

**Çeltik (*Oryza sativa* L.) Yetiştiriciliğinde
Bitki Su Tüketimi Bileşenleri ile Su-Üretim
Fonksiyonlarının Farklı Sulama Yöntemleri
Altında Belirlenmesi**

Selçuk ÖZER

**Doktora Tezi
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı
Danışman: Prof. Dr. Yeşim AHİ**

2018

T.C.
TEKİRDAĞ NAMIK KEMAL ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

DOKTORA TEZİ

**ÇELTİK (*Oryza sativa* L.) YETİŞTİRİCİLİĞİNDE BİTKİ SU TÜKETİMİ
BİLEŞENLERİ İLE SU-ÜRETİM FONKSİYONLARININ FARKLI
SULAMA YÖNTEMLERİ ALTINDA BELİRLENMESİ**

Selçuk ÖZER

BIYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

DANIŞMAN: Prof. Dr. Yeşim AHİ

TEKİRDAĞ-2018

Her hakkı saklıdır

Prof. Dr. Yeşim AHI danışmanlığında Selçuk ÖZER tarafından hazırlanan “Çeltik (Oryza sativa L.) Yetiştiriciliğinde Bitki Su Tüketimi Bileşenleri İle Su-Üretim Fonksiyonlarının Farklı Sulama Yöntemleri Altında Belirlenmesi “ isimli bu çalışma Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı’nda Doktora Tezi olarak oybirliği ile kabul edilmiştir.

Juri Başkanı : Prof. Dr. Temel GENÇTAN

İmza :

Üye : Prof. Dr. Süleyman KODAL

İmza :

Üye: Prof. Dr. A. Halim ORTA

İmza :

Üye : Prof. Dr. Yeşim AHI (Danışman)

İmza :

Üye : Doç. Dr. Eyüp Selim KÖKSAL

İmza :

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu Adına

Prof. Dr. Fatih KONUKCU
Enstitü Müdürü

Bu tez TARIMSAL ARAŞTIRMALAR VE POLİTİKALAR GENEL MÜDÜRLÜĞÜ
(TAGEM) tarafından TAGEM/TSKAD/15/A13/P02/11 numaralı proje ile desteklenmiştir.

ÖZET

Doktora Tezi

ÇELTİK (*Oryza sativa* L.) YETİŞTİRİCİLİĞİNDE BİTKİ SU TÜKETİMİ BİLEŞENLERİ İLE SU-ÜRETİM FONKSİYONLARININ FARKLI SULAMA YÖNTEMLERİ ALTINDA BELİRLENMESİ

Selçuk ÖZER

Tekirdağ Namık Kemal Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman : Prof. Dr. Yeşim AHİ

Bu çalışmada, farklı sulama yöntemleri ile sulanan çeltik bitkisinin, verim ve verim bileşenlerinin ve su-üretim fonksiyonlarının belirlenmesi hedeflenmiştir. Bu amaçla farklı sulama yöntemleri ile su düzeylerinin çeltik verim ve verim parametrelerine etkisi istatistiksel ve ekonomik olarak karşılaştırılmıştır. Araştırma, 2015, 2016 ve 2017 yılları çeltik yetiştiricilik dönemleri süresince, tesadüf bloklarında faktöriyel deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak yürütülmüş, üç farklı sulama yöntemi (D: Damla sulama, Y:Yağmurlama sulama, AWD: Tavalarda ıslatma ve kurutma) kullanılmıştır. Her üç yöntemde de 2 farklı sulama suyu düzeyi (I_1 = Toprak nemi tarla kapasitesi civarında iken doyma noktası ile tarla kapasitesi arasındaki suyun %25'i kadar su uygulanan konu, I_2 : Kullanılabilir su tutma kapasitesinin %25'i tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar su uygulanan konu) uygulanmıştır. Ayrıca, çeltik yetiştiriciliğinde yoğun olarak kullanılan geleneksel tava sulama yöntemi, deneme deseni dışında, 3 tekerrürlü olarak yürütülmüş, diğer üç yöntem ile ikili karşılaştırmalara sokulmuştur. Uygulanan sulama suyu miktarları damla sulama, yağmurlama sulama ve AWD sulamasının I_1 ve I_2 sulama düzeyleri için, denemenin 2015 yılında 774 - 1172 mm, 2016 yılında 868 - 1299 mm, 2017 yılında ise 930 - 1372 mm arasında değişmiştir. Geleneksel tava sulama uygulamasında, 2015, 2016, 2017 yıllarında sırası ile 1812, 1939, 1946 mm sulama suyu uygulanmıştır. Toplu varyans analizi sonuçlarına göre, elde edilen verim bakımından; yöntemler, sulama düzeyleri ve sulama yöntemi*sulama düzeyi interaksiyonları arasında istatistiksel olarak %1 seviyesinde farklılık bulunmuştur. Araştırma sonucunda, en yüksek ortalama çeltik verimi, $7,95 \text{ t ha}^{-1}$ ile geleneksel tava sulama uygulamasından elde edilmiştir. Bu uygulamayı $7,60 \text{ t ha}^{-1}$ ile AWD* I_1 interaksiyonu ve $6,39 \text{ t ha}^{-1}$ ile D* I_1 interaksiyonu takip etmiştir. Sulama suyu kullanım randımanları (IWUE), uygulanan tüm sulama yöntemi ve sulama düzeylerinde, araştırmanın ilk yılında $0,47 - 0,64 \text{ kg da}^{-1}\text{mm}^{-1}$, ikinci yılında $0,38 - 0,55 \text{ kg da}^{-1}\text{mm}^{-1}$ ve son yıl $0,41 - 0,59 \text{ kg da}^{-1}\text{mm}^{-1}$ arasında değişmiştir. En yüksek su uygulama randımanı üç yılda da AWD- I_1 konusundan elde edilmiştir. Ekonomik değerlendirmeler neticesinde; farklı sulama yöntemleri ve sulama düzeylerinden elde edilen üç yıllık net gelirler incelendiğinde, en yüksek net gelir geleneksel tava sulama uygulaması ve AWD- I_1 konusundan elde edilmiş ve bu konuyu D- I_1 konusu takip etmiştir. Diğer ekonomik analiz sonuçlarına göre, tüm yöntemlerin I_1 konuları fayda masraf oranı ve iç karlılık oranı bakımından uygulanabilir bulunmuştur.

Anahtar kelimeler: Damla sulama, Yağmurlama sulama, Alternatif tava sulama (AWD), Sulama suyu ihtiyacı, Maliyet analizi.

2018, 136 sayfa

ABSTRACT

Ph.D. Thesis

DETERMINATION OF PLANT WATER CONSUMPTION COMPONENTS AND WATER-PRODUCTION FUNCTIONS UNDER DIFFERENT IRRIGATION METHODS IN PADDY (*Oryza sativa* L.) FARM

Selçuk ÖZER

Namık Kemal University in Tekirdağ
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Main Science Division of Biosystem Engineering
Supervisor: Prof. Dr. Yeşim AHİ

In this study, determination of yield, yield components and water-production functions of paddy plant, irrigated by different irrigation methods, was aimed. For this purpose, the effect of water constraint, applied with different irrigation methods, on paddy yield and yield parameters was compared statistically and economically. The research was carried out according to randomized blocks factorial trial design with three repetitions in 2015, 2016 and 2017 and three different irrigation methods (D: Drip irrigation, Y: Sprinkler irrigation, AWD: Alternate wetting and drying) were used for the irrigation of paddy plant. In every three methods, two different irrigation water levels (I_1 = The subject in which the 25% of the water between the saturation point and field capacity was applied when the soil moisture was around the field capacity, I_2 = The subject in which the water was applied until the field capacity when 25% of the usable water holding capacity) were used. Besides, traditional continuously flooded irrigation method, which is intensively used in paddy farming, was carried out with three repetitions besides the trial design and it was compared with other three methods. The applied irrigation water amounts of drip irrigation, sprinkler irrigation and AWD irrigation in I_1 and I_2 irrigation levels changed between 774-1172 mm in 2015, 930-1372 mm in 2016 and 868-1299 mm in 2017. In traditional continuously flooded application, 1812, 1939 and 1946 mm irrigation water was applied in 2015, 2016 and 2017 years, respectively. As a result of the study, the highest average paddy yield was obtained from traditional continuously flooded method with 7,95 t ha⁻¹. AWD – I_1 application with 7,60 t ha⁻¹ and D- I_1 application with 6,39 t ha⁻¹ followed this. According to the cumulative variance analysis results, the difference between the methods and irrigation levels and irrigation method * irrigation levels was found statistically significant in 1% confidence level. The highest irrigation water usage yields (IWUE) in all applied irrigation methods and irrigation levels changed between 0,47 – 0,64 kg da⁻¹ mm⁻¹ in the first year, 0,38 – 0,55 kg da⁻¹ mm⁻¹ in the second year and 0,41 – 0,59 kg da⁻¹ mm⁻¹ in the third year of the research. The highest water application efficiency was obtained from AWD- I_1 subject in three years. As a result of the economic evaluations, when the different irrigation methods and three-year net incomes obtained from different irrigation methods and irrigation levels were examined, it was determined that the highest net income was obtained from traditional pan irrigation application and AWD- I_1 subject and D- I_1 subject followed this. According to the other economic analysis results (cost-benefit ratio, internal rate of return), it was concluded that I_1 subjects of all the methods were applicable.

Key words: Rice, Drip irrigation, Sprinkler irrigation, Alternate wetting and drying(AWD), Irrigation water requirement, Cost analysis

2018, 136 pages

ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR

Trakya bölgesinde su kaynaklarının yoğun olarak kullanıldığı bitkilerin başında çeltik gelmektedir. Bölge çiftçisi çeltik sulamasında tavalarda göllendirme yöntemi ile sulamaları gerçekleştirmekte, alternatif sulama yöntemleri ve programlarını uygulamamakta, münavebe sistemine yanaşmamaktadır. Ayrıca, çeltiğe devlet desteğinin yükselmesi ile çiftçiler daha fazla gübre ve ilaç kullanarak verimi arttırmaya çalışmakta hatta kendi tarlaları dışında yer kiralayarak yetiştiricilik yapmaktadırlar. Bu durum yıldan yıla su kaynaklarının yanı sıra toprak kaynaklarımızda kalite açısından bozulmasına yol açmaktadır. Alternatif sulama yöntemleriyle hazırlanacak sulama programları sayesinde bölgedeki su kaynaklarının korunması, tasarruf edilecek su ile daha fazla alanda sulama yapılabilir ve verimde artış sağlanacaktır. Bunun da beraberinde çiftçi ekonomisine, bölge kalkınmasına ve dolayısıyla ülke ekonomisine katkı sağlayacağı çok açıktır.

Tez konumu saptayarak, bilgi ve tecrübelerini aktaran, büyük bir sabır ve anlayışla, çok fazla emek sarf eden danışman hocam Sayın Prof. Dr. Yeşim AHI' ye; arazi çalışmalarında, verim-kalite parametrelerinin belirlenmesinde ve laboratuvar analizleri sırasında, desteklerini esirgemeyen Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü mesai arkadaşlarıma; çeltik yetiştiriciliğine dair uzun yıllara dayalı bilgi ve tecrübelerini bizler ile paylaşan Edirne Tarımsal Araştırma Enstitüsü' nden Sayın Dr. Halil SÜREK' e, tezin yazım aşamasında her türlü desteği esirgemeyen Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin T. GÜLTAŞ' a; tezin her aşamasında yanımda olan sevgili eşim Ferhan BALCI ÖZER'e, yeni doğmuş güzel kızım Neva Sude ÖZER'e ve eğitimim süresince maddi ve manevi desteğini esirgemeyen AİLEM'e şükranlarımı sunarım.

Selçuk ÖZER

SİMGELER DİZİNİ

atm	: Atmosfer
AWD	: Tava Sulamada Alternatif Islatma Kurutma
°C	: Santigrat derece
cm	: Santimetre
cm ²	: Santimetrekare
dS m ⁻¹	: Desisimens metre
da	: Dekar
d _n	: Sulamada uygulanacak net sulama suyu miktarı (mm)
d _t	: Her sulamada uygulanacak toplam sulama suyu miktarı (mm)
E _a	: Sulama randımanı (%)
EC	: Elektriksel iletkenlik
ET	: Bitki su tüketimi (mm)
g	: Gram
h	: Saat
ha	: Hektar
hm	: Hektometre
H _m	: Manometrik yükseklik (m)
I	: Toprağın su alma hızı (mm h ⁻¹)
I	: Uygulanan sulama suyu miktarı (mm)
IWUE	: Sulama suyu kullanım randımanı (kg da ⁻¹ m ⁻¹)
WP	: Su üretim randımanı (kg da ⁻¹ m ⁻¹)
kg	: Kilogram
kPa	: Kilopascal
L	: Litre
m	: Metre
m ²	: Metrekare
m ³	: Metreküp
mm	: Milimetre
mg	: Miligram
PE	: Polietilen
pH	: Hidrojen iyonu konsantrasyonu (-) logaritması

ppm	: Milyonda bir
q	: Başlık debisi ($L h^{-1}$)
Q	: Sistem debisi ($L s^{-1}$)
s	: Saniye
S_{yx}	: Standart hata
t	: Ton
T	: Bir sezondaki toplam sulama süresi (h)
T_a	: Sulama süresi (h)
TL	: Türk Lirası
Φ	: Boru çapı (mm)
γ_t	: Toprağın hacim ağırlığı ($g cm^{-3}$)
ΔS	: Kök bölgesindeki toprak nemindeki değişimler (mm)
%	: Yüzde
Pw	: Ağırlık yüzdesi cinsinden nem düzeyi (%)

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa No</u>
ÖZET	i
ABSTRACT	ii
ÖNSÖZ ve TEŞEKKÜR	iii
SİMGELER DİZİNİ	iv
ŞEKİL DİZİNİ	viii
ÇİZELGE DİZİNİ	ix
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	5
2.1. Çeltik Bitkisinin Yetiştiricilik Özellikleri	5
2.2. Çeltik Bitkisinin Su Kullanım Özellikleri	7
2.2.1. Çeltik tarımında yüzey sulama uygulamaları	8
2.2.2. Çeltik sulamasında yağmurlama sulama yöntemi uygulamaları	17
2.2.3. Çeltik sulamasında damla sulama yöntemi uygulamaları	20
3. MATERYAL ve YÖNTEM	28
3.1. Materyal.....	28
3.1.1. Araştırma alanının yeri	28
3.1.2. İklim özellikleri	28
3.1.3. Toprak özellikleri ve topoğrafya	28
3.1.4. Su Kaynağı ve sulama suyunun sağlanması	28
3.1.5. Sulama sistemi	31
3.1.6. Araştırmada kullanılan ölçüm cihazları.....	32
3.1.7. Kullanılan çeltik çeşidi özellikleri.....	33
3.1.8. Kullanılan bilgisayar paket programları	33
3.2. Yöntem	33
3.2.1. Araştırma alanı topraklarının fiziksel ve kimyasal analiz yöntemleri.....	33
3.2.2. Toprağın su alma hızının ölçülmesi	34
3.2.3. Kalibrasyon denklemlerinin elde edilmesi	34
3.2.4. Tarım tekniği	35
3.2.5. Araştırma konuları ve deneme düzeni	36
3.2.6. Sulama suyu uygulamaları	40
3.2.7. Bitki su tüketiminin saptanması	41

3.2.8. Sulama suyu kullanım randımanı ve su üretim randımanı	41
3.2.9. Çeltik verimi ve verim parametrelerinin belirlenmesi.....	42
3.2.10. Yaprak alan indeksi (LAI) değerlerinin saptanması.....	42
3.2.11. Maliyet analizi	43
3.2.12. İstatistiksel analizler	47
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	48
4.1. Deneme Alanı Topraklarının Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine İlişkin Sonuçlar.....	48
4.2. Tansiyometre Kalibrasyon Sonuçları	49
4.3. Çeltik Bitkisinin Fenolojik Gözlemlerine İlişkin Sonuçlar	50
4.4. Uygulanan Sulama Suyu ve Bitki Su Tüketimi Sonuçları	53
4.5. Verim ve Verim Bileşenlerine İlişkin Sonuçlar	62
4.5.1. Çeltik tane verimi	62
4.5.2. Bin tane ağırlığı	65
4.5.3. Salkım uzunlukları.....	68
4.5.4. Bitki boyları.....	69
4.5.5. Hektolitre ağırlığı	72
4.5.6. Saplı ağırlık	73
4.5.7. Hasat indeksi	75
4.5.8. Kırıklı randıman	77
4.5.9. Kırıksız randıman	78
4.5.10. Çiçeklenme ve olgunlaşma gün sayıları	80
4.6. Yaprak Alan İndeksi (LAI) Sonuçları	81
4.7. Su-Üretim Fonksiyonlarına İlişkin Sonuçlar	81
4.8. Maliyet Analizi Sonuçları.....	89
4.8.1. Net gelir	89
4.8.2. Fayda masraf oranı	90
4.8.3. İç karlılık	94
5. SONUÇ ve ÖNERİLER.....	95
6. KAYNAKLAR.....	97
EKLER	107
ÖZGEÇMİŞ	136

ŞEKİL DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Şekil 3.1. Yetiştirme dönemine ilişkin iklim elemanlarının aylık değişimi.....	30
Şekil 3.2. Araştırma alanına ait görüntü.....	31
Şekil 3.3. Tarımsal işlemlere ait görüntüler.....	37
Şekil 3.4. Deneme Düzeni.....	38
Şekil 3.5. Damla sulama parsel ayrıntısı.....	39
Şekil 3.6. Yağmurlama sulama parsel ayrıntısı.....	39
Şekil 3.7.. AWD ve Tava sulama parsel ayrıntısı.....	40
Şekil 3.8. Çeltik yaprak alan indeksi (LAI) ölçümlerine ilişkin görüntüler.....	43
Şekil 4.1. Toprağın farklı derinlikleri için elde edilen tansiyometre kalibrasyon denklemleri.....	49
Şekil 4.2. Büyüme periyodu uzunlukları.....	51
Şekil 4.3. Bireysel büyüme periyotlarına ilişkin bazı görüntüler.....	51
Şekil 4.4. Çeltik bitkisinin gelişme dönemlerine ait bazı görüntüler.....	52
Şekil 4.5. Sulama konularına göre 2015 yılı nem değişimleri (a, b, c).....	54
Şekil 4.6. Sulama konularına göre 2016 yılı nem değişimleri (a, b, c).....	55
Şekil 4.7. Sulama konularına göre 2017 yılı nem değişimleri (a, b, c).....	56
Şekil 4.8. Sulama konularına göre 2015 yılı aylık bitki su tüketimi değişimleri.....	58
Şekil 4.9. Sulama konularına göre 2016 yılı aylık bitki su tüketimi değişimleri.....	59
Şekil 4.10. Sulama konularına göre 2017 yılı aylık bitki su tüketimi değişimleri.....	60
Şekil 4.11. Çeltik bitkisi için LAI – verim ilişkisi.....	82
Şekil 4.12. Araştırma yıllarında deneme konularında elde edilen sulama suyu kullanım randımanı değişimi.....	87
Şekil 4.13. Araştırma yıllarında deneme konularında elde edilen su üretim randımanı (WP) değişimi.....	87
Şekil 4.14. Araştırma yıllarında mevsimlik sulama suyu miktarı (a) ve mevsimlik toplam su kullanımına (b) karşılık elde edilen su verim ilişkisi.....	88

ÇİZELGE DİZİNİ

	<u>Sayfa No</u>
Çizelge 3.1. Kırklareli ili uzun yıllar ortalama iklim değerleri (1959 -2017).....	29
Çizelge 3.2. Denemenin 2015, 2016, 2017 yıllarına ait tarımsal işlemler.....	36
Çizelge 3.3. Sulama sistem unsurlarının servis ömürleri.....	46
Çizelge 3.4. Farklı sulama yöntemleri için 1 hektarlık alanda gerekli işgücü süresi (h).....	46
Çizelge 4.1. Deneme alanı topraklarının fiziksel özellikleri.....	48
Çizelge 4.2. Deneme alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri.....	48
Çizelge 4.3. Sulama suyu analiz sonuçları.....	49
Çizelge 4.4. Araştırma yıllarında çeltik bitkisinin gelişme dönemleri.....	50
Çizelge 4.5. Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve çeltik bitkisinin mevsimlik su tüketimleri (mm).....	57
Çizelge 4.6. Araştırma yıllarında konulara göre çeltik bitkisinin ortalama verim değerleri ($t\ ha^{-1}$).....	64
Çizelge 4.7. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen verim değerleri varyans analizi sonuçları.....	64
Çizelge 4.8. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen verim değerlerine ilişkin LSD grupları.....	65
Çizelge 4.9. Araştırma yıllarında deneme konularına ilişkin ortalama bin tane ağırlığı değerleri (gr).....	67
Çizelge 4.10. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen ortalama bin tane ağırlığı değerleri varyans analizi sonuçları.....	67
Çizelge 4.11. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen ortalama bin tane ağırlıklarına ilişkin LSD grupları.....	67
Çizelge 4.12. Araştırma yıllarında deneme konularına göre ortalama salkım uzunlukları (cm).....	69
Çizelge 4.13. Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen ortalama salkım uzunluğu değerleri varyans analizi sonuçları.....	69
Çizelge 4.14. Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen ortalama salkım uzunluğuna ilişkin LSD grupları.....	70
Çizelge 4.15. Araştırma yıllarında deneme konularına göre ortalama bitki boyu uzunlukları (cm).....	71

Çizelge 4.16. Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen ortalama bitki boyları değerleri varyans analizi sonuçları	71
Çizelge 4.17. Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen ortalama bitki boylarına ilişkin LSD grupları	72
Çizelge 4.18. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen tohumların ortalama hektolitre ağırlığı değerleri (kg).....	73
Çizelge 4.19. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama hektolitre ağırlığı değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	73
Çizelge 4.20. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama saplı ağırlık değerleri (t ha ⁻¹).....	74
Çizelge 4.21. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama saplı ağırlık değerlerinin varyans analizi sonuçları	74
Çizelge 4.22. Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen ortalama saplı ağırlık değerlerine ilişkin LSD grupları.....	75
Çizelge 4.23. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama hasat indeksi değerleri (%).....	76
Çizelge 4.24. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama hasat indeksi değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	76
Çizelge 4.25. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen hasat indeksi değerlerine ilişkin LSD grupları.....	76
Çizelge 4.26. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama kırıklı randıman değerleri (%).....	77
Çizelge 4.27. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama kırıklı randıman değerlerinin varyans analizi sonuçları	78
Çizelge 4.28. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen kırıklı randıman değerlerine ilişkin LSD grupları.....	78
Çizelge 4.29. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama kırksız randıman değerleri (%).....	79
Çizelge 4.30. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama kırksız randıman değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	79
Çizelge 4.31. Çeltik bitkisinin 2015 yılı çiçeklenme, olgunlaşma ve hasat gün sayıları.....	80
Çizelge 4.32. Çeltik bitkisinin 2016 yılı çiçeklenme, olgunlaşma ve hasat gün sayıları.....	81
Çizelge 4.33. Çeltik bitkisinin 2017 yılı çiçeklenme, olgunlaşma ve hasat gün sayıları.....	81
Çizelge 4.34. Deneme konularından elde edilen LAI değerleri (m ² m ⁻²).....	82

Çizelge 4.35. Araştırma yıllarında deneme konularında elde edilen sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su üretim randımanı (WP) değerleri (kg da ⁻¹ mm ⁻¹).....	83
Çizelge 4.36. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen IWUE değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	84
Çizelge 4.37. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen WP değerlerinin varyans analizi sonuçları.....	84
Çizelge 4.38. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen IWUE değerlerine ilişkin LSD grupları.....	85
Çizelge 4.39. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen WP değerlerine ilişkin LSD grupları.....	86
Çizelge 4.40. Deneme konularından elde edilen su tasarrufu miktarları (%).....	89
Çizelge 4.41. 2015 yılı maliyet analiz sonuçları.....	91
Çizelge 4.42. 2016 yılı maliyet analiz sonuçları.....	92
Çizelge 4.43. 2017 yılı maliyet analiz sonuçları.....	93
Çizelge 4.44. Farklı sulama yöntemlerinde elde edilen fayda masraf oranları.....	94
Çizelge 4.45. Farklı sulama yöntemlerinde elde edilen iç karlılık oranları.....	94

1. GİRİŞ

Günümüzde var olan sınırlı üretim kaynaklarına rağmen, tüketim ihtiyaçları gün geçtikçe artmakta ve insanoğlunun talebinin karşılanması zorlaşmaktadır. Bu problemin üstesinden gelebilmek amacıyla, insanlar ellerindeki kıt kaynaklarla daha fazla üretim yapabilmenin yollarını aramaktadırlar. Ülkemizde tarım arazilerinin genişletilmesi teknik ve ekonomik açıdan söz konusu olamayacağından, var olan alanlarda üretimin arttırılabilmesi, kaliteli tohumluk kullanılması, bilinçli tarımsal mücadele, gübreleme ve etkili toprak işlemenin yanı sıra, bilinçli ve tekniğine uygun sulama uygulamaları yapılmasıyla mümkün olacaktır.

Ülkemizde yeraltı ve yerüstü su kaynakları potansiyeli toplam 112×10^9 m³/yıl'dır. Mevcut tarım alanı 28×10^6 ha ve sulanan tarım alanı ise yalnızca $5,90 \times 10^6$ ha'dır (Anonim 2018a). Hedef daha fazla alanın sulu tarıma açılabilmesidir. Ancak mevcut su kaynakları ile daha geniş alanların sulanabilmesi için, en önemli koşullardan ilki mevcut sulama teknolojilerinin geliştirilmesi, toprak, bitki, su kaynağı, ekonomi gibi faktörler göz önüne alınarak en uygun sulama yönteminin seçilmesi, yöntemin gerektirdiği sulama sisteminin kurulması ve uygun biçimde işletilmesidir (Tekinel 1973). Bunun yanında su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde, su kaynaklarından en iyi biçimde yararlanmak için bitki büyüme mevsimi boyunca ya da topraktaki nem eksikliğine dayanıklı olduğu periyotlarda su ihtiyacını tam karşılama yerine eksik karşılayarak sulama suyundan tasarruf sağlanabilir. Bu koşulda birim alan başına verimde azalma olsa bile, mevcut su kaynağı ile daha geniş alanlar sulanabilir ve toplam sulanan alandan daha fazla ürün elde edilebilir. Bu amaçla yetiştirilen bitkinin su-verim ilişkilerinin, bitki su tüketimine bağlı verim değerlerinin bilinmesi gerekir.

Sulama, yöntem ve sisteminin seçiminde ekonomik faktörler çok önemlidir. Bazı özel koşullar dışında, suyun toprağa veriliş biçimi bitkiden çok uygulayıcıyı ilgilendirir. Başka bir deyişle, suyun hangi yöntemle ve ne miktarda verileceği eldeki tüm mevcut olanaklar ile en ekonomik kararı vermek zorunda olan sulama mühendisinin sorumluluğundadır. Ancak bu bilinçle davranıldığında, sulamaya açılan alanlarda etkin bir su kullanımı sağlanarak verim ve buna paralel olarak çiftçinin ekonomik düzeyi arttırılabilir (Orta 1997).

Trakya bölgesinde, su kaynaklarının kısıtlı olması ve gelişen sanayinin bu kaynakları daha fazla kullanması, tarımsal sulamada kullanılacak su miktarını kısıtlamaktadır. Öte yandan, bölgede uygun mekanizasyon, yeterli gübreleme, etkin tarımsal mücadele, iyi tohumluk seçimi gibi etmenlerin sağladığı verim artışı belirli düzeye ulaşmıştır. Yörede

ulaşılan üretimin daha da arttırılmasının yolu, bilinçli ve ekonomik sulama uygulamalarının yapılmasıyla gerçekteşebilir (Gültaş 2013).

Trakya bölgesi ülkemizin önemli tarımsal bölgelerinden birisi olup; 1,21 milyon ha tarıma elverişli arazi ve 1,05 milyon ha sulanabilir arazi ile Türkiye'nin %4'ünü teşkil etmektedir. Ekonomik olarak sulanabilir arazi 413 388,00 ha'dır. Bölge, ülkemiz yerüstü su potansiyelinin %10'una (9,14 milyar m³), yeraltı su potansiyelinin %5'ine (0,684 milyar m³) sahiptir (Anonim 2018b).

Trakya Bölgesi, çeltik ülke üretiminin %50' sini, ayçiçeği üretiminin %35' ini ve buğday üretiminin ise %12' sini sağlamaktadır. Bölgede su kaynaklarının yoğun olarak kullanıldığı bitkilerin başında çeltik gelmektedir. Bölge çiftçisi çeltik sulamasında tavalarda göllendirme yöntemi ile sulamaları gerçekteştirmekte, alternatif sulama yöntemleri ve programları ile münavebe sistemini henüz uygulamamaktadır. Ayrıca, çeltiğe devlet desteğinin yükselmesi ile çiftçiler daha fazla gübre ve ilaç kullanarak verimi arttırmaya hatta kendi alanları dışında yer kiralayarak yetiştiricilik yapmaya çalışmaktadırlar. Çeltik tarımının aynı bölgede uzun süredir yapılması sebebi ile su kaynaklarının yanı sıra toprak kalitesi açısından da literatüre paralel olarak (Zhou ve ark. 2014) bazı problemlerin oluşabileceği öngörülmektedir. Bu nedenle, su kaynaklarının kısıtlı olduğu ve mevcut su ile yüksek kalite ve verimin arandığı Trakya Bölgesi gibi bölgelerde, toprak - bitki ve atmosfer ilişkileri çok iyi irdelenerek, alternatif su uygulama yöntem ve programlarının bölge koşullarında uygulanabilirliği araştırılmalıdır.

Ülkemizde çeltik tarımı, sulama suyu imkânlarına bağlı olarak tüm coğrafi bölgelerimizde, yaklaşık olarak 35 ilde yapılmaktadır. Son yıllarda Trakya-Marmara ve Karadeniz bölgeleri başta olmak üzere iki çeltik ekim bölgesi ortaya çıkmıştır. Bunları İç Anadolu ve Güneydoğu Anadolu Bölgeleri izlemektedir. Çeltik alanlarının %56,0'sını Trakya-Marmara, %36,5'ini Karadeniz Bölgesi, %7,5'ini ise diğer bölgelerimiz oluşturmaktadır (Sürek 2002).

Çeltik tarımında en önemli etmenlerin başında sulama suyunun sağlanması ve yönetimi gelmektedir. Suyu daha etkin kullanma amacıyla, dünyada çeltikte su kullanımına ait çok sayıda araştırma yapılmıştır (Bouman ve ark. 2002, 2005, Dunn ve ark. 2004, Xianqin ve ark. 2005, Veries ve ark. 2010, Nyami ve ark. 2012, Shahanila 2015, Shaibu ve ark. 2015, Carrijo ve ark. 2017, Bhardwaj ve ark. 2018, Singh ve ark. 2018). Su kullanım randımanını arttıracak sulama yöntemleri ve uygulamalarından, tavalarda kesikli sulama, tavalarda ıslatma ve kurutma (AWD, SWD vb.), karık sulama yöntemi ve basınçlı sulama yöntemlerinden damla sulama ve yağmurlama sulama yöntemleri kullanılmaktadır. Sulama yöntemlerinin

yanında, az su ile yüksek verim veren çeşit ıslahı yönünde çeşitli denemeler (Bouman ve ark. 2002, Mendoza ve ark. 2007, Zou ve ark 2007, Veries ve ark. 2010, Sujono ve ark. 2011, Usman 2013, Beser ve ark. 2015, Soriano ve ark. 2016) yürütülmektedir. Bu ıslah çalışmaları sonucunda tarlada göllenmiş su bulundurmadan yüksek verim veren aerobik çeşitler geliştirilmektedir.

Çeltik yetiştiriciliğinde tarlada devamlı su bulunması halinde aneorobik şartlar ve bunun sonucunda metan gazı oluşmaktadır. Metan gazı da atmosferde sera gazı oluşumuna neden olmaktadır (Li 2012). Özellikle damla sulama ve yağmurlama sulama ile aerobik şartlarda çeltik tarımı yapılarak, çevreye verilen olumsuz etki bir anlamda ortadan kaldırılmaya çalışılmaktadır. Dünya literatürü incelendiğinde, çeltikte anaerobik yetiştiricilik (su altında bırakma) yerine aerobik yetiştiricilik olarak ifade edilen tarla kapasitesi ile doyma noktası civarında yapılacak sulamalar ile verim azalmasının yaşanmadığı, daha randımanlı üretim yapılabildiği görülmektedir (Bouman 2002, Matsuo ve Mochizuki 2009, Gill ve ark. 2011). Bunun yanında damla sulama ile çeltik üretiminde su tasarrufu sağlanmakta, tarla tesviye masrafı ortadan kalkmakta, hasat daha kolay yapılmakta, hastalık ve zararlılar için ekim nöbeti uygulaması daha geniş alanlarda yapılabilmektedir.

Sulama zamanı programlarının oluşturulmasında ve bitki su kullanımının etkin biçimde belirlenmesinde, iklim ve toprak parametrelerinin yanı sıra bitkiye ilişkin bazı ölçümler de önemlidir ve özellikle bitkideki su eksikliği toprak su miktarı ile ilişkili olarak stres düzeyinin ve transpirasyonun tahmininde kullanılmaktadır. Bitkilerdeki su kullanımının ortaya konulmasında, stoma direnci, yaprak- atmosfer sıcaklıkları arasındaki farklar, yaprak alan indeksi ve bitkideki fotosentezin bir göstergesi olan aktif radyasyon değerlerinin elde edilmesinde, yaprak alan ölçer ölçümlerinden yararlanılmaktadır (Jackson 1982, Idso ve ark. 1981, Idso 1983, Gallo ve Daughtry 1986, Rachidi ve ark. 1993).

Trakya Bölgesi'nde su kaynaklarının kısıtlı olması, birim sudan en yüksek yararı sağlayacak sulama yöntem ve programlarının seçimi ve uygulanmasını zorunlu kılmaktadır. Bu tez çalışması ile, çeltik yetiştiriciliğinde aşırı ve kontrolsüz sulama uygulamaları, bilinçsizce kullanılan kimyasal ilaçlar ve ürün destekleri ile bunların ekosistem üzerinde yaratabileceği olası etkilerin incelenmesi amaçlanmıştır. Bu amaçla, kullanılan sulama yöntemine bağlı olarak toprakta suyun hareketi, çeltik bitkisinin su-üretim fonksiyonları, çeltik verim ve verim parametreleri belirlenmeye çalışılmıştır.

Araştırma ile;

- Çeltik tarımında fazla kullanılan sulama suyundan alternatif sulama yöntemleri ile tasarruf sağlamak,

- Farklı sulama yöntemi ve sulama suyu uygulamalarının verim ve kalite özelliklerine etkisinin araştırılması, sulama ekonomisinin irdelenmesi,
- Az su kullanımı ve eş su dağılımı gibi özelliklere sahip basınçlı sulama yöntemlerinin çeltik bitkisinde uygulanabilirliği,
- Toprak nem tansiyonunun izlenmesinde tansiyometrelerin kullanılması, toprağın fiziksel ve kimyasal özelliklerinin izlenmesi,
- Deneme süresince araştırma konularında bitki su tüketimi bileşenlerinin ölçülmesi ve su – üretim fonksiyonlarının belirlenmesi hedeflenmiştir.

Giriş ile birlikte dört bölümden oluşan bu araştırmanın, ikinci bölümünde bu konuda yapılan çalışmalar verilmiş, üçüncü bölümde araştırmada kullanılan Materyal ve Yöntem açıklanmış, son bölümde ise araştırmada elde edilen Sonuçlar verilmiş ve Bulgular tartışılmıştır.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

2.1. Çeltik Bitkisinin Yetiştiricilik Özellikleri

Çeltik en eski kültür bitkilerinden biridir. Gen merkezinin Güneydoğu Asya, Hindistan ve Çin olduğu tahmin edilmektedir. İnsanlar için besin kaynağı olarak, tahıllar içinde buğdaydan sonra gelen en önemli üründür. Aynı zamanda çeltik dünyadaki insanların yarısından fazlasının ana besin kaynağıdır.

Çeltik, insan beslenmesinde önemli yeri olan, su içinde çimlenen, kökleri suda erimiş oksijenden yararlanabilen tek tahıl cinsidir. Bir kültür bitkisi olarak; uzun kök, dar yapraklar, birleşik salkımlar ve her birinde sadece tek bir çeltik tanesi bulunan başakçıklardan oluşur. Yüksek dallanma kapasitesi olan bu bitkinin salkımlarında ortalama 200 adet çeltik tanesi bulunur. Bu taneler işlemden geçtikten sonra insan tüketimine uygun olan pirinç halini alır. Pirinç, dünyada en çok tüketilen ikinci tahıldır. Dünya nüfusunun yarısının günlük kalori ihtiyacının yüzde ellisini karşılayan pirinç; magnezyum, B vitamini, niasin, fosfor, B6 vitamini, çinko ve bakır deposudur. Ancak, protein açısından oldukça düşük değerlere sahiptir.

Çeltik bitkisinin yetiştirme devreleri sırasıyla; başlangıç (çimlenme öncesi, ekim ve sarı çimlenme), vejetatif gelişme (sapa kalkma ve başak gelişimi), çiçeklenme (Salkım çıkışı), tane dolumu (süt olum ve sarı olum) ve olgunlaşma dönemleridir. Çeltik kültürel faaliyetler açısından diğer bitkilerden farklı isteklere sahip bir bitkidir. Dolayısıyla çeltiğin sulama suyu miktarının ve bitki su tüketiminin belirlenmesi ve bu suyun uygulanması da farklı olmaktadır. Bazen saturasyon halindeki nemli topraklarda, bazen de su altında yetiştirilen çeltiğin ihtiyaç duyduğu su miktarı, iklim ve yetiştirme periyodunun uzunluğuna bağlı olarak değişmektedir (Tülücü 2003).

Çeltik sulamasında kullanılan sulama suyunun kalitesi elde edilecek verim üzerine etkilidir. Çok sık karşılaşılan sorunlar; tuzluluk, çinko ve fosfor eksikliği ile sodyum ve klor fazlalığıdır. Bu parametrelere ilişkin en yüksek değerler ve çeltik bitkisine olan etkileri Dobermann ve Fairhurst (2000) tarafından açıklanmıştır. Kalsiyum miktarının 60 ppm, bikarbonat miktarının 305 ppm' in üzerinde olması topraklarda pH değerinin yükselmesine ve sonuç olarak çinko ve fosfor eksikliğine neden olmaktadır. Tuzluluğun 4,8 dS m⁻¹ yi aşması halinde ise %50 ve üzerinde verim azalmaları ile karşılaşmaktadır.

Su kalitesi açısından; belirli tuzluluk oranlarına sahip olan suların çeltik sulamasında kullanılması zorunlu olduğunda bitkinin tuza hassas ve toleranslı dönemlerinin bilinmesi,

tuzlu suların olumsuz etkisinin azaltılabilmesi için önemlidir. Sulama suyu tuzluluk deęerinin 3,3 dS m⁻¹ ve 6,0 dS m⁻¹ olması durumunda eltik veriminde sırasıyla %36 ve %49 oranında dūşūş olduęu sonucu izlenmektedir (Zeng ve ark. 2003).

Çeltikte, sulama suyu kalitesi bakımından dikkate edilmesi gereken dięer bir etken de sulama suyu sıcaklıęıdır. Uygun sulama suyu sıcaklıęı 22-30 °C arasındadır. Su sıcaklıęının 15 °C nin altına inmesi verimde azalmalara neden olmaktadır (Tūlūcū 2003). Zia ve ark. (1994) 30 gūn sūre ile 17 ve 21 °C sıcaklıktaki sulama suyunun eltik üretiminde etkisini incelemiřlerdir. Arařtırma sonucunda dūřuk seviyelerdeki sulama suyu sıcaklıęının bitkinin topraktan azot, fosfor ve potasyum alımını azalttıęı, bu nedenle bitki geliřmesinde dūřūře neden olduęu sonucu elde edilmiřtir.

Çeltik için çimlenme ve fide devresinde uygun sıcaklık aralıęı 18-35 °C'dir. Çeltik ekimi yapılması için su sıcaklıęının en az 12 °C olması gerekmektedir. Dūřuk sıcaklıęın etkisinde kalındıęında būyūme ve geliřmesinde önemli aksamalar gōrūlmektedir. Bitkilerde cūceleřme ve az kardeřlenme meydana gelmekte, salkım çıkıřı gecikmektedir. Çiçeklenme sūresi ve olgunlařma sūresi açısından dūzensizlikler oluřmaktadır (Tūlūcū 2003).

Çeltik ūzerine yapılan arařtırmalar, azotlu gūbrelemenin bitki geliřimi ve verimi olumlu etkiledięi gōrūlmektedir. Bu arařtırmalarda en uygun gūbre formunun Amonyum Sūlfat olduęu ve dekara 15-18 kg saf azotun yūksək verim ve kaliteli ūrūn için yeterli olduęu ortaya konulmuřtur. Azotlu gūbre uygulamasının ekimle birlikte, kardeřlenme dōneminde ve salkım oluřumunda olmak ūzere 3'e bōlūnmesinin olumlu sonuçlar verdięi gōrūlmūřtur (Belder ve ark. 2005, Fageria ve ark. 2005)

Çeltik ekim zamanı ūlkemizde bōlgelere gōre değişmektedir. Hava ve sulama suyu sıcaklığı bu konuda belirleyicidir. Çeltik ekimi Marmara, Karadeniz ve Trakya bōlgelerinde Mayıs ayının ilk yarısında, Ege ve Akdeniz bōlgelerinde 15 Nisan-20 Haziran, Gūneydoęu Anadolu bōlgesinde 20 Nisan-15 Mayıs ve İç Anadolu bōlgesinde 10-20 Mayıs tarihleri arasında yapılmaktadır (Sūrek 2002).

Birleřmiř Milletler Gıda ve Tarım Őrgūtū (FAO) verilerine gōre; Dūnya' da yaklařık 167 M ha alanda, 770 M ton eltik ūretimi yapılmaktadır ve verim deęeri 4,60 t ha⁻¹' dir. Ūlkemizde eltik ekiliř alanı 109 505 ha, ūretim miktarı 900 000 ton ve verim deęeri 8,20 t ha⁻¹' dir (Anonim 2017a). Tūrkiye İstatistik Kurumu (TUIK) verilerine gōre, çalıřmanın yapıldıęı Trakya bōlgesinde ise Edirne, Tekirdaę ve Kırklareli illerini kapsayan toplam ekiliř alanı 48 712 ha, ūretim miktarı ve verim deęerleri sırasıyla 424 268 ton ve 8,44 t ha⁻¹' dir (Anonim 2017b).

2.2. Çeltik Bitkisinin Su Kullanım Özellikleri

Ülkemizde ve dünya da farklı iklim koşulları için çeltiğin sulama programlamasına ışık tutacak çok sayıda araştırma gerçekleştirilmiştir.

