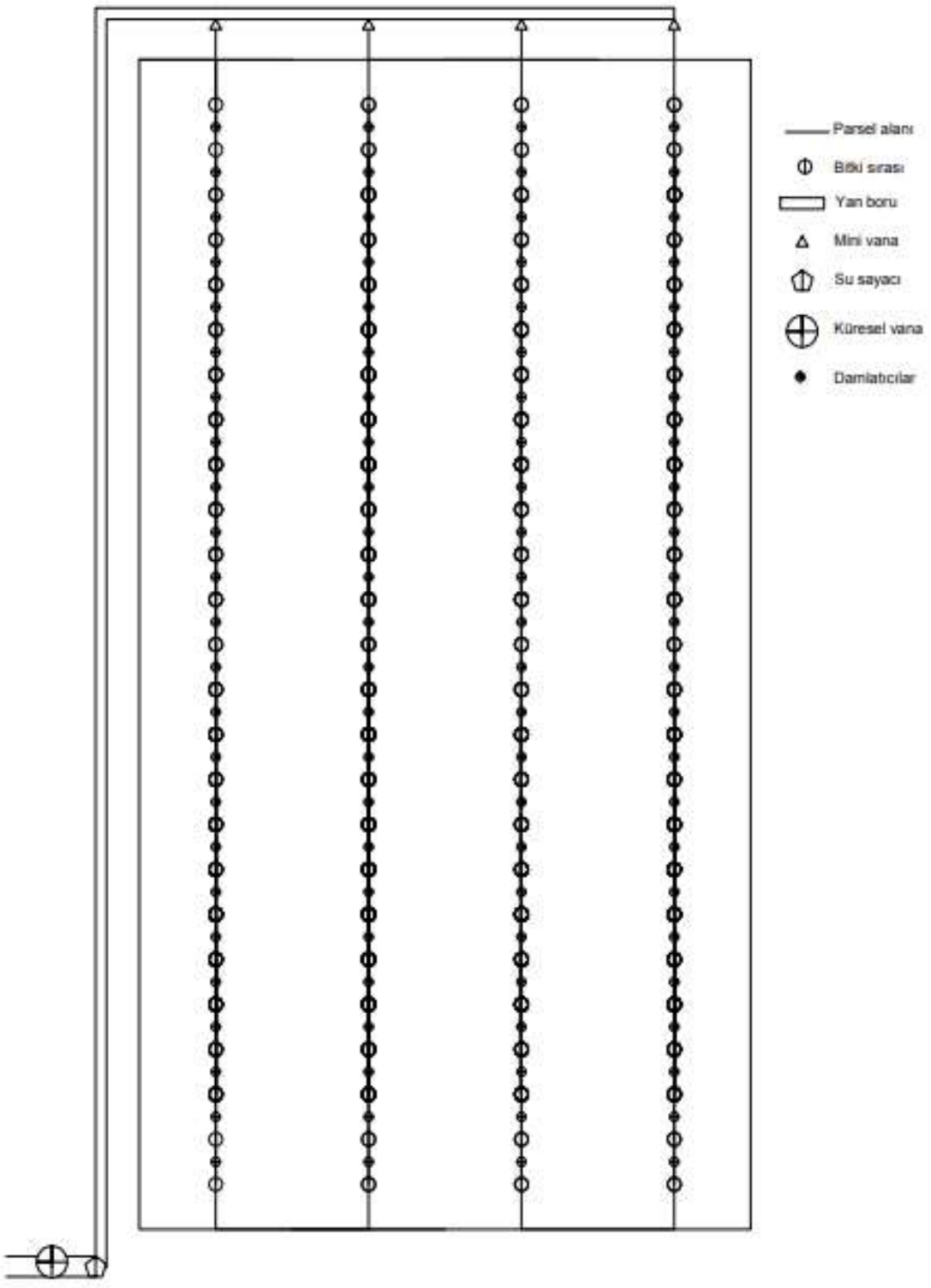
Çizelge 3. 3. Deneme konuları

Deneme konusu	**Tanımı**
S1	Dört günde bir A sınıfı kaptan buharlaşan suyun %100'ü kadar sulama (kpc=1)
S2	Dört günde bir A sınıfı kaptan buharlaşan suyun %75'i kadar sulama (kpc=0,75)
S3	Dört günde bir A sınıfı kaptan buharlaşan suyun %50'si kadar sulama (kpc=0,50)
S4	Dört günde bir A sınıfı kaptan buharlaşan suyun %25'si kadar sulama (kpc=0,25)

Parsellerin ayrıntılı planları ve blokların deneme desenine göre dağılımı Şekil 10 ve Şekil 11'te verilmiştir.



Şekil 3. 10. Tesadüf bloklar deneme desenine deneme parselleri



Şekil 3. 11. Arazi deneme parseli planı

3.2.4. Uygulanacak sulama suyu miktarının ve sulama zamanının belirlenmesi

Araştırma boyunca ekilen mısırların sulanması için uygulanan sulama suyunun miktarı, Eşitlik 3.1 kullanılarak belirlenmiştir (Kanber, 1984).

$$I = A \times Ep \times kpc \times P \qquad \text{(Eşitlik 3.1.)}$$

Eşitliğe göre, I verilen suyun miktarını, A bir deneme parselinin alanını (m^2), Ep iki sulama arasında geçen zamanda buharlaşma kabındaki kümülatif buharlaşma miktarını (mm), kpc bitki-kap katsayısını, P ise sulanan alan oranını (1.0) göstermektedir. Parsel alanı A=14.56m^2'dir. Ep değeri A sınıfı buharlaşma kabı aracılığı belirlenmiştir. Bu denemede sulamanın bitki üzerindeki etkileri araştırıldığı için dört farklı sulama seviyesi belirlenmiş ve bu seviyeler kpc katsayısı üzerinden oluşturulmuştur. Bitki-kap katsayıları S1, S2, S3 ve S4 konuları için sırasıyla Kpc=1, kpc=0,75, kpc=0,50 ve kpc=0,25'dir. Bu metot ile litre olarak tayin edilen sulama suyu miktarı hem basınç debi ilişkisinden faydalanılarak hem de su sayaçlarından geçen su miktarı denetlenerek sulama süresi ve miktarı hesaplanmıştır. Sulama aralıkları, yörede mısır bitkisinin damla sulama uygulamalarında yaygın olarak tercih edildiği için dört gün olarak belirlenmiştir.

3.2.5. Bitki su tüketiminin belirlenmesi

Bitkinin su tüketim değeri, su-toprak dengesi eşitliğinden faydalanılarak hesaplanmıştır (Garrity ve ark., 1982).

$$ET = I + P \pm DS - D - R \qquad \text{(Eşitlik 3.2.)}$$

Eşitlikte;

ET = Bitkinin su tüketimi, mm
I = Verilen suyun miktarı, mm
P = Yağış, mm
DS = İki toprak suyu ölçümündeki değişim mm/90cm
D = Drenaj miktarı, mm
R = Yüzey akış miktarı, mm olarak belirtilmektedir.

Düşen yağışların verileri, Bursa Uludağ Üniversitesi yerleşkesinde bulunan meteoroloji istasyonundan alınmıştır. Verilen suyun miktarı, her bir sulama konusu için uygulanan sulama suyu miktarıdır. Bitki su tüketiminin belirlenmesinde toprağın 0-90 cm'lik katmanında yer alan su içeriğine dikkat edilmiştir. 90-120 cm'lik derinlikte ise oluşan olası nem artışı derine sızma olarak ele alınmıştır. Denemde su uygulaması için damla sulama yöntemi kullanıldığından, sulama kontrollü bir şekilde gerçekleşmiştir, bu yüzden yüzey akış dikkate alınmamıştır.

3.2.6. Su üretkenliği

Araştırılan çeşitli sulama uygulamalarının verimliliklerini yorumlamak için su üretkenliği göstergelerinden faydalanılmıştır. Su üretkenliği (WP, kg m^{-3}) ve sulama suyu üretkenliği (IWP, kg m^{-3}) olarak iki farklı biçimde hesap edilmiştir (Bos, 1980).

$$WP = \frac{\text{YLD}}{\text{ETa}} \qquad \text{(Eşitlik 3.3.)}$$

Eşitlikte;

YLD = Tane verimi kg ha^{-1},

ETa = Mevsimlik gerçek bitki su tüketimi mm'dir.

$$IWP = \frac{YLD}{IRGA} \qquad \text{(Eşitlik 3.4.)}$$

Eşitlikte;

IRGA = Mevsimlik uygulanan sulama suyu değeridir (mm).

3.2.7. Mısır bitkisinin verim ve verim bileşenleri

a) Tane verimi

Her parselde 14,56 m^2'lik alandan hasat edilen mısırlar, tanelerine ayrılarak ağırlıkları tartılmış ve dekar verimine çevrilmiştir.

a) Bin tane ağırlığı

Hasat sırasında, her parseli temsil eden mısır koçanları toplandıktan sonra ağırlıkları ve tanelenmiş mısırların nem içeriği %15'e düşürüldükten sonra bin tanesinin ortalama ağırlığı hesaplanmıştır.

b) Tek koçan ağırlığı

Hasatta bütün parsellerden tesadüfi olarak seçilen on adet mısırın ağırlıkları tek tek tartılmış ve kayıtları tutulmuştur. Daha sonra ortalamaları alınarak tek koçan ağırlığı gr cinsinden belirlenmiştir.

a) Mısır tane nem içeriği

Koçandaki sıra ve sıradaki tane sayısı belirlenen ve her deneme parselini temsil eden beşer adet mısır koçanı elle tanelenmiştir. Taneler karıştırılmış ve Wile 55 Nem marka nem ölçüm cihazı yardımıyla, üç tekerrürlü olarak mısır tanelerinin hasattaki nem içeriği ölçülmüştür.

c) Koçan boyu ve çapı

Hasatta bütün parsellerden tesadüfi olarak seçilen on adet mısır koçanının boyu ve koçanın orta noktasından çapı dijital bir kumpas yardımı ile ölçülmüştür. Ortalamaları alınarak söz konusu parsele ait değerler kayıt edilmiştir.

d) Koçanda tane sayısı

Her deneme konusunun üç tekerrüründen beş adet mısır koçanı örnek olarak toplanmıştır. Toplanan mısır koçanlarının sıra sayıları ve bir sırada bulunan tane sayısı sayıları sayılıp not alınmıştır. Bu iki parametrenin çarpılmasıyla koçanda tane sayısı hesaplanmıştır.

e) Bitki boyu

Hasatta, her deneme konusunun üç tekerrüründen beş adet mısır bitkisinin boyu bir şerit metre ile ölçülerek değerler kayıt altına alınmıştır.

3.2.8. İstatiksel değerlendirmeler

Araştırmaların sonucunda, verim ve verim öğelerine ait tüm veri üç tekerrürlü tesadüf blokları deneme desenine göre tek yönlü varyans (ANOVA) analizine tabi tutulmuştur. F testinin istatistiksel olarak önemli ($P<0,05$) olması halinde parametreler arasındaki farklılıkları ortaya koymak amacıyla gruplandırmada Duncan çoklu dağılım testi ile 0,05 önemlilik seviyesi kullanılmıştır. İstatistiksel analizler için IBM SPSS Data Editor 22 (Statistics for Windows, Version 22) kullanılmıştır. Ayrıca, uygulanan sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimine karşılık tane verimi arasındaki ilişkileri belirlemek için basit regresyon analizleri yapılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Mısır Bitkisinin Gelişme Dönemleri

Araştırmada R427 cin mısır çeşidi kullanılmıştır. Mısır tohumları 25.06.2019 tarihinde ekilmiştir ve ilk çıkışlar altı gün sonra 01.07.2019 tarihinde olmuştur. Tepe püsküllerinin ise 15.08.2019 tarihinde çıktığı gözlemlenmiştir. Koçan çıkarma tarihi başlangıcı 20.08.2019 olarak saptanmıştır (Şekil 4.1). Yeterli olgunluğa ulaşan mısırlar 15.10.2019 tarihinde hasat edilmiştir (Şekil 4.2).



