

**İKİNCİ ÜRÜN SİLAJLIK MISIRIN SULAMA
ZAMANININ PLANLANMASI ve SU-VERİM-
KALİTE İLİŞKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Mehmet Emin ARITÜRK

Yüksek Lisans Tezi

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. Yeşim ERDEM

2008

T.C.
NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**İKİNCİ ÜRÜN SİLAJLIK MISIRIN SULAMA ZAMANININ PLANLANMASI
ve SU-VERİM-KALİTE İLİŞKİLERİNİN BELİRLENMESİ**

Mehmet Emin ARITÜRK

TARIMSAL YAPILAR ve SULAMA ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Doç. Dr. Yeşim ERDEM

TEKİRDAĞ-2008

Her hakkı saklıdır

Doç. Dr. Yeşim ERDEM danışmanlığında, Mehmet Emin ARITÜRK tarafından hazırlanan bu çalışma 13/10/2008 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı'nda Yüksek Lisans tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

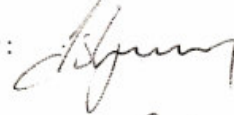
Jüri Başkanı : Prof. Dr. İsmet BAŞER

İmza :



Üye : Doç. Dr. Ahmet İSTANBULLUOĞLU

İmza :




Üye : Doç. Dr. Yeşim ERDEM (Danışman)

İmza :



Yukarıdaki sonucu onaylarım



Prof/Dr. Orhan DAĞLIOĞLU

Enstitü Müdürü

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

İKİNCİ ÜRÜN SİLAJLIK MISIRIN SULAMA ZAMANININ PLANLANMASI ve SU-VERİM-KALİTE İLİŞKİLERİNİN BELİRLENMESİ

Mehmet Emin ARITÜRK

Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı

Danışman : Doç. Dr. Yeşim ERDEM

Tekirdağ koşullarında 2006 yılında II. ürün mısır bitkisinin (*Zea mays* L.) farklı sulama metotları altında, yeterli ve kısıtlı sulama uygulamalarına karşılık sulama programlarının oluşturulması amacıyla yürütülen bu çalışmada, toplam büyüme mevsimi boyunca su ihtiyacının %0, %50 ve %100' ünün karşılandığı durumlarda verim ve verim öğeleri, su-verim ilişkileri belirlenmeye çalışılmıştır.

Araştırma sonucunda, mevsimlik bitki su tüketimi değerleri karık sulama yönteminde 388 - 506 mm, damla sulama yönteminde 293 - 429 mm arasında değişmiştir. En yüksek yeşil ot verimi, karık ve damla sulama yöntemi için sırasıyla 98.96 t ha⁻¹ ve 92.91 t ha⁻¹ ile büyüme mevsimi boyunca sulama suyu ihtiyacının tam olarak karşılandığı deneme konusundan elde edilmiştir. Genel olarak, farklı sulama yöntemlerinin, verim ve verim elamanlarını istatistiksel olarak etkilemediği belirlenirken, sulama düzeyleri arasında istatistiksel açıdan önemli farklılıklar elde edilmiştir. Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri karık sulama yönteminde 20.83 – 27.00 kg m⁻³, damla sulama yönteminde ise 19.56 – 21.92 kg m⁻³ arasında değişirken, su kullanım randımanları (WUE) ise sırasıyla 21.92 – 23.67 ve 21.66 – 29.52 kg m⁻³ arasında değişmiştir.

Ayrıca, çalışmada uzaktan algılama tekniklerinden biri olan infrared termometre tekniği kullanılarak, sulama zamanı planlamasına baz oluşturacak ilişkilerin belirlenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, dört farklı sulama konusunun, verim ve sayısal yaklaşım ile hesaplanan bitki su stresi indeksi değerlerine etkisi araştırılmıştır. CWSI değerlerinin değişimi, toprak nem içeriğindeki değişimle aynı eğilimi göstermiştir. Topraktaki nem eksikliği arttıkça, CWSI değerlerinde artış görülmüştür. Sonuçta, bitki su stresi indeksi değerlerinden sulama zamanının belirlenmesinde ve mısırın verim tahmininde yararlanılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca, bitki su stresi indeksi (CWSI) ile yaprak alan indeksi (LAI) arasında önemli ilişkiler elde edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: II.ürün mısır (*Zea mays* L.), su – verim ilişkileri, bitki su tüketimi, bitki su stres indeksi (CWSI), yaprak alan indeksi (LAI)

2008, 80 sayfa

ABSTRACT

MSc. Thesis

DETERMINATION of IRRIGATION SCHEDULING and WATER – YIELD – QUALITY RELEATIONSHIP of SECOND CROP MAIZE

Mehmet Emin ARITÜRK

Namık Kemal University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Main Science Division of Agricultural Structure and Irrigation

Supervisor : Assoc. Prof. Dr. Yeşim ERDEM

The main objectives of this study which was conducted under Tekirdağ conditions and different irrigation methods in 2006 were to obtain irrigation scheduling of second crop maize (*Zea mays* L.) under adequate soil water supply during to whole growing season and under limited soil water supply at the different combinations. In this research, yield and yield components and yield response factors were determined under the condition which 0%, 50% and 100% of water requirement was supplied during the whole growing season.

As a result, the seasonal crop evapotranspiration for the furrow and drip irrigation methods changed as 388 - 506 mm and 293 - 429 mm, respectively. The highest green crop yield was obtained for the furrow and drip irrigation methods as 98.96 t ha⁻¹ and 92.91 t ha⁻¹, respectively, from the plots which irrigation water was adequately applied during total growing season. Generally, the effects of irrigation methods on yield and yield parameters were not statistically significant, while the effects of irrigation levels on yield and yield parameters were statistically significant. Water use efficiency (WUE) changed as 19.56 – 21.92 kg m⁻³ for furrow irrigation 21.66 – 29.52 kg m⁻³ for drip irrigation while irrigation water use efficiency (IWUE) changes as 20.83 – 27.00 kg m⁻³ (furrow irrigation) and 22.99 – 31.68 kg m⁻³ (drip irrigation).

Also, the objective of this study is to determine the relationship to be based on irrigation scheduling of maize using infrared thermometer which is one of the remote sensing techniques. The effects of four irrigation levels on green crop yields and resulting CWSI which was calculated by using the empirical approach were also investigated. The trends in CWSI values were consistent with the soil water content induced by deficit irrigations. Unlike the yield, CWSI increased with increased soil water deficit. The CWSI value was useful for evaluating crop water stress in maize and should be useful for timing irrigation and predicting yield. Moreover, statistically significant correlations were found between CWSI and leaf area index (LAI).

Key Words: Second crop maize (*Zea mays* L.), water-yield relations, evapotranspiration, crop water stress index (CWSI), leaf area index (LAI)

2008, 80 pages

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Günümüzde beslenme ihtiyacının karşılanmasında tarımın, dolayısıyla tarımsal girdilerin rolü oldukça fazladır. Bu nedenle, öncelikle mevcut toprak ve su kaynaklarının etkin bir şekilde üretimde kullanılması gerekmektedir. Ülkemizde son yıllarda tarım arazilerinde ortaya çıkan azalmalar göz önüne alındığında, birim alandan daha fazla ürün alınmasını sağlayacak en önemli girdi sulama olmaktadır. Bilindiği gibi günümüzde su kaynakları son derece kısıtlıdır. Buna karşılık çeşitli sektörlerdeki su kullanımı ve tarımda sulanacak alan talebi de çok artmıştır. Bu sebepten dolayı birim sudan en yüksek karı sağlayacak sulama yöntemi ve programlarının uygulanması zorunludur.

Bu çalışmada, Trakya Bölgesinde II. ürün olarak silajlık amaçlı yetiştiriciliği yapılan mısır bitkisi için sulama suyu ihtiyacı ve ekonomik açıdan uygun sulama yönteminin belirlenmesi, sulama zamanı programlarının geliştirilmesi amaçlanmıştır.

Tezin hazırlanmasında hiçbir yardımı esirgemeyen, büyük bir sabırla, çok fazla emek sarfeden Sayın hocam Doç. Dr. Yeşim ERDEM' e, tezin yazımı süresince her türlü desteği gösteren sevgili arkadaşım Ziraat Yüksek Mühendisi Hüseyin T. GÜLTAŞ' a, en ihtiyaç duyduğumuz anlarda grafik ve tasarımlarımıza yardım eden sevgili arkadaşım Araş. Gör. Hakan OKURSOY' a şükranlarımı sunmayı bir borç bilirim.

Mehmet Emin ARITÜRK

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

ÖZET	i
ABSTRACT.....	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	viii
ÇİZELGELER DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	5
2.1. Bitki - Su – Üretim Fonksiyonları.....	5
2.2. Bitki Su Stresinin Belirlenmesinde Bitkisel Yaklaşımlar.....	14
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	18
3.1. Materyal.....	18
3.1.1. Araştırma alanı.....	18
3.1.2. İklim özellikleri.....	18
3.1.3. Toprak özellikleri ve topoğrafya.....	18
3.1.4. Su kaynağı ve sulama suyunun sağlanması.....	20
3.1.5. Sulama sistemi.....	20
3.1.6. Kullanılan mısır tohumunun özellikleri.....	23
3.1.7. İnfrared termometre aletinin özellikleri	23
3.1.8. Kullanılan bilgisayar paket programları.....	25
3.2. Yöntem.....	25
3.2.1. Araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri.....	25
3.2.2. Tarım tekniği.....	25
3.2.3. Deneme düzeni ve araştırma konuları.....	26
3.2.4. Sulamaların planlanma ve uygulanması.....	27
3.2.4.1. Damla sulama yönteminde damlatıcı aralığının saptanması.....	27
3.2.4.2. Uygulanacak sulama suyu miktarı ve sulama süresinin belirlenmesi.....	27
3.2.5. Bitki su tüketiminin saptanması.....	29

3.2.6. Mısır verimi ve verim parametrelerinin belirlenmesi.....	29
3.2.7. Su-verim ilişkileri.....	30
3.2.8. Sulama suyu kullanım randımanı ve su kullanım randımanın saptanması.....	31
3.2.9. Bitki su stres indeksi (CWSI) değerlerinin saptanması.....	32
3.2.10. İstatistiksel analizler.....	33
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA.....	34
4.1. Toprak ve Su Örnekleri Analiz Sonuçları.....	34
4.1.1. Toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri.....	34
4.1.2. Sulama suyu analizi.....	34
4.2. Fenolojik Gözlemlere İlişkin Sonuçlar.....	36
4.3. Damla Sulama Sisteminin Boyutlandırılmasına İlişkin Sonuçlar.....	36
4.4 Uygulanan sulama suyu miktarı ve ölçülen bitki su tüketimleri.....	37
4.5. Verim ve Verim öğelerine İlişkin Sonuçlar.....	39
4.5.1. Yeşil ot verimi.....	39
4.5.2. Koçan ağırlığı.....	42
4.5.3. Sap kalınlıkları	43
4.5.4. Bitki boyu.....	44
4.5.5. Kuru madde miktarı.....	46
4.5.6. Protein oranı	48
4.5.7. Selüloz oranı	49
4.5.8. Yaprak alan indeksi.....	50
4.6. Su-verim ilişkileri sonuçları.....	52
4.7. Sulama suyu kullanım randımanı ve su kullanım randımanına ilişkin sonuçlar.....	56
4.8. Bitki su stres indeksi (CWSI) sonuçları.....	57
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	63
KAYNAKLAR.....	65
EKLER.....	74
ÖZGEÇMİŞ.....	80

SİMGELER DİZİNİ

%	: Yüzde
A	: Sulanacak alan (m ²)
atm	: Atmosfer
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetrekare
C _p	: Kılcal yükselişle kök bölgesine giren su miktarı (mm)
CWSI	: Bitki su stres indeksi
da	: Dekar
d _n	: Sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı (mm)
d _t	: Her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı (mm)
D _p	: Derine sızma kayıpları (mm)
E _a	: Sulama randımanı (%)
ET	: Bitki su tüketimi (mm)
g	: Gram
h	: Saat
ha	: Hektar
H _m	: Manometrik yükseklik (m)
I	: Toprağın su alma hızı (mm/h)
I	: Uygulanan sulama suyu miktarı (mm)
IWUE	: Sulama suyu kullanım randımanı (kg/m ³)
kg	: kilogram
L	: Litre
m	: Metre
m ²	: Metrekare
m ³	: Metreküp
mm	: Milimetre
N	: Bir parseldeki damlatıcı sayısı (adet)
N _g	: Bir sezonda sulama için gerekli toplam iş gücü (gün)
μ	: Mikron
P	: Islatılan alan yüzdesi (%)

PE	: Polietilen
q	: Damlatıcı yada başlık debisi (L/h)
Q	: Sistem debisi (L/s)
q	: Damlatıcı debisi (L/h)
s	: Saniye
S _d	: Damlatıcı aralığı (m)
S _l	: Lateral aralığı (m)
T	: Ton
T	: Bir sezondaki toplam sulama süresi (h)
T _a	: Sulama süresi (h)
WUE	: Su kullanım randımanı (kg/m ³)
VPD	: Buhar basıncı açığı (kpa)
LAI	: Yaprak alan indeksi
γ _t	: Toprağın hacim ağırlığı (g/cm ³)
ΔS	: Kök bölgesindeki toprak nemindeki değişimler (mm)

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa No

Şekil 3.1. Araştırma alanı.....	19
Şekil 3.2. Deneme alanı.....	23
Şekil 3.3. Damla sulama sistemi ile sulanan deneme parselinin ayrıntısı.....	24
Şekil 3.4. Karık sulama sistemi ile sulanan deneme parselinin ayrıntısı.....	24
Şekil 3.5. Yaprak alan ölçer.....	31
Şekil 4.1. Tüm büyüme mevsimi boyunca deneme konularına göre değişen ortalama günlük bitki su tüketimleri.....	40
Şekil 4.2. Yaprak alan indeksi değerlerinin büyüme mevsimi boyunca değişimi.....	51
Şekil 4.3. I ₁ , I ₂ ve I ₃ deneme konularında tüm büyüme mevsimi boyunca uygulanan sulama suyu miktarına karşılık elde edilen yeşil ot verimleri.....	53
Şekil 4.4. I ₁ , I ₂ ve I ₃ deneme konularında tüm büyüme mevsimi boyunca bitki su tüketimine karşılık elde edilen yeşil ot verimleri.....	54
Şekil 4.5. Mevsimlik su –verim ilişkisi faktörü.....	55
Şekil 4.6. Mısır bitkisi için farklı su düzeylerinde elde edilen sulama suyu ve su kullanım randımanları.....	57
Şekil 4.7. Mısır bitkisi için karık sulama yöntemi altında maksimum ve minimum stres koşullarında yaprak – hava sıcaklığı farkı (T _c -T _a) ile buhar basıncı açığı arasındaki ilişki.....	60
Şekil 4.8. Mısır bitkisi için damla sulama yöntemi altında maksimum ve minimum stres koşullarında yaprak – hava sıcaklığı farkı (T _c -T _a) ile buhar basıncı açığı arasındaki ilişki.....	60
Şekil 4.9. Karık sulama yöntemi altında mısır bitkisinin CWSI değişimleri.....	61
Şekil 4.10. Damla sulama yöntemi altında mısır bitkisinin CWSI değişimleri.....	61
Şekil 4.11. Mısır bitkisi için CWSI – verim ilişkisi.....	62

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa No

Çizelge 3.1. Araştırma alanına ait 1939 - 2002 yılı aralığındaki bazı ortalama iklim verileri.....	21
Çizelge 3.2. Denemenin yürütüldüğü 2007 yılına ait bazı meteorolojik veriler.....	22
Çizelge 4.1. Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri.....	35
Çizelge 4.2. Deneme alanı topraklarının (2006 yılı) kimyasal özellikleri.....	35
Çizelge 4.3. Sulama suyu analiz sonuçları.....	35
Çizelge 4.4. Mısır bitkisinin büyüme periyodu uzunlukları.....	36
Çizelge 4.5. Deneme konularına 2006 yılında uygulanan sulama suyu miktarları (mm).....	38
Çizelge 4.6. Tüm büyüme mevsimi boyunca deneme konuları için ölçülen ortalama günlük bitki su tüketimi değerleri (mm/gün).....	39
Çizelge 4.7. Deneme konularından elde edilen yeşil ot verimleri ($t\ ha^{-1}$).....	41
Çizelge 4.8. Yeşil ot verimine ilişkin varyans analizi sonuçları.....	41
Çizelge 4.9. Sulama düzeylerinin yeşil ot verimine etkisi üzerine LSD testi sonuçları.....	41
Çizelge 4.10. Deneme konularından elde edilen ortalama birim koçan ağırlıkları (kg).....	42
Çizelge 4.11. Birim koçan ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	42
Çizelge 4.12. Sulama düzeylerinin koçan ağırlıklarına etkisi üzerine LSD testi sonuçları.....	43
Çizelge 4.13. Deneme konularından elde edilen sap kalınlıkları (cm).....	43
Çizelge 4.14. Sap kalınlıklarına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	44
Çizelge 4.15. Sulama düzeylerinin sap kalınlıklarına etkisi üzerine LSD testi sonuçları.....	44
Çizelge 4.16. Deneme konularından elde edilen bitki boyları (cm).....	45
Çizelge 4.17. Bitki boylarına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	45
Çizelge 4.18. Sulama düzeylerinin bitki boylarına etkisi üzerine LSD testi sonuçları.....	45
Çizelge 4.19. Deneme konularından elde edilen kuru madde miktarı ($t\ ha^{-1}$).....	46

Çizelge 4.20. Kuru madde miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	47
Çizelge 4.21. Sulama yöntemlerinin kuru madde miktarına etkisi üzerine LSD testi sonuçları.....	47
Çizelge 4.22. Sulama düzeylerinin kuru madde oranlarına etkisi üzerine LSD testi sonuçları.....	47
Çizelge 4.23. Sulama yöntemi * sulama düzeyi interaksyonunun kuru madde miktarlarına etkisi üzerine LSD testi sonuçları.....	47
Çizelge 4.24. Deneme konularından elde edilen protein oranı (%).....	48
Çizelge 4.25. Protein oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	48
Çizelge 4.26. Sulama düzeylerinin protein oranına etkisi üzerine LSD testi sonuçları.....	48
Çizelge 4.27. Deneme konularından elde edilen selüloz oranı (%).....	49
Çizelge 4.28. Selüloz oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları.....	49
Çizelge 4.29. Deneme konularında 2006 yılına ait elde edilen yaprak alan indeksi değerleri.....	50
Çizelge 4.30. Büyüme mevsimi boyunca belirli oranlarda su kısıdı yapılan I ₁ , I ₂ ve I ₃ deneme konularında oransal su tüketimi açığına karşılık oransal verim azalması değerleri.....	55
Çizelge 4.31. Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su kullanım randımanı (WUE).....	57
Çizelge 4.32. Mevsimlik ortalama CWSI ve sulama öncesi ortalama CWSI değerleri.....	62

1. GİRİŞ

Doğal kaynakların gün geçtikçe azalması, her alanda olduğu gibi tarımda da yeni arayışları ortaya çıkarmaktadır. Sanayileşme ve kentleşme nedeniyle tarım alanları azalmakta buna karşın bu alanlardan beslenecek insan sayısı hızlı bir biçimde artmaktadır. Bu nedenle, yürütülen araştırmalar birim alandan elde edilecek verimi maksimuma çıkarmak üzerine yoğunlaşmaktadır. Diğer tarımsal işlemlerin yanı sıra maksimum verim eldesinde sulamanın önemi ortadadır. Fakat günümüze kadar uygulanan bilinçsiz sulamalar ve mevcut suyun tarım dışındaki diğer alanlarda kullanımının artması nedeniyle sulama için kullanılacak su miktarında da azalmalar başlamıştır. Böylece, dünyada ve ülkemizde, mevcut kısıtlı su ile birim alandan elde edilecek verimin artırılmasına yönelik çalışmalara hızlı bir şekilde yönelim başlamıştır.

Mevcut su kaynakları ile daha geniş alanların sulanabilmesi için en önemli koşullardan ilki, mevcut sulama teknolojilerinin geliştirilmesi, toprak, bitki, iklim, su kaynağı, ekonomi gibi faktörler göz önüne alınarak en uygun sulama yönteminin seçilmesi, yöntemin gerektirdiği sulama sisteminin kurulması ve uygun sulama zamanı programlarının geliştirilmesidir (Tekinel 1973).

Ülkemizin kurak ve yarı kurak iklim kuşağında yer alması bakımından, çoğu bölgesinde olduğu gibi, Trakya Bölgesinde de, su kaynaklarının kısıtlı olması, son yıllarda hızlı ve plansız gelişen sanayinin bu mevcut kaynakları kalite ve kantite açısından her geçen gün daha büyük boyutlarda tehdit etmesi tarımsal sulamada kullanılacak su miktarını kısıtlamaktadır. Yörede ulaşılan üretim değerlerini daha da arttırmanın yolu, bilinçli ve ekonomik sulama uygulamalarının hayata geçirilmesidir. Ancak bu şekilde tarımsal üretimin artan nüfusun beslenme ihtiyacını karşılaması, yerel ve yabancı pazarlarda rekabet edebilmesi, böylelikle belki de bölgede verimli tarım alanlarının sanayi sektörüne geçmesi önlenecektir.

Son yıllarda, tarımsal üretimde yeni teknolojilerin kullanımı ile birim alandan elde edilen verim ile dolayısıyla gelir, en yüksek seviyeye çıkarılmaya çalışılmaktadır. Tarımda kullanılan yeni teknolojilerden birisi de bitki su stresi düzeyinin çabuk ve yüksek duyarlılıkta elde edilmesine olanak sağlayan, uzaktan algılama teknikleridir (Ayan 1994). Bu amaçla, sulama zamanı programlarının oluşturulmasında iklim ve toprak parametrelerinin yanısıra bitkiye ilişkin bazı ölçümler de önemli hale gelmiştir ve özellikle, bitkideki su eksikliği toprak su miktarı ile ilişkili olarak stres düzeyinin tahmininde kullanılmaktadır. Bitkilerdeki su

stresinin ortaya konulmasında, stoma direnci, yaprak - atmosfer sıcaklıkları arasındaki farklar, yaprak alan indeksi ve bitkideki fotosentezin bir göstergesi olan aktif radyasyon değerlerinin elde edilmesinde, porometre, infrared termometre, yaprak alan ölçer ve PAR cihazı ölçümlerinden yararlanılmaktadır (Jackson 1982, Idso ve ark. 1981, Idso 1983, Gallo ve Daughtry 1986, Rachidi ve ark. 1993a).

Tarla koşullarında bitki su stresini niceliksel olarak ifade etmek için, tek bir bitki veya bitki parçasının gözlenmesi yoluyla noktasal ölçümlere dayanan çeşitli teknikler kullanılmıştır. Özellikle, son 10 - 15 yılda bitki su stresinin izlenmesi için el tipi infrared termometre ile bitki sıcaklığı ölçüm tekniği üzerine ilgi artmış ve bu konuda birçok çalışma yapılmıştır (Jackson 1982, Stark ve Wright 1985, Gardner ve ark. 1992a, Gardner ve ark. 1992b, Stegman and Soderlund 1992, Nielsen 1994, Gençoğlan ve Yazar 1999, Ödemiş ve Bastug 1999, Yazar ve ark. 1999, Irmak ve ark. 2000, Alderfasi ve Nielsen 2001, Orta ve ark. 2002, Colaizzi ve ark. 2003, Orta ve ark. 2003, Yuan ve ark. 2004). Bitki su stresinin belirlenmesinde Idso ve ark. (1981) ve Jackson ve ark. (1981) tarafından tanımlanan bitki su stresi indeksi (CWSI) yaklaşımları kullanılmaktadır. Idso ve ark. (1981)' nın yaklaşımı, potansiyel hızda transpirasyon yapan bir bitki için, atmosferin buhar basıncı açığı (VPD, kPa)' nın fonksiyonu olarak bitki tacı - hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$, °C)' nin ölçülmesine dayanır. Jackson ve ark. (1981) ise $T_c - T_a$, VPD ve net radyasyon (R_n) arasındaki ilişkiyi göstermek için enerji dengesi kavramını kullanmışlardır (Ödemiş ve Baştuğ 1999).

Bitkilerde terleme, kökler aracılığıyla topraktan alınan suyun ksilem dokusu ile yapraklara taşınması ve yaprak epidermal yüzeyini kaplayan gözenekler aracılığıyla buhar halinde atmosfere verilmesidir. Kuramsal olarak, yaprak yüzey genişliğinin artması terleme ile kaybedilen suyun çoğalmasına neden olacaktır. Bu nedenle, yaprak yüzey genişliği terlemeye etki eden en önemli faktörlerden birisi olarak görülmektedir. Yaprak yüzey genişliğinin ifadesinde kullanılan en önemli ölçüt ise yaprak alan indeksi (LAI) olup, birim bitki yapraklarının tek yüzey alanlarının toplamı birim bitki alanına oranı biçiminde tanımlanmaktadır (Korukçu ve Evsahibioğlu 1987). Dolayısıyla, bitkiye dayalı ölçümlerde, LAI değerinin belirlenmesinin, bitki fizyolojisinin tanımlanması açısından önemli bir etmen olduğu çok sayıda araştırmada ortaya konulmuştur (Rachidi ve ark. 1993b, Hatfield ve ark. 1996, Giorio ve ark. 1999, Cohen ve ark 2000, Villalobos ve ark. 2000, Wilhelm ve ark. 2000, Medeiros ve ark. 2001, Asrar ve ark.2003, Ben-Asher ve ark.2006).

Literatürde adı geçen tüm yöntem ve modellerin farklı bölge ve bitki çeşidi için test edilmesi yani kullanılabilirliğinin ortaya konulması ve geliştirilmesi gerekmektedir. Özellikle,

Trakya bölgesi gibi su kaynaklarının kısıtlı olduğu yörelerde birim sudan en yüksek yarar sağlayacak sulama yöntem ve programlarının seçimi ve uygulanması zorunlu olmaktadır.

Trakya Bölgesi, ülkemizin önemli tarımsal bölgelerinden birisi olup, ayçiçeği ülke üretiminin %35' ini ve buğday üretiminin ise %12' sini sağlamaktadır. Fakat, bölgedeki hızlı sanayileşme nedeniyle tarım alanlarının azalması ve birim alandan elde edilecek üretim artışı zorunluluğundan dolayı, alternatif bitki desenleri arayışı hızlanmıştır. Bölgede ayçiçeği ve buğday tarımı kuru koşullarda yapılmasına karşın, ilkbahar yağışlarının düzenli olması nedeniyle her iki bitkiden de elde edilen birim alan verimleri ülke ortalamasının üstündedir. Ayrıca, iki bitki yetiştirme periyodu arasında kalan sürede, özellikle Haziran-Temmuz aylarındaki buğday hasadından sonra, Nisan-Mayıs aylarında ki ayçiçeği ekimine kadar yaklaşık 8 ay boş kalan tarım arazisinde, sulu koşullar altında yetişebilecek bitki alternatifleri üretilmeli ve entansif tarımın bölgede kullanılabilirliği ortaya çıkarılmalıdır. Bu alternatiflerden birisi olarak, yetiştirme periyodu uygunluğu ve silajlık açıdan pazarlanabilir olmasından dolayı II. ürün mısır yetiştiriciliği tercih edilebilir.

Türkiye'de endüstriyel tarım ürünlerinin en önemlilerinden biri olan mısırın ekonomik önemi gün geçtikçe artmaktadır. Mısır ekim alanı dünyada son on yılda 138 milyon hektardan 143 milyon hektara, buna bağlı olarak, üretim 569 milyon tondan 638 milyon tona, verim 4116 kg ha⁻¹ dan 4471 kg ha⁻¹ a yükselirken, ülkemizde mısır ekim alanları 485 bin hektardan 575 bin hektara, buna bağlı olarak üretim 1.85 milyon tondan 2.8 milyon tona, verim ise 3814 kg ha⁻¹ dan 4869 kg ha⁻¹ a çıkmıştır (FAO 2005). Bu gelişmeye paralel olarak da mısır ürününe olan talep de artmaktadır. Son yıllarda mısır üretiminde görülen artış, talepteki artışı karşılamaya yetmemekte ve özellikle yaz aylarında Türkiye, mısır ithal etmek zorunda kalmaktadır.