Dünya'da çeltik üzerine yürütülen çalışmalar çeltiğin sezonluk su ihtiyacının 1650-3000 mm aralığında değiştiğini işaret etmektedir (Tuong and Bouman 2003, Lampayan and Bouman 2005). Ülkemizde ise çeltik sulamasına yönelik yapılan çalışmalarda, toplam sulama suyu miktarları 788-4355 mm aralığında değişiklik göstermektedir (Özkara 1981, Ayday ve ark. 1981, Çakır ve ark. 1998, Anonim 2009, Tuna 2012).

Bayrak (1986), Bafra ovasında çeltik bitkisinin sulama suyu ihtiyacını belirlemek için yürüttüğü çalışmada; A: Tavalardaki su yüksekliği 10 cm, B: Tavalarda doymuş halde, C: Tavalardaki su yüksekliği 4 günde bir 10 cm ve D: Tavalardaki su yüksekliği 7 günde bir 10 cm olacak şekilde oluşturduğu konularda, tane verimi yönünden istatistiksel fark bulunmadığını açıklamıştır. Araştırmacı; B konusunun diğer konulara göre su tasarrufu sağladığını, bu konunun veriminin A konusuna göre 0,741 t ha⁻¹ daha az olduğunu belirtmiştir. Araştırmada; A konusuna uygulanan su miktarı 2036,4 mm, B konusuna 1390 mm, C konusuna 2136,9 mm ve D konusuna da 1832,9 olmuştur.

Geleneksel çeltik sulama uygulaması olan devamlı tava sulama; belirli derinlikte suyun sürekli olarak toprak yüzeyinde bulundurulmasıdır. Tabbal ve ark. (2002) ilk ekim zamanında 2-5 cm, daha sonraki dönemlerde ise 4-7 cm su yüksekliğinin uygun olacağını belirtirken, Bouman ve Toung (2001) 5-10 cm su yüksekliğinin uygulanabileceğini belirtmişlerdir.

Arkansas'ta (ABD) yapılmış olan bir çalışmada devamlı sulama ile sulanan çeltik bitkisinde sulama suyu miktarları 600-1220 mm aralığında değişirken (Tacker ve ark. 2001), Vories ve ark. (2006) tarafından tava sulamada çeltik yetiştiriciliğinde kullanılan suyun 460-1435 mm olduğu belirtilmiştir. Smith ve ark. (2007) Mississippi ve Arkansas bölgelerinde çeltik yetiştiriciliğinde uygulanan sulama suyu miktarlarının değişik uygulama biçimlerinde 619-1534 mm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Arkansas'ta yapılan bir diğer çalışmada, çeltik bitkisi yetiştirme döneminde uygulanan toplam sulama suyu miktarlarının 1057-1910 mm arasında değiştiği bildirilmiştir (Henry ve ark. 2016). Aryal (2012) yaptığı çalışmada çeltik bitkisinin sulama suyu ihtiyacını 711 mm olarak, 550 mm yağış miktarıyla toplamış ve toplam su kullanımını 1261 mm elde etmiştir.

Delibaş ve ark. (2010), Trakya Bölgesi'nde 10-20 cm su seviyesinin korunduğu tava sulama yöntemi ile sulanan 50 000 ha'lık çeltik alanında sulama suyu ihtiyacını

26 830 m³ ha⁻¹ olarak hesaplamışlardır. Bu rakamın bölgenin tamamındaki ekiliş alanları için yaklaşık 1,4 × 10⁹ m³ olduğunu, ancak esas su kaynağı olan Meriç Nehri'nin debisinin sulama suyuna yoğun ihtiyaç duyulan dönemde 0,3 × 10⁹ m³' e kadar indiğini açıklamışlardır. Bu ve benzeri durumlarda, özellikle su kaynağının kısıtlı olduğu hallerde, çeltik tarımında alternatif sulama yöntemleri ile su uygulamalarının karşılaştırılması zorunlu hale gelmiştir ve dünyada birçok araştırma yürütülmüştür.

2.2.1. Çeltik tarımında yüzey sulama uygulamaları

Bhuiyan ve ark. (1995) su tasarrufu sağlayan uygulamalarla (W1: ekim-hasat periyodunda 5-7 cm su yüksekliği, W2: ekimden-hasada kadar toprağı doymun halde bırakma, W3: ekimden hasada kadar 4 günde bir 2 cm su yüksekliği, W4: ekimden hasada kadar 7 günde bir 5 cm su yüksekliği) yürüttükleri araştırmada sulama suyu miktarlarının 713-1303 mm, verimin ise 3378-6685 kg ha⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. En yüksek verim, W1 su uygulamasından 6685 kg ha⁻¹ elde edilmiştir. Su kısıtı uygulanan yöntemlerde verimin düştüğünü, su tasarrufunun arttığını vurgulamışlardır.

Beşer (1997) tarafından yapılan araştırmada; çeltik tane verimleri incelendiğinde, sulama yöntemleri arasındaki farklılıklar istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. En yüksek verimi tava sulamada 6,512 t ha⁻¹, kesikli sulamada 5,136 t ha⁻¹, karık sulamada 4,386 t ha⁻¹ ve yağmurlama sulama yönteminde 3,639 t ha⁻¹ olarak bulmuştur. Sürekli sulama uygulamasında; salkım uzunluğu, bitki boyu, bin tane ağırlığı, salkımda başakçık sayısı, saplı ağırlık, hasat indeksi, hektolitre ağırlığı, gibi verim parametrelerinde artışlar gözlenmiştir. Çiçeklenme gün sayısı, olgunlaşma gün sayısı, kırıksız randıman gibi parametrelerde ise azalmalar olmuştur. Su stresine sokulan konularda verim azalışı; salkımda tane sayısı ve bin tane ağırlığı azalışından kaynaklanmıştır.

Borrell ve ark. (1997) yaptıkları çalışmada; 30 cm genişlik ve 15 cm derinlikte karıklar arasında oluşturdukları 120 cm genişliğindeki tavalarda doymun koşullarda çeltik yetiştirmişlerdir. Araştırma sonucunda devamlı sulamaya kıyasla, kullanılan sulama suyunda %32 azalma, çeltik veriminde de %15 ve üzerinde azalma olduğunu, ancak verimdeki bu azalmanın sadece denemenin ilk yılında görüldüğünü açıklamışlardır. Ockerby ve Fukai (2001) yapmış oldukları benzer bir çalışmada verimin azalmadığını fakat bitki gelişiminin geciktiğini belirtmişlerdir.

Bouman ve Toung (2001) su tasarrufu sağlayan AWD (alternatif ıslatma ve kurutma) sulamasında, yani bitki kök bölgesinde tansiyonun -100 ile -300 mbar olduğu koşullarda tutulduğunda, tava sulamada devamlı sulamaya göre %23 su tasarrufu sağlandığını, buna karşın verimde %10-40 azalma olduğunu belirtmişlerdir. Yöntemlerin su etkinlikleri

karşılaştırıldığında, geleneksel tava sulamada 0,3-1,1 g kg⁻¹ arasında değiştiği, AWD metodunda ise bu değer en yüksek 1,9 g kg⁻¹'a kadar çıktığı belirtilmiştir.

Vories ve ark. (2002) yürüttükleri 3 yıllık çalışmada çeltik yetiştiriciliğinde geleneksel tava sulama ile karık sulama yöntemini karşılaştırmışlardır. Geleneksel tava sulamada 1680-3310 mm su uygulanırken, karık sulamada 630-840 mm su uygulamaları gerçekleşmiştir. Verimleri karşılaştırdıklarında, geleneksel tava sulamada 7,04 t ha⁻¹, karık sulamada ise 6,02 t ha⁻¹ verim elde ettiklerini belirtmişlerdir. Geleneksel tava sulamada su uygulama randımanlarını 2,07-4,81 kg ha⁻¹mm⁻¹ ve hasat indeksi değerini %48,1, karık sulamada ise su uygulama randımanlarını 5,88-10,41 kg ha⁻¹ mm⁻¹, hasat indeksi değerini ise %47,8 olarak bulmuşlardır. Vories ve Ark. (2005), 1999-2002 çeltik yetiştirme periyotları boyunca geleneksel tava ve çift girişli sistemi (suyun bir boruda açılan delikler yardımıyla tavalara 2 yönlü olarak verilmesi) çiftçi arazilerinde karşılaştırmalı olarak denemişler ve uygulanan sulama suyu sırası ile 930 mm, 703 mm, elde edilen ortalama verimler sırası ile 7,41 t ha⁻¹ ve 7,66 t ha⁻¹, su uygulama randımanları 8,74, 11,89 kg ha⁻¹mm⁻¹ bulunmuştur. Çift girişli uygulamada %24 daha az su kullanımı olduğunu belirtmişlerdir. Vories ve Ark. (2010) yaptıkları diğer bir çalışmada yağmurlama (center pivot) sulama sisteminin çeltik üretiminde kullanılabilirliğini araştırmak için geleneksel tava sulama ile karşılaştırmasını yapmışlardır. Araştırma sonucunda geleneksel tava sulamada 589 mm, center pivot sisteminde ise 470 mm su uygulamışlardır. Elde edilen verimler sırası ile 10,1 t ha⁻¹, 9,7 t ha⁻¹ ve sulama suyu kullanım randımanları sırası ile 1,7 kg m⁻³, 2,1 kg m⁻³ bulunmuştur.

Bouman ve ark (2002), su kaynakları miktarlarındaki azalmaların günümüzde artması nedeniyle, aerobik çeltik yetiştiriciliğini, tavalarda göllendirme yapmadan sulama ve gübreleme yapılarak yeni ve yüksek verimli çeşitlerin yetiştirildiği bir yöntem kavram olarak belirtmişlerdir. Bu sistemde başarılı olmak için yeni çeşitler ve yöntemler geliştirilmesi gerekliliğini bildirmişlerdir. Bu amaçla Kuzey Çin' de yaptıkları çalışmada, yeni geliştirilen aerobik çeşitler yüksek verimli ancak geleneksel sulamaya uygun çeşitlerle kıyaslanmıştır. En yüksek aerobik çeltik çeşidi verimi 4,7-6,6 t ha⁻¹ olurken, yüksek verimli ancak geleneksel sulamaya uygun çeşitlerden 8,0-8,8 t ha⁻¹ verim alınmıştır. Aerobik koşullarda; su kullanımının geleneksel sulamaya göre %50' den daha az (470-650 mm), su verimliliğinin %64-88 daha fazla, işçilik gereksinimlerinin de %55 daha az olduğu açıklanmıştır.

Castaneda ve ark (2002), Uluslararası Pirinç Araştırma Enstitüsü (IRRI), Los Banos, Filipinler' de yaptıkları bir çalışmada yeni aerobik koşullara uyum sağlamış çeltik çeşitleri ile hibrit çeltik çeşidini aerobik ve geleneksel sürekli tava sulama koşullarında denemişlerdir. Aerobik (sulama suyunun A kaptan olan buharlaşmaya göre uygulandığı) koşullarda verim

2,37-4,37 t ha⁻¹ ile geleneksel salma sulamanın %14-40 altında olmuştur. Verilen su miktarının fidelemeden hasata kadar aerobik koşullarda 650-830 mm, geleneksel tava sulamada 1350 mm olduğu belirtilmiştir.

Dunn ve ark. (2004), Avustralya'da farklı sulama yöntemlerinin çeltik yetiştiriciliği üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yaptıkları denemede, 3 farklı deneme konusu uygulamışlardır. Bu konuların uygulanması sonucunda; 10–20 cm yükseklikte devamlı su bulundurulduğu yapılan geleneksel tava sulama yönteminde çeltik veriminin 12,7 t ha⁻¹, karık sulamada 9,4 t ha⁻¹ ve toprağın 17 cm altına döşenmiş yüzey altı damla sulamada ise 8,3 t ha⁻¹ elde edildiğini bildirmişlerdir.

Yang ve ark. (2004) yaptıkları bir araştırmada çeltik yetiştiriciliğinde 2 farklı sulama rejimi; devamlı sulama ve AWD (alternatif ıslatma ve kurutma) ve 3 farklı gübre uygulaması (sadece kimyasal gübreler, çiftlik gübresini kimyasal gübre ile karıştırarak ve buğday samanı ve kimyasal gübreleri karıştırarak) yapmışlardır. En yüksek verim, AWD rejiminde ve çiftlik gübresi kimyasal gübre ile karıştırılarak verilen konuda 8599 kg ha⁻¹ olarak elde edilmiştir.

Aguilar ve Borjas (2005) İspanya' da çeltik üzerine yürüttükleri araştırmada, 3 farklı sulama konusu altında sulama randımanlarını, su dağıtımını ve enerji giderlerini ve verimleri karşılaştırmışlardır. Denemedeki sulama uygulamalarını; T1: Haftanın 7 günü devamlı sulama, T2: Haftanın 5 günü devamlı sulama, T3: Haftanın dört günü devamlı sulama olarak oluşturmuşlardır. Deneme sonucunda, toplam su kullanımları sırasıyla; 44,917 m³ ha⁻¹ (geleneksel), 34,445 m³ ha⁻¹ (haftada 5 gün) ve 29,209 m³ ha⁻¹ (haftada 4 gün) olarak gerçekleşmiştir. Verim değerleri konulara göre sırasıyla 8,2, 8,3, 8,1 t ha⁻¹ bulunmuştur.

Çeltik bitkisinde su tasarrufu sağlayacağı düşünülen SWD (sığ su derinliğinde ıslatma ve kurutma) yönteminin çeltik bitkisinde yaprak fotosentez oranı ve verimler üzerine etkisini araştırmak amacı ile yürütülen çalışmada, SWD (1-3 cm su yüksekliği) ve geleneksel tava yöntemi (3-6 cm su yüksekliği) kullanılarak üç farklı bitki yoğunluğunda (D1:7,5 bitki/m², D2:13,5 bitki/m², D3:19,5 bitki/m²) ekim yapılarak deneme kurulmuştur. Deneme sonucunda, SWD yöntemi ve D2 yoğunluğunda ekilen çeltik bitkisi parselinde, fotosentez hızında önemli artışlar sağlandığı ve verimin 15 t ha⁻¹ olarak elde edildiği ifade edilmiştir (Xianqin ve ark 2005)

Mendoza ve ark. (2007), Aerobik çeltiği geleneksel çeltiğe yağmurun dışında ilave su verilmesi olarak tanımlamaktadırlar. Aerobik çeltik Çin' de 80 000 ha, Brezilya' da ise 250 000 ha alanda ekilmektedir. Sulama suyundan tasarruf sağlanarak yetişen aerobik çeltik çeşidinin ıslah çalışmalarının bu iki ülkede 1980'li yıllarda başlamış olduğu, bu çalışmalar sonucunda yüksek verimli aerobik çeltik çeşitleri geliştirildiği araştırmacılar tarafından

açıklanmıştır. Özellikle Brezilya’ da 20 yıllık ıslah çalışmaları sonucu yağmurlama sulama koşullarında 5-7 t ha⁻¹ verim veren çeşitler geliştirildiği ifade edilmiştir.

Çin’ de en çok ekilen Zhonghan 3 ve Shanyou 63 kuraklık stresine dayanıklı çeşitler üzerine yapılan su stresi çalışmalarında; Zhonghan 3 çeşidinde ortalama verim 3,10 t ha⁻¹, su kullanım randımanı (WUE) 0,59 kg m⁻³ ve uygulanan ortalama sulama suyu miktarı ise 5250 m³ ha⁻¹, Shanyou 63 çeşidinde uygulanan ortalama sulama suyu miktarı 7500 m³ ha⁻¹ iken ortalama verim 3,45 t ha⁻¹ ve WUE 0,66 kg m⁻³ olarak bulunmuştur (Zou ve ark. 2007).

Çeltik bitkisinde farklı çeşitlerde ve farklı gelişme devrelerinde (vejetatif gelişme, çiçeklenme, ürün oluşumu) uygulanacak su kısıtı ile verim ve verim parametrelerine etkilerini araştırmak amacıyla yapılan araştırma sonucunda; tane verimleri 2,51-7,1 t ha⁻¹, hasat indeksi değerleri 0,22-0,51, bitki boyları 110,8-154,1 cm, bin tane ağırlıkları 21,0-32,3 gr aralıklarında bulunmuştur. Vejetatif, çiçeklenme, ürün oluşumu devrelerinde yapılan su kısıtı uygulamaları verimde sırasıyla %21, %50, %21 verim düşmesine neden olmuş ve özellikle çiçeklenme döneminde çeltik bitkisine su kısıtı uygulanmaması gerektiği vurgulanmıştır (Sarvestani ve ark. 2008).

Çeltik tarımında su tasarrufu sağlayan yöntemlerden olan karık sulama yönteminin kullanılabilirliğinin araştırılması amacıyla yürütülen araştırmada; karık sulama yönteminde elde edilen verim 9,3 t ha⁻¹, geleneksel sulama yönteminde ise 8,8 t ha⁻¹ olmuştur. Uygulanan toplam sulama suyu miktarları karık sulamada 9022 m³ ha⁻¹, geleneksel yöntemde 14 690 m³ ha⁻¹ olarak bulunmuş, sulama suyundan %40 tasarruf yapıldığı ve verimde %6 artış olduğu gözlenmiştir (Atta 2008).

Matsuo ve Mochizuki (2009) çeltik yetiştiriciliğinde 3 farklı su tasarrufu sağlayan yöntem kullanarak bir araştırma yürütmüştür. Araştırmada; devamlı sulama uygulamasında 2145 mm, AWD uygulamasında 1706 mm, 15 cm toprak derinliğinde nem tansiyonunun -15 kPa (A15)’ da tutulduğu uygulamada 804 mm, 15 cm toprak derinliğinde nem tansiyonunun -30kPa (A30)’ da tutulduğu uygulamada 627 mm su uygulaması yapılmıştır. Su kullanım etkinliğinin 0,17-0,71 kg m⁻³ arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Çeltik yetiştiriciliğinde 15 cm derinlikte toprak nem tansiyonunun düşük değerlerde tutulmasının, verimde ve su tasarrufunda önemli artış sağladığını vurgulamışlardır.

Sariam (2009), çeltik bitkisine değişik miktarlarda verilen su ile kök gelişiminin izlenmesi amacıyla, devamlı akış, NF-sat (doymuş koşullarda), NF-cap (tarla kapasitesi civarında) olarak belirlediği konular ile beş tekrarlı tesadüf blokları deneme deseninde bir çalışma yürütmüştür. Deneme sonucunda toprağın 10 cm derinliğindeki en iyi kök yoğunluğunun devamlı akış koşullarında olduğunu saptamıştır.

Ghosh ve Singh (2010), Aerobik çeltik yetiştiriciliğinde, yaptıkları araştırmada 30 cm toprak derinliğinde 4 farklı nem tansiyonuna (0 kPa, 20 kPa, 40 kPa, 60 kPa) göre yapılan sulamalarda, en yüksek verimin toprağın doygun olduğu, 0 kPa uygulamasından 4,5 t ha⁻¹ elde edildiğini bildirmişlerdir.

Yan ve ark. (2010) Çin’de, sulama suyundan tasarruf sağlamak amacı ile yürüttükleri araştırmada; 3 farklı çeltik çeşidi ve 2 farklı su rejimi (tavalarda devamlı sulama ve AWD) uygulamışlardır. AWD uygulamasında 15 cm toprak derinliğindeki nem tansiyonunu tansiyometreler ile ölçerek sulamaları yapmışlardır. Verim değerlerinin çeltik çeşitlerinde uygulanan sulama yöntemlerine göre 3,6-5,4 t ha⁻¹, hasat indeksi değerlerinin %42-61, bin tane ağırlıklarının 23-30 gr arasında değiştiğini bulmuşlar ve su stresi yaratılan AWD uygulamasında çiçeklenme ve olgunlaşma gününün geciktiğini vurgulamışlardır.

Chunlin He (2010), tarafından yapılan araştırma sonuçlarına göre; Asya’da ekimi çok geniş alanlarda yapılan çeltik bitkisinin geleneksel tava sulama yöntemiyle sulanmasında su kaybı fazla olmaktadır. Deneme, su tasarrufu sağlayacak sulama sistemlerinin bitki büyümesi ve su kullanım randımanı üzerine etkilerini araştırmak amacıyla yürütülmüştür. Denemede, karık sulama (FI) ve geleneksel tava sulama (CI) yöntemleri kullanılmıştır. Bu çalışma ile karık sulamada ki (FI) su kullanım randımanının daha yüksek olduğu bulunmuş ve karık sulamada verim 7,0 t ha⁻¹, geleneksel yöntemde ise 6,5 t ha⁻¹ olarak bulunmuştur. Böylece su kısıtının yaşandığı yerlerde çeltik bitkisinin sulanmasında karık sulama yönteminin sağlıklı bir biçimde kullanılabileceği önerilmiştir.

Sariam ve Anaur (2010), tarafından Kuala Lumpur Malezya’ da yapılan çalışma ile çeltik bitkisinde, farklı sulama yöntemlerinin büyüme ve rejime etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Araştırmada beş farklı su rejimi (T1: hasata kadar devamlı sulama, T2: ekimden 7. Güne kadar devamlı sulama, sonrasında doygun koşullar, T3: ekimden 30. güne kadar devamlı sulama devamında doygun koşullar, T4:büyüme periyodu boyunca doygun koşullar, T5: büyüme periyodu boyunca tarla kapasitesi koşulları) uygulanmıştır. Deneme sonucunda, en yüksek verim T4 konusunda 7,6 t ha⁻¹ elde edilmiş ve verim değerleri 1,2 – 7,6 t ha⁻¹ arasında değişmiştir.

Vries ve ark. (2010)’ nın Senegal’de yürüttükleri çalışmada, su kullanımında tasarruf sağlayabilen 3 farklı AWD uygulaması, bir kontrol konusu (geleneksel tava yöntemi), 4 farklı azot uygulaması yapılmıştır. Araştırma sonucunda, AWD uygulamalarında sulama suyu miktarları 480-1060 mm, Tava sulama konusunda ise 800-1490 mm arasında değişmiştir. Verimler, AWD uygulamasında 2,3–11,8 t ha⁻¹ ve geleneksel sulamada ise 3,7-11,7 t ha⁻¹ arasında değişmiştir.

Chapagain ve Yamaji (2010), Japonya'da 2008 yılında yürüttükleri araştırmayı, çeltik üretim sezonunda su tasarrufu sağlayan yöntemlerin, geleneksel tava sulama yöntemleri ile karşılaştırılması ve su verim ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütmüşlerdir. Araştırmada 2 farklı sulama konusu; (I₁:1-2 cm su yüksekliği oluşturdukları AWD, I₂: Sulama sezonu boyunca 5-7 cm su yüksekliği oluşturdukları devamlı sulama yöntemi ile 2 farklı fide yaşı (A₁: 14 gün, A₂: 21 gün) ve 2 farklı sıra arası-sıra üzeri (S₁: 30×18 cm, S₂: 30×30 cm) mesafe denemişlerdir. Araştırma sonucunda en yüksek tane verimi devamlı sulama I₂*A₁*S₁ konusundan 8,06 t ha⁻¹ elde edilmiştir. En yüksek su üretim randımanı ise 1,74 g l⁻¹ olarak I₁*A₁*S₁ konusundan elde edilmiştir. I₁ konusunda %28 su tasarrufu sağlandığını belirtmişlerdir.

Amiri ve ark. (2011) tarafından 2001–2002 yılında İran'da yapılmış olan çalışmada, bitki sıklığının ve değişik sulama rejimlerinin fideden çeltik üretimine etkisi araştırılmıştır. Deneme 3 farklı ekim sıklığı (D₁= 20 x 20 cm, D₂= 15 x 15 cm, D₃= 10 x 20 cm) ve 4 farklı sulama rejiminde (geleneksel sulama 5cm su yüksekliği, 5 günlük yığışimli buharlaşmanın %100, %75, %50'sinin tavalara verilmesi) oluşturulmuştur. Deneme sonucunda en iyi sonuç D₁ ekim sıklığı ve buharlaşmanın %75'nin karşılandığı konudan 3,1 t ha⁻¹ olarak elde edilmiş ve toplam su tüketimi 441 mm olarak ölçülmüştür.

Sujono ve ark. (2011), geleneksel yöntemler ile sulanan çeltikte kullanılan fazla suyu azaltmak ve su kullanım randımanını arttırmak amacıyla Endonezya'da yaptıkları çalışmada; fideden çeltik yetiştirme periyodu boyunca SII (sığ su derinliği), AWD (AWD1, AWD2, AWD3, AWD4), SWD 1-2 (sığ su derinliğinde ıslatma ve kurutma) ve SDC (yarı kuru ekim) olacak şekilde sekiz farklı sulama rejimi kullanmışlardır. Deneme sonucunda, en yüksek sulama suyu kullanımı kontrol sulaması olan SII yönteminde, en az su kullanımı ise kontrol sulamasına göre %18,4 daha az olmak üzere SDC rejiminde olmuştur. AWD ve SWD rejimlerinde ise kontrol yöntemine göre sırasıyla %13,1 ve %5,4 daha az su kullanılmıştır. En yüksek verim AWD rejiminde 11,93 g/pot ve en düşük verim ise SDC rejiminden 7,21 g/pot olarak elde edilmiştir.

Gill ve ark (2011), devamlı sulamaya karşın su tasarrufu sağlayan AWD yöntemiyle yaptıkları araştırmada 3 farklı su tasarrufu (20 cm toprak derinliğindeki nem tansiyonunun 20, 40, 70 kPa civarında tutulduğu) denemişlerdir. En yüksek verim 7,38 t ha⁻¹ ile toprak nem tansiyonunun 20 kPa civarında tutulduğu uygulamadan elde edilmiş ve kullanılan sulama suyu miktarlarının devamlı sulamada 1600-3000 mm arasında, su tasarrufu sağlayan AWD uygulamalarında ise 600-1000 mm arasında değiştiğini bulmuşlardır. Hasat indeksi değerleri 0,39-0,43, bin tane ağırlıkları 22,7-26,5 gr arasında değişmiştir. AWD uygulamalarında

%15-40 oranında su tasarrufu sağlandığını, verimde önemli düşüşler olmadığını bildirmişlerdir.

Hameed ve ark. (2011) yaptıkları bu çalışmada çeltik yetiştiriciliğinde SRI (System of Rice Intensification: çeltik bitkisinin fide olarak sıra arası ve sıra üzeri ekim normlarına göre ekilmesi) ile geleneksel ekim yönteminin bitki boyuna, sulama suyu kullanım randımanlarına, kök gelişimlerine, LAI değerlerine etkilerini belirlemişlerdir. Araştırma sonucunda SRI yönteminde tane veriminde %42 artış sağlandığını belirtmişlerdir. SRI yönteminde IWUE değeri $0,291 \text{ kg m}^{-3}$, geleneksel yöntemde $0,108 \text{ kg m}^{-3}$ olarak bulunmuştur. Ayrıca SRI yönteminde kök uzunluklarının ve bitki boylarının daha iyi geliştiği, LAI değerlerinin daha yüksek olduğunu belirtmişlerdir. SRI yönteminde sulama suyunda %38 tasarruf sağlanmıştır (SRI=2160 mm su uygulamasıyla $21\ 600 \text{ m}^3$, geleneksel yöntemde 3450 mm su uygulaması ile 34500 m^3 su tasarrufu).

Li (2012) yaptıkları çalışmada su tasarrufu sağlayan yöntemde metan gazı (CH₄) salınımını, devamlı sulamada gerçekleşen ile karşılaştırmışlardır. Su tasarrufu sağlayan uygulamalarda devamlı sulama yapılan uygulamalara göre metan gazı salınımı %39-85 daha az bulunmuştur. Ayrıca su tasarrufu sağlayan yöntemlerde verimde düşüş olmadığını işaret etmişlerdir. Aynı doğrultuda; Peng ve ark. (2010)'da kontrollü sulama yapılan uygulamalar ile metan gazı salınımının %73,2-85 oranında azaltılabileceğini bildirmişlerdir.

Nyami ve ark. (2012) tarafından Kenya'da yapılan çalışmada, SRI (fideleme) ile geleneksel çeltik yetiştirme yöntemlerini karşılaştırmak ve sulama suyu miktarlarının çeltik verimi, su verimliliği üzerine etkilerini araştırmak amaçlanmıştır. Denemede SRI ile yapılan çeltik üretiminde AWD, geleneksel yöntemde ise tava sulama yöntemi kullanılmıştır. Deneme sonucunda, geleneksel yöntemlerle yapılan çeltik üretiminde verim $8,66 \text{ t ha}^{-1}$, SRI ile yapılan üretimde ise $14,85 \text{ t ha}^{-1}$ bulunmuştur. Geleneksel yöntemde kullanılan sulama suyu miktarının $4,6 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, SRI ile yapılan üretimde ise $3,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ olduğu, sulama suyundan %24 kazanç sağlandığı ve su verimliliklerinin sırasıyla 0,81, $1,54 \text{ kg m}^{-3}$ olduğu açıklanmıştır.

Kuzey Bengal, Hindistan'da yürütülen çalışmada, çeltik yetiştirme periyodu boyunca, yeraltı suyundan arsenik oranı yüksek sularla yapılan sulamaların; verime, bitki gelişimine ve topraktaki arsenik birikimine etkileri incelenmiştir. Periyot boyunca 4 farklı sulama rejimi (CP= devamlı sulama, IP= aralıklı göllendirme, SAT= doygun halde bırakma, AER= tarla kapasitesinde tutma) kullanılmıştır. Toprakta en fazla arsenik birikimi $18,18 \text{ mg kg}^{-1}$ ile CP sulamasında olmuş; bunu sırasıyla IP, SAT, AER sulamaları izlemiştir. Çeltik verimleri, IP sulamasında $4,33 \text{ Mg ha}^{-1}$, CP sulamasında, $4,68 \text{ Mg ha}^{-1}$, SAT sulamasında $3,92 \text{ Mg ha}^{-1}$ ve AER sulamasında ise $3,65 \text{ Mg ha}^{-1}$ olarak bulunmuştur (Sarkar ve ark. 2012).

Balamani ve ark. (2012) çeltik sulamasında 2 farklı sulama yöntemini (geleneksel sulama ve Karık sulama) ve 4 farklı su rejimi uygulamasını karşılaştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, bitki boyları 60-69,5 cm, sulama suyu miktarları 675-775 mm, toplam yağış miktarı 325 mm olarak ölçülmüştür. Su kısıtının bulunduğu alanlarda yüksek verim ve su tasarrufu için karık sulamanın çeltik tarımında kullanılabileceğini öngörmüşlerdir.

Mahajan ve ark. (2012), 15 cm toprak derinliğindeki 2 farklı nem tansiyonuna (-10 kPa ve -20 kPa) göre yaptıkları sulamalarda uygulanan sulama suyu miktarlarının 874-1679 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Uygulamalardaki bitki boylarının 86-96 cm arasında değiştiğini, farklı uygulamalarda çiçeklenme gün sayılarının 90-93 gün arasında gerçekleştiğini bulmuşlardır. Tane verimi değerlerinin 3,77-7,50 t ha⁻¹ arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Liu ve ark. (2013) iki farklı azot uygulaması (FNP-çifçinin kullandığı azot uygulaması, SSNM-bölgeye özel azot uygulaması) ve iki farklı sulama yöntemi (CF-devamlı sulama ve AWD-sıralı ıslatma ve kurutma) kullanarak yürüttükleri araştırmada çeltik verimi, su kullanım randımanı ve LAI değerlerini incelemişlerdir. Denemeler sonucunda, en yüksek verim SSNM-AWD uygulamalarından 10,42 t ha⁻¹ olarak, aynı konulara ilişkin LAI 7,26 ve WUE değeri de 0,86 kg m⁻³ olarak elde edilmiştir.

Tilahun-Tadesse ve ark. (2013), Etiyopya'nın kuzeybatısında kuru sezonda, ovada çeltik yetiştiriciliğinde en iyi su yönetimi uygulamalarını bulmak amacıyla yaptıkları çalışmada; üç tekrarlı on farklı sulama uygulaması kullanmışlardır. LAI, bitki büyümesi, net asimilasyon oranı, bin tane ağırlığı, hasat indeksi, bitki ağırlığı ve verim üzerinde değişik su uygulamalarının etkisini araştırmışlardır. Deneme sonucunda en yüksek bitki gelişimi ve verimini, her ay tavalardaki suyun boşaltılıp, 3 gün havalandırılıp tekrar su ile doldurulduğu uygulamadan 3,5 t ha⁻¹ olarak elde etmişlerdir.

Usman (2013), 2003-2004 yıllarında fideden çeltik üretiminde, değişik miktarlarda fosfor uygulamaları ve farklı miktarlardaki sulamanın verim, su verimliliği, fosfor verimliliği üzerine etkilerini araştırmak için tarla denemeleri kurmuştur. Denemede, beş farklı fosfor miktarı (P₀, P₅₀, P₁₀₀, P₁₅₀, P₂₀₀, kg hm⁻²) ve her bir sulamada 7,5 cm su derinliği oluşturulacak biçimde farklı sulama sayılarını içeren, dört (I₈, I₁₀, I₁₂, I₁₄) alt parsel kurulmuştur. Deneme sonucunda, en yüksek verim 9,8 t hm⁻² ile I₁₀ konusundan, en yüksek su verimi ise 13,3 kg hm⁻² mm⁻¹ ile P₁₅₀-I₈ konusundan elde edilmiştir.

Jahan ve ark (2013) geleneksel tava yönteminde farklı su yükseklikleri oluşturularak (W1: Yetiştirme periyodu boyunca 5 cm, W2: yetiştirme periyodu boyunca 1 cm, W3: ilk üç hafta boyunca 5 cm sonraki periyotta 1 cm, W4: ilk 6 hafta 5 cm sonraki periyotta 1 cm, W5:

ilk 9 hafta 5 cm sonraki dönemde 1 cm su yüksekliği oluşturulan konular) yürüttükleri araştırma sonucunda; verimler ve bin tane ağırlığı arasında önemli bir değişiklik olmadığını belirtmişlerdir. Suyun az olduğu bölgelerde çeltik yetiştiriciliğinde su kısıtı uygulamalarının yapılabileceğini bildirmişlerdir.

İsmaila ve ark. (2014) tarafından çeltik tarımında uygulanan en uygun yöntem olan devamlı sulama yönteminde 6 farklı su derinliği (1: Tavalarda 5 cm su derinliği, 2: Tavalarda 10 cm su derinliği, 3: Tavalarda 15 cm su derinliği, 4: Tavalarda 20 cm su derinliği, 5: Toprağın doymuş halde bırakılması, 6: Tavalarda devamlı 2 cm su derinliği oluşturulması) konuları oluşturularak bir araştırma yürütülmüştür. Araştırma sonucunda, çeltik verimlerinin 607–5051 kg ha⁻¹ arasında değiştiğini, en yüksek verimin tavalarda 20 cm su derinliği oluşturulan konudan 5051 kg ha⁻¹ olarak elde edildiğini bildirmişlerdir. Çeltik bintane ağırlığı değerleri 27,6- 32,7 gr arasında değişmiştir. Genel olarak tavalarda su derinliğinin artırılmasının çeltik veriminde artışa neden olduğunu vurgulamışlardır.

Çeltik tarımında su kısıtı uygulamalarının verim ve verim parametrelerine etkilerini araştırmak amacıyla yürütülen araştırmada 4 farklı su rejimi uygulanmıştır (T1: tavalarda devamlı sulama-5 cm su yüksekliği, T2: tavalarda devamlı sulama-1-3 cm su yüksekliği, T3: doymuş halde bırakma, T4: Alternatif ıslatma Kurutma). En yüksek su tasarrufu %46 ile T4 ve T3 konularından, en yüksek su kullanım randımanı T3 konusundan elde edilmiştir. T1, T2, T3 konularında verim açısından önemli bir fark bulunmazken, T4 konusunda verimde %10'luk bir düşüş olduğu belirtilmiştir (Khari ve ark 2015).

Shaibu ve ark (2015) çeltik yetiştiriciliğinde su tasarrufu sağlamak amacıyla geleneksel tava sulama ile AWD uygulamasını karşılaştırmışlar ve sulama suyu miktarlarının 807,9-1923,6 mm arasında değiştiğini bildirmişlerdir. Verim değerlerinin de tava sulamada 4,92 t ha⁻¹, AWD uygulamasında ise 4,47-4,74 t ha⁻¹ arasında değiştiğini bulmuşlardır. Su uygulama etkinlik değerleri 0,54-0,70 kg m⁻³ arasında değişmiştir. AWD uygulamasında %30-58 miktarlarında su tasarrufu sağlandığını vurgulamışlardır. Yapılan diğer bir AWD çalışmasında, uygulanan sulama suyu miktarları 556-1197 mm, su uygulama randıman değerleri 0,50-1,34 kg m⁻³ arasında bulunmuş, %42-53,7 arasında su tasarrufu yapıldığı vurgulanmıştır (Lampayan ve ark 2014). Lampayan ve ark. 2015, AWD yöntemi ile sulanan denemelerde, tava sulama denemelerine göre daha düşük su girişi olduğunu, bu uygulamalar arasındaki sulama suyu farkının %17-38 arasında değiştiğini vurgulamışlardır.

İki farklı toprak tipi (killi- kumlu tınlı) ve tavalarda devamlı sulama, doymuş koşullar (2-5 cm su yüksekliğinin oluşturulması) ve aerobic koşullardan (ekimin 3. haftasından itibaren toprak neminin tarla kapasitesi civarında tutulması) oluşturulan bir araştırmanın çeltik

bitkisinin verim parametrelerine, su kullanım randımanlarına etkileri araştırılmıştır. Dou ve ark. (2016), araştırma sonucunda, çeltik veriminin killi topraklarda %46 daha yüksek olduğunu ve aerobic koşullar ile kumlu-tınlı toprakta salkım sayısının düştüğünü, killi topraklarda %25 daha fazla su kullanım randımanı elde edildiğini bildirmişlerdir.

Taiwan'da 2016 yılı çeltik yetiştirme periyodunda SRI yöntemi kullanılarak uygulanacak su kısıtı uygulamalarının verim ve verim parametrelerine etkisinin araştırılması amacıyla yapılan çalışmada, 2 farklı çeltik çeşidi ve 3 farklı su uygulaması (a: tava sulama 4-7 cm su yüksekliği oluşturulan konu, b: 3 günde bir kez 3-6 cm su yüksekliği oluşturulan konu, c: 7 günde 1 kez 3-6 cm su yüksekliği oluşturulan konu) yapılmıştır. LAI değerlerinin 2,23-2,65 arasında, bitki boylarının 94,40-110,55 cm arasında değiştiği ve en yüksek verimin sırasıyla, devamlı sulamada 10,46, 10,26 t ha⁻¹ ile 3 günde 1 kez tavalarda 3-6 cm su yüksekliği oluşturulan konudan elde edildiği bildirilmiştir. Sulama suyu miktarları 15 600-59 300 m³ ha⁻¹ arasında ve sulama suyu kullanım randımanı değerleri 0,16-0,63 kg m⁻³ arasında değişirken, en yüksek su kullanım randımanı 7 günde 1 kez 3-6 cm su yüksekliği oluşturulan konuda 0,63 kg m⁻³ olmuştur (Pascual ve Wang 2016).

Soriano ve ark. (2016) farklı çeltik çeşitlerinde, farklı su uygulamalarının(oksijenli koşullar, sature koşullar ve devamlı sulama) bitki gelişimi, verim ve su tasarrufuna etkilerini araştırmak amacıyla yaptıkları araştırma sonucunda; aerobic ve doymuş koşullarda yetiştirilen çeltik veriminde %22 civarında düşüş olduğunu, fakat su tasarrufunun %30-46 olduğunu bildirmişlerdir. Devamlı sulamada verimin arttığını fakat su kullanımının fazla olduğunu vurgulamışlardır.

Carrijo ve ark. (2017), AWD) ile tavalarda devamlı sulama yöntemlerini karşılaştırdıkları çalışmada, toprak yüzeyinden 15 cm aşağıdaki katmanda toprak su potansiyelinin 20 kPa' ın altında tutulduğu AWD metodunda %5,4, 20 kPa civarında tutulduğu koşullarda %22,6 verim kaybı oluştuğunu bildirmişlerdir. Fakat su tasarrufunun tavalarda devamlı sulamaya göre %23,4 düzeyinde daha az olduğunu belirtmişlerdir.

2.2.2. Çeltik sulamasında yağmurlama sulama yöntemi uygulamaları

Muirhead ve ark. (1989) yağmurlama sulama (haftada 1, 2 ve 3 defa sulama ve A kaptan olan buharlaşmanın tamamının verilmesi) ve devamlı salma sulama yöntemleri ile yürüttükleri araştırmada, yağmurlama sulama yöntemi ile verimde %50 kayıp olduğunu bildirmişlerdir. Bu araştırmada m²'deki salkım sayısı sulama yönteminden etkilenmez iken, verim azalmasının ana nedeni salkımdaki başakçık sayısı ve dolu başakçık oranındaki azalma olmuştur. Araştırmacılar; yağmurlama sulamanın çiçeklenme süresini en az 8 gün geciktirdiğini, çiçekte kalma süresini de 5 ile 7 gün arasında uzattığını bildirmişlerdir.

Yağmurlama sulama yönteminin çeltik üretiminde kullanılabilirliğini araştırmak, bitki gelişimini izlemek ve verimleri karşılaştırmak amacıyla, Teksas'ta yapılan bir araştırmada; geleneksel tava ve 3 farklı yağmurlama sulama konusu (buharlaşmanın %100, 50 ve 25'nin verilmesi şeklinde) oluşturulmuştur. Araştırma sonucunda yağmurlama sulamadaki verimde %20-30' a yakın azalma olduğu belirtilmiştir (McCauley 1990).

Sürek ve ark. (1996) tarafından, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü arazisinde, Ergene çeltik çeşidinde, yağmurlama sulama yöntemi kullanılarak yürütülen çalışmada, 4 ve 8 gün süresince oluşan yığışimli buharlaşmanın 1,0, 1,5 ve 2,0 katı sulama suyu uygulanmıştır. Yapılan araştırma sonucunda, sulama aralığının çeltik verimi üzerine istatistikî anlamda etkisinin bulunmadığı, ancak uygulanan kap buharlaşma katsayılarının artışına paralel verim artışı olduğu görülmüştür.

Çakır ve ark (1998), yağmurlama sulama sistemlerinin çeltik yetiştiriciliğinde kullanılabilirliğinin araştırılması amacıyla yürüttükleri araştırmada, 2 farklı sulama yöntemi (yağmurlama sulama, geleneksel tava sulama), 2 farklı su uygulama zamanı (4 gün, 7 gün) ve A sınıfı kaptan olan buharlaşmanın 1,0, 1,5, 2,0 katı olacak şekilde su uygulamaları yapmışlardır. Araştırma sonucunda, en yüksek verim geleneksel tava sulama uygulamasından 6340 kg ha^{-1} , yağmurlama sulamada ise 5900 kg ha^{-1} ile 4 günde bir sulamaların yapıldığı ve A kaptan olan buharlaşmanın 2,0 katının verildiği uygulamadan elde edilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarlarının 800 mm-2400 mm arasında değiştiğini, yağmurlama sulamada %30-60 civarında su tasarrufu yapıldığını ve buna karşın verimde %11,7-66,1 düşüş olduğunu bildirmişlerdir.