Şekil 4. 1. Mısır koçanı çıkarma zamanı



Şekil 4. 2. Mısır hasat zamanı

4.2. Sulama Suyu Miktarı ve Bitki Su Tüketimi

Yürütülen çalışmada deneme konuları için uygulanmış olan sulama suyu miktarları ve suyun verildiği tarihler Çizelge 4.1'de verilmiştir. Sulamalara 05.07.2019 tarihinde başlanmıştır. Ekimden hasada kadar düşen yağış miktarı 76 mm olarak kayıt edilmiştir. Araştırma süresi boyunca dört gün aralıklarla dört farklı seviyede sulama suyu uygulanmıştır. Yağmur yağmasından dolayı üç sulama gününde sulama yapılamamıştır. Toplam sulama suyu, sulama konuları arasında 129 mm ve 516 mm arasında değişiklik göstermiştir. Denemede, her deneme konusu için belirlenen cin mısırının mevsimlik bitki su tüketimi değerleri Çizelge 4.2'de verilmiştir. En yüksek bitki su tüketimi, en fazla sulama uygulanan S1 konusundan 590 mm olarak en düşük ise en az sulama uygulanan S4 konusundan 245 mm olarak elde edilmiştir.

Çizelge 4. 1. Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları (mm)

Tarih	S1	S2	S3	S4
05.07.2019	31,0	23,3	15,5	7,8
09.07.2019	35,0	26,3	17,5	8,8
13.07.2019	15,0	11,3	7,5	3,8
17.07.2019	0,0	0,0	0,0	0,0
21.07.2019	26,0	19,5	13,0	6,5
25.07.2019	19,0	14,3	9,5	4,8
29.07.2019	25,0	18,8	12,5	6,3
01.08.2019	26,0	19,5	13,0	6,5
05.08.2019	30,0	22,5	15,0	7,5
09.08.2019	35,0	26,3	17,5	8,8
14.08.2019	40,0	30,0	20,0	10,0
18.08.2019	0,0	0,0	0,0	0,0
22.08.2019	0,0	0,0	0,0	0,0
26.08.2019	41,0	30,8	20,5	10,3
30.08.2019	35,0	26,3	17,5	8,8
03.09.2019	34,0	25,5	17,0	8,5
07.09.2019	31,0	23,3	15,5	7,8
11.09.2019	32,0	24,0	16,0	8,0
15.09.2019	31,0	23,3	15,5	7,8
19.09.2019	30,0	22,5	15,0	7,5
Mevsimlik toplam	516,0	387,0	258,0	129,0

Çizelge 4. 2. Deneme konularının mevsimlik bitki su tüketimi değerleri

Deneme Konuları	Uygulanan Sulama Suyu (I, mm)	Yağış (P, mm)	Toprak Nem Değişimi (DS, mm)	Mevsimlik Bitki Su Tüketimi (ETc, mm)
S1	516	76	-2	590
S2	387	76	+8	471
S3	258	76	+32	366
S4	129	76	+40	245

Bursa koşullarında mısır bitkisi üzerinde yapılan çalışmalar incelendiğinde, mısır bitkisinin su tüketimi 823 mm (Okay, 2006), Bursa koşullarında yapılan iki yıllık çalışmada 2008 yılında 1102 ve 2009 yılında 1164 mm su tüketimi (Kuşçu, 2010), Bursa koşullarında yapılan bir başka çalışmada ise su kısıntısı uygulanmayan konuda 823,1 mm, su kısıntısı uygulanan konuda ise 89,9 mm su tüketimi bulunmuştur (Okay ve Yazgan, 2016). Aynı şehirde yürütülmüş olan yukarıda verilen mısır bitki su tüketimi ve sulama suyu miktarı sonuçları ile bu denemede uygulanan sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimi arasında farklılıklar bulunmaktadır. Bunun nedeninin yetiştirilen mısır çeşidinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Zira yukarıda anılan çalışmalarda kullanılan mısır çeşitleri at dişi mısır iken bu çalışmada cin mısırı kullanılmıştır. Bursa koşullarında cin mısırının sulanması üzerine başka bir çalışmaya rastlanmamıştır.

Türkiye şartlarında mısır bitkisi ile ilgili diğer araştırmalar incelendiğinde aşağıdaki sonuçlara ulaşıldığı görülmektedir. Trakya koşullarında yapılan çalışmada su tüketim değerleri 353-586 mm (Istanbulluoğlu ve ark., 2002), Balıkesir ilinde yürütülen çalışma için 239-761 mm su tüketimi (Gündüz ve ark. 2008), Menemen ovası koşullarında yapılan çalışmada 98,1-384,0 mm ve 204,2-563,3 mm (Ul,1990), Balıkesir koşullarında yapılan çalışmada 586-761 mm (Gündüz ve Beyazgül, 1998), Aydın koşullarında yapılan çalışmada su tüketimi 130-609 mm (Vural ve Dağdelen, 2008), Bafra ovası koşullarında yapılan çalışmada 420,4–672,6 mm (Bayrak, 1979), Çukurova koşullarında

yapılan araştırmada su tüketimi 375-677 mm arasında (Gökçel ve Yazar, 2008), Konya ovası koşullarında yapılan çalışmada 590-781 mm (Kara, 2011), yarı kurak iklim şartlarında yapılan iki yıllık çalışmada ilk yıl 610-876 mm ve ikinci yıl 612-889 mm (Öktem ve ark., 2002), 2007-2008 yıllarında Çanakkale'de yapılan çalışmada bitki su tüketimi 453 mm (Çamoğlu ve ark., 2011), Çukurova koşullarında yapılan çalışmada su tüketimi 999-1052 mm (Gençoğlan ve Yazar, 1996), (Şimşek ve Gerçek, 2011) Şanlıurfa koşullarında yürüttükleri çalışmada 909-1292 mm su tüketimi, Harran ovası koşullarındaki iki yıllık çalışmada birinci yıl 1320 mm ve ikinci yıl 1435 mm su tüketimi (Kırnak ve ark., 2003), Ankara koşullarında 886,2– 1023,8 mm su tüketimi (Yıldırım ve Kodal, 1995), Konya ovası koşullarında yapılan iki yıllık çalışmada ilk yıl 923 mm ve ikinci yıl 859 mm su tüketimi (Topak ve ark., 2009) bulunmuştur. Yukarıda verilmiş olan çalışmalarda, cin mısırı kullanılarak yürütülmüş çalışmaların sonuçları ile bu çalışmanın verileri benzerlik göstermiştir. Fakat farklı mısır çeşidinin kullanıldığı ya da farklı sulama programlarının uygulandığı sonuçlar arasında da bunlara bağlı olarak farklılıklar görülmüştür.

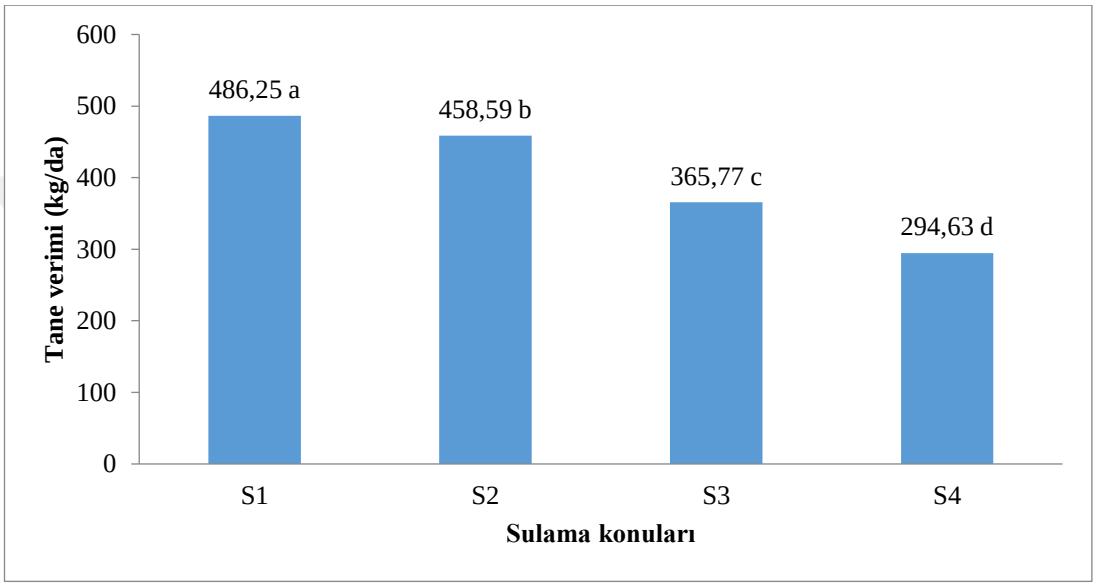
Dünyada mısır üzerine yapılan çalışmalara bakıldığında, Teksas bölgesinde yapılan çalışmada 533–786 mm (Yazar ve ark., 1999), İspanya bölgesinde yapılan çalışmada 505–568 mm (Cavero ve ark., 2000), Lübnan Beka ovası bölgesinde 920– 945 mm (Karam ve ark., 2003), Çin'de yapılan çalışmada 573 mm (Li ve ark., 2003), İran bölgesinde yapılan çalışmada 562-1303 mm (Sepaskhah ve Khajehabdollahi, 2005), Victoria koşullarında 782 mm (Greenwood ve ark., 2008), Nebraska koşullarında 466-663 mm arasında su tüketim değerlerinin değiştiği bulunmuştur (Payero ve ark., 2008). Dünyanın çeşitli yerlerden verilmiş olan bu çalışmalarda ise aynı tür mısır kullanılmış olan çalışmalarla benzer sonuçlar elde edilmiş olup, mısır çeşidine, bölgesel ve sulama şartlarına bağlı olarak verilerde farklılıklarda gözlenmiştir.

4.3. Mısır Tane Verimi

Tane verimi varyans analizi sonuçları Çizelge 4.3'de, deneme konularından elde edilen ortalama tane verimi değerleri ise Şekil 4.3'de verilmiştir.

Çizelge 4 3. Tane verimi varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Sulama konuları	69415,98	3	23138,66	254,376	0,000
Hata	727,70	8	90,96		
Genel	2002732,25	12			



Şekil 4. 3. Tane verimi (kg da^{-1}) sonuçları [1]

Varyans analiz sonuçlarına göre, sulama seviyelerinin cin mısırı tane verimi üzerindeki etkisinin istatistiksel olarak önemli düzeyde (P<0,01) olduğu görülmektedir (Çizelge 4.3). Şekil 4.3'de görüldüğü gibi en yüksek tane verimi değeri S1 konusundan 486,25 kg da^{-1} olarak elde edilirken en düşük tane verimi ise sulama seviyesinin en düşük olduğu S4 konusundan 294,63 kg da^{-1} olarak elde edilmiştir. S1 konusunu sırasıyla S2 ve S3 konuları izlemiştir. S1 sulama seviyesi referans olarak alınırsa S2, S3 ve S4 konularındaki verim azalma oranları sırasıyla %6, %25 ve %39 olarak gerçekleşmiştir. Bu nedenle, sulama suyunun yeterli olduğu koşullarda A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan suya Kcp=1,00 katsayısı uygulanan S1 konusu önerilebilir. Sulama suyunun kıt olduğu koşullarda ise ilk önerilebilecek sulama seviyesi S2 konusudur (Kcp=0,75).

[1] Farklı harfle gösterilen değerler, Duncan testine göre P<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılıkları göstermektedir.

Zira S1 konusuna kıyasla sulama seviyesinde %25 oranında bir tasarruf elde edilirken tane verimindeki azalma oranı yalnızca %6 seviyelerindedir. Daha fazla su stresi uygulamalarında verim kayıpları önemli seviyelere (%25-40) çıkmaktadır.

Cin mısırının sulanması üzerine ülkemizde yapılan bazı çalışmalarda da benzer sonuçlar elde edilmiştir. Farklı iklim koşulları için mısır tane verimlerine bakıldığı zaman; değişik özelliklere sahip olan yedi farklı cin mısırı üzerine yapılan çalışmada tane verimi 198-435 kg da^{-1} arasında (Sade ve ark. 1996), Kahramanmaraş koşullarında on üç farklı mısır genotipi üzerine yapılan iki yıllık çalışmada tane verimi değerleri 369-498 kg da^{-1} arasında (İdikut ve ark. 2015), Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi alanında yapılan çalışmada tane verimi 108,8-641,6 kg da^{-1} arasında (Vural ve Dağdelen, 2008), Amik ovası koşullarında yetiştirilen cin mısırı çeşidinden ise altı günlük sulama aralığı ile en yüksek 395,6 kg da^{-1}, on sekiz gün sulama aralığı ile en düşük tane verimi ise 255,7 kg da^{-1} olarak bulunmuştur (Akçalı ve Gözübenli, 2020).