Trakya bölgesinde çayır meraların (%8) sürülerek tarım alanlarına dönüştürülmesi ve yem bitkileri ekim alanının (%1.41) yetersizliği nedeniyle hayvanların kaba yem ihtiyacı karşılanamamaktadır (Altın ve ark. 1997). Dolayısıyla, bölgede kışlık kaliteli kaba yem ihtiyacının önemli bir bölümünün karşılanması ve hayvanlardan maksimum verim sağlanabilmesi için, gerekli bazı türlerin ürünlerinin silaj olarak depolanması ve ihtiyaç duyulduğu zaman hayvanlara verilmesi gerekmektedir. Özellikle, besin değeri yüksek ve hayvanların severek yedikleri sorgum - mısır silajı artırılmalı ve özendirilmesi gerekmektedir (Orak ve ark. 2002). Trakya bölgesinde, mısır ekim alanları yıldan yıla değişmekle beraber, Edirne, Kırklareli, Tekirdağ, Çanakkale (Gelibolu ve Lapseki) ve İstanbul (Çatalca ve Silivri) illerinin toplam mısır ekim alanları 6000 - 7500 ha arasında değişirken, toplam üretim 35000 -

45000 ton civarında gerçekleşmektedir. Dekara ortalama dane verimi ise, 550 - 600 kg olup, Dünya ve Türkiye ortalamasının üzerindedir (Babaoğlu 2005).

Son yıllarda Trakya Bölgesinde II. ürün silajlık mısır üretimi artmış olmasına rağmen özellikle sulu koşullarda elde edilecek su – üretim fonksiyonları konusunda çalışmalar oldukça yetersizdir. Yüksek verim ve kalitede ürün sağlanabilmesi için su-üretim fonksiyonlarının çok iyi bilinmesi gerekmektedir. Bu çalışmada, farklı sulama yöntemleri altında yetiştirilen II. ürün mısırın yeterli ve kısıtlı sulama uygulamalarına karşılık, sulama programlarının oluşturulmasında gerekli bilgilerin elde edilmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, mevsimlik su tüketimi, sulamaya başlanacak nem düzeyi, uygun sulama yöntemi, su – üretim fonksiyonları, mevsimlik su – verim ilişkisi (k_v) faktörü, su kullanım randımanı ve kalite parametreleri göz önüne alınmıştır. Ayrıca, sulama zamanı planlamasında ve bitki stres seviyesinin belirlenmesinde; bitki–toprak-atmosfer ölçümlerini kapsayan yeni sulama teknolojileri ile toprak nemi ve bitki yüzey sıcaklığı arasındaki ilişkilerin mısır bitkisi için kullanılma olanakları araştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

2.1. Bitki - Su – Üretim Fonksiyonları

Mısır dünyanın ılıman ve tropik bölgelerinde yaygın olarak yetiştirilen bir bitkidir. İnsan gıdası ve hayvan yemi olarak tüketilmesinin yanı sıra; sanayide, nişasta, şurup, seker, bira ve endüstriyel alkol yapımında kullanılmaktadır. Mısırın sap, yaprak, sömek ve dane gibi hemen hemen tüm aksamından yararlanılmaktadır (Kırtok 1998).

Ülkelerin gelişmişlik oranına bağlı olarak değişmekle birlikte, Dünya’da üretilen mısırın ortalama olarak %27’ si insan beslenmesinde, %73’ ü ise hayvan yemi olarak kullanılmaktadır (Sencar ve ark. 1997). Gelişmekte olan ülkelerde %45.9 hayvan beslenmesinde, %54.1’ i insan beslenmesi ve sanayi hammaddesi olarak kullanılırken, gelişmiş ülkelerde hayvan yeminin payı %88.9’ a ulaşmakta hatta bu oran A.B.D’de %90’ a yükselmektedir. Dünyada insan beslenmesinde tüketilen günlük kaloringin % 11’i mısır bitkisinden sağlanmaktadır (Kırtok 1998).

Doorenbos ve Kassam (1979) mısırın, Orta Amerika-Andean bölgesi kökenli olduğunu, gelişme dönemi boyunca günlük ortalama sıcaklığın 15 °C’ nin üstünde olması gerektiğini ve don olayının görülmediği koşullarda, ılımandan tropiğe dek değişen iklim kuşaklarının tümünde yetiştirildiğini belirtmişlerdir. Mısır yetiştirme mevsimi süresince, günlük ortalama sıcaklık 20 °C’ den yüksek olduğunda, erkenci çeşitler 80 - 110 gün, orta erkenci çeşitlerde ise 110 - 140 gün arasında olgunlaşmaktadır. Günlük ortalama sıcaklık 20 °C’ nin altında ise çeşide bağlı olarak sıcaklıktaki her 0.5 °C düşüş için olgunlaşma süresi 10 - 20 gün uzamakta ve sıcaklık 15 °C olduğunda hasada gelmesi 200 - 300 güne kadar çıkmaktadır. Günlük ortalama sıcaklığın 10 - 15 °C olduğu soğuk koşullarda bitki dane bağlayamadığından genellikle silajlık olarak yetiştirilmektedir. Mısır tohumlarının çimlenmesi için optimum sıcaklığın 18 - 20 °C arasında olduğu saptanmıştır.

Ayrıca araştırmacılar, topraktaki su açığına bağlı olarak bitki su tüketimindeki azalmaya karşılık verimde meydana gelen azalmayı tanımlayan “k_y” verim faktörünün, mısır bitkisi için, çiçeklenme aşamasında 1.5, tane bağlama aşamasında 0.5, vejetatif gelişim aşamasında ise 0.2 olduğunu belirtmektedir. Yine aynı araştırmacılar “k_y” verim faktörünün, su tüketimindeki azalmanın vejetatif ve çiçeklenme aşamalarına yayılması durumunda 0.9 olarak gerçekleştiğini, çiçeklenme ve tane bağlama aşamalarına yayılması durumunda ise bu değer 2.3’ e ulaştığını vurgulamaktadır. Mısırın mevsimlik su tüketiminin bölgesel koşullara göre değişmekle birlikte 300 - 840 mm ve 500 - 800 mm arasında değiştiğini ve

kullanılabilir su tutma kapasitesinin%55' i tüketildiği zaman sulama yapılması halinde iyi bir verim elde edilebileceğini açıklamışlardır.

Ülkemizde suyun giderek kıt bir kaynak haline gelmesi ve özellikle su olmadan yetiştirilmesi mümkün olmayacak mısır benzeri bitkiler için, suyun etkin kullanımını arttıracak sulama yönteminin seçilmesi ve sulama zamanının programlanması gerekmektedir. Bu amaçla daha önce yapılmış araştırmaları inceleyerek, yeni araştırmaların üretilmesine ihtiyaç duyulmaktadır. Bu kapsamda araştırmanın yürütüleceği Trakya Bölgesi Tekirdağ ili koşullarında daha önce gerçekleştirilmiş I. ürün mısır çalışması (İstanbuluoğlu ve Kocaman 1996) incelendiğinde, toplam 285 mm sulama suyu uygulanmış ve mevsimlik bitki su tüketimi 586 mm olmuştur. Ortalama 10 t ha⁻¹ dane verimi elde edilmiştir. Mısırın oransal bitki su tüketimi açığı ile oransal verim azalması arasındaki ilişkiden hesaplanan mevsimlik su verim ilişkisi faktörü $k_y = 0.59$ olarak saptanmıştır. Diğer dönemler için elde edilen su - verim ilişkilerinden mısırın topraktaki nem eksikliğine duyarlı bir bitki ve en duyarlı döneminde tepe püskülü çıkarma dönemi olduğu belirlenmiştir.

Farklı kısıtlı sulama uygulamaları altında sürdürülen pek çok araştırma sonuçları kısıtlı sulama ile su tasarrufu sağlandığını göstermiştir (Faberio ve ark. 2001, Kang ve ark. 2003, Huang ve ark. 2004, Kırdı ve ark. 2004, Martin de Santo Olalla ve ark. 2004).

Kaliforniya'da yapılan bir çalışmada damla sulama yöntemi ile su kullanımının, karık sulama yöntemine kıyasla %50' lere varan bir oranda azaltıldığı belirtilmektedir. Ayrıca, çok sayıda yapılan tarla denemelerinden alınan sonuçlar damla sulama yönteminin su kullanım randımanı yönünden yağmurlama sulama yöntemine göre üstün olduğunu açıkça ortaya koymaktadır (Wilson ve ark. 1984).

Ferhatoğlu ve ark. (1989), 3 yıl süreyle Şanlıurfa koşullarında ikinci ürün olarak yürüttükleri çalışmada; en uygun ekim zamanının temmuz ayının ilk haftası olduğunu, 600 - 700 kg da⁻¹ dolaylarında verim potansiyelleri olan G 4524, TTM 81 -19, TTM 813, G 4507 gibi melez çeşitlerin önerilebileceğini bildirmişlerdir.

Çukurova koşullarında ikinci ürün mısırın su - verim ilişkilerini saptamak amacıyla Tarsus Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsünde yürütülen çalışmada sulama suyu gereksinimi 290.0 - 427.8 mm, mevsimlik su tüketimi ise 474.2 - 530.9 mm arasında değişmiştir. En yüksek tüketim ise Ağustos ve Eylül aylarında gözlenmiştir. Sulama suyu (I) ile dane verimi (Y) arasında, $Y = 183.52 + 1.18 I$ ($r = 0.595$); mevsimlik su tüketimi (ET) ile dane verimi arasında ise, $Y = 63.54 + 1.05 ET$ ($r = 0.678$) şeklinde doğrusal ilişkiler bulunmuştur. Toplam sulama suyu (I) ile yüz dane ağırlığı (YD) ve koçan başına düşen dane verimleri (D/K) arasında sırasıyla, $YD = 246.15 + 0.1 I$ ($r = 0.47$) ve $D/K = 67.19 + 0.15 I$ ($r = 0.7$) şeklinde

doğrusal bağıntılar belirlenmiştir. Mevsimlik verim etmeni (k_y) 0.98 olarak bulunmuştur. Uygun sulama programı seçildiğinde uygulanan sulama suyu az olsa da su kullanım randımanının arttığı gözlenmiştir (Kanber ve ark. 1990).

Menemen Ovası koşullarında ikinci ürün mısırın sulama yönünden kritik bitki gelişim dönemleri dikkate alınarak, su kaynağının kısıntılı olduğu koşullarda, gerek sulama sayısı gerekse ıslatılan toprak katmanı derinliğinde yapılan kısıntının verim ve verim unsurlarına etkisini araştırmak amacıyla yürütülen çalışmada; 3 ve 5 kez olmak üzere iki farklı sulama sayısı ile 0 - 40, 0 - 60, 0 - 90 ve 0 - 120 cm olmak üzere dört farklı ıslatma derinliği seçilmiştir. I. grupta (3 sulama) vejetatif, çiçeklenme ve dane bağlama başlangıcında; diğer grupta ise (5 sulama) vejetatif, çiçeklenme öncesi, çiçeklenme başlangıcı, çiçeklenme sonrası ve dane bağlama dönemlerinde sulamalar yapılmıştır. Sulama sayısı ve ıslatma derinliğindeki artışa bağlı olarak uygulanan toplam sulama suyunda ve mevsimlik bitki su tüketiminde artış meydana gelmiş, mevsimlik su tüketimi (ET) ile dane verimi (Y) arasında, $Y = 1.19ET - 12.3$ ($r = 0.984$) şeklinde doğrusal bir ilişki bulunmuştur. Su kullanım randımanı değerlerine göre su kaynağının kısıtlı olduğu ve buna bağlı olarak ancak 3 kez sulamanın yapılabildiği koşullarda, ıslatılacak toprak derinliğinin 60 cm, sulamanın 5 kez yapılabildiği koşullarda ise, 40 cm alınmasının birim sudan en fazla yararlanma yönünden optimum olacağı sonucuna varılmıştır (Ul 1990).

Uzunoglu (1991), Ankara yöresinde hibrid mısırın su tüketimini belirlemek için yürüttüğü çalışmada, sulamaları; boğaz doldurmada, tepe püskülü çıkışı başlangıcında, kocan oluşumunda ve süt olumunda yapmıştır. Toplam 614.8 mm sulama suyunun uygulandığı konuda su tüketimini 808.7 mm olarak belirlemiş ve dekardan ortalama 859 kg dane verimi almıştır. En yüksek aylık su tüketimi 297 mm ile Ağustos ayında; aynı ayda en yüksek günlük su tüketimi ise 9.6 mm olmuştur. Mevsimlik su tüketimi ile verim arasında önemli düzeyde doğrusal bir ilişki olduğunu da saptamıştır.

Mısır bitkisinin su-verim ilişkisini belirlemek amacıyla Köy Hizmetleri Eskişehir Araştırma Enstitüsünde killi toprakta yürütülen çalışmada; farklı gelişme dönemlerinde uygulanan su kısıntısının dane verimine etkisinin farklı olduğu belirlenmiştir. Kısıntının uygulandığı dönemlere göre verim etmeni (k_y) değerleri vejetatif ve süt olumu dönemleri ile tepe püskülü çıkarma döneminde 0.40 - 0.93 arasında değişmiştir. Mevsimlik k_y değeri ise 1.02 olarak bulunmuştur. Kısıntılı sulama programının uygulanması durumunda, kısıntının vejetatif gelişme ve süt olumu devrelerindeki sulamalarda yapılması, tepe püskülü çıkarma ve koçan oluşumu dönemlerinde kısıntı yapılmaması gerektiği anlaşılmıştır. Su kısıntısının yapılmadığı sulama konularına 440 mm su uygulanmış, mevsimlik su tüketimi 658 mm

olarak belirlenmiş ve dekara en yüksek verim 1082 kg olarak elde edilmiştir. Su tüketimi ile dane verimi arasında önemli doğrusal ilişkiler saptanmıştır (Öğretir 1993).

Kuzey Karolayna' da, farklı sulama düzeylerinin ve toprak işleme tekniklerinin mısır verimine ve su kullanım randımanına etkilerinin araştırıldığı çalışmada, dane ve silaj veriminin sulamalardan ve sürüm tekniğinden önemli düzeyde etkilendiği saptanmıştır. Susuz koşullarda dekardan 445 kg ve tam sulanan koşullarda ise 1077 kg dane verimi alınmıştır. Geleneksel sürümde, dekardan 747 kg, doğrudan anıza ekim yapıldığında ise 801 kg üretim sağlanmıştır (Wagger ve Cassel 1993).

Bengisu (1994), Harran Ovası sulu koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen mısır çeşitlerinde yaptığı çalışmada çeşitler arasında tepe püskülü çiçeklenme süresinin 67 - 82 gün, bitki boyunun 199.3 - 242.0, koçan ağırlığının 207.67 - 345.33 gr, dane veriminin 743.33 - 1276.67 kg da⁻¹, bin dane ağırlığının 287.33 - 387.67 gr arasında değişim gösterdiğini bildirmektedir. Ayrıca, yürüttüğü çalışmada dane verimi ile çiçeklenme gün sayısı, bitki boyu ve koçanda tane verimi arasında olumlu ve önemli ilişkiler olduğunu belirtmiştir.

Kansas'ta sulama sıklığını mısır verimine etkisini saptamak amacıyla siltli-tınlı toprakta toprakaltı damla sulama yöntemiyle 1, 3, 5 ve 7 gün aralıklarla sırasıyla 12.7, 25.4, 38.1 ve 50.8 mm suyun uygulandığı çalışmada; konular arasında verim bakımında önemli farklılıklar bulunamamıştır. Sulama aralığının 7 gün olduğu ve 50.8 mm su tüketildiğinde sulamaya başlanılan konuda, kök bölgesinden aşağılara sızan su miktarının daha sık sulanan diğer sulama konularına göre daha az olduğu ve daha yüksek sulama suyu kullanım randımanı sağlandığı saptanmıştır. Toprak su içeriği tarla kapasitesinin altında veya ona yakın düzeyde tutularak kök bölgesinden aşağılara sızan su miktarı en aza indirilmiş ve sulama suyu kullanım randımanı en yüksek düzeye çıkarılmıştır (Caldwell ve ark. 1994).

Şener ve ark. (1994), Menemen yöresi iklim ve toprak koşullarında farklı sulama yöntemlerinin II. Ürün mısır bitkisinin gelişimine ve verimine etkisini araştırmak amacıyla yürüttükleri çalışmada; II. Ürün mısır bitkisinin verimi üzerinde sulama suyu miktarının etkisini vurgulayarak, optimum verimin 969 kg da⁻¹, bu değere karşılık uygulanan sulama suyu miktarının ise 474 mm olduğunu belirtmişlerdir.

Bakanoğulları (1995), Kırklareli yöresinde hibrit mısırın günlük, aylık, mevsimlik su tüketimini ve sulama suyu ihtiyacını belirlemek amacıyla yürütülen bu çalışmada toprak nemi tarla kapasitesine getirilene kadar sulama yapılmış ve 5 sulama konusu uygulanmıştır. En yüksek 690.1 kg da⁻¹ tane verimi sağlayan konuya 566.7 mm sulama suyu uygulanmış ve mevsimlik su tüketimi 680.9 mm olmuştur. En yüksek aylık su tüketimi Ağustos ayında 246.2 mm, en yüksek günlük su tüketimi yine aynı ayda 7.94 mm olarak bulunmuştur.

Howell ve ark. (1995), Bushland' da LEPA (low energy precision application) yöntemini kullanarak farklı düzeylerde uygulanan sulama suyunun mısır verimine olan etkisini belirlemek amacıyla killi-tınlı toprakta bir deneme yürütmüşlerdir. Söz konusu çalışmada tam konuya (%100), 1.5 m' lik toprak profilinden 7 günde tüketilen suyun tamamı, diğer konulara ise tam konuya verilen suyun %80, %60, %20 ve %0' i uygulanmıştır. Sulama konularına, çıkıştan sonra uygulanan azot ise sulama suyu ile orantılı olarak verilmiştir. Anılan çalışmada, mevsim ortalamasından daha fazla yağışın düştüğü yılda verim 600 - 1200 kg da⁻¹ arasında değişmiş ve mevsim ortalamasından daha az yağışın olduğu yılda ise, 400 -1500 kg da⁻¹ verim alınmıştır. Sulama suyu miktarı, yetiştirme mevsimi boyunca değişen yağışa bağlı olarak farklılık göstermiş ve yağışın fazla olduğu yılda 640 mm su uygulanmıştır. Dane verimi (Y) ile su tüketimi (ET) arasında önemli bir ilişki bulunmuştur ($Y = 0.00169 ET - 147; r = 0.88$). LEPA sistemiyle mısır bitkisine kısıntılı su uygulandığında, kısıntının tek sel dane ağırlığını etkileyerek verimi düşürdüğü gözlenmiştir. Hasat indeksinin, farklı su düzeylerinde fazla değişmemesine karşın, uygulanan su miktarı azaldıkça hasat indeksinin de azaldığı belirlenmiştir. Aşırı su kısıntısı, yaprak alan indeksini (LAI) azaltırken, daha az düzeydeki bir su kısıntısı ise kuru maddeyi azaltmıştır. Mısır bitkisinin en yüksek kuru madde üretim hızı, 25 g \ mm² gün ile tepe püskülü çıkarmadan hemen önce gözlenmiş ve bu hızın dane doldurma döneminin sonuna dek sürdüğü belirlenmiştir.

Köksal (1995), mısır bitkisinin suya bağlı üretim fonksiyonlarını belirlemek amacıyla, Tarsus Koy Hizmetleri Araştırma Enstitüsünde tınlı ve tınlı-kumlu bünyeli toprakta çizgi kaynaklı yağmurlama sulama tekniğini kullanarak bir çalışma yürütmüştür. Araştırmacı, sulama konularını hem farklı su düzeylerini hem de farklı sulama sayılarını içerecek biçimde düzenlemiş ve bitki gelişiminin farklı dönemlerinde su uygulamıştır. Konulara ve sulama düzeylerine bağlı olarak, 11 - 599 mm arasında değişen miktarlarda sulama suyu uygulanmış ve mevsimlik ortalama su tüketiminin, 631 - 723 mm arasında değiştiği saptanmıştır.

Büyüme mevsimi boyunca, tam su alan konuda, çizgi kaynağına en yakın sulama düzeyinde 788.4 kg da⁻¹ ile en yüksek ortalama verimi; susuz konuda ise 166 kg da⁻¹ ile en düşük verimi elde etmiştir. Su kullanım randımanının, tam su alan konuda (GGGG-Ü) 1.38-1.80 kg m⁻³ arasında değiştiğini gözlemiştir. Toplam su kullanım randımanı (WUE), 0.76-3.20 kg m⁻³ arasında bulunmuştur. Verim tepki etmenini (k_y), su kısıntısının tüm mevsime eşit yayıldığı koşullarda 0.85 olarak elde etmiştir. Tek sel gelişme dönemlerinde su kısıntısı uygulanan konularda ise k_y değerlerinin, 1.07 - 1.23 arasında değiştiğini belirlemiştir. Çalışmada, evapotranspirasyon (ET) ve sulama suyu (I) ile dane verimi (Y) değerleri arasında sırasıyla $Y = 106.40 + 1.223 ET$ ($r^2 = 0.70$) ve $Y = 414.28 + 0.922 I$

($r^2 = 0.332$) şeklinde ilişkiler saptanmıştır. Yaprak alan indeksi değerlerinin, sulama programlarına bağlı olarak, ekimden 50 - 70 gün sonra 4.9 - 5.7 ile en yüksek değere ulaştığı saptanmıştır. Su kısıntısının, yaprak alanının maksimum değere ulaşmasını geciktirdiği belirlenmiştir. Araştırmada, tam sulama koşullarında tüketilen suyun büyük bir bölümünün toprağın ilk 90 cm' lik katmanından alındığı da belirlenmiştir.

Yıldırım ve ark. (1995), Ankara koşullarında kısıntılı sulamanın dane verimine etkisini saptamak ve su-verim ilişkilerini elde etmek amacıyla planlanan çalışmada; mısırın topraktaki nem eksikliğine duyarlı bir bitki olduğunu, en duyarlı periyodun ise çiçeklenme dönemi olduğunu, bunu sırasıyla, vejetatif gelişme, dane oluşumu ve olgunlaşma periyotlarının izlediğini, yüksek verim elde etmek için gerek toplam büyüme mevsimi boyunca, gerekse bireysel büyüme dönemlerinde ya da bunların kombinasyonlarında su kısıntısı yoluna gidilmemesi gerektiğini vurgulamışlardır. Verim tepki etmenini (k_y), toplam büyüme mevsimi için 0.94, vejetatif gelişme, çiçeklenme, dane oluşumu ve olgunlaşma dönemleri için ise sırasıyla 0.56, 0.77, 0.46 ve 0.38 olarak elde etmişlerdir.

Gözübenli ve ark. (1997), Hatay koşullarında II. ürün tarımına uygun mısır çeşitlerinin belirlenmesi çalışmasında, tepe püskülü çiçeklenme süresinin 51.3 - 55.3 gün arasında, bitki boyunun 207.0 - 246.7 cm, ilk koçan yüksekliğinin 103.5 - 126.7 cm ve tane verimi ise 1089 - 1377 kg da⁻¹ arasında değişim gösterdiğini saptamışlardır.

Howell ve ark. (1997), tarafından 1988 - 1993 yılları arasında Teksas' ta lizimetre koşullarında yürütülen bir çalışmada, mısır bitkisinin ortalama mevsimlik bitki su tüketiminin 771 mm, maksimum günlük su tüketiminin ise 10 mm olduğu gözlenmiştir.

Köksal ve Kanber (1998), tarafından yürütülen çalışmada, mısır bitkisinin suya bağlı üretim fonksiyonları belirlenmiş ve su-verim ilişkilerini ortaya koyan farklı modeller incelenmiştir. Çizgi kaynaklı yağmurlama sulama tekniğinden yararlanılarak yürütülen çalışmada sulama konuları, hem farklı su düzeylerini hem de farklı sulama sayılarını içerecek biçimde düzenlenmiştir. Konulara ve sulama düzeylerine bağlı olarak, 11 - 599 mm arasında değişen miktarlarda sulama suyu uygulanmıştır. Ortalama su tüketimi ise 631 - 723 mm arasında değişmiştir. Ortalama en yüksek verim, tam sulanan (788 kg da⁻¹), en düşük verim ise susuz konudan (226 kg da⁻¹) elde edilmiştir. Su kullanım randımanları tam sulanan konuda 1.38-1.80 kg m⁻³ arasında değişirken, toplam su kullanım randımanı (WUE) 0.87-3.19 kg m⁻³ arasında hesaplanmıştır. Verim tepki etmeni (k_y), su kısıntısının tüm mevsime eşit dağıldığı koşullarda 0.85 olarak elde edilmiştir.

Tolk ve ark. (1998), tarafından yürütülen çalışmada farklı su düzeyleri ve farklı toprak tiplerinin mısır bitkisinin verim, bitki su tüketimi ve su kullanım etkinliği üzerine etkisi

araştırılmıştır. Bitki su tüketimi değerleri 357 mm – 587 mm, tane verimi 411 g m⁻² – 848 g m⁻², kuru madde miktarı 865 g m⁻² - 1507 g m⁻² arasında gerçekleşmiştir. Ayrıca tane verimi (Y) ile bitki su tüketimi (ET) arasında $Y = 1.53 ET - 45.2$ ($r^2 = 0.78$) şeklinde bir bağıntı olduğu ifade edilmiştir.

Yıldırım ve Kodal (1998)' in Ankara koşullarında, yapmış oldukları bir araştırmada farklı seviyelerdeki su uygulamasının mısırdan dane verimi üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla, bitki kök bölgesi faydalı su kapasitesinin %50' sinin kullanıldığında, mevcut nemin tarla kapasitesine ulaştırıldığı kontrol muamelesi (S₀), kontrol konusuna uygulanan sulama suyunun %0 (S₁), %20 (S₂), %50 (S₃), %75 (S₄), %125 (S₅), %150 (S₆), %175 (S₇), %200 (S₈)' ünün uygulandığı sulama konuları oluşturulmuştur. Mevsimlik bitki su tüketimi 1991 yılında 912.1 mm, 1992 yılında 1023.8 mm, 1993 yılında ise 886.2 mm olarak ölçmüştür ve sonuçta aşırı miktarda su uygulamasının verimi önemli düzeyde artırmadığını saptanmıştır. Verim tepki etmeni (k_y) toplam büyüme mevsimi için 0.96 olarak elde edilmiştir.

Braunsworth ve Mack (1989), su eksikliğinin mısır verim ve kalitesine etkisini araştırmışlar, sulama koşullarında verim değerinin birbirine yakın olduğunu belirlemişlerdir. Bunun yanında kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50' si tüketildiğinde mevcut nemin tarla kapasitesine getirecek şekilde kontrol parseline uygulanan sudan %15 oranında yapılacak bir kısıntı ile en yüksek verimin elde edilebileceği araştırmacılar tarafından saptanmıştır (Yıldırım ve Kodal 1998).