Kahlown ve ark. (2007) çeltikte yağmurlama sulama ile buharlaşmanın %150'sinin verildiği konuda en yüksek verim (3359 kg ha^{-1}) elde edildiğini bildirmişlerdir. Su kullanım randımanları ise %150, 125, 100 konularında sırası ile 0,38, 0,45, 0,55 kg m^{-3} olarak bulunmuştur.

Muhammad ve ark. (2007), Pakistan'da yaptıkları çalışmada yağmurlama sulama yöntemiyle sulanan çeltik ve buğday bitkisinin su kullanımını incelemişler ve ekonomik analizini yapmışlardır. Deneme 3 tekerrürlü olarak kurulmuş ve A kaptan olan yığışimli buharlaşmanın %100, 125, 150, 192' si haftada 1 kez olmak üzere uygulanmıştır. Deneme sonucunda geleneksel yöntemlere göre %35 su tasarrufu sağlandığı ve 3-3,5 t ha^{-1} verim elde edildiği açıklanmıştır.

Maheswari ve ark. (2008) çeltik sulamasında mikro yağmurlama sulama yöntemi kullanarak yaptıkları araştırmada, toplam uygulanan sulama suyu miktarlarını 498-659 mm,

tane verimlerini 1888-4289 kg ha⁻¹, LAI değerlerini 0-4,23 aralığında bulmuşlardır. Mikro yağmurlamanın eltik tarımında kullanılabilir olmadığını vurgulamışlardır.

Spanu ve ark. (2009) tarafından 2002–2006 yılları arasında Sardunya, İtalya’da yürütülen araştırma, yağmurlama sulama yöntemi ile sulanan eltik bitkisinin su-toprak-atmosfer interaksiyonunu açıklamak amacı ile yapılmıştır. Deneme A sınıfı kaptan olan yığışımlı buharlaşma 20 ve 30 mm olunca sulama yapılacak biçimde oluşturulan konular ile tesadüf blokları deneme düzeninde 3 tekrarlı olarak yürütülmüştür. Toprak 10-100 cm derinliğindeki nem miktarları Diviner 2000 nem sensörüyle kontrol edilmiş, eltik bitkisinin verim değerlerinin 4–7,5 t ha⁻¹ arasında değiştiği açıklanmıştır.

Yağmurlama sulama yöntemi ile sulanan 2 farklı eltik çeşidine 4 farklı miktarda su uygulaması yapılmıştır (A: Haftada 7 kez ET’nin tamamı, B: Haftada 6 kez ET’nin %75’i, C: Haftada 5 kez ET’nin %50’si, D: Haftada 4 kez ET’nin %25’i uygulamaları). Araştırma sonucunda uygulanan sulama suyu miktarlarının 1789-3057 mm arasında değiştiği, en yüksek verimin haftada 7 kez ET’nin tamamının uygulandığı konudan 4,17 t ha⁻¹ ve su kullanım randımanlarının 4,44-17,48 kg ha⁻¹ mm⁻¹ aralığında elde edildiği bildirilmiştir (Akinbile 2010).

Crusciol ve ark. (2012), Brezilya’da eltik tarımında yağmurlama sulama ile bitki katsayısının 0,5, 1,0, 1,5 ve 2,0 katı kadar su uygulamaları yapmışlardır. Su miktarındaki artışın verimde artış sağladığını ve daha yüksek fizyolojik özelliklere sahip tohum ürettiğini bildirmişlerdir. Sulama suyu miktarlarının 626,7-1093,9 mm arasında değiştiğini açıklamışlardır.

Karim ve ark. (2014) yaptıkları araştırmada eltik tarımında yağmurlama sulama AWD ve devamlı tava sulamayı karşılaştırmışlardır. Araştırma sonucunda devamlı tava sulama ile verimde yağmurlama sulamaya göre %7,62 ve AWD sulamasına göre %4,72 düşme olmuş ve en yüksek su kullanım randımanı 0,83 kg m⁻³ ile yağmurlama sulamada gerçekleşmiştir. Pirinç üretimini maliyetini düşürmek ve daha yüksek verim elde etmek sulama ve elektrik masraflarını düşürmek için potansiyel teknoloji olduğunu ortaya koymuşlardır.

Shahanila (2015) yağmurlama sulama yöntemi ile üç farklı sulama düzeyi (I₁: A sınıfı kaptan olan buharlaşmanın %75’i, I₂: A sınıfı kaptan olan buharlaşmanın %100’ , I₃: A sınıfı kaptan olan buharlaşmanın %125’i) ve kontrol konusu olarak tava sulama yöntemi ile 5 cm su yüksekliği şeklinde deneme konularını oluşturmuştur. Araştırma sonucunda en yüksek bitki boyu (85,46 cm) ve en yüksek verimi (3.2 t ha⁻¹) I₃ konusundan elde etmiştir. Hasat indeksi

değerlerinin 0,40 - 0,47 arasında, sulama suyu miktarlarının 305-600 mm arasında ve su kullanım randımanlarının 3,39-9,11 kg ha⁻¹ mm⁻¹ arasında değiştiğini bildirmiştir.

Çeltik sulamasında su tasarrufu sağlayan yöntemlerden biri olan yağmurlama sulama yönteminde 3 farklı sulama uygulamasının (I₁: geleneksel sulama, I₂: A sınıfı kaptan olan buharlaşmanın %100' ü, I₃: A sınıfı kaptan olan buharlaşmanın %150'si) yapıldığı araştırmadan elde edilen verimler sırası ile 3,37, 2,71, 3,22 t ha⁻¹ olarak elde edilmiştir. Hasat indeksi değerleri %34,79-35,87 arasında, uygulanan net sulama suyu miktarları 8966-14217 m³ ha⁻¹ ve su kullanım randımanı değerleri 0,23-0,34 kg m⁻³ arasında değişmiştir (Choudhary 2016).

2.2.3. Çeltik sulamasında damla sulama yöntemi uygulamaları

Ottis ve ark. (2006), 2005 ve 2006 yıllarında Missouri'de yaptıkları çalışmada çeltikte yüzeyaltı damla sulama yöntemini tava (devamlı sulama) sulama yöntemi ile karşılaştırmışlardır. Araştırma sonucunda; yüzey altı damla sulamada, tava sulamaya göre %80'e yakın su kazancı sağlandığını bildirmişlerdir. Bunun yanında yüzey altı damla sulamada çeltik gelişiminin 2 hafta geciktiğini gözlemlemişlerdir. Yüzeyaltı damla sulama ile tava sulama verimleri arasında çok az verim kaybı yaşandığını, yüzeyaltı damla sulama ile ilaç ve gübre düştüğü ve su tasarrufunun arttığını bildirmişlerdir.

Çeltikte damla sulama olanaklarını araştırmak amacıyla Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü' nde kurulan denemelerde, en yüksek verim 8 t ha⁻¹ ile geleneksel sulama uygulamasından alınmıştır. Bu konuyu sıra arası 20 cm olarak ekilmiş, her parselde 16 sıra çeltik ve her sıraya bir damla sulama laterali çekilen birinci damla sulama uygulaması 6,9 t ha⁻¹ ile takip etmiştir. Geleneksel sulama için yağış dahil 1806 mm su kullanılmış, diğer taraftan damla sulama uygulaması için yağış dahil 789 mm su kullanılmıştır. Damla sulamada, devamlı sulamanın %56'sı kadar daha az su kullanıldığı açıklanmıştır (Anonim 2009). Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğünde 2007-2009 yılları arasında yapılmış olan Çeltikte Damla Sulama Araştırmaları Projesi su kullanımı yönünden incelendiğinde, kontrol uygulamasında 1 kg çeltik elde etmek için 2,25 m³ su kullanılmışken, en iyi damla sulama konusunda 1 kg çeltik elde etmek için 1,13 m³ su kullanılmıştır. Su kullanım etkinliği, kontrol uygulamasında 0,44 kg m⁻³ olurken, damla sulama uygulamasında 0,88 kg m⁻³ olarak gerçekleşmiştir (Anonim 2010).

Vijaykumar (2009) damla sulama ile sulanan hibrit çeltik çeşitlerinde A sınıfı kaptan olan buharlaşmanın %150'sinin uygulandığı konuda en yüksek bitki boyu 104,8 cm, hasat indeksi % 0,45, en iyi salkım sayısı, LAI ve kök gelişiminin olduğunu bildirmiştir.

Hindistan’ da 2008 – 2009 yıllarında yürütülen çalışmada, damla sulama ve sulama ile birlikte gübrelemenin (fertigasyon) çeltik bitkisinde boy, verim, su kullanımı vb. parametreler üzerine etkileri araştırılmıştır. Arazi denemesi 2 farklı damla sulama konusu (A sınıfı kaptan olan buharlaşmanın %100 ve %150’ si) ve 5 gübre konusundan oluşturulmuştur. En iyi sonuç, A sınıfı kaptan olan buharlaşmanın %150’ si uygulanan damla sulama konusundan elde edilmiştir (Kumar ve ark. 2011).

Trakya Bölgesinde yürütülen bir diğer çeltik çalışmasında, yüzey ve damla sulama olmak üzere iki farklı sulama yöntemi kullanılmış ve her iki yöntemde de farklı su kısıtı uygulamaları yapılmıştır. Yüzey sulama konularına uygulanan sulama suyu 1840–4355 mm arasında değişmiştir, buna karşın bitki su tüketimi değerleri 2158-4639 mm/mevsim arasında gerçekleşmiştir. Damla sulama konularında ise 723–1446 mm sulama suyu uygulanırken ölçülen bitki su tüketimi değerleri de 1066–1806 mm/mevsim arasında değişmiştir. Yüzey sulama konuları verim açısından değerlendirildiğinde, en yüksek verim değerleri herhangi bir su kısıtının uygulanmadığı sadece uygulanan su yüksekliğinin devamlı 10 cm (GS10) ve 20 cm (GS20) olarak tutulduğu geleneksel sulama konularından sırasıyla 7,97 t ha⁻¹ ve 8,14 t ha⁻¹ olarak elde edilmiştir. Damla sulama uygulamalarında en yüksek verim değeri buharlaşmanın %150’ si kadar sulama suyu (1084 mm) uygulanan (DS 1,5) konudan 7,11 t ha⁻¹ olarak bulunmuştur. Bu çalışma su kısıtı olan alanlarda verim ve verim öğelerini çok fazla etkilemeden damla sulamanın da kullanılabilir olduğunu ortaya koymuştur (Tuna 2012).

Govidan ve Grace (2012), Hindistan’da yaptıkları çalışmada damla sulama ile gübrelemenin çeltik yetiştiriciliği üzerine etkilerini araştırmışlardır. Deneme tesadüf blokları faktöriyel deneme düzeninde kurulmuş ve 3 günlük yığışimli buharlaşma miktarının %125–150’ si ve belli oranlarda gübre ve hümik asit uygulaması yapılması esasında programlama yapılmıştır. Deneme sonucunda buharlaşmanın %150’ sinin ve 100’ ünün dikkate alındığı RDF + azofosmet + hümik asit uygulanan konudan en iyi koşullarda 4–5,5 t ha⁻¹ verim elde edilmiştir.

Vanitha ve ark. (2012) damla sulama ile sulanan çeltikte A sınıfı kaptan olan buharlaşmanın %125’ ini uyguladıkları konudan su kullanım randımanını 0,85 g kg⁻¹, %150’ sini uyguladıkları konudan 0,83 g kg⁻¹ olarak elde etmişlerdir. Damla sulamada su kullanım randımanının arttığını, su kullanım miktarının (708-825 mm) düştüğünü vurgulamışlardır.

Çeltik tarımında en önemli girdiler sulama suyu ve gübredir. Gururaj (2013) çeltik tarımında damla sulama yönteminde 2 farklı su uygulaması (A kaptan olan buharlaşmanın %100 ve %150) ve sistem ile birlikte uygulanacak gübrede 3 farklı gübreleme metodu (RDF:

önerilen gübreleme dozu, NF: çiftçilerin uyguladıkları gübreleme dozu ve WSF: suda çözünebilir gübreler) uygulayarak, sonuçları geleneksel tava sulama yöntemiyle karşılaştırmıştır. Araştırma sonucunda en yüksek verimin 6598 kg ha⁻¹ ile A sınıfı kaptan olan buharlaşmanın %150' sinin ve önerilen gübre miktarının tamamının karşılandığı konudan elde edildiğini, kullanılan sulama suyu miktarlarının 628-1150 mm buna karşın elde edilen toplam su kullanım miktarlarının (sulama suyu + yağış) 766-1288 mm arasında değiştiğini bildirmiştir. Su kullanım randımanlarını 26,9-78,1 kg ha⁻¹cm⁻¹ olarak bulmuş ve sulama suyundan damla sulama yöntemiyle %40 tasarruf sağlandığını ve ekonomik analiz sonucuna göre damla sulama uygulamalarında en yüksek gelir elde edildiğini vurgulamıştır.

Çeltik sulamasında su tasarrufu sağlayan bir yöntem olarak görülen mulch+damla sulama uygulaması yapılan araştırmada; 3 farklı sulama yöntemi (CF: devamlı sulama, FIM: Mulch+karık sulama, FIN: karık sulama, DI: Mulch+damla sulama) kullanılmıştır. Sulamalar 20 cm toprak derinliğinde tansiyometreler ile takip edilerek nem tansiyonunun -30 kPa civarında tutulması şeklinde gerçekleşmiştir. Araştırma sonucunda damla sulama ve tava sulama yöntemlerinde kullanılan sulama suyu miktarları 11030-14244 m³ ha⁻¹, devamlı sulamada 34021,4-35525 m³ ha⁻¹ arasında değişmiştir. Araştırmadan elde edilen verim değerleri kullanılan sulama yöntemlerine göre 2095,5-9040,3 kg ha⁻¹, su kullanım randımanları 0,15-0,59 kg m³ ve hasat indeksi değerleri 0,12-0,47 arasında değişmiştir. Ekonomik analiz sonuçlarına göre en karlı sulama yönteminin devamlı sulama ve damla sulama olduğunu vurgulamışlardır (He ve ark 2013).

Hindistan'da 2012 yılı yazında aerobic çeltik üretiminde; geleneksel tava sulama, yüzey damla ve yüzey altı damla sulama yöntemleri ve farklı özelliklerde damlatıcı çeşitlerinin etkisini araştırmak amacıyla bir çalışma yürütülmüştür. Araştırmada bitkiler 20*10 cm ekim aralıklarında dikilmiş ve lateraller 80 cm ara ile çekilmiştir. Araştırmada 2 farklı sulama yöntemi (damla sulama ve toprak altı damla sulama) ve 2 farklı damlatıcı debisi (0,6, 1,01 l h⁻¹) kullanılmıştır. Sulama suyu miktarları her konuya aynı miktarda, A sınıfı kap buharlaşma değerlerinin %125' i olarak, verilmiştir. Araştırma sonucunda sulama suyu miktarları 572,9-750 mm arasında toplam su tüketim değerleri ise 647,5-841,8 mm arasında değişmiştir. Araştırma konularında verim değerleri 3523,1-4249,4 kg ha⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek verim laterallerin 80 cm aralıkla çekildiği bitki sırasının 20 cm olduğu ve damlatıcı debisinin 1,01 l h⁻¹ olan yüzey damla sulama konusundan 4249,4 kg ha⁻¹ olarak elde edilmiştir. Su üretim randımanlarının 0,43-0,64 gr kg⁻¹ ve hasat indeksi değerlerinin %35,6-38,8 arasında değiştiği bildirilmiştir (Parthasarathi ve ark 2013).

Anamika ve ark. (2014) A sınıfı kaptan olan buharlaşmanın 1,2 katını uyguladıkları damla sulama konusunda en yüksek verimi $3,25 \text{ t ha}^{-1}$ ve en yüksek su kullanım randımanını $2,82 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, geleneksel tava sulamada ise verimi $3,09 \text{ t ha}^{-1}$, su kullanım randımanını $2,54 \text{ kg ha}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ olarak bildirmişlerdir. Damla sulama yönteminde sulama suyundan tasarruf ettiklerini ve su sıkıntısı olan bölgelerde damla sulama yönteminin çeltik tarımında güvenle kullanılabileceğini vurgulamışlardır.

Padmaja (2014), çeltik sulamasında fertigasyon tekniği kullanarak, 3 farklı buharlaşma miktarı (%100, %150 ve %200), 3 farklı azot uygulamasını ($90, 120, 150 \text{ kg ha}^{-1}$) ekonomik açıdan geleneksel tava sulama ile karşılaştırmıştır. Sulama suyu miktarları damla sulama yönteminde $748,7-1224,4 \text{ mm}$ arasında değişmiştir. Ekonomik açıdan en karlı uygulamayı buharlaşmanın %150'sinin verildiği ve 150 kg ha^{-1} azot uygulaması yapılan konu olarak açıklamıştır.

Modinat ve ark. (2014) damla sulama ile sulanan çeltikte su kullanım verimliliğinin $0,77 \text{ kg da}^{-1} \text{ mm}^{-1}$, geleneksel tava sulama yönteminde ise $0,46 \text{ kg da}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ olduğunu, damla sulama yönteminde %30-41 oranında su tasarrufu sağlandığını bildirmişlerdir.

Rajwade ve ark. (2014), çeltik sulamasında son yıllarda kullanılmaya başlayan toprak altı damla sulama yönteminin kullanılabilirliğinin araştırılması amacı ile bir arazi çalışması yürütmüşlerdir. Araştırmada iki farklı damlatıcı aralığı (A: 40 cm , B: 60 cm) ve 4 farklı azot dozu uygulaması ($1:0 \text{ kg ha}^{-1}$, $2:50 \text{ kg ha}^{-1}$, $3:75 \text{ kg ha}^{-1}$ ve $4:100 \text{ kg ha}^{-1}$) yapmışlardır. Araştırma sonucunda çeltik verim değerlerinin $2389-4105 \text{ kg ha}^{-1}$ arasında değiştiğini ve en yüksek verimin 40 cm damlatıcı aralığı ve $70 \text{ kg ha}^{-1} \text{ N}$ uygulanan konudan 4108 kg ha^{-1} elde edildiğini bildirmişlerdir. Araştırma sonucunda damla sulama ile %70'e yakın su tasarrufu sağlandığını ve artan azot miktarının verimde artış sağladığını bildirmişlerdir.

Vanitha ve Mohandass (2014) tarafından aerobik pirinçte yapılan araştırma ile, % 100 oranında önerilen gübre dozunda ve A kaptan olan buharlaşmanın %125'lik konusunun uygulanmasından 12543 kg ha^{-1} 'lik elde edilen verim ile daha yüksek tane verimi elde edildiğini ortaya koymuşlardır. Su kısıtı olan bölgelerde A kaptan olan buharlaşmanın %100 uygulanabileceğini belirtmişlerdir.

Beşer ve ark. (2015) tarafından Edirne'de damla sulama yöntemi altında farklı çeltik çeşitlerinin verim performanslarının değerlendirilmesi amacıyla yürütülen araştırmada, 22 çeltik çeşidi damla sulama yöntemiyle sulanmıştır. Çeşitlerden elde edilen verimler $229,38-651,71 \text{ kg ha}^{-1}$, hasat indeksi değerleri %21,30-47,50, bin tane ağırlıkları $20,74-35,99 \text{ gr}$ arasında değişmiştir. Edirne ilinde su stresine en dayanıklı çeşidin Osmancık-97 olduğunu vurgulamışlardır.

Kruzhilin ve ark. (2015) çeltik sulamasında damla sulama yöntemi ile 3 farklı su rejimi ve 3 farklı gübre dozu uygulayarak geleneksel tava sulama yöntemine göre %60-80 daha az su kullanıldığını belirtmişlerdir. Damla sulama yöntemi ile 499-538 mm ha⁻¹ toplam sulama suyu kullanılmış ve verim değerleri 5,59-6,15 t ha⁻¹ arasında değişmiştir.

Önümüzdeki yıllarda tarıma su sağlama sıkıntısının en önemli problemlerden biri olacağı öngörüsü ile yürütülen araştırmada, çeltik sulamasında su tasarrufu sağlayan yöntemlerden biri olan damla sulamada 3 farklı su uygulaması (A kap buharlaşmasının %100, %125, %150' si) ve 3 farklı miktarda gübre uygulaması (verilecek toplam gübrenin %75, %100 ve %125' i) geleneksel sulama yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Araştırmada en yüksek verim 4,93 t ha⁻¹ ile buharlaşmanın %150' si ve uygulanacak gübre miktarının %125' inin uygulandığı konudan elde edilmiş ve verim değerleri 3,23-4,93 t ha⁻¹ arasında değişmiştir. Hasat indeksi değerleri ise %48-50 ve bin tane ağırlıkları 17,70-23,47 gr arasında değişmiştir (Naik ve ark 2015). Anusha ve ark. (2015), aynı doğrultuda farklı miktarlarda damla sulama uygulaması ve fertigasyon uygulamasını denedikleri çalışmalarında; damla sulama yönteminde sulama suyu miktarlarının 680-1480 mm, geleneksel yöntemde 1790-2442 mm arasında değiştiğini açıklamışlardır. Verim değerlerinin 6407-12213 kg ha⁻¹, bitki yüksekliklerinin 73,00-88,67 cm arasında değiştiğini bulmuş ve damla sulama ile birlikte uygulanan gübrenin aerobik çeltik yetiştiriciliğinde verim artışı sağladığını vurgulamışlardır.

Rekha ve ark (2015) Hindistan'da çeltik sulamasında yürüttükleri damla sulama fertigasyon çalışmasında, uygulanan sulama suyu miktarlarının (I) 487,15-846 mm, toplam sulama suyu miktarlarının (sulama suyu + yağış miktarı) ise 714-1073 mm arasında değiştiğini belirtmişlerdir. Su kullanım randımanlarının 0,31- 0,91 kg da⁻¹ mm⁻¹, tane verimlerinin 3375 - 6503 kg ha⁻¹ ve hasat indeksi değerlerinin %35 - 42 arasında değiştiğini bulmuşlardır.

Beşer ve ark. (2016) tarafından, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsünde Osmancık 97 çeltik çeşidinde damla sulama ve çeltik tarımında yoğun olarak kullanılan devamlı tava sulama yöntemleri karşılaştırılmıştır. Damla sulamada A-kaptan olan buharlaşmayı haftada 3 kez olacak şekilde uygulamışlardır. Araştırmada damla sulama sisteminde, 2 L h⁻¹ damlatıcı debisi, 80 cm ve 160 cm lateral aralığı denemişlerdir. Araştırma sonucunda; en yüksek verim 8,027 t ha⁻¹ ile devamlı tava sulama yönteminde elde edilmiş, damla sulama yönteminde ise en iyi verim 6,955 t ha⁻¹ ile 20 cm bitki sıra aralığı ve 80 cm lateral aralığı uygulanan konudan elde edilmiştir. Sulama suyu miktarları 789-1806 mm arasında değişmiştir. Su kullanım randımanı değerleri 0,444 kg t⁻¹-0,885 kg t⁻¹ arasında değişmiştir.

Damla sulama ile sulanan çeltik üzerine yapılan bir diğer çalışmada 3 farklı damla sulama rejimi (haftalık A kaptan olan buharlaşmanın %100, 150, 200' ü) ve 4 farklı azot uygulaması fertigasyon şeklinde yapılmış, bitki büyümesi, gelişmesi, tane verimine etkilerinin araştırılması amaçlanmıştır. Araştırma sonucunda tane verimleri 1960- 4933 kg ha⁻¹ arasında değişirken en yüksek verim A kaptan olan buharlaşmanın %150'sinin verildiği ve 180 kg da⁻¹ azot uygulanan konudan elde edilmiştir. Araştırmada kullanılan toplam sulama suyu miktarlarının (sulama suyu +yağış miktarı) 504-1681mm ve su kullanım randımanlarının 0,30-0,58 kg m⁻³ arasında bulunduğunu bildirmişlerdir (Ramulu ve ark. 2016).

Parthasarathi ve ark. (2016) çeltik sulamasında kullanılan damla sulama sistemleri için en uygun lateral aralığı ve damlatıcı debilerini bulmak için yaptıkları araştırmada, 3 farklı lateral aralığı (0,6, 0,8, 1,0 m) ve 2 farklı damlatıcı debisi (0,6, 1,0 L h⁻¹) kullanmışlardır. Araştırma sonucunda bitki yüksekliklerini 60,5-77,5 cm, hasat indeksi değerlerini 38,8-42,8, toplam sulama suyu miktarlarını 547-697,7 mm, verim değerlerini de 3819-5793 kg ha⁻¹ arasında bulduklarını bildirmişlerdir. Bitki büyüme ve gelişmesinin en iyi olduğu konunun 0,8 m lateral aralığı ve 1 Lh⁻¹ damlatıcı debisi olan konudan bulunduğunu vurgulamışlardır.

Rao ve ark (2016) çeltik'te yaptıkları toprak altı damla sulama ve fertigasyon çalışmasında, damla sulamada 4 farklı su uygulaması (A kaptan olan buharlaşmanın %100, %125, %150 ve %175 uygulanması) ve 4 farklı azot uygulaması (90, 120, 150, 180 kg ha⁻¹ N) yapmışlardır. Su uygulama randımanlarını 0,60-1,14 kg ha⁻¹mm⁻¹ olarak bulmuşlar ve 2 yıllık sonuçları değerlendirdiklerinde en yüksek verim ve ekonomik getirinin buharlaşmanın %175'inin verildiği ve 180 kg ha⁻¹ N uygulanan konudan elde edildiğini açıklamışlardır.

Rao ve ark. (2017) çeltik sulamasında damla sulama ve geleneksel tava sulamayı karşılaştırdıkları diğer bir çalışmada, beş farklı su uygulaması (T1: Geleneksel sulama, T2: SRI+geleneksel sulama, T3: Damla sulama, damlatıcı aralığı 20 cm, T4: Damla sulama, damlatıcı aralığı 30 cm, T5: Damla sulama, damlatıcı aralığı 40 cm) yapmışlardır. En yüksek verim ve bitki boyu değerini T3 uygulamasından sırası ile 7,07 t ha⁻¹ ve 76,45 cm elde etmişlerdir. Verim değerleri 3,14 – 7,07 t ha⁻¹, bitki boyu değerleri 73,45-76,45 cm, hasat indeksi değerleri %40,73-61,93 arasında değişmiştir. Damla sulama yönteminin ekonomik getirisinin yüksek olduğunu vurgulamışlardır.

Sharda ve ark. (2017), damla sulamada 3 farklı su uygulaması (A kaptan olan buharlaşmanın 1,5, 2,5 ve 3 katı), tava sulama (A kaptan olan buharlaşmanın 3 katı) ve 3 farklı nitrojen seviyesini (120, 150, 180 kg da⁻¹ N) verim ve su kullanımı açısından karşılaştırmışlardır. Araştırma sonucunda; damla sulama yöntemi verimlerinin (7,34-8,01 t ha⁻¹) tava sulama verimlerinden %17 daha fazla olduğunu ve sulama suyundan

%40 tasarruf sağlandığını bildirmişlerdir. Su kullanım randıman değerlerinin damla sulamada 0,81-0,88 kg m⁻³, tava sulamada ise 0,42-0,52 kg m⁻³ aralığında değiştiğini vurgulamışlardır. Dünyada olası su kısıtı senaryolarında damla sulama yönteminin çeltik tarımında kullanılabilir bir sistem olduğunu bildirmişlerdir.

Çeltik tarımında su tasarrufu sağlayan bir yöntem olarak görülen damla sulama ve fertigasyonun beraber yapıldığı bu çalışmada, 2 farklı damla sulama rejimi (ETc'nin %100 ve %150' si) ve 3 farklı fertigasyon uygulaması (verilecek gübrenin %75, %100, %150' si) geleneksel tava sulama yöntemiyle karşılaştırılmıştır. Araştırma sonuçlarına bakıldığında verim değerleri 3741-5304 kg ha⁻¹, LAI değerleri ise tüm uygulamalarda 0 - 4,81 değerleri arasında değişmiştir. Su kısıtı yaşanan bölgelerde ETc'nin %150'si ve uygulanacak gübre miktarının %125 nin uygulandığı konunun verim ve su tasarrufu açısından uygulanabilir olduğunu açıklamışlardır (Ramadas ve Ramanathan 2017)

Çeltik sulamasında damla sulama yönteminin uygulanabilirliğinin araştırılması amacıyla yapılan denemede 2 farklı ekim yöntemi (direkt ekim ve fideleme) ve iki farklı sulama yöntemi (damla sulama ve devamlı tava sulama) karşılaştırmalı olarak denenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre; 2011 ve 2012 yılı verim değerleri 6673-7962 kg ha⁻¹ arasında değişmiş ve en yüksek verim iki yılda da damla sulama+direkt ekimde elde edilmiştir. Araştırmadan elde edilen hasat indeksi değerleri %39,37 ile 43,72 arasında değişmiştir. Denemede kullanılan sulama suyu miktarları 520-1200 mm arasında olup, en yüksek sulama suyu devamlı sulama ve fideleme yönteminde kullanılmıştır. Damla sulama yöntemi ile %22 – 51,79 su tasarrufu sağlanmıştır (Bhardwaj ve ark. 2018)

Damla sulama yöntemi ile geleneksel tava sulama yönteminin karşılaştırılması, su uygulamaları arasındaki farkın belirlenebilmesi için yapılan çalışma; kontrol konusu (tavalarda 5 cm su yüksekliği oluşturulan konu) ve üç farklı damla sulama uygulaması (3 günlük A kaptan olan olan buharlaşmanın %80, %100 ve %120' si) konularından oluşturulmuştur. Damla sulama yönteminde uygulanan sulama suyu miktarları 258 mm ile 365 mm arasında değişirken, kontrol konusunda uygulanan sulama suyu miktarı 600 mm olarak gerçekleşmiştir. En yüksek verim 3,10 t ha⁻¹ olarak 3 günlük A kaptan olan olan buharlaşmanın %100 uygulandığı konudan elde edilmiş ve su uygulama randımanları tüm konularda 0,12 – 0,81 kg da mm⁻¹ aralığında bulunmuştur (Sarkar ve ark. 2018)

Singh ve ark (2018) çeltik sulamasında kullanılan damla sulama yönteminin bitki büyümesine, verim ve verim parametrelerine etkilerini araştırmak için yaptıkları çalışmada, damla sulama uygulamalarında ortalama çeltik tane verimlerini 3844,25–8076,25 kg ha⁻¹

aralığında bulmuşlardır. Damla sulama ile su tasarrufu sağlandığını ve geleneksel sulamaya göre %33,31 oranında daha yüksek verim alındığını açıklamışlardır.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

Bu bölümde, araştırmada kullanılan materyal ile arazi, laboratuvar ve büro çalışmalarında uygulanan yöntemler açıklanmıştır.

3.1. Materyal

3.1.1. Araştırma alanının yeri

Araştırma, Marmara Bölgesinin kuzey kısmında yer alan Kırklareli ilinin 4 km batısında bulunan Atatürk Toprak, Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma İstasyonu arazisinde yürütülmüştür. Marmara Bölgesinin Yıldız (Istranca) Dağları ve Ergene Ovası bölümleri üzerinde 41°42' Kuzey enlemi ile 27°14' Doğu boylamında yer alan Kırklareli ilinin denizden yüksekliği 203 m'dir.

3.1.2. İklim özellikleri

Kırklareli ili uzun yıllar iklim verilerine ait ortalamalar Çizelge 3.1' de (MGM 2018), araştırma yıllarına ait ortalamalar Şekil 3.1' de verilmiştir. İlin uzun yıllar iklim verilerine göre yıllık ortalama yağış miktarı 573,6 mm olarak belirlenmiştir. En fazla yağış alan aylar, Aralık (70,6mm) ve Ocak (61,9 mm), en az yağış alan aylar da Temmuz (25,3 mm) ve Ağustos (21,1 mm) aylarıdır.

Kırklareli ovasında yıllık ortalama sıcaklık 13,3 °C olup saptanan en yüksek ve en düşük sıcaklıklar +42,5 ile -15,8 °C' dir. En sıcak aylar Temmuz (24 °C) ve Ağustos (23,4 °C), en soğuk aylar da Ocak (2,69 °C) ve Şubat (4,2 °C) aylarıdır. Ortalama nisbi nem %70, buharlaşma 1099,2 mm ve rüzgar hızı da 2,3 m s⁻¹ olarak tespit edilmiştir. Kırklareli ilinde xeric-ustic nem rejimi, mesic sıcaklık rejimi ve Marmara (Akdeniz- Karadeniz) geçiş tipi yağış rejimi hakimdir.

3.1.3. Toprak özellikleri ve topoğrafya

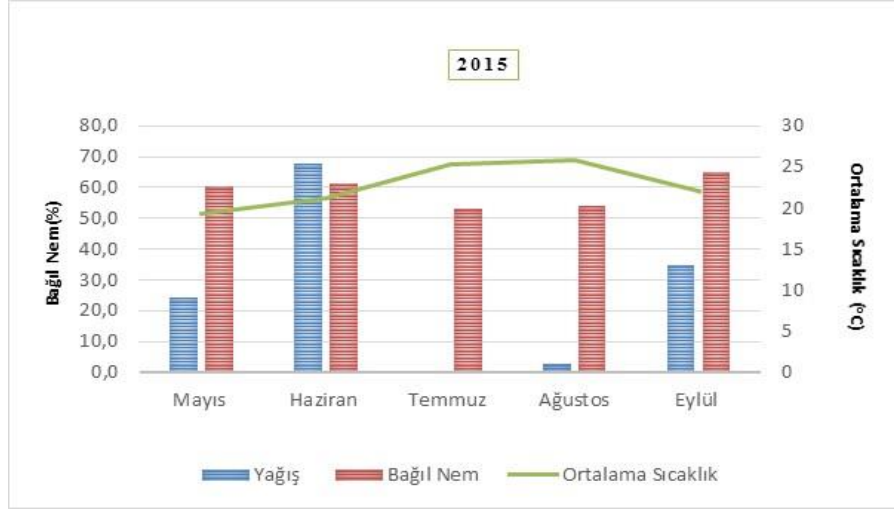
Araştırma alanı genellikle killi tın ve tın bünyeye sahip, organik madde içeriği orta, potasyumca fakir, hafif alkalın, orta kireçli topraklardan oluşmakta, taban suyu ve sodyumluluk gibi sorunlar bulunmamaktadır. Alana ait görüntü Şekil 3.2' de verilmiştir.

3.1.4. Su Kaynağı ve sulama suyunun sağlanması

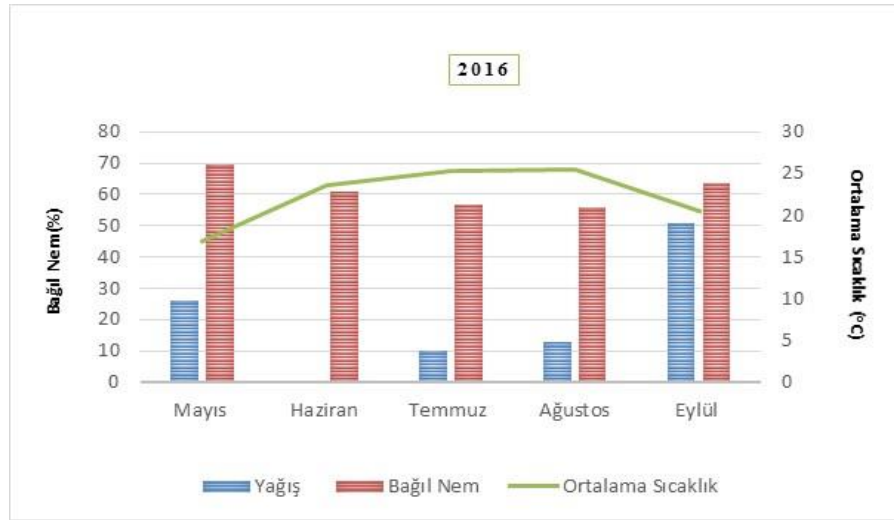
Araştırma alanının sulanması için gerekli olan sulama suyu, enstitü bahçesinde bulunan derin kuyudan (150 m³ h⁻¹) derin kuyu pompası ile kapalı sisteme verilmiş, deneme alanındaki almaçlar yardımı ile sulama sistemine alınmıştır.

Çizelge 3.1. Kırklareli ili uzun yıllar ortalama iklim değerleri (MGM 2018)

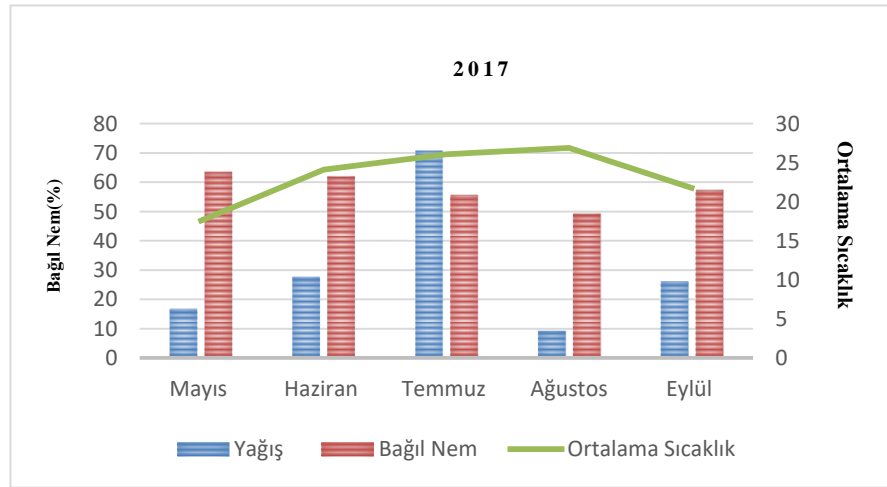
İklim Parametreleri	Ölçüm Periyodu (1959 - 2017)												
	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ortalama Sıcaklık (°C)	2,9	4,2	7,0	12,1	17,3	21,6	24,0	23,4	19,3	13,9	9,1	5,0	13,3
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	6,6	8,4	12,0	17,8	23,4	27,9	30,6	30,5	26,0	19,7	13,6	8,6	18,8
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	0,0	0,8	2,9	7,1	11,5	15,4	17,7	17,5	13,9	9,7	5,7	2,1	8,7
Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	2,5	3,3	4,7	6,0	8,1	8,8	9,8	9,5	7,0	5,0	3,4	2,2	70,3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	11,1	9,1	9,2	10,3	9,9	8,4	4,6	3,6	4,8	7,1	8,6	11,4	98,1
Toplam Yağış Miktarı Ortalaması (mm)	61,9	51,0	46,6	45,6	49,4	47,4	25,3	21,1	34,2	54,4	66,1	70,6	573,6
En Yüksek Sıcaklık (°C)	18,6	23,1	25,7	31,5	36,0	40,4	42,5	40,4	37,2	37,4	33,4	21,3	42,5
En Düşük Sıcaklık (°C)	-15,8	-15,0	-11,8	-3,0	1,4	5,8	8,8	8,7	3,0	-3,4	-7,2	-11,1	-15,8
Ortalama Bağıl Nem (%)	80	78	74	69	66	62	59	61	65	72	78	81	70
Ortalama Rüzgaz Hızı (m/s)	2,6	2,7	2,6	2,4	2,0	2,0	2,0	2,0	2,1	2,3	2,3	2,4	2,3



a) 2015 yılı



b) 2016 yılı



c) 2017 yılı

Şekil 3.1. Yetiştirme dönemlerine ilişkin bazı iklim elemanlarının aylık değişimi



Şekil 3.2. Araştırma alanına ait görüntü

3.1.5. Sulama sistemi

Arazide damla sulama yöntemine ait sistem unsurları, sırasıyla, derin kuyu, pompa birimi, kontrol birimi, ana boru hattı, manifold boru hatları, lateraller ve damlatıcılardan oluşurken; yağmurlama sulama yöntemine ait unsurlar, sırasıyla, derin kuyu, pompa birimi, boru hatları ve yağmurlama başlıklarından oluşturulmuştur.

Damla sulama yönteminin uygulanacağı parsellere, gerekli sulama suyu, araştırma alanında yer alan derin kuyudan alınarak, havuzda depolanmış ve pompa ile sisteme verilerek kontrol biriminde damlatıcıları tıkamayacak biçimde süzülüp, gerektiğinde bitki besin maddeleri ile karıştırıldıktan sonra, basıncı ve debisi denetlenerek deneme parsellerine dağıtılmıştır. Kontrol birimi, hidrosiklon, elekfiltre, basınç regülatörü, sulama suyu ve basınç ölçümleri için manometrelerden oluşturulmuştur. Ayrıca, gübre uygulamaları için bir adet 60 litrelik gübre tankı kullanılmıştır. Sulama sistemi içerisinde; ana boru hattı için 50 mm dış çaplı sert PE borular, manifold boru hatları için 16 mm dış çaplı yumuşak PE borular ve lateraller için üzerinde toprağın infiltrasyon hızına göre aralıkları ve debisi belirlenmiş in-line

damlatıcıların bulunduğu 16 mm çapında yumuşak PE borular kullanılmıştır. Islatılan alan yüzdesinin %100 olacağı koşullar oluşturulmuştur. Araştırma alanı topraklarının bünye sınıfı ve gerçek infiltrasyon hızı değerlerine göre damla sulama yönteminin kullanıldığı parsellerde, damlatıcı debisi 4 Lh⁻¹ olarak seçilmiş, arazide gerçekleştirilen testler (Keller ve Bliester 1990, Yıldırım 2013) ile damlatıcı aralığı ve lateral aralığı 0,80 m olarak bulunmuştur.

Yağmurlama sulama yönteminin uygulanacağı parsellerde toprağın infiltrasyon hızına göre seçilen ve tam örtme (%100) yapacak şekilde yerleştirilen başlıklar kullanılmıştır. Yağmurlama başlıkları eş su dağılım katsayısı (Cu) bakımından test edilerek parsel köşelerine 90° açılı nozzle içeren başlıklar yerleştirilmiştir. Uygulama sırasında yağmurlama sulamayı kısıtlayan rüzgarlı koşullar göz önüne alınmıştır. Ayrıca su uygulamalarındaki farklılıktan doğabilecek değişken su yüksekliklerini kontrol altına almak için parsel çevreleri seddelenmiştir. Yağmurlama sulama sisteminde 2,5 atm basınç altında 0,30-0,35 m³ h⁻¹ debiye sahip, 10 m ıslatma çapında açı ayarlı yağmurlama başlıkları kullanılmıştır. Bu başlıkların eş su dağılım katsayısı değerleri (Cu) %88-92 arasında değişmektedir. Her parselde, parsel köşelerine 4 adet başlık yerleştirilmiş 90° açı ile çalıştırılmıştır ve bitki boyuna bağlı olarak 1 m' ye kadar yükseltilmiştir.

Tava sulama yönteminde; parsel içi tesviye işlemleri gerçekleştirilerek parsel etrafı 30 cm yüksekliğinde seddelerle çevrilmiş, su uygulaması tarla başına kadar suyun getirileceği manifoldlardan su sayacı ile kontrol edilerek parsellere verilmiştir. Belirlenen sulama konularına göre sulama suyu uygulamaları yapılmıştır.

AWD konuları için geleneksel tava sulama yöntemi prensiplerine göre tavalar oluşturulmuş, çeltik tohumlarının sıraya ekimi yapılmış ve farklı toprak derinliklerindeki nem takip edilerek eksik nem sayaç yardımı ile alana uygulanmıştır.