Bursa koşullarında at dişi mısır cinsi üzerine iki yıllık araştırmada, en yüksek mısır tane verimi 2002 kg da^{-1} ve 2102 kg da^{-1} olarak tam sulama yapılan konulardan elde edilmiştir (Kuşçu, 2010). Bursa iklim şartları için at dişi mısır tane verimi 1120 kg da^{-1} dolaylarındadır (Anonim, 2010). Bursa şartlarında at dişi mısır üzerine yapılan başka bir kısıntılı sulama çalışmasında tane verimi değerleri, 1120–1853 kg da^{-1} olarak bulunmuştur (Okay, 2006). Bursa koşullarında yürütülen bir çalışmada 1192–1880 kg da^{-1} arasında tane verimi bulunmuştur (Turgut ark., 1999). Bu yapılan çalışmadan elde edilen değerlerden daha yüksek değerler bulunmasının sebebi bu çalışmalarda farklı tür mısır çeşidinin kullanılması olabilir. Çünkü yukarıda bahsedilen çalışmalarda kullanılmış mısır çeşitleri at dişi mısır iken bu çalışmada cin mısırı kullanılmıştır.

Menemen ovası koşullarında yapılan bir çalışmada 83,7-649,0 kg da^{-1} (Ul, 1990), Aydın koşullarında yapılan çalışmada üç günlük sulama aralıkları uygulanan konularda 111,900-641,567 kg da^{-1}, altı günlük sulama aralıkları uygulanan konularda ise 108,800-550,200 kg da^{-1} (Vural, 2007), Adana koşullarında kısıntılı sulama çalışmasından elde edilen tane verimi 611-1040 kg da^{-1} arasında (Gökçel, 2008), Türkiye'nin batı koşullarında 288-1134 kg da^{-1} arasında tane verimi (Dağdelen ve ark.,

2006), Çukurova koşullarında 611,9-1040,3 kg da^{-1} arasında tane verimi (Gökçel ve Yazar, 2008), Şanlıurfa koşullarında 1192 kg da^{-1} tane verimi elde edilmiştir (Yazar ve ark., 2002). Balıkesir koşullarında 882 kg da^{-1} tane verimi (Gündüz ve ark., 2008), Ankara şartlarında yürütülen çalışmada mısır için 347-1085 kg da^{-1} arasında tane verimi (Yıldırım ve ark., 1996), Harran ovası şartlarında elde edilen en yüksek tane verimi 1015 kg da^{-1} (Çetin, 1996), GAP bölgesi Harran ovası koşullarında tane verimi 926 kg da^{-1} (Değirmenci ve ark., 1998) ve Tekirdağ koşullarında mısır tane verimi 915-1069 kg da^{-1} olarak bulunmuştur (Orta ve ark., 1997). Bu çalışmadaki gibi arazi çalışmalarında cin mısırı kullanılmış denemelerden elde edilen sonuçların verileri arasında benzerlik görülmektedir. Farklı mısır cinsi ve sulama programları verim değerlerinde de farklılıklara neden olabilmektedir.

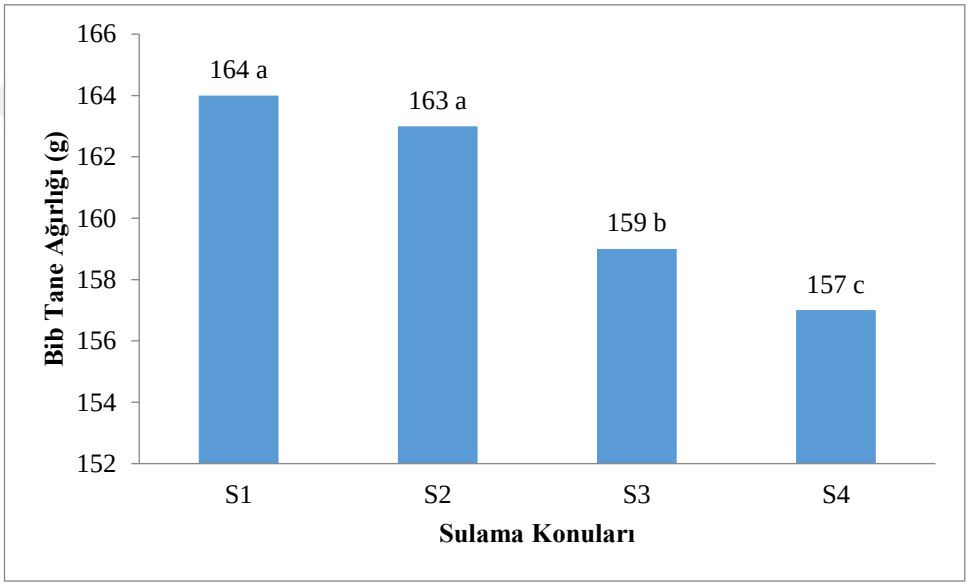
Ülke dışında yapılan çalışmalara göre ise; İran şartlarında mısır tane verimi 357-1094 kg da^{-1} olarak bulunmuştur (Sepaskhah ve Khajehabdollahi, 2005). Nebraska şartlarında 455-1085 kg da^{-1} tane verimi elde edilmiştir (Payero ve ark., 2008). İran şartlarında yürütülen başka bir çalışmada 649– 931 kg da^{-1} arasında tane verimi elde edilmiştir ve sulama konular arasındaki farklılığa göre %6 ile %25 arasında verimin düştüğü belirtilmiştir (Mansouri-Far ve ark., 2010). Dünya çapında yapılan çalışmalardan elde edilen sonuçlara göre ise iklim, toprak özellikleri ve mısırın genetik özelliklerine göre veriler farklılık göstermişse de farklı sulama stratejilerinin verim üzerinde etkisinin önemli olduğunu göstermektedir.

4.4. Bin Tane Ağırlığı

Bin tane ağırlığı varyans analizi sonuçları Çizelge 4.4'de, deneme konularından elde edilen ortalama bin tane ağırlıkları ise Şekil 4.4'de verilmiştir.

Çizelge 4. 4. Bin tane ağırlığı varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Sulama Konuları	99,583	3	33,194	23,431	,000
Hata	11,333	8	1,417		
Genel	309555,000	12			



Şekil 4. 4. Bin Tane Ağırlığı Sonuçları[2]

Varyans analiz sonuçlarına göre, sulama seviyelerinin cin mısırı bin tane ağırlığı üzerindeki etkisinin istatiksel olarak önemli düzeyde (P<0,01) olduğu görülmektedir (Çizelge 4.4). Şekil 4.4'den görüldüğü gibi en yüksek bin tane ağırlığı S1 ve S2 konularından sırasıyla 164 ve 163 gr olarak elde edilirken en düşük tane verimi ise sulama seviyesinin en düşük olduğu S4 konusundan 157 gr olarak elde edilmiştir. S1 ve S2 konusu bin tane ağırlığı değerleri istatistiksel olarak Duncan testine göre aynı grupta yer almış ve onları sırasıyla S3 ve S4 konuları izlemiştir. S1 sulama seviyesi referans

[2] Farklı harfle gösterilen değerler, Duncan testine göre P<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılıkları göstermektedir.

alınırsa S2, S3 ve S4 konularındaki bin tane ağırlığı azalma oranları sırasıyla %0,40, %2,84 ve %4,27 olarak gerçekleşmiştir.

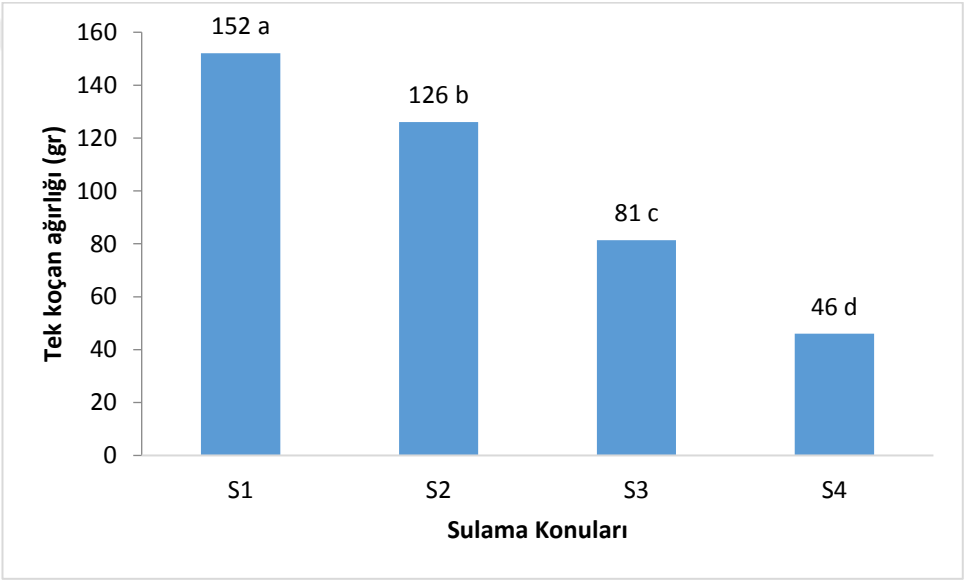
Denemeden elde edilen verilere bakarak, su kısıntısının %25'den daha fazla olduğu koşullarda bin tane ağırlıkları da azalmıştır. Bu alanda yapılan diğer çalışmalar da bunu doğrular nitelikte olmuştur. İran koşullarında yapılan çalışmada, su uygulama arası süre arttıkça bin tane ağırlığının azaldığı gözlenmiştir (Sepaskhah ve Khajehabdollahi, 2005). Aydın koşullarında üç gün aralıklarla sulanan farklı su seviyelerine ait çalışmada 115,767-138,453 gr, altı gün aralıkla yapılan çalışmada ise 115,717-130,373 gr arasında (Vural, 2007), yapılan başka çalışmada ise tam sulama konuları için 321,36-332,76 gr, kısıntılı sulama konuları için ise değerler 134,41-161,69 gr arasında değişmiştir (Gençoğlan, 1996). Afrika koşullarında yapılan diğer bir çalışmada bin tane aralıkları 152-222 gr bulunmuş olup, kısıntı ile birlikte bin tane ağırlığında azalma gözlenmiştir (Pandey ve ark., 2000). Lübnan koşullarında su stresi ile beraber bin tane ağırlığında %18 düşüş gözlenmiştir (Karam ve ark., 2003). İran şartlarında 190-269 gr arasında bin tane ağırlığı elde edilmiştir (Mansouri-Far, 2010). Güney Marmara şartlarında 266,3-324,4 gr arasında bin tane verimi elde edilmiştir (Gündüz ve ark., 2008). Mısır bitkisinin bin tane ağırlığı üzerinde başta mısır cinsi olmak üzere çeşide bağlı genetik özelliklerin yanı sıra sulama, gübreleme ve diğer kültürel işlemler de etkili olabilmektedir.

4.5. Tek Koçan Ağırlığı

Mısır tane verimliliklerinin hesaplanmasında kullanılan en önemli parametrelerden biri tek koçan ağırlığıdır. Uygulanan çeşitli sulama konularından alının tek koçan ağırlıklarına ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4.5'de verilmiştir.

Çizelge 4. 5. Tek koçan ağırlığı varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Sulama konuları	19912,000	3	6637,333	52,126	,000
Hata	1018,667	8	127,333		
Genel	144152,000	12			



Şekil 4. 5. Tek koçan ağırlığı (gr) sonuçları[3]

Varyans analiz sonuçlarına göre, sulama seviyelerinin cin mısırı tane koçan ağırlığı üzerindeki etkisinin istatiksel olarak önemli düzeyde (P<0,01) olduğu görülmektedir (Çizelge 4.5). Şekil 4.5'de görüldüğü gibi en yüksek tek koçan ağırlığı değeri S1 konusundan 152 gr olarak elde edilirken en düşük tek koçan ağırlığı ise sulama seviyesinin en düşük olduğu S4 konusundan 46 gr olarak elde edilmiştir. S1 konusunu sırasıyla S2 ve S3 konuları izlemiştir. S1 sulama seviyesi referans olarak alınırsa S2, S3 ve S4 konularındaki tek koçan ağırlığı azalma oranları sırasıyla %17,10, %46,49 ve

[3] Farklı harfle gösterilen değerler, Duncan testine göre P<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılıkları göstermektedir.

%69,73 olarak gerçekleşmiştir. Bu nedenle sulama suyunun yeterli olduğu koşullarda A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan suya Kcp=1,00 katsayısı uygulanan S1 konusu önerilebilir. Sulama suyunun kıt olduğu koşullarda ise ilk önerilebilecek sulama seviyesi S2 konusudur (Kcp=0,75). Zira S1 konusuna kıyasla sulama seviyesinden %25 oranında bir tasarruf elde edilirken koçan ağırlığındaki azalma oranı %17,10 seviyesindedir. Daha fazla su kısıntısının uygulandığı konularda ise tek koçan ağırlığındaki düşüş önemli seviyelerde (%50-70) olmaktadır.