Gençoğlan ve Yazar (1999), Çukurova koşullarında farklı düzeylerdeki su kısıdının birinci ürün mısır tarımında dane verimine ve su kullanım randımanına etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada sulama konuları her on günde bir 120 cm' lik toprak profilinde tüketilen suyun %100, %80, %60, %40, %20 ve %0' nın uygulanması şeklinde oluşturulmuştur. Araştırmada toprak profilindeki eksik nemin tamamının verildiği sulama konusunda ortalama su tüketimi 1025 mm ve buna karşılık 1003 kg da⁻¹ ile en yüksek dane verimi elde edilmiştir. Mısırın sulama suyu kullanım randımanını (IWUE) sulama düzeylerine bağlı olarak 1.00 - 2.43 kg da⁻¹mm⁻¹; su kullanım randımanı (WUE) değerlerini ise 0.22 - 1.25 kg da⁻¹mm⁻¹ arasında belirlemişlerdir. Howell ve ark. (1995), mısırdan IWUE değerlerinin 1.95-2.48 kg m⁻³; WUE değerlerinin ise 0.97-1.42 kg m⁻³ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Howell ve ark. (1997) damla yöntemiyle sulanan mısır için WUE değerlerinin 1.08 ile 1.54 kg m⁻³ arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Pandey ve ark. (2000), tarafından Afrika' da Sahelian arazileri üzerinde yürütülen araştırmada, mısır bitkisinde kısıntılı sulamanın ve farklı azot dozlarının verim ve verim öğeleri üzerindeki etkileri belirlenmiş, ayrıca evapotranspirasyon ve su kullanım randımanı

üzerine kısıntılı sulama ve azot interaksiyonunun etkileri incelenmiştir. Ortalama mevsimlik bitki su tüketimi tam sulanan konuda 655 mm ve maksimum kısıt yapılan konuda ise 280 mm olarak gerçekleşmiştir. Tüm azot konularındaki farklı kısıntılı sulama düzeyleri dane verimini doğrusal olarak etkilemiştir. Kısıntılı sulamayla toprakta su stresinin artışı bitkinin ilk gelişme dönemlerinde yaprak alanı, bitki gelişimi, bitki boyu, azot alımı ve toplam biyo-kütle üretiminde daha yavaş bir azalmaya neden olurken; bitkinin son gelişme dönemlerinde, anılan parametrelerde daha önemli bir azalmaya neden olduğu görülmüştür.

Konuşkan (2000), Hatay ekolojik koşullarında II. ürün olarak yetiştirilen bazı melez mısır çeşitlerinde bitki sıklığının verim ve verim unsurları üzerine olan etkisini belirlemek amacıyla yürütülen çalışmada incelenen özellikler; yönünden mısır çeşitleri ve bitki sıklıkları arasında önemli farklılıklar olduğunu belirlemişlerdir. Denemede kullanılan P3394, Dramca, C6127, DK 626 ve TTM815 çeşitlerinin sırasıyla 647 kg da⁻¹, 622 kg da⁻¹, 637 kg da⁻¹, 543 kg da⁻¹ ve 424 kg da⁻¹ verim verdiklerini belirtmiştir.

Viswanatha ve ark. (2002), tarafından yürütülen çalışmada Hindistan'da damla sulama yöntemiyle sulanan mısırın veriminin belirlenmesi amaçlanmıştır. Deneme sonunda verim 24.87 t ha⁻¹ ve sulama gereksinimi 330.46 mm olarak bulunmuştur

İkinci ürün olarak yetiştirilen mısır bitkisinin, su – verim ilişkilerini, kısıtlı sulamanın verim ve verim parametreleri üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülmüş çalışmada, mevsimlik su tüketim değerlerinin ortalama 136 – 600 mm, ortalama en yüksek tane verimlerinin ise tam sulanan konuda 1064 – 1038 kg da⁻¹ arasında değiştiğini bulmuştur Pamuk (2003).

Çetin (1996)' da 1990, 1991, 1992 yıllarında Harran Ovasında II. ürün mısır bitkisinde farklı sulama aralığı kullanılarak yürütülen çalışmada, en yüksek verimi alabilmek için 5 günde bir sulama yapılması gerektiği, eğer su yetersiz ise, sulama aralığının 1 hafta veya en çok 10 gün olarak alınmasının şart olduğu vurgulanmıştır. Ayrıca II. Ürün mısırdaki 5 günde bir su uygulaması yapılan sulama konusunda, en yüksek tane verimi 1015 kg da⁻¹ olarak alınırken, buna en yakın verimin alındığı 10 günde bir sulanan konudan ise 771 kg da⁻¹ verim elde edilmiştir. Buna göre, bu iki sulama programı arasında %24' lük bir verim azalışı gözlenmiştir.

Tong ve ark. (2003), Çin'de (1961 - 1998) alan kullanımı bakımından mısırdaki %12' lik bir artış sağlandığını, verimin çeşitli kültürel tedbirlerle 118 kg da⁻¹, dan 500 kg da⁻¹, a kadar çıkarılabileceğini, buğdaydan sonra çeltik ve mısırın ekim nöbetinde yer alabileceğini bildirmişlerdir.

Çakır (2004), Pioneer 3377 hibrit mısır çeşidinde farklı sulama düzeylerinin verime etkisini belirlemek amacıyla Kırklareli bölgesinde yaptığı araştırmada; vejetatif dönemi (V6), tepe püskülü dönemini, koçan oluşum dönemini ve süt olum dönemini dikkate alarak kısıtlı sulama programları uygulamıştır. Bu araştırmada sadece belirtilen bu dört dönemde sulama yada vejetatif dönem (V6) deki sulama uygulamasının kaldırılması suretiyle Trakya Bölgesi koşullarında 400 – 450 mm' lik sulama suyu uygulaması ile yüksek seviyede verim (9-13 ton ha⁻¹) elde edilebileceğini, ancak bitkinin su stresine hassas olduğu herhangi bir gelişme döneminde sulama yapılmaması durumunda ise %40' lara varan verim azalması olabileceğini belirtmiştir. Ayrıca, mevsimlik sulama suyu miktarlarının 390 - 575 mm arasında, verim tepki etmeni (k_y)' nin ise yıllara göre 0.81 - 1.36 arasında değiştiği bildirilmiştir.

Kırda ve ark. (2004), Adana şartlarında ikinci ürün mısır tarımında tam sulama, kısıtlı sulama ve kısmi kök kuruluğu sulama tekniğini uygulayarak yapmış oldukları bir araştırmada, kısmi kök kuruluğu yöntemi kısıtlı sulama ile geleneksel kısıtlı sulama konularına, tam sulamanın %50'si kadar su uygulamışlardır. Bu araştırmada, tam sulamaya göre %50 daha az su uygulanan kısmi kök kuruluğu ve kısıtlı sulama tekniklerinin dane verimleri arasında önemli bir farklılık bulunmamıştır. Tam su uygulaması diğer kısıtlı sulama uygulamalarıyla karşılaştırıldığında verim yaklaşık %18 daha fazla bulunmuş, buna karşılık olarak 200 mm daha fazla sulama suyu uygulandığı tespit edilmiştir.

Panda ve ark. (2004), kullanılabilir su tutma kapasitesinin farklı seviyelerde kullanımına izin verilerek oluşturulan sulama rejimlerinin verim üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri araştırmada; kullanılabilir suyun %45' den daha fazla bir kısmının bitki tarafından tüketilmesine izin verilmesinin, düşük verim ve düşük su kullanım randımanı yaratmama açısından, kaçınılması gerektiği sonucuna varmışlardır.

Şişman ve İstanbulluoğlu (2004), tarafından yürütülen çalışmada, Tekirdağ Ziraat Fakültesi kampüs alanında yer alan arazilerde yetiştirilen şekerpancarı, ayçiçeği, buğday ve mısır bitkilerinin su tüketimleri, sulama suyu ihtiyaçları ve sulama zamanı programları belirlenmiştir. Bitkilerin sulama suyu ihtiyaçları ve sulama zamanı programlarının belirlenmesinde CROPWAT paket programı kullanılmış, mısır için Haziran ve Temmuz aylarının ikinci yarılarında sırasıyla 99 ve 106 mm olmak üzere iki sulama yapılması gerektiği saptanmıştır.

Bitki verimi, su kullanım randımanı, kuru madde üretimi, yaprak alan indeksi ve su – üretim fonksiyonlarının belirlenmesine yönelik, II. ürün mısırdaki yürütülen çalışmada, etkili toprak profilinin % 50' si tüketilen yarayıslı suyun tamamının uygulandığı konu ve tam

konuya uygulanan suyun %70, %50, %30 ve %0' ı karşılanacak şekilde 5 sulama konusu oluşturulmuş ve karık sulama yöntemi uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, sulama konularının verim ve agronomik özellikler üzerine etkisinin her iki yılda da önemli olduğu belirlenmiştir. Ortalama değerlere göre, konulara uygulanan sulama suyu miktarı 148 - 493 mm, mevsimlik bitki su tüketimi değerleri ise 174 – 558 mm arasında değişmiştir. Ortalama tane verimi ise 2.88-11.34 t ha⁻¹ arasında değişmiştir. Bitki su kullanım randımanı (WUE) 1.65 – 2.15 kg m⁻³, sulama suyu kullanım randımanı ise 2.30 – 3.52 kg m⁻³ arasında bulunmuştur. Mevsimlik su verim ilişkisi faktörü $k_y = 1.04$ olarak elde edilmiş ve ayrıca su kullanım oranlarındaki artış ile yaprak alan indeksi ve kuru madde üretimleri artış göstermiştir (Dağdelen ve ark. 2006).

Kaman (2007), tarafından Çukurova koşullarında yürütülen araştırmada, geleneksel kısıntılı ve yarı ıslatmalı sulama uygulamaları altında buğday hasadından sonra ikinci ürün olarak yetiştirilen beş mısır çeşidinin verim tepkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Sulama uygulamaları bitki yararlı toprak su içeriğinin %50' si kullanıldığında damla sulama yöntemiyle gerçekleşmiştir. Mısır çeşitlerinin değişik sulama düzeyleri ve uygulama biçimlerine verdiği tepkiler farklı olmuştur.

Kaman (2007) tarafından bildirildiğine göre, Cesurer ve ark. (1999a) tarafından Kahramanmaraş koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen TTM 815, Tambre, Rx 770 ve P. 3394 hibrid mısır çeşitlerinde verim ve verim parametrelerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma yürütülmüştür. Anılan araştırmada tepe püskülü çıkış süresi, ilk koçan yüksekliği, bitki boyu, bitkide koçan sayısı, tek koçan ağırlığı, dane oranı (%), bin dane ağırlığı, hektolitre ağırlığı ve dane verim parametreleri irdelenmiştir.

2.2. Bitki Su Stresinin Belirlenmesinde Bitkisel Yaklaşımlar

Sulama programlamasında kullanılan yöntemleri genel olarak; toprağı, meteorolojik verileri ve bitkiyi baz alan yaklaşımlar olmak üzere üç grupta toplamak olasıdır. Bitkiler, toprak ve atmosferik çevrelerinin etkilerini bünyelerinde birleştirmektedirler. Bu nedenle sulama programlamasında bitkiyi baz alan ölçümlerin kullanılması son yıllarda giderek artan bir önem kazanmıştır (Ödemiş ve Baştuğ 1999). Özellikle, bitki yüzey sıcaklığının ölçülmesine dayalı infrared termometre tekniğı bitkiye dokunmaksızın, daha hızlı ve doğru ölçüm yapma olanağı sağladığından, popüleritesi artmaktadır. Anılan teknik, transpirasyonun yaprak yüzey sıcaklığını düşürmesi ilkesine dayanır. Bitkinin büyüme döneminde aldığı su sınırlanırsa, gözenek direnci artar, transpirasyon azalır ve yaprak sıcaklığı yükselir. Bu

özellikten ve psikrometrik ölçümlerden yararlanarak bitki su stresi endeksi (CWSI) belirlenmektedir. Idso ve ark. (1981), potansiyel hızda transpirasyon yapan bir bitki için atmosferin buhar basıncı açığının (VPD) fonksiyonu olarak bitki tacı - hava sıcaklığı farkını ($T_c - T_a$) ölçmüşler ve bu değerler arasında doğrusal bir ilişki olduğunu göstermişlerdir. Yeterli düzeyde sulanan ve potansiyel düzeyde transpirasyon yapan bitkiler için bu doğrusal ilişki alt baz çizgisi olarak adlandırılır. Bu ilişkinin bitki çeşidine bağlı olduğu ve geniş coğrafik alanlarda kabul edilebilir olduğu saptanmıştır (Idso ve ark. 1981). Buhar basıncı açığından bağımsız, hava sıcaklığına bağımlı olan bitki tacı - hava sıcaklığı farkının üst baz çizgisi ise transpirasyon yapmayan bitkilerde belirlenir. Bu biçimde elde edilen temel grafik yardımıyla, genellikle bitkilerin en çok strete olduğu öğle saatlerinde yapılan bitki yüzey sıcaklığı, kuru ve ıslak termometre sıcaklığı ölçümleri yapılarak CWSI hesaplanabilir. Alt ve üst sınır çizgilerinin bulunmasında teorik ve deneysel yaklaşım kullanılabilir. Her ikisinde de CWSI sıfır ile bir arasında değişir (Idso 1982). Horst ve ark. (1989) su stresinin olmadığı alt sınırın bitki türüne, çeşidine ve çevre koşullarına bağlı olduğunu ifade etmişlerdir.

Ülkemizde ve dünyada birçok araştırmacı tarafından çeşitli bitkiler üzerine farklı iklim ve bölge koşullarında yapılan çalışmalar sonucunda, CWSI'nın sulama programlarının hazırlanmasında kullanılabileceği belirtilmiştir (Alderfasi ve Nielsen 2001; Orta ve ark., 2002; Orta ve ark., 2003; Gençoğlan ve Yazar, 1999; Irmak ve ark., 2000; Yuan ve ark., 2004a; Colaizzi ve ark., 2003; Yazar ve ark., 1999; Gonza'lez-Dugo ve ark., 2005; Nielsen ve Gardner, 1987). Aynı araştırmacılar, CWSI ile sulama zamanının belirlenebileceğini, ancak, bu yöntemin uygulanacak sulama suyu konusunda bir fikir vermeyeceğini açıklamışlardır.

Gardner ve ark. (1992b), bitki su stresi indeksi ile bitkiye ilişkin diğer su stresi ölçüm parametreleri, yaprak su potansiyeli, biomass, gözenek direnci, verim, transpirasyon ve toprak nemi gibi faktörler arasındaki ilişkilerin açıklanmaya çalışıldığı çok sayıda araştırmayı listelemiştir. Mısır bitkisinde Idso (1982), Gardner ve ark (1986), Calle ve ark. (1990), Fiscus ve ark (1991) gibi çok sayıda araştırmacı tarafından yürütülen bu araştırmalarda anılan ilişkilerin çoğu belirlenmiştir.

Trakya Bölgesinde son yıllarda yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan, ayçiçeği, karpuz, buğday, patates, fasulye bitkileri için, bitki su stresi indeksinin (CWSI) belirlenmesi ve sulama zamanı planlamasında kullanım olanaklarının araştırılması amacıyla yürütülen araştırmalarda (Orta ve ark. (2002); Orta ve ark. (2003); Orta ve ark. (2004); Erdem ve ark. (2006a); Erdem ve ark. (2006b). infrared termometre tekniği ile bitki su stresi indeksinin (CWSI) hesaplanmasında yararlanılan alt ve üst baz çizgileri belirlenerek, verim tahmininde kullanılabilecek mevsimlik ortalama CWSI ile verimler arasındaki ilişkiler ortaya konmuştur.

Ayrıca, porometre tekniği ile yaprak gözenek dirençleri ölçülmüş ve CWSI, yaprak gözenek direnci ve toprak nemi arasındaki ilişkiler açıklanmıştır. Dünyada ve ülkemizde, mısır sulamasında, uzaktan algılama tekniklerinin sulama zamanının planlanmasında kullanım olanaklarının araştırıldığı çalışma sayısı çok az olup, mevcut çalışmalar aşağıda özetlenmeye çalışılmıştır.

Mısırın sulama zamanının planlanmasında CWSI değerlerinin etkinliğinin belirlenmesi için Nielsen ve Gardner (1987) sulamalara CWSI değerleri 0.1, 0.2, 0.4 ve 0.6' ya ulaştığında başlanacak şekilde deneme konularını oluşturmuşlardır. Bu dört deneme konusunda sırasıyla 11, 9, 6 ve 3 sulama yapılmış ve 211, 185, 112 ve 65 mm sulama suyu uygulanmıştır. Elde edilen verimler ise 10, 9.3, 8.4 ve 6.6 t ha⁻¹ olmuştur. Sonuçta, CWSI değerlerinin sulama zamanına karar vermede çok önemli bir kriter olduğu ancak sulama suyu miktarı açısından fikir vermediği için uygun toprak ve sulama yöntemi koşullarında sabit su ile pratik olması bakımından rahatlıkla kullanılabilceğini açıklamışlardır.

Köksal (1995) tarafından Çukurova koşullarında II. ürün olarak yetiştirilen mısır bitkisi için farklı su düzeylerini içeren sulama konularına ait bitki su stres indeksi değerleri 0.29 – 0.57 arasında değişmiştir. Tam su alan konuya ilişkin sonuçlar kullanılarak verimin düşmeye başladığı eşik değerleri 0.30 olarak saptanmıştır. Anılan değer 0.50' nin üzerinde çıkması durumunda önemli verim kayıplarının olduğu belirlenmiştir.

Irmak (1996) tarafından yürütülen araştırmada, bitki su stresinin izlenmesinde kullanılan toprak suyu potansiyeli ve bitki su stresi indeksini (CWSI) belirleme tekniklerinin, II. Ürün mısırın sulama zamanının saptanmasında kullanılabilirliklerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Çalışmada, mısır bitkisinin topraktaki kullanılabilir su kapasitesinin %50' si tüketildiğinde sulanması gerektiği, toprak suyu potansiyelinin $\Phi = -8.9$ bar ve bitki su stresi indeksinin CWSI = 0.39 değerinin sulamalarda kriter olarak kullanılabilceği sonucuna ulaşılmıştır. Ayrıca mevsimlik ortalama CWSI değerlerinden yararlanılarak verimin ($Y = 899 - 1438 \text{ CWSI}$) tahmin edilebileceği belirlenmiştir.

Irmak (1996) tarafından bildirildiğine göre; Inoue (1991), mısır bitkisinde stresli ve stressiz konular arasındaki maksimum taç örtüsü sıcaklık farkının 4.2 °C'den daha az olmadığını, Singh ve ark. (1991) ise mısırdaki stresli konuda Tc değerinin 1.4 – 6.3 °C ve stressiz konuda 3.7 – 8.9 °C arasında değiştiğini saptamışlardır. Ayrıca, su stresinin dolayısıyla transpirasyonun tahminine yönelik indekslerin kullanımını araştırmak amacıyla Inoue (1997) soya fasülyesinde spektral ve termal infrared ölçümlerinden yararlanarak spektral vejetasyon indeksi (SAVI) ve bitki su stresi indeksinin (CWSI) transpirasyonun tahmininde kullanılabilceğini açıklamıştır.

Andrieu ve ark. (1997) tarafından belirtildiğine göre yaprak alan indeksi, mısır bitkisinde büyümeyi karakterize eden önemli bir değişkendir. Grignon’ da yaprak alan indeksinin saptanması amacıyla yürütülen çalışmada anılan değerin 0 - 4 arasında değiştiği gözlenmiştir (Pamuk 2003).

Carcova ve ark. (1998), Arjantin’ de yürüttükleri bir çalışmada 3 farklı mısır çeşidinde bitki su stresi indeksi ile toprak nem içeriği arasındaki ilişkiyi araştırmışlardır. Topraktaki faydalı su %60’ ın altına düştüğünde bitki su stresi indeksinin yükselme eğiliminde olduğu belirtilmiştir (Pamuk 2003).

Espana ve ark. (1998), Avignon- Fransa’ da üç farklı bölgede m^2 ’ ye düşen bitki sayısını 12, 8.5 ve 7 bitki olarak belirlemişleridir. Yaprak alan indeksi (LAI) değerlerinin bitki boyu ile birlikte incelenmesi sonucunda bitki boyu 30 cm iken yaprak alan indeksi 0.44, bitki boyu 47 cm iken yaprak alan indeksi 1.00; bir diğer bölgede ise, bitki boyu 1.70 m olduğunda yaprak alan indeksi değerinin 4.50 olduğu saptanmıştır. Ayrıca hasat zamanı ölçülen bitki boyu değerlerinin 1.90 m - 3.60 m arasında değiştiği ifade edilmiştir (Pamuk 2003).

Pandey (2000), tarafından yürütülen çalışmada mısır bitkisinde maksimum yaprak alan indeksi değerinin tam sulanan ve en yüksek N uygulaması yapılan konudan elde edildiğini vurgulamıştır.

Payero ve Irmak (2006) sulama zamanı planlamasında infrared termometrenin dolayısıyla CWSI’ nin kullanımını artırılması amacıyla, Nebraska koşullarında yürüttükleri çalışmalarda mısır ve soya bitkisine ait alt ve üst baz denklemlerini deneysel yaklaşımdan yararlanarak, buhar basıncı açığı, bitki yüksekliği, solar radyasyon ve rüzgar hızının bir fonksiyonu olarak regresyon analizleri ile elde etmişlerdir. Mısır için üst baz değeri “ $T_c - T_a = 1.61$ ”, alt baz denklemi ise “ $T_c - T_a = 1.58 - 1.66 VPD$ ” bulunmuştur. Ayrıca, Payero ve Irmak (2006) mısır için daha önce çeşitli araştırmacılar tarafından belirlenen alt baz denklemlerini grafikleyerek, üst baz değerlerinin ise Shanahan ve Nielsen (1987), Nielsen ve Gardner (1987) tarafından 3 °C, Steele ve ark. (1994) tarafından 5 °C, Irmak ve ark. (2000) tarafından 4.6 °C olarak belirlendiğini açıklamışlardır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

Bu bölümde, araştırma alanı, iklim, toprak ve topoğrafya özellikleri hakkında bilgi verilmiştir.

3.1.1. Araştırma alanı

Araştırma, eski Tekirdağ–Malkara yolu üzerinde, il merkezine 2.5 km uzaklıkta yer alan Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü' nün arazisinde yürütülmüştür. Araştırma alanının denizden yüksekliği 4 m olup, enlem derecesi 40° 59' kuzey, boylam derecesi ise 27° 29' doğudur. Alanın toplam büyüklüğü 979 da olup, halen bu arazi varlığının %91' inde araştırma ve üretim faaliyetleri sürdürülmektedir. Bu bölümün %75' inde ise sulu tarım yapılabilmektedir. Enstitü arazisinde seçilen araştırma alanı 1080 m² büyüklüğe sahip tarla parselinden oluşmaktadır. Bu alanın enstitü arazisindeki konumu Şekil 3.1' de görülmektedir.

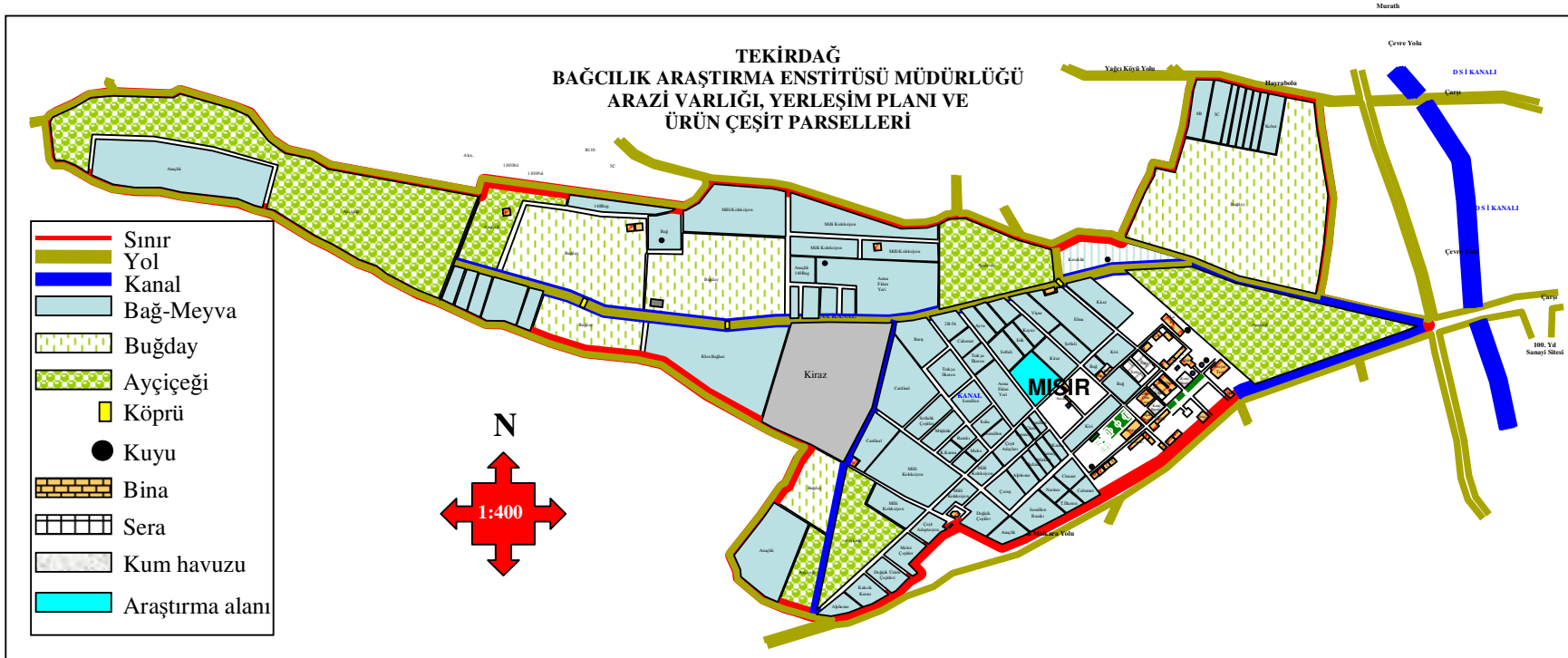
3.1.2. İklim özellikleri

Araştırmanın yürütüldüğü Tekirdağ iline ilişkin, Meteoroloji Müdürlüğü Araştırma ve Bilgi İşlem Daire Başkanlığından sağlanan, 1939 - 2002 yıllarına ait bazı iklim elemanlarının ilk ve son don tarihleri arasında kalan aylık ortalamaları Çizelge 3.1, deneme yılına ait iklim elemanları ise Çizelge 3.2' de verilmiştir.

Araştırma alanı, yarı kurak iklim kuşağı içinde yer almaktadır. Yıllık ortalama sıcaklık 13.8 °C olup, aylık sıcaklık ortalamaları açısından en soğuk ay 4.5 °C ile Ocak, en sıcak 23.3 °C ile Temmuz aylarıdır. Yıllık ortalama yağış miktarı 575.4 mm' dir. Ortalama son don tarihi 21 Mart olup, ilk don tarihi ise 7 Aralık' tır. Yıllık ortalama bağıl nem %76 olup, bu değer Temmuz ve Ağustos aylarında %68' e düşmekte ve Aralık ayında %82' ye yükselmektedir. Yıllık ortalama rüzgar hızınının 2 m yükseklikteki değeri 3.1 m/s' dir.

3.1.3. Toprak özellikleri ve topoğrafya

Araştırmanın yürütüldüğü Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü toprakları killi - tınlı bir bünyeye sahip, hafif tuzlu, az kireçli ve organik madde içeriği düşük topraklardan oluşmaktadır. Alanda eğim batıdan doğuya doğrudur. Eğim batı kesimlerde oldukça yüksek olup %15, doğu kesimlerde ise %1.5 civarındadır.



Şekil 3.1. Araştırma alanı

3.1.4. Su kaynağı ve sulama suyunun sağlanması

Tekirdağ Bağcılık Araştırma Enstitüsü arazilerin sulanmasında 7 adet kuyu ve 4 adet depolama havuzundan yararlanılmaktadır. Kuyuların statik emme yüksekliği 2 - 6 m, debileri ise 12 - 20 L s⁻¹ arasındadır. Havuzların depolama kapasiteleri 118.5 - 422 m³ arasındadır. Mevcut durumda su iletimi ve dağıtımı gömülü boru hatları ile yapılmakta, genel olarak yüzey sulama yöntemleri uygulanmakta, ancak bağ fidanlığı, bazı bağ ve meyve alanları damla sulama yöntemiyle sulanmaktadır.

Araştırma parsellerinin sulanması için gerekli olan sulama suyu, kuyulardan pompa ile basılarak doldurulan depolama havuzlarından alınmıştır.