3.1.6. Araştırmada kullanılan ölçüm cihazları

3.1.6.1. Tansiyometre aleti

Araştırmada, 3 farklı derinlikte (0-30, 30-60, 60-90 cm), toprak nem tansiyonlarını ölçen 0-100 kPa ölçüm aralığında çalışan İrrometer marka tansiyometreler kullanılmıştır.

3.1.6.2. Yaprak alan ölçer

Çalışmada yaprak alan indeksi (LAI) değerlerinin ölçülmesinde kullanılan LAI-2200C (Licor, Inc.) aleti LAI 2200C cihazı yaprak alan indeksini ve diğer bitki yüzey özelliklerini gelen ışıktan yararlanarak, 148° görüş açısına sahip balık gözü (fish-eye) optik sensörü vasıtasıyla hesaplamaktadır. Cihaz kullanılarak, bitki yüzeyinin altında ve üzerinde beş zenit açısında (10, 45, 90, 180 ve 270°) ışığın farklı kırılımları ile ölçüm yapılabilmektedir.

3.1.7. Kullanılan çeltik çeşidi özellikleri

Araştırmada, bölgede %90 ekim alanı olan, denenmiş, çimlenme oranı yüksek, üretim izinli ve kuraklığa dayanıklı, hastalık ve zararlılara dirençli, verimi yüksek, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü tarafından geliştirilen “Osmancık 97” çeltik çeşidi kullanılmıştır. Kullanılan çeşit, Türkiye ve Trakya bölgesinde geniş bir ekim alanına sahiptir. Bitki boyu 95-100 cm civarındadır. Sağlam saplı ve yatmaya dayanıklıdır. Tane dökmez ve kılçıksızdır. Tane sarı renkli ve uzundur. Bin tane ağırlığı 33 gram’ dır. Orta erkenci ve olgunlaşma süresi 130-140 gün’dür. Kırıksız pirinç randımanı %65’ in üzerindedir. Pirinç görünüşü camsı ve mattır. Yanıklık hastalığına orta derecede toleranslıdır. Kök boğazı çürüklüğüne dayanıklıdır.

3.1.8. Kullanılan bilgisayar paket programları

Araştırmada, istatistiksel analizlerin yapılmasında ve çeşitli denklemlerin elde edilmesinde Ms Excel ile Kalibrasyon ve İstatistik analizleri bilgisayar programı “JMP” paket programı kullanılmıştır.

3.2. Yöntem

Bu bölümde, araştırma alanı topraklarının fiziksel özellikleri dikkate alınarak, kullanılacak sulama yönteminin gerektirdiği sistem unsurlarının projelendirilmesi, deneme düzeni ve konuları ile bitki su üretim fonksiyonlarının belirlenmesi ve maliyet analizlerinin hangi bilimsel yöntemler kullanılarak yapıldığı üzerine bilgiler verilmiştir.

3.2.1. Araştırma alanı topraklarının fiziksel ve kimyasal analiz yöntemleri

Araştırma alanı topraklarının fiziksel özelliklerini belirlemek amacıyla 2 farklı yerde 120 cm derinliğe kadar toprak profilleri açılarak 0-30, 30-60, 60-90 ve 90-120 cm toprak katmanlarından bozulmuş ve bozulmamış toprak örnekleri alınmıştır. Bu örneklerden hacim ağırlığı değerleri, tarla kapasitesi değerleri, solma noktası değerleri ve bünye sınıfı belirlenmiştir (Blake 1965, Benami ve Diskin 1965).

Deneme parseline uygulanacak gübrenin çeşit ve miktarını saptamak amacıyla, araştırma alanı topraklarına ilişkin verimlilik analizleri Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü Laboratuvarları’ nda yapılmıştır. Ekimden önce her tekerrürden verimlilik için 0-20, 20-40 cm derinlikten bozulmuş toprak örnekleri alınmıştır. Bu örneklerde, pH, toplam tuz, kalsiyum karbonat, kullanılabilir K_2O , kullanılabilir P_2O_5 , toplam azot ve organik madde analizleri yapılmıştır.

Araştırmada kullanılan sulama suyu özelliklerini belirlemek için su örnekleri alınmış, Ayyıldız (1990)' da verilen esaslara göre yapılan analizler sonucunda T_3S_1 olarak belirlenmiştir.

Toprak örneklerinde kullanılan analiz yöntemleri;

-Hacim Ağırlığı: Bozulmamış toprakta silindir metodu (Tüzüner 1990),

-Doyma noktası: Saturasyon çamurunda (Richards 1954),

-Tarla Kapasitesi: Bozulmamış toprak örneklerinde (Tüzüner 1990),

-Solma Noktası: Bozulmamış toprak örneklerinde (Tüzüner 1990),

-Bünye Analizi: Bouycous hidrometre yöntemiyle (Tüzüner 1990),

-Organik Madde: Smith-Weldon metodu ile (Sağlam 1994),

-Elektriksel İletkenlik ($dS m^{-1}$): Saturasyon ekstraktında elektrod yöntemiyle (Sağlam 1994) ve

-Toprak Reaksiyonu: Toprak ekstraktında pH metre ile (Sağlam, 1994) yapılmıştır.

Sulama suyu örneklerinde kullanılan analiz yöntemleri;

-Fosfor ve potasyum içeriği: Tüzüner (1990)'da verilen esaslar ile,

-Ph: Cam elektrotlu pH metre ile (Richards, 1954)

-Elektriksel İletkenlik: 25 °C'de elektriksel iletkenliğin kondaktivimetre ile ölçülmesi ile (Richards, 1954),

-Eriyebilir katyonlar (Na, Ca, Mg, K): ICP-OES cihazında okunmuş ve anyonlar (Cl, SO₄, CO₃, HCO₃) Tüzüner (1990)'in belirtmiş olduğu esaslara göre yapılmıştır.

3.2.2. Toprağın su alma hızının ölçülmesi

Toprağın su alma hızının saptanmasında, çift silindirli infiltrometre yöntemi uygulanmıştır. Yöntemin uygulanmasında Güngör ve Yıldırım (1989)' da belirtilen ilkelere uygun biçimde ölçmeler yapılmış ve sabit infiltrasyon hızı değeri 12 mm h⁻¹ olarak belirlenmiştir.

3.2.3. Kalibrasyon denklemlerinin elde edilmesi

Araştırmada, sulama zamanı başlangıcının tespiti için kullanılacak tansiyometrelerin kalibrasyon denklemleri Smajstrla ve ark. (1997)' de verilen esaslara göre elde edilmiştir. Kalibrasyon için 2x2 m büyüklüğünde bir kalibrasyon tavaşı oluşturularak, tansiyometreler kalibrasyon tavaasına çakılmıştır. Toprak doymun koşullara ulaştırılmış ve her bir 30 cm'lik toprak katmanı için, toprak nemi doyma noktası civarından solma noktası civarına varıncaya kadar, gravimetrik yöntem paralelinde, ölçümler yapılmış ve kalibrasyon denklemleri elde edilmiştir.

3.2.4. Tarım tekniği

Deneme alanı ayçiçeği hasadından sonra pulluk ile derin sürülmüş, ilkbaharda da toprak tavda iken çizel pulluk ile işlenmiş ve ardından lazerli tesviye bıçağı ile tesviye işlemi yapılmıştır. Tesviyeden sonra alana tekrar çizel pulluk uygulanarak ve ardından diskaro 31 çekilmiştir. Son işlem olarak toprak tırmıkla inceltip uygun bir tohum yatağı oluşturulmuştur.

Verimlilik analizi sonuçları göz önünde bulundurularak gübre uygulamaları yapılmıştır. Uygulamalar; 18 kg ha⁻¹ amonyum sülfatın 1/3'ü ekim öncesi, 1/3'ü kardeşlenme başlangıcında ve kalan 1/3'ü salkım başlangıcı döneminde olmak üzere gerçekleştirilmiştir.

Denemede çeltik ekimi, el ile 20 cm sıra arasına dekara yaklaşık 15 kg tohumluk gelecek şekilde, 2 cm toprak derinliğine yapılmıştır. Yetiştiricilik periyodu boyunca gerçekleşen kültürel işlemlere ait takvim Çizelge 3.2'de verilmiştir. Çalışmada 2015 yılı yetiştiriciliğinde, tohum tarlaya 5 Haziran, 2016 yılı yetiştiriciliğinde 30 Mayıs ve 2017 yılı yetiştiriciliğinde ise 16 Mayıs da ekilmiştir.

Ürün hasadı, tanelerin %80' inin saman rengini aldığı, araştırmanın ilk yılında 8 Ekim, ikinci yılında 14 Ekim ve üçüncü yılında 4 Ekim'de gerçekleştirilmiştir. Her bir deneme parseli elle hasat edilmiş, hasat edilen bitkiler kurutulmuş, batos olarak adlandırılan tane ayırma makinesine atılarak taneler ile sap ve harnupların vb. bitki aksamından ayrılması sağlanmıştır.

Bunun yanı sıra her bir parselden bitki boyu, salkım uzunluğu, saplı ağırlık, kalite parametre değerlerini elde etmek için 10' ar bitki alınmış ve gerekli sayım işlemleri yapılmıştır. Gerekli tartım işlemleri sonucunda her bir deneme parseline ilişkin verim değerleri ve 1000 tane ağırlıkları hesaplanmıştır. Her parselden ayrılan tohumlar, numaralanan torbalara konularak, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nün çeltik laboratuvarında analizler için gerekli işlemler yapılmıştır. Her bir parselden alınan örnekler üzerinde kırıklı, kırıksız randıman ve hektolitreye ağırlığı analizleri yapılmıştır. Tohum yatağı hazırlanması, ekim - hasat işlemi ve çimlenme – çıkış aşamalarını gösteren bazı görüntüler Şekil 3.3' de verilmiştir.

Çizelge 3.2. Denemenin 2015, 2016, 2017 yıllarına ait tarımsal işlemler

Tarımsal İşlemler	2015 yılı	2016 yılı	2017 yılı
Toprak işleme ve gübre uygulaması (Amonyum sülfat 6 kg da ⁻¹)	10 Mayıs	16 Mayıs	27 Nisan
Parsel oluşturulması	15 Mayıs	23 Mayıs	2 Mayıs
Tohumluk hazırlanması	1 Haziran	27 Mayıs	12 Mayıs
Sulama sistemlerinin kurulması	4 Haziran	28 Mayıs	14 Mayıs
Tohumların parsellere atılması	5 Haziran	30 Mayıs	16 Mayıs
Konulu sulama başlangıcı	16 Haziran	13 Haziran	30 Mayıs
Yabancı ot ilacı uygulaması (dar yapraklı)	24 Haziran	20 Haziran	5 Haziran
LAI ölçümlerinin yapılması	15 Temmuz	30 Temmuz	26 Temmuz
Gübre uygulaması (amonyum sülfat 6 kg da ⁻¹)	5 Temmuz	30 Haziran	27 Haziran
Gübre uygulaması (amonyum sülfat 6 kg da ⁻¹)	7 Ağustos	3 Temmuz	3 Temmuz
Yabancı ot ilacı uygulaması (geniş yapraklı)	15 Ağustos	10 Temmuz	7 Temmuz
Yabancı ot temizliği yapılması	16 Ağustos	12 Temmuz	12 Temmuz
LAI ölçümlerinin yapılması	-	29 Ağustos	25 Ağustos
Sulamaların kesilme tarihi	30 Eylül	5 Ekim	18 Eylül
LAI ölçümlerinin yapılması	15 Eylül	29 Eylül	25 Eylül
Çeltik bitkisi fiziksel ölçümlerinin yapılması	6 Ekim	12 Ekim	2 Ekim
Hasat	8 Ekim	14 Ekim	4 Ekim

3.2.5. Araştırma konuları ve deneme düzeni

Araştırma tesadüf bloklarında faktöriyel deneme deseninde 3 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Denemelerde ana konuları sulama yöntemleri, alt konuları ise sulama düzeyleri oluşturmuştur. Ayrıca ikili karşılaştırmalar yapabilmek için faktöriyel deneme deseni dışında, bölgede geleneksel olarak uygulanan tava sulama yöntemine dair 3 tekerrürlü parseller oluşturulmuştur. Sulamalarda ıslatılacak toprak derinliği olarak 90 cm' lik etkili kök derinliği (Doorenbos ve Kassam 1979) dikkate alınmıştır. Deneme düzenine ait şematik görüntü Şekil 3.4' de, sulama yöntemlerine ait parsel ayrıntıları Şekil 3.5, 3.6 ve 3.7' de verilmiştir.



Şekil 3.3. Tarımsal işlemlere ait görüntüler

Ana konular (Sulama Yöntemi);

AWD: Alternatif Tava sulama (Alternatif Islatma Kurutma),

D: Damla sulama yöntemi,

Y: Yağmurlama sulama yöntemi şeklinde oluşturulmuştur.

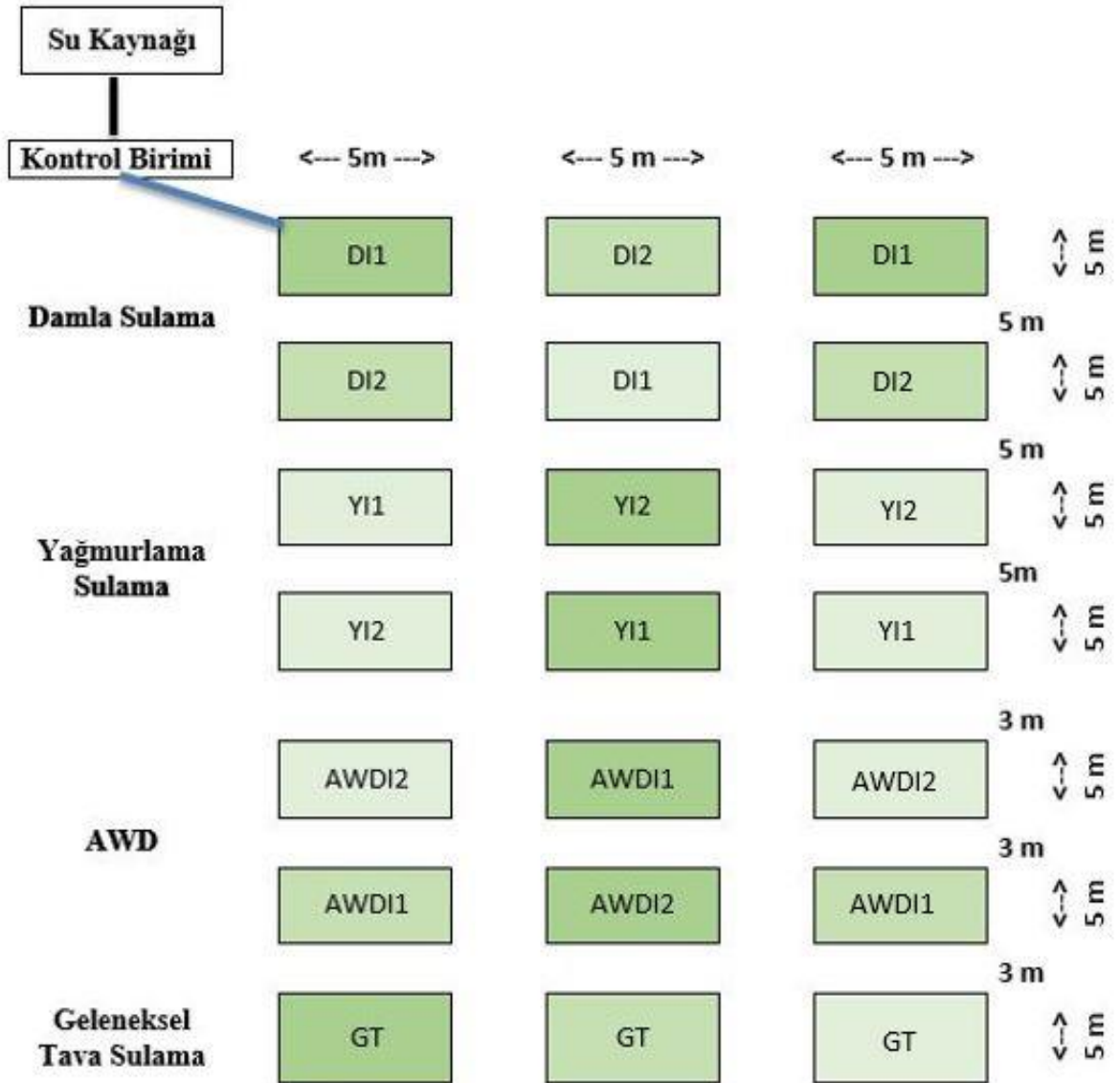
Alt konular (Sulama Düzeyi):

I_1 = Toprak nemi tarla kapasitesi civarında iken doyma noktası ile tarla kapasitesi arasındaki suyun %25'i kadar su uygulanan konu,

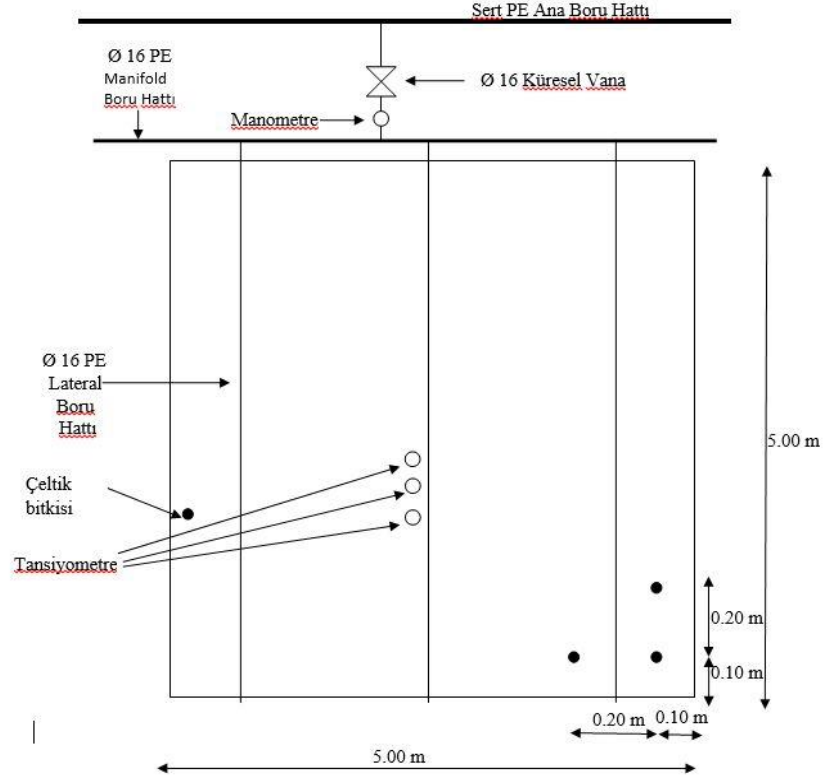
I_2 : Kullanılabilir su tutma kapasitesinin %25'i tüketildiğinde tarla kapasitesine kadar su uygulanan konu şeklinde oluşturulmuştur.

Geleneksel Tava Sulama: Ekimden hasada kadar geçen sürede tava içerisinde 5 cm su yüksekliği yaratılan konudur (çiftçi uygulaması).

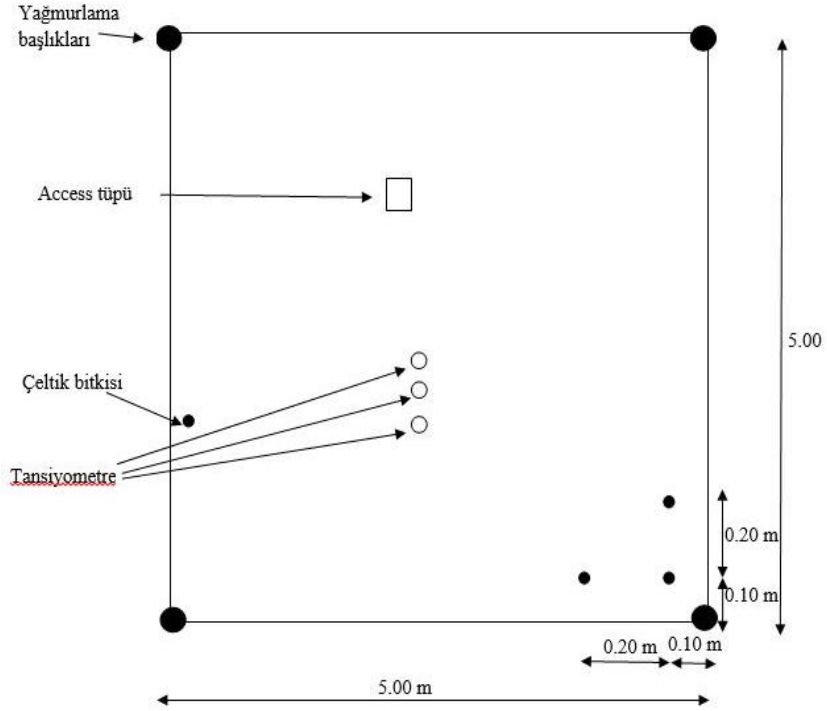
Her bir deneme parselinin alanı, 5 m x 5 m boyutlarında, 25,0 m² olup, tüm kenarlarda ikişer bitki sırası, kenar etkisi göz önüne alınarak hasat parseli dışında bırakılmıştır.



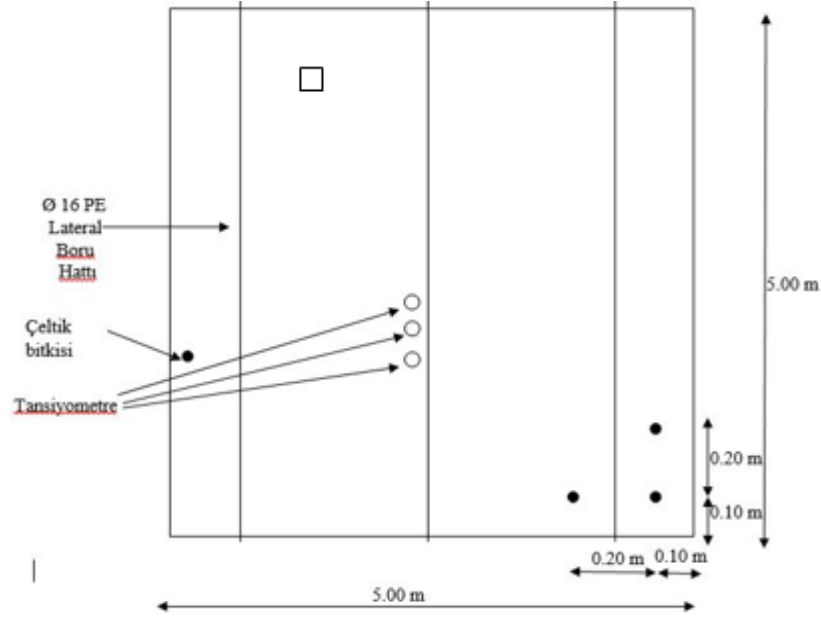
Şekil 3.4. Deneme düzeni



Şekil 3.5. Damla sulama parsel ayrıntısı



Şekil 3.6. Yağmurlama sulama parsel ayrıntısı



Şekil 3.7. AWD ve Tava sulama parsel ayrıntısı

3.2.6. Sulama suyu uygulamaları

Sulama zamanının belirlenmesinde topraktaki nem tansiyonu esas alınmıştır. Bu değişimler herbir 30 cm'lik katman için tansiyometreler ile izlenmiştir. Toprak su içeriği ölçümlerine gravimetrik yöntem kullanılarak ekim ile birlikte başlanmış ve hasat sonuna kadar haftalık olarak devam edilmiştir.

I₁ konusunda; mevcut nem tarla kapasitesi civarında iken (18 kPa), doyma noktası ile tarla kapasitesi arasındaki suyun %25'i kadar sulama suyu uygulanmıştır.

I₂ konusunda; kullanılabilir su tutma kapasitesinin %25'i tüketildiğinde (23 kPa) tarla kapasitesine çıkaracak biçimde sulama suyu uygulanmıştır. I₁ ve I₂ konularına uygulanan net sulama suyu miktarları sırasıyla eşitlik 3.1 ve 3.2' de açıklanmıştır.

$$d_{nI1} = \left[\frac{(DN-TK)*0,25}{100} \right] * \gamma_t * D \quad (3.1)$$

$$d_{nI2} = \left[\frac{(TK-SN)*0,25}{100} \right] * \gamma_t * D \quad (3.2)$$

Esitliklerde;

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

DN : Doyma noktası %,

TK : Tarla kapasitesi, %,

γ_t : Toprağın hacim ağırlığı, g cm⁻³,

D : Etkili kök derinliği, mm, değerlerini göstermektedir.

3.2.7. Bitki su tüketiminin saptanması

Araştırmada, uygulanan sulama suyu miktarı 90 cm' lik etkili kök derinliği için hesaplanmasına karşın, herbir sulama yönteminin I₂ konusunda oluşabilecek derine sızmaları da izleyebilmek amacıyla bitki su tüketimi değerleri 120 cm toprak derinliği dikkate alınarak su bütçesi yaklaşımına göre hesaplanmıştır (Walker ve Skogerboe 1987). Bu amaçla aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır.

$$ET = I + P + C_p - D_p \pm R_f \pm \Delta S \quad (3.3)$$

Eşitlikte;

ET : Bitki su tüketimi, mm,

I : Periyot boyunca uygulanan sulama suyu miktarı, mm,

P : Periyot boyunca düşen yağış, mm,

C_p : Kılcal yükselişe 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, tava ve basınçlı sulama yöntemleri kullanıldığından yüzey akış miktarları ihmal edilmiştir.

3.2.8. Sulama suyu kullanım randımanı ve su üretim randımanı

Deneme alanında uygulanan sulama suyu miktarı, ölçülen bitki su tüketimi ve alınan verimlere göre elde edilen sulama suyu kullanım (IWUE) ve su üretim randımanı (WP) değerleri aşağıdaki eşitlikler yardımı ile hesaplanmıştır (Tabbal ve ark. 2002, Qiu ve ark. 2008, Parthasarathi ve ark. 2013, Ramulu ve ark. 2016). Etkili yağış değerleri Güngör ve ark. (2012)'de açıklanan yöntem ile elde edilmiştir.

$$IWUE = \frac{Y}{I} \quad (3.4)$$

$$WP_{(I+R)} = \frac{Y}{I+ER} \quad (3.5)$$

Eşitliklerde;

IWUE : Sulama suyu kullanım randımanı, kg da mm⁻¹,

WP : Su üretim randımanı, kg da mm⁻¹,

Y : Çeltik tane verimi, kg da⁻¹,

I : Uygulanan sulama suyu miktarı, mm,

ER : Etkili yağış, mm,

3.2.9. Çeltik verimi ve verim parametrelerinin belirlenmesi

Çiçeklenme gün sayısı; Ekimden parseldeki bitkilerin %75'inin çiçeklenmesine kadar geçen süredir.

Olgunlaşma gün sayısı; Ekimden parseldeki salkımların %80'inin saman sarısı rengi aldığı güne kadar geçen süredir.

Bitki boyu; Olgunlaşma aşamasında parsellerden rastgele seçilen 10 adet bitkide toprak yüzeyinden salkımın en üstündeki başakçığın ucuna kadar olan mesafedir.

Salkım uzunluğu; Olgunlaşma aşamasında bitki boyu ölçülen 10 adet bitkide salkım boğumu ile salkımın en üst başakçığının ucuna kadar olan uzunluktur.

Çeltik bin tane ağırlığı; Her tekrarlardan elde edilen çeltiklerde, her parselden 4 adet 1000 tane çeltik sayılarak tartılmış, ortalaması alınıp bin tane ağırlığı bulunmuştur.

Saplı ağırlık; Parsellerde kenar tesiri alındıktan sonra, bitkiler toprak yüzeyinden 10 cm yükseklikten biçilerek hasat edilmiş, güneş altında kurutulduktan sonra, 0,01 g hassas terazide tartılarak bulunmuştur.

Hasat indeksi; Her tekrarlardan elde edilen tane verimi saplı ağırlığa bölünerek tane veriminin saplı ağırlık içerisindeki payı yüzde (%) olarak hesaplanmıştır.

Tane verimi; Her tekrarlardaki parsellerden kenar etkisi alındıktan sonra kalanlarda hasat ve harman yapılarak elde edilen tane verimleri 0,01 g hassas terazi ile tartılarak nemi ölçülmüş ve %14 nem içeriğine göre gerekli düzeltmeler yapılarak parsel ve dekar verimleri hesaplanmıştır.

Çeltik hektolitre ağırlığı; Her tekrarlardan 250 cm³ hacimli hektolitre aletiyle 2 tekrarlama olarak örnek alınarak tartılmış, iki örnek ortalaması 4x100 ile çarpılarak hektolitre ağırlığı kilogram olarak hesaplanmıştır.

Kırıklı randıman; 100 g çeltik örneğinden elde edilen kavuzları soyulmuş kargo pirinçler, randıman makinesinden geçirilerek pirince işlenmiştir. Elde edilen kargo pirinç ağırlığı 0,01 g hassas terazide tartılarak yüzde (%) kırıklı randıman bulunmuştur.

Kırıksız randıman; Kırıklı randımanı elde etmek için hazırlanan pirinçler 2/3'den küçük kırık pirinçleri geçiren elekten elenerek kırık ve sağlam pirinçler ayrılmıştır. Elek üstünde kalan pirinç tartılarak kırısız randıman bulunmuştur.

3.2.10. Yaprak alan indeksi (LAI) değerlerinin saptanması

Birim yüzeydeki (1 m²) toplam yaprak alanını gösteren bu indeks LAI-2200C cihazı ile ölçülmüştür. Ölçümler her bir parselde bitki yaprakları üzerinde ve altında olmak üzere 4 tekerrürlü gerçekleştirilmiştir. Yaprak alan indeksi ölçümleri, çeltik ekimi ile hasat dönemleri arasında, her bir çeltik yetiştirme dönemi (vejetatif gelişme, çiçeklenme-ürün oluşumu,

olgunlaşma) içerisinde, öğlen saatlerinde ve havanın bulutlu olmadığı zamanlarda yapılmıştır. Şekil 3.8’de yapılan ölçümlere ait görüntüler verilmiştir.

Yaprak alanı ölçümleri; 2015 yılında 15 Temmuz ve 15 Eylül tarihlerinde 2 tekerrürlü, 2016 yılında 30 Temmuz, 29 Ağustos ve 29 Eylül tarihlerinde 3 tekerrürlü ve 2017 yılında 26 Temmuz, 25 Ağustos ve 25 Eylül tarihlerinde 3 tekerrürlü olarak yapılmıştır.

3.2.11. Maliyet analizi

Maliyet analizleri için 1 da büyüklüğündeki bir alan model olarak seçilmiş, araştırma alanında gerçekleştirilen tüm analiz sonuçları ile gerçek maliyetler ve gerçek verimler kullanılmıştır. Damla sulama, yağmurlama sulama sistemi ve tava sulama sisteminin tüm unsurları boyutlandırılarak; tesis masrafları saptanmış, işletme masrafları belirlenmiş, maliyet analizleri yapılmış, elde edilen masraf ve net gelir unsurları karşılaştırılarak sulama konularından hangisinin daha ekonomik olacağı belirlenmeye çalışılmıştır.

Maliyet analizi için, öncelikle sulama sistemi projelendirilerek, metraj cetveli ve proje keşif özeti hazırlanmıştır. Proje keşif özeti elde edilmesinde kullanılan sulama sistem unsurlarının fiyatları 2015 yılı piyasa fiyatlarından yararlanılarak belirlenmiştir. Proje keşif bedelinden hareketle, tesis masrafı, yatırım masrafı, yıllık sabit masraf, yıllık enerji masrafı, yıllık bakım onarım masrafı, yıllık sulama işçiliği masrafı ve yıllık toplam masraf değerleri, Balaban (1986)’ da verilen ilkelere göre hesaplanmıştır.

Keşif bedeline %15 beklenmeyen masraflar eklenerek tesis masrafları, tesis masraflarına %15 etüt, proje ve mühendislik masrafları eklenerek yatırım masrafları bulunmuştur. Tarla içi sulama sisteminin inşaat süresi çok kısa olacağından inşaat süresince faiz ihmal edilmiştir. Çeltik tarımı yapılacak arazinin, çiftçinin kendi mülkü olacağı yaklaşımla yapılarak kira bedeli düşünülmemiştir.



Şekil 3.8. Çeltik yaprak alan indeksi (LAI) ölçümlerine ilişkin görüntüler

Yıllık sabit masraflar, yatırım masraflarının faiz oranı ve servis ömrüne göre bulunan amortisman faktörü ile düzeltilmesi sonucunda elde edilmiştir. Yıllık faiz oranı olarak, Ziraat Bankası' nın 2015 yılında tarımsal alanda sulama sistemleri projelerine uyguladığı ortalama oran olan %10 dikkate alınmıştır. Maliyet analizlerinde göz önüne alınan sistem unsurlarına ilişkin servis ömürleri Woodward (1959), Güngör ve Yıldırım (1989)' dan derlenmiş ve Çizelge 3.3' de verilmiştir.

Net gelirin eldesine kadar geçen aşamalarda, ihtiyaç duyulan sulama suyu miktarı olarak, deneme konularından elde edilen gerçek değerler kullanılmıştır.

Araştırmada, sulama işçilik ücreti, yöre koşullarında yapılan inceleme sonucunda kişi başına saatlik 2015 yılında 10 TL, 2016 yılında 12 TL, 2017 yılında 13 TL olarak saptanmıştır. Toplam sulama işçiliği giderlerinin hesaplanmasında, uygulamadan elde edilen deneyimler ve Branscheid (1997) tarafından belirtilen değerlerden yararlanılmıştır (Çizelge 3.4).

Birim su ücretinin belirlenmesinde; farklı ürünlerde DSI' nin belirlediği fiyat cetveli kullanılmış ve kullanılan elektrik enerjisi hesaplanmıştır. Bu biçimde, 2015 yılı koşullarında birim su ücreti 0,030 TL m⁻³, 2016 yılında 0,032 TL m⁻³ ve 2017 yılında 0,068 TL m⁻³ olarak belirlenmiştir. Toplam su ücretinin eldesi için, her bir yöntemde alana uygulanan sulama suyu miktarı, birim su ücreti ile çarpılmıştır.

Bitkisel üretim masrafları, 2015, 2016, 2017 yılı fiyatları dikkate alınarak kullanılan, toprak işleme, tohum, ekim, gübreleme ve ilaçlama giderlerinin toplanmasıyla elde edilmiştir. Yıllık işletme masrafları, sırasıyla bakım-onarım, enerji ve sulama işçiliği masraflarından oluşmuştur.

Bakım onarım masrafının belirlenmesinde, damla sulama ve yağmurlama sulama sisteminde yüzeyde PVC boru hatları ve diğer sistem unsurları için tesis masraflarının %2'si olacağı yaklaşımı yapılmıştır. Enerji masrafları, pompa gücü ve pompanın yıllık çalışma süresine göre harcanan elektrik miktarı dikkate alınarak belirlenmiştir (Balaban ve Korukçu 1970, Balaban 1986, Yıldırım 1996).

Yıllık sulama masrafları, yağmurlama sulama yöntemi için, sulama sisteminin yıllık sabit masrafı, yıllık bakım ve onarım masrafı, su ücreti, toplam sulama işçiliği masrafları ve enerji giderleri toplanarak bulunmuştur.

Toplam gelir ve net gelirin elde edilmesinde, 2015, 2016 ve 2017 yılları deneme koşullarında elde edilen tane verimlerinin ortalaması ile yöre koşullarında çeltiğin 2015, 2016, 2017 yıllarında alım fiyatları sırası ile ton değeri 1650 TL, 1800 TL, 2050 TL alınmıştır.

Su kaynaklarının geliştirilmesinde ekonomik elverişliliğin göstergesi olarak kullanılan parametrelerden biri olan fayda/masraf oranı; projenin karşılaştırma periyodu boyunca elde edilecek faydaların bugünkü değeri, aynı periyot boyunca yapılan toplam masrafların (yatırım masrafları + işletme ve bakım onarım masrafları) bugünkü değerine bölünerek bulunmuştur. Bugünkü değere indirgemedede genellikle karşılaştırma periyodunun başlangıcı olarak; projenin ilk yılının başlangıcı esas alınmaktadır. Ülkemizde bu değere rantabilite katsayısı da denir. Fayda-masraf oranı (R) < 1 ise, projenin ekonomik bakımdan elverişsiz, $R = 1$ ise marjinal, $R > 1$ ise uygulanabilir olduğunu göstermektedir.

Proje süresince indirgenmiş proje gelirleri ile indirgenmiş proje giderlerinin oranı olan Fayda masraf oranı, aşağıdaki eşitlik yardımıyla hesaplanmıştır.

$$FMO = (\sum G_t / q^t) / (\sum M_t / q^t) \quad (3.6)$$

Eşitlikte;

G_t : Proje gelirleri, TL da⁻¹,

M_t : Proje giderleri, TL da⁻¹'dir.

$$q^t : (1+i)^t \quad (3.7)$$

Eşitlikte;

q^t : Faiz (%) ya da indirgeme oranı,

t : Yıl sayısını ifade etmektedir.

Projede %10, 8, 5 indirgeme oranları kullanılarak 3 yıllık gelir ve giderler hesaplanmış, deneme konularının Fayda Masraf oranları bulunmuştur.

İç Karlılık Oranı (İKO), projenin ekonomik ömrü içinde sağlayacağı net nakit akışlarının toplam bugünkü değerini sıfır yapan indirgeme oranıdır (Tauer 2000, Rehber ve Tipi 2005, Rehber ve Erkuş 2007, Öztürk 2011). İKO, yatırımın oransal olarak karlılığını belirlemek için kullanılmaktadır. Aşağıdaki formül yardımıyla hesaplanır.

$$İKO = [r_1 + ((\frac{ND_1}{ND_1 + |ND_2|}) \times (r_2 - r_1))] \quad (3.8)$$

Eşitlikte;

r_1 : Net bugünkü değeri pozitif yapan en son indirgeme oranı,

r_2 : Net bugünkü değeri negatif yapan ilk indirgeme oranı,

ND_1 : Pozitif en son net bugünkü değer,

ND_2 : Negatif ilk net bugünkü değerinin mutlak değerini ifade etmektedir.

Çizelge 3.3. Sulama sistem unsurlarının servis ömürleri

Sistem unsurları	Servis ömrü (yıl)	Faiz oranı (%)
Pompa birimi	25	10
Gömülü PVC boru hatları	35	10
Yüze serili PE boru hatları	15	10
Beton kanallar	20	10
Toprak kanallar	20	10
Damla ve mikro yağmurlama kontrol birimi	15	10
Küçük yağmurlama başlıkları	10	10
Damlaticılar	10	10
PVC boru (yüzeyde)	5	10
Dizel motoru	14	10
Elektrik motoru	25	10
Derin kuyu pompası	8	10

Çizelge 3.4. Farklı sulama yöntemleri için 1 hektarlık alanda gerekli işgücü süresi (h)

Sulama yöntemi	İşçi ihtiyacı
Yüzey sulama	
Tava	9,7
Uzun tava	8,9
Karık	7,6
Yağmurlama sulama	
Hareketli sistem	3,6
Sabit sistem	0,4
Tekerlekli lateraller	2,1
Gezici sistem	1,8
Doğrusal hareket	0,4
Centre pivot	0,4
Düşük basınçlı sulama	
Damla sulama	2,7
Mikro yağmurlama	2,1

3.2.12. 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 ile anılan verim bileşenleri arasındaki ilişkiler regresyon eşitlikleri ile Yurtsever (1984) ile Düzgüneş ve ark. (1987)' de verilen esaslara göre değerlendirilmiştir.

4. ARAŞTIRMA BULGULARI

Bu bölümde, araştırmada uygulanan sulama suyu miktarları ve ölçülen bitki su tüketimi sonuçları, deneme konularından elde edilen verim ve verim bileşenlerine ilişkin sonuçlar, su – üretim ilişkilerine ilişkin sonuçlar ile ekonomik analiz sonuçları verilmiş ve tartışılarak değerlendirilmiştir.

4.1. Deneme Alanı Topraklarının Fiziksel ve Kimyasal Özelliklerine İlişkin Sonuçlar

Araştırma alanında açılan profilden alınan toprakların fiziksel özellikleri; bünye sınıfı, hacim ağırlığı, tarla kapasitesi, solma noktası ve kullanılabilir su tutma kapasitesi değerleri Çizelge 4.1’de, deneme alanı topraklarına ait bazı kimyasal özellikler Çizelge 4.2’de, sulama suyu analiz sonuçları Çizelge 4.3’de verilmiştir.

Çizelge 4.1’deki sonuçlara göre, profil boyunca 0-60 cm toprak derinliğinde bünye sınıfı kumlu- tın, sonraki iki katmanda kumlu kil bünyeye sahiptir. Kullanılabilir su tutma kapasitesi değeri, 263,56 mm/120 cm olarak bulunmuştur.

Çizelge 4.3 incelendiğinde, sulama suyu tuzluluk bakımından T3A1 sınıfında yer almıştır.