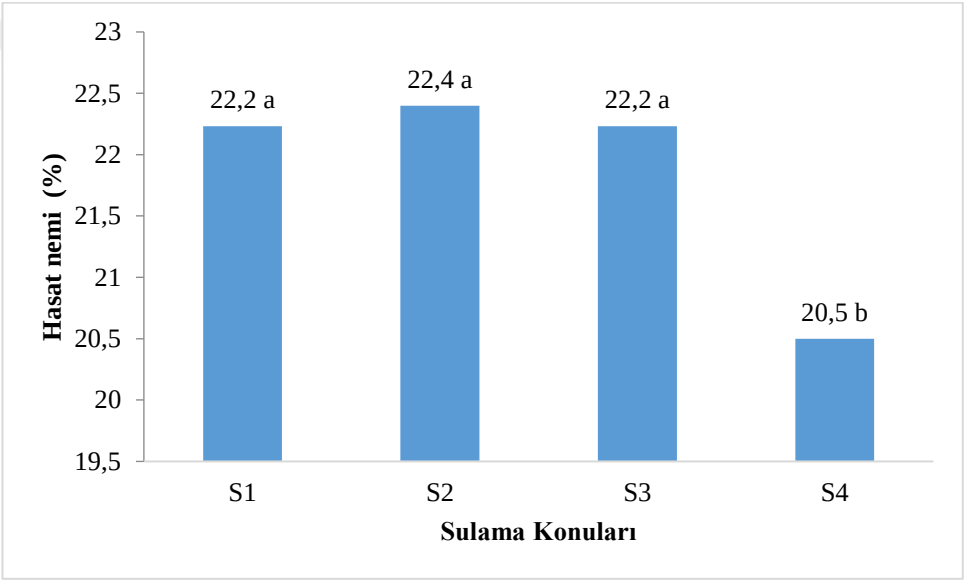
Bursa koşullarında yapılan çalışmada, farklı bitki gelişme dönemlerine göre yapılan su kısıntılarının tek koçan ağırlığı üzerinde önemli etkiye sahip olduğu ve karşılaştırmalı olarak en yüksek koçan ağırlıkları tam sulama konusundan elde edilirken daha düşük koçan ağırlıklarının en az su uygulanan konudan elde edildiği raporlanmıştır (Kuşçu, 2010). Harran ovası koşullarında yapılan çalışmada, hafta bir, iki haftada bir, üç haftada bir sulamalar yapılmıştır. Bu sulamalar sonucunda ise en yüksek verim haftada bir yapılan sulamadan elde edilmiştir (Artan, 1996). Amik ovasında yapılan başka bir çalışmada ise altı, dokuz, on iki, on beş ve on sekiz günde yapılan sulamalara göre en yüksek koçan ağırlığı 71,2 gr ile tam sulama konusundan, en düşük koçan ağırlığı ise 52,8 gr ile en az sulama yapılan konudan elde edilmiştir (Akçalı ve Gözübenli, 2020). Yapılan diğer çalışmalarda da uygulanan sulama miktarları ile tek koçan ağırlıkları arasında doğru orantı bulunmuştur. Su miktarı düştükçe tek koçan ağırlığında da azalmalar gözlenmiştir (Kara ve Akman, 2002; Eşiyok ve ark., 2004; Okay, 2006). Yukarıda verilen çalışmalarda da cin mısırı kullanılan ve benzer sulama programlarından yakın veriler elde edilmiştir. Sulama programlarına ve mısır türüne bağlı olarak verimlerde farklılık oluşmakla beraber sulama ile koçan ağırlığı oranında önemli derecede bağlantı görülmüştür.

4.6. Hasat Nemi

Yapılan çalışmada nem ölçme makinesi ile ölçülen hasat nem değerlerinden elde edilen verilerin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.6'da verilmiştir.

Çizelge 4.6. Hasat nemi varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Sulama Konuları	7,256	3	2,419	6,507	,015
Hata	2,973	8	,372		
Genel	5734,930	12			



Şekil 4. 6. Hasat nemi (%) sonuçları[4]

Varyans analizi sonuçlarına göre, sulama seviyelerinin cin mısırı hasat nemi üzerindeki etkisinin istatiksel olarak önemli düzeyde (P<0,05) olduğu görülmektedir (Çizelge 4.6). Şekil 4.6'da görüldüğü gibi S1, S2 ve S3 konularındaki mısır tanelerinden ölçülen hasat nemi değerleri istatistiksel olarak aynı grupta yer almış ve S4 konusuna kıyasla daha yüksek ortalama değerler elde edilmiştir.

[4] Farklı harfle gösterilen değerler, Duncan testine göre P<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılıkları göstermektedir.

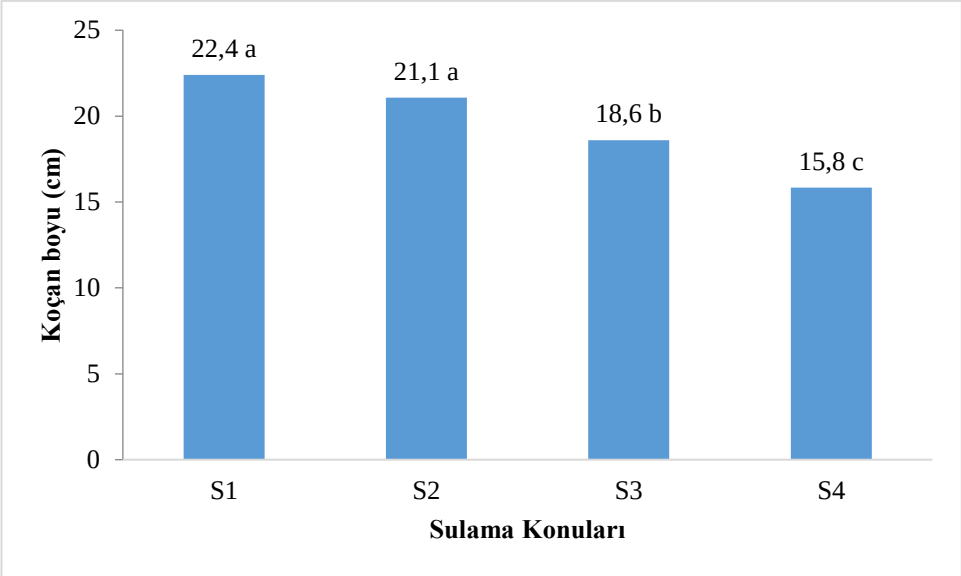
Bursa iklim bölgesi koşullarında yürütülen çalışmada mısır bitkisinden %19,6 ile 23,5 arasında hasat nemi elde edilmiştir (Okay, 2006). Bursa koşullarında yapılan iki yıllık çalışmada ilk yıl %14,8-%22,5 nem, ikinci yıl ise %16,7-%23,5 hasat nemi elde edilmiştir (Kuşçu, 2010). Yukarıda verilen çalışmalarda elde edilen hasat nemi değerleri ile bu denemeden elde edile veriler arasında farklılık görülmektedir. Bununla birlikte, yukarıda verilen ve bu çalışmadan elde edilen sonuçların ortak özelliğine göre hasat nemi, uygulanan sulama programına bağlı olarak farklılıklar göstermekle birlikte özellikle yağışın şiddeti ve zamansal dağılımı ile bağıl nem ve sıcaklık değerleri ile çeşidin genetik özellikleri de hasattaki tanelerin nem içeriğini etkileyebilmektedir.

4.7. Koçan Boyu

Mısır koçanının boyu, koçandaki tane sayısı ile çok yakın ilişki içinde olmasından dolayı verim üzerinde oldukça önemli verim parametrelerinden bir tanesidir. Yapılan çalışmaya ait koçan boyu varyans analizi sonuçları Çizelge 4.7'de verilmiştir. Elde edilen veriler ışığında, konulara göre koçan boyları arasındaki farklılık %1 olasılık düzeyinde önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.7. Koçan boyu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Düzeyi
Sulama Konuları	75,349	3	25,116	43,180	,000
Hata	4,653	8	,582		
Genel	4631,310	12			



Şekil 4. 7. Koçan boyu (cm) sonuçları[5]

Varyans analiz sonuçlarına göre, sulama seviyelerinin cin mısırı koçan boyu üzerindeki etkisinin istatiksel olarak önemli düzeyde (P<0,01) olduğu görülmektedir (Çizelge 4.7). Şekil 4.7'de görüldüğü gibi en yüksek koçan boyu değerleri S1 ve S2 konularından sırasıyla 22,4 cm ve 21,1 cm olarak elde edilirken en düşük koçan boyu ise sulama seviyesinin en düşük olduğu S4 konusundan 15,8 cm olarak elde edilmiştir. S1 sulama seviyesi referans olarak anılırsa S2, S3 ve S4 konularındaki koçan boyu azalma oranları sırasıyla %5,98, %16,96 ve 29,33 olarak gerçekleşmiştir.

Yapılan başka araştırmalardan elde edilen sonuçlara baktığımız zaman, Bursa koşullarında yürütülen iki yıllık çalışmada ilk yıl 16,9-21,8 cm, ikinci yıl 16,0-22,0 cm arasında değişiklik göstermiştir (Kuşçu, 2010). Yapılan diğer çalışmalarda ise 11,6-20,8 cm (Gençoğlan, 1996), 17,1–21,7 cm (Turgut ve ark., 1999), 16,9-20,3 cm (Turgut, 2000), 19,1–21,5 cm (Okay, 2006) arasında değişen koçan boyları bulunmuştur. Çalışmadan elde edilen veriler, örneklenen araştırmacı çalışmaları verileri ile benzerlik göstermektedir. En yüksek koçan uzunluğu değerleri kısıntı uygulanmayan tam sulama

[5] Farklı harfle gösterilen değerler, Duncan testine göre P<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılıkları göstermektedir.

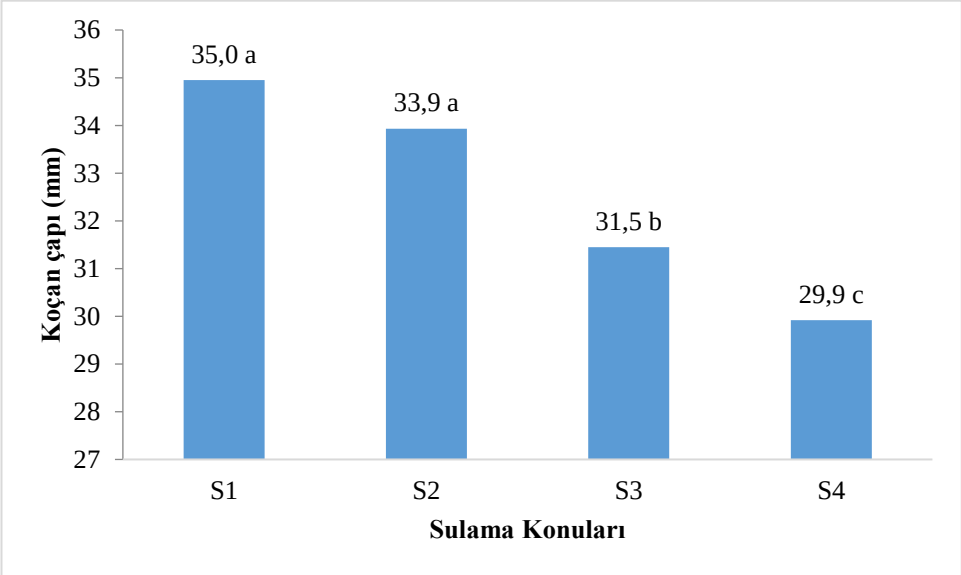
konularından elde edilmiş olup, kısıntı oranı arttıkça koçan boyunda da önemli düzeyde düşüşler yaşanmıştır.

4.8. Koçan Çapı

Denemeden elde edilen koçan çapı varyans analizi sonuçları Çizelge 4.8'de, koçan çapı değerleri ise Şekil 4.8'da verilmiştir. Konulara göre koçan çapı değerleri %1 olasılık düzeyinde farklılık göstermiştir.