3.1.5. Sulama sistemi

Araştırmada, deneme parselleri yüzey sulama (karıklarda göllendirme) ve damla sulama yöntemleri ile sulanmıştır. Sistem, su kaynağı, pompa birimi ile su iletim hatlarından oluşmaktadır

Sulama sistemi sırasıyla, su kaynağı, pompa birimi, kontrol birimi, boru hatları ve damlaticılardan oluşmuştur. Araştırma parsellerinin sulanması için gerekli olan sulama suyu, depolama havuzundan, 10 L s⁻¹ debideki suyu 26 m yüksekliğe basabilen ve benzinli motor ile çalışan santrifüj pompa ile alınmıştır. Kontrol birimi, 10 L s⁻¹ kapasiteli kombine bir elek filtre (filtre+hidrosiklon), sistemde oluşan basıncı kontrol etmek ve düzenlemek amacıyla basınç regülatörü ile birim unsurlarının giriş ve çıkışlarına yerleştirilecek manometrelerden oluşmuştur. Suyun alındığı noktadan itibaren iletimi ve dağıtımı 10 atm işletme basınçlı, 63 mm dış çaplı sert PE borularla yapılmıştır. Ana boru hattından yan boru hatlarına geçişte vana, su sayacı ve manometreler yerleştirilmiştir (şekil 3.2).

Damla sulama yönteminin uygulandığı parsellerde, su ana boru hattından alınmış ve yan boru hattı olarak 20 mm dış çaplı yumuşak PE borular kullanılmıştır. Deneme parselleri içerisinde su dağılımı lateral boru hatları ile yapılmıştır. Lateral boru hatlarında 4 atm işletme basınçlı ve 20 mm dış çaplı yumuşak PE borular kullanılmıştır. Her bir lateral üzerinde 50 cm aralıklı, 1 atm işletme basıncında 4 L h⁻¹ debi veren in-line tipte, basınç düzenleyicili damlaticılar kullanılmıştır (şekil 3.3).

Çizelge 3.1. Araştırma alanına ait 1939 - 2002 yılı aralığındaki bazı ortalama iklim verileri

İklim Verileri	Aylar												Yıllık Ortalama
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	
Ortalama Sıcaklık (°C)	4.6	5.2	7.0	11.7	16.6	21.0	23.5	23.4	19.8	15.3	10.9	7.0	13.8
Ortalama Max. Sıcaklık (°C)	7.8	8.7	10.6	15.5	20.3	25.0	27.8	27.9	24.2	19.4	14.5	10.2	17.7
Ortalama Min. Sıcaklık (°C)	1.8	2.2	3.8	8.0	12.5	16.4	18.7	18.8	15.8	11.9	7.9	4.2	10.2
Ortalama Bağıl Nem (%)	81	79	78	76	75	71	68	68	72	77	81	82	75
Ortalama Rüzgar Hızı* (m/s)	3.1	3.1	2.9	2.3	2.2	2.3	2.6	2.9	2.7	2.8	2.8	3.3	2.8
Ortalama Güneşlenme Süresi (h)	2.8	3.6	4.2	5.8	7.6	9.1	9.8	8.9	7.5	5.1	3.3	2.2	5.8
Yağış (mm)	68.1	50.8	57.4	40.9	38.2	38.5	22.6	13.4	30.5	54.3	79.3	86.8	580.8
Buharlaşma (mm)	-	-	-	64.4	110.2	135.3	174.3	168.8	112.6	67.3	24.3	9.2	866.4

* 2 m yükseklikte ölçülmüş

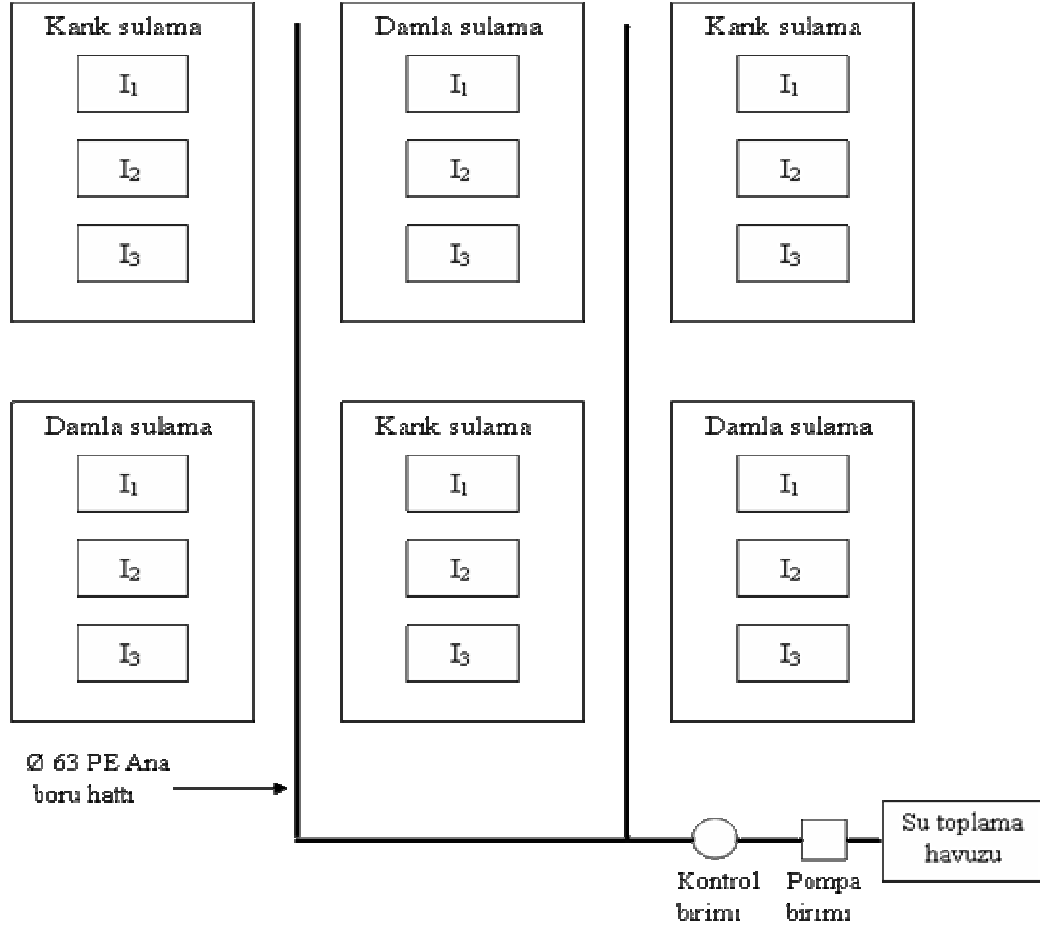
Çizelge 3.2. Denemenin yürütüldüğü 2006 yılına ait bazı meteorolojik veriler

Aylar	Ortalama sıcaklık (°C)	Ortalama bağıl nem (%)	Ortalama rüzgar hızı* (m/s)	Güneşlenme süresi (h)	Buharlaşma miktarı** (mm/gün)	Yağış (mm)
Temmuz						
1-10	22.92	77.17	3.45	9.01	61.9	1.3
11-20	23.72	75.49	2.87	9.98	64.6	2.7
21-31	25.28	73.14	2.66	10.98	8.01	0.0
1-31	24.01	75.20	2.98	10.02	6.66	4.0
Ağustos						
1-10	25.67	82.29	2.02	10.48	55.5	3.9
11-20	26.95	71.14	2.54	10.64	71.1	0.8
21-31	25.00	77.41	2.49	9.16	62.9	5.9
1-31	25.84	79.96	2.35	10.06	6.1	10.6
Eylül						
1-10	21.89	74.76	2.83	9.53	49.2	0.1
11-20	20.35	83.13	2.81	6.22	41.4	0.2
21-31	18.59	84.30	2.27	6.66	22.2	108.5
1-31	19.66	84.65	3.11	6.95	3.76	108.8
Ekim						
1-10	19.14	95.44	2.62	5.59	23.3	10.8
11-20	14.94	85.23	3.59	1.75	21.1	0.6
21-31	14.83	97.23	2.07	3.35	12.7	30.8
1-31	16.30	92.63	2.76	3.56	57.1	42.2

* : 2 m yükseklikteki değeri

** : A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen değer

Karık sulama yönteminin uygulandığı parsellerde, ana boru hatlarından 20 mm dış çaplı yumuşak PE borular ile alınan sulama suyu, litre cinsinden ölçülerek su sayacı ile verilmiştir. Parsellerde her bitki sırasına 1 karık açılmıştır. Karık aralığı 35 cm, derinliği ise 20 cm olacak şekilde planlanan her bir parselde, 4 tam 2 yarım olmak üzere sonları kapalı, tabanları eğimsiz 6 adet karık oluşturulmuştur (Şekil 3.4).



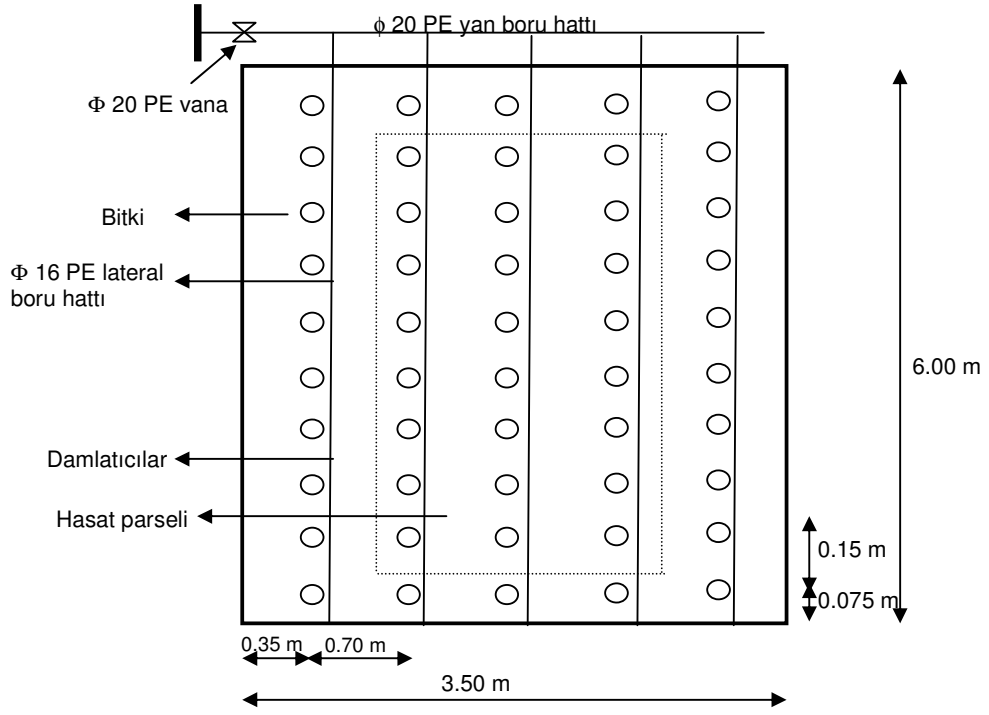
Şekil 3.2. Deneme alanı

3.1.6. Kullanılan mısır tohumunun özellikleri

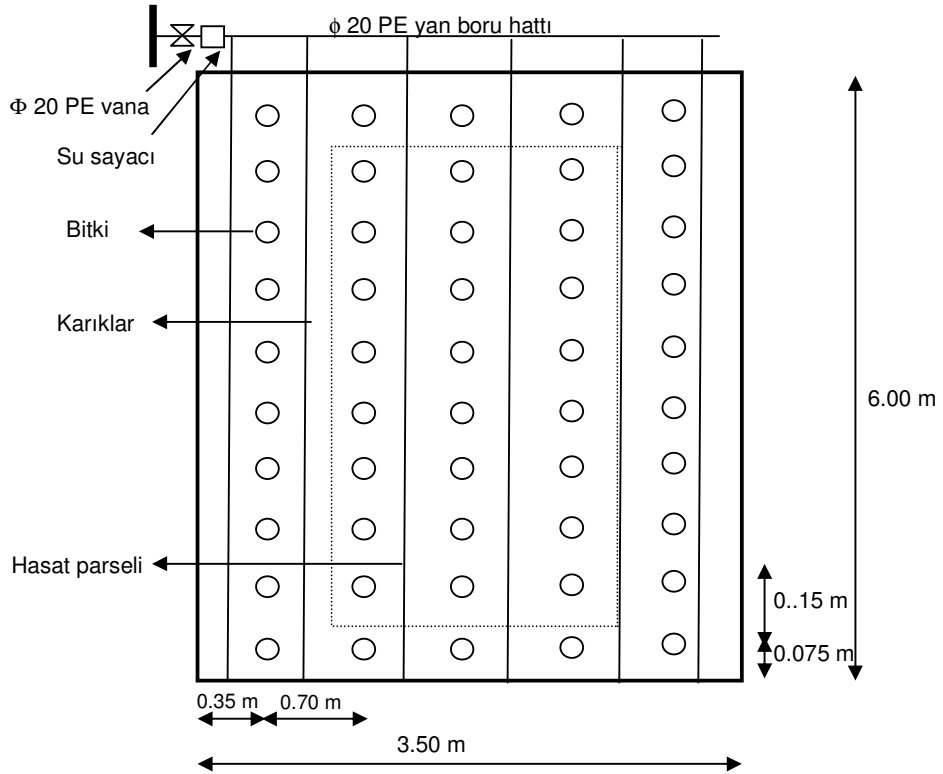
Araştırmada kullanılan TTM 815 mısır çeşidi, Sakarya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilmiştir. Çeşit, beyaz daneli ve türk orijinli tek melez olup, gerek dane gerekse koçan verimi bakımından standardı sağlanmıştır. Silaja uygun olup ortalama 135 günlük bir çeşittir.

3.1.7. İnfrared termometre aletinin özellikleri

Araştırmada bitki su stresinin belirlenmesi amacıyla bitki taç sıcaklığı ölçümlerinde “Fluke 574 Model”; 3 noktalı lazer ışını ile sıcaklık ölçümleri alan, ayarlanabilir görüş açısı (FOV) özelliğine ve bitki taç sıcaklığı ölçümlerinde 8-14 μ dalga boyunda ışınları algılayan filtrelere sahip, emissivite katsayısı 0.98 olarak ayarlanmış portatif infrared termometre kullanılmıştır.



Şekil 3.3. Damla sulama sistemi ile sulanan deneme parselinin ayrıntısı



Şekil 3.4. Karık sulama sistemi ile sulanan deneme parselinin ayrıntısı

3.1.8. Kullanılan bilgisayar paket programları

Araştırmada, istatistiksel analizlerin yapılmasında ve çeşitli denklemlerin elde edilmesinde Kalibrasyon ve İstatistik analizleri bilgisayar programı (TARİST) ve EXCEL isimli paket programları kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Bu bölümde, araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri dikkate alınarak, kullanılacak sulama yöntemlerinin gerektirdiği sistem unsurlarının projelendirilmesi, bitki su stres indeksinin belirlenmesinde kullanılan yöntem ve deneme düzeni ile konular hakkında bilgiler yer almaktadır.

3.2.1. Araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri

Araştırma alanı topraklarının fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla 2 farklı yerde 90 cm derinliğe kadar toprak profilleri açılarak 0 - 30, 30 - 60 ve 60 - 90 cm toprak katmanlarından bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bu örneklerden hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, solma noktası ve bünye sınıfı değerleri belirlenmiştir (Blake 1965, Benami ve Diskin 1965).

Araştırmada kullanılan sulama suyu özelliklerini belirlemek için su örnekleri alınmış, Ayyıldız 1990' da verilen esaslara göre tespit edilmiştir.

Damla sulama sistem unsurlarının boyutlandırmasında yararlanmak üzere, toprak örneği alınan profilin hemen yanında çift silindir infiltrometre yöntemiyle 2 tekerrürlü olarak infiltrasyon testleri yapılmış ve elde edilen değerlerin ortalaması alınarak gerçek su alma hızı değerleri Criddle ve ark. (1956)' da verilen esaslara göre belirlenmiştir.

3.2.2. Tarım tekniği

Deneme alanı freze ve tırmıkla işlenerek ekime hazır hale getirilmiştir. Parsellerde mısır tohumları sıra aralığı 70 cm ve sıra üzeri 8 - 15 cm olacak şekilde el ile ekilmiştir. Çıkıştan sonra bitkiler 2 - 3 yapraklı olduğunda 15 cm' ye seyreltilmiştir. Araştırma 2006 yılında yürütülmüş ve ön bitki olarak buğday kullanılmıştır Ekim işlemi 12 Temmuz 2006 (DOY 193) tarihinde gerçekleşmiştir. Ekim sırasında saf madde olarak dekara 20 kg N

gelecek şekilde 20-20-0 kompoze gübresi uygulanmıştır. Bitkiler 10 – 15 cm olduğunda yabancı ot kontrolü ve karık açma işlemleri yapılmıştır. Hasat işlemi, genel olarak mısır danelerinin ortalama nem içeriği %15 civarında olduğunda 17 Ekim 2006 (DOY290) tarihinde yapılmıştır.

3.2.3. Deneme düzeni ve araştırma konuları

Araştırmada, 2 farklı sulama sistemi ve 3 farklı sulama düzeyi dikkate alınmış ve tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme deseninde üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür (Şekil 3.1).

Deneme konuları;

Sulama yöntemleri (Ana parseller),

D : Damla sulama yöntemi

K : Karık sulama yöntemi

Sulama düzeyleri (Alt parseller),

I₁ : Kullanılabilir su tutma kapasitesinin %50' si tüketildiğinde tarla kapasitesine çıkaracak kadar sulama suyu uygulama,

I₂ : I₁ konusunda uygulanan sulama suyunun %50' si kadar sulama suyu uygulama,

I₃ : I₁ konusunda uygulanan sulama suyunun %0' ı kadar sulama suyu uygulamadır.

Deneme alanında, oluşturulan üç bloğun her birinde 2 adet ana ve 3 adet alt olmak üzere toplam 6 parsel bulunmaktadır. Damla ve karık sulama parsellerinin ayrıntıları Şekil 3.2 ve 3.3' de verilmiştir. Değinilen şekillerden izlenebileceği gibi bir deneme parselinin boyutları 3.5 x 6.0 m toplam 21.0 m², her bir deneme parseli sıra arası 70 cm, sıra üzeri 15 cm olmak üzere toplam 40 adet bitki olacak şekilde planlanmıştır. Tüm parsellerde, hasat sırasında her bir kenardan bir sıra kenar tesiri olarak bırakılmış ve böylece 108 adet bitki hasat edilmiştir. Parsellerin düzenlenmesi sırasında sulamayla oluşabilecek yanıl sızmaları engelleyebilmek amacıyla parseller arasında 3' er m boşluk bırakılmıştır.

3.2.4. Sulamaların planlanma ve uygulanması

3.2.4.1. Damla sulama yönteminde damlatıcı aralığının saptanması

Bitkinin çimlenme ve çıkış döneminin ardından parsellere, Güngör ve Yıldırım (1989)' da belirtilen esaslara göre, her bir bitki sırasına bir lateral gelecek şekilde lateraller döşenmiştir (Şekil 3.2). Denemede, 1.0 atmosfer basınçta, 4 l/h debiye sahip, lateral boyuna geçik (inline) damlatıcılar kullanılmıştır. Damlatıcı aralığı, seçilen işletme basıncına göre elde edilen damlatıcı debisi ve toprağın su alma hızı değerlerinden yararlanarak aşağıdaki eşitlikle hesaplanmıştır (Papazafirov 1980).

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

Eşitlikte;

S_d : Damlatıcı aralığı, m,

q : Damlatıcı debisi, L/h,

I : Toprağın su alma hızı, mm/h, değerlerini göstermektedir.

3.2.4.2. Uygulanacak sulama suyu miktarı ve sulama süresinin belirlenmesi

Sulama zamanı belirlenmesinde topraktaki nem değişimleri esas alınmıştır. Bu değişimler gravimetrik yöntem ile izlenmiştir. Sulamalarda ıslatılacak toprak derinliği olarak 90 cm' lik toprak katmanı dikkate alınmıştır (Doorenbos ve Kassam 1979). Toprak nemi ölçümlerine çıkış ile birlikte başlanmış ve hasada kadar devam edilmiştir. Deneme konularından K_1 ve D_1 deneme konularına uygulanacak sulama suyu miktarları, topraktaki mevcut nemi tarla kapasitesine çıkaracak şekilde aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır (Güngör ve Yıldırım 1989).

$$d_n = \frac{(TK - MN)}{100} * \gamma_t * D * P \quad (3.2)$$

Eşitlikte;

d_n : Her sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı, mm,

TK : Tarla kapasitesi, %,

- MN : Mevcut nem, %,
 γ_t : Toprağın hacim ağırlığı, g cm⁻³,
D : Etkili kök derinliği, mm ve
P : Islatılan alan yüzdesi, %

değerlerini göstermektedir.

Damla sulama yöntemi için eşitlikte yer alan ıslatılan alan yüzdesi değeri;

$$P = \frac{S_d}{S_l} 100 \quad (3.3)$$

eşitliği ile belirlenmiştir (Güngör ve Yıldırım 1989). Eşitlikte;

- P : Islatılan alan yüzdesi, %,
S_d : Damlatıcı aralığı, m ve
S_l : Lateral aralığı, m dir.

Damla yöntemi ile sulanan parsellerde mm cinsinden hesaplanan net sulama suyu miktarı sulama süresine çevrilmiştir. Sulama süresinin hesaplanmasında;

$$T_a = \frac{d_n * A}{q * N} \quad (3.4)$$

eşitliği kullanılmıştır. Eşitlikte;

- T_a : Sulama süresi, h,
d_n : Sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı, mm,
A : Sulanacak parselin alanı, m²,
q : Bir damlatıcının debisi, L/h ve
N : Bir parseldeki damlatıcı sayısı, adettir.

Karık sulama yöntemi ile sulanan parsellere uygulanacak sulama suyu miktarının belirlenmesinde ise, elde edilen net sulama suyu miktarı, parsel büyüklüğü ile çarpılarak “Litre” cinsine çevrilmiş ve su sayaçları ile ölçülerek uygulanmıştır.

3.2.5. Bitki su tüketiminin saptanması

Araştırmada, uygulanan sulama suyu miktarı 90 cm' lik etkili kök derinliği için hesaplanmasına karşın, oluşabilecek derine sızmaları da izleyebilmek için bitki su tüketimi değerleri 120 cm toprak derinliğine göre su bütçesi yaklaşımına göre hesaplanmıştır (Walker ve Skogerboe 1987). Bu amaçla aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$ET = I + P + C_p - D_p \pm R_f \pm \Delta S \quad (3.5)$$

Eşitlikte;

- ET = Bitki su tüketimi, mm,
- I = Periyot boyunca uygulanan sulama suyu miktarı, mm,
- P = Periyot boyunca düşen yağış, mm,
- C_p = Kılcal yükselişle kök bölgesine giren su miktarı, mm,
- D_p = Derine sızma kayıpları, mm,
- R_f = Deneme parsellerine giren ve çıkan yüzey akış miktarı, mm,
- ΔS = Kök bölgesindeki toprak nemindeki değişimler, mm,

değerlerini göstermektedir.

Deneme alanında taban suyu bulunmadığından, kılcal hareketle bitki kök bölgesine su girişi olmadığı varsayılarak C_p değeri gözönüne alınmamıştır. Ayrıca, karık sulama uygulanan parsellerinin etrafı toprak seddelerle çevrili olduğundan yüzey akış kayıpları da dikkate alınmamıştır (Kanber 1997).

3.2.6. Mısır verimi ve verim parametrelerinin belirlenmesi

Hasat parsellerinden 8-10 cm toprak seviyesinden biçilen bitkiler, koçanları ile birlikte tartılarak, yeşil ot verimi ($t \text{ ha}^{-1}$) elde edilmiş, ve daha sonra doğal kurumaya bırakılmıştır.

Hasat parsellerinde seçilen bitkilerde bitki boyu, koçan ağırlıkları ve ayrıca sap kalınlıkları, Başer ve Gençtan (1999)' dan yararlanılarak 2. ve 3. boğum arasından cm olarak ölçülmüştür. Ölçümlerde 1/10 verniyer bölmeli kumpas kullanılarak seçilen bitkilerin ortalama sap kalınlıkları alınmıştır.

Her bir parselden bir miktar örnek alınarak etüvde $65 \text{ }^\circ\text{C}$ ' de sabit ağırlığa ulaşınca dek tutularak nem içerikleri belirlenmiştir ve kuru ot verimi elde edilmiştir (Musick ve Dusek

1980). Elde edilen kuru ağırlıklar örneğin alındığı alana oranlanarak birim alana düşen kuru madde miktarları ($t\ ha^{-1}$) saptanmıştır (Gardner ve ark. 1985).

Kurutulan örnekler çok küçük parçalara ayrılarak öğütülmüş ve Kjeldahl metodu ile protein oranları (%) belirlenmiştir. Hazırlanan örneklerde ayrıca % ham selüloz oranları belirlenmiştir (Karabulut ve Canbolat 2005).

Deneme süresince belirli aralıklarla her bir hasad parselinde ortalamayı temsil eden 2' şer bitki seçilerek yaprak alan büyüklükleri (cm^2), yaprak eni ve boyu yaprak alan ölçer cihazı (LI 3000A) ile ölçülmüştür (Şekil 3.5). Bir bitkiden ölçülen toplam yaprak alan değeri bitkinin taç alanına oranlanarak her bir sulama konusuna ilişkin yaprak alan indeksi (LAI) değerleri hesaplanmıştır (Steward ve Dwyer 1999).

3.2.7. Su – verim ilişkileri

Elde edilen sonuçların ekonomik olarak değerlendirilebilmesi için, uygulanan sulama suyu ve ölçülen bitki su tüketimi ile hasat verimi arasında su - üretim fonksiyonları belirlenmiştir (Howell ve ark. 1990). Ayrıca, su kısıdının hasat verimi üzerindeki etkisini belirleyebilmek için, oransal su tüketimi açığı ile oransal verim azalması arasındaki ilişkiler Stewart modeli olarak bilinen su – verim ilişkisi yöntemi ile aşağıdaki eşitlik ile belirlenmiştir (Doorenbos ve Kassam 1979, Korukçu ve Kanber 1981).

$$\left(1 - \frac{Y_a}{Y_m}\right) = k_y \left(1 - \frac{ET_a}{ET_m}\right) \quad (3.6)$$

Eşitlikte;

- Y_a : Gerçek verim, $t\ ha^{-1}$,
- Y_m : Maksimum verim, $t\ ha^{-1}$,
- Y_a/Y_m : Oransal verim,
- $(1-Y_a/Y_m)$: Oransal verim azalması,
- k_y : Su-verim ilişkisi faktörü,
- ET_a : Gerçek bitki su tüketimi mm,
- ET_m : Maksimum bitki su tüketimi mm,
- ET_a/ET_m : Oransal bitki su tüketimi,
- $(1-ET_a/ET_m)$: Oransal bitki su tüketimi açığıdır.



Şekil 3.5. Yaprak alan ölçer

3.2.8. Sulama suyu kullanım randımanı ve su kullanım randımanın saptanması

Deneme konularına uygulanan sulama suyu, ölçülen bitki su tüketimi ve elde edilen hasat verimlerine göre elde edilen sulama suyu kullanım ve su kullanım randımanı değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımı ile hesaplanmıştır (Zhang ve ark. 1999).

$$IWUE = \frac{Y_1}{I} \quad (3.7)$$

$$WUE = \frac{Y_1}{ET} \quad (3.8)$$

Eşitliklerde;

IWUE : Sulama suyu kullanım randımanı, kg m^{-3} ,

WUE : Su kullanım randımanı, kg m^{-3} ,

Y_1 : Sulama suyu uygulanan deneme konularından ölçülen hasat verimi, t ha^{-1} ,

I : Uygulanan sulama suyu miktarı, mm,

ET : Ölçülen bitki su tüketimi, mm' dir.