Çizelge 4.1. Deneme alanı topraklarının fiziksel özellikleri

Profil Derinliği	Bünye Sınıfı	Hacim Ağırlığı	Tarla Kapasitesi		Solma Noktası		Kullanılabilir Su Tutma Kapasitesi		Doyma Noktası	
			(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)
(cm)		(g cm ⁻³)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)	(%)	(mm)
0-30	SL	1,78	22,53	120,31	10,42	55,64	12,11	64,67	44	234,9
30-60	SL	1,79	23,37	125,50	10,31	55,37	13,06	70,13	41	220,1
60-90	SCL	1,75	25,00	131,25	12,10	63,53	12,90	67,72	45	236,3
90-120	SC	1,76	26,30	138,86	14,74	77,83	11,56	61,04	50	264,0
0-90				377,06		174,54		202,52		
0-120				515,92		252,37		263,56		955,3

Çizelge 4.2. Deneme alanı topraklarının bazı kimyasal özellikleri

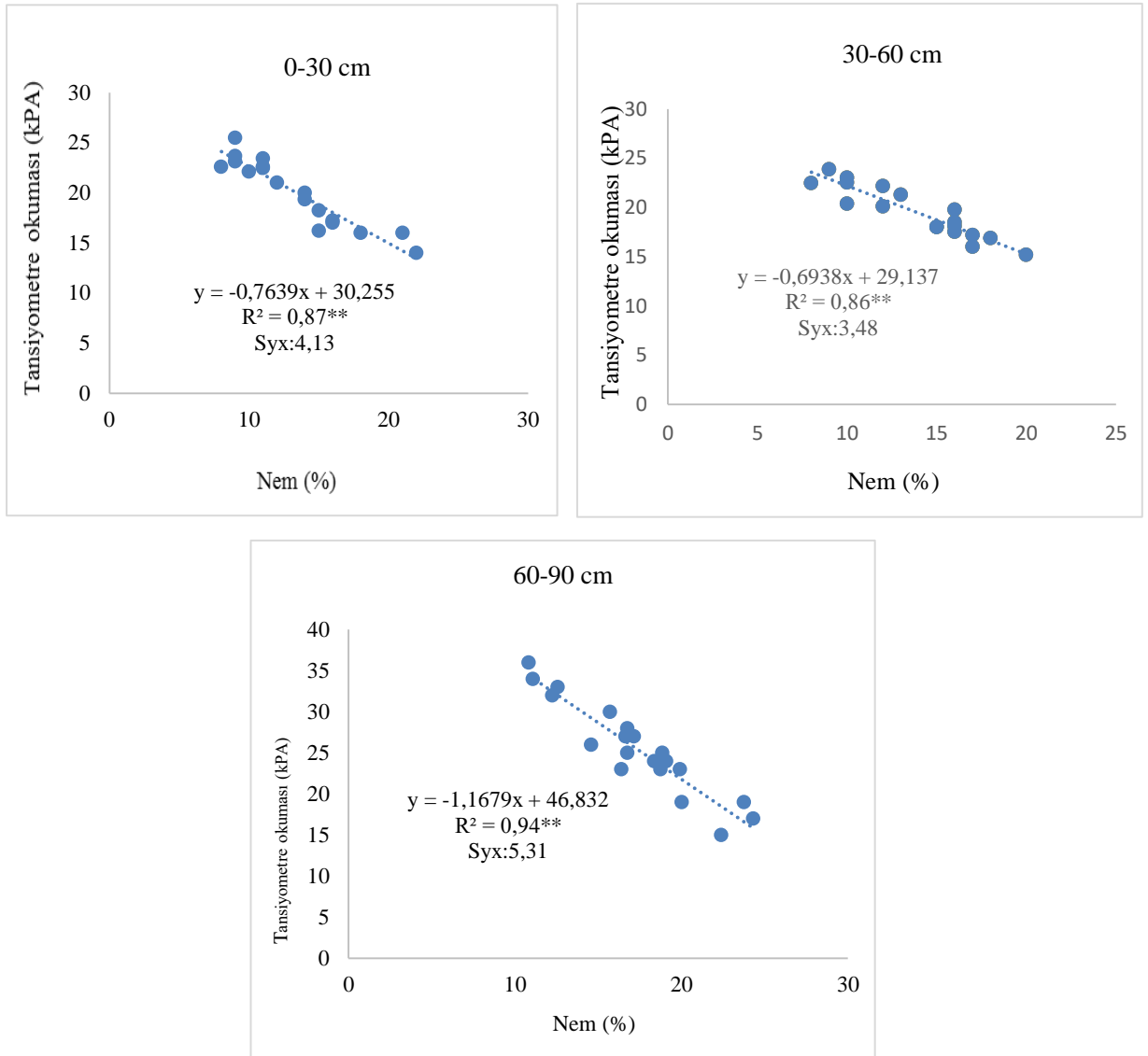
Yıl	Profil derinliği (cm)	Su ile doygunluk (%)	Toplam tuz (dS m ⁻¹)	pH	Fosfor P2O5 (kg da ⁻¹)	Potasyum K2O (kg da ⁻¹)	Organik madde (%)
2015	0-20	48	400	7,24	8	39	1,21
	20-40	49	486	7,54	18	32	1,12
2016	0-20	49	634	7,63	14	89	1,72
	20-40	49	570	7,62	17	82	1,41
2017	0-20	49	439	7,58	22	47	1,37
	20-40	49	403	7,64	19	34	1,08

Çizelge 4.3. Sulama suyu analiz sonuçları

pH	ECx10 ³ 25°C	Kasyonlar (me L ⁻¹)			Anyonlar (me L ⁻¹)			Sınıfı
		Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺⁺ +Mg ⁺⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻	SO ₄ ⁻	
7.30	1.1	2.25	0.20	8.93	7.99	2.50	0,89	T ₃ A ₁

4.2. Tansiyometre Kalibrasyon Sonuçları

Araştırmada, 0-90 cm profil boyunca her bir 30 cm'lik toprak katmanı için tansiyometrelerde elde edilen kalibrasyon denklemleri Şekil 4.1' de verilmiştir.



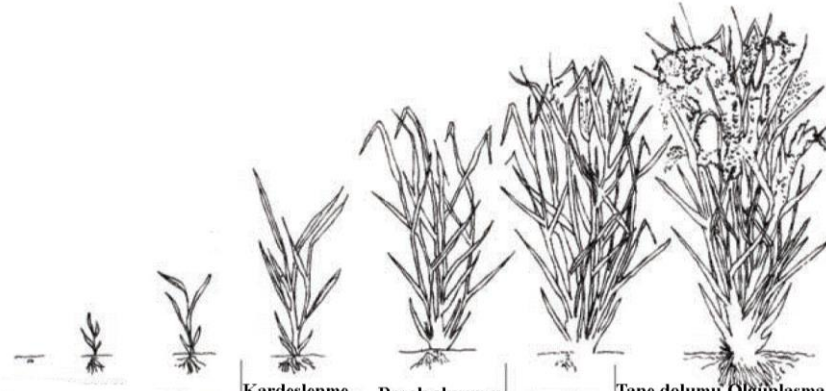
Şekil 4.1. Toprağın farklı derinlikleri için elde edilen tansiyometre kalibrasyon denklemleri

4.3. Çeltik Bitkisinin Fenolojik Gözlemlerine İlişkin Sonuçlar

Denemenin her üç yılına ilişkin büyüme periyodu gün uzunlukları ve tüm büyüme mevsimi uzunluğu Çizelge 4.4’de, ayrıca Steduto ve ark. (2012) tarafından oluşturulan şematik görünüm üzerinde Şekil 4.2’de, araştırma yıllarına ait görüntüler Şekil 4.3 ve Şekil 4.4’de verilmiştir. Şekil 4.2 incelendiğinde, çimlenme-çıkıştan itibaren olgunlaşmanın tamamlanmasına kadar geçen sürenin “Osmancık 97” çeşidi için 2015, 2016 ve 2017 yıllarında sırasıyla, 119, 120 ve 128 gün olduğu, ancak olgunlaşmanın ardından hasat kuruluşuna ulaşmak için geçen sürede dikkate alındığında hasada kadar geçen sürenin yıllara göre sırasıyla 125, 137 ve 141 gün olduğu görülmektedir (Çizelge 4.4). Büyüme mevsimi uzunlukları bölgeden bölgeye, iklim, çeşit vb. özelliklere bağlı olarak farklılık göstermektedir. FAO 66’ ya göre çeltik bitkisi için büyüme mevsimi uzunluğu 120-175 gün açıklanmıştır (Steduto ve ark. 2012).

Çizelge 4.4. Araştırma yıllarında çeltik bitkisinin gelişme dönemleri

Dönem	Başlangıç tarihi	Bitiş tarihi	Periyot uzunluğu (gün)
Çimlenme-Çıkış	Ekim 05 Haziran 2015	20 Haziran 2015	15
	30 Mayıs 2016	16 Haziran 2016	17
	16 Mayıs 2017	4 Haziran 2017	19
Vejetatif gelişme	20 Haziran 2015	20 Temmuz 2015	30
	16 Haziran 2016	21 Temmuz 2016	34
	5 Haziran 2017	12 Temmuz 2017	37
Çiçeklenme	21 Temmuz 2015	26 Ağustos 2015	37
	22 Temmuz 2016	25 Ağustos 2016	34
	13 Temmuz 2017	15 Ağustos 2017	33
Olgunlaşma	27 Ağustos 2015	03 Ekim 2015	37
	26 Ağustos 2016	29 Eylül 2016	35
	16 Ağustos 2017	23 Eylül 2017	39
Toplam	Ekim	Hasat	
2015	05 Haziran 2015	08 Ekim 2015	125
2016	30 Mayıs 2016	14 Ekim 2016	137
2017	16 Mayıs 2017	04 Ekim 2017	141



	Çimlenme çıkış (0)	Kardeşlenme Vejetatif gelişme (1)	Başak oluşumu Çiçeklenme (2)	Tane dolumu Ürün oluşumu (3)	Olgunlaşma (4)	Toplam
FAO 66 (Steduto ve ark. 2012)	35 - 45 gün	40 - 60 gün	10 - 15 gün	35 - 55 gün		120 - 175 gün
2015 yılı	15 gün	30 gün	37 gün	37 gün		119 gün
2016 yılı	17 gün	34 gün	34 gün	35 gün		120 gün
2017 yılı	19 gün	37 gün	33 gün	39 gün		128 gün
Ortalama	17 gün	34 gün	35 gün	37 gün		123 gün

Şekil 4.2. Büyüme periyodu uzunlukları



(a) Çimlenme-çıkış



(b) Vejetatif gelişme



(c) Çiçeklenme



(d) Olgunlaşma

Şekil 4.3. Bireysel büyüme periyotlarına ilişkin bazı görüntüler

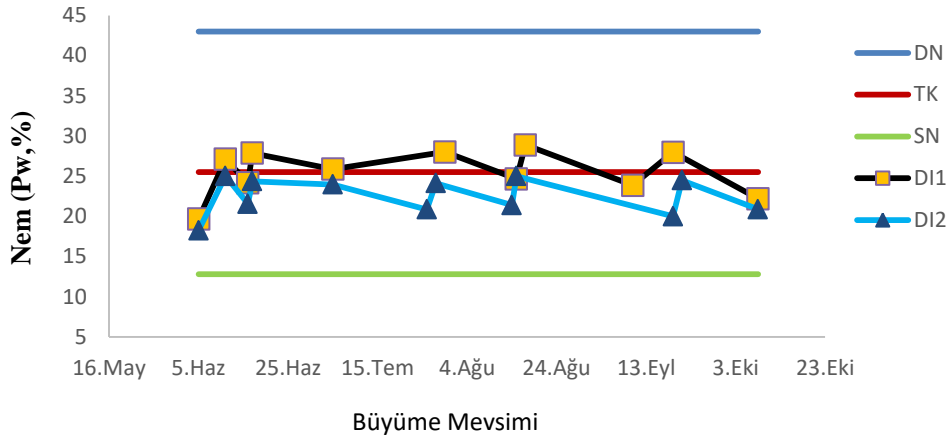


Şekil 4.4. Çeltik bitkisinin gelişme dönemlerine ait bazı görüntüler

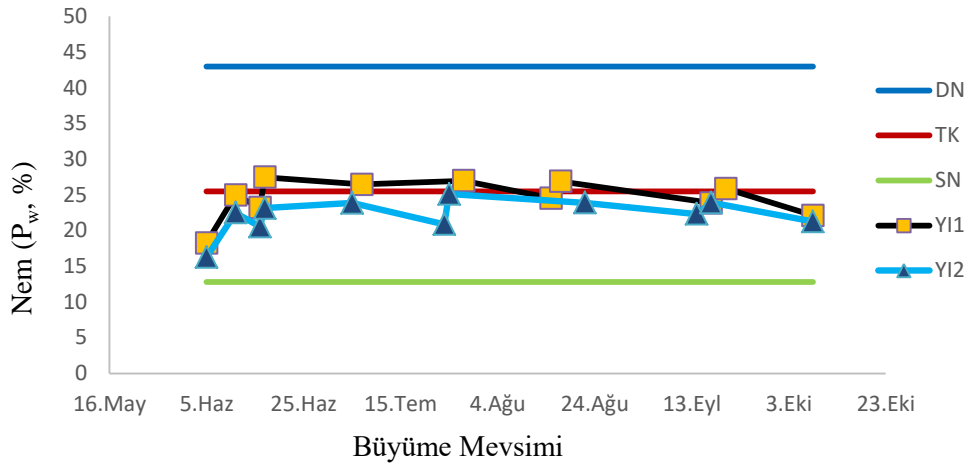
4.4. Uygulanan Sulama Suyu ve Bitki Su Tüketimi Sonuçları

Yöntem kısmında açıklandığı üzere sulama suyu miktarının belirlenmesinde 90 cm etkili kök derinliğinde mevcut nem sürekli izlenmiş ve I₁ konularında nem tarla kapasitesi civarında iken, I₂ konularında KSTK'nın %25'i tüketildiğinde sulamalara başlanmıştır. Büyüme mevsimi boyunca değişen nem değerleri Şekil 4.5, 4.6 ve 4.7' de grafiklendirilmiştir. Şekillerden izleneceği gibi, I₁ ve I₂ konularına herbir sulamada sırasıyla, 78 ve 50 mm sulama suyu uygulanmıştır. Ekimden çimlenme çıkışa kadar geçen sürede, herbir yıl için, toplam 120 mm çıkış suyu uygulaması yapılmıştır. Sulama sayısı 2015, 2016 ve 2017 yılları için sırasıyla, damla sulamanın I₁ konusunda 12, 14 ve 15; yağmurlama sulamanın I₁ konusunda 12, 15 ve 15; alternatif tava sulamanın I₁ konusunda 13, 14 ve 16 adet gerçekleşmiştir. Bu değerler I₂ konusu için damla sulamada yıllara göre sırasıyla, 13, 14 ve 17; yağmurlama sulamada 13, 15 ve 16; alternatif tava sulama sulamada 13, 15 ve 17 adet olarak değişmiştir.

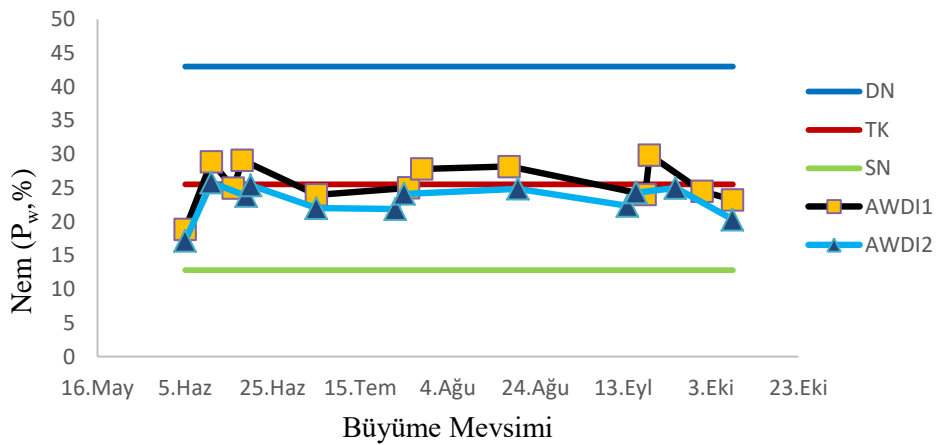
Çeltik bitkisinin farklı sulama düzeylerinde 2015, 2016 ve 2017 yılları yetiştiricilik dönemleri içerisinde uygulanan sulama suyu miktarları, yağış ve topraktaki nem değişimi değerleri de dikkate alınarak hesaplanan bitki su tüketimi değerleri Ek Çizelge 1-9' da ayrıntıları ile verilmiştir. Her bir deneme konusu için toplam uygulanan sulama suyu miktarları ile toplam mevsimlik bitki su tüketimi değerleri Çizelge 4.5' de özetlenmiştir. Bitki su tüketimi hesaplarında etkili kök bölgesinin altına sızabilecek nem miktarını da değerlendirebilmek için 120 cm toprak katmanında ölçülen nem değerleri dikkate alınmıştır. Bu değerlere göre saptanan aylık bitki su tüketimi değerleri grafiklendirilerek Şekil 4.8, 4.9 ve 4.10' da verilmiştir. Çizelge ve şekiller incelendiğinde, her bir deneme yılında gerçekleşen mevsimlik bitki su tüketimi değerleri geleneksel tava sulama uygulamasında en yüksek değere ulaşmıştır. Anılan değerler ilk yıl 1886 mm, ikinci yıl 1876 mm, son deneme yılında ise 2028 mm olmuştur. Bu yönetime ciddi bir alternatif oluşturacağı düşünülen AWD-I₁ uygulaması ile ilk yıl 1276 mm, ikinci yıl 1384 mm, son yıl ise 1488 mm su tüketimi bulunmuştur. Son deneme yılında düşen yağış miktarının ve sulama sayısının fazlalığı nedeniyle ET değerleri daha yüksek olmuştur. Damla ve yağmurlama sulama yöntemlerinin I₁ konularında da mevsimlik ve aylık su tüketimleri AWD uygulamasına yakın seyretmiştir. açıklanan ülkemizdeki çeşitli araştırmalarda ölçülen aylık bitki su tüketimleri ile hesaplanan aylık bitki su tüketimleri incelendiğinde, araştırmalarda kullanılan yöntemlerin tava sulama olması nedeniyle, özellikle geleneksel tava sulama yöntemi başta olmak üzere AWD-I₁ sulama düzeyi ile benzerlik ve aynı eğilimi gösterdiği söylenebilir.



a) DI_1 ve DI_2

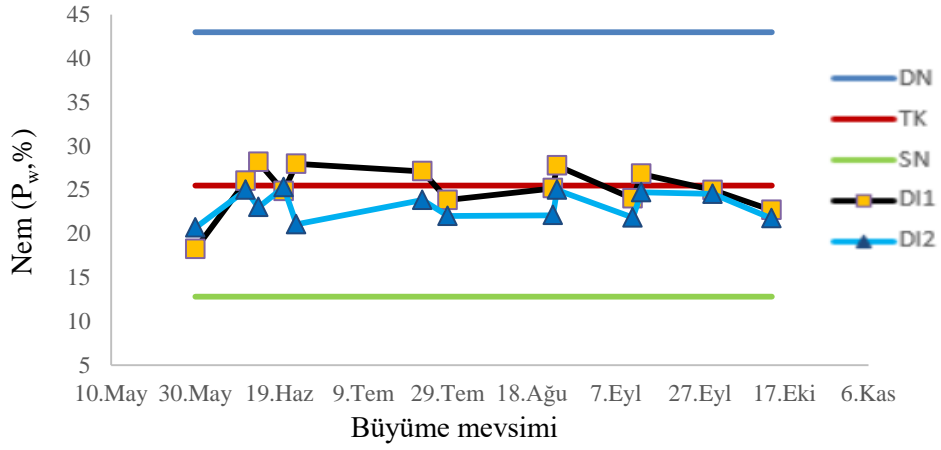


b) YI_1 - YI_2

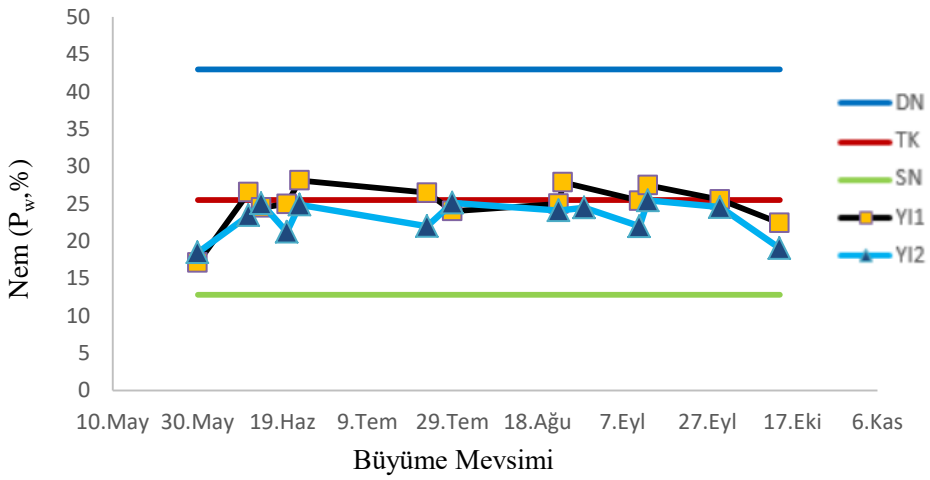


c) $AWDI_1$ - $AWDI_2$

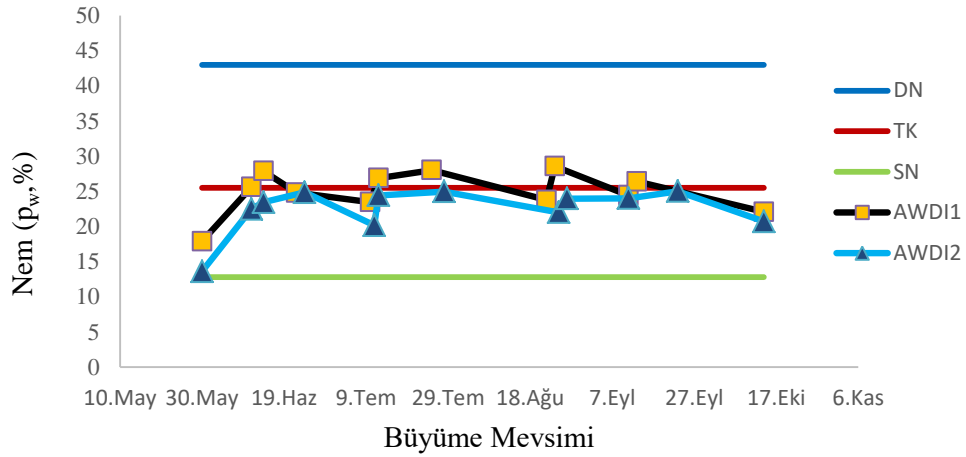
Şekil 4.5. Sulama konularına göre 2015 yılı nem değişimleri (a, b, c)



a) DI_1 ve DI_2

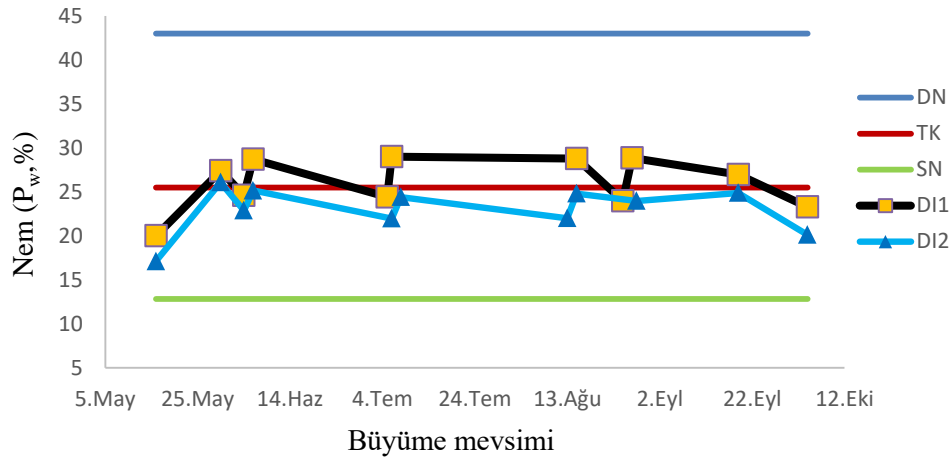


b) YI_1 ve YI_2

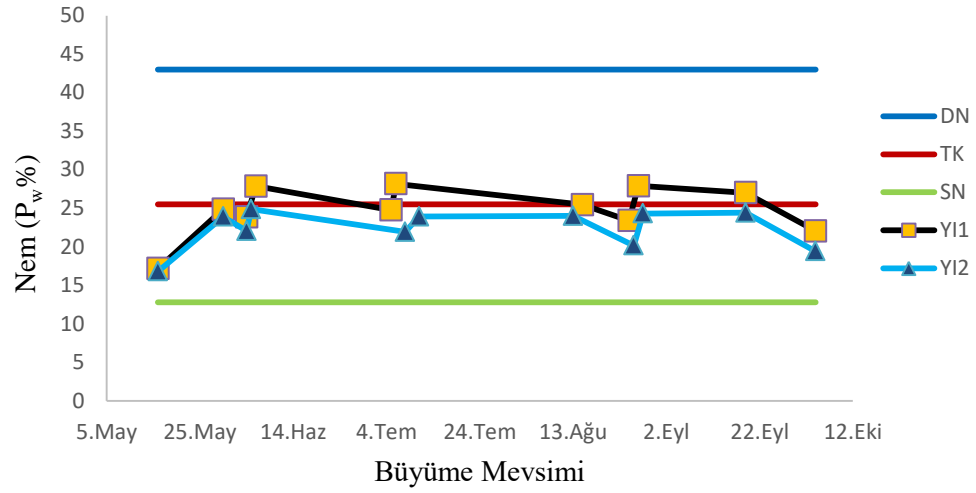


c) $AWDI_1$ ve $AWDI_2$

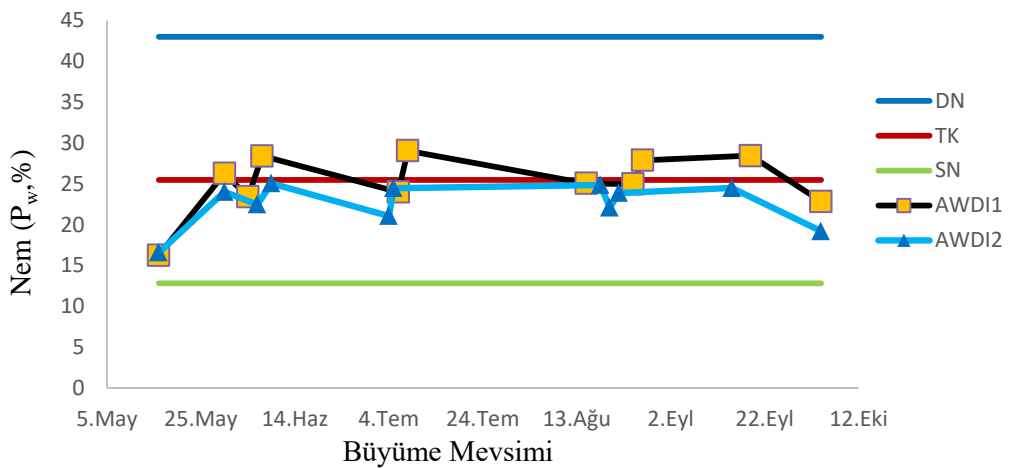
Şekil 4.6. Sulama konularına göre 2016 yılı nem değişimleri (a, b, c)



a) DI_1 ve DI_2



b) YI_1 ve YI_2

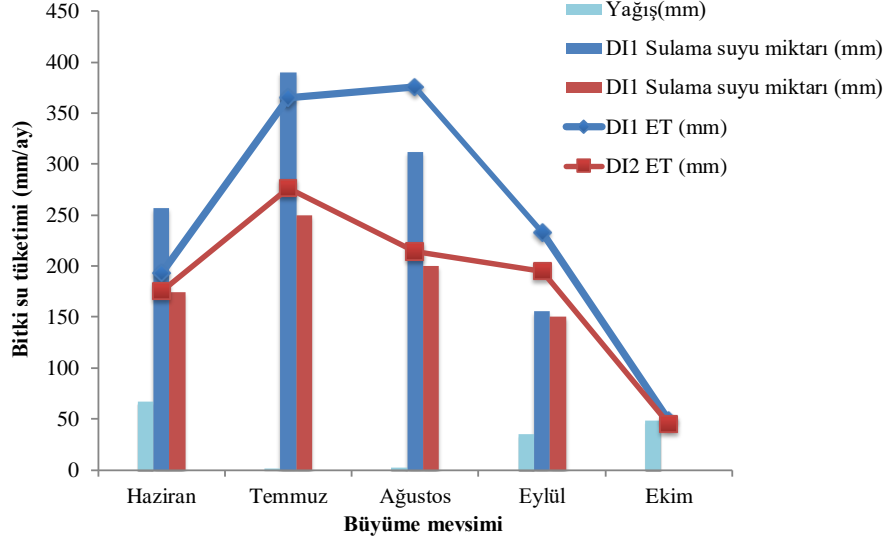


c) $AWDI_1$ ve $AWDI_2$

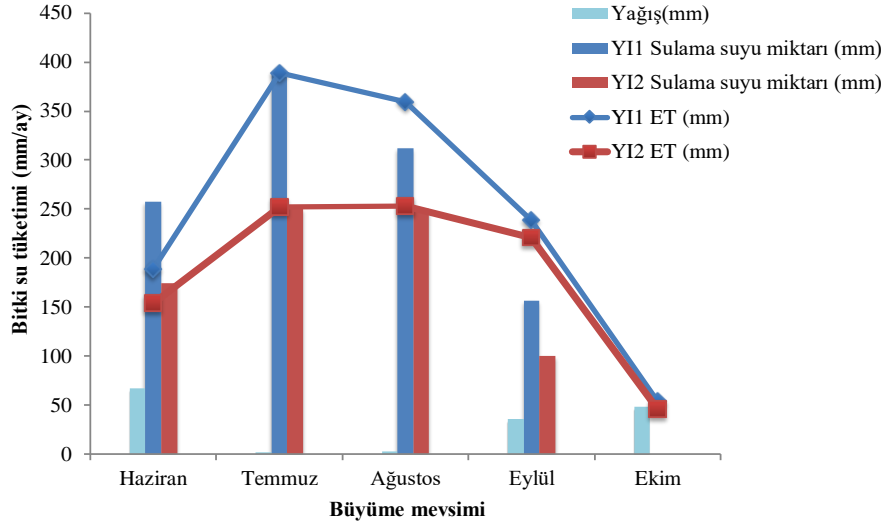
Şekil 4.7. Sulama konularına göre 2017 yılı nem değişimleri (a, b, c)

Çizelge 4.5. Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları ve çeltik bitkisinin mevsimlik su tüketimleri (mm)

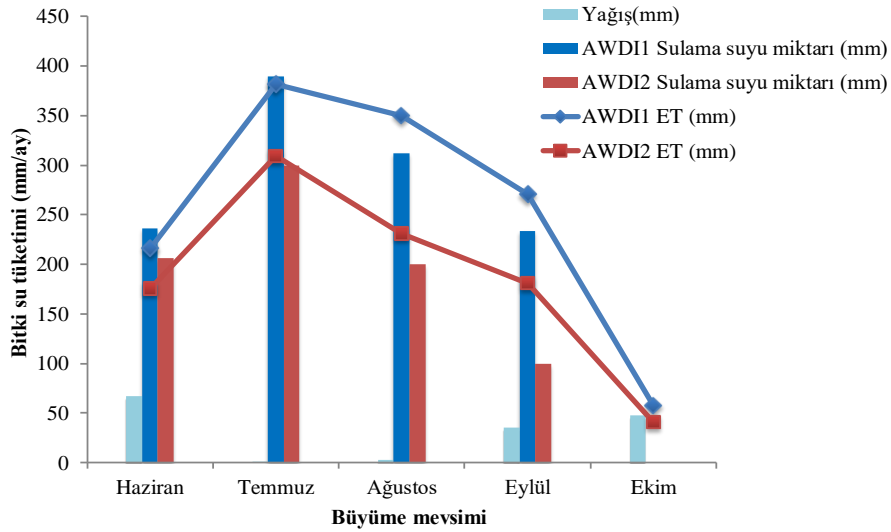
Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	2015 yılı				2016 yılı				2017 yılı			
		Topraktaki nem değişimi	Toplam yağış miktarı	Uygulanan sulama suyu	ET	Topraktaki nem değişimi	Uygulanan sulama suyu	Toplam yağış miktarı	ET	Topraktaki nem değişimi	Uygulanan sulama suyu	Toplam yağış miktarı	ET
Damla Sulama	I ₁	-24	154	1115	1215	-68	1243	100	1275	-59	1294	177	1412
	I ₂	-22		774	906	-85	868		883	-37	985		1125
Yağmurlama Sulama	I ₁	-40		1115	1229	-90	1298		1308	-47	1298		1428
	I ₂	-3		774	925	-116	876		860	-27	930		1080
AWD	I ₁	-50		1172	1276	-15	1299		1384	-61	1372		1488
	I ₂	-22		806	938	-87	884		897	-105	984		1056
Geleneksel Tava Sulama		-80		1812	1886	-163	1939		1876	-95	1946		2028



a) Damla sulama yöntemi

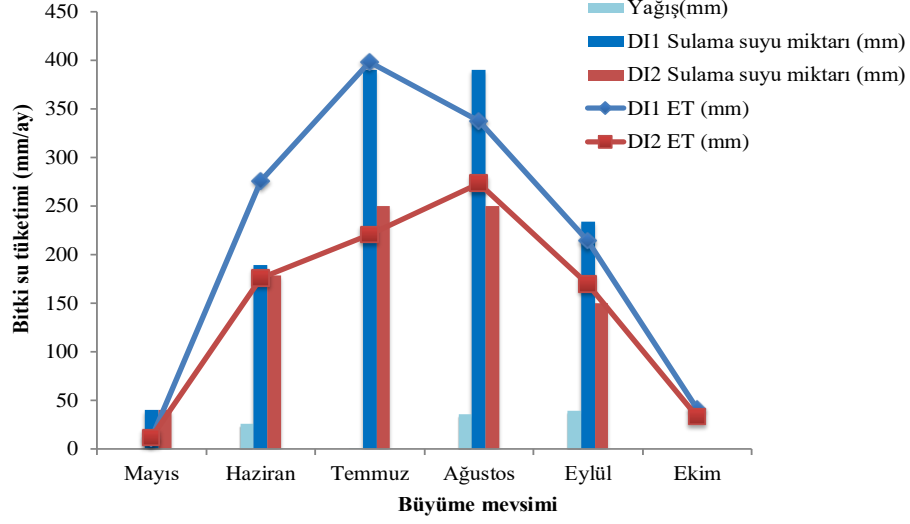


b) Yağmurlama sulama yöntemi

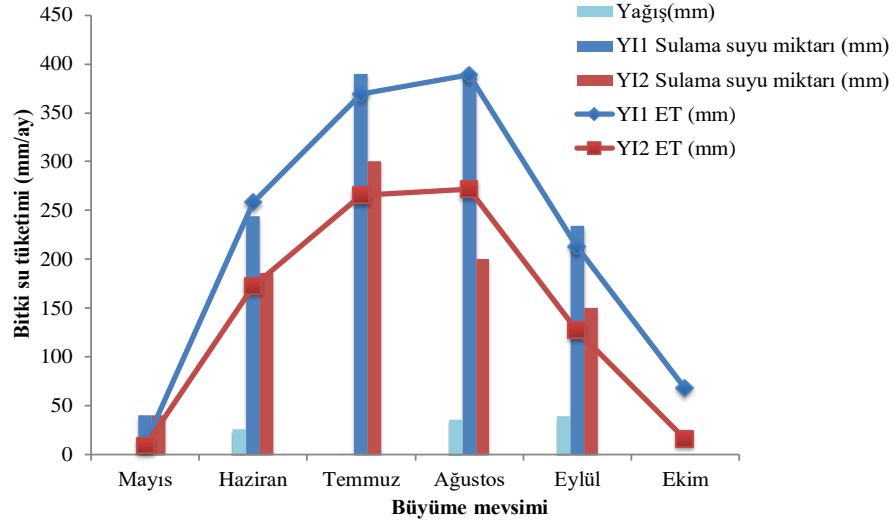


c) Alternatif tava sulama yöntemi

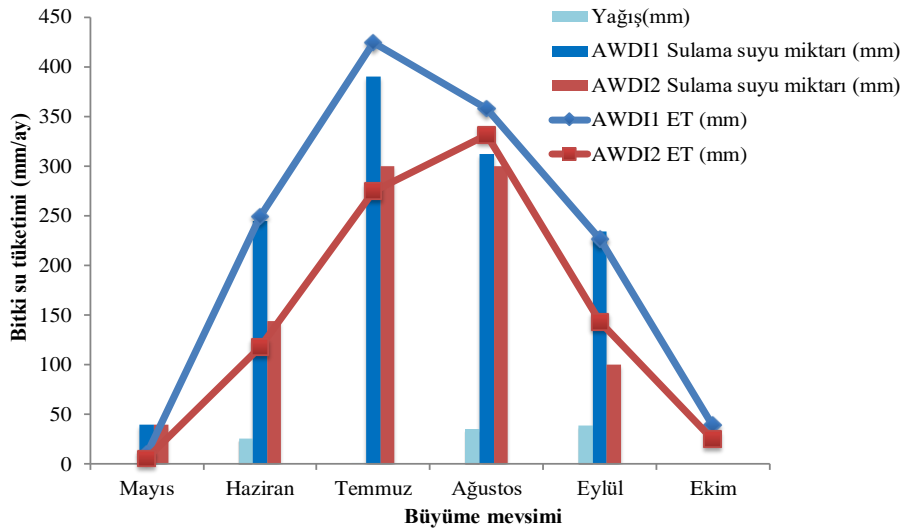
Şekil 4.8. Sulama konularına göre 2015 yılı aylık bitki su tüketimi değişimleri



a) Damla sulama yöntemi

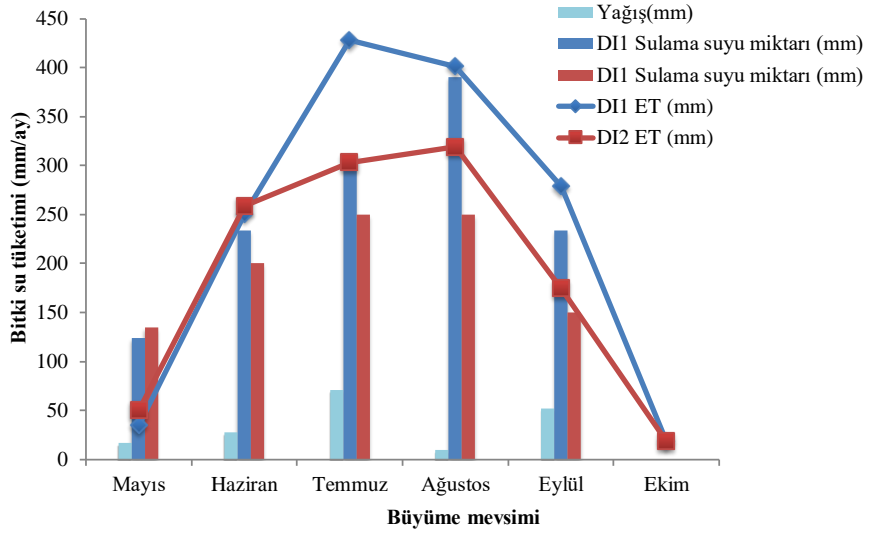


b) Yağmurlama sulama yöntemi

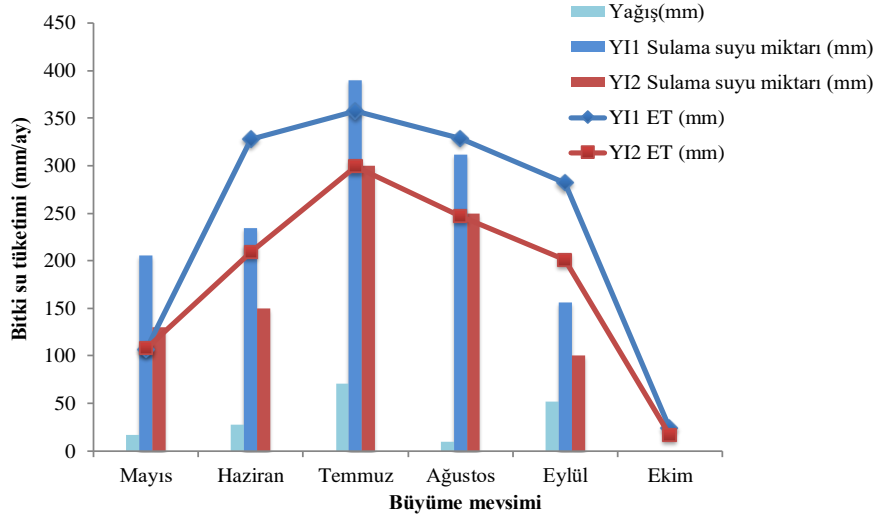


c) Alternatif tava sulama yöntemi

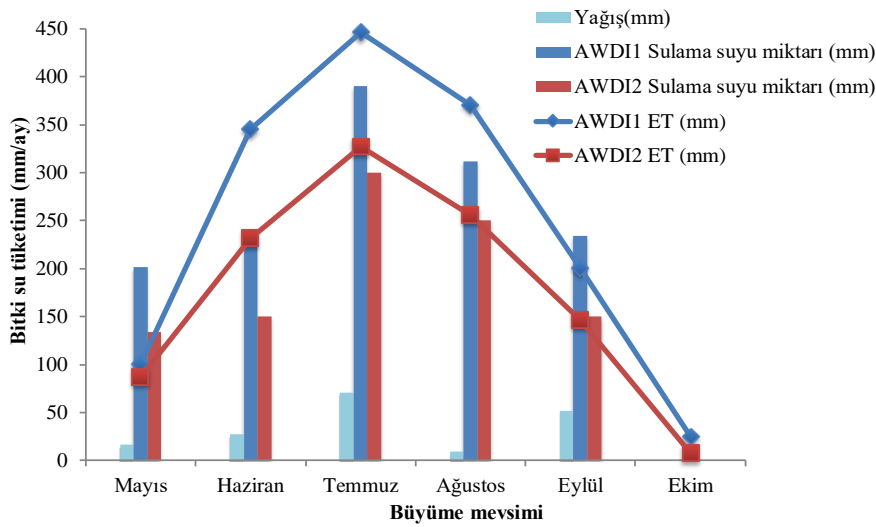
Şekil 4.9. Sulama konularına göre 2016 yılı aylık bitki su tüketimi değişimleri



a) Damla sulama yöntemi



b) Yağmurlama sulama yöntemi



c) Alternatif tava sulama yöntemi

Şekil 4.10. Sulama konularına göre 2017 yılı aylık bitki su tüketimi değişimleri

Çizelge 4.5' de görüldüğü gibi, 2015 yılında damla sulama yöntemi ve yağmurlama sulama yönteminin I_1 ve I_2 konularına sırası ile 1115 ve 774 mm, AWD sulamasının I_1 ve I_2 konularına sırası ile 1172 ve 806 mm, geleneksel tava sulama yönteminde ise 1812 mm su uygulanmıştır. Denemenin ikinci yılında damla sulama yönteminin I_1 ve I_2 konularına sırası ile 1243 ve 868 mm, yağmurlama sulama yönteminin I_1 ve I_2 konularına 1298 mm ve 876 mm, AWD sulamasının I_1 ve I_2 konularına sırası ile 1299 ve 884 mm, geleneksel tava sulama yönteminde ise 1939 mm su uygulanmıştır. Denemenin üçüncü yılında ise damla sulama yönteminin I_1 ve I_2 konularında sırası ile, 1294 mm ve 985 mm, yağmurlama sulama yönteminin I_1 ve I_2 konularında sırası ile 1298 ve 930 mm, AWD sulamasının, I_1 ve I_2 konularına sırası ile 1372 ve 984 mm, geleneksel tava sulama yönteminde ise 1946 mm su uygulanmıştır. Ülkemizde yapılan çalışmalarda çeltik sulamasında uygulanan sulama suyu miktarları 723-4355 mm arasında değişmektedir (Bayrak 1986, Çakır ve ark. 1998, Anonim 2009, Tuna 2012, Beşer ve ark. 2016), fakat bu miktarın uygulamada çok daha yükseklere çıktığı çeşitli literatürlerde (Ayday ve ark. 1981, Ozkara 1981, Bayrak 1986, Tuna 2012) belirtilmektedir. Uluslararası çalışmalarda, geleneksel çeltik sulamasında uygulanan sulama suyu miktarlarının 460-3310 mm arasında değiştiği görülmektedir (Vories ve ark. 2002, Vories ve ark. 2006, Gill ve ark. 2011, Balamani ve ark. 2012, Gururaj 2013, Shaibu ve ark. 2015, Henry ve ark. 2016).