Çizelge 4. 8. Koçan çapı varyasyon analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Toplamı	F	Önlem Düzeyi.
Sulama Konuları	12531,757	1	12531,757	25428,842	,000
Hata	3,943	8	,493		
Genel	69,491	11			



Şekil 4. 8. Koçan çapı ölçüm değerleri (mm)[6]

[6] Farklı harfle gösterilen değerler, Duncan testine göre P<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılıkları göstermektedir.

Varyans analiz sonuçlarına göre, sulama düzeylerinin cin mısırı koçan çapı üzerindeki etkisinin istatiksel olarak önemli düzeyde (P<0,01) olduğu görülmektedir (Çizelge 4.8). Şekil 4.8'den de görüldüğü üzere en yüksek koçan çapı değerleri S1 ve S2 sulama konularından sırasıyla 35,0 mm ve 33,9 mm olarak elde edilirken en düşük koçan çapı değeri ise S4 konusundan 29,9 mm olarak ölçülmüştür. S1 konusu sulama seviyesi referans olarak alınırsa S2, S3 ve S4 konularındaki koçan çapı azalma oranları sırasıyla %2,9, %10,0 ve %14,4 olarak gerçekleşmiştir.

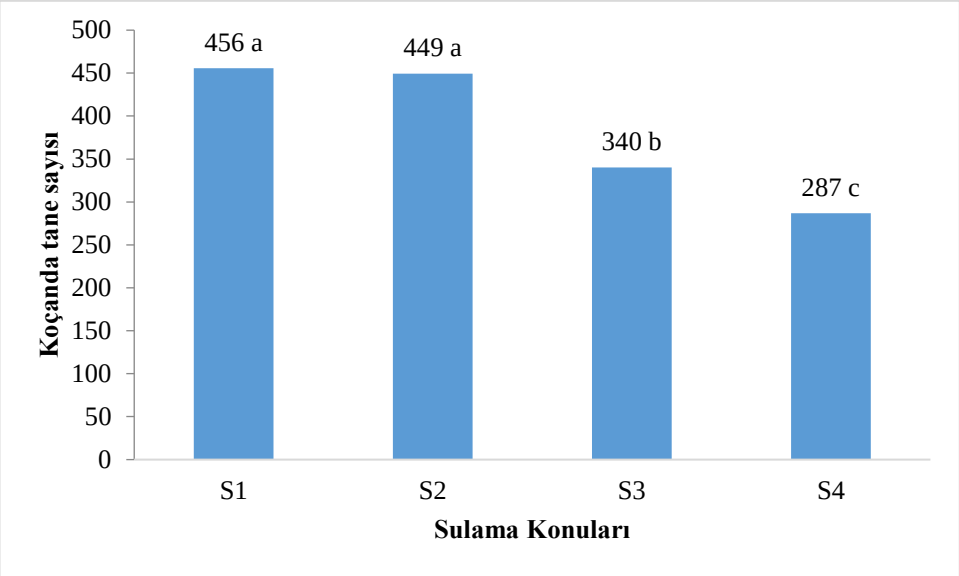
Benzer çalışma sonuçlarına göre, Amik ovası koşullarında farklı sulama aralıklarına göre yapılan çalışmada altı günde bir sulanan konudan 29,7 mm, on sekiz günde bir sulanan konudan ise 28,7 mm koçan çapı elde edilmiştir (Akçalı ve Gözübenli, 2020). Aydın koşullarında yapılan farklı sulama seviyelerinin uygulandığı diğer bir çalışmada ise 23,2-29,6 mm arasında koçan kalınlıkları değişiklik göstermiştir (Vural ve Dağdelen). Kahramanmaraş koşullarında 13 cin mısırı genotipi kullanılarak yapılan çalışmada ise ortalama koçan çapı 29 mm olarak bulunmuştur (İdikut ve ark., 2015). Karaman şartlarında yapılan başka çalışmada ise koçan kalınlığı 36,8 mm bulunmuştur (Tekkanat ve Soylu, 2005). Deneme sonuçlarından elde edilen veriler ile yukarıda elde edilen çalışma sonuçları arasında benzerlik görülmektedir. En yüksek koçan çapı değerleri tam sulama konularından elde edilmiştir, sulama seviyesi azaldıkça koçan çapı değerleri de azalmıştır.

4.9. Koçanda Tane Sayısı

Koçanda tane sayısı, koçandaki sıra ve sıradaki tane sayılarının çarpımı ile bulunmaktadır. Bu yüzden koçanda sıra sayısı ve sırada tane sayısı mısırın potansiyel verimini belirleyen önemli faktörlerden biridir (Jacobs ve Pearson, 1991; Fischer ve Palmer, 1984). Yapılan çalışmadan elde edilen koçan sıra sayılarının varyans analizi Çizelge 4.9'da verilmiştir. Bu analize göre koçanda tane sayısının, sulama konuları arasındaki farklılıkları %1 olasılık düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Bu sonuçlar ile sulama miktarının tane sayısını etkilediği sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 4. 9. Koçanda tane sayısı varyans analizi

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önlem Düzeyi.
Sulama Konuları	62236,667	3	20745,556	240,761	,000
Hata	689,333	8	86,167		
Genel	1823194,000	12			



Şekil 4. 9. Koçanda tane sayıları sonuçları[7]

Varyans analizi sonuçlarına göre, sulama düzeylerinin cin mısırı koçanda tane sayısı üzerindeki etkisinin istatiksel olarak önemli düzeyde (P<0,01) olduğu görülmektedir (Çizelge 4.9). Şekil 4.9'da görüldüğü gibi en fazla ortalama tane sayısı S1 ve S2 sulama seviyelerinden 456 ve 449 adet olarak elde edilirken S3 konusundan 340 ve S4 konusundan ise 287 adet ortalama koçanda tane sayısı saptanmıştır. S1 ve S2 konularındaki koçanda tane sayısı değerleri istatistiksel olarak aynı grupta yer alırken S3 ve S4 konuları farklı gruplarda yer almıştır. S1 sulama konusu referans olarak

[7] Farklı harfle gösterilen değerler, Duncan testine göre P<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılıkları göstermektedir.

alınırsa S2, S3 ve S4 konularındaki tane sayısındaki azalma oranları sırasıyla %1,4, %25,4 ve %37,0 olarak gerçekleşmiştir.

Cin mısırı üzerinde farklı sulama aralığı ve seviyelerinin araştırıldığı bir çalışmada sulama aralığının koçanda tane sayısını etkilemediği buna karşın sulama düzeylerinin koçanda tane sayısını etkilediği bildirilmiş ve en yüksek değer (483,66 adet/koçan) tam sulama konusundan elde edilirken sulama seviyesindeki azalmayla azaldığı raporlanmıştır (Vural ve Dağdelen, 2008). Bu sonuç çalışmadan elde edilen bulgularla benzerlik göstermektedir. Koçanda tane sayısını bulmak için araştırmalarda bulunan sırada tane sayısı ve sıra sayısı hesaplamalarından elde edilen sonuçlardan, sırada tane sayısına göre; en fazla su uygulanan konudan 48,3, en düşük su uygulanan konudan 36,2 adet sırada tane sayısı bulunmuştur (Kuşçu, 2010). Yapılan diğer çalışmalarda, su kısıntısı uygulanan konudan 36,7 adet/sıra, sulaması tam yapılan konudan 40,3 adet/sıra (Okay, 2006), 18,7 – 40,5 adet (Gençtan ve Uçkesen, 2001), 36,7 – 41,8 adet/sıra olarak veriler elde edilmiştir (Eşiyok ve ark., 2004).

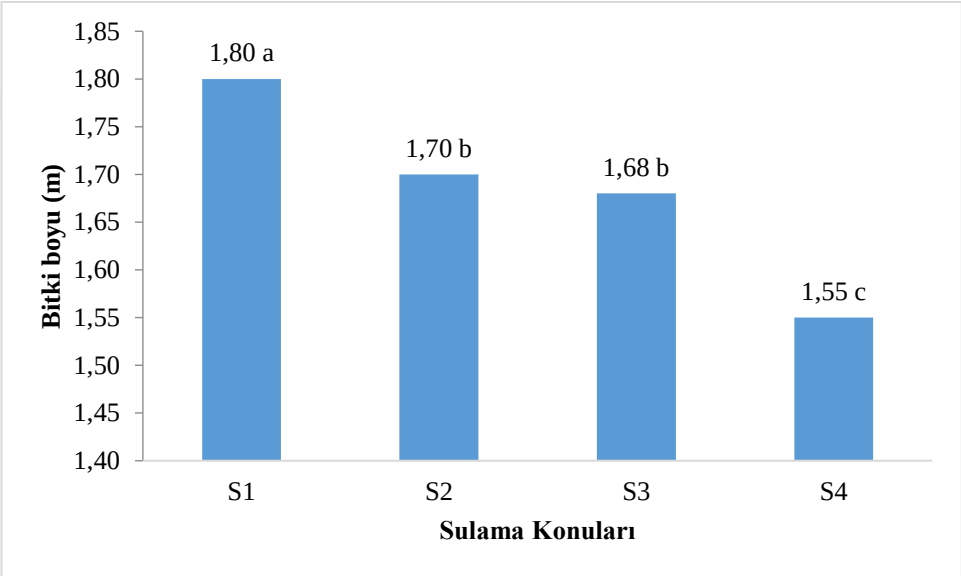
Sıra sayısı hesaplanan diğer benzer çalışmalardan elde edilen sonuçlar ise; iki yıllık çalışmanın ilk yılında 13,1 – 13,9, ikinci yıl 13,0 – 14,2 tane arasında değişmiştir (Kuşçu, 2010). Diğer çalışmalarda ise koçan sıra sayısı 11,8-16,9 (Gençtan ve Uçkesen, 2001), 16,0 – 17,0 adet (Okay, 2006), 15,6 – 17,6 adet (Eşiyok ve ark., 2004) arasında değiştiği görülmüştür. Yapılan çalışma ile yukarıda verilen çalışmaların sonuçlarından elde edilen sıra ve sırada tane sayıları bakımından benzer sonuçlar elde edilmiştir. Su oranındaki düşüşler sıra sayısı ve tanede sıra sayısının azalmasına yol açarak koçan tane sayısının düşmesine sebep olmuştur.

4.10. Bitki Boyu

Hasatta ölçülen bitki boyu değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları Çizelge 4.10'da verilmiştir. Deneme konularından elde edilmiş değerler ise Şekil 4.10'da gösterilmiştir. Elde edilen verilere göre cin mısırı bitki boyunun, sulama konuları arasındaki farklılıkları %1 olasılık düzeyinde önemli olduğu görülmüştür. Bu yüzden sulama suyu miktarının bitki boyu üzerinde belirleyici bir etkisi olduğu sonucuna ulaşılmıştır.

Çizelge 4. 10. Bitki boyu varyans analizi sonuçları

Varyasyon Kaynağı	Kareler Toplamı	Serbestlik Derecesi	Kareler Ortalaması	F	Önem Değeri.
Sulama Konuları	,095	3	,032	15,590	,001
Hata	,016	8	,002		
Genel	34,047	12			



Şekil 4. 10. Bitki boyu ölçümü sonuçları (m)[8]

Şekil 4.10'dan da görüldüğü üzere en yüksek mısır bitki boyu S1 konusundan 1,80 m olarak ölçülürken en düşük ise S4 konusundan 1,55 m olarak ölçülmüştür. S1 konusundan elde edilen bitki boyu değerlerini sırasıyla S2 ve S3 konularından elde edilen değerler (1,70 m ve 1,68 m) izlemiştir. S2 ile S3 konularının bitki boyları istatistiksel olarak aynı grupta yer almıştır. S1 sulama konusu referans alınırsa S2, S3, S4 konularındaki bitki boyu azalma oranları sırasıyla %5,55, %6,66 ve %13,88 oranında bulunmuştur.

[8] Farklı harfle gösterilen değerler, Duncan testine göre P<0,05 düzeyinde istatistiksel olarak önemli farklılıkları göstermektedir.