3.2.9. Bitki su stres indeksi (CWSI) değerlerinin saptanması

Mısır bitkisinde infrared termometre (IRT) ile yaprak yüzey sıcaklığı ölçümlerine, 2006 yetiştirme döneminde sulama aralıklarına denk gelen 3 - 4 günlük periyotlar halinde, 10 Ağustos (DOY 222)' ta başlanmış ve 16 Eylül (DOY 259)' de bitirilmiştir. Yaprak sıcaklığı (T_c) ölçümleri yapılırken, araç yatayla 20-30° açı yapacak biçimde tutularak görüş alanına yalnızca yaprağın girmesine özen gösterilmiştir. Deneme konularına göre, IRT ölçümlerinde her bir parselde, 4 farklı bitkinin üst kısmında bulunan, tam olarak güneş gören birer yaprak dikkate alınmış ve dört yönden ölçüm yapılmıştır. Her bir parselde yapılan on altı ölçümün ortalaması alınarak o parselle ilişkin ortalama yaprak sıcaklığı bulunmuştur. Ölçümler, havanın tamamen açık olduğu veya bulutların güneşi engellemediği koşullarda her gün saat 11:00 – 14:00 arası günde dört kez yapılmıştır. Her bir ölçümün başında ve sonunda alanda yer alan meteoroloji istasyonundan anlık değerler olarak ıslak ve kuru termometre (T_a) değerleri okunmuş ve bunlardan yararlanılarak List (1971)' de belirtilen esaslara göre buhar basıncı açığı (VPD) hesaplanmıştır. Söz konusu hesaplamalarda Tekirdağ için barometrik basınç 101.25 kPa olarak alınmıştır.

Bitki su stres indeksi (CWSI)' nin belirlenmesinde deneysel yaklaşım olarak bilinen yöntemden yararlanılmıştır (Idso ve ark. 1981). Bu amaçla, su stresine sokulmayan KI_1 ve DI_1 deneme konularından alınan ölçümlerden belirlenen T_c-T_a ve VPD değerlerinin doğrusal regrasyonu ile alt baz çizgisi, hiç sulanmayan I_3 konusundan mevsim içinde saat 11:00 - 14:00 saatleri arasında alınan ölçümlerden yararlanılarak üst baz çizgisi elde edilmiş ve temel grafikler oluşturulmuştur. CWSI değerleri anılan grafiklerden yararlanılarak aşağıdaki eşitlik ile belirlenmiştir.

$$CWSI = \frac{[(T_c - T_a) - (T_c - T_a)_{\bar{U}}]}{[(T_c - T_a)_A - (T_c - T_a)_{\bar{U}}]} \quad (3.9)$$

Eşitlikte;

T_c : Yaprak sıcaklığı, (°C),

T_a : Hava sıcaklığı, (°C),

$(T_c-T_a)_A$: Bitkide su stresinin olmadığı alt sınır,

$(T_c-T_a)_{\bar{U}}$: Bitkinin tamamen stres altında olduğu üst sınır değerlerini göstermektedir.

Elde edilen değerlerin mevsim içindeki değişimleri grafiklendirilmiş ve CWSI - verim değerleri arasındaki regrasyon denklemleri oluşturulmuştur.

3.2.10. İstatistiksel analizler

Deneme konularından elde edilen verim ve verim parametreleri arasındaki farklılıkların düzeyinin belirlenmesinde varyans analizi, farklılıkların sınıflandırılmasında ise LSD testi kullanılmış, sulama suyu ve bitki su tüketimi, su stres göstergeleri (CWSI) ile anılan verim öğeleri arasındaki ilişkiler regresyon eşitlikleri ile Yurtsever (1984)' de verilen esaslara göre değerlendirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

Bu bölümde, araştırma alanı topraklarının fiziksel analizlerine ilişkin sonuçlar, sulama suyu kalite analizi sonuçları, uygulanan sulama suyu miktarları ve ölçülen bitki su tüketimi sonuçları, deneme konularından elde edilen verim ve verim ögelerine ilişkin sonuçlar, su-verim ilişkileri sonuçları verilmiş ve bulunan sonuçlar değerlendirilmiştir.

4.1. Toprak ve Su Örnekleri Analiz Sonuçları

4.1.1. Toprağın fiziksel ve kimyasal özellikleri

Araştırma alanında iki farklı profilden alınan toprakların fiziksel özelliklerine ilişkin bünye sınıfı, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, solma noktası ve kullanılabilir su tutma kapasitesi değerleri Çizelge 4.1' de verilmiştir.

Çizelge 4.1' deki sonuçlara göre, araştırma alanının tüm katmanlarındaki toprak bünye sınıfı tındır. Etkili kök derinliğindeki kullanılabilir su tutma kapasitesi değeri 160.13 mm/ 90 cm olarak bulunmuştur.

Çift silindir infiltrometre ölçmeleri sonucunda toprağın gerçek su alma hızı değeri 12 mm/h olarak saptanmıştır.

Deneme parsellerinden 0 - 20 cm ve 20 - 40 cm toprak derinliklerinden verimlilik analizi amacıyla alınan toprak örneklerinin analizine ilişkin sonuçlar Çizelge 4.2' de verilmiştir. Deneme alanı toprakları nötr reaksiyonlu, tuzsuz, organik madde içeriği düşük, fosfor bakımından orta, potasyumca zengin ve kireçsiz oldukları görülmüştür. Toprakların bor, tuzluluk, sodyumluluk ve drenaj sorunu bulunmamaktadır. Çizelge 4.2' de yer alan toprak analiz sonuçları dikkate alınarak, toprak hazırlığı ve bitki gelişim dönemlerinde uygulanması gereken gübreleme programı çıkarılmıştır.

4.1.2. Sulama suyu analizi

Araştırmada kullanılan sulama suyuna ilişkin analiz sonuçları Çizelge 4.3' te verilmiştir. Çizelgeden izleneceği gibi su kalitesi açısından fizyolojik kuraklık oluşturabilecek düzeyde bir sorun görülmemektedir.

Çizelge 4.1. Araştırma alanı topraklarının bazı fiziksel özellikleri

Profil derinliği (cm)	Bünye sınıfı	Tarla kapasitesi		Solma Noktası		Hacim ağırlığı (gr cm ⁻³)	KSTK (mm)
		Pw (%)	mm	Pw (%)	mm		
0-30	L	26.1	115.88	13.9	61.72	1.48	54.16
30-60	L	26.0	117.78	14.0	63.42	1.51	54.36
60-90	L	25.3	117.64	14.2	66.03	1.55	51.61
90-120	L	25.0	116.25	14.0	65.10	1.55	51.15
0-90			351.30		191.17		160.13
0-120			467.55		256.27		211.28

Çizelge 4.2. Araştırma alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri

Profil derinliği (cm)	Su ile doyguluk (%)	Toplam tuz (%)	pH	ECx10 ⁶	Kireç CaCO ₃ (%)	Fosfor P ₂ O ₅ (kg da ⁻¹)	Potasyum K ₂ O (kg da ⁻¹)	Organik madde (%)
0-20	61	0.057	7.9	453	4.0	4.7	96.2	1.5
20-40	61	0.063	8.3	366	5.0	2.4	87.0	1.0

Çizelge 4.3. Sulama suyu analiz sonuçları

pH	ECx10 ⁶ 25 °C	Kasyonlar (me/l)			Toplam	Anyonlar (me/l)			Toplam	SAR	RSC	Sınıfı
		Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺		HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻				
8.1	416	2.70	0.01	2.00	4.71	3.20	1.12	0.39	4.71	2.70	1.20	T ₂ S ₁

4.2. Fenolojik Gözlemlere İlişkin Sonuçlar

Deneme sezonunda mısır bitkisinin gelişme dönemi uzunlukları ve toplam büyüme mevsimi uzunluğu Çizelge 4.4' de verilmiştir. Toplam büyüme 97 günde tamamlanmıştır.

Trakya bölgesi koşullarında gerçekleşen gelişme dönemi uzunlukları, Köksal (1995) tarafından bildirilen; Doorenbos ve Kassam (1979), Musick ve Dusek (1980), Eck (1984), Öğretir (1993), Kanber ve ark. (1990) ve Ul (1990)' ın açıkladığı 4 gelişme dönemi ile uyum göstermiştir. Anılan dönemler; çimlenme ve çıkış dönemi (15 - 25 gün), vejetatif gelişme dönemi (20 - 25 gün), generatif gelişme dönemi (Tepe püskülü ve koçan oluşumu) (20 - 25 gün), dane doldurma ve olgunlaşma dönemi (35 - 40 gün) şeklindedir.

4.3. Damla Sulama Sisteminin Boyutlandırılmasına İlişkin Sonuçlar

Araştırma alanı topraklarının bünye sınıfı ve gerçek infiltrasyon hızı değerlerine göre damlatıcı debisi 4 L/h olarak seçilmiş, damlatıcı debisi ve toprağın gerçek su alma hızı ($I = 12$ mm/h) değerlerinin 3.1 no' lu eşitlikte kullanılmasıyla damlatıcı aralığı 0.50 m olarak hesaplanmıştır. Lateraller her bir bitki sırasına 1 adet olacak biçimde 0.70 m ara ile döşenmiş ve böylece ıslatılan alan yüzdesi 3.2 eşitliği ile %71 olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.4. Mısır bitkisinin büyüme periyodu uzunlukları

Büyüme periyodu	Başlangıç tarihi	Bitiş tarihi	Periyot uzunluğu (gün)
Ekim	12 Temmuz 2006	-	
Çimlenme ve çıkış	12 Temmuz 2006	27 Temmuz 2006	15
Vejetatif gelişme	27 Temmuz 2006	4 Eylül 2006	39
Generatif gelişme	4 Eylül 2006	15 Eylül 2006	11
Dane dolumu - olgunlaşma	15 Eylül 2006	17 Ekim 2006	32
Hasat	12 Temmuz 2006	17 Ekim 2006	97

4.4. Uygulanan Sulama Suyu Miktarı ve Ölçülen Bitki Su Tüketimleri

Deneme konularına uygulanacak sulama suyunun belirlenmesinde, yöntem kısmında açıklandığı gibi bitki su ihtiyacının tam olarak karşılandığı I₁ konusunda mevcut nem devamlı olarak izlenmiş ve kullanılabilir su tutma kapasitesinin yaklaşık olarak %50' si tüketildiği zaman sulama yapılmıştır.

Her bir deneme konusunda, 90 cm toprak katmanında ölçülen mevcut nem değerleri, bu değerlere göre uygulanan sulama suyu miktarları ve elde edilen mevsimlik su tüketimi değerleri Çizelge 4.5' de verilmiştir. Çizelgeden izlenebileceği gibi karık sulama yönteminde I₁ konusuna 43.0 - 79.0 mm arasında değişen 5 adet sulamada toplam 322.0 mm sulama suyu uygulanırken, damla sulama yönteminde 36.0 - 64.0 mm arasında değişen 5 adet sulamada toplam 263.0 mm sulama suyu uygulanmıştır. Tüm konulara ekim sonrası 2 kez yapılan can suyu uygulaması ile yaklaşık 150 mm su verilmiştir.

Deneme konularında, 120 cm toprak katmanından ölçülen nem değerleri, ölçülen yağış değerleri, uygulanan sulama suyu miktarları ve bu değerlere göre hesaplanan bitki su tüketimi değerleri Çizelge Ek 1' de verilmiştir. Bitki su tüketimi hesaplarında etkili kök bölgesinin altına sızabilecek nem miktarını da değerlendirebilmek için 120 cm toprak katmanında ölçülen nem değerleri dikkate alınmıştır. Deneme süresince düşen yağışın tamamı etkili yağış olarak alınmıştır. Çizelgeler incelendiğinde, gerçekleşen mevsimlik bitki su tüketimi değerleri I₁ konusunda en yüksek olup, karık sulama yönteminde 506.0 mm, damla sulama yönteminde ise 429.0 mm olmuştur. Sulama suyu uygulanmayan I₃ konusunda ise mevsimlik bitki su tüketimi 254.0 mm gerçekleşmiştir. II. ürün mısır bitkisinde daha önce yapılmış çalışmalardan elde edilen bitki su tüketimi sonuçlarının 175 - 695 mm arasında değiştiği görülmektedir (Doorenbos ve Kassam 1979, Köksal 1995, Bayrak 1997, Kanber ve ark. 1999, Kızıloğlu 2008).

Her bir sulama yöntemine ait bitki su ihtiyacının tam olarak karşılandığı I₁ konusu ile tüm büyüme mevsimi boyunca %50 su kısıdı yapılan I₂ konularında 10' ar günlük periyotlara göre düzenlenmiş günlük bitki su tüketimlerinin değişimi Çizelge 4.6' da verilmiş ve bu değerler Şekil 4.1' de grafiklendirilmiştir. Çizelge ve grafik incelendiğinde en yüksek su tüketimlerinin genel olarak Ağustos ayı ortalarında gerçekleştiği söylenebilir. Bitki su tüketimi değerleri uygulanan sulama suyunun nispeten daha az olması bakımından damla sulama yönteminde, karık sulama yöntemine göre ve ayrıca sulama suyundan kısıt yapılan I₂ konusunda I₁ konusuna göre daha düşük izlenmiştir.

Çizelge 4.5. Deneme konularına 2006 yılında uygulanan sulama suyu miktarları (mm) ve gerçekleşen su tüketimleri (mm)

Sulama yöntemi	Deneme konusu	Sulama no	Sulama tarihi	Toprak nemi (mm/90 cm)	Uygulanan sulama suyu miktarı (mm)	Mevsimlik su tüketimi (mm)		
Karık	I ₁	Can suyu	12 Temmuz	239	110.0			
		Can suyu	27 Temmuz	308	43.0			
		1	9 Ağustos	272	79.0			
		2	18 Ağustos	281	70.0			
		3	23 Ağustos	308	43.0			
		4	6 Eylül	291	60.0			
		5	15 Eylül	281	70.0			
					Toplam		475.0	506.0
	I ₂	Can suyu	12 Temmuz		110.0			
		Can suyu	27 Temmuz		43.0			
		1	9 Ağustos		40.0			
		2	18 Ağustos		35.0			
		3	23 Ağustos		22.0			
		4	6 Eylül		30.0			
5		15 Eylül		35.0				
				Toplam	315.0	388.0		
Damla	I ₁	Can suyu	12 Temmuz	241	110.0			
		Can suyu	27 Temmuz	308	31.0			
		1	9 Ağustos	272	56.0			
		2	17 Ağustos	282	50.0			
		3	22 Ağustos	299	36.0			
		4	5 Eylül	260	64.0			
		5	15 Eylül	273	57.0			
					Toplam		404.0	429.0
	I ₂	Can suyu	12 Temmuz		110.0			
		Can suyu	27 Temmuz		31.0			
		1	9 Ağustos		28.0			
		2	17 Ağustos		25.0			
		3	22 Ağustos		18.0			
		4	5 Eylül		32.0			
5		15 Eylül		29.0				
				Toplam	273.0	293.0		

Çizelge 4.6. Tüm büyüme mevsimi boyunca deneme konuları için ölçülen ortalama günlük bitki su tüketimi değerleri (mm/gün)

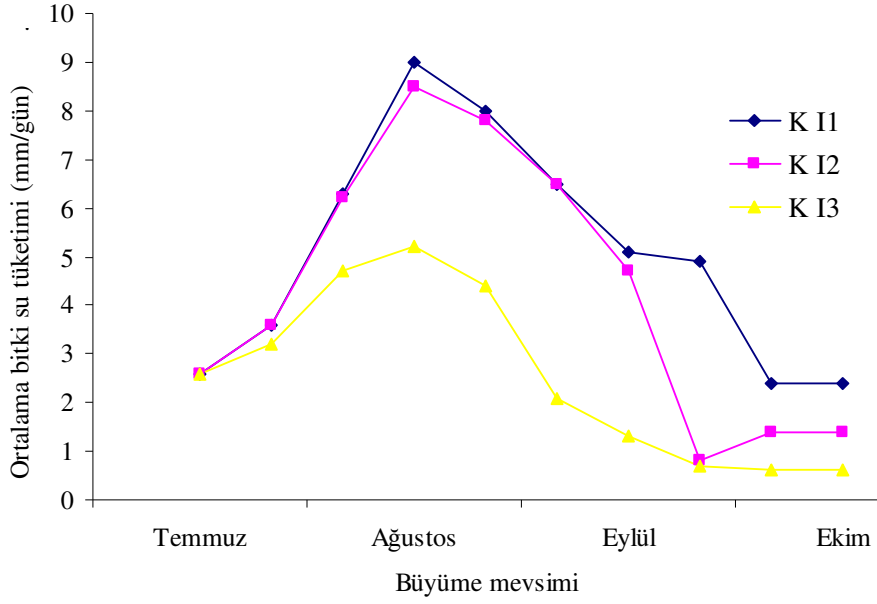
2006 yılı	Deneme Konuları					
	K I ₁	K I ₂	K I ₃	D I ₁	D I ₂	D I ₃
12.07-20.07	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6	2.6
21.07-31.07	3.6	3.6	3.2	3.3	3.3	3.2
01.08-10.08	6.3	6.2	4.7	5.5	5	4.7
11.08-20.08	9	8.5	5.2	8.3	6.3	5.2
21.08-31.08	8	7.8	4.4	6.2	6.8	4.4
01.09-10.09	6.5	6.5	2.1	4.3	5.3	2.1
11.09-20.09	5.1	4.7	1.3	3.8	3.2	1.3
21.09-30.09	4.9	0.8	0.7	3.8	0.8	0.7
01.10-10.10	2.4	1.4	0.6	3.3	0.9	0.6
11.10-17.10	2.4	1.4	0.6	3.3	0.9	0.6

4.5. Verim ve Verim Ögelerine İlişkin Sonuçlar

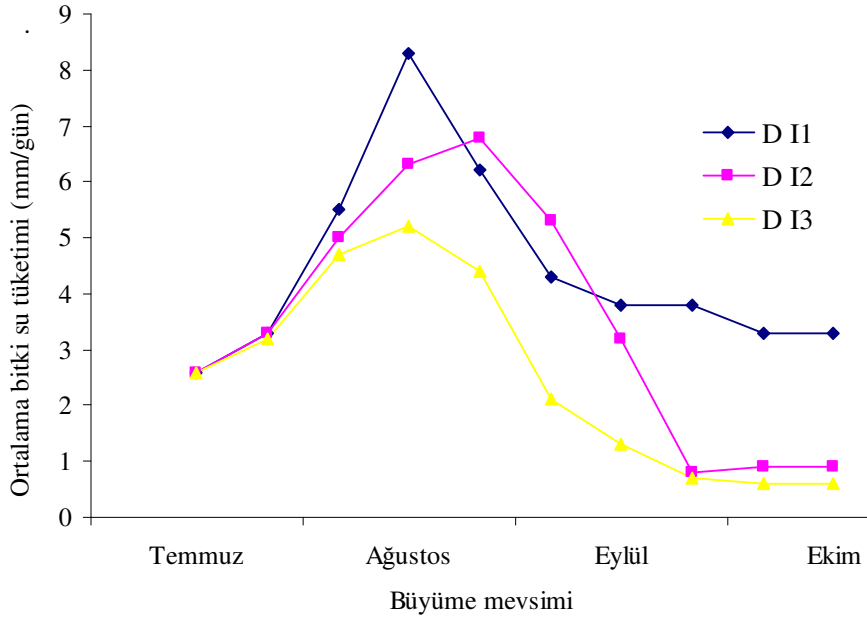
Bu bölümde, hasatta ve laboratuvar koşullarında her bir deneme konusu için belirlenen yeşil ot verimi, koçan ağırlığı, sap kalınlığı, bitki boyu, kuru madde oranı, protein oranı, selüloz oranı gibi parametrelere ilişkin elde edilen sonuçlar ve bu değerlere göre yapılan istatistiksel analizler detaylı olarak verilmiştir.

4.5.1. Yeşil ot verimi

Deneme konularında elde edilen yeşil ot verimleri Çizelge 4.7' de ve bu değerlere göre yapılan varyans analizi sonuçları Çizelge 4.8 ve Çizelge 4.9' da verilmiştir. Çizelgelerden izleneceği gibi, denemede ortalama yeşil ot verimleri sulama suyu ihtiyacının tam olarak karşılandığı optimum konuda (I₁) karık sulama yöntemi için 98.96 t ha⁻¹, damla sulama yöntemi için 92.91 t ha⁻¹ olarak elde edilirken, bu değer susuz koşullarda 14.92 t ha⁻¹ olmuştur. Orak ve ark. (2002), Trakya bölgesi koşullarında melez mısır çeşitlerinde en yüksek yeşil ot verimlerinin 102.3 - 119.3 t ha⁻¹ arasında gerçekleştiğini bulmuşlar ve ayrıca mısırdaki yeşil ot veriminin 82.04 - 124.63 t ha⁻¹ (Başer ve Gençtan 1999), 64.05 - 64.62 t ha⁻¹ (Manga ve ark. 1991), 75.95 - 90.35 t ha⁻¹ (Konak 1994) ve 74.55-118.00 t ha⁻¹ (Güçük ve Baytekin 1999) arasında değiştiğini açıklamışlardır. Çizelge 4.8 ve 4.9 incelendiğinde sulama yöntemleri arasında farklılık bulunmazken, sulama düzeyleri arasında %1 düzeyinde farklılık



a) Karık sulama yöntemi



b) Damla sulama yöntemi

Şekil 4.1. Tüm büyüme mevsimi boyunca deneme konularına göre değişen ortalama günlük bitki su tüketimleri

Çizelge 4.7. Deneme konularından elde edilen yeşil ot verimleri (t ha⁻¹)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Bloklar			Ortalama
		I.Blok	II.Blok	III.Blok	
Karık	I ₁	100.02	98.14	98.72	98.96
	I ₂	85.71	84.48	85.03	85.07
	I ₃	21.24	27.09	26.43	24.92
Damla	I ₁	95.71	97.06	85.98	92.91
	I ₂	85.71	83.81	89.96	86.50
	I ₃	21.24	27.09	26.43	24.92

Çizelge 4.8. Yeşil ot verimine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ort.	F
Bloklar	2	5.521	2.761	1.790ns
Sulama yöntemi	1	10.688	10.688	6.929ns
Hata 1	2	3.085	1.542	
Sulama düzeyi	2	17702.146	8851.073	553.242**
Sul.yön * sul. düzeyi	2	47.120	23.560	1.473ns
Hata	8	127.989	15.999	
Genel	17	17896.548	1052.738	

ns : önemsiz

** : P<0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.9. Sulama düzeylerinin yeşil ot verimine etkisi üzerine LSD testi sonuçları

Deneme konuları	Yeşil ot verimi değerleri	LSD grubu
I ₁	95.938	A
I ₂	85.783	B
I ₃	14.920	C
LSD _{0.01}		7.748

görülmüş ve LSD gruplamasında tüm konular farklı grupta yer almıştır. Bu bakımdan, mısır bitkisinde yapılacak %50' lik su tasarrufunun önemli verim azalmaları yaratabileceği, ancak su ekonomisi açısından sulama randımanları dikkate alınarak yeni bir değerlendirme yapılabileceği söylenebilir.

4.5.2. Koçan ağırlığı

Araştırmada dikkate alınan farklı sulama yöntemi ve düzeylerine göre elde edilen ortalama birim koçan ağırlıkları Çizelge 4.10' da ve varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.11 ve 4.12' de verilmiştir. Çizelge 4.10' den izleneceği gibi, ortalama birim koçan ağırlıkları her iki sulama yönteminde çok yakın olup, istatistiksel açıdan yöntemler arasında farklılık görülmemiştir ve dolayısıyla sulama suyu ihtiyacının tam karşılandığı konuda bu değer ortalama 0.357 kg , sulama suyu ihtiyacının %50' sinin karşılandığı konuda ise 0.320 kg olmuştur. Susuz konuda ise ortalama koçan ağırlığı 0.053 kg bulunmuştur. Çizelge 4.12' deki LSD testi sonucuna göre ise sulama uygulamaları açısından koçan ağırlıkları farklı grup oluşturmuştur. Dolayısıyla, farklı su düzeylerinin yeşil ot veriminde gerçekleştiği gibi koçan ağırlıklarına etkiside önemli bulunmuştur.

Çizelge 4.10. Deneme konularından elde edilen ortalama birim koçan ağırlıkları (kg)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Bloklar			Ortalama
		I.Blok	II.Blok	III.Blok	
Karık	I ₁	0.380	0.350	0.370	0.367
	I ₂	0.300	0.330	0.310	0.313
	I ₃	0.060	0.050	0.050	0.053
Damla	I ₁	0.340	0.350	0.350	0.347
	I ₂	0.320	0.340	0.320	0.327
	I ₃	0.060	0.050	0.050	0.053

Çizelge 4.11. Birim koçan ağırlığına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ort.	F
Bloklar	2	0.0001	0.0001	0.429ns
Sulama yöntemi	1	0.0001	0.0001	0.571ns
Hata 1	2	0.0001	0.0001	
Sulama düzeyi	2	0.329	0.164	1020.828**
Sul.yön * sul. düzeyi	2	0.001	0.0001	2.621ns
Hata	8	0.001	0.0001	
Genel	17	0.331	0.019	

ns : önemsiz

** : P<0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.12. Sulama düzeylerinin koçan ağırlıklarına etkisi üzerine LSD testi sonuçları

Deneme konuları	Koçan ağırlığı değerleri	LSD grubu
I ₁	0.357	A
I ₂	0.320	B
I ₃	0.053	C
LSD _{0.01}		0.025

4.5.3. Sap kalınlıkları

Araştırmada hasat bitkilerinden elde edilen ortalama sap kalınlıkları Çizelge 4.13' de verilmiştir. Sap kalınlıkları her iki yöntem için susuz konudan optimum konuya doğru 1.1 ile 2.6 cm değerleri arasında değişmiştir. Çizelge 4.14' deki varyans analizi sonuçlarına göre; sulama yöntemleri arasında önemli düzeyde farklılık görülmezken, farklı su uygulamaları açısından $p < 0.01$ düzeyinde önemlilik bulunmuştur. Farklılığın düzeyinin belirlenmesi için yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 4.15' de verilmiştir. Çizelgeye göre, her bir sulama düzeyi farklı grupta yer almıştır.

Çizelge 4.13. Deneme konularından elde edilen sap kalınlıkları (cm)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Blokler			Ortalama
		I.Blok	II.Blok	III.Blok	
Karık	I ₁	2.4	2.7	2.6	2.6
	I ₂	2.4	2.2	2.3	2.3
	I ₃	0.9	1.2	1.1	1.1
Damla	I ₁	2.3	2.5	2.5	2.4
	I ₂	1.9	2.4	2.1	2.1
	I ₃	0.9	1.2	1.1	1.1

Çizelge 4.14. Sap kalınlıklarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ort.	F
Bloklar	2	0.168	0.084	5.593ns
Sulama yöntemi	1	0.045	0.045	3.000ns
Hata 1	2	0.030	0.015	
Sulama düzeyi	2	6.914	3.457	239.346**
Sul.yön * sul. düzeyi	2	0.023	0.012	0.808ns
Hata	8	0.116	0.014	
Genel	17	7.296	0.429	

ns : önemsiz

** : P<0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.15. Sulama düzeylerinin sap kalınlıklarına etkisi üzerine LSD testi sonuçları

Deneme konuları	Sap kalınlığı değerleri	LSD grubu
I ₁	2.500	A
I ₂	2.217	B
I ₃	1.067	C
LSD _{0.01}		0.233

4.5.4. Bitki boyu

Araştırmada, Çizelge 4.16' dan izleneceği gibi, her iki sulama yönteminde de azalan su miktarlarına paralel olarak bitki boylarında düşmeler saptanmıştır ve varyans analizi sonuçları da bu durumu desteklemektedir (Çizelge 4.17 ve 4.18). Bitki boyları en düşük 95 cm ile susuz konuda en yüksek ise ortalama 217 cm ile I₁ sulama konusunda elde edilmiştir. Çizelge 4.18 incelendiğinde, su seviyeleri arasında p<0.01 düzeyinde farklılık olmasına rağmen, I₁ ve I₂ sulama konuları aynı LSD grubunda yer almış, farklılığı su uygulanmayan I₃ konusu oluşturmuştur.