Matsuo ve ark. (2009) AWD aerobik çeltik yetiştiriciliğinde uygulanan sulama suyu miktarlarını 627-1706 mm, Vries ve ark. (2010) 480-1060 mm ve Mahajan ve ark. (2012) 874-1679 mm arasında bildirmişlerdir. Ulusal ve uluslararası çalışmalarda damla sulama ile çeltik yetiştiriciliğinde uygulanan sulama suyu miktarlarının 500-1681 mm arasında (Tuna 2012, He ve ark. 2013, Anusha ve ark. 2015, Ramulu ve ark. 2016), yağmurlama sulama yönteminde uygulanan sulama suyu miktarlarının 305-1357 mm arasında değiştiği bildirilmiştir (Maheswari ve ark. 2008, Akinbile 2010, Crusciol ve ark. 2012, Shanila 2015).

Denemenin ilk yılında etkili yağış 123 mm, ikinci yılında 100 mm, üçüncü yılında ise 159 mm olarak gerçekleşmiştir. Her bir deneme yılında etkili yağışa bağlı toplam su kullanım miktarları tüm deneme konularında ilk yılda 897-1935 mm, ikinci yılda 968-2039 mm, üçüncü yılda ise 1089-2105 mm arasında hesaplanmıştır. Sözüne ettiğimiz bu değerleri yöntemler bazında hesapladığımızda; ilk yılda damla sulama ve yağmurlama sulama yönteminin, I_1 ve I_2 konularında sırasıyla 1238 ve 897 mm, AWD sulamasının I_1 ve I_2 konularında 1295 mm ve 929 mm, geleneksel tava sulama yönteminde 1935 mm olarak gerçekleşmiştir. Denemenin ikinci yılında; toplam uygulanan su miktarları, damla sulama yönteminin I_1 ve I_2 sulama düzeylerinde sırasıyla 1343 ve 968 mm, yağmurlama sulama

yönteminin yönteminin I₁ ve I₂ sulama düzeylerinde 1398 ve 976 mm, AWD sulamasında 1399 ve 984 mm ve geleneksel tava sulama uygulamasında ise 2039 mm olarak gerçekleşmiştir. Denemenin üçüncü yılında ise; damla sulama yönteminin I₁ ve I₂ konularında sırasıyla 1453 ve 1144 ve yağmurlama sulama yönteminin I₁ ve I₂ konularında sırasıyla 1457 mm ve 1089 mm, AWD sulamasında 1531 ve 1143 mm ve geleneksel tava sulama yönteminde 2105 mm olarak belirlenmiştir.

Elde edilen su kullanım miktarları, bölgeye, çeşide ve sulama yöntemine göre değişiklik göstermesine rağmen, çeltik bitkisinde ülkemizde ve dünyada pek çok bölgede daha önce yapılmış çalışmalardan elde edilen 723-4639 mm arasında değişen toplam su kullanım miktarları ile paralellik göstermektedir (Ayday ve ark 1981, Çakır ve ark. 1998, Toung ve Bouman 2003, Lampayan ve Bouman 2005, Matsuo ve Mochuziki 2009, Gill ve ark. 2011, Crusciol ve ark. 2012, Tuna 2012, Gururaj 2013, Padmaja 2014, Ramulu ve ark. 2016). Kırklareli ili ile benzer iklim özelliklerine sahip Edirne ilinde yapılan farklı araştırmalarda, damla sulama yöntemi ile çeltik üretiminde uygulanan toplam su miktarları 723-1446 mm (Tuna 2012) ve 789-1806 mm'dir (Beşer ve ark. 2016). Bu değerler tez sonuçları ile benzerlik göstermektedir.

4.5. Verim ve Verim Bileşenlerine İlişkin Sonuçlar

Bu bölümde çeltik verimi, çeltik bintane ağırlığı, bitki boyu, kırıklı ve kırksız randıman, saplı ağırlık, hasat indeksi, salkım uzunluğu, çiçeklenme gün sayısı, olgunlaşma gün sayısı, hektolitre gibi fiziksel ölçüm sonuçları açıklanmış ve bu parametrelere ilişkin üretimsel, istatistiksel ve ekonomik değerlendirmeler verilmiştir.

4.5.1. Çeltik tane verimi

Araştırmada deneme konularına göre elde edilen ortalama verimler Çizelge 4.6'da verilmiştir. Araştırmanın 2015 yılı deneme sonuçları verim açısından değerlendirildiğinde, ortalama verim; geleneksel tava sulama uygulaması yapılan devamlı sulama konusunda 8,05 t ha⁻¹, damla sulama yönteminin I₁ konusunda 6,67 t ha⁻¹, yağmurlama sulama yönteminin I₁ konusunda 5,64 t ha⁻¹ ve AWD sulamasının I₁ konusunda 7,53 t ha⁻¹ olarak elde edilmiştir. Araştırmanın ikinci yılında en yüksek verim geleneksel tava sulama yapılan devamlı sulama konusunda 7,58 t ha⁻¹ olmuştur. Damla sulama yönteminin I₁ konusunda 6,14 t ha⁻¹, yağmurlama sulama yönteminin I₁ konusunda 5,01 t ha⁻¹ ve AWD sulamasının II konusunda 7,16 t ha⁻¹ olarak bulunmuştur. Araştırmanın üçüncü yılında ise geleneksel tava sulama uygulaması yapılan devamlı sulama konusunda 8,23 t ha⁻¹, D-I₁ konusunda 6,36 t ha⁻¹, Y- I₁ konusunda 5,30 t ha⁻¹, AWD-I₁ konusunda 8,11 t ha⁻¹ olarak elde edilmiştir.

Ayrıca 2015, 2016 ve 2017 yıllarında tekerrürlerden elde edilen verimler Ek çizelge 10, 11, 12’de verilmiştir. Deneme konularından elde edilen verim değerleri sulama yöntemine ve sulama suyu miktarına göre değişiklik göstermiştir. Uygulanan yöntem ve farklı sulama suyu düzeylerinden elde edilen verimler ile geleneksel tava sulama uygulamasından elde edilen verimler karşılaştırıldığında, geleneksel tava sulamaya göre verimde %7-55 arasında azalma olmuştur. Bu durumun en büyük nedeni çeltik bitkisinin suyun altında yetişebilmesi, dolayısıyla, sulama suyunda uygulanan kısıtın çeltik bitkisinde verim düşmesine neden olmasıdır (McCauley 1990, Çakır ve ark. 1998, Bouman ve ark 2002, Castenada ve ark. 2002, Servestani ve ark. 2008, Vries ve ark. 2010, Tuna 2012, anusha ve ark. 2015, Beşer ve ark. 2015, Sharda ve ark. 2017). Castenada ve ark (2002) aerobik çeltik yetiştiriciliğinde elde edilen verimlerde tava sulamaya göre %14-40, Servestani ve ark. (2008) su kısıtı uygulanan konuların verimlerinde %21-50 azalma olduğunu bildirmişlerdir. Ülkemizde, yağmurlama sulama ile sulanan çeltikte, Çakır ve ark. (1998) tarafından, uygulanan sulama suyu miktarları azaldıkça çeltik veriminde %11,7-66,1 oranında azaldığı bildirilmiştir. Benzer biçimde; ülkemizde ve yurt dışında çeltikte damla sulama yöntemi ile ilgili çalışmalarda; Tuna (2012) sulama suyu miktarının artması ile verimin arttığını, Anusha ve ark (2015), geleneksel tava sulamada verimin damla sulamaya göre nispeten daha yüksek olduğunu bulmuşlardır. Sürek ve ark (1996) yaptığı araştırmada su kısıtı yaratılan konularda verim düşüklüğünün ana nedeni olarak salkımda dolu tane sayısının azalması ve bintane ağırlığının düşmesi olarak bildirmişlerdir.

Denemenin üç yılında da sulama yöntemleri, sulama suyu miktarları ve sulama yöntemi×sulama suyu miktarı interaksiyonları arasındaki farklılık verim açısından istatistiksel olarak $p < 0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur (Çizelge 4.7 ve 4.8). Farklılığın düzeyinin belirlenmesi için yapılan LSD testi sonuçları incelendiğinde, Denemenin üç yılındada AWD sulaması ilk grupta yer alırken, damla sulama yöntemi ikinci grupta ve yağmurlama sulama yöntemi üçüncü grupta yer almıştır. Her üç yılda da farklı sulama suyu miktarı uygulanan deneme konuları (I_1 , I_2) dikkate alındığında ise, I_1 düzeyindeki sulama suyu miktarları A grubunda yer alırken, I_2 düzeyindeki sulama suyu miktarları B grubunda yer almıştır.

Ayrıca, yıllar arasında gerçekleştirilen homojenite testi neticesinde homojenlik elde edilmiş ve birleştirilmiş varyans yapılarak sonuçları Çizelge 4.6 ve Ek Çizelge 13’ te verilmiştir. Alternatif tava sulama (AWD) yönteminin I_1 sulama düzeyi ortalama $7,60 \text{ t ha}^{-1}$ verim ile ilk grupta yer almış, bu konuyu damla sulama yöntemi* I_1 interaksiyonu $6,39 \text{ t ha}^{-1}$ ve yağmurlama sulama* I_1 interaksiyonu $5,32 \text{ t ha}^{-1}$ ile izlemiştir.

Çizelge 4.6. Araştırma yıllarında konulara göre çeltik bitkisinin ortalama verim değerleri (t ha⁻¹)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Yıl			Ortalama
		2015	2016	2017	
Damla Sulama	I ₁	6,67	6,14	6,36	6,39
	I ₂	4,02	3,66	4,01	3,90
Yağmurlama Sulama	I ₁	5,64	5,01	5,30	5,32
	I ₂	3,68	3,29	3,82	3,60
AWD	I ₁	7,53	7,16	8,11	7,60
	I ₂	4,11	3,79	4,09	4,00
Geleneksel Tava Sulama		8,05	7,58	8,23	7,95
CV (%)		5,69	6,00	1,74	4,87

CV: Varyasyon katsayısı

Çizelge 4.7. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen verim değerlerine ilişkin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	SD	2015 yılı		2016 yılı		2017 yılı	
		KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
Bloklar	2	0,02044	0,2314ns	0,01261	0,1493ns	0,00751	0,8887ns
Konular	5	6,71211		7,20152		8,61163	
Sulama yöntemi (SY)	2	2,69776	30,5479**	2,66724	31,5903**	3,59224	425,34**
Sulama düzeyi (SD)	1	29,61934	335,3934**	28,60201	338,7570**	30,86361	3654,4**
SY*SD	2	1,22302	13,8488**	1,03557	12,2651**	2,50504	296,61**
Hata	10	2,69776		0,08443		0,00845	
Genel	17						

ns: önemsiz, **: P<0,01 düzeyinde önemli.

Her üç yıl için; damla sulama, yağmurlama sulama, alternatif tava sulama yöntemlerinden elde edilen çeltik verim değerleri, geleneksel tava sulama yöntemiyle ikili karşılaştırmalara (t testi) sokulmuş ve sonuçları Ek Çizelge 14' te verilmiştir. Geleneksel tava sulama yöntemi ile alternatif tava sulama yönteminin (AWD) I₁ sulama düzeyinde, verim ortalamaları arasındaki farklılık istatistiksel açıdan önemli çıkmazken, geleneksel tava sulama yöntemi ile diğer sulama yöntemleri ve sulama suyu miktarları arasındaki farklılık %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. Bu farklılıktan doğan etkiler üretim randımanları ve ekonomik analizler ile ilgili bölümlerde (Bölüm 4.7, 4.8) açıklanmıştır.

Çizelge 4.8. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen verim değerlerine ilişkin LSD grupları

Yıl	Deneme Konuları					
2015	Sulama Yöntemi		Sulama Yöntemi		Sulama Yöntemi	
	Damla sulama		Yağmurlama sulama		AWD	
	5,34b		4,66c		5,82a	
	LSD _{0,01} : 0,38					
2016	Sulama düzeyleri					
	I ₁			I ₂		
	6,61a			3,94b		
	LSD _{0,01} :0,31					
2017	Sulama Yöntemi*		Sulama Düzeyi		Sulama Yöntemi*	
	DI ₁	DI ₂	YI ₁	YI ₂	AWDI ₁	AWDI ₂
	6,69b	4,02d	5,64c	3,68d	7,53a	4,11d
	LSD _{0,01} : 0,54					
2015	Sulama Yöntemi		Sulama Yöntemi		Sulama Yöntemi	
	Damla sulama		Yağmurlama sulama		AWD	
	4,90b		4,15c		5,48a	
	LSD _{0,01} :0,53					
2016	Sulama düzeyleri					
	I ₁			I ₂		
	6,10			3,58		
	LSD _{0,01} :0,43					
2017	Sulama Yöntemi*		Sulama Düzeyi		Sulama Yöntemi*	
	DI ₁	DI ₂	YI ₁	YI ₂	AWDI ₁	AWDI ₂
	6,14b	3,66d	5,01c	3,29d	7,17a	3,79d
	LSD _{0,01} :0,75					
2015	Sulama Yöntemi		Sulama Yöntemi		Sulama Yöntemi	
	Damla sulama		Yağmurlama sulama		AWD	
	5,19b		4,56c		6,10a	
	LSD _{0,01} :0,12					
2016	Sulama düzeyleri					
	I ₁			I ₂		
	6,59a			3,97b		
	LSD _{0,01} :0,09					
2017	Sulama Yöntemi*		Sulama Düzeyi		Sulama Yöntemi*	
	DI ₁	DI ₂	YI ₁	YI ₂	AWDI ₁	AWDI ₂
	6,36b	4,01d	5,30c	3,82e	8,11a	4,09d
	LSD _{0,01} :0,17					

4.5.2. Bin tane ağırlığı

Araştırmadan elde edilen ortalama bin tane ağırlığı değerleri Çizelge 4.9, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.10 ve LSD testi sonuçları Çizelge 4.11’de açıklanmıştır. Verimde

olduğu gibi 3 yılda da, en yüksek ortalama bin tane ağırlığı değeri geleneksel tava sulama yönteminden elde edilmiştir. Denemenin ilk yılı bin tane ağırlığı değerleri tüm yöntemlerde 30,85-34,10 gr, 2016 yılında 30,33-33,61 gr ve 2017 yılında ise 30,26-33,67 gr değerleri arasında değişmiştir. Araştırmanın 2015, 2016, 2017 yıllarında tekerrürlerinden elde edilen bin tane ağırlığı değerleri Ek Çizelge 15, 16 ve 17’de verilmiştir. Bu değerler farklı araştırmacılar tarafından farklı bölge ve sulama yöntemleri altında açıklanan 25,24 - 33,51 gr değerlerine uygunluk göstermektedir (Tuna 2012, Rao ve ark. 2017). Beşer (1997) ve Sürek ve ark. (1998) yaptıkları araştırmalarda uygulanan sulama suyu miktarının azaltılması ile tanelerin küçüleceğini, bunun da bin tane ağırlığında düşmelere neden olacağını açıklamıştır. Araştırmadan elde edilen bin tane ağırlığı değerleri yapılan diğer bazı çalışmalarla uyuşmamaktadır, bu durum kullanılan çeşitlerin bin tane ağırlığındaki farklılıklardan kaynaklanmaktadır (Gill ve ark. 2011, Naik ve ark. 2015). Araştırmada kullanılan Osmancık 97 çeşidinin ortalama bin tane ağırlığı 33-35 gr aralığında değişmektedir.

Çizelge 4.10 incelendiğinde, araştırmanın 2015 yılında sulama yöntemleri, sulama suyu miktarları ve yöntem*sulama suyu interaksiyonu arasındaki ilişki istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. Araştırmanın ikinci yılında ise sulama yöntemleri arasındaki ilişki $p < 0,05$, sulama suyu miktarları arasındaki ilişki $p < 0,01$ ve 2017 yılı sonuçlarına göre sulama yöntemleri arasındaki ilişki $p < 0,01$ ve sulama suyu miktarları arasındaki ilişki $p < 0,05$ düzeyinde istatistiki açıdan önemli bulunmuştur. Dolayısıyla, 2016 ve 2017 yıllarına ait LSD grupları Çizelge 4.11’ de verilmiştir.

Yıllar arasında gerçekleştirilen homojenite testi neticesinde homojenlik elde edilmiş ve birleştirilmiş varyans yapılarak sonuçları Ek Çizelge 18’ de verilmiştir. Sulama yöntemi*sulama düzeyi interaksiyonu toplu varyans analizi sonuçlarında önemsiz bulunmuştur. Sulama yöntemlerinden alternatif tava sulama bin tane ağırlığı (31,89 g) bakımından en üst konuyu oluştururken, damla (31,14 g) ve yağmurlama sulama 30,98 (g) yöntemleri aynı grupta kalarak bu konuyu izlemiştir. Sulama düzeyleri açısından ise I₁ sulama düzeyi ön plana çıkmaktadır.

Denemenin 2015 ve 2016 yıllarında damla sulama, yağmurlama sulama, alternatif tava sulama yöntemlerinin I₁ ve I₂ sulama düzeylerinden elde edilen bin tane değerleri, geleneksel tava sulama yöntemiyle ikili karşılaştırmalara (t testi) sokulduğunda yöntemler arasındaki farklılıklar önemli bulunmuş, sadece denemenin üçüncü yılında damla sulama ve AWD sulamasının I₁ konuları ile geleneksel tava sulamadan elde edilen bin tane değerleri arasındaki fark önemsiz olmuştur (Ek Çizelge 19).

Çizelge 4.9. Araştırma yıllarında deneme konularına ilişkin ortalama bin tane ağırlığı değerleri (gr)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Yıl			Ortalama
		2015	2016	2017	
Damla Sulama	I ₁	31,81	31,48	31,49	31,59
	I ₂	30,85	30,33	30,91	30,70
Yağmurlama Sulama	I ₁	31,93	31,29	30,92	31,38
	I ₂	31,15	30,33	30,26	30,58
AWD	I ₁	31,63	31,71	32,73	32,02
	I ₂	32,15	31,46	31,64	31,75
Geleneksel Tava Sulama		34,10	33,61	33,30	33,67
CV: (%)		1,56	1,17	1,83	1,55

Çizelge 4.10. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen ortalama bin tane ağırlığı değerleri varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	SD	2015		2016		2017	
		KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
Bloklar	2	0,343038	1,4056ns	0,008956	0,0678ns	0,254017	0,7759ns
Konular	5	0,740072		1,122498		2,147516	
Sulama Yöntemi(SY)	2	0,489838	2,0071ns	1,075972	8,1446**	3,902317	11,9204**
Sulama düzeyi (SD)	1	0,740138	3,0326ns	2,792672	21,1392**	2,698939	8,2445*
SY*SD	2	0,990272	4,0575ns	0,333939	2,5278ns	0,117006	0,3574ns
Hata	10	0,244059		0,132109		0,32736	
Genel	17						

ns: önemsiz, *: P<0,05 düzeyinde önemli, **: P<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.11. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen ortalama bin tane ağırlıklarına ilişkin LSD grupları

Yıl	Deneme Konuları		
2016	Sulama Yöntemi		
	Damla sulama 30,90b	Yağmurlama sulama 30,81b	AWD 31,59a
	LSD _{0,01} :0,64		
2017	Sulama düzeyleri		
	I ₁ 31,49a	I ₂ 30,71b	
	LSD _{0,01} :0,54		
2017	Sulama Yöntemi		
	Damla sulama 31,20b	Yağmurlama sulama 30,59b	AWD 32,18a
	LSD _{0,01} : 0,74		
2017	Sulama düzeyleri		
	I ₁ 31,71a	I ₂ 30,93b	
	LSD _{0,05} :0,60		

4.5.3. Salkım uzunlukları

Araştırma konularından elde edilen ortalama salkım uzunluğu değerleri Çizelge 4.12’de verilmiştir. Araştırmanın ilk yılı deneme konuları için salkım uzunlukları damla sulama yöntemi uygulanan konularda 13,60-14,70 cm, yağmurlama sulama uygulanan konularda 13,00-14,80 cm, AWD sulama konularında 13,90-15,30 cm, geleneksel tava sulama yönteminde ise 15,73-16,07 cm (Ek Çizelge 20) aralığında değişirken, araştırmanın ikinci yılı deneme konuları için salkım uzunlukları, damla sulama yöntemi uygulanan konularda 11,86-13,72 cm, yağmurlama sulama uygulanan konularda 11,87-13,57 cm, AWD sulama konularında 14,07-15,28 cm, geleneksel tava sulama yönteminde ise 15,14-15,29 cm arasında değişmiştir (Ek Çizelge 21). Araştırmanın üçüncü yılında salkım uzunlukları deneme konularına göre 11,93-15,73 cm arasında bulunmuştur (Ek Çizelge 22). Beşer (1997) yaptığı çalışmada uygulanan su stresinin salkım uzunluğunda kısılmalara neden olduğunu bildirmiştir. Beşer ve ark (2015) yaptıkları çeşit çalışmasında ise, Osmancık 97 çeşidinde ortalama salkım uzunluğunu 13,98 cm olarak açıklamışlardır.

Varyans analizi sonuçları Çizelge 4.13 ve farklılıkların düzeyinin belirlenmesi için yapılan LSD testi sonuçları Çizelge 4.14 de verilmiştir. Çizelgeler incelendiğinde sulama yöntemi*sulama düzeyi interaksyonları her üç yılda önemsiz bulunmuştur. Sulama yöntemleri arasındaki farklılık önemli olurken, AWD sulaması grubunu, damla ve yağmurlama sulama grubu izlemiştir. Sulama düzeyleri arasında ise I₁ sulama düzeyi en üst grubu oluşturmuştur. Homojenite testi neticesinde, yıllar arasında homojenite sağlanamadığından birleştirilmiş varyans yapılamamıştır.

Ek Çizelge 23 incelendiğinde; sulama yöntemleri geleneksel tava sulama yöntemiyle ikili karşılaştırmalara (t testi) sokulduğunda, genel olarak ilk yıl dışında geleneksel tava sulama ile alternatif tava sulama yöntemi arasındaki farklılık önemsiz iken, damla ve yağmurlama sulama yöntemlerinin her iki sulama suyu düzeyinde %1 ve %5 düzeylerinde farklılıklar görülmüş, ancak 2017 yılında I₁ sulama suyu uygulamaları ile farklılık bulunmamıştır.

Çizelge 4.12. Araştırma yıllarında deneme konularına göre ortalama salkım uzunlukları (cm)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Yıl			Ortalama
		2015	2016	2017	
Damla Sulama	I ₁	14,60	13,48	13,54	13,87
	I ₂	13,90	12,41	12,45	12,92
Yağmurlama Sulama	I ₁	14,30	13,38	13,72	13,80
	I ₂	13,60	12,38	12,11	12,70
AWD	I ₁	14,90	14,64	14,93	14,82
	I ₂	14,00	14,59	13,43	14,01
Geleneksel Tava Sulama		15,90	15,22	14,38	15,17
Cv: (%)		2,31	3,74	4,01	3,40

Çizelge 4.13. Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen ortalama salkım uzunluğu değerleri varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	SD	2015		2016		2017	
		KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
Bloklar	2	0,2247	2,0839ns	0,0439	0,1728ns	0,4858	1,6931ns
Konular	7	0,7095		2,9747		3,0107	
Sulama Yöntemi(SY)	2	0,4646	4,3090*	5,8261	22,9669**	3,0145	10,5051**
Sulama düzeyi (SD)	1	2,5088	23,2679**	2,2401	8,8308*	8,7920	30,6386**
SY*SD	2	0,0547	0,5075ns	0,4906	1,9340ns	0,1164	0,4054ns
Hata	10	0,1078		0,2537		0,2869	
Genel	17						

ns: önemsiz, *: P<0,05 düzeyinde önemli, **: P<0,01 düzeyinde önemli

4.5.4. Bitki boyları

Çizelge 4.15’de ortalama bitki boyları değerleri verilmiştir. Araştırmanın ilk yılı deneme konuları için bitki boyu değerleri genel olarak 68,80-84,99 cm arasında değişirken, geleneksel tava sulama yönteminde 82,90-91,40 cm arasında ölçülmüştür (Ek Çizelge 24), Araştırmanın diğer iki yılında da paralel sonuçlar ortaya çıkmıştır (Ek Çizelge 25 ve 26). Bu değerler yurt içi ve yurt dışında yapılan bazı çalışma sonuçları ile oldukça benzerlik göstermektedir (Tuna 2012, Shahanila 2015, Ramadass ve Ramanathan 2017, Rao ve ark. 2017). Ancak, Vijaykumar (2009)’da ortalama bitki boyu 104,8 cm olarak bulunmuştur, bu farklılığın nedeni kullanılan çeşit ve uygulanan sulama suyundaki değişiklikler olarak gösterilebilir. Beşer (1997), uygulanan sulama suyundaki azalmaların çeltik bitkisinin boyunun kısılmasına neden olacağını vurgulamıştır. Beşer ve ark. (2015) Osmancık 97 çeşidinde ortalama bitki boyu uzunluğunu 84,73 cm olarak bulmuşlardır. Bu değer araştırmanın geleneksel tava sulama konusundaki ortalama bitki boyu değerleriyle örtüşmektedir.

Çizelge 4.14. Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen ortalama salkım uzunluğuna ilişkin LSD grupları

Yıl	Deneme Konuları		
2015	Sulama Yöntemi		
	Damla sulama 14,26ab LSD _{0,05} :0,42	Yağmurlama sulama 13,95b	AWD 14,50a
2016	Sulama düzeyleri		
	I ₁ 14,61a LSD _{0,01} :0,34		I ₂ 13,86b
2017	Sulama Yöntemi		
	Damla sulama 12,94b LSD _{0,01} :0,65	Yağmurlama sulama 12,88b	AWD 14,62a
2016	Sulama düzeyleri		
	I ₁ 13,83a LSD _{0,05} :0,53		I ₂ 13,13b
2017	Sulama Yöntemi		
	Damla sulama 13,00b LSD _{0,01} :0,70	Yağmurlama sulama 12,92b	AWD 14,18a
2017	Sulama düzeyleri		
	I ₁ 14,06a LSD _{0,01} :0,56		I ₂ 12,67b

Farklı sulama yöntemlerinin ve sulama yöntemi*sulama suyu düzeyi interaksiyonunun bitki boylarına etkisi 2015 yılı için önemsiz bulunurken (Çizelge 4.16), sulama suyu miktarları $p < 0,01$ düzeyinde önemli olmuştur. 2016 yılı deneme konuları için bitki boyu değerleri farklı sulama yöntemleri ve farklı sulama suyu miktarlarının bitki boylarına etkisi $p < 0,01$ düzeyinde, sulama suyu interaksiyonunun bitki boylarına etkisi $p < 0,05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Denemenin 2017 yılı varyans analiz sonuçlarına göre farklı sulama yöntemleri ve farklı sulama suyu düzeylerinin bitki boylarına etkisi $p < 0,01$ düzeyinde, istatistiksel açıdan önemli bulunmuştur. Çizelge 4.17' de önemlilik gösteren konulara ait LSD grupları açıklanmıştır. Yıllar arasında homojenite bulunamadığından birleştirilmiş varyans yapılamamıştır.

İlk yıl damla sulama, yağmurlama sulama, AWD sulama konularından elde edilen çeltik boyları, geleneksel tava sulama yöntemiyle ikili karşılaştırmalara sokulduğunda (Ek Çizelge 27); geleneksel tava sulama yöntemi ile DI₁, YI₁ ve AWDI₁ sulama konusunun boy

değerleri arasındaki fark önemli çıkmazken, tüm yöntemlerin I₂ sulama düzeylerinin boy değerleri arasındaki farklılık önemli bulunmuştur. Denemenin ikinci yılında yalnızca AWDI₁ konusundaki farklar önemsiz çıkmış, diğer sulama yöntemlerinin I₁ ve I₂ sulama düzeylerinden elde edilen ortalamalar arasındaki farklar önemli olmuştur. Denemenin üçüncü yılında yalnızca YI₂ konusundan elde edilen bitki boyu değerleri ile geleneksel tava sulamadan elde edilen bitki boyu değerleri ortalamaları arasındaki farklar önemli bulunmuş, diğer yöntem ve sulama düzeylerinden elde edilen ortalamalar arasındaki farklar önemsiz bulunmuştur.

Çizelge 4.15. Araştırma yıllarında deneme konularına göre ortalama bitki boyu uzunlukları (cm)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Yıl			Ortalama
		2015	2016	2017	
Damla Sulama	I ₁	78,50	75,90	74,29	76,23
	I ₂	72,70	69,70	69,62	70,67
Yağmurlama Sulama	I ₁	81,10	74,10	70,87	75,36
	I ₂	71,70	68,50	66,86	69,02
AWD	I ₁	83,50	78,50	80,62	80,87
	I ₂	74,50	76,70	72,76	74,65
Geleneksel Tava Sulama		86,40	82,10	86,34	84,95
Cv: (%)		3,93	1,16	2,82	2,91

Çizelge 4.16. Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen ortalama bitki boyları değerleri varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	SD	2015		2016		2017	
		KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
Bloklar	2	0,3522	0,0385ns	0,28104	0,3812	9,2683	2,2136ns
Konular	7	65,360		48,19402		67,2071	
Sulama Yöntemi(SY)	2	15,0043	1,6396ns	66,02816	89,5638**	93,2463	22,2701**
Sulama düzeyi (SD)	1	279,818	30,5766**	92,02722	124,8303**	136,8409	32,6818**
SY*SD	2	8,4880	0,9275ns	8,44329	11,4529**	6,3510	1,5168ns
Hata	10	9,1514		0,7372		4,1871	
Genel	17						

ns: önemsiz, *: P<0,05 düzeyinde önemli, **: P<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.17. Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen ortalama bitki boylarına ilişkin LSD grupları

Yıl	Deneme Konuları					
2015	Sulama düzeyleri					
	I ₁ 81,01a			I ₂ 73,13b		
	LSD _{0,01} :4,52					
2016	Sulama Yöntemi					
	Damla sulama 72,76b		Yağmurlama sulama 71,28b		AWD 77,62a	
	LSD _{0,01} :1,55					
	Sulama düzeyleri					
	I ₁ 76,15a			I ₂ 71,62b		
	LSD _{0,01} :1,28					
	Sulama Yöntemi* Sulama Düzeyi					
	DI ₁ 75,86bc	DI ₂ 69,66d	YI ₁ 74,07c	YI ₂ 68,50d	AWDI ₁ 78,53a	AWDI ₂ 76,72ab
	LSD _{0,01} :2,22					
2017	Sulama Yöntemi					
	Damla sulama 71,95b		Yağmurlama sulama 68,86c		AWD 76,69a	
	LSD _{0,01} :2,63					
	Sulama düzeyleri					
	I ₁ 75,25a			I ₂ 69,74b		
	LSD _{0,01} :2,15					

4.5.5. Hektolitre ağırlığı

Araştırmadan elde edilen ortalama hektolitre ağırlığı değerleri Çizelge 4.18, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.19 ve geleneksel tava sulama ile diğer sulama yöntemleri arasındaki farklılığın karşılaştırılmasında yararlanılan t testi sonuçları Ek Çizelge 32' te açıklanmıştır. Denemenin ilk yılında ortalama hektolitre ağırlıkları tüm deneme konularında 55,30-57,72 kg, 2016 yılında 54,88-57,21 kg ve 2017 yılında ise 55,82-57,32 kg arasında değişmiştir. Farklı sulama yöntemlerinin, farklı sulama suyu miktarlarının ve sulama yöntemi ile sulama suyu interaksiyonunun çeltik hektolitre ağırlığı üzerine etkisi her üç yılda da önemsiz bulunmuştur. Ayrıca tekerrürlerin de yer aldığı ayrıntılı hektolitre ağırlığı sonuçları Ek Çizelge 28, 29 ve 30'de verilmiştir. Yıllar arasında gerçekleştirilen homojenite testi neticesinde homojenlik elde edilmiş ve birleştirilmiş varyans yapılarak sonuçları Ek Çizelge 31' de verilmiştir. Toplu varyans analizi neticesinde yöntem ve interaksiyonlar arasında önemlilik bulunamamıştır. I₁ sulama düzeyi ortalama 57,00 kg hektolitre ağırlığı ile ilk grupta yer almış, bu konuyu I₂ sulama düzeyi 55,97 kg ile izlemiştir.

Çizelge 4.18. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen tohumların ortalama hektolitre ağırlığı değerleri (kg)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Yıl			Ortalama
		2015	2016	2017	
Damla Sulama	I ₁	57,02	56,66	56,70	56,79
	I ₂	55,30	54,88	55,90	55,36
Yağmurlama Sulama	I ₁	57,31	56,63	56,44	56,79
	I ₂	57,35	56,39	56,32	56,69
AWD	I ₁	57,72	57,21	57,32	57,42
	I ₂	56,05	55,70	55,82	55,86
Geleneksel Tava Sulama		56,96	55,90	56,95	55,60
Cv: (%)		2,11	2,06	1,62	1,94

Çizelge 4.19. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama hektolitre ağırlığı değerlerinin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	SD	2015		2016		2017	
		KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
Bloklar	2	2,488782	1,7394ns	1,064910	0,7943ns	0,236172	0,2820ns
Konular	7	2,513041		2,047886		0,923928	
Sulama Yöntemi(SY)	2	2,088214	1,4595ns	1,025707	0,7651ns	0,116572	0,1392ns
Sulama düzeyi (SD)	1	5,436204	3,7994ns	6,178784	4,6089ns	2,944356	3,5158ns
SY*SD	2	1,476289	1,0318ns	1,004616	0,7494ns	0,721072	0,8610ns
Hata	10	1,43082		1,34062		0,837452	
Genel	17	2,488782					

ns: önemsiz, *: P<0,05 düzeyinde önemli, **: P<0,01 düzeyinde önemli

Yapılan t testleri sonucunda her üç yılda da geleneksel tava sulama yönteminde elde edilen hektolitre ağırlıkları ile damla sulama, yağmurlama sulama, alternatif sulama yönteminin I₁ ve I₂ sulama düzeylerinden elde edilen hektolitre ağırlıkları arasında fark bulunmamıştır.

4.5.6. Saplı ağırlık

Araştırmanın 2015, 2016 ve 2017 yıllarına ait çeltik bitkisinin saplı ağırlık değerleri ve varyans analizi sonuçları Çizelge 4.20, 4.21 ve 4.22' de verilmiştir. Çizelge 4.20'den görüleceği gibi saplı ağırlık değerleri; damla sulama yöntemi uygulanan konularda 11,01-15,25 t ha⁻¹, yağmurlama sulama yöntemi uygulanan konularda 10,82-15,04 t ha⁻¹, AWD sulama yöntemi uygulanan konularda 12,58-15,89 t ha⁻¹ ve geleneksel tava sulama yönteminde ise 15,26–17,33 t ha⁻¹ arasında değişmiştir. Ek Çizelge 33, 34 ve 35'te araştırmanın her bir yılına ait tekerrürlerinde yer aldığı saplı ağırlık değerleri verilmiştir. Araştırmadan elde edilen saplı ağırlık değerleri, Tuna (2012) ve Ramadass ve Ramanathan

(2017)' nın yaptığı çalışmalardan elde edilen 11,71-18,91 t ha⁻¹ olan saplı ağırlık değerleriyle örtüşmektedir.

Farklı sulama yöntemlerinin, farklı sulama suyu miktarlarının ve sulama yöntemi*sulama suyu interaksyonunun saplı ağırlık üzerine etkisi 2015 yılı için önemsiz bulunmuştur. 2016 ve 2017 yıllarında deneme konularından sadece sulama düzeyi istatistiksel açıdan p<0,05 düzeyinde önemli bulunmuştur. Çizelge 4.22 incelendiğinde 2016 ve 2017 yıllarında tüm sulama konularının I₁ sulama düzeyleri ilk grupta, I₂ konuları ikinci grupta yer almıştır.

Ek Çizelge 36' dan izlenebileceği gibi, geleneksel tava sulama yöntemi ile diğer sulama yöntemlerinin karşılaştırıldığı t testi sonucunda sadece I₂ sulama düzeyleri arasında saplı ağırlık bakımından önemlilik bulunmuştur.

Çizelge 4.20. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama saplı ağırlık değerleri (t ha⁻¹)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Yıl			Ortalama
		2015	2016	2017	
Damla Sulama	I ₁	14,57	13,52	15,25	14,45 b
	I ₂	12,09	11,01	13,22	12,11 d
Yağmurlama Sulama	I ₁	13,89	12,95	15,04	13,96 c
	I ₂	11,37	10,82	11,62	11,27 d
AWD	I ₁	14,64	14,04	15,89	14,86 a
	I ₂	12,93	12,58	14,00	13,17 d
Geleneksel Tava Sulama		15,65	15,26	17,33	16,08
CV: (%)		12,51	12,15	11,87	12,32

Çizelge 4.21. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama saplı ağırlık değerlerinin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	SD	2015		2016		2017	
		KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
Bloklar	2	0,78376	0,2728ns	0,18727	0,0814ns	2,42437	0,8560ns
Konular	5	6,389072		5,21769		7,39495	
Sulama Yöntemi(SY)	2	6,57181	2,2876ns	3,26927	1,4212ns	3,93007	1,3876ns
Sulama düzeyi (SD)	1	10,90445	3,7957ns	18,70681	8,1322*	26,9378	9,5110*
SY*SD	2	3,94865	1,3745ns	0,42157	0,1833ns	1,08852	0,3843ns
Hata	10	2,87281		2,30034		2,83227	
Genel	17						

ns: önemsiz, *: P<0,05 düzeyinde önemli, **: P<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.22. Araştırma yıllarında deneme konularında belirlenen ortalama saplı ağırlık değerlerine ilişkin LSD grupları

Yıl	Deneme Konuları	
2016	Sulama düzeyleri	
	I ₁ 13,51a	I ₂ 11,47b
	LSD _{0,05} :1,59	
2017	Sulama düzeyleri	
	I ₁ 15,39a	I ₂ 12,95b
	LSD _{0,05} :1,77	

4.5.7. Hasat indeksi

Araştırmada deneme konularına göre hesaplanan ortalama hasat indeksi değerleri Çizelge 4.23’ de verilmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi hasat indeksi değerleri; damla sulama yöntemi uygulanan konularda %27,47 - 47,99, yağmurlama sulama yöntemi uygulanan konularda %32,60 –41,01, AWD sulaması uygulanan konularda %29,41 -51,90 ve geleneksel tava sulama yönteminde ise %47,70 – 51,56 arasında değişmiştir. Ayrıca araştırmanın üç yılına ait tekerürlerin bulunduğu hasat indeksi değerleri Ek Çizelge 37, 38 ve 39’ da verilmiştir.

Varyans analizi sonuçlarına göre (Çizelge 4.24) farklı sulama yöntemlerinin ve sulama yöntemi*sulama suyu interaksiyonunun hasat indeksine istatistiksel olarak etkisi 2015 ve 2016 yılları için önemsiz bulunurken, sulama suyu miktarları sırasıyla $p<0,01$ ve $p<0,05$ düzeyinde önemli olmuştur. 2017 yılı için interaksiyonun ve sulama düzeylerinin etkisi $p<0,01$ düzeyinde etkili bulunmuştur. Bu sonuçlara bağlı olarak gerçekleştirilen LSD testi sonuçlarına göre (Çizelge 4.25) I₁ konuları ilk grupta yer alırken, I₂ konuları ikinci grupta yer almıştır.

Hasat indeksi değerleri daha önce yürütülen çalışmalarda elde edilen değerlerle benzerlikler göstermektedir (Vories ve ark. 2002, Sarvestani ve ark 2008, Yan ve ark. 2010, Beşer ve ark. 2015, Shahanila 2015). Aynı bölge ve çeşitte Tuna (2012) tarafından yürütülen araştırmada ise hasat indeksi damla sulama için %30,54-47,08 ve devamlı tava sulama için %35,97-57,17 aralığında bulunmuştur. Wescott ve ark. (1986) yaptıkları araştırmada su kısıtı uygulanan konularda bitkinin vejetatif aksamındaki azalmalar nedeniyle hasat indeksi değerlerinin düştüğünü açıklamışlardır.

Çizelge 4.23. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama hasat indeksi değerleri (%)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Yıl			
		2015	2016	2017	Ortalama
Damla Sulama	I ₁	46,26	46,24	47,99	46,83b
	I ₂	33,34	33,39	27,47	31,40d
Yağmurlama Sulama	I ₁	40,84	41,01	35,66	39,17c
	I ₂	32,60	30,86	32,96	32,14d
AWD	I ₁	51,64	51,90	51,12	51,55a
	I ₂	31,74	31,44	29,41	30,86d
Geleneksel Tava Sulama		51,56	48,33	47,70	49,20
CV: (%)		9,54	10,37	11,90	10,61

Çizelge 4.24. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama hasat indeksi değerlerinin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	SD	2015		2016		2017	
		KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
Bloklar	2	2,705	0,1917ns	1,9252	0,1167ns	29,5900	1,4908ns
Konular	5	204,281		226,7011		291,3844	
Sulama Yöntemi(SY)	2	39,784	2,8205ns	51,5042	3,1227ns	53,58800	2,6998ns
Sulama düzeyi (SD)	1	835,450	59,2292**	944,9654	57,2923**	1009,652	50,8680**
SY*SD	2	53,194	3,7712ns	42,7660	2,5929ns	170,0480	8,5673**
Hata	10	14,105		16,494		19,8480	
Genel	17						

ns: önemsiz, *: P<0,05 düzeyinde önemli, **: P<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.25. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen hasat indeksi değerlerine ilişkin LSD grupları

Yıl	Deneme Konuları						
2015	Sulama düzeyleri						
	I ₁ 46,17a		I ₂ 32,55b				
LSD _{0,01} : 3,95							
2016	Sulama Düzeyleri						
	I ₁ 46,39a		I ₂ 31,90b				
LSD _{0,01} :4,38							
2017	Sulama düzeyleri						
	I ₁ 44,93a		I ₂ 29,95b				
	LSD _{0,01} :4,68						
Sulama Yöntemi* Sulama Düzeyi							
DI ₁ 48,00a		DI ₂ 27,47c		YI ₁ 35,66b		YI ₂ 32,96bc	
				AWDI ₁ 51,12a		AWDI ₂ 29,41bc	
LSD _{0,01} :8,11							

Yıllar arasında gerçekleştirilen homojenite testi neticesinde homojenlik elde edilmiş ve birleştirilmiş varyans yapılarak sonuçları Ek Çizelge 40' de verilmiştir. Yöntem, sulama düzeyi ve yöntem*sulama düzeyi interaksyonu birleştirilmiş varyans analizi neticesinde %1 düzeyinde önemli bulunmuş, interaksyonlara ilişkin LSD grupları Çizelge 4.25' de özetlenmiştir.

Denemenin üç yılında da yapılan t testleri sonucunda (Ek Çizelge 41) çiftçi uygulaması olan geleneksel tava sulama yöntemi ile damla sulama ve alternatif tava sulama yönteminin I₁ sulama düzeyinin hasat indeksi değerleri arasındaki farklılık önemli bulunmazken, geleneksel tava sulama yöntemi ile yağmurlama yönteminin I₁ ve I₂ sulama konuları, damla sulama yöntemi ve alternatif tava sulama yönteminin I₂ sulama konularındaki hasat indeksi değerleri arasındaki farklılık önemli bulunmuştur.