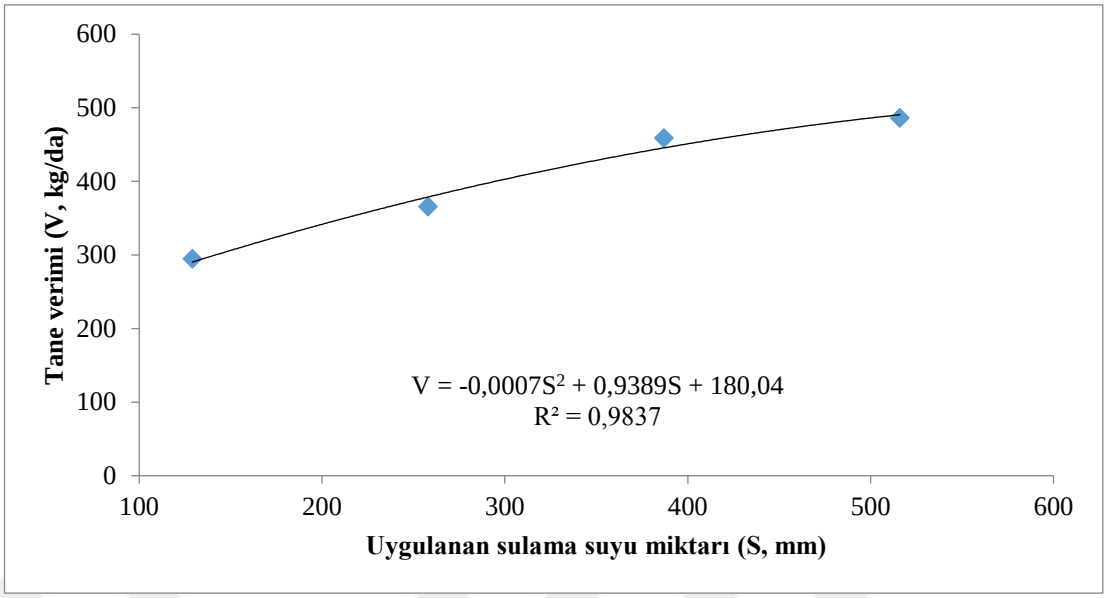
Farklı bölge ve koşullarda yapılan diğer araştırmalarda; Amik ovası koşullarında farklı sulama aralıklarına göre yapılan çalışmada bitki boyu en çok sulanan konudan 173,5 cm, en az sulanan konudan ise 153,4 cm olarak bulunmuştur (Akçalı ve Gözübenli, 2020). Bursa koşullarında yapılan iki yıllık çalışmada ise sulamada kısıntıya gidildikçe bitki boyunda da kısalma görülmüştür (Kuşçu, 2010). Menemen ovası koşullarında yapılan araştırmada 154-208 cm arasında (Ul, 1990), Aydın ilinde yapılan bir çalışmada 202-235 cm arasında (Vural ve Dağdelen, 2008), Harran ovası koşullarında yapılan iki yıllık çalışmada ise çalışmanın ilk yılında bitki boyu değerleri 159-171 cm arasında, ikinci yılında ise 169-181 cm arasında değiştiği gözlenmiştir (Kırnak ve ark., 2003). Mısır bitkisinde yapılan başka bir çalışmada ise mısır boyunun sulama ile doğru orantılı olduğu bulunmuş, sulamada kısıntıya gidildikçe bitki boyunda da küçülme olduğu görülmüştür (Kang ve ark., 2000). Bu araştırmalarda, cin mısırı üzerine yürütülen çalışmalarla, yaptığımız çalışmadaki bitki boyları arasında birbirini destekleyen veriler elde edilmiştir. Bazı çalışmaların sonuçları ise daha yüksek çıkmıştır. Bunun sebebinin kullanılan mısır çeşidinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.11. Su-Verim İlişkileri

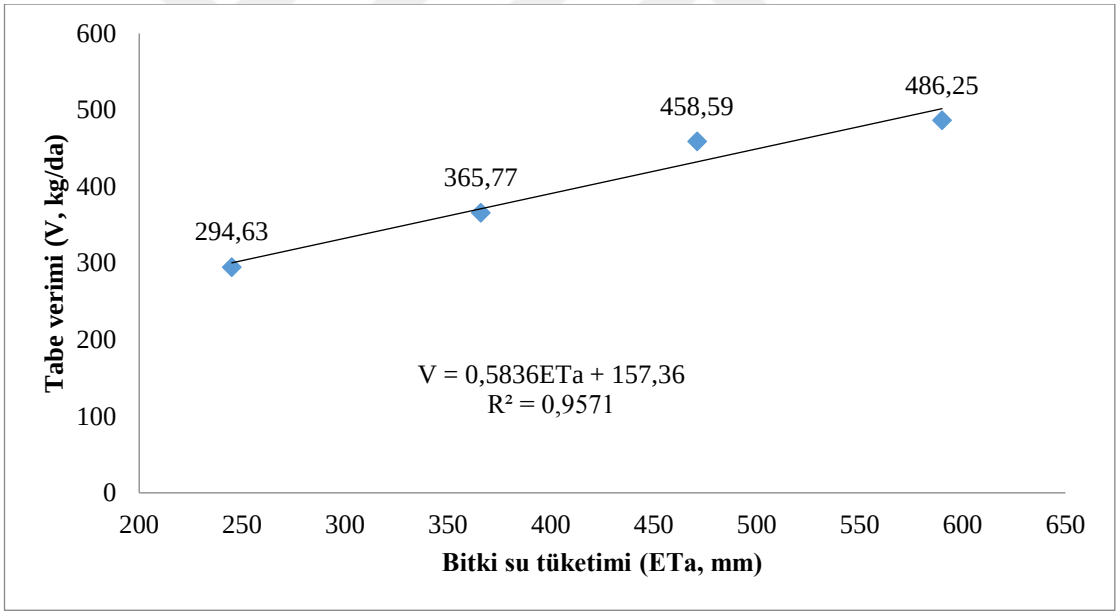
Araştırma konularına uygulanan sulama suyu miktarlarının ve bitki su tüketim değerlerinin, ortalama tane verimi üzerime olan etkilerini tanımlayan su-verim fonksiyonları oluşturulmuş ve Şekil 4.11 ve 4.12 de verilmiştir.

Mevsimlik uygulanan sulama suyu miktarı (S) ile tane verimi (V) arasında ikinci dereceden polinom denklemi [$V = -0{,}0007S^2 + 0{,}9389S + 180{,}04$] elde edilmiştir. Söz konusu fonksiyonun belirleme katsayısı $R^2 = 0{,}9837$ olup, deneysel verilerin elde edilen eğriye yüksek düzeyde uygun olduğunu göstermektedir.

Mevsimlik bitki su tüketimi (ETa) ile tane verimi (V) arasında doğrusal bir ilişki [$V = 0{,}5836ETa + 157{,}36$] bulunmuştur. Elde edilen eşitliğin belirleme katsayısı $R^2=0{,}9571$ olup deneysel verilerin doğrusal ilişki denklemini yüksek derecede tanımlayabildiğini göstermektedir.



Şekil 4. 11. Uygulanan sulama suyu ile tane verimi ilişkisi



Şekil 4. 12. Bitki su tüketimi ile tane verimi ilişkisi

Gençoğlan ve Yazar (1999), Çukurova koşullarında yürüttükleri çalışmada sulama suyu ile mısır tane verimi arasındaki ilişkiyi ikinci denklemle ifade etmişlerdir. Bursa koşullarında yapılan iki yıllık çalışmada, tane verimi ile sulama suyu arasında ilk yıl V = 1.4381 S + 552.09 (R^2=0.92**) ve ikinci yıl ise V = 1.5133 S + 614.47 (R^2 =0.94**)

olarak doğrusal regresyon denklemleri elde adilmiş ve tane verimi ile bitkisel su tüketimi arasında ise ilk yıl V = 1.6127 ET + 246.86; R^2 = 0.9566* ve ikinci yıl ise V = 1.6657 ET + 192.24; R2 = 0.9709** olarak doğrusal regresyon denklemi bulunmuştur (Kuşçu, 2010).

Çizelge 4.11'de araştırma konularına dair sulama suyu üretkenliği (IWP) ve su üretkenliği (WP) değerleri verilmiştir. Çizelge 4.11'den de görüldüğü üzere IWP değerleri 0,94 – 2,28 kg m^{-3} arasında, WP değerleri ise 0,82-1,20 kg m^{-3} arasında değişmiştir. En yüksek IWP ve WP değerleri S4 konusundan elde edilirken en düşük S1 konusundan elde edilmiştir. Genelde uygulanan sulama suyu miktarı ve bitki su tüketimi değerleri arttıkça IWP ve WP değerleri azalma göstermiştir. Bu sonuç, deneme koşulları altında cin mısırının düşük su temini seviyelerinde dahi üretkenliğinin iyi derecede olduğunu göstermektedir.

Çizelge 4. 11. Sulama Suyu Üretkenliği ve Su Üretkenliği

Sulama Konuları	Uygulanan Su (mm)	Bitki Su Tüketimi (mm)	Tane Verimi (kg da^{-1})	IWP (kg m^{-3})	WP (kg m^{-3})
S1 (%100)	516	590	486,25	0,94	0,82
S2 (%75)	387	471	458,59	1,18	0,97
S3 (%50)	258	366	365,77	1,41	0,99
S4 (%25)	129	245	294,63	2,28	1,20

Çeşitli iklim bölgelerinde yapılan çalışmalarda WP ve IWP, Çukurova koşullarında yapılan çalışmada WP 0,87-3,19 kg m^{-3}, IWP 1,38-1,80 kg m^{-3} (Köksal ve Kanber, 1998), Güneydoğu koşullarında yapılan çalışmada WP 1,94-2,27 kg m^{-3}, IWP 1,95-2,53 kg m^{-3} (Yazar ve ark., 2002), Türkiye'nin Batı koşullarında WP 1,65-2,15 kg m^{-3}, IWP 2,30-3,52 kg m^{-3} (Dağdelen ve ark., 2006), WP 0,22-1,25 kg m^{-3}, IWP 1,0-2,43 kg m^{-3} (Gençoğlan ve Yazar, 1999), Şanlıurfa koşullarında yapılan çalışmada WP 0,94-1,15 kg m^{-3}, IWP 1,07-1,43 kg m^{-3} (Öktem, 2006), WP 1,19-1,36 kg m^{-3}, IWP 1,18-1,62 kg m^{-3} (Öktem, 2008) olarak bulunmuştur. Elde edilen verilerin geniş bir dağılım göstermiş

olmasına rağmen, bu çalışmada elde edilen verilerle birlikte yukarıdaki çalışmaların çoğunluğunda, su stresi arttıkça WP ve IWP değerlerinin yükseldiği görülmüştür.

5. SONUÇ

Bursa koşullarında farklı sulama seviyelerinin R427 çeşidi cin mısırının, su-verim ilişkisini belirlemek ve agronomik özelliklerine olan etkilerini saptamak amacıyla 2019 yılında Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi deneme alanında yapılan bu çalışmadan elde edilen sonuç ve öneriler aşağıda verilmiştir.

Sulama konularına uygulanan sulama suyu miktarı 129 mm ve 516 mm arasında değişiklik göstermiş ve bitki su tüketimi değerleri de sulama seviyelerindeki artış veya azalışa bağlı bir seyir izlemiştir.

En yüksek tane verimi (486,25 kg da^{-1}), A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan su miktarının tamamının sulama suyu olarak verildiği S1 konusundan, en düşük tane verimi (294,63 kg da^{-1}) ise en az su uygulanan S4 konusundan elde edilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı ile tane verimi arasında ikinci dereceden polinom biçiminde bir ilişki (R^2=0,94), bitki su tüketimi ile tane verimi arasında ise doğrusal bir ilişki (R^2=0,96) elde edilmiştir. S1 konusuna kıyasla %25 daha az sulama suyu uygulanan S2 konusunda verimde %6'lık bir azalma gözlenmiştir. Sulama suyunun sınırlı olduğu koşullarda bu uygulama önerilebilir.

Sulama seviyelerindeki artış su üretkenliğini azaltmıştır. Bu durum, çalışma koşulları altında düşük su temininde dahi cin mısırı bitkisinin üretkenliğinin yüksek olduğunu göstermektedir.

Farklı sulama uygulamalarının bu çalışmada ele alınan mısır bitkisinin agronomik özellikleri üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Genelde, daha yüksek bin tane ağırlığı, koçan çapı, koçan boyu, tek koçan ağırlığı, koçanda sıra sayısı ve bitki boyu değerleri S1 ve S2 sulama konularından elde edilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre, Bursa koşullarında cin mısırında düşük seviyelerde sulama suyu uygulanması tane veriminde azalmalara neden olabilmektedir. Zorunlu kalınmadığı sürece su kısıntısı uygulamalarından kaçınılması gerektiği söylenilebilir.