Çizelge 4.16. Deneme konularından elde edilen bitki boyları (cm)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Bloklar			Ortalama
		I. Blok	II. Blok	III. Blok	
Karık	I ₁	213	220	217	217
	I ₂	196	219	212	208
	I ₃	107	86	92	95
Damla	I ₁	230	196	221	216
	I ₂	181	209	190	194
	I ₃	107	86	92	95

Çizelge 4.17. Bitki boylarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ort.	F
Bloklar	2	48.444	24.222	0.623ns
Sulama yöntemi	1	107.556	107.556	2.766ns
Hata 1	2	77.778	38.889	
Sulama düzeyi	2	51994.778	25997.389	131.818**
Sul.yön * sul. düzeyi	2	174.111	87.056	0.441ns
Hata	8	1577.778	197.222	
Genel	17	53980.444	3175.320	

ns : önemsiz

** : P<0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.18. Sulama düzeylerinin bitki boyuna etkisi üzerine LSD testi sonuçları

Deneme konuları	Bitki boyu değerleri	LSD grubu
I ₁	216.17	A
I ₂	210.17	A
I ₃	95.00	B
LSD _{0.01}		27.203

4.5.5. Kuru madde miktarı

Deneme parsellerinde her bir hasat bitkisinden elde edilen ortalama kuru madde miktarları Çizelge 4.19' da verilmiştir. Konular itibariyle kuru madde miktarları incelendiğinde; karık ve damla sulama yöntemlerinde en yüksek ortalama kuru madde miktarlarının sulama suyu uygulama oranı en yüksek olan I₁ konusunda sırasıyla 34.6 ve 25.9 t ha⁻¹, en düşük ortalama kuru madde miktarlarının ise sulama suyu uygulanmayan I₃ konusunda 4.6 t ha⁻¹ olduğu görülmektedir.

Deneme konuları arasında elde edilen kuru madde miktarları açısından farklılıkların önemli olup olmadığını araştırmak üzere varyans analizi uygulanmıştır (Çizelge 4.20).

Sulama yönteminin elde edilen kuru madde miktarına etkisi istatistiksel olarak p<0.05 düzeyinde önemli olurken, sulama düzeylerinin bu miktara etkisi p<0.01 düzeyinde ve ayrıca sulama yöntemi ve sulama düzeyi interaksyonunun etkisi istatistiksel olarak p<0.01 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Bu sonuca bağlı olarak gerçekleştirilen LSD testi sonuçları Çizelge 4.21 ve 4.22' de verilmiştir. Çizelgelere göre, sulama yöntemleri ve sulama düzeyleri açısından kuru madde miktarları birer grup oluşturmuştur.

Ayrıca sulama yöntemi * sulama düzeyi interaksyonu da p<0.01 düzeyinde önemli olmuş ve bu sonuca bağlı olarak gerçekleştirilen LSD testi sonuçları Çizelge 4.23' de verilmiştir. Çizelgeye göre, Sulama düzeylerinin sulama yöntemlerine etkisi bakımından konular arasında istikrarlı sonuçlar elde edilememiş, ancak sulama suyu uygulanmayan I₃ konusu son gruba girmiştir. Tüm çizelgeler incelendiğinde, Dağdelen ve ark. (2006)' nın elde ettikleri sonuçlara paralel olarak sulama suyu miktarlarındaki azalma ile kuru madde oranlarının da düştüğü görülmüştür.

Çizelge 4.19. Deneme konularından elde edilen kuru madde miktarı (t ha⁻¹)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Blokler			Ortalama
		I.Blok	II.Blok	III.Blok	
Karık	I ₁	31.5	37.0	35.4	34.6
	I ₂	26.8	29.9	29.3	28.6
	I ₃	4.8	4.0	5.1	4.6
Damla	I ₁	24.9	28.3	24.6	25.9
	I ₂	22.6	27.2	24.7	24.8
	I ₃	4.8	4.0	5.1	4.6

Çizelge 4.20. Kuru madde miktarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ort.	F
Bloklar	2	18.938	9.469	9.085ns
Sulama yöntemi	1	78.542	78.542	75.360*
Hata 1	2	2.084	1.042	
Sulama düzeyi	2	2319.108	1159.554	447.320**
Sul.yön * sul. düzeyi	2	57.034	28.517	11.001**
Hata	8	20.738	2.592	
Genel	17	2496.444	146.850	

ns : önemsiz

* : P<0.05 düzeyinde önemli

** : P<0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.21. Sulama yöntemlerinin kuru madde miktarına etkisi üzerine LSD testi sonuçları

Deneme konuları	Ürün kuru madde değerleri	LSD grubu
I ₁	22.644	A
I ₂	18.467	B
LSD _{0.05}		2.071

Çizelge 4.22. Sulama düzeylerinin kuru madde miktarına etkisi üzerine LSD testi sonuçları

Deneme konuları	Ürün kuru madde değerleri	LSD grubu
I ₁	30.283	A
I ₂	26.750	B
I ₃	4.633	C
LSD _{0.01}		3.119

Çizelge 4.23. Sulama yöntemi * sulama düzeyi interaksiyonunun kuru madde miktarlarına etkisi üzerine LSD testi sonuçları

Deneme konuları	Ürün kuru madde değerleri	LSD grubu
K-I ₁	34.6	A
K-I ₂	28.6	B
D-I ₁	25.9	B
D-I ₂	24.8	C
K-I ₃	4.6	D
D-I ₃	4.6	D
LSD _{0.01}		3.118

4.5.6. Protein oranı

Yetiştirme periyodu sonunda farklı su düzeylerini içeren deneme parsellerinden alınan hasat bitkilerinde yapılan analizlerde belirlenen protein miktarları Çizelge 4.24' de verilmiştir. Elde edilen protein miktarları karık sulama yöntemi için I₁ ve I₂ konularında sırasıyla %8.9 ile %8.7 ve damla sulama yöntemi için %8.2 ile %8.5 arasında değişirken susuz konuda %10.5 bulunmuştur.

Deneme konularına göre ortaya çıkan farklılığın düzeyinin belirlenmesi için gerçekleştirilen varyans analizi sonuçları Çizelge 4.25' de, farklılık gösteren konuların gruplandırılmasında yararlanılan LSD testi sonuçları ise Çizelge 4.26' da verilmiştir.

Çizelge 4.24. Deneme konularından elde edilen protein oranları (%)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Bloklar			Ortalama
		I.Blok	II.Blok	III.Blok	
Karık	I ₁	8.0	10.0	8.7	8.9
	I ₂	7.4	9.9	8.9	8.7
	I ₃	10.4	10.6	10.4	10.5
Damla	I ₁	7.8	8.6	8.3	8.2
	I ₂	8.0	9.0	8.4	8.5
	I ₃	10.4	10.6	10.5	10.5

Çizelge 4.25. Protein oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ort.	F
Bloklar	2	3.743	1.872	6.137ns
Sulama yöntemi	1	0.405	0.405	1.328ns
Hata 1	2	0.610	0.305	
Sulama düzeyi	2	14.443	7.222	32.951**
Sul.yön * sul. düzeyi	2	0.370	0.185	0.844ns
Hata	8	1.753	0.219	
Genel	17	21.325	1.254	

ns : önemsiz

** : P<0.01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.26. Sulama düzeylerinin protein oranına etkisi üzerine LSD testi sonuçları

Deneme konuları	Protein değerleri	LSD grubu
I ₃	10.483	A
I ₂	8.600	B
I ₁	8.567	B
LSD _{0.01}		0.907

Varyans analizi sonuçlarına göre; sulama yöntemlerinin elde edilen protein içeriğine etkisi önemsiz bulunurken, sulama düzeylerinin etkisi istatistiksel olarak $p < 0.01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Sulama suyu uygulanmayan susuz konuda protein oranı en yüksek olmuş, her iki yöntem için de %10.5 olarak elde edilmiştir. Bu sonuçlara bağlı olarak gerçekleştirilen LSD testi sonuçlarına göre, sulama düzeylerinin ürünlerdeki protein içeriklerine etkisi bakımından 2 farklı grup oluşmuştur. Sulama suyu uygulama randımanlarının birbirine hatta susuz konuya yakın olması bakımından protein oranları üzerine etkisi çok net görülememektedir. Protein oranları bakımından sulama suyu uygulanan her iki konu susuz konuya göre farklı bir grup oluşturmuştur.

4.5.7. Selüloz oranı

Deneme konularında elde edilen selüloz oranları Çizelge 4.27’ de ve bu değerlere göre yapılan varyans analizi sonuçları ise Çizelge 4.28’ de verilmiştir. Çizelgelerden görülebileceği gibi, selüloz oranları, karık sulama yöntemi için %25 - 26, damla sulama yöntemi için %20 - 26 arasında değişmiştir. Ancak, yapılan istatistiksel analiz sonucuna göre, sulama yöntemi ve sulama düzeylerinin selüloz oranı üzerine etkisi önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.27. Deneme konularından elde edilen selüloz oranları (%)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Bloklar			Ortalama
		I.Blok	II.Blok	III.Blok	
Karık	I ₁	31	20	26	26
	I ₂	23	25	26	25
	I ₃	24	24	26	25
Damla	I ₁	27	26	26	26
	I ₂	19	19	23	20
	I ₃	24	24	26	25

Çizelge 4.28. Selüloz oranlarına ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyans kaynakları	Serbestlik derecesi	Kareler toplamı	Kareler ort.	F
Bloklar	2	19.444	9.722	3.571ns
Sulama yöntemi	1	6.722	6.722	2.469ns
Hata 1	2	5.444	2.722	
Sulama düzeyi	2	37.444	18.722	2.623ns
Sul.yön * sul. düzeyi	2	22.111	11.056	1.549ns
Hata	8	57.111	7.139	
Genel	17	148.278	8.722	

ns : önemsiz

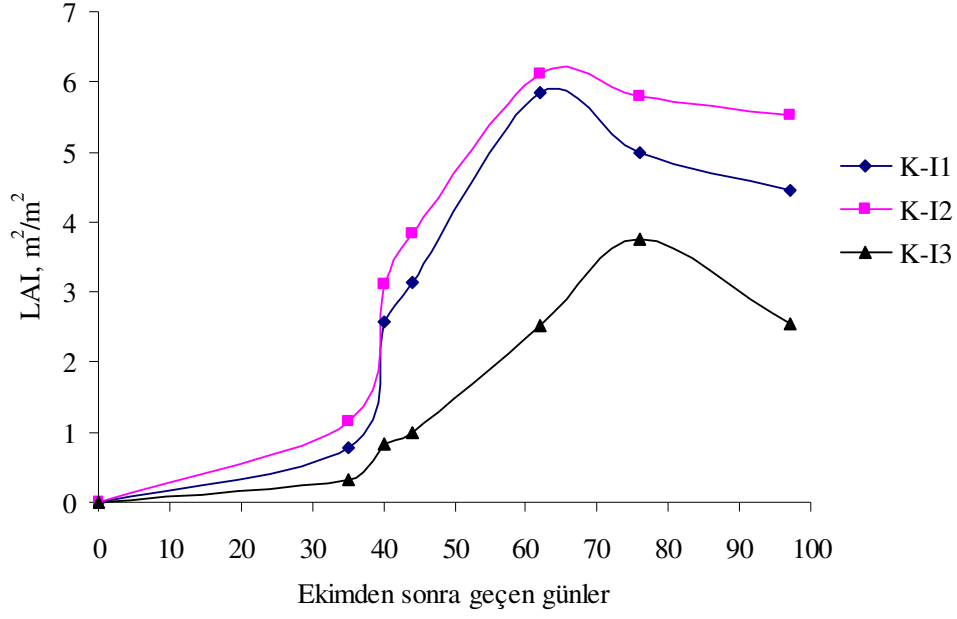
4.5.8. Yaprak alan indeksi

Deneme konularından elde edilen yaprak alan indeksi değerlerinin (LAI) zamana bağlı olarak mevsim boyunca değişimleri, Çizelge 4.29 ve Şekil 4.2’ de gösterilmiştir. Şekilden izlenebileceği gibi, yaprak alan indeksi değerleri, sulama programlarına bağlı olarak ekimden 60 gün sonra 4.14 – 6.11 arasında değişerek en yüksek değerlere ulaşmıştır. Grafikler yöntem bazında incelendiğinde, karık sulama yönteminde uygulanan sulama suyuna paralel olarak bitki gelişim hızının daha fazla olması nedeniyle yaprak gelişimi daha erken gerçekleşmiştir. Susuz konuda ise ekimden 74 gün sonra 3.76 olmuştur. Dağdelen ve ark. (2006)’ da belirtildiği üzere ikinci ürün mısırdaki en yüksek LAI değerleri ekimden 70 – 75 gün sonra 4.8 ve 5.2 olmuştur. Yaprak alan indeksi değerleri kısıntılı sulama uygulanan konuda her iki yöntemde de daha düşük olmuştur. Dolayısıyla uygulanan suya paralel olarak yaprak gelişiminin daha hızlı olduğunu söyleyebiliriz. Ancak hasat dönemine yaklaşıldıkça fizyolojik olgunluğa bağlı olarak LAI değerleri de azalmıştır.

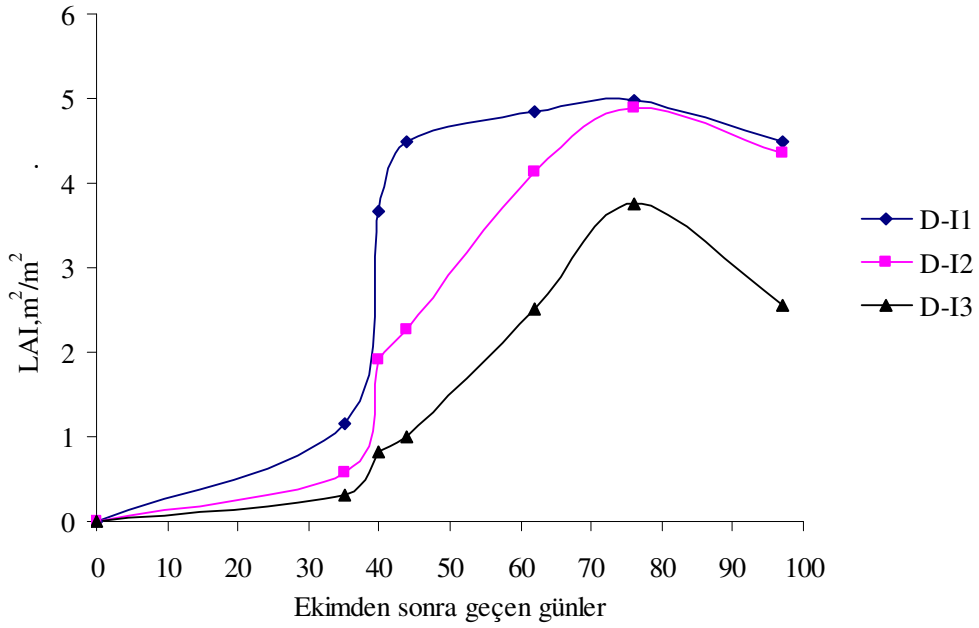
Köksal (1995) Çukurova koşullarında en yüksek yaprak alan indeksi değerini su sıkıntısının yaşanmadığı konuda denemenin ilk yılında 4.9, ikinci yılında 5.7 olarak saptamıştır. Köksal (1995)’ in bildirdiğine göre, Gardner ve ark. (1985) mısır bitkisi için LAI değerinin bitki yoğunluğunun bir fonksiyonu olduğunu ve ele aldıkları bitki yoğunluğunda 4.2 bulunduğunu, Howell ve ark. (1995) ise LAI değerinin su kısıntısına bağlı olarak azaldığını ve en yüksek değerinin 3.0 – 5.5 arasında değiştiğini saptamışlardır. Araştırmanın yürütüldüğü Trakya Bölgesi koşullarında İstanbulluoğlu ve Kocaman (1996), tepe püskülü çıkarma döneminde tam sulanan konuda LAI değerini 3.93, hasat döneminde 2.56 ve ayrıca susuz konuda 1.66 olarak açıklamışlardır.

Çizelge 4.29. Deneme konularında 2006 yılına ait elde edilen yaprak alan indeksi değerleri

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Tarih					
		16.08	21.08	25.08	12.09	26.09	17.10
Karık	K-I ₁	0.77	2.57	3.13	5.86	4.98	4.44
	K-I ₂	1.15	3.11	3.84	6.11	5.78	5.52
Damla	D-I ₁	1.16	3.67	4.49	4.85	4.98	4.48
	D-I ₂	0.58	1.92	2.27	4.14	4.89	4.36
Susuz (I ₃)		0.31	0.82	1.00	2.51	3.76	2.55



a) Karık sulama yöntemi



b) Damla sulama yöntemi

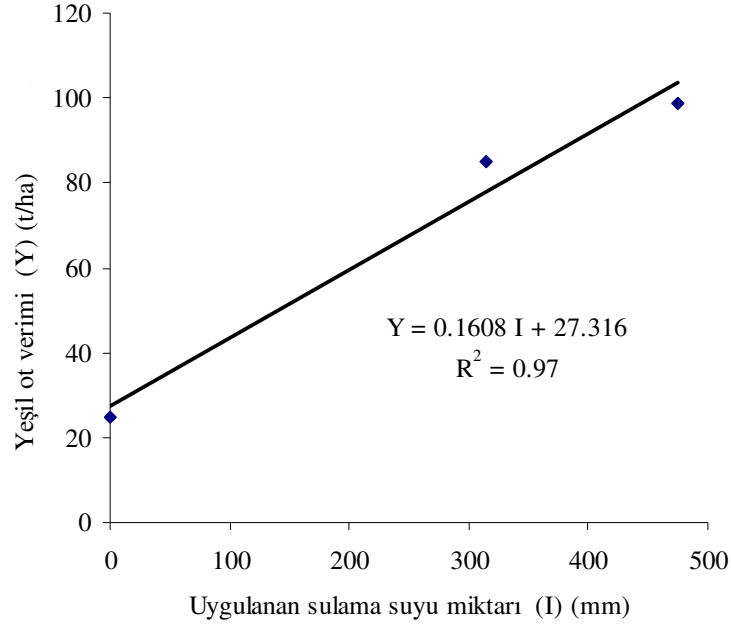
Şekil 4.2. Yaprak alan indeksi değerlerinin büyüme mevsimi boyunca değişimi

4.6. Su-verim ilişkileri sonuçları

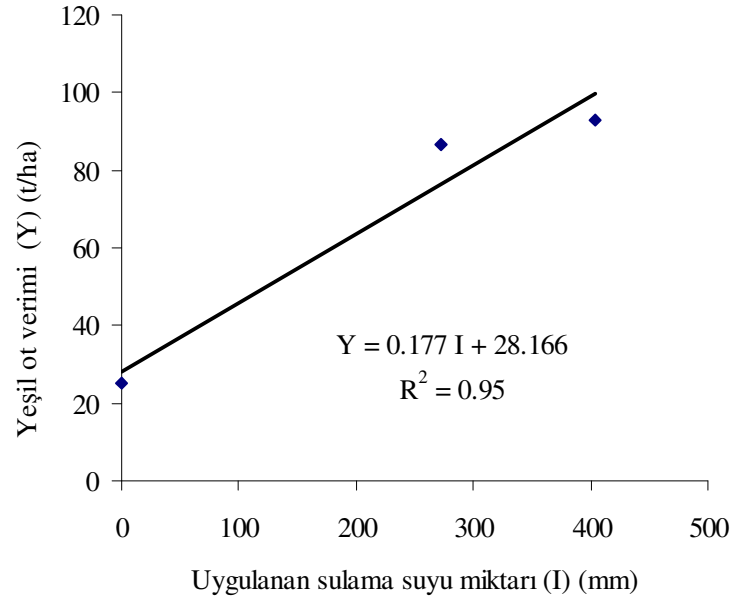
Toplam büyüme mevsimi boyunca bitki su ihtiyacının %100, %50 ve %0' ının karşılandığı deneme konularından elde edilen yeşil ot verimleri ve uygulanan toplam sulama suyu miktarlarına göre her bir sulama yöntemi için hazırlanan su – üretim fonksiyonu ilişkisi Şekil 4.3 ve her bir deneme konusundan elde edilen bitki su tüketimlerine karşı yeşil ot verimleri ilişkisi ise Şekil 4.4' de verilmiştir. Şekillerden izleneceği gibi, her iki yılda ve her iki sulama yöntemi altında, mısır bitkisine toplam büyüme mevsimi boyunca uygulanan sulama suyu miktarları ile elde edilen yeşil ot verimleri arasında doğrusal bir ilişki bulunduğu belirlenmiştir. Doğruyu temsil eden nokta sayısının az olması bakımından ilişkilerin istatistiksel açıdan önemsiz bulunduğu düşünülmektedir. Sulama suyundaki artış ile bitki su tüketimleri ve yeşil ot verimlerinde önemli düzeyde artış olmuştur

Doorenbos ve Kassam(1979)' da açıklanan ve bölüm 3.2.7' de gösterilen toplam büyüme mevsimi için su- verim ilişkisi faktörünü belirleyebilmek için gerekli oransal bitki su tüketimi açığı ve oransal verim azalması değerleri Çizelge 4.30' da ve bu değerlere göre hazırlanan su verim ilişkisi grafiği Şekil 4.5' de verilmiştir. Şekillerden görüleceği gibi, mısır bitkisinin su – verim ilişkisi faktörü (k_y), karık sulama yöntemi için 1.17, damla sulama yöntemi için 1.08 ve her iki yöntem birlikte değerlendirildiğinde 1.13 olarak bulunmuştur.

Mısırın su verim ilişkisi faktörü Doorenbos ve Kassam (1979) tarafından 1.25 olarak elde edilmiştir. Farklı yörelerde yürütülen birçok araştırmada uygulanan sulama programlarına, yıllara ve çeşitlere bağlı olarak mevsimlik k_y değerini; İstanbulluoğlu ve ark. (2002) 0.76, Çakır (2004) 0.81 - 1.36, Dağdelen ve ark. (2006) 1.04 ve Kaman (2007) 0.75 - 1.78 olarak bulmuşlardır. Elde edilen değerler damla sulama yönteminde daha yüksek olması, karık sulama yöntemine göre daha az sulama suyu uygulanmasına rağmen yakın yeşil ot veriminin elde edilmesi ile açıklanabilir. Bu sonuçlara göre Doorenbos ve Kassam (1979)' da belirtildiği gibi tüm büyüme mevsimi boyunca yapılacak su kısıdınının, mısır bitkisinde önemli düzeyde verim azalmasına neden olacağı söylenebilir.

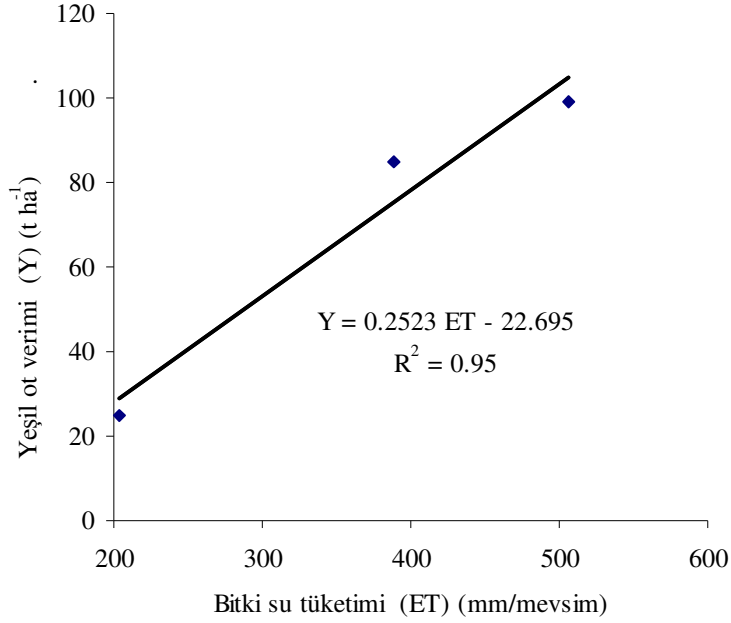


a) Karık sulama yöntemi

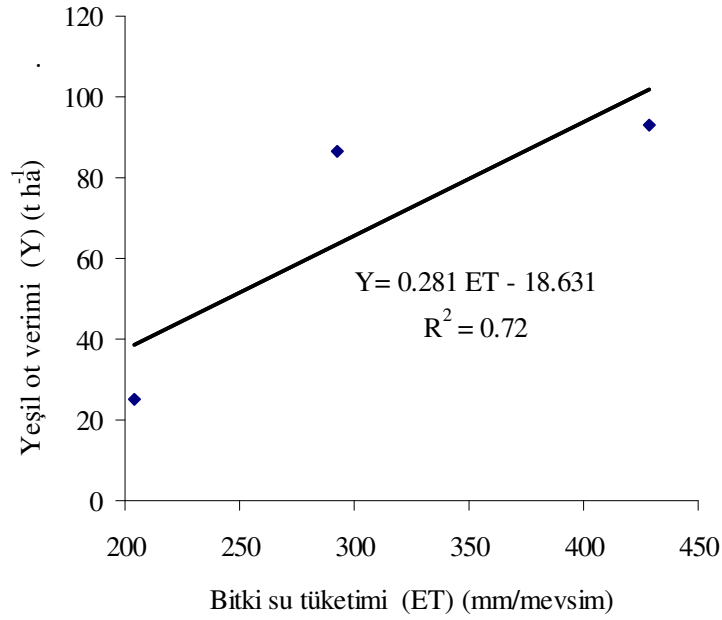


b) Damla sulama yöntemi

Şekil 4.3. I₁, I₂ ve I₃ deneme konularında tüm büyüme mevsimi boyunca uygulanan sulama suyu miktarına karşılık elde edilen yeşil ot verimleri



a) Karık sulama yöntemi

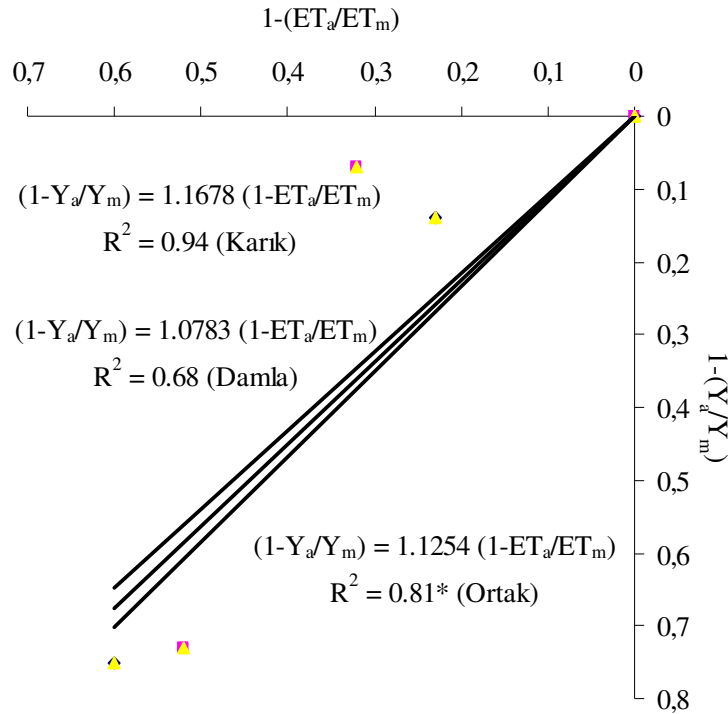


b) Damla sulama yöntemi

Şekil 4.4. I₁, I₂ ve I₃ deneme konularında tüm büyüme mevsimi boyunca bitki su tüketimine karşılık elde edilen yeşil ot verimleri

Çizelge 4.30. Büyüme mevsimi boyunca belirli oranlarda su kısıdı yapılan I₁, I₂ ve I₃ deneme konularında oransal su tüketimi açığına karşılık oransal verim azalması değerleri

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Y _m (t ha ⁻¹)	Y _a (t ha ⁻¹)	ET _m (mm)	ET _a (mm)	1-(Y _a /Y _m)	1-(ET _a /ET _m)	k _y
Karık	I ₁	98.96		506				
	I ₂		85.07		388	0.14	0.23	0.61
	I ₃		24.92		204	0.75	0.60	1.25
Damla	I ₁	92.91		429				
	I ₂		86.50		293	0.07	0.32	0.22
	I ₃		24.92		204	0.73	0.52	1.40



Şekil 4.5. Mevsimlik su –verim ilişkisi faktörü

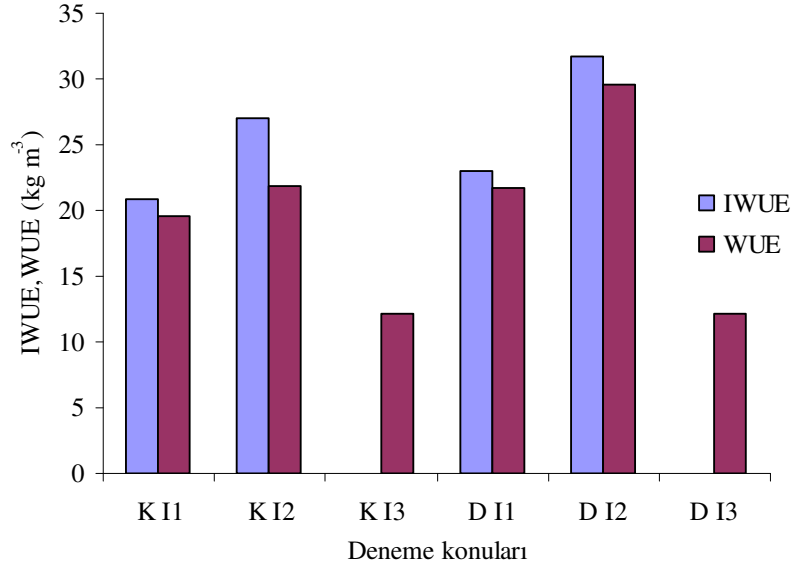
4.7. Sulama suyu kullanım randımanı ve su kullanım randımanına ilişkin sonuçlar

Araştırma konularına uygulanan sulama suyu miktarları, ölçülen bitki su tüketimi değerleri ve elde edilen birim alan değerlerinin eşitlik 3.7 ve 3.8' de yerine konulması ile elde edilen sulama suyu kullanım randımanı ve su kullanım randımanı sonuçları Çizelge 4.31' de verilmiştir. Ayrıca karık ve damla sulama yöntemlerine ait randıman değerleri arasındaki değişimler her bir deneme konusu için hazırlanan grafikte açıkça görülebilmektedir (Şekil 4.6). Çizelge incelendiğinde, sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) değerleri karık sulama yönteminde 20.83 – 27.00 kg m⁻³, damla sulama yönteminde ise 22.99 – 31.68 kg m⁻³ arasında değişirken, su kullanım randımanları (WUE) ise sırasıyla 19.56 – 21.92 kg m⁻³ ve 21.66 – 29.52 kg m⁻³ arasında değişmiştir. Anılan değerler, Trakya bölgesi koşullarında İstanbulluoğlu ve Kocaman (1996) tarafından yürütülen araştırmada farklı su seviyeleri altında elde edilen toplam su kullanım randımanları (15.4 - 18.9 kg ha⁻¹mm⁻¹) ve sulama suyu kullanım randımanları (34.8 – 101.9 kg ha⁻¹mm⁻¹) ile paralellik göstermektedir. Damla sulama yönteminde IWUE ve WUE değerlerinin karık sulama yöntemine göre daha yüksek olduğu görülmektedir. Bu sonuç, damla sulama yönteminde kullanılan sulama suyunun daha az olması ve elde edilen verimlerin karık sulama yönteminden çok farklı olmamasına bağlanabilir. Ayrıca, genel olarak su kullanım ve sulama suyu kullanım randımanlarının sulama suyundan kısıt yapılan I₂ konusunda daha yüksek bulunması, su kısıtı olan bölgelerde mısır bitkisi için sulama suyundan tasarruf yapılabileceği şeklinde açıklanabilir.