4.5.8. Kırıklı randıman

Araştırmada deneme konularından elde edilen kırıklı randıman değerleri, varyans analizi sonuçları, LSD gruplamaları sırasıyla, Çizelge 4.26, 4.27, 4.28' de verilmiştir. Ayrıca yıllara ait tekerürlerinde bulunduğu kırıklı randıman sonuçları Ek Çizelge 42, 43 ve 44' te verilmiştir. Kırıklı randıman değerleri tüm konularda yaklaşık %70-75 aralığında değişmiş, Tuna (2012) ve Beşer ve ark. (2016) tarafından elde edilen kırıklı randıman değerleriyle paralellik göstermiştir. Ek Çizelge 45'da kırıklı randıman toplu varyans sonuçları verilmiştir.

Geleneksel tava sulamanın diğer sulama yöntemleri ile karşılaştırıldığı t testi sonuçlarına (Ek Çizelge 46) göre; kırıklı randıman açısından genel olarak konular arasında farklılık olmadığı, sadece AWD ve yağmurlama sulama yöntemlerinin I₂ sulama düzeyinde %1 farklılık olduğu söylenebilir.

Çizelge 4.26. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama kırıklı randıman değerleri (%)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Yıl			Ortalama
		2015	2016	2017	
Damla Sulama	I ₁	74,40	73,13	73,66	73,73
	I ₂	70,10	70,43	71,67	70,73
Yağmurlama Sulama	I ₁	74,40	74,00	73,67	74,02
	I ₂	68,90	71,40	70,66	70,32
AWD	I ₁	74,40	74,73	74,40	74,51
	I ₂	70,70	72,67	71,63	71,67
Geleneksel Tava Sulama		73,80	72,53	73,76	73,36
Cv: (%)		0,77	1,96	0,96	1,34

Çizelge 4.27. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama kırıklı randıman değerlerinin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	SD	2015		2016		2017	
		KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
Bloklar	2	0,10722	0,3475ns	1,27389	0,6251ns	0,46167	0,9403ns
Konular	5	19,5045		7,70188		6,63433	
Sulama Yöntemi(SY)	2	1,18722	3,8477ns	5,51389	2,7057ns	1,09500	2,2301ns
Sulama düzeyi (SD)	1	92,933	301,1901**	27,13389	13,3147**	30,16056	61,4268**
SY*SD	2	1,10722	3,5884ns	0,17389	0,0853ns	0,41056	0,8362ns
Hata	10	0,3086		2,03789		0,49100	
Genel	17						

ns: önemsiz, *: P<0,05 düzeyinde önemli, **: P<0,01 düzeyinde önemli

Çizelge 4.28. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen kırıklı randıman değerlerine ilişkin LSD grupları

Yıl	Deneme Konuları	
2015	Sulama düzeyleri	
	I ₁ 74,41a	I ₂ 69,87b
	LSD _{00,1} :0,83	
2016	Sulama Düzeyleri	
	I ₁ 73,96a	I ₂ 71,50b
	LSD _{00,1} :1,50	
2017	Sulama düzeyleri	
	I ₁ 73,91a	I ₂ 71,32b
	LSD _{00,1} :0,74	

4.5.9. Kırıksız randıman

Araştırmanın 2015, 2016 ve 2017 yılı ortalama kırıksız randıman değerleri, Çizelge 4.29'da, varyans analiz sonuçları Çizelge 4.30'da verilmiştir. Çizelge 4.29 incelendiğinde, kırıksız randıman değerleri damla sulama yöntemi uygulanan konularda % 68,67-72,60, yağmurlama sulama yöntemi uygulanan konularda % 69,20-72,30, AWD sulaması uygulanan konularda % 69,16-72,40 ve geleneksel tava sulama yönteminde ise % 71,07-72,20 arasında değişmiştir. Araştırma yıllarında elde edilen tekerrürlerinde bulunduğu kırıksız randıman değerleri Ek Çizelge 47, 48 ve 49'da verilmiştir. Kırıksız randıman çeltik yetiştiriciliğinde önemli bir verim parametresidir ve Beşer (1997) tarafından açıklandığı üzere çeltik yetiştiriciliğinde su kısıtı uygulanan konularda tanenin küçülmesi nedeniyle kırıksız randıman yüksek çıkmaktadır. Araştırmadan elde edilen kırıksız randıman değerlerinin bir miktar

yüksek çıkmasının diğer bir nedeni de araştırma alanındaki iklimin biraz daha serin seyretmesi olarak gösterilebilir. Tuna (2012)' ve Beşer ve ark. (2015)'de damla sulama konularından elde edilen %60,93-72,17 değerleri ile araştırmadan elde edilen değerler örtüşmektedir.

Sulama yöntemleri ile sulama suyu düzeyinin ve sulama yöntemi*sulama düzeyi interaksiyonunun kırksız randımana etkisi araştırmanın üç yılı içinde önemsiz bulunmuştur. Homojenite testine göre yıllar arasındaki farklılık önemsiz bulunmuş ve birleştirilmiş varyans yapılmamıştır.

İkili karşılaştırmalar neticesinde t değerleri; her üç yılda da yağmurlama sulamanın I₂ düzeyi dışında tüm konuların geleneksel tava sulama yöntemi ile paralel olduğunu göstermiştir (Ek Çizelge 50).

Çizelge 4.29. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama kırksız randıman değerleri (%)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Yıl			Ortalama
		2015	2016	2017	
Damla Sulama	I ₁	72,60	69,27	70,97	70,95
	I ₂	72,20	68,67	68,80	69,89
Yağmurlama Sulama	I ₁	72,30	69,80	70,90	71,00
	I ₂	69,80	69,65	69,20	69,55
AWD	I ₁	72,40	71,33	71,13	71,62
	I ₂	72,10	71,03	69,16	70,76
Geleneksel Tava Sulama		72,20	71,73	71,07	71,67
Cv: (%)		1,58	2,05	0,84	1,57

Çizelge 4.30. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen çeltiklerin ortalama kırksız randıman değerlerinin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	SD	2015		2016		2017	
		KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
Bloklar	2	1,628889	1,2612ns	0,542917	0,2627ns	0,401667	1,1665ns
Konular	5	3,348555		3,187926		0,593333	
Sulama Yöntemi(SY)	2	3,102222	2,4019ns	7,615417	3,6850ns	0,686667	1,9942ns
Sulama düzeyi (SD)	1	6,125000	4,7423ns	0,551250	0,2667ns	1,502222	4,3627ns
SY*SD	2	2,206667	1,7085ns	0,078750	0,0381ns	0,388889	1,1294ns
Hata	10	1,29156		2,06658	0,2627ns	0,344333	
Genel	17						

ns : önemsiz

4.5.10. Çiçeklenme ve olgunlaşma gün sayıları

Çiçeklenme ve olgunlaşma gün sayıları Çizelge 4.31, 4.32 ve 4.33’de verilmiştir. Çizelgelerden izleneceği gibi; araştırmanın 2015, 2016 ve 2017 yılları için geleneksel tava sulama uygulamasında çiçeklenme gün sayısı, sırasıyla, 82, 87 ve 91 gün olarak değişirken, damla sulama ve yağmurlama sulama yönteminde 87, 96 ve 97 gün, AWD uygulamasında ise 82, 89 ve 93 gün olarak gerçekleşmiştir. Benzer biçimde olgunlaşma gün sayılarını değerlendirecek olursak; yıllara göre sırasıyla olgunlaşma gün sayıları, geleneksel tava sulama uygulamasında 120, 121 ve 125 gün olarak değişirken, damla sulama ve yağmurlama sulama yönteminde 125, 126 ve 130 gün, AWD uygulamasında ise 122, 121 ve 125 gün olarak gerçekleşmiştir. Abarshahr ve ark. (2011) yürüttükleri çalışmada, çiçeklenme gün sayısının farklı çeşitlerde 77-91 gün arasında değiştiğini bildirmişlerdir.

Damla sulama, yağmurlama sulama konularında, geleneksel tava sulama yöntemine göre su stresi oluşturulması yani uygulanan sulama suyunun azaltılması kullanılan çeşidin çiçeklenme, olgunlaşma ve hasat bakımından gecikmesine neden olmuştur. Araştırma bulgularımıza paralel olarak, Muirhead ve ark. (1989) ve Beşer (1997), yağmurlama ve karık sulama gibi su tasarrufu sağlayan yani daha az sulama suyu kullanılan yöntemlerde çiçeklenme gün sayısının arttığını gözlemlemişlerdir. Araştırmada yüzey sulama konularından elde edilen olgunlaşma gün sayısı değerleri, su kısıtı uygulanan damla sulama, yağmurlama sulama konularında 3 yılda da daha düşük elde edilmiştir. Chapagain (2009) yürüttüğü bir araştırmada, devamlı sulama konularında olgunlaşma gün sayısını 117-122 gün aralığında bulmuştur. Kullanılan çeşitlerin gelişme dönemlerindeki farklılıklar ve iklimin etkisiyle, diğer çalışmalar ile az da olsa farklılıklar gözlemlenmiştir.

Çizelge 4.31. Çeltik bitkisinin 2015 yılı çiçeklenme, olgunlaşma ve hasat gün sayıları

Yöntem	Ekim Tarihi	Hasat Tarihi	Hasat Gün Sayısı	Çiçeklenme Tarihi	Çiçeklenme Gün Sayısı	Olgunlaşma Tarihi	Olgunlaşma Gün Sayısı
Damla Sulama	5 Haziran	19 Ekim	136	31 Ağustos	87	8 Ekim	125
Yağmurlama Sulama	5 Haziran	19 Ekim	136	31 Ağustos	87	8 Ekim	125
AWD	5 Haziran	19 Ekim	136	26 Ağustos	82	5 Ekim	122
Geleneksel Tava Sulama	5 Haziran	19 Ekim	136	26 Ağustos	82	3 Ekim	120

Çizelge 4.32. Çeltik bitkisinin 2016 yılı çiçeklenme, olgunlaşma ve hasat gün sayıları

Yöntem	Ekim Tarihi	Hasat Tarihi	Hasat Gün Sayısı	Çiçeklenme Tarihi	Çiçeklenme Gün Sayısı	Olgunlaşma Tarihi	Olgunlaşma Gün Sayısı
Damla Sulama	30 Mayıs	14 Ekim	137	3 Eylül	96	3 Ekim	126
Yağmurlama Sulama	30 Mayıs	14 Ekim	137	3 Eylül	96	3 Ekim	126
AWD	30 Mayıs	14 Ekim	137	27 Ağustos	89	28 Ağustos	121
Geleneksel Tava Sulama	30 Mayıs	14 Ekim	137	25 Ağustos	87	28 Ağustos	121

Çizelge 4.33. Çeltik bitkisinin 2017 yılı çiçeklenme, olgunlaşma ve hasat gün sayıları

Yöntem	Ekim Tarihi	Hasat Tarihi	Hasat Gün Sayısı	Çiçeklenme Tarihi	Çiçeklenme Gün Sayısı	Olgunlaşma Tarihi	Olgunlaşma Gün Sayısı
Damla Sulama	16 Mayıs	4 Ekim	141	21 Ağustos	97	23 Eylül	130
Yağmurlama Sulama	16 Mayıs	4 Ekim	141	21 Ağustos	97	23 Eylül	130
AWD	16 Mayıs	4 Ekim	141	17 Ağustos	93	18 Eylül	125
Geleneksel Tava Sulama	16 Mayıs	4 Ekim	141	15 Ağustos	91	18 Eylül	125

4.6. Yaprak Alan İndeksi (LAI) Sonuçları

Araştırmada çeltik bitkisinin yaklaşık üç gelişme periyodu sonunda yapılan LAI ölçümlerinden elde edilen sonuçlar Çizelge 4.34’ de, yaprak alan indeksi ile verim arasındaki ilişkiyi gösteren grafik ise Şekil 4.11’de verilmiştir. LAI değerleri 2015 yılında $0,999-4,695 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$, 2016 yılında $0,676-5,223 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ ve 2017 yılında $0,918-5,897 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ aralığında değişiklik göstermiştir. LAI değerinin artışı yılın gün sayısına paralel olarak verim ve verim parametreleri ile doğru orantılı olmuştur ve çeltik üzerine yürütülen çalışmalarda elde edilen $0-6 \text{ m}^2 \text{ m}^{-2}$ değerleriyle örtüşmektedir (Jalota ve ark. 2009, Ramadas ve Ramanatha 2017, Anusha 2015). Şekil 4.11’ den izlenebileceği gibi, verim ile büyüme mevsimi sonunda ölçülen LAI değerleri arasında istatistiksel açıdan 2015 yılında %1, 2016 ve 2017 yıllarında %5 önemlilik düzeyinde doğrusal bir ilişki elde edilmiştir.

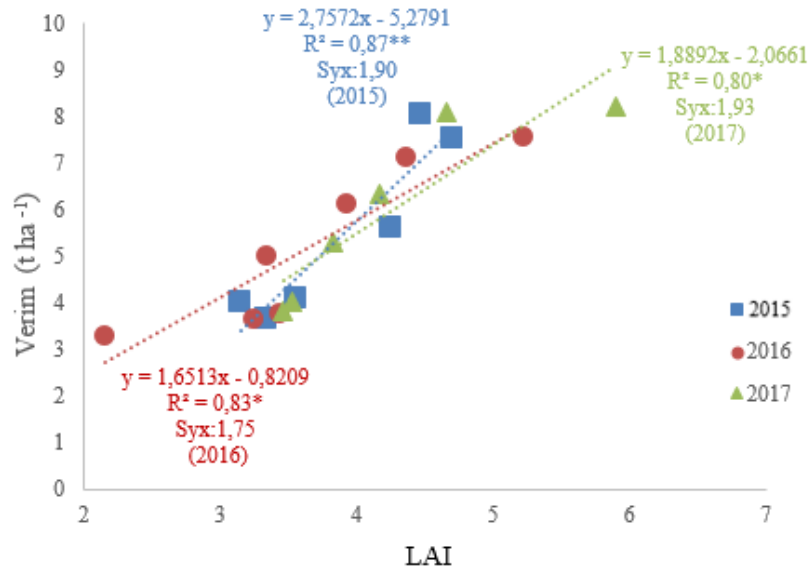
4.7. Su-Üretim Fonksiyonlarına İlişkin Sonuçlar

Araştırma yıllarına göre deneme konularından elde edilen sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su üretim randımanı (WP) değerleri Çizelge 4.35’ de, varyans analizi sonuçları Çizelge 4.36 ve 4.37’ de, LSD gruplamaları Çizelge 4.38 ve 4.39’ da verilmiştir. Ayrıca, araştırma yıllarına ait tekerrürlerinde bulunduğu IWUE ve WP değerleri

Ek Çizelge 51, 52, 53 'te verilmiştir. Çizelge 4.35 incelendiğinde sulama suyu kullanım randımanı değerleri 2015, 2016, 2017 yılları için damla sulama yönteminde 0,41-0,60 kg da⁻¹ mm⁻¹, yağmurlama sulama yönteminde 0,38-0,50 kg da⁻¹ mm⁻¹, AWD sulamasında 0,40-0,64 kg da⁻¹ mm⁻¹ ve geleneksel tava sulama yönteminde 0,39-0,44 kg da⁻¹ mm⁻¹ arasında değişmiştir. En yüksek sulama suyu kullanım randımanları üç yılda da AWD sulaması ve damla sulama yönteminden elde edilmiştir. Sonuçlar, diğer araştırmacıların (Anonim 2010, Modina ve ark. 2014, Pascual ve Wang 2016, Kahlown 2007, Akinbile 2010, Shahanila 2015) açıkladığı, devamlı tava sulama ve AWD sulama konularından elde edilen, 0,16–0,63 kg da⁻¹ mm⁻¹ değerleriyle örtüşmektedir. Aynı iklim koşulları ve aynı çeşit için Tuna (2012) damla sulamada IWUE değerlerini 0,38-0,99 kg da⁻¹ mm⁻¹ değerleri arasında bulmuştur. Bu sonuçlar doğrultusunda en etkin sulama suyu kullanım randımanı AWD sulaması ve damla sulama yönteminde gerçekleşmiştir.

Çizelge 4.34. Deneme konularından elde edilen LAI değerleri (m² m⁻²)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Tarih								
		2015 yılı		2016 yılı			2017 yılı			
		15.07	15.09	30.07	29.08	29.09	26.07	25.08	25.09	
Damla Sulama	I ₁	1,622	3,614	1,202	2,206	3,926	1,212	2,019	4,166	
	I ₂	0,999	3,149	0,676	2,051	3,235	0,918	1,709	3,523	
Yağmurlama Sulama	I ₁	2,160	4,254	1,114	2,099	3,337	1,114	2,841	3,826	
	I ₂	1,090	3,340	0,730	1,571	2,155	1,003	1,690	3,462	
AWD	I ₁	1,860	4,695	1,300	2,531	4,361	1,309	1,625	4,654	
	I ₂	1,460	3,560	1,201	2,697	3,426	1,112	1,747	4,245	
Geleneksel Tava		2,049	4,469	1,443	2,697	5,223	1,481	2,845	5,897	



Şekil 4.11. Çeltik bitkisi için LAI – verim ilişkisi

Denemenin ilk yılı ve üçüncü yılında farklı sulama yöntemlerinin, sulama suyu miktarlarının ve sulama yöntemi*sulama suyu interaksiyonunun IWUE değerlerine etkisi istatistiksel açıdan $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Denemenin ikinci yılında sadece farklı sulama yöntemlerinin, IWUE değerlerine etkisi $p<0,01$ düzeyinde önemli olmuştur. LSD gruplamasına göre genel olarak AWD*I₁ interaksiyonu ile D*I₁ interaksiyonu ilk grupta yer almış veya birbirini izlemiştir. Farklı sulama yöntemlerinin, sulama suyu miktarlarının ve sulama yöntemi*sulama suyu interaksiyonunun WP değerlerine istatistiksel açıdan etkisi her üç yıl için $p<0,01$ düzeyinde önemli bulunmuş, denemenin ilk yılı LSD gruplamasında AWD*I₁ ve D*I₁ interaksiyonu ilk grupta yer alırken, ikinci yıl D*I₁ interaksiyonu tek başına ilk grubu oluşturmuş, son yıl ise AWD*I₁ tek başına ilk grupta yer almıştır. Homojenite testi sonucunda IWUE ve WP değerleri bakımından yıllar homojen çıkmamıştır ve bu yüzden birleştirilmiş varyans yapılamamıştır (Çizelge 4.38, 4.39)

Araştırma yıllarına göre deneme konularından elde edilen sulama suyu kullanım randımanları ile su üretim randımanı değişimleri Şekil 4.12 ve Şekil 4.13’de grafiklendirilmiştir. Deneme konularından elde edilen verim, sulama suyu miktarı ve su kullanım değerleri arasında su – üretim fonksiyonu grafikleri oluşturulmuş ve Şekil 4.14’ de verilmiştir. Şekillerden izleneceği gibi, denemenin yürütüldüğü her bir yılda, çeltik bitkisine toplam büyüme mevsimi boyunca uygulanan sulama suyu miktarları ile elde edilen toplam verimler arasında istatistiksel açıdan $p<0,01$ düzeyinde önemli doğrusal ilişkiler bulunmuştur. Benzer değerlendirme aynı deneme konuları için toplam büyüme mevsimi boyunca toplam su kullanımı ile toplam verim arasında yapıldığında, tüm yıllarda istatistiksel açıdan %1 düzeyinde önemli doğrusal ilişkiler saptanmıştır.

Çizelge 4.35. Araştırma yıllarında deneme konularında elde edilen sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su üretim randımanı (WP) değerleri ($\text{kg da}^{-1}\text{mm}^{-1}$)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	2015		2016		2017	
		IWUE	WP	IWUE	WP	IWUE	WP
Damla Sulama	I ₁	0,60	0,54	0,49	0,44	0,49	0,45
	I ₂	0,52	0,45	0,42	0,34	0,41	0,39
Yağmurlama Sulama	I ₁	0,50	0,46	0,39	0,36	0,41	0,38
	I ₂	0,47	0,41	0,38	0,32	0,41	0,37
AWD	I ₁	0,64	0,58	0,55	0,49	0,59	0,56
	I ₂	0,51	0,44	0,43	0,35	0,40	0,39
Geleneksel Tava Sulama		0,44	0,42	0,39	0,37	0,42	0,39
CV: (%)		5,69	2,61	10,86	2,21	2,19	2,36

Denemenin yürütüldüğü her üç yılda da, sulama suyundaki artış ile bitki su tüketimleri ve verimlerde önemli düzeyde artış olmuştur. Su kullanımı ve verim arasında belirlenen doğrusal ilişki çeltik bitkisi için benzer çalışmaların birçoğunda açıklanmıştır (Tabbal ve ark. 2002, Bouman ve ark. 2005, Tuna 2012, Gururaj 2013, Parthasarathi ve ark. 2013, Kruzhillin ve ark. 2015, Rekha ve ark. 2015, Shahanila 2015).

Çizelge 4.36. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen IWUE değerlerinin varyans analizi sonuçları

Varyasyon kaynağı	SD	2015		2016		2017	
		KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
Bloklar	2	0,0001056	0,1268ns	0,0001167	0,0495ns	0,3933000	0,6848
Konular	5	0,0127324		0,0083199		0,0161955	
Sulama Yöntemi (SY)	2	0,0128722	15,4673**	0,0151167	6,4144*	0,0118722	120,0562**
Sulama düzeyi (SD)	1	0,0296056	35,5741**	0,0080222	3,4041ns	0,033800	341,7978**
SY*SD	2	0,0040056	4,8131*	0,0016722	0,7096ns	0,011717	118,4831**
Hata	10	0,000832		0,002357		0,000099	
Genel	17						

ns: önemsiz, **: P<0,01 düzeyinde önemli,

Çizelge 4.37. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen WP değerlerinin varyans analizi sonuçları

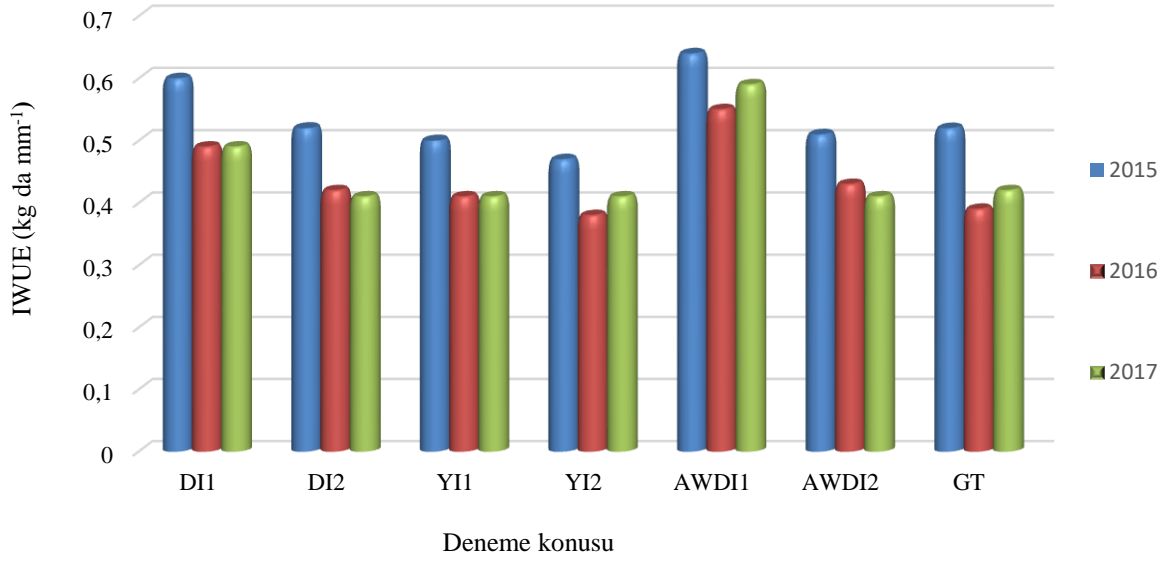
Varyasyon kaynağı	SD	2015 yılı		2016 yılı		2017 yılı	
		KO	F değeri	KO	F değeri	KO	F değeri
Bloklar	2	0,0002056	0,2807	0,0002167	0,4676	0,0000222	0,4000
Konular	5	0,0105434		0,0100334		0,0124133	
Sulama Yöntemi (SY)	2	0,0106889	14,5979**	0,0148167	31,9784**	0,0096222	173,2000**
Sulama düzeyi (SD)	1	0,0382722	52,2686**	0,0264500	57,0863**	0,0410889	739,6000**
SY*SD	2	0,0037556	5,1290*	0,0037500	8,0935**	0,0113556	204,4000**
Hata	10	0,000732		0,000463		0,000056	
Genel	17						

Çizelge 4.38. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen IWUE değerlerine ilişkin LSD grupları

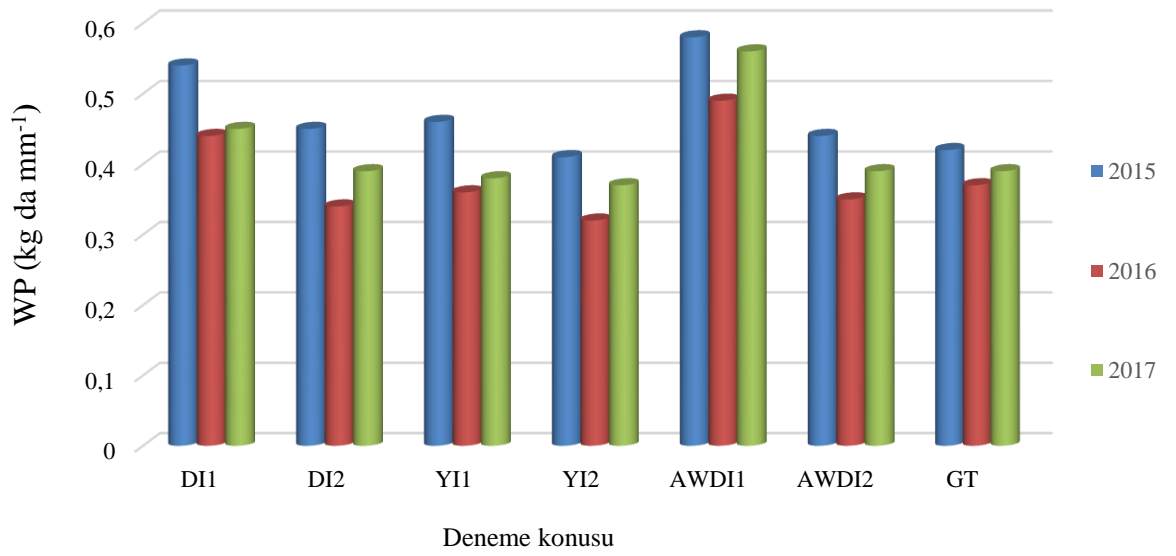
Yıl	Deneme Konuları					
2015	Sulama Yöntemi					
	Damla sulama 0,56a		Yağmurlama sulama 0,49b		AWD 0,58a	
	LSD _{0,01} :0,05					
2015	Sulama düzeyleri					
	I ₁ 0,58a			I ₂ 0,50b		
	LSD _{0,01} :0,04					
2015	Sulama Yöntemi* Sulama Düzeyi					
	DI ₁ 0,60a	DI ₂ 0,52b	YI ₁ 0,50b	YI ₂ 0,47b	AWDI ₁ 0,64a	AWDI ₂ 0,51b
	LSD _{0,05} :0,07					
2016	Sulama Yöntemi					
	Damla sulama 0,46ab		Yağmurlama sulama 0,39b		AWD 0,49a	
LSD _{0,05} :0,09						
2017	Sulama Yöntemi					
	Damla sulama 0,45b		Yağmurlama sulama 0,41c		AWD 0,50a	
	LSD _{0,01} :0,01					
2017	Sulama düzeyleri					
	I ₁ 0,50a			I ₂ 0,41b		
	LSD _{0,01} :0,01					
2017	Sulama Yöntemi* Sulama Düzeyi					
	DI ₁ 0,49b	DI ₂ 0,40c	YI ₁ 0,41c	YI ₂ 0,41c	AWDI ₁ 0,59a	AWDI ₂ 0,41c
	LSD _{0,01} : 0,02					

Çizelge 4.39. Araştırma yıllarında deneme konularından elde edilen WP değerlerine ilişkin LSD grupları

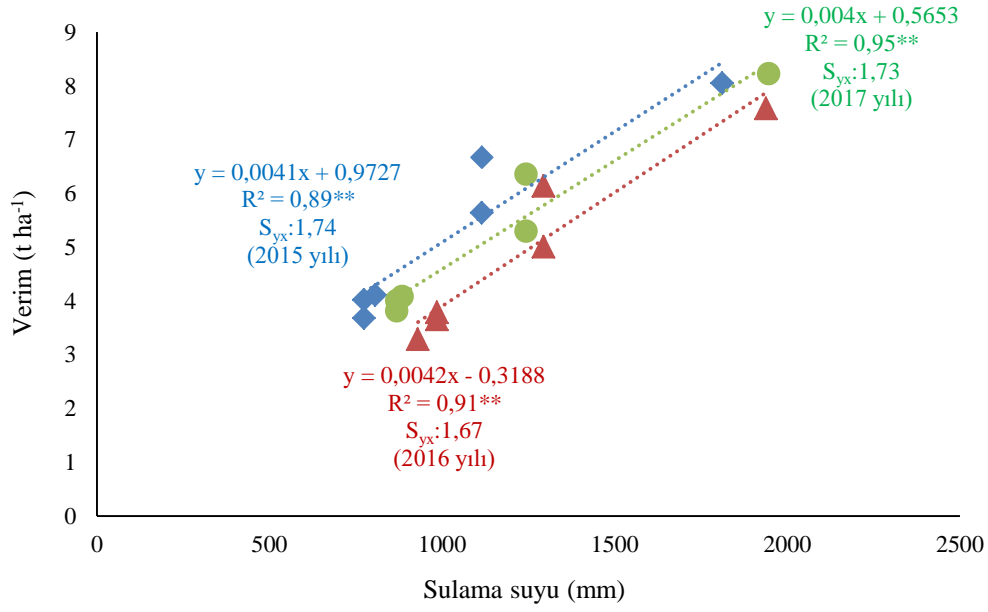
Yıl	Deneme Konuları					
2015	Sulama Yöntemi					
	Damla sulama 0,50a		Yağmurlama sulama 0,43b		AWD 0,51a	
	LSD _{0,01} :0,05					
2016	Sulama Yöntemi					
	Damla sulama 0,42b		Yağmurlama sulama 0,35c		AWD 0,45a	
	LSD _{0,01} :0,04					
2017	Sulama Yöntemi					
	Damla sulama 0,39b		Yağmurlama sulama 0,36c		AWD 0,44a	
	LSD _{0,01} :0,02					
2015	Sulama düzeyleri					
	I ₁ 0,53a			I ₂ 0,43b		
	LSD _{0,01} :0,04					
2016	Sulama Yöntemi* Sulama Düzeyi					
	DI ₁ 0,54a	DI ₂ 0,45b	YI ₁ 0,45b	YI ₂ 0,41b	AWDI ₁ 0,58a	AWDI ₂ 0,44b
	LSD _{0,05} :0,07					
2016	Sulama Yöntemi					
	Damla sulama 0,42b		Yağmurlama sulama 0,35c		AWD 0,45a	
	LSD _{0,01} :0,04					
2016	Sulama düzeyleri					
	I ₁ 0,44a			I ₂ 0,37b		
	LSD _{0,01} :0,03					
2017	Sulama Yöntemi* Sulama Düzeyi					
	DI ₁ 0,46b	DI ₂ 0,38c	YI ₁ 0,36cd	YI ₂ 0,34cd	AWDI ₁ 0,51a	AWDI ₂ 0,38c
	LSD _{0,01} :0,05					
2017	Sulama Yöntemi					
	Damla sulama 0,39b		Yağmurlama sulama 0,36c		AWD 0,44a	
	LSD _{0,01} :0,02					
2017	Sulama düzeyleri					
	I ₁ 0,44a			I ₂ 0,35b		
	LSD _{0,01} :0,01					
2017	Sulama Yöntemi* Sulama Düzeyi					
	DI ₁ 0,44b	DI ₂ 0,35cd	YI ₁ 0,36c	YI ₂ 0,35cd	AWDI ₁ 0,53a	AWDI ₂ 0,34d
	LSD _{0,01} :0,02					



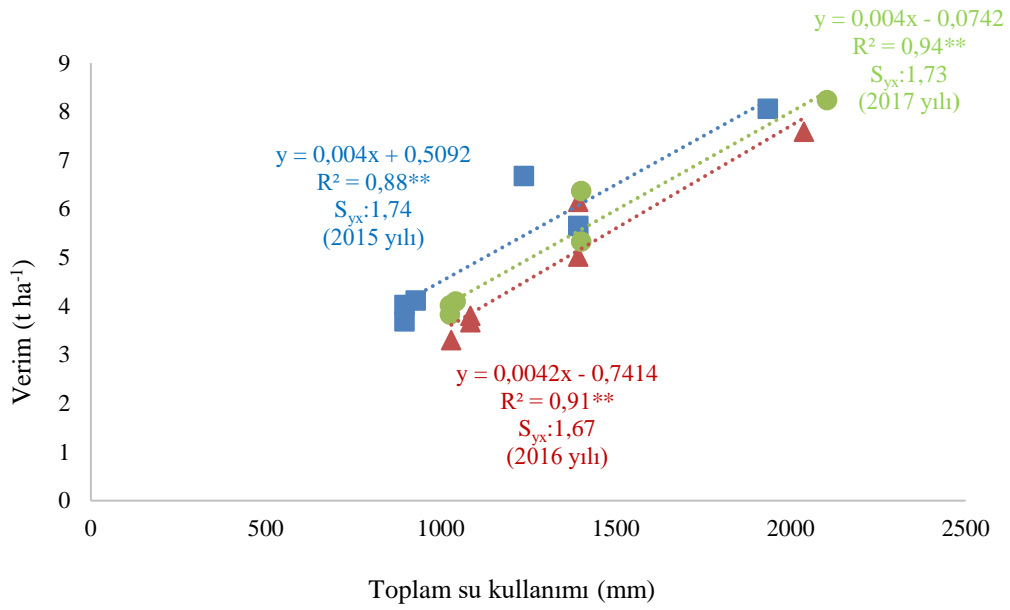
Şekil 4.12. Araştırma yıllarında deneme konularında elde edilen sulama suyu kullanım randımanı değişimi



Şekil 4.13. Araştırma yıllarında deneme konularında elde edilen su üretim randımanı (WP) değişimi



a)



b)

Şekil 4.14. Araştırma yıllarında mevsimlik sulama suyu miktarı (a) ve mevsimlik toplam su kullanımına (b) karşılık elde edilen su verim ilişkisi

Araştırmada ayrıca, sulama suyu kısıtına karşı her bir deneme konusunda, geleneksel tava sulama yöntemine göre ortaya çıkan su tasarrufu miktarları hesaplanmış ve sonuçları Çizelge 4.40’ da verilmiştir. Çizelge 4.40 incelendiğinde; 2015 yılında tüm yöntemlerde %35-57, 2016 yılında %33-55, 2017 yılında ise %31-52 oranında su tasarrufunun sağlandığı görülmektedir. Ulusal ve uluslararası çalışmalarda yağmurlama ve damla sulama yöntemleri ile sulanan çeltik bitkisinde %22-52 su tasarrufu değerleri açıklanmıştır (Çakır ve ark. 1998, Muhammad ve ark. 2007, Modinat ve ark. 2014, Gururaj 2013, Bhardwaj ve ark. 2018) ve bu oranlar Çizelge 4.40 ile örtüşmektedir. Aerobik çeltik yetiştiriciliği olarak tanımlanan AWD sulama yönteminin kullanıldığı araştırmalarda ise sulama suyundan %15-50 tasarruf sağlanmıştır (Borrell ve ark. 1997, Bouman ve ark. 2002, Handao 2002, Gill ve ark. 2011, Soriano ve ark. 2016).

Çizelge 4.40. Deneme konularından elde edilen su tasarrufu miktarları (%)

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Yıl					
		2015		2016		2017	
		Sulama Suyu miktarı (mm)	Su Tasarrufu (%)	Sulama Suyu miktarı (mm)	Su Tasarrufu (%)	Sulama Suyu miktarı (mm)	Su Tasarrufu (%)
Damla Sulama	I ₁	1115	39	1243	36	1294	34
	I ₂	774	57	868	55	985	50
Yağmurlama Sulama	I ₁	1115	39	1281	34	1298	33
	I ₂	774	57	876	55	930	52
AWD	I ₁	1172	35	1299	33	1372	31
	I ₂	806	56	884	54	1034	47
Geleneksel Tava		1812	0	1939	0	1946	0

4.8. Maliyet Analizi Sonuçları

4.8.1. Net gelir

Maliyet analizlerinde 1 da büyüklüğündeki bir çiftçi arazisi dikkate alınarak, damla sulama, yağmurlama sulama sistemi ve tava sulama sisteminin tasarımı yapılmıştır. Tüm sistem unsurları boyutlandırılmış, metraj cetveli hazırlanmış ve keşif bedeli belirlenmiştir. Daha sonra deneme koşullarında elde edilen verilerden de yararlanılarak her bir sulama yöntemi için, uygulanan sulama suyu miktarı, sulama işçiliği, toplam sulama işçiliği ücreti, su ücreti, toplam su masrafı, bitkisel üretim masrafı, sulama sisteminin ilk yatırım masrafı, yıllık bakım ve onarım masrafı, sulama sisteminin yıllık sabit masrafı, yıllık toplam işletme masrafları, sulamanın yıllık toplam masrafı, toplam gelir ve net gelir sonuçları 3 yıl için Çizelge 4.41, 4.42, 4.43’de verilmiştir.

Çizelgelerden izleneceği gibi sulama sisteminin ilk yatırım masrafı ve buna bağlı olarak yıllık bakım onarım masrafları ve yıllık sabit masraf unsurları sulama konularına, dolayısıyla sulama sayısı ve uygulanan sulama suyu miktarına göre farklılık göstermiştir. Tüm konularda ilk yatırım masrafları her yıla eşit olarak paylaştırılmıştır ve net gelir her yıl için ayrı ayrı hesaplanmıştır. 2015 yılında en yüksek net gelir AWD sulamasının I₁ konusunda ve geleneksel tava sulama yönteminde elde edilmiştir. Araştırmanın 3 yılı ortak olarak değerlendirildiğinde en yüksek net gelir AWD*I₁ konusu ve geleneksel tava sulama yönteminden elde edilmiştir. Bu iki sulama konusunu damla sulamanın I₁ konusu takip etmektedir. He ve ark. (2013)' nın yürüttükleri araştırma tava sulamada elde edilen net gelirin damla sulamaya göre daha yüksek olduğunu bildirirken, Anusha (2015) bazı damla sulama konularında net gelirin tava sulamaya göre daha yüksek, bazı konularda ise daha düşük olduğunu bildirmiştir. Sulama suyundaki azalma verimde kısmen düşüslere neden olduğundan, net gelirden bir miktar azalmalar ortaya çıkmaktadır. Karim ve ark. (2014), yağmurlama ve AWD sulamasında elde edilen net gelirin devamlı sulamaya göre biraz düşük olduğunu açıklamışlardır.

4.8.2. Fayda masraf oranı

Denemenin 3 yıllık gelir ve giderleri incelendiğinde farklı indirgeme oranlarına göre elde edilen Fayda Masraf oranları Çizelge 4.44'de, bu değerlerin eldesinde yararlanılan hesaplama sonuçları Ek Çizelge 54-74' de verilmiştir.

Çizelgeden de görüleceği gibi 3 yıllık gelir ve giderlerden elde edilen fayda masraf oranlarına bakıldığında bütün sulama yöntemlerinin I₁ konuları her üç indirgeme oranında da 1'den büyük bulunmuştur. Bu değerlerin 1'den büyük olması sulama yöntem ve düzeylerinin çeltik yetiştiriciliğinde kullanılabilir olduğunu işaret etmektedir. Anusha (2015), çeltik yetiştiriciliği için fayda masraf oranını devamlı sulamada (2,99), damla sulamaya (1,60, 1,57, 2,63) göre daha yüksek bulmuştur. Fakat bulunan fayda masraf oranının damla sulama yönteminde de 1'den büyük olması çeltik tarımında bu yöntemde rahatlıkla kullanılabilir olduğunu göstermektedir. Reddy (2012), farklı çeltik çeşitlerinde aerobik çeltik yetiştiriciliğinde (AWD) fayda masraf oranı değerlerini 1,05-1,26 değerleri arasında bulmuştur. Bu çalışmalarında desteklediği gibi alternatif sulama yöntemlerinin de çeltik yetiştiriciliğinde uygulanabilir olduğu görülmektedir.