Sulama suyunun yeterli ve maliyetinin uygun olduğu koşullarda, A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan suyun dört günlük kümülatif toplamı kadar sulama suyunun damla sulama yöntemiyle verilmesi (S1) tavsiye edilmektedir. Bu uygulama altında, mevsimlik olarak 516 mm sulama suyuna karşılık 590 mm bitki su tüketimi hesaplanmıştır. Söz konusu uygulamada tane verimi 486,25 kg da^{-1} ve bitki su tüketimine (sulama + yağış) bağlı su üretkenliği 0,82 kg m^{-3}'tür.

Küresel ısınma, endüstriyel kullanım gibi hem çevresel hem de beşerî etkiler yüzünden günümüz su kaynaklarının gittikçe azaldığı düşünülürse mevcut kaynakların daha ekonomik şekilde kullanılması bir zorunluluk olmaktadır. Yapılan araştırmada, S1 sulama konusuna kıyasla %25 daha az sulama suyu uygulanan S2 konusunun özellikle sulama suyunun sınırlı veya maliyetinin yüksek olduğu yerlerde tercih edilmesi önerilebilir. Bu koşulda uygulanan mevsimlik sulama suyu miktarı 387 mm, bitki su tüketimi 471 mm, tane verimi 458,59 kg da^{-1} ve su üretkenliği 0,97 kg m^{-3}'tür. Bu sayede, sulama suyunda %25 düzeyinde bir tasarruf, bitki su tüketiminde %20 düzeyinde bir azalma sağlanırken tane veriminde kabul edilebilir düzeyde (%6) bir azalma ve su üretkenliğinde de bir iyileşme elde edilebilmektedir. S1 sulama konusuna kıyasla sulama seviyelerinin %50 ve %75 daha az uygulandığı S3 ve S4 konuları çok yüksek düzeyde verim kayıplarına (%25-40) neden olduğundan tavsiye edilmemektedir.

KAYNAKLAR

Anonim (2010). Bursa tarım istatistikleri 2008 yılı faaliyet raporu, Bursa tarım il müdürlüğü, erişim sitesi :http://www.bursatarim.gov.tr, 112 s. (erişim tarihi : 5.12.2020).

Anonim (2021). Crookham Company Robust Popcorn | Crookham Company, https://www.crookham.com/products/us/r427, (Erişim Tarihi: 20.04.2021)

Anonymous (2015). Türkiye İstatistik Enstitüsü. Erişim sitesi: http://tuikapp.tuik.gov.tr (Erişim Tarihi : 10.12.2020).

Akçalı, C.T. ve Gözübenli, H. (2020). Farklı sulama aralıklarının Amik Ovasında ikinci ürün olarak yetiştirilen cin mısırının (Zea Mays Everta Sturt.) verim ögeleri ve patlama kalitesi üzerine etkisi, KSÜ Tarım ve Doğa Derg 23 (5): 1184-1191, 2020.

Arıtürk, M.E. ve Erdem, Y. (2011). İkinci ürün silajlık mısırın (*zea mays* l.) sulama zamanının planlanması ve su – verim kalite ilişkilerinin belirlenmesi, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi 2011; 8(1) : 73 – 82.

Artan, H. (1996). Harran ovası koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen bazı mısır çeşitlerinde sulama sıklığının verim ve bazı tarımsal karakterlere etkisi üzerinde bir araştırma, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, (yüksek lisans tezi), 38 sy.

Ayana, M. (2011). Deficit irrigation practices as alternative means of improving water use efficiencies in irrigated agriculture: case study of maize crop at arba minch, Ethiopia, African Journal of Agricultural Research 6(2):226-235.

Aydinsakir, K., Erdal, S., Buyuktas, D., Bastug, R. ve Toker, R. (2013). The influence of regular deficit irrigation applications on water use,yield and quality components of two corn (*zea mays* l.) genotypes, Agricultural Water Management, 128 (2013) 65– 71.

Bayrak, F. (1979). Bafra ovası koşullarında mısır su tüketimi, Bafra koşullarında yetiştirilen mısırın su-verim ilişkileri, K.H.A.E yayınları, genel yayın no: 15, seri no:13.

Benjamin, J.G., Nielsen, D.C., Vigil, M.F., Mikha, M.M. ve Calderon, F. (2015). Cumulative deficit irrigation effects on corn biomass and grain yield under two tillage systems, Agricultural Water Management, 159 (2015) 107-114.

Black, C.H. (1965). Methods of soil analysis. Amer. *Soc. of Agro*. Madison, Wisconsin, 63-66 p.

Bos, M.G. (1980). Irrigation efficiencies at crop production level. *ICID Bull*. 29: 18-25.

Bouyoucous, W.S. (1951). A recalibration of the hydrometer method for making mecanical analysis of soils. Argon. Journal Vol. 43, pp: 434–448

Candoğan, B.N. (2009). Soya fasülyesinin su-verim ilişlisi, doktora tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Bursa.

Cavero, J., Farre, I., Debaeke, P. ve Gonzales, J.M.F. (2000). Simulation of maize yield under water stres with epic phase and cropwat models, Agronomy Journal, 92: 679 – 690.

Çağlar, K.Ö. (1969). Toprak bilgisi. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları:10, Ankara 230s.

Çakır, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. Field Crops Research, 89: 1–16.

Çamoğlu, G., Genç, L. ve Aşık, Ş. (2011). Tatlı mısırda (zea mays saccharata sturt) su stresinin fizyolojik ve morfolojik parametreler üzerine etkisi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2011, 48 (2): 141-149.

Çetin, Ö. (1996). Harran ovası koşullarında ikinci ürün mısır su gereksinimi, Köy Hizmetleri Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Genel Yayın No: 90, Rapor Seri No: 63, Şanlıurfa. 45 s.

Dağdelen, N., Akçay., Sezgin, F., Ünay, A. ve Gürbüz, T. (2010). Farklı sulama rejimleri altında silajlık mısırın su üretim fonksiyonlarının belirlenmesi, Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2010; 7(1) : 55 – 64.

Dağdelen, N., Yılmaz, E., Sezgin, F. ve Gürbüz, T. (2006). Water–yield relation and water use efficiency of cotton *(gossypium hirsutum l.*) and second crop corn (*zea mays l.*) in Western Turkey, Agricultural Water Management, 82 (1–2), 63–85.

Değirmenci, V., Gündüz, M. ve Kara, C. (1998). GAP bölgesi Harran ovası koşullarında II. ürün mısırın su verim ilişkileri, köy hizmetleri Şanlıurfa araştırma enstitüsü müdürlüğü, Genel Yayın No: 108, Şanlıurfa. 35 s.

Demir, A.O., Göksoy, A.T., Büyükcangaz, H., Turan, Z.M. ve Köksal, E.S. (2006). Deficit irrigation of sunflower (Helianthus annuus L.) in a sub–humid climate. Irrigation Science, 24: 279–289.

Dhanapala, A.H. (1992). Simulation of soil moisture regime: application of the SWATRE model to a maize crop on the reddish brown earths in the dry zone of Sri Lanka, Agricultural Systems, 38, 61–73.

Di Paolo, E. ve Rinaldi, M. (2008). Yield response of corn to irrigation and nitrogen fertilizationin a mediterranean environment, Field Crops Research, 105 (2008) 202–210.

Dominguez, A., Martinez, R.S., Juan, J.A., Romero, M. ve Tarjuelo, J.M. (2012). Simulation of maize crop behavior under deficit irrigation using MOPECO modelin a semi-arid environment, Agricultural Water Management, 107 (2012) 42– 53.

Doorenbos, J. ve Kassam, A.H. (1979). Yield response to water. united nations fao irrigation and drainage , Paper 33, Rome. 193 P.

Ertek, A. ve Kara, B. (2013). Yield and quality of sweet corn under deficit irrigation, Agricultural Water Management, 129 (2013) 138– 144.

Eşiyok, D., Bozokalfa, K. ve Uğur, A. (2004). Farklı lokasyonlarda yetiştirilen şeker mısır (*zea mays l. var. saccharata*) çeşitlerinin verim, kalite ve teknolojik özelliklerinin belirlenmesi, Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 41 (1): 1–9.

Faloye, O.T., Alatise, M.O., Ajayi, A.E. ve Ewulo, B.S. (2019). Effects of biochar and inorganic fertiliser applications on growth, yield and water use efficiency of maize under deficit irrigation, Agricultural Water Management, 217 (2019) 165-178.

FAO (2020). Mısır istatistikleri. http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC, (Erişim tarihi: 25.11.2020).

Farre, I. ve Faci, J.M. (2006). Comparative response of maize (*zea maysl*.) and sorghum (*sorghum bicolorl. moench*) to deficit irrigation in amediterranean environment, Agricultural Water Management, 83 (2006) 135–143.

Feddema, J.J. (2005). A revised thornthwaite-type global climate classification, Physical Geography, 26:442-466.

Fereres, E. ve Soriano, M.A. (2007). Deficit irrigation for reducing agricultural water use, Journal Of Experimental Botany, 58 (2): 147–159.

Fischer, K.S. ve Palmer, F.E. (1984). Tropical maize. In: Goldsworth, P.R. and Fischer N.M. (ed.), The physiology of tropical field crops. Wiley, New York. P. 213– 248.

Garrity, P.D., Watts, D.G., Sullivan, C.Y. ve Gilley, J.R. (1982). Moisture deficits and grain sorghum performance: evapotranspiration-yield relationships, Agronomy Journal, 74: 815-820.

Gençoğlan, C. ve Yazar, A. (1999). Kısıntılı su uygulamalarının mısır verimine ve su kullanım randımanına etkileri, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 23 (1999) 233-241.

Gençtan, T. ve Uçkesen, B. (2001). Tekirdağ koşullarında ana ürün ve ikinci ürün şeker mısır (*zea mays saccharata sturt*.) yetiştirme olanaklarının araştırılması, Türkiye 4. Tarla Bitkileri Kongresi, 17–21 Eylül, Tekirdağ.

Gheysari, M., Sadeghi, S., Loescher, H., Amiri, S., Zareian, M., Majidi, M., Asgarinia, P. ve Payero, J. (2017). Comparison of deficit irrigation management strategies on root, plantgrowth and biomass productivity of silage maize, Agricultural Water Management, 182 (2017) 126–138.

Gökçel, F. ve Yazar, A. (2008). Çukurova koşullarında yarı ıslatmalı (prd) ve kısıntılı sulama programlarının 2. ürün mısır verimi ve su kullanma randımanına etkileri, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yıl:2008 Cilt:18-1.

Gönülal, E. ve Soylu, S. (2020). Mısır bitkisinde (*zea mays l.*) farklı fenolojik dönemlerdeki su stresi uygulamalarının tane verimi, sulama suyu kullanım etkinliği ve maliyet üzerine etkileri, Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 9 (1): 11-20, 2020.

Greaves, E.G. ve Wang, Y. (2017). Effect of regulated deficit irrigation scheduling on water use of corn in Southern Taiwan tropical environment, Agricultural Water Management, 188(2017) 115-125.

Greenwood, K.L., Mundy, G.N. ve Kelly, K.B. (2008). On–farm measurement of the water use and productivity of maize, Australian Journal of Experimental Agriculture, 48 (3): 274–284.

Guitjens, J.C. (1982). Models of alfalfa yield and evapotransipariton. Asce, Vol. 108, No. Ir3, P. 212–222.

Gündüz, M. ve Beyazgül, M. (1998). Balıkesir koşullarında mısırın su-verim ilişkileri. KHGM Menemen Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Menemen/İzmir.

Gündüz, M., Korkmaz, N. ve Şen, S. (2008). Güney Marmara koşullarında mısırın su-verim ilişkisi, Türkiye Cumhuriyeti Tarım ve Köy İşleri Bakanlığı ege tarımsal araştırma enstitüsü müdürlüğü, tayek 2008 yılı tarla bitkileri grubu bilgi alışveriş toplantısı bildirileri, 24–26 Haziran 2008, Menemen/İzmir. Yayın No:132: 172–191.

Hirich, A., Ragab, R., Choukr-Allah, R. ve Rami, A. (2014). The effect of deficit irrigation with treated wastewater on sweet corn: experimental and modelling study using saltmed model, Irrigation Science, (2014) 32:205–219.

Hook, J.E. (1992). Using crop models to plan water withdrawal for irrigation in drought years, Agriculture System, 45 (3), 271–289.

Istanbulluoglu, A., Kocaman, I. ve Konukcu, F. (2002). Water use production relationship of maize under Tekirdag conditions in Turkey. Pakistan Journal of Biological Science, 5 (3): 287–291.