Toplam su kullanım randımanı, Köksal (1995) tarafından II. ürün mısırda dane verimleri dikkate alınarak gerçekleştirilen çalışmada sulama düzeylerine bağlı olarak su kullanım randımanı 18.14 – 35.18 kg m⁻³ arasında değişirken, Kaman (2007)' de sulama suyu kullanım randımanları kısıntılı sulama ve çeşitlere göre 8.87 kg ha⁻¹mm⁻¹ ve 39.81 kg ha⁻¹mm⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Dağdelen ve ark. (2006) yaptıkları araştırmada, su kullanım randımanı ve sulama suyu kullanım randımanı değerlerinin sırasıyla 1.65 – 2.15 kg m⁻³ ve 2.30 – 3.52 kg m⁻³ aralıklarında değiştiğini belirtmişlerdir.

Çizelge 4.31. Sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su kullanım randımanı (WUE) (kg m^{-3})

Sulama yöntemi	Sulama düzeni	IWUE	WUE
Karık	I ₁	20.83	19.56
	I ₂	27.00	21.92
	I ₃	-	12.21
Damla	I ₁	22.99	21.66
	I ₂	31.68	29.52
	I ₃	-	12.21



Şekil 4.6. Mısır bitkisi için farklı su düzeylerinde elde edilen sulama suyu ve su kullanım randımanları

4.8. Bitki su stres indeksi (CWSI) sonuçları

Araştırmada bitki su stresi indeksi değerleri ve bu değerlerin hesaplanması için gerekli alt ve üst baz denklemlerinin belirlenmesinde mevsim boyunca sulama suyu ihtiyacının tamamının karşılandığı I₁ konusu, yani optimum koşullarda sulanan konu ile bu konuda uygulanan sulama suyunun 0.50 ve 0 katının (I₂ ve I₃) uygulandığı deneme konuları dikkate alınmıştır.

Karık ve damla sulama yöntemi ile sulanan mısır bitkisi için maksimum ve minimum su stresi koşullarında elde edilen üst ve alt sınır değerlerini gösteren temel grafikler Şekil 4.7 ve 4.8' de verilmiştir.

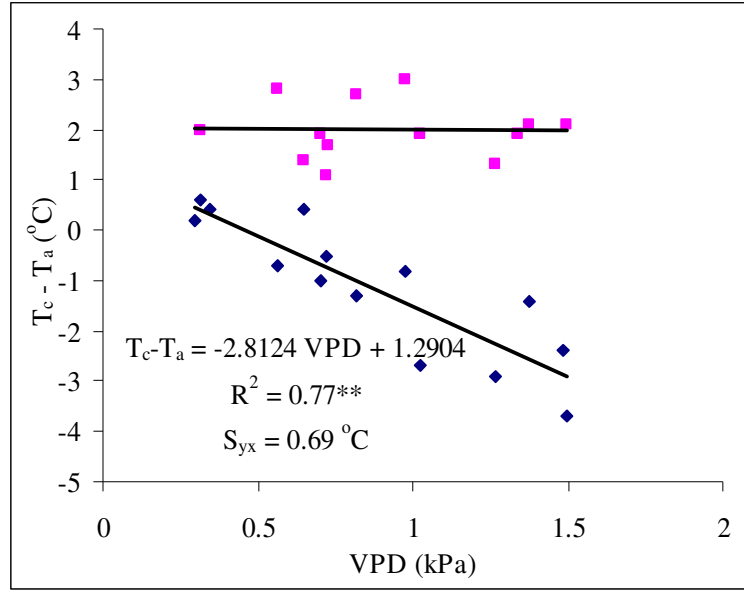
Şekillerden izlenebileceği gibi mısır bitkisi için Tekirdağ koşullarında her iki sulama yöntemi için üst baz değeri 2 °C civarında değişmiştir. Anılan değer bu konuda yürütülmüş araştırmalarda 1.61 - 5 °C aralığında değişmektedir (Steele ve ark. 1994, Nielsen ve Gardner 1987, Shanahan ve Nielsen 1987, Irmak ve ark. 2000 ve Payero ve Irmak 2006). Çalışmada, stres olmayan koşullarda elde edilen alt baz denklemleri karık sulama yöntemi için “ $T_c - T_a = -2.8124 \text{ VPD} + 1.2904$ ”, damla sulama yöntemi için “ $T_c - T_a = -2.7175 \text{ VPD} + 1.4061$ ” olarak belirlenmiştir. Denklemleri ifade eden belirtme katsayılarının (R^2), $p < 0.01$ düzeyinde önemli olması ve standart sapmasının küçük olması doğruların noktaları yüksek önemlilik düzeyi ile ifade ettiğini göstermektedir.

Deneme konularından alınan ölçümlerden ve baz değerlerinden hesaplanan CWSI değerlerinin değişimleri her iki yöntem için Şekil 4.9 ve 4.10' da verilmiştir. CWSI değerleri genellikle su stresinin uygulanmadığı K-I₁ ve D-I₁ konularında en düşük, susuz deneme konusunda ise en yüksek olmuştur. Idso ve ark. (1981) ve Gardner ve Shock (1989) gibi çok sayıda yayında belirtildiği gibi teorik olarak bitki su stres indeksi değerleri 0 ile 1 arasında değişmektedir. Alderfasi ve Nielsen (2001)' de açıklandığı üzere, uygulamada bu aralığın dışına çıkabilen çok sayıda değer elde edilebilmektedir ve bunun sebebi ölçümler ya da hesaplamalar sırasında yapılabilecek hatalara bağlanabilmektedir.

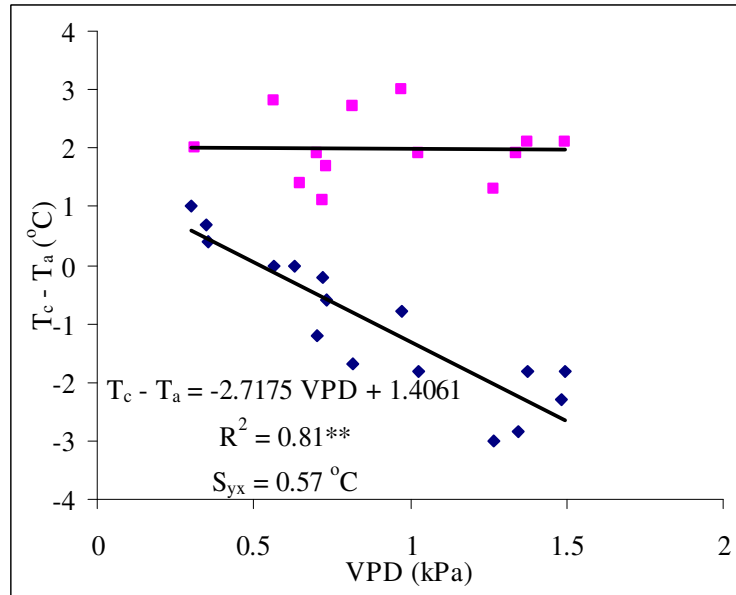
Sulama ve ölçüm dönemi boyunca konulara göre değişen mevsimlik ortalama CWSI ile sulama öncesindeki ortalama CWSI değerleri Çizelge 4.32' de verilmiştir. Çizelgeden görülebileceği gibi, tüm ölçüm sezonu boyunca ortalama CWSI değerleri, karık sulama yöntemi için I₁ konusunda 0.41, I₂ konusunda 0.41, I₃ konusunda 0.87 ve damla sulama yöntemi için I₁ konusunda 0.36, I₂ konusunda 0.39, I₃ konusunda 0.94 olarak bulunmuştur. Sulanan deneme konularında CWSI değerleri, toprak neminin en düşük değere ulaştığı sulama öncesinde, en yüksek değere ulaşmış, sulamanın ertesi günü ise en düşük değere düşmüştür. Çizelgeden açıkça görülebileceği gibi, su stresine girmeyen I₁ konusunda sulama öncesindeki CWSI değerleri karık ve damla sulama yöntemleri için sırasıyla 0.50 ve 0.55 olarak bulunmuştur. Bu değerler, I₂ konusu için sırasıyla 0.55 ve 0.54 olmuştur. Elde edilen bulgular değerlendirildiğinde, özellikle sulama uygulamalarında, konular arasında ortalama CWSI değerlerindeki değişimin az olması, su kısıdından doğan stres farkının düşük olduğunu göstermektedir. Hiç sulama yapılmayan susuz konuda ise elde edilen 0.87 ve 0.94 ortalama CWSI değerleri stres düzeyini net olarak göstermektedir. Köksal (1995) tarafından yapılan

çalışmada II. ürün mısırdaki CWSI değerleri su stresi olmayan konuda ilk yıl 0.21 - 0.43 ikinci yıl ise 0.13 - 0.40 arasında değişmiştir. Anılan değerler su kısıtı yapılan konularda 0.36 - 0.73 arasında bulunmuştur. Ayrıca verimin azalmaya başladığı sulama öncesi eşik değerleri dane verimi için 0.33 ve kuru madde üretimi için 0.32 olarak bulunmuştur. Steele ve ark. (1994)'de ise mısır için CWSI değeri 0.4 ve 0.6 düzeylerinde tutulduğunda verimde sadece %7 ve %12 oranlarında azalmaların geręekleřtięi saptanmıştır.

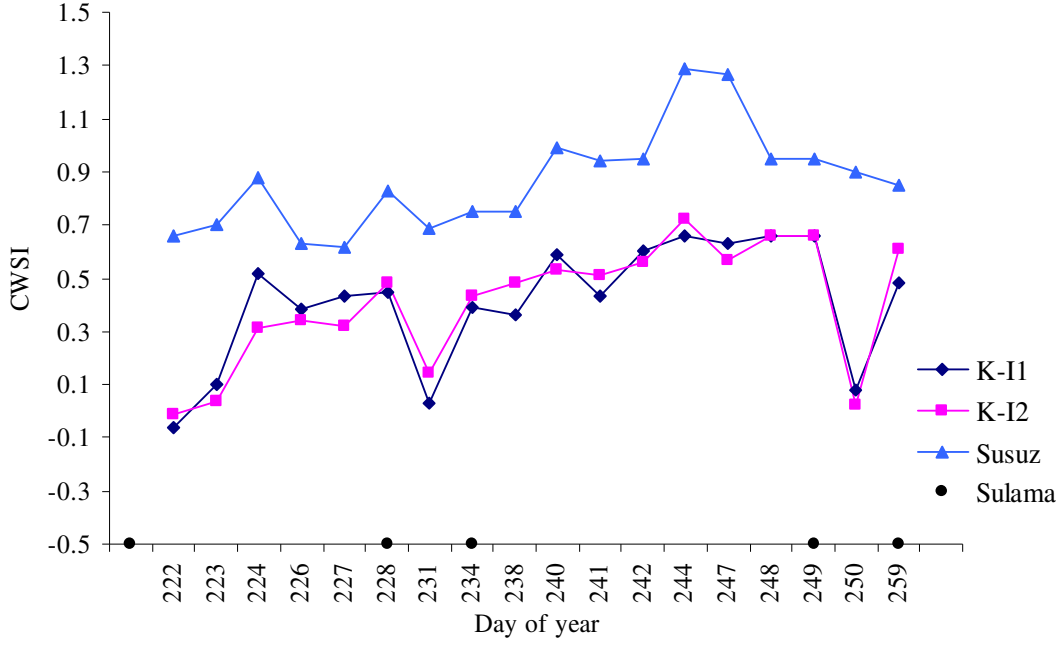
Araştırmanın yürütüldüğü yıla ait verim ve CWSI değerleri arasındaki ilişki Şekil 4.11' de grafikleştirilmiştir. Bu ilişkiden yararlanılarak Tekirdağ koşulları için II ürün mısırdaki verim tahmini yapmak olası olabilir ve bu amaçla karık ve damla sulama yöntemlerinde sırasıyla “ $Y = -145.86 \text{ CWSI} + 151.82$ ” ve “ $Y = -114.87 \text{ CWSI} + 132.82$ ” denklemleri kullanılabilir. Ancak, istatistiksel olarak değerlendirildiğinde damla sulama yöntemi için elde edilen denklemin doğruyu $P < 0.05$ önemlilik düzeyinde temsil etmesi açasından daha güvenilir olarak verim tahmininde kullanılabilir.



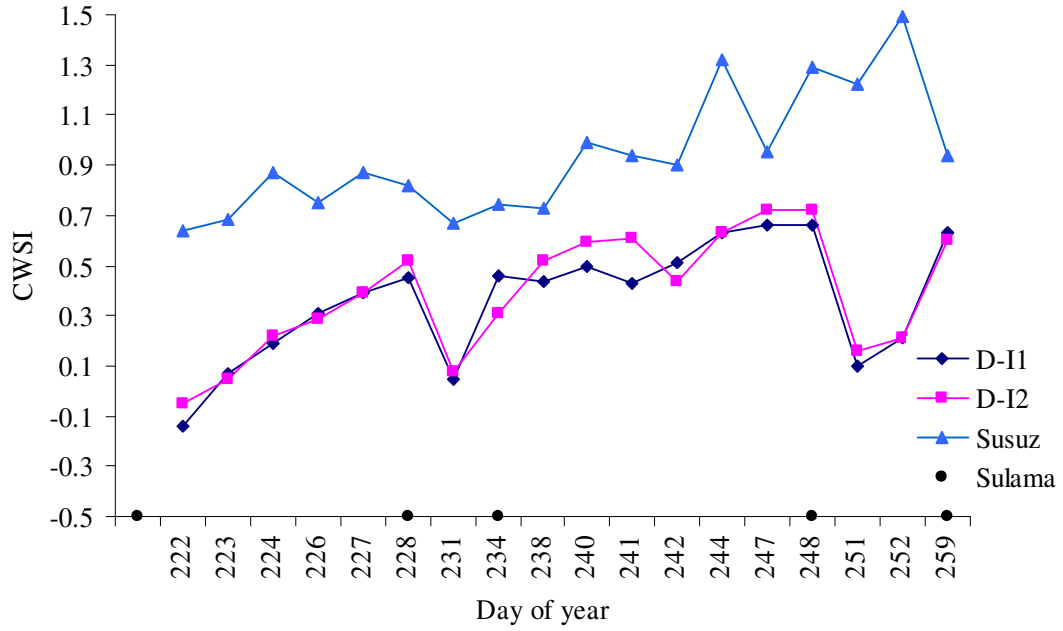
Şekil 4.7. Mısır bitkisi için karık sulama yöntemi altında maksimum ve minimum stres koşullarında yaprak – hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$) ile buhar basıncı açığı arasındaki ilişki



Şekil 4.8. Mısır bitkisi için damla sulama yöntemi altında maksimum ve minimum stres koşullarında yaprak – hava sıcaklığı farkı ($T_c - T_a$) ile buhar basıncı açığı arasındaki ilişki



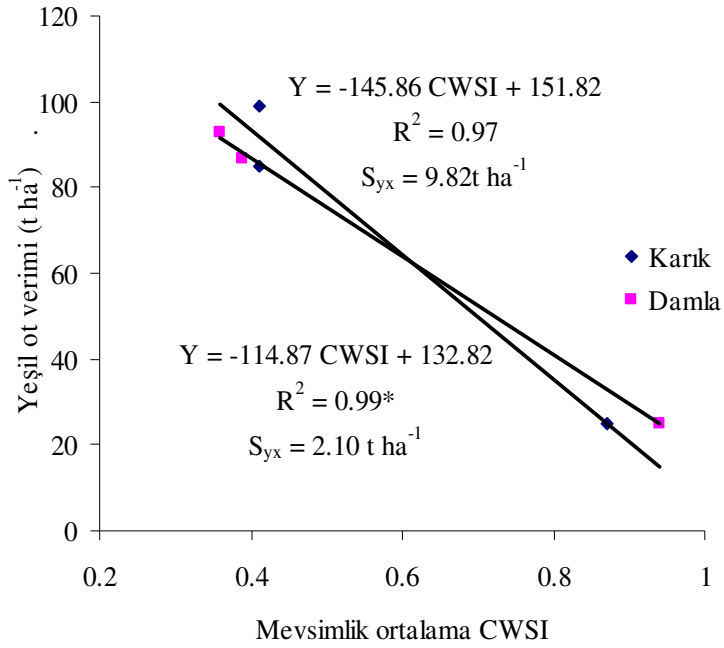
Şekil. 4.9. Karık sulama yöntemi altında mısır bitkisinin CWSI değişimleri



Şekil. 4.10. Damla sulama yöntemi altında mısır bitkisinin CWSI değişimleri

Çizelge 4.32. Mevsimlik ortalama CWSI ve sulama öncesi ortalama CWSI değerleri

Sulama yöntemi	Sulama düzeni	Ortalama CWSI	Sulama öncesi ortalama CWSI
Karık	I ₁	0.41	0.50
	I ₂	0.41	0.55
	I ₃	0.87	-
Damla	I ₁	0.36	0.55
	I ₂	0.39	0.54
	I ₃	0.94	-



Şekil 4.11. Mısır bitkisi için CWSI – verim ilişkisi

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Karık ve damla sulama yöntemleri ile farklı sulama suyu miktarları altında yetiştirilen II. ürün mısırın sulama zamanı planlaması ve bitki stres seviyesinin belirlenmesi ile uygun sulama programının üretime olan etkilerinin açıklanması amacıyla yürütülen bu çalışmada elde edilen sonuçlar bu bölümde özetlenmeye çalışılmıştır.

Araştırmadan elde edilen verilere göre, Tekirdağ koşullarında mısır bitkisinin yetiştirme dönemleri içinde karık ve damla sulama yöntemleri ile uygulanan sulama suyu miktarları sırasıyla 315 - 474 mm, 273 - 404 mm arasında değişirken, mevsimlik bitki su tüketimi değerleri sırasıyla, 388 - 506 mm ve 293 - 429 mm arasında ölçülmüştür.

Sulama suyu randımanı ve su kullanım randımanı, sulama yöntemi ve seviyelerine göre değişiklik göstermiştir. Genel olarak uygulanan sulama suyu miktarları arttıkça her iki yöntemde de sulama suyu kullanım randımanı ve su kullanım randımanı düşüş göstermiş, ancak çok büyük farklılık görülmemiştir. En yüksek sulama suyu kullanım randımanları sırasıyla 27.00 kg m^{-3} ve 31.68 kg m^{-3} olarak sulama suyu ihtiyacının %50' sinin uygulandığı I₂ konusundan elde edilmiştir.

Her iki sulama yöntemine ilişkin ortalama yeşil ot verim değerleri ile sulama suyu ve su tüketimleri arasındaki ilişkiler elde edilmiştir. Ayrıca konulardan derlenen ortalama verimler varyans analizleri ile karşılaştırılmışlardır. Sulama yöntemlerinin verim üzerine etkisi önemsiz bulunurken, sulama programlarının etkisi farklı düzeylerde önemlilik göstermiştir. Buna göre, yeşil ot verimi ortalamaları ile gerçekleştirilen LSD sonuçlarına göre %100 su uygulaması yapılan I₁ konusu karık sulama yönteminde 98.96 t ha^{-1} ve damla sulama yönteminde 92.91 t ha^{-1} ile en yüksek olarak ilk grupta yer almıştır. Sulama koşullarında elde edilen verim değerlerinin, kuru ancak yağışlı koşullarda elde edilen değerlerden oldukça yüksek olması mısır yetiştiriciliğinde sulamanın önemini açıkça ortaya koymaktadır.

Araştırmanın yürütüldüğü yıla ait mısır bitkisinin mevsimlik su verim ilişkisi faktörü karık sulama yöntemi için 1.17, damla sulama yöntemi için 1.08 ve her iki yöntem için ortalama 1.13 olarak elde edilmiştir. Bu değerler genel olarak mısır bitkisinin topraktaki nem eksikliğine oldukça duyarlı olduğunu göstermektedir.

Mevcut mısır alanında sulama zamanı planlamasının bitkiye dayalı olarak değerlendirilmesinde gerçekleştirilen tüm sonuçlar incelendiğinde, infrared termometre tekniği ile ölçülen bitki yaprak sıcaklığından yararlanılarak belirlenen bitki su stresi indeksinin (CWSI) Tekirdağ yöresinde yetiştiriciliği yapılan mısırın bitki su stresinin değerlendirilmesi için kullanılabileceği söylenebilir.

Çalışmada, bitki su stresi indeksi (CWSI) değerlerinin belirlenmesi için gerekli olan üst baz çizgisi karık ve damla sulama yöntemlerinde yaklaşık 2 °C, alt baz denklemleri ise sırasıyla sulama suyu ihtiyacının %100' ünün karşılandığı I₁ konularından “ $T_c - T_a = -2.8124 \text{ VPD} + 1.2904$ ” ve “ $T_c - T_a = -2.7175 \text{ VPD} + 1.4061$ ” olarak elde edilmiştir.

Ayrıca 6 farklı sulama konusunun verim ve sayısal yaklaşım ile hesaplanan bitki su stresi indeksi değerlerine etkisi araştırılmıştır. CWSI değerlerinin değişimi, toprak nem eksikliğindeki değişimle benzer eğilim göstermiştir. Topraktaki nem eksiği arttıkça CWSI değerlerinde artış görülmüştür. Tekirdağ koşullarında II. ürün mısır sulamasında CWSI değeri 0.55' e ulaştığında sulamaya başlanmasının daha uygun olacağı belirlenmiştir. Ancak elde edilen bu değer daha sonra yapılacak çalışmalar ile mutlaka alternatifleri ile birlikte desteklenmesi gerekmektedir. Verim değerleri ile ortalama CWSI değerleri arasında verim tahmininde kullanılacak ve istatistiksel açıdan %5 düzeyinde önemlilik gösteren “ $Y = -114.87 \text{ CWSI} + 132.82$ ” doğrusal eşitliği elde edilmiştir. Sonuçta, bitki su stresi indeksi değerlerinden sulama zamanının planlanmasında ve mısır verim tahmininde yararlanılabileceği belirlenmiştir. Ayrıca, bitkiye ve toprağa dayalı diğer ölçümlerin birlikte değerlendirilmesi sonucunda, yöntemin sulama zamanının planlanmasında beklenen yönde sonuç verdiği açıkça görülmüştür.

Tüm bulgular değerlendirildiğinde, kısıtlı su kaynağı koşullarında uygulanacak sulama suyu kısıdı yerine alandan kısıtlama yapılması ve bitki su ihtiyacının tam olarak karşılanması önerilebilir. Ancak, farklı su tasarrufu düzeyleri ile bitki stres düzeyine bağlı olarak yapılacak çalışmalar dikkate alınarak farklı sulama zamanı planları geliştirilebilir.

KAYNAKLAR

- Alderfasi AA, Nielsen DC (2001). Use of crop water stress index for monitoring water status and scheduling irrigation in wheat. *Agric. Water Manag.* 47: 69-75.
- Altın M, Tekeli AS, Orak A (1997). Trakya Bölgesi hayvancılığında çayır, mera ve yem bitkilerinin yeri ve önemi. *Trakya Bölgesi II. Hayvancılık Sempozyumu, Tekirdağ.*
- Alves I, Pereira LS (2000). Non-water-stressed baselines for irrigation scheduling with infrared thermometers: A new approach. *Irrig. Sci.* 19: 101-106.
- Andrieu B, Allirand JM, Jaggard K, (1997). Ground cover and leaf area index of Maize and Sugar beet crops. *Agriculture and Environment* 17: 315-321.
- Ayan B (1994). Uzaktan Algılama Tekniklerinin Bitki Su Tüketimi ve Toprak Nem Düzeyi Tahminlerinde Kullanılması. Ankara Üniv. Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Seminer Notları, Ankara.
- Asrar G, Kanemasu ET, Yoshida M (2003). Estimates of Leaf Area Index from Spectral Reflectance of Wheat Under Different Cultural Practices and Solar Angle. *Remote Sens. of Environ.* 17(1): 1-11.
- Ayyıldız M (1990). Sulama Suyu Kalitesi ve Tuzluluk Problemleri. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları 1196, Ankara.
- Babaoğlu M (2005). Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Edirne.
- Bakanoğulları F (1995). Kırklareli koşullarında Mısır su tüketimi. Yüksek Lisans Tezi, Trakya Üniv. F.B.E., Edirne.
- Başer İ, Gençtan T (1999). Heritability and effects of some characters on silage yields in dent corn varieties (*Zea mays indentata* Sturt.) grown under drought conditions. *Korean Grass. Sci.* 19(2): 177-182.
- Bayrak F (1997). Bafra Ovası Koşullarında İkinci Ürün Mısırın Su Tüketimi, T.C. Başbakanlık, Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Samsun Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 91, Rapor Serisi No: 78, Samsun.
- Ben-asher J, Tsuyuki I, Bravdo BA, Sagih M (2006). Irrigation of Grapevines with Saline Water: I Leaf Area Index, Stomatal Conductance, Transpiration and Photosynthesis. *Agric. Water Manage.* 83: 13-21.
- Benami A, Diskin MH (1965). Design of Sprinkling Irrigation, Lowdermilk Faculty of Agricultural Engineering, Publication 23, Technicon, Israel Institute of Tecnology, 1 - 165, Haifa, Israel.
- Blake GR (1965). Bulk density methods of soil analysis. Part I., *Am. Soc. Agron.* 9: 374 - 390, Soil Science Society of America, Madison.

- Braunsworth WS, Mack HJ (1989). The possible use of the crop water stress index as an indicator of evapotranspiration deficits and yield reductions in sweet corn. *J Am. Soc. Hort. Sci.* 114: 542-546.
- Bengisu AG (1994). Harran Ovası Sulu Koşullarında İkinci Ürün Olarak Yetiştirilen Mısırdaki Verim ve Tarımsal Karakterler Arası İlişkilerin Saptanması Üzerine Bir Araştırma. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniv. F.B.E., Şanlıurfa.
- Caldwell DS, Spurgeon WE, Manges HL (1994). Frequency of irrigation for subsurface drip-irrigated corn. *Trans. ASAE* 37(4):1099–1103.
- Calle JL, Manges HL, Barnes P (1990). Scheduling irrigation of corn with infrared thermometry. St. Joseph, MI: ASAE Paper 90-2004.
- Cárcova J, Maddonni GA, Ghera CM (1998). Crop water stress index of three maize hybrids grown in soils with different quality. *ELSEVIER Field Crops Research* 55: 165-174.
- Cesurer L, Çölkesen M, Dokuyucu T, Çiçek A (1999). Kahramanmaraş koşullarına uygun erkenci ve yüksek verimli ikinci ürün hibrid mısır çeşitlerinin belirlenmesi. Orta Anadolu’ da Hububat Tarımının Sorunları ve Çözüm Yolları Sempozyumu, 635-639, 8-11 Haziran, Konya.
- Cohen S, Strien MJ, Bruner M, Klein I (2000). Grapevine Leaf Area Index Evaluation by GAP Fraction Inversion. *Acta Hort.* 537: 87-94.
- Colaizzi PD, Barnes EM, Clarke TR, Choi CY, Waller PM (2003). Estimating soil moisture under low frequency surface irrigation using crop water stress index. *J. of Irrig. and Drain.* 129: 27-35.
- Criddle WD, Davis S, Pair CH, Shockley DG (1956). Methods for Evaluation of Irrigation Systems. USDA Agric. Handbook, 82 pp, Washington D.C.
- Çakır R (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research* 89: 1–16.
- Çetin Ö (1996). Harran Ovası koşullarında II. ürün mısır su gereksinimi. Köy Hizmetleri Araş. Ens. Müd. Yayınları Yayın No: 90 Şanlıurfa.
- Dağdelen N, Yılmaz E, Sezgin F, 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. *Agric. Water Manage.* 82: 63–85.
- Doorenbos J, Kassam AH (1979). Yield Response to Water. FAO Irrigation and Drainage Paper No: 33, Rome, Italy.
- Eck HV (1984). Irrigated corn yield response to nitrogen and water. *Agron. J.* 76: 421 - 428.
- Erdem Y, Erdem T, Orta A, Okursoy H (2006a). Canopy-air temperature differential for potato under different irrigation regimes, *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B – Soil and Plant Science*, 56(3): 206-216.

- Erdem Y, Şehirali S, Erdem T, Kenar D (2006b). Determination of crop water stress index for irrigation scheduling of bean (*Phaseolus vulgaris* L.), J of Agric. And Forestry 30: 195-202.
- Espana M, Baret F, Chelle M, Aries F, (1998). Andrieu, B. A dynamic model of maize 3D architecture: application to parameterisation of the clumpiness of the canopy. Agronomie 18: 609–626.
- Faberio C, Martin de Santa Olalla F, de Juan JA (2001). Yield and size of deficit irrigated potatoes. Agric. Water Manage. 48: 255–266.
- Ferhatoğlu H, Helaloğlu C, Demir B, Deniz Y (1989). Harran Ovasında İkinci Ürün Olarak Yetiştirilebilecek Mısır Çeşitleri. Şanlıurfa Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Yayınları, Genel Yayın No: 52, Rapor Seri No: 36, Şanlıurfa.
- Fiscus EL, Anmm A, Hirasawa T (1991). Fractional integrated stomatal opening to control water-stress in the field. Crop Science, 31(4): 1001–1008.
- Gallo KP, Daughtry CST (1986). Techniques for Measuring Intercepted and Absorbed Photosynthetically Active Radiation in Corn Canopies. Agron. J., 78: 752–756.
- Gardner BR, Shock CC (1989). Interpreting the Crop Water Stress Index. ASAE, Paper no: 89 – 2642.
- Gardner BR, Blad BL, Wilson GD (1986). Characterising corn hybrid moisture stress sensitivity using canopy temperature measurements. Remote Sens Environ. 19: 207 – 211.
- Gardner BR, Nielsen DC, Shock CC (1992a). Infrared Thermometry and the Crop Water Stress Index. I. History, theory, and baselines, J. Prod. Agric. 5: 462–466.
- Gardner BR, Nielsen DC, Shock CC (1992b). Infrared thermometer and the crop water stress index, II. sampling procedures and interpretation. Journal of Production Agric., 5(4): 466-475.
- Gardner FP, Pearce RB, Mitchell RL (ed.) (1985). Physiology of Crop Plants. Iowa State University Press, 327 pp., USA.
- Gençoğlan C, Yazar A (1999). Kısıntılı Su Uygulamalarının Mısır Verimine ve Su Kullanım Randımanına Etkileri. Çukurova Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Adana.
- Giorio P, Sorrentino G, d’Andria R (1999). Stomatal Behaviour, Leaf Water Status and Photosynthetic Response in Field-Grown Olive Trees Under Water Deficit. Environ. Exp. Bot. 42: 95 104
- Gonza’lez-dugo M, Moran MS, Mateos L, Bryant R (2005). Canopy temperature variability as an indicator of crop water stress severity. J. Irrig. Sci. 24: 233-240.

- Gözübenli H, Ülger AC, Kılınc M, Şener O, Karadavut U (1997). Hatay koşullarında ikinci ürün tarımına uygun mısır çeşitlerinin belirlenmesi. Türkiye II. Tarla Bitkileri Kongresi 22-25 Eylül, s: 153-157, Samsun.
- Güçük T, Baytekin H (1999). Bozova sulu koşullarında ikinci ürün olarak yetiştirilen silaj mısır, silaj sorgum ve sorgum – sudan otu melez çeşitlerinde hasat zamanının verim ve bazı silaj özelliklerine etkisi. Türkiye III. Tarla Bitkileri Kongresi, 178 – 183, Adana.
- Güngör Y, Yıldırım O (1989). Tarla Sulama Sistemleri. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları 1155, 371s, Ankara.
- Hatfield JL, Allen RGE (1996). Evapotranspiration Estimates Under Deficient Water Supplies. *J. Irrig. and Drain. Engin.*, 122(5): 301-308.
- Horst GL, O'Toole JC, Faver KL (1989). Seasonal and Species variation in baseline functions for determining crop water stress indices in turf grass. *Crop. Sci.* 29: 1227-1232.
- Howell TA, Cuenca RH, Solomon KH (1990). Crop yield response. In *Management of Farm Irrigation System*, eds. GJ, Hoffman, TA, Howell, KH, Solomon. St. Joseph, Mich.: ASAE.
- Howell TA, Yazar A, Schneider AD, Dusek DA, Copeland KS (1995). Yield and water use efficiency of corn in response to LEPA irrigation. *Trans ASAE* 38: 1737–1747
- Howell TA, Schneider AD, Evett SR (1997). Subsurface and surface microirrigation of corn Southern High Plains. *Trans ASAE* 40: 635–641.
- Huang J, Rozelle S, Chang M (2004). Tracking distortions in agriculture: China and its accession to the World Trade Organization. *The World Bank Economic Review* 18: 59–84.
- Idso SB, Jackson RD, Pinter PJ, Hatfield JL (1981). Normalizing the stres–degree–day parameter for environmental variability. *Agric. Meteorol.* 24: 45-55.
- Idso SB (1982). Non - water stressed baselines: A key to monitoring and interpreting plant water stres. *Agric. Meteorol.*, 27: 59 –70.
- Idso SB (1983). Stomatal Regulation of Evaporation From Well-Watered Plant Canopies: a New Synthesis, *Ag. Met.* 29: 213 – 217.
- Inoue Y, Iwasaki K (1991). Spectral estimation of radiation adsorptance and leaf area index in corn canopies as affected by canopy architecture and growth stage. *Jpn. J. of Crop Sci.* 60: 578-580.
- Inoue Y (1997). Remote and non-destructive sensing for precision crop and field managements 1. remote sensing method as a basis for information based crop management- potential and the stage of the art. *Jpn. J. of Crop Sci.* 66: 335-344.

- Irmak S (1996). Toprak suyu potansiyeli (Φ) ve bitkisi stres indeksi (CWSI) değerlerinin mısır bitki su stresinin izlenmesi ve sulama zamanının saptanmasında kullanılabilirliği. Doktora Tezi, Akdeniz Üniv. F.B.E., Antalya.
- Irmak S, Dorota ZH, Baştuğ R (2000). Determination of crop water stress index for irrigation timing and yield estimation of corn. *Agron. J.* 92: 1221-1227.
- İstanbuluoğlu A, Kocaman I (1996). Tekirdağ Koşullarında Mısırın Su – Verim İlişkileri. Trakya Üniv. Tekirdağ Zir. Fak. Genel Yayın No: 251, Araştırma Yayın No: 97, Tekirdağ.
- İstanbuluoğlu A, Kocaman I, Konukcu F (2002). Water use-production relationship of maize under Tekirdag Conditions in Turkey. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 5(3): 287-291.
- Jackson RD, Idso SB, Reginato RJ, Pinter PJ (1981). Canopy temperature as a crop water stress indicator, *Water Resource Res.*, 7: 1133-1138.
- Jackson RD (1982). Canopy Temperature and Crop Water Stress. *Advances in irrigation*, v: 1, Academic Press, New York, 43-85.
- Kaman H (2007). Geleneksel Kısıntılı ve Yarı İslatmalı Sulama Uygulamalarına Bazı Mısır Çeşitlerinin Verim Tepkileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniv. F.B.E., Adana.
- Kanber R (1997). Sulama. Çukurova Üniv. Ziraat Fak. Genel Yayın No: 174, Ders Kitapları Yayın No: 52, 530s, Adana.
- Kanber R (1999). Sulama. Ç.Ü. Ziraat Fak. Genel Yayın No: 174, Ders Kitapları Yayın No: A-52, s.418.
- Kanber R, Yazar A, Eylen M (1990). Çukurova Koşullarında Buğdaydan Sonra Yetiştirilen İkinci Ürün Mısırın Su-verim ilişkisi. Köy Hizmetleri Tarsus Araştırma Enstitüsü Yayınları. Genel Yayın No: 173, Rapor Serisi No: 108, 77s, Tarsus.
- Kang S, Hu X, Jerie P, Zhang J (2003). The effects of partial rootzone drying on root, trunk sap flow and water balance in an irrigated pear (*Pyrus communis* L.) orchard. *J Hydrol* 280: 192–206.
- Karabulut A, Canbolat Ö (2005). Yem Değerlendirme ve Analiz Yöntemleri, Uludağ Üniv. Ziraat Fak. 520s, Bursa.
- Kırda C, Çetin M, Daşgan Y, Topçu S, Kaman H, Ekici B, Derici MR, Özgüven AI (2004). Yield response of greenhouse grown tomato to partial root drying and conventional deficit irrigation. *Agric. Water Manage.* 69: 191–201.
- Kırtok Y (1998). Mısır Üretimi ve Kullanımı. Kocaoluk Basım ve Yayınevi, İstanbul.
- Kızıloğlu FM, şahin Ü, Kuşlu Y, Tunç T (2008). Determining water–yield relationship, water use efficiency, crop and pan coefficients for silage maize in a semiarid region. *Irrig. Sci.*

- Konak C (1994). Ege Bölgesinde mısır çeşitlerinin verim performansları. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Yayınları, İzmir.
- Konuşkan Ö (2000). Hatay Koşullarında II. Ürün Olarak Yetiştirilen Melez Mısır Çeşitlerinde Bitki Sıklığının Verim ve Verim ile ilişkili Özelliklere Etkisi. Yüksek Lisans Tezi, Mustafa Kemal Üniv. F.B.E., Hatay.
- Korukçu A, Evsahibioğlu AN (1987). Şekerpancarında Yaprak Alan İndeksi Değerlerinin Su Tüketimi Tahminlerinde Kullanılma Olanakları. Şeker, Sayı: 120, Yıl: 33, 29-38.
- Korukçu A, Kanber R (1981). Water-yield relationship. Soil-Water Main Project 435-1, Tarsus.
- Köksal H (1995). Çukurova Koşullarında II. Ürün Mısır Bitkisi Su-Verim İlişkileri ve CERES-Maize Büyüme Modelinin Yöreğe Uygunluğunun Saptanması. Doktora Tezi, Çukurova Üniv. F.B.E. 197s, Adana.
- Köksal H, Kanber R (1998). Çukurova Koşullarında II. Ürün Mısır Bitkisi Su-Verim İlişkileri. Tarım ve Orman Meteorolojisi 98 Sempozyumu, s: 310-317, İstanbul.
- List RJ (1971). Smitsonian Meteorological Tables, Revised Edition. Smitsonian Msc. Collections, Vol : 114, Smitsonian Institute, Washington.
- Manga N, Tansı V, Sağlamtimur T (1991). Akdeniz bölgesinde ikinci ürün olarak yetiştirilen mısır çeşitlerinde silaj verimi ve bazı agronomik karakterler üzerine hasat zamanının etkisi. Türkiye Çayır –Mera – Yem Bitkileri Kongresi, İzmir.
- Martin de Santa Olalla FJ, Dominguez-Padilla A, Lopez R (2004). Production and quality of the onion crop (*Allium cepa* L.) cultivated under controlled deficit irrigation conditions in a semi-arid climate. Agric. Water Manage. 68: 77-89.
- Medeiros GA, Arruda FB, Sakai E, Fujiwara M (2001). The Influence of Crop Canopy on Evapotranspiration and Crop Efficient of Beans (*Phaseolus vulgaris* L.). Agric. Wat. Manage. 49: 211-224.
- Musick JT, Dusek DA (1980). Irrigated corn yield response to water. Transactions of the ASAE 23: 92-98.
- Nielsen DC, Gardner BR (1987). Scheduling irrigations for corn with the crop water stress index (CWSI), Appl. Agric. Res. 2: 295-300.
- Nielsen DC (1994). Non-water Stressed Baselines for Sunflowers. Agric. Water Manag. 26: 265-276.
- Orak A, Başer İ, Nizam İ (2002). Mısır ve Sorgum Çeşitlerinin Yeşil Ot Ve Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi. TÜBAP-253 No' lu Proje Sonuç Raporu, Tekirdağ.
- Orta AH, Erdem T, Erdem Y (2002). Determination of water stress index in sunflower. Helia 37: 27-38.

- Orta AH, Erdem Y, Erdem T (2003). Crop water stress index for watermelon. *Scientia Hort.* 98: 121-130.
- Orta AH, Başer İ, şehirali S, Erdem T, Erdem Y (2004). Use of infrared thermometry for devepoling baseline equations and scheduling irrigation in wheat. *Cereal Research Communications*, 32(3): 363-370.
- Ödemiş B, Baştuğ R (1999). İnfrared termometre tekniği kullanılarak pamukta bitki su stresinin değerlendirilmesi ve sulamaların programlanması, *J of Agric. And Forestry* 23: 31-37.
- Öğretir K (1993). Eskişehir Koşullarında Mısıрын Su-Verim İlişkileri. Doktora Tezi, Çukurova Üniv. F.B.E., 83s, Adana.
- Pamuk G (2003). II.Ürün Mısır Bitkisinin Su -Verim İlişkileri ve Ceres-Maize Bitki Büyüme Modelinin Bölge Koşullarına Uygunluğunun İrdelenmesi Üzerine Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ege Üniv. F.B.E., 141s, İzmir.
- Panda RK, Behera SK, Kashyap PS (2004). Effective management of irrigation water for maize under stressed conditions. *Agric. Water Manage.* 66(3): 181-203.
- Pandey RK, Maranvilla JW, Chetima MM (2000). Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment. Part II. Shoot-growth, nitrogen uptake and water extraction. *Agric. Water Manag.* 46: 15-27.
- Papazafiriou ZG (1980). A Compact Procedure for Trickle Irrigation System Design. *ICID Bulletin* 19(1): 28 - 45.
- Payero JO, Irmak S (2006). Design, construction, installation, and performance of two large repacked weighing lysimeters for measuring crop evapotranspiration. *Irrigation Science* (in review).
- Rachidi F, Kirkham MB, Stone LR, Kanemasu ET (1993a). Use of Photosynthetically Active Radiation by Sunflower and Sorghum. *Eur. J. Argon.* 2(2): 131-139.
- Rachidi, F, Kirkham MB, Kanemasu ET, Stone LR (1993b). Energy Balance Comparison of Sorghum and Sunflower. *Theor.Appl. Climatol.* 48: 29-39.
- Sencar Ö, Gökmen S, İdi M (1997). şeker Mısıрын (*Zea mays* L. var. *Saccharata* Sturt.) agronomik özelliklerine ekim zamanı ve yetiştirme tekniklerinin etkileri. *Doğa Dergisi*, 21: 65-71.
- Shanahan JF, Nielsen DC (1987). Influence of growth retardants (Anti-Gibberellins) on corn vegetative growth, water use, and grain yield under different levels of water stress. *Agron. J.* 79: 103-109.
- Singh CB, Sandhu BS, Khera KL (1991). Irrigation and leaf foliage effects on radiation and canopy temperature regimes of maize in Monsoonal Tropical area. *Ann. Agric. Res.* 12(3): 219-224.

- Stark JC, Wright JL (1985). Relationship Between Foliage Temperature and Water Stress in Potatoes, Am. Potato J. 62: 57-68.
- Steele DD, Stegman EC, Gregor BL (1994). Field comparison of irrigation scheduling methods for corn. Trans. ASAE 37: 1197-1203.
- Stegman EC, Soderlund M (1992). Irrigation Scheduling of Spring Wheat Using Infrared Thermometry, ASAE 35: 143-152.
- Stewart DW Dwyer LM (1999). Mathematical characterization of leaf shape and area of maize hybrids. Crop. Sci. 39: 422-427.
- Şener S, Schafer W, Uz E, Yürdem H (1994). Farklı Sulama Yöntemlerinin Menemen Yöresinde Patates, II. Ürün Mısır ve Soyanın Verimine ve Su Kullanma Randımanına Etkileri. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü, Menemen Arşt. Ens. Müd. Yayınları, Genel Yayın No: 205, Rapor Seri No: 133, İzmir.
- Şişman CB, İstanbulluoğlu A (2004). Tekirdağ Ziraat Fakültesi tarım arazilerinin sulama zamanının model yaklaşımı ile planlaması. Trakya Üniv Fen Bil Der., 5(1): 35-41.
- Tekinel O (1973). Tarımda Uygun Sulama Metodunun Seçimi. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları 61, 30s, Ankara.
- Tolk JA, Howell TA, Evett SR (1998). Evapotranspiration and yield of corn grown on three high plains soils. Agronomy Journal 90: 447-454.
- Tong CL, Hall CAS, Wang HQ (2003). Land use change in rice, wheat and maize production in China (1961–1998). Agric. Ecosyst. Environ. 95: 523–536.
- Ul MA (1990). Menemen Ovası koşullarında II. Ürün olarak Yetiştirilen Mısır Bitkisinin Değişik Gelişim Aşamalarında Uygulanan Sulamaların Verime Etkisi Üzerinde Bir Araştırma. Doktora Tezi, Ege Üniv. F.B.E., 115s, İzmir.
- Uzunoğlu S (1991). Ankara Yöresinde Hibrit Mısırın Su Tüketimi, Toprak ve Gübre Araştırma Ens., Genel Yayın No: 21, 45s., Ankara.
- Villalobos FJ, Orgaz F, Testi L, Fereres E (2000). Measurement and Modeling of Evapotranspiration of Olive (*Olea europaea* L.) Orchards. Eur. J. Agron. 13: 155–163.
- Viswanatha GB, Ramachandrapa BK, Nanjappa HV (2002). Soil–plant water status and yield of sweet corn (*Zea mays* L. cv. Saccharata) as influenced by drip irrigation and planting methods. Agric. Water Manage. 55(2): 85-91.
- Waggoner MG, Cassel DK (1993). Corn yield and water-use efficiency as affected by tillage and irrigation. Soil Sci. Soc. Am. J. 57: 229–234.
- Walker WR, Skogerboe GV (1987). Surface Irrigation. Teory and Practice. Prentice- Hall, Englewood Cliffs, 375pp, New Jersey.

- Wilhelm WW, Ruwe K, Schlemmer MR (2000). Comparison of Three Leaf Area Index Meters in a Corn Canopy. *Crop Science* 40: 1179-1183.
- Wilson P, Ayer H, Snider G (1984). Drip irrigation for cotton: Implications for farm profits. *Agric. Econ. Rep.* 517. USDA, Washington, DC.
- Yazar A, Howell AT, Dusek DA, Copeland KS (1999). Evaluation of crop water stress index for LEPA irrigated corn. *Irrig. Sci.* 18: 171-180.
- Yıldırım YE, Kodal S (1998). Ankara koşullarında sulamanın mısır verimine etkisi. *J. of Agriculture and Forestry* 22: 65-70.
- Yıldırım O, Kodal S, Selenay F, Yıldırım E (1995). Kısıtlı Sulamanın Mısır Verimine Etkisi. 5. Ulusal Kültürteknik Kongresi Bildirileri, Kültürteknik Derneği, s: 347-365, Ankara.
- Yuan BZ, Sun J, Nishiyama S (2004). Effect of Drip Irrigation on Strawberry Growth and Yield Inside a Plastic Greenhouse. *Biosystem Engin.* 872: 237-245.
- Yurtsever N (1984). Deneysel İstatistik Metotları. Köy Hizmetleri Genel Müd. Yayınları No: 56, Ankara.
- Zhang Y, Kendy E, Qiang Y, Changming L, Yanjun S, Hongyong S (2004). Effect of soil water deficit on evapotranspiration, crop yield, and water use efficiency in the north China plain. *Agric Water Manage* 64: 107-122.

<http://faostat.fao.org>

EKLER

Ek Çizelge 1. 2006 yılında deneme konularından ölçülen bitki su tüketimi sonuçları

Deneme konusu	Tarih	Toprak nemi (mm/120 cm)	Yağış (mm)	Sulama suyu (mm)	Toplam bitki su tüketimi (mm)	Ortalama bitki su tüketimi (mm/gün)
K I ₁	12.07	316.0	2.7	110.0	38.7	2.6
	27.07	390.0	1.6	43.0	69.2	5.8
	08.08	365.4	4.3	79.0	73.7	8.2
	17.08	375.0	-	70.0	44.0	11.0
	21.08	401.0	5.9	43.0	80.0	8.0
	01.09	369.9	0.1	-	21.3	7.1
	04.09	348.7	-	60.0	54.9	6.1
	13.09	353.8	108.8	70.0	83.3	4.9
	30.09	449.3	10.4	-	40.8	2.4
	17.10	418.9				
	Toplam	-102.9	133.8	475.0	505.9	

Ek Çizelge 1. 2006 yılında deneme konularından ölçülen bitki su tüketimi sonuçları

Deneme konusu	Tarih	Toprak nemi (mm/120 cm)	Yağış (mm)	Sulama suyu (mm)	Toplam bitki su tüketimi (mm)	Ortalama bitki su tüketimi (mm/gün)
K I ₂	12.07	316.0	2.7	110.0	38.7	2.6
	27.07	390.0	1.6	43.0	69.2	5.8
	08.08	365.4	4.3	40.0	72.0	8.0
	17.08	337.7	-	35.0	38.0	9.5
	21.08	334.7	5.9	22.0	78.0	7.8
	01.09	284.6	0.1	-	15.3	5.1
	04.09	269.4	-	30.0	40.5	4.5
	13.09	258.9	108.8	35.0	13.6	0.8
	30.09	389.1	10.4	-	23.0	1.4
	17.10	376.5				
	Toplam	-60.5	133.8	315.0	388.3	

Ek Çizelge 1. 2006 yılında deneme konularından ölçülen bitki su tüketimi sonuçları

Deneme konusu	Tarih	Toprak nemi (mm/120 cm)	Yağış (mm)	Sulama suyu (mm)	Toplam bitki su tüketimi (mm)	Ortalama bitki su tüketimi (mm/gün)
D I ₁	12.07	316.0	2.7	110.0	38.7	2.6
	27.07	390.0	1.6	31.0	57.2	4.8
	08.08	365.4	4.3	56.0	65.7	8.2
	17.08	360.0	-	50.0	34.0	8.5
	21.08	376.0	5.9	36.0	61.5	6.2
	01.09	356.4	0.1	-	14.7	4.9
	04.09	341.8	-	64.0	36.0	4.0
	13.09	369.8	108.8	57.0	64.6	3.8
	30.09	471.0	10.4	-	56.1	3.3
	17.10	425.3				
	Toplam	-109.3	133.8	404.0	428.5	

Ek Çizelge 1. 2006 yılında deneme konularından ölçülen bitki su tüketimi sonuçları

Deneme konusu	Tarih	Toprak nemi (mm/120 cm)	Yağış (mm)	Sulama suyu (mm)	Toplam bitki su tüketimi (mm)	Ortalama bitki su tüketimi (mm/gün)
D I ₂	12.07	316.0	2.7	110.0	38.7	2.6
	27.07	390.0	1.6	31.0	57.2	4.8
	08.08	365.4	4.3	28.0	48.0	6.0
	17.08	349.7	-	25.0	28.8	7.2
	21.08	345.9	5.9	18.0	53.0	5.3
	01.09	316.8	0.1	-	12.9	4.3
	04.09	304.0	-	32.0	25.2	2.8
	13.09	310.8	108.8	29.0	13.6	0.8
	30.09	435.0	10.4	-	15.3	0.9
	17.10	430.1				
	Toplam	-114.1	133.8	273.0	292.7	

Ek Çizelge 1. 2006 yılında deneme konularından ölçülen bitki su tüketimi sonuçları

Deneme konusu	Tarih	Toprak nemi (mm/120 cm)	Yağış (mm)	Sulama suyu (mm)	Toplam bitki su tüketimi (mm)	Ortalama bitki su tüketimi (mm/gün)	
I ₃ (Susuz)	12.07	316.0	2.7	110.0	428.7	38.7	
	27.07	390.0	1.6		391.6	55.4	
	08.08	339.05	4.3		343.35	4.5	
	17.08	302.85	-		292.23	4.0	
	21.08	286.85	5.9		292.75	3.4	
	01.09	258.75	0.1		258.85	2.0	
	04.09	252.85	-		252.85	1.05	
	13.09	243.4	108.8		352.2	0.3	
	30.09	347.1	10.4		357.5	0.1	
	17.10	355.8					
	Toplam		-39.8	243.8	110.0	204.0	

ÖZGEÇMİŞ

Şanlıurfa İli' nde 1982 yılında doğdu. İlk, orta, lise eğitimini Şanlıurfa' da tamamladı. 1999 yılında girdiği Trakya Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünden 2005 yılında mezun oldu. Aynı yıl Trakya Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsünde yüksek lisans eğitimine başladı. 2006 yılında girdiği Tarım Kredi Kooperatifinde halen Ziraat Mühendisi olarak görev yapmaktadır.