Çizelge 4.41. 2015 yılı maliyet analiz sonuçları

Sulama Konusu	Sulama Suyu Miktarı	Sulama Suyu Ücreti	Sulama Ücreti	Sulama İşçiliği Ücreti	Gerekli İşgücü Miktarı	Toplam Sulama İşçiliği Masrafı	Bitkisel Üretim Masrafı	Keşif Bedeli	Sulama Sistemi İlk Yatırım Masrafı	Sulama Sistemi İlk Yılı Yatırım Masrafı	Sulama Sist. Yıllık Bakım Ve Onarım Masrafı
	(m ³ 25m ⁻²)	(TL m ⁻³)	(TLm ³ da ⁻¹)	(TL h ⁻¹)	(h da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)
DI ₁	27,88	0,03	33,46	10,00	0,27	2,70	400,25	450,00	595,13	120,00	2,40
DI ₂	19,34	0,03	23,21	10,00	0,27	2,70	400,25	450,00	595,13	120,00	2,40
YI ₁	27,88	0,03	33,46	10,00	0,04	0,40	400,25	400,00	529,00	106,00	2,12
YI ₂	19,34	0,03	23,21	10,00	0,04	0,40	400,25	400,00	529,00	106,00	2,12
AWDI ₁	29,3	0,03	35,16	10,00	0,97	9,70	425,50	350,00	462,88	92,00	1,84
AWDI ₂	20,15	0,03	24,18	10,00	0,97	9,70	425,50	350,00	462,88	92,00	1,84
GT	45,75	0,03	54,90	10,00	0,97	9,70	425,50	350,00	462,88	92,00	1,84

Çizelge 4.41. 2015 yılı maliyet analiz sonuçları (devam)

Sulama konusu	Sulama Sis. Yıllık Sabit Masrafı	Yıllık Enerji Masrafı	Yıllık Sulama Masrafları	Yıllık toplam işletme Masrafları	Sabit masraflar	Yıllık Toplam masraflar	Verim	Çeltik Fiyatı	Toplam gelir	Net gelir	Net gelir
	(TL yıl ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL yıl ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(Kg da ⁻¹)	(TL kg ⁻¹)	(TL da ⁻¹ yıl ⁻¹)	(TL da ⁻¹ yıl ⁻¹)	(TL ha ⁻¹ yıl ⁻¹)
DI ₁	13,20	80,00	158,56	670,75	13,60	684,34	667,00	1,65	1100,55	416,21	4162,08
DI ₂	13,20	50,00	148,31	628,49	13,60	642,08	402,00	1,65	663,30	21,22	212,18
YI ₁	11,66	53,00	141,98	624,99	12,01	637,00	564,00	1,65	930,60	293,60	2936,03
YI ₂	11,66	30,00	131,73	590,08	12,01	602,09	368,00	1,65	607,20	5,11	51,13
AWDI ₁	10,12	37,50	138,70	631,79	10,42	642,21	753,00	1,65	1242,45	600,24	6002,41
AWDI ₂	10,12	30,00	127,72	612,38	10,42	622,80	411,00	1,65	678,15	55,35	553,45
GT	10,12	90,00	158,44	707,64	10,42	718,06	805,00	1,65	1328,25	610,19	6101,89

Çizelge 4.42. 2016 yılı maliyet analiz sonuçları

Sulama konusu	Sulama Suyu Miktarı	Sulama Suyu Ücreti	Sulama Suyu Ücreti	Sulama İşçiliği Ücreti	Gerekli İşgücü Miktarı	Toplam Sulama İşçiliği Masrafı	Bitkisel Üretim Masrafı	Keşif Bedeli	Sulama Sistem İlk Yatırım Masrafı	Sulama Sistem ikinci Yılı Yatırım Masrafı	Sulama Sist. Yıllık Bakım ve Onarım Masrafı
	(m ³ 25m ⁻²)	(TL m ³)	(m ³ da ⁻¹)	(TL h ⁻¹)	(h da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)
DI ₁	31,08	0,032	39,78	12,00	0,27	3,24	420,50	450,00	595,13	120,00	2,40
DI ₂	21,71	0,032	27,79	12,00	0,27	3,24	420,50	450,00	595,13	120,00	2,40
YI ₁	31,08	0,032	39,78	12,00	0,04	0,48	420,50	400,00	529,00	106,00	2,12
YI ₂	21,71	0,032	27,79	12,00	0,04	0,48	420,50	400,00	529,00	106,00	2,12
AWDI ₁	32,5	0,032	41,60	12,00	0,97	11,64	441,50	350,00	462,88	92,00	1,84
AWDI ₂	22,1	0,032	28,29	12,00	0,97	11,64	441,50	350,00	462,88	92,00	1,84
GT	48,5	0,032	62,08	12,00	0,97	11,64	441,50	350,00	462,88	92,00	1,84

Çizelge 4.42. 2016 yılı maliyet analiz sonuçları (devam)

Sulama konusu	Sulama Sis. Yıllık Sabit Masrafı	Yıllık Enerji Masrafı	Yıllık Sulama Masrafları	Yıllık toplam işletme Masrafları	Sabit masraflar	Yıllık Toplam masraflar	Verim	Çeltik Fiyatı	Toplam gelir	Net gelir	Net gelir
	(TL yıl ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL yıl ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(Kg da ⁻¹)	(TL kg ⁻¹)	(TL da ⁻¹ yıl ⁻¹)	(TL da ⁻¹ yıl ⁻¹)	(TL ha ⁻¹ yıl ⁻¹)
DI ₁	13,20	86,00	45,42	579,51	13,60	593,11	614,00	1,80	1105,20	512,09	5120,85
DI ₂	13,20	51,00	33,43	530,17	13,60	543,77	366,00	1,80	658,80	115,03	1150,29
YI ₁	11,66	62,00	42,38	551,12	12,01	563,14	501,00	1,80	901,80	338,66	3386,64
YI ₂	11,66	35,00	30,39	510,18	12,01	522,19	329,00	1,80	592,20	70,01	700,07
AWDI ₁	10,12	42,50	55,08	566,03	10,42	576,46	716,00	1,80	1288,80	712,34	7123,42
AWDI ₂	10,12	35,00	41,77	544,18	10,42	554,61	379,00	1,80	682,20	127,60	1275,95
GT	10,12	90,00	75,56	637,41	10,42	647,84	758,00	1,80	1364,40	716,56	7165,63

Çizelge 4.43. 2017 yılı maliyet analiz sonuçları

Sulama Konusu	Sulama Suyu Miktarı	Sulama Suyu Ücreti	Sulama Suyu Ücreti	Sulama İşçiliği Ücreti	Gerekli İşgücü Miktarı	Toplam Sulama İşçiliği Masrafı	Bitkisel Üretim Masrafı	Keşif Bedeli	Sulama Sistem İlk Yatırım Masrafı	Sulama Sistem Üçüncü Yıllık Yatırım Masrafı	Sulama Sist. Yıllık Bakım Ve Onarım Masrafı
	(m ³ 25m ⁻²)	(TL m ⁻³)	(TLm ³ da ⁻¹)	(TL h ⁻¹)	(h da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)
DI ₁	32,35	0,068	87,99	13,00	0,27	3,51	450,50	450,00	595,13	120,00	2,40
DI ₂	24,62	0,068	66,97	13,00	0,27	3,51	450,50	450,00	595,13	120,00	2,40
YI ₁	32,35	0,068	87,99	13,00	0,04	0,52	450,50	400,00	529,00	106,00	2,12
YI ₂	23,25	0,068	63,24	13,00	0,04	0,52	450,50	400,00	529,00	106,00	2,12
AWDI ₁	34,3	0,068	93,30	13,00	0,97	12,61	471,50	350,00	462,88	92,00	1,84
AWDI ₂	24,62	0,068	66,97	13,00	0,97	12,61	471,50	350,00	462,88	92,00	1,84
GT	48,65	0,068	132,33	13,00	0,97	12,61	471,50	350,00	462,88	92,00	1,84

Çizelge 4.43. 2017 yılı maliyet analiz sonuçları (devam)

Sulama konusu	Sulama Sis. Yıllık Sabit Masrafı	Yıllık Enerji Masrafı	Yıllık Sulama Masrafları	Yıllık toplam işletme Masrafları	Sabit masraflar	Yıllık Toplam masraflar	Verim	Çeltik Fiyatı	Toplam gelir	Net gelir	Net gelir
	(TL yıl ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(TL yıl ⁻¹)	(TL da ⁻¹)	(Kg da ⁻¹)	(TL kg ⁻¹)	(TL da ⁻¹ yıl ⁻¹)	(TL da ⁻¹ yıl ⁻¹)	(TL ha ⁻¹ yıl ⁻¹)
DI ₁	80,01	117,00	93,90	694,47	82,41	776,88	636,00	2,05	1303,80	526,92	5269,18
DI ₂	80,01	80,00	72,88	633,55	82,41	715,96	401,00	2,05	822,05	106,09	1060,94
YI ₁	65,46	62,00	90,63	633,29	67,42	700,71	530,00	2,05	1086,50	385,79	3857,88
YI ₂	65,46	60,00	65,88	605,20	67,42	672,62	382,00	2,05	783,10	110,48	1104,77
AWDI ₁	58,19	58,00	107,75	669,11	59,94	729,04	811,00	2,05	1662,55	933,51	9335,06
AWDI ₂	58,19	48,00	81,42	630,96	59,94	690,90	409,00	2,05	838,45	147,55	1475,52
GT	58,19	87,00	146,78	740,54	59,94	800,48	823,00	2,05	1687,15	886,67	8866,72

4.8.3. İç karlılık

Denemenin üç yıllık gelir sonuçları incelendiğinde elde edilen iç karlılık oranları Çizelge 4.45’de, bu değerlerin eldesinde yararlanılan hesaplama sonuçları Ek Çizelge 75-78’de verilmiştir. Ziraat Bankası 1-4 yıllık kredi faiz oranı, 2018 yılı için, %10 olarak belirlenmiştir. Çizelgeden görüleceği gibi tüm sulama yöntemlerinin I₁ konuları iç karlılık bakımından uygulanabilir çıkmıştır.

Çizelge 4.44. Farklı sulama yöntemlerinde elde edilen fayda-masraf oranları

Konular	Fayda Masraf Oranı		
	%10 İndirgeme Oranı	%8 İndirgeme Oranı	%5 İndirgeme Oranı
DI ₁	1,706	1,707	1,707
DI ₂	1,123	1,124	1,125
YI ₁	1,532	1,533	1,534
YI ₂	1,098	1,099	1,100
AWDI ₁	2,142	2,144	2,147
AWDI ₂	1,172	1,173	1,174
GT	2,014	2,015	2,017

Çizelge 4.45. Farklı sulama yöntemlerine göre iç karlılık oranları

Konular	İç Karlılık Oranı
DI ₁	10,484
DI ₂	10,466
YI ₁	10,474
YI ₂	10,460
AWDI ₁	10,472
AWDI ₂	10,468
GT	10,473

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmada Meriç-Ergene havzasında yoğun olarak yetiştiriciliği yapılan çeltik bitkisinin, farklı sulama yöntemleri ve sulama suyu düzeyleri altında su-üretim fonksiyonları belirlenmiş, sonuçlar istatistiksel ve ekonomik açıdan değerlendirilerek en uygun sulama yöntemi ve sulama suyu düzeyi seçilmiştir.

Araştırmadan elde edilen bulgulara göre; bölge koşullarında uygulanan sulama suyu miktarı; 3 yıllık ortalama bazında, **geleneksel tava sulama uygulamasında** 1899 mm, **AWD uygulamasının** I₁ sulama düzeyinde 1281 mm, I₂ sulama düzeyinde 908 mm, **Damla sulama yöntemi** I₁ sulama düzeyinde 1217, I₂ sulama düzeyinde 876 mm, **Yağmurlama sulama yöntemi** I₁ sulama düzeyinde 1231 mm, I₂ sulama düzeyinde 860 mm olarak gerçekleşmiştir. Buna karşın; geleneksel tava sulama, AWD, Damla sulama ve Yağmurlama sulama yöntemi I₁ sulama düzeylerinde verimler, sırasıyla 7,95 t ha⁻¹, 7,60 t ha⁻¹, 6,39 t ha⁻¹ ve 5,32 t ha⁻¹ bulunurken, AWD, Damla sulama ve Yağmurlama sulama yöntemi I₂ sulama düzeylerinde, sırasıyla, 4,00 t ha⁻¹, 3,90 t ha⁻¹, 3,60 t ha⁻¹ bulunmuştur.

Deneme konularına göre kalite unsurları açısından; bintane ağırlığı, bitki boyları, salkım uzunlukları, saplı ağırlık, hasat indeksi ve randıman değerleri genel olarak değerlendirildiğinde AWD uygulaması ön plana çıkmaktadır ve bu konuyu damla sulama yöntemi izlemektedir. Araştırmada kullanılan sulama yöntemlerinden elde edilen kırıklı ve kıriksız randıman değerleri yörede en fazla kullanılan sulama yöntemi olan devamlı tava sulama yönteminden elde edilen randıman değerleriyle çok yakın bulunmuştur. Randıman değerlerinin tüm sulama yöntemlerinde birbirine yakın ve yüksek olması, net gelire katkısı bakımından, su tasarrufu sağlayan diğer yöntemlerin çeltik yetiştiriciliğinde kullanılabilir olduğunu göstermektedir.

Özellikle, su kaynaklarının korunmasının önemli olduğu günümüzde, verim ile uygulanan sulama suyu ve ölçülen bitki su tüketimi arasındaki ilişkiler sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) ve su üretim randımanı (WP) kapsamında incelenmiştir. Buna göre; deneme konularından elde edilen en yüksek IWUE ve WP değerleri AWD yönteminin I₁ sulama düzeyinden sırasıyla ortalama 0,59 ve 0,54 kg da⁻¹mm⁻¹ olarak elde edilmiş, bu konuyu damla sulama yöntemi I₁ sulama düzeyi 0,53 ve 0,48 kg da⁻¹mm⁻¹ olarak izlemiştir.

Araştırmada en uygun sulama yöntemi ve sulama düzeyinin seçilebilmesi için ayrıca ekonomik değerlendirmeler yapılmış, yine 3 yıllık ortalama değerler dikkate alındığında, net

gelir, fayda-masraf oranı ve iç karlılık bakımından ilk sırayı AWD yöntemi, ikinci sırayı ise damla sulama yöntemi I_1 uygulamaları almıştır.

Verim, sulama suyu kullanım randımanı, su üretim randımanı ile ekonomik analiz sonuçları istatistiksel ve ekonomik olarak AWD sulaması I_1 sulama düzeyinin bölge koşullarında geleneksel tava sulama uygulamalarına çok iyi bir alternatif oluşturduğunu göstermiştir. Ancak, su kaynağının kısıtlı olduğu alanlarda, su tasarrufu sonuçlarının I_1 konuları içerisinde her 3 yılda da damla sulama yönteminde en yüksek olması, tava sulama yöntemine göre uygulama kolaylığı, daha az işçilik gerektirmesi, buharlaşma vb. kayıpların daha az olması açısından damla sulama yöntemi de Trakya bölgesi koşullarında çeltik yetiştiriciliğinde önerilebilmektedir.

Su kullanım düzeyinin ve yöntemin değiştirilmesi sadece sudan tasarruf olarak düşünülmemelidir. Su altında çeltik yetiştiriciliği yapılan alanlarda anaerobik solunum nedeniyle oluşan metan gazı ve sonucunda sera gazı etki düzeylerinde de azalmaların olabileceği dikkate alınmalıdır. Çeltik tarlalarında bulunan suyun içerisindeki organik maddelerin oksijensiz ortamda ayrışması sonucu metan gazı ortaya çıkmaktadır. Su tasarrufu sağlayan uygulamalarda devamlı sulama yapılan uygulamalara göre metan gazı salınımının %39-85 daha az olduğunu ortaya koyan çalışmalar (Li 2012, Peng ve ark. 2010) mevcuttur. Bu ve benzeri yapılacak olan araştırmalar, Trakya Bölgesi gibi çevre kirliliğinin üst düzeyde yaşandığı bölgelerde, tarım sektörü kaynaklı sera gazı emisyonlarının azaltılması çalışmalarında güvenilir kaynaklar oluşturacaktır.

Araştırmadan elde edilen veriler ışığında; ekonomik gücü yüksek Trakya çiftçisinin özellikle çeltik tarımında su tasarrufu sağlayan yöntemler ile üretim yapması, sulama suyundan yüksek miktarlarda tasarruf sağlanmasını ve daha fazla alanda çeltik tarımının yapılmasını, kaliteli toprak, su kaynağı ve çevre kullanımını mümkün hale getirecektir. Bu sayede tarımsal üretimin sürdürülebilirliği güvence altına alınacaktır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar, çeltikte su-üretim fonksiyonları, ekonomik koşullar ve sürdürülebilir üretim birlikte değerlendirildiğinde, yöre, ülke ve dünya çeltik üreticileri için geleneksel tava sulama yöntemine ciddi uygulama alternatifleri ortaya koymuştur. Bulgular sadece üretici bazında değil, yatırımları planlayan kurum ve kuruluşlar ile hükümetlere katkı sağlayacak niteliktedir.

6. KAYNAKLAR

- Anonim,(2018a).<http://www.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>(erişim tarihi, 11.10.2018).
- Anonim(2018b).<http://bolge11.dsi.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>(erişimtarihi,16.10.2018).
- Anonim (2017a). <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (23.03.2018 14:33).
- Anonim (2017b). http://www.tuik.gov.tr/PreTablo.do?alt_id=1001 (23.03.2018 14:12).
- Anonim (2009). Çeltikte (*Oryza sativa* L.) Damla Sulama Araştırmaları Sonuç Raporu (ProjeNo= TAGEM/TA/07/07/04/001),T.C T.K.B, TAGEM, Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü EDİRNE, p.289-349.
- Anonim (2010). Ülkesel Çeltik Araştırmaları Projesi Raporları. Trakya Tarımsal Araştırma Enstitüsü – EDİRNE.
- Abarshahr M, Rabiei B, Lahigi HS (2011). Assessing Genetic Diversity of rice Varieties under Drought Stress Conditions. Academic Pres, Cluj-Napoca, Romania, Notulae Scientia Biologicae, 3, 1, pp 114-123, 21 ref.
- Aguilar M, Borjas F (2005). Water Use in three rice Flooding Management Systems under Mediterranean Climatic Conditions. Spanish Journal of Agricultural Research 3(3), 344-351.
- Akinbile CO, Sangodoyin AY (2010). Crop water use responses of upland rice to differential water distribution under sprinkler irrigation system. Adv. Applied Res, 103, 133-144.
- Amiri E, Razavipour T, Farid A, Bannayan M (2011). Effects of Crop Density and Irrigation Management on Water Productivity of Rice Production in Northern Iran= Field and Modeling Approach, Communications in Soil Science and Plant Analysis, 42=17.
- Anamika S, Hemlata N, Rathore AL (2014). Response of irrigation scheduling through drip irrigation on productivity, water productivity and economics of summer rice (*Oryza sativa*). In: Proceedings of National symposium on Agricultural diversification for sustainable livelihood and environment security. November 18-20, Punjab Agricultural University, Ludhiana.
- Anusha S, Nagaraju BS, Sheshadri T, Channabasavegowda R, Shankar A, Mallikarjuna G (2015). Influence of Fertigation Intervals and Fertilizer Combinations on Growth and Yield of Direct Seeded Drip Irrigated Aerobic Rice. . I.J.S.N., 9(1&2): 299-303.
- Aryal S (2012). Rainfall and Water Requirement of Rice During Growing Period. The Journal of Agriculture and Environment, 13, 1-4.
- Atta YI (2008). Innovative Method for Rice Irrigation with High Potential of Water Saving. In ICID Congress, integrated water resources management–from concepts to actions. Lahore, Pakistan.
- Ayday E, - Gungor H, (1981). Irrigation module and effect of water depth on rice yield at M. Kemalpaşa plain. Publication, Directorate of Regional Soil and Water Research Institute, Eskisehir, No 179/137.
- Balaban A (1986). Su Kaynaklarının Planlanması. Ankara Üniv. Zir. Fak. Yayınları 972, 263s, Ankara.
- Balaban A, Korukçu A (1970). Yağmurlama sulama sistemlerinde su dağılımının ölçülme metotları üzerinde bir inceleme, A.Ü. Zir. Fak. Ankara.

- Balaban A, Korukçu A (1970). Yağmurlama sulama sistemlerinde su dağılımının ölçülme metotları üzerinde bir inceleme. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yıllığı, Fasikül, 4, 829-850.
- Balamani K, Ramulu V, Reddy MD, Devi M (2012). Effect of irrigation methods and irrigation schedules on aerobic rice (*Oryza sativa* L.). PART I: PLANT SCIENCE.
- Branscheid V (1997). Fao Investment Centre Occasional Paper Series No. 4 Irrigation Investment Briefs 13 Collected Papers Food and Agriculture Organization of The United Nations Rome Investment Centre Division.
- Bayrak F (1986). Irrigation module and water requirement of rice at Bafra plain. Publication, Directorate of Rural Affairs Research Institute, Samsun General Publication No 37, Report Serial 32.
- Belder P, Bouman BAM, Spiertz S, Peng AR, Castaneda AR, Visperas RM (2005). Crop Performance, Nitrogen and Water Use in Flooded and Aerobic Rice. *Plant Soil* 273: 167-182.
- 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.
- Beşer N (1997). Trakya Bölgesi'nde Değişik Ekim ve Sulama yöntemlerinin Çeltikte Verim ve Verim Unsurları ile Kalite Karakterlerine Etkisi. Doktora tezi. T.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü- Edirne.
- Beser N, Surek H, Sahin S, Kaya R, Tuna B, Cakir R (2015). Determination of Rice (*Oryza Sativa* L.) Genotypes Suitable for Drip Irrigation. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 21(6), 1222-1228.
- Beser N, Surek H, Sahin S, Kaya R, Tuna B, Cakir R (2016). An Investigation of Various Drip Irrigation Treatments in Rice (*Oryza sativa* L.). *Feb-Fresenius Environmental Bulletin*, 3680.
- Bhardwaj A K, Prajapati B, Chaturvedi S, Singh TC, Soman P, Bhardwaj RK, Labh B (2018). Growth, Production Potential and Inputs Use Efficiency of Rice under Different Planting Methods in Drip Irrigation. *CJAST*, 26(6): 1-9.
- Blake GR (1965). Bulk Density Methods of Soil Analysis. Part I. *Am. Soc. Agron.* 9: 374-390. Soil Science Society of America, Madison.
- Borrell AK, Garside AL, Fukai S (1997). Improving Efficiency of Water Use for Irrigated Rice in a Semiarid Tropical Environment. *Field Crops Res.* 52, 231-248.
- Bouman BAM, Tuong TP (2001). Field Water Management to Save Water and Increase Its Productivity in Irrigated Lowland Rice. *Agricultural Water Management*, 49, 11-30.
- Bouman BAM, Xiaoguang Y, Huaqi W, Zhiming W, Junfang Z, Changgui W, Bin C (2002). Aerobic Rice (Han Dao) a New Way of Growing Rice in Water-Short Areas. *Proceedings of the XII. International Soil Conservation Organization Conference*, 26-31 May, 2002, Beijing, China. Tsinghua University Press. Pp. 175-181.
- Bouman BAM, Peng S, Castanda AR, Visperas RM (2005). Yield and Water Use of Irrigated Tropical Aerobic Rice System. *Agricultural Water Management*. 74, 87-105.
- Bouman BAM (2009). How much water does rice use. *Rice Today*. Jan– Mar., 28 – 29.

- Bhuiyan SI, Sattar MA, Khan MAK (1995). Improving Water Use Efficiency in Rice Irrigation through Wet-Seeding. *Irrigation Science*, 16(1), 1-8.
- Cakir R, Sürek H, Aydin H, Karaata H (1998). Sprinkler Irrigation-A Water Saving Approach In Rice Farming. In *Proceedings of the 1st Inter-Regional Conference on Water-Environment: Innovate Issues in Irrigation and Drainage* (pp. 287-3293).
- Carrijo D R, Akbar N, Reis A F, Li C, Gaudin A C, Parikh S J, Linquist BA. (2018). Impacts of variable soil drying in alternate wetting and drying rice systems on yields, grain arsenic concentration and soil moisture dynamics. *Field Crops Research*, 222, 101-110.
- Castañeda AR, Bouman BAM, Peng S, Visperas RM (2002). The Potential of Aerobic Rice to Reduce Water Use in Water-Scarce Irrigated Lowlands in the Tropics. *Proceedings of the International Work-shop on Water-wise Rice Production*, 8-11 April 2002, International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines, p. 165-176. ISBN 971-22-0182-1.
- Chapagain T, Yamaji E (2010). The Effects of Irrigation Method, Age of Seedling and Spacing on Crop Performance, Productivity and Water-Wise Rice Production in Japan. *Paddy and Water Environment*, 8(1), 81-90.
- Choudhary K (2016). Effect of Irrigation Scheduling on Growth, Yield and Quality of Direct Seeded Basmati Rice (*Oryza sativa* L.) Varieties. Doctoral dissertation, Division of Agronomy, Sher-e-Kashmir University of Agricultural Sciences and Technology of Jammu.
- Chunlin, H (2010). Effects of Furrow Irrigation on The Growth, Production, and Water Use Efficiency of Direct Sowing Rice. *The Scientific World Journal* (2010) 10, 1483–1497.
- Crusciol C, Alexandre C, Toledo M Z, Arf O, Cavariani C (2012). Water Supplied by Sprinkler Irrigation System for Upland Rice Seed Production. *Bioscience Journal*, 34-42.
- Delibaş L, Yüksel AN, Albut S, İstanbulluoğlu A, Konukcu F, Kocaman İ (2010). Meriç-Ergene Sularının İpsala Çeltik Alanlarındaki Toprak Kirliliği ve Besin Zinciri Üzerine Etkileri. TÜBAP – 715 Proje Sonuç Raporu, Tekirdağ.
- Dobermann A, Fairhurst T (2000). Rice. Nutrient disorders & nutrient management. Handbook series. Potash & Phosphate Institute (PPI), Potash & Phosphate Institute of Canada (PPIC) and International Rice Research Institute, 139-144.
- Doorenbos J, Kassam AH (1979). Yield Response to Water. *FAO Irrigation and Drainage Paper No= 33*, Rome, Italy.
- Dou F, Soriano J, Tabien RE, Chen K (2016). Soil Texture and Cultivar Effects on Rice (*Oryza sativa*, L.) Grain Yield, Yield Components and Water Productivity in Three Water Regimes. *PloS one*, 11(3).
- Dunn BW, Mathews SK, Beecher H.G, Thompson JA, Humphreys E (2004). Growing Rice On Raised Beds In South-Eastern Australia. 4th International Crop Science Congress.
- Düzgüneş O, Kesici T, Kavuncu O, Gürbüz, F (1987). Araştırma ve deneme metotları. AÜ Ziraat Fakültesi Yayınları, 1021, 381.
- Evelt SR, Howell TA, Steiner JL, and Cresap JL (1993). Management of Irrigation and Drainage Systems, Sponsored by the Irrigation Drainage Div./ASCE, Part City, Utah.
- Fageria NK. Baligar VC (2005). Enhancing Nitrogen Use Efficiency in Crop Plants. *Adv. Agron.* 88: 97-185.

- Gallo KP, Daughtry CST (1986). Techniques for Measuring Intercepted and Absorbed Photosynthetically Active Radiation in Corn Canopies. *Agron. J.*, 78= 752–756.
- Ghosh A, Singh ON (2010). Determination of Threshold Regime of Soil Moisture Tension for Scheduling Irrigation in Tropical Aerobic Rice for Optimum Crop and Water Productivity. *Experimental Agriculture*, 46(4), 489-499.
- Gill G, Humphreys E, Kukal SS, Walia US (2011). Effect of Water Management on Dry Seeded and Puddled Transplanted Rice. Part 1: Crop performance. *Field Crops Research*, 120(1), 112-122.
- Govidan R, Grace M (2012). Influence of Drip Fertigation on Growth and Yield of Rice Varieties (*Oryza sativa* L.). *Madras Agric. J.*, 99 (4-6), 244-247.
- Gururaj K (2013). Optimization of Water and Nutrient Requirement through Drip Fertigation in Aerobic Rice (Doctoral dissertation, University of Agricultural Sciences, GKVK).
- Gültaş HT (2013). Kolza (*Brassica napus* L.) Bitkisinin Toprak-Su-Atmosfer İlişkilerinin Belirlenmesi.
- Güngör Y, Yıldırım O (1989). Tarla Sulama Sistemleri. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları No. 1155. 371S. ANKARA.
- Güngör Y, Erözel A Z, Yıldırım O, (2012). Sulama. Ankara Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü. Yayın no:1592, Ders kitabı 544, Ankara.
- Hameed KA, Mosa AKJ, Jaber FA (2011). Irrigation Water Reduction Using System of Rice Intensification Compared with Conventional Cultivation Methods in Iraq. *Paddy and Water Environment*, 9(1), 121-127.
- He H, Ma F, Yang R, Chen L, Jia B, Cui J, Li L (2013). Rice performance and water use efficiency under plastic mulching with drip irrigation. *PloS one*, 8(12).
- Henry CG, Hirsh SL, Anders MM, Vories ED, Reba ML, Watkins KB, Hardke JT (2016). Annual Irrigation Water Use for Arkansas Rice Production. *Journal of Irrigation and Drainage Engineering*, 142(11), 05016006.
- 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 (1983). Stomatal Regulation of Evaporation From Well-Watered Plant Canopies= a New Synthesis, *Ag. Met.* 29= 213 – 217.
- Ismaila U, Kolo MGM, Odojin JA, Gana AS (2014). Influence of Water Depth and Seedling Rate on The Performance of Late Season Lowland Rice (*Oryza sativa* L) in a Southern Guinea Savanna Ecology of Nigeria. *Rice Research: Open Access*.
- Jackson RD (1982). Canopy Temperature and Crop Water Stress. *Advances in irrigation*, v:1, Academic Press, New York, 43-85.
- Jahan MS (2013). Effects of Low Water Input on Rice Yield: Fe and Mn Bioavailability in Soil. *Pertanika TROPICAL AGRICULTURAL SCIENCE*, 36(1), 27-34.
- Jalota SK, Singh KB, Chahal GB, Gupta RK, Chakraborty S, Sood A, Panigrahy S (2009). Integrated Effect of Transplanting Date, Cultivar and Irrigation on Yield, Water Saving and Water Productivity of Rice (*Oryza Sativa* L.) in Indian Punjab: Field And Simulation Study. *Agricultural Water Management*, 96(7), 1096-1104.

- Kahlowan MA, Raof A, Zubair M, Kemper WD (2007). Water Use Efficiency and Economic Feasibility of Growing Rice and Wheat with Sprinkler Irrigation in The Indus Basin of Pakistan. *Agricultural Water Management*, 87(3), 292-298.
- Kanber R, Steduto P, Aydin Y, Ünlü M, Özmen S, Çetinkökü Ö, Özekici B, Diker K, Sezen MS (2004). Damla Sulama Sistemiyle Fertigasyon Uygulamalarının Antepfıstığında Gelişme, Verim ve Periyodisiteye Etkisinin İncelenmesi, Tübitak, TARP, 1825.
- Karim MR, Alam MM, Ladha JK, Islam MS, Islam MR (2014). Effect of Different Irrigation and Tillage Methods on Yield and Resource Use Efficiency of Boro Rice (*Oryza sativa*). *Bangladesh Journal of Agricultural Research*, 39(1), 151-163.
- Keller J, Blisner RD (1990). *Sprinkle and Trickle Irrigation*. Van Nostrand Reinhold, Newyork.
- Khairi M, Afifah A, Jahan MS, Nozulaidi M (2015). Effect of Various Water Regimes on Rice Production in Lowland Irrigation. *Australian Journal of Crop Science*, 9(2), 153.
- Kodal, S., Y. E. Yıldırım and M. Akgün (1988). Calculation of Water Consumption and Irrigation Water Requirement for Rice Plant [In Turkish]. A. U. Faculty of Agriculture Yearbook, 39 (1-2): 133-144, Ankara.
- Kumar V, Gurusamy A, Mahendran PP, Mahendran A, (2011). Optimization of water and nutrient requirement for yield maximization in hybrid rice under drip fertigation system. 8th International Micro Irrigation Congress. Tehran, Iran p. 191.
- Kruzhilin IP, Doubenok NN, Ganiev MA, Abdou NM, Melikhov VV, Bolotin AG, Rodin KA (2015). Water-Saving Technology of Drip Irrigated Aerobic Rice Cultivation. *Известия Тимирязевской сельскохозяйственной академии*, (3), 47-56.
- Lampayan RM, Bouman BAM (2005). Management strategies for saving water and increase its productivity in lowland rice- based ecosystems. In: roceedings of the First Asia-Europe Workshop on Sustainable Resource Management and Policy Options for Rice Ecosystems SUMAPOL), 11–14 May 2005.
- Lampayan RM, Samoy-Pascual KC, Sibayan EB, Ella VB, Jayag OP, Cabangon RJ, Bouman BAM (2015). Effects of alternate wetting and drying (AWD) threshold level and plant seedling age on crop performance, water input, and water productivity of transplanted rice in Central Luzon, Philippines. *Paddy and Water Environment*, 13(3), 215-227.
- Lampayan RM, Rejesus RM, Singleton GR, Bouman BAM, (2015). Adoption and Economics of Alternate Wetting and Drying Water Management for Irrigated Lowland Rice. *Field Crops Res.* 170, 95–108.
- Li DX (2012). Effect of water-saving irrigation on CH4 emissions from rice fields. In *Advanced Materials Research* (Vol. 396, pp. 1950-1958). Trans Tech Publications.
- List RJ (1971). *Smitsonian Meteorological Tables*. Revised Edition. Smitsonian Msc. Collections. Vol = 114, Smitsonian Institute. Washington.
- Liu L, Chen T, Wang Z, Zhang H, Yang J, Zhang J, (2013). Combination of Site-Specific Nitrogen Management and Alternate Wetting And Drying Irrigation Increases Grain Yield and Nitrogen and water Use Efficiency in Super Rice. *Field Crops Research*. FIELD-6063; No. of Pages 10.
- Mahajan G, Chauhan BS, Timsina J, Singh PP, Singh K (2012). Crop Performance and Water-and Nitrogen-Use Efficiencies in Dry-Seeded Rice in Response to Irrigation and Fertilizer Amounts in Northwest India. *Field Crops Research*, 134, 59-70.

- Maheswari J, Bose J, Sangeetha SP, Sanjutha S, Sathya Priya R (2008). Irrigation Regimes and N Levels Influence Chlorophyll, Leaf Area Index, Proline and Soluble Protein Content of Aerobic Rice (*Oryza sativa* L). *International Journal of Agricultural Research*, 3(4), 307-316.
- Matsuo N, Mochizuki T (2009). Growth and Yield of Six Rice Cultivars under Three Water-Saving Cultivations. *Plant Production Science*, 12(4), 514-525.
- Mendoza T, Lampayan R, Bouman B (2007). Aerobic rice: Responding to Water Scarcity. *Bulletin, Ripple Vol. 2. No:3. July- September 2007, IRRC*.
- McCauley GN (1990). Sprinkler vs. Flood Irrigation in Traditional Rice Production Regions of Southeast Texas. *Agronomy Journal*, 82(4), 677-683.
- Modinat AA, Liu Z, Eli V, Zhou L, Kong D, Qin J, Ma R, Yu, X, Liu G, Luo L, (2014). Agronomic and Ecological Evaluation on Growing Water Saving and Drought Resistant Rice through Drip Irrigation. *J. Agric. Sci.*, 6 (5): 110-119.
- MGM (2017). <https://www.mgm.gov.tr/veridegerlendirme/il-ve-ilceler-istatistik.aspx?k=A&m>
- Muhammad AK, Raof A, Zubair M, Kemper D (2007). Water Use Efficiency and Economic Feasibility of Growing Rice and Wheat with Sprinkler Irrigation in The Indus Basin Of Pakistan. *Agricultural Water Management* 87(2007) 292 – 298.
- Muirhead WA, Blackwell J, Humphreys E, White RJG (1989). The Growth and Nitrogen Economy of Rice under Sprinkler and Flood Irrigation in South East Australia. I. Crop response and N uptake . *Irrigation Science* 10: 183-199.
- Naik BB, Reddy DR, Sreenivas G, Rani PL (2015). Yield and Water Productivity of Aerobic Rice (*Oryza sativa* L.) as Influenced by Dates of Sowing and Varieties during kharif season. *Journal of Rice Research*, 8(1), 52-56.
- Nyamai M, Mati BM, Home PG, Odongo B, Wanjogu R, Thurania EG (2012). Improving Land and Water Productivity in Basin Rice Cultivation in Kenya Through System of Rice Intensification (SRI). *Agric Eng Int, CIGR Journal*. Vol. 14, No. 21.
- Ockerby SE, Fukai S (2001). The Management of Rice Grown on Raised Beds with Continuous Furrow Irrigation. *Field Crops Research*, 69:215-226.
- Orta AH (1997). Bağ Sulamasında Damla ve Karık Yöntemlerinin Ekonomik Yönden Karşılaştırılması”, *Tarım ve Köy işleri Bakanlığı, Tarımsal Araştırmalar Genel Müd. Bağcılık Araştırma Enstitüsü Müd. Yayınları: 151 : 26 s, Tekirdag*.
- Ottis B, Henggeler JC, Vories E (2006). Low-pressure, Drip-irrigation for Rice. *American Society of Agronomy*.
- Özkara M (1981). Determination of Water requirements of Rice at Salty and Sodic Soils of Menemen Plain in Field Plot and Lysimeter. *Publication, Directorate of Regional Soil and Water Research Institute, Menemen*, 69/43.
- Öztürk D, Akçay Y (2011). Fındık Yetiştiriciliğinin Yatırım Analizi ve Karlılığının Belirlenmesi Üzerine Bir Araştırma (Samsun ili Çarşamba ve Terme Ovası örneği). *Karamanoğlu Mehmetbey Üniversitesi Sosyal Ve Ekonomik Araştırmalar Dergisi*, 65-73.
- Padmaja B (2014). *Fertigation Studies in Aerobic Rice–Zero Tillage Maize Cropping System (Doctoral dissertation, Acharya Ng Ranga Agricultural University)*.

- Parthasarathi T, Mohandass S, Senthivel S, Vered E (2013). Effect of Drip Irrigation Syatems on Yield of Aerobic Rice. *Environment & Ecology*, 31(4A), 1826-1829.
- Parthasarathi T, Vanitha K, Mohandass S, Vered E, Meenakshi V, Selvakumar D, Lazarovitch N (2016). Effect of Drip Irrigation on Growth, Physiology, Yield and Water Use of Rice. *Journal of Agricultural Science*, 9(1), 154.
- Pascual V J, Wang YM (2016). Impact of Water Management on Rice Varieties, Yield, and Water Productivity under the System of Rice Intensification in Southern Taiwan. *Water*, 9(1), 3.
- Peng SZ, Yang SH, Xu JZ (2010). Influence of Controlled Irrigation on CH₄ and N₂O Emissions from Paddy fields and Subsequent Greenhouse Effect. *Advances in Water Science*, 21(2), 235-240.
- Rachidi F, Kirkham MB, Stone LR, Kanemasu ET (1993). Use of Photosynthetically Active Radiation by Sunflower and Sorghum. *Eur. J. Argon*. 2(2)= 131-139.
- Rajwade YA, Swain DK, Tiwari KN (2014). Subsurface drip irrigation for wet season rice production under climate variability in india. In 31st Conference on Agricultural and Forest Meteorology/2nd Conference on Atmospheric Biogeosciences.
- Ramadass S, Ramanathan SP (2017). Influence of Drip Fertigation Levels on Physiological Parameters of Aerobic Rice in Western Zone of Tamil Nadu, India. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 6(4), 2609-2613.
- Ramulu V, Rao VP, Devi MU Kumar KA, Radhika K (2016). Evaluation Of Drip Irrigation And Fertigation Levels In Aerobic Rice For Higher Water Productivity.
- Rao VP, Venkateswarlu B, Yadav B, Rao AS, Rao KLN, Rani PP (2016). Effect of sub surface drip fertigation on water productivity, nitrogen use efficiency and economics of aerobic rice. *Plant Archives*, 16(2), 855-858.
- Rao KVR, Gangwar SK, Chourasia LB, A-soni K (2017). Effects of Drip Irrigation System for Enhancing Rice (*Oryza Sativa* L.) Yield Under System of Rice Intensification Management. *Applied Ecology and Environmental Research*, 15(4), 487-495.
- Reddy SR, Hukkeri SB (1983). Effect of tillage practices on irrigation requirement, weed control and yield of lowland rice. *Soil and Tillage Research*, 3(2), 147-158.
- Reddy M M, Padmaja B, Veeranna G, Reddy D V V (2012). Evaluation of popular kharif rice (*Oryza sativa* L.) varieties under aerobic condition and their response to nitrogen dose. PART I: PLANT SCIENCE.
- Rehber E, Tipi T (2005). Tarımsal İşletmecilik ve Planlama. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Kitabı, Uludağ Üniversitesi Basımevi Müdürlüğü, yayın No: 2.05-049-0425, ISBN: 975-6149-06-X, Bursa.
- Rehber E, Erkuş A (2007). Tarımda Proje Hazırlama Tekniği. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları Ders Kitabı, Uludağ Üniversitesi Basımevi Müdürlüğü, Yayın No: 2.05-050-0482, ISBN: 978-975-6149-38-6, Bursa.
- Rekha B, Jaydeva HM, Kombali G, Geetha Kumara A (2015). Impact of Drip Fertigation on Water Use Efficiency and Economics of Aerobic Rice. *Irrigat Drainage Sys Eng S*, 1, 2.
- Richards LA (1954). Diagnosis And Improvement Of Saline and Alkali Soils. U.S. Dept. of Agric. Agricultural Handbook, 60, USA.

- Sağlam MT (1994). Toprak ve suyun kimyasal analiz yöntemleri. Trakya Üni. Tekirdağ Ziraat Fak. Yayın, Tekirdağ.
- Sariam O (2009). Effect of Irrigation Practices on Root Growth and Yield of Rice. J. Trop. Agric. and Fd. Sc. 37(1), 1-8.
- Sariam O, Anuar Ar (2010). Effects of Irrigation Regime On Irrigated Rice. J. Trop. Agric. and Fd. Sc. 38, 1–9.
- Sarkar S, Basu B, Kundu CK, Patra PK (2012). Deficit irrigation: An Option to Mitigate Arsenic Load of Rice Grain in West Bengal, India. Agriculture, Ecosystems and Environment. 147– 152.
- Sarkar N, Ghosh U, Biswas RK (2018). Effect of Drip Irrigation on Yield and Water Use Efficiency of Summer Rice Cultivation in Pots. Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry, 7(1), 37-40.
- Sarvestani ZT, Pirdashti H, Sanavy SAMM, Balouchi H (2008). Study of Water Stress Effects in Different Growth Stages on Yield and Yield Components of Different Rice (*Oryza sativa L.*) Cultivars. Pakistan Journal of Biological Sciences, 11(10), 1303-1309.
- Shahanila PP (2015). Fertigation in Sprinkler Irrigated Upland Rice (*Oryza sativa L.*) (Doctoral dissertation, College of Horticulture, Vellanikkara).
- Shaibu YA, Banda HM, Makwiza CN, Malunga JC (2015). Grain yield performance of upland and lowland rice varieties under water saving irrigation through alternate wetting and drying in sandy clay loams of Southern Malawi. Experimental agriculture, 51(2), 313-326.
- Sharda R, Mahajan G, Siag M, Singh A, Chauhan BS (2017). Performance of Drip-irrigated Dry-seeded Rice (*Oryza sativa L.*) in South Asia. Paddy and Water Environment, 15(1), 93-100.
- Singh TC, Prajapati B, Bhardwaj AK (2018). Effect of Drip Irrigation on Growth and Yield of Direct Seeded Rice (*Oryza sativa L.*). IJCS, 6(1), 161-164.
- Smajstrla, A.G. and Pitts D.J., 1997. Tensiometer service, Testing and Calibration,. Florida Cooperative Extension Service Bulletin Number 319. Institute of Food and Agricultural Sciences, University of Florida.
- Spanu A, Murtas A, Ballone F (2009). Water Use and Crop Coefficients in Sprinkler Irrigated Rice. Ital. J. Agron. / Riv. Agron. 2=47-58.
- Smith MC, Massey JH, Branson J, Epting JW, Pennington D, Tacker PL, Wilson C (2007). Water Use Estimates for Various Rice Production Systems in Mississippi and Arkansas. Irrigation science, 25(2), 141-147.
- Soriano J, Dou F, Tabien R, Harper C, Chen K (2016). Growth, Development, Yield and Harvest Index of Two Diverse Rice Cultivars in Different Water Regimes and Soil Textures. Int. J. Agro. Agri. Res, 8(2), 82-94.
- Steduto P, Hsiao T C, Fereres E, Raes D. (2012). Crop yield response to water (Vol. 1028). Rome: fao.
- Sujono J, Matsuo N, Hiramatsu K, Mochizuki T (2011). Improving the Water Productivity of Paddy Rice (*Oryza Sativa L.*) Cultivation Through Water Saving Irrigation Treatments. Agricultural Science. Vol.2, No.4, 511-517.

- Sürek H, Aydın H, Çakir R, Karata H (1996). Rice Yield Under Sprinkler Irrigation. International Rice Research (IRRI). Vol.21, No.2-3, 1996. IRRI.
- Sürek