İdikut, L., Zülkadir, G., Yürürdurmaz, C. ve Çölkesen, M. (2015). Yerel Cin Mısırı Genotiplerinin Kahramanmaraş Koşullarında Tarımsal Özelliklerinin Araştırılması, KSÜ Doğa Bil. Derg., 18(3), 2015.

Jacobs, B.C. ve Pearson, C.J. (1991). Potential yield of maize determined by rate of growth and development of ears, Field Crops Research, 27: 281–298.

Kaman, H. ve Kırda, C. (2008). Kısıntılı sulama altında mısır bitkisinin çeşit farklılığı, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yıl:2008 Cilt:18-3.

Kaman, H., Kırda, C. ve Sesveren, S. (2011). Genotypic differences of maize in grain yield response to deficit irrigation, Agricultural Water Management, 98 (2011) 801–807.

Kanber, R. (1984). Çukurova koşullarında açık su yüzeyi buharlaşmasından yararlanarak birinci ve ikinci ürün yerfıstığının sulanması. Bölge Toprak-su Araştırma Enstitüsü Yayınları No: 114, Rapor No: 64, Tarsus.

Kang, S., Shi, W. ve Zhang, J. (2000). An improved water-use eficiency for maize grown under regulated deficit irrigation, Field Crops Research, 67 (2000) 207-214.

Kara, B. ve Akman, Z. (2002). Şeker mısırında koltuk ve uç alma ile yaprak sıyırmanın verim ve koçan özelliklerine etkisi, Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 15(2): 9–18.

Kara, S. (2011). Konya ekolojik koşullarında damla sulama yöntemi ile sulanan mısır bitkisinde su – verim ilişkileri, yüksek lisans tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı. 59s.

Karam, F., Breidy, J., Stephan, C. ve Rouphael, J. (2003). Evapotranspiration, yield and water use efficiency of drip irrigated corn in the Bekaa Valley of Lebanon, Agricultural Water Management, 63 (2003) 125–137.

Karrou, M., Oweis, T., Enein, R. ve Sherif, M. (2012). Yield and water productivity of maize and wheat under deficit and raised bed irrigation practices in egypt, African Journal of Agricultural Research, 7(11):1755-1760.

Kırda, C. (2002). Deficit irrigation scheduling based on plant growth stages showing water stress tolerance, ISBN 92-5-104768-5.

Kırnak, H., Gençoğlan, C. ve Değirmenci, V. (2003). Harran ovası koşullarında kısıntılı sulamanın 2. ürün mısır verimine ve bitki gelişimine etkisi, Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi. 34 (2), 117-123.

Köksal, H. ve Kanber, R. (1998). Çukurova koşullarında II. ürün mısır bitkisi su–verim ilişkileri, tarım ve orman meteorolojisi 98 sempozyomu, 21–23 Ekim 1998, İstanbul. s. 310–317.

Kuşçu, H. (2010). Bursa koşullarında yetiştirilen mısır bitkisinde kısıntılı sulamanın verim ve kalite üzerine etkisi, Doktora Tezi, Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar Ve Sulama Anabilim Dalı,Bursa. 204 s.

Kuşçu, H., Karasu, A., Öz, M., Demir, A. ve Turgut, İ. (2013). Effect of irrigation amounts applied with drip irrigation on maize evapotranspiration, yield, water use efficiency, and net return in a suba"humid cli, Turkish Journal of Field Crops, 18(1), 13-19.

Li, Y.L., Cui, J.Y., Zhang, T.H. ve Zhao, H.L. (2003). Measurement of evaporation of irrigated spring wheat and maize in a semi-arid region of North China, Agricultural Water Management, 61: 1 -12.

Ma, L., Ahuja, L.R., Islam, A., Trout, T.J., Saseendran, S.A. ve Malone, R.W. (2017). Modeling yield and biomass responses of maize cultivars to climatechange under full and deficit irrigation, Agricultural Water Management, 180 (2017) 88–98.

Mansouri–Far, C., Modarres Sanavy, S.A.M. ve Saberali, S.F. (2010). Maize yield response to deficit irrigation during low-sensitive growth stages and nitrogen rate under semi-arid climatic conditions, Agricultural Water Management, 97: 12–22.

Ogola, J.B.O., Wheeler, T.R. ve Harris, P.M. (2002). Effects of nitrogen and irrigation on water use of maize crops, Field Crops Research, 78: 105–117.

Okay, D. (2006). Bursa koşullarında mısır bitkisi su-verim ilişkisinin ceres-maize bitki geliştirme modeliyle belirlenmesi, Doktora Tezi (yayınlanmamış), Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarımsal Yapılar ve Sulama ABD, Bursa. 159 s.

Okay, D. ve Yazgan, S. (2016). Farklı su uygulama düzeylerinin mısır bitkisi verimi üzerine etkisi, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2016, Cilt 30, Sayı 1, 1-12.

Oktem, A. (2008). Effect of deficit irrigation on some yield characteristics of sweet corn, Bangladesh J. Bot. 37(2): 127-131.

Orta, A.H., İstanbulluoğlu, A. ve Albut, S. (1997). Tekirdağ koşullarında mısırın su tüketimi, Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Tarım Bilimleri Dergisi, 3 (2): 38–43.

Öktem, A. (2006). Effect of different irrigation intervals to drip ırrigated dent corn (*zea mays l. indentata*) water–yield relationship, Pakistan Journal of Biological Sciences, 9 (8): 1476–1481.

Öktem, A., Şimşek, M. ve Öktem, A.G. (2002). Deficit irrigation effects on sweet corn (Zea Mays Saccharata Sturt) with drip ırrigation system in a semi-arid region 1. water-yield relationships. agricultural water management, 6:63-74.

Özcan, G. (2010). Mısır çeşitlerinin kısıntılı su uygulamalarına tepkilerinin belirlenmesi, Yüksek Lisans Tezi, Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı. 114s.

Panda, R.K., Behera, S.K. ve Kashyap, P.S. (2004). Effective management of irrigation water for maize under stressed conditions, Agricultural Water Management, 66: 181–203.

Pandey, P.K., Maranville, J.W. ve Admou, A. (2000). Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a sahelian environment: I. grain yield and yield components, Agricultural Water Management, 46 (2000) 1-13.

Payero, J.O., Melvin, S., Irmak, S. ve Tarkalson, D. (2006). Yield response of corn to deficit irrigation in a semiarid climate, Agricultural Water Management, 84 (2006) 101-112.

Payero, J.O., Tarkalson, D.D., Irmak, S., Davıson,D. ve 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.

Rodrigues, G.C., Paredes, P., Gonçalves, J.M., Alves, I. ve Pereira, L. (2013). Comparing sprinkler and drip irrigation systems for full and deficitirrigated maize using multicriteria analysis and simulation modelling:ranking for water saving vs. farm economic returns, Agricultural Water Management, 126 (2013) 85– 96.

Rodrigues, G.C. ve Pereira, L.S. (2009). Assessing economic impacts of deficit irrigation as related towater productivity and water costs, Biosystems Engineering, 103 (2009) 536–551.

Sade, B., Küçükmumcu, F. ve Gayretli, H. (1996). Konya ekolojik şartlarında cin mısır populasyonlarının (Zea Mays L. Everta Sturt) tane verimi ve bazı morfolojik özelliklerinin belirlenmesi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 9(11): 130-143.

Sampathkumar, T., Pandian, B.J. ve Mahimairaja, S. (2012). Soil moisture distribution and root characters as influenced by deficit irrigationthrough drip system in cotton–maize cropping sequence, Agricultural Water Management, 103 (2012) 43– 53.

Sampathkumar, T., Pandian, B.J., Rangaswamy, M.V., Manickasundaram, P. ve Jeyakumar, P. (2013). İnfluence of deficit irrigation on growth, yield and yield parameters of cotton–maize cropping sequence, Agricultural Water Management, 130 (2013) 90– 102.

Sepaskhah, A.R. ve Khajehabdollahi, M.H. (2005). Alternate furrow irrigation with different irrigation intervals for maize (*zea mays l.*), Plant Production Science, 8(5):592-600.

Shehata, A.A.A. (2009). Comparison among different irrigation systems for deficit-irrigated corn in the Nile Valley, Agricultural Engineering International: The CIGR Ejournal, Manuscript LW 08 010. Vol. XI. February, 2009.

Şimşek, M. ve Gerçek, S. (2011). Yarı kurak koşullarda damla sulamada farklı sulama aralıklarının mısır bitkisinin (*zea mays* l. indentata) su verim ilişkilerine etkisi. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 36 (1): 77-82.

Tarıq, J.A. ve Usman, K. (2009). Regulated deficit irrigation scheduling of maize crop, Sarhad J. Agriculture, Vol.25, No.3, 2009.

Taş, T. ve Öktem, A. (2017). Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde bazı mısır genotiplerinin tam ve kısıntılı sulama koşullarında çiçeklenme özelliklerinin değerlendirilmesi, Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi, 4(2): 186-196.

Tekkanat, A. ve Soylu S. (2005). Cin mısırı çeşitlerinin önemli tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. S.Ü. Ziraat Fakültesi Dergisi, 19(37): 41-50.

Topak, H., Süheri, S. ve Acar, B. (2009). Kısıntılı – damla sulamanın mısır verimine ve su kullanıma etkisi, Selçuk Üniversitesi Selçuk Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi, 23 (49): (2009) 74-80.

Turgut, İ. (2000). Bursa koşullarında yetiştirilen şeker mısırında (*zea mays saccharata sturt*.) bitki sıklığının ve azot dozlarının taze koçan verimi ile verim öğeleri üzerine etkisi, Turkish Journal Of Agriculture And Forestry, 24: 341–347.

Turgut, İ., Çakmak, F. ve Balcı, A. (1999). Bursa koşullarında mısırın (*zea mays indentata sturt*) verim ve verim unsurlarına etkili başlıca karakterler ve bunların kalıtımı üzerine araştırmalar, Türkiye 3. Tarla Bitkileri Kongresi, 15–18 Kasım 1999, I. Cilt Genel ve Tahıllar, Adana. S. 269–274.

Turhan, Ş., Vural, H. ve Erdal, B. (2013). Bursa tarımının sosyo-ekonomik yapısının analizi, Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 2013, Cilt 27, Sayı 1, 27-38.3

Tüzüner, A. (1990). Toprak ve su analiz laboratuvarları el kitabı, Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Ankara, 180 s.

Tülücü, K. (2003). Özel bitkilerin sulanması, Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Genel Yayın No: 254, Ders Kitapları Yayın No: A-82, Adana.

Uçak, B. A., Bağdatlı, C. M., Turan, N., Arslan, H. ve Mikail, N. (2016). Siirt koşullarında kısıntılı sulama uygulamaları altında silajlık mısır (*zea mays l.*) çeşitlerinin, verim ve silaj kalite özelliklerinin belirlenmesi, 10.13140/RG.2.1.1779.8645.

Ul, M.A. (1990). Menemen Ovası koşullarında II. ürün olarak yetiştirilen mısır bitkisinin değişik gelişim aşamalarında uygulanan sulamaların verime etkisi üzerinde bir araştırma, Doktora Tezi, Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Kültür teknik Anabilim Dalı İzmir. 109 s.

Vural, Ç. (2007). Aydın koşullarında cin mısır bitkisinin damla yöntemiyle sulanması, (Yüksek lisans tezi).

Yaseen, R., Shafi, J., Ahmad, W., Shoaib, M., Salim, M. ve Qaisrani, S.A. (2014). Effect of deficit irrigation and mulch on soil physical properties, growth and yield of maize, Environment and Ecology Research, 2(3): 122-137, 2014.

Yazar, A., Howell, T.A., Dusek, D.A. ve Copeland, K.S. (1999). Evaluation of crop water stress ındex for lepa irrigated corn, Irrigation Science, 18: 171 – 180.

Yazar, A., Sezen, S.M. ve Gencel, B. (2002). Drip irrigation of corn in the southeast anatolia project (GAP) area in Turkey, Irrigation and Drainage, 51: 293– 300.

Yıldırım, Y.E. ve Kodal, S. (1995). Ankara koşullarında sulamanın mısır verimine etkisi, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 22 (1998) 65-70.

Yıldırım, O., Kodal, S., Selenay, F.,Yıldırım, Y.E. ve Ozturk, A. (1996). Corn grain yield response to adequate and deficit irrigation, Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 20 (4): 283–288.

Yuan, C., Feng, S., Huo, Z. ve Ji, Q. (2019). Effects of deficit irrigation with saline water on soil water-salt distribution and water use efficiency of maize for seed production in arid northwest China, Agricultural Water Management, 212 (2019) 424-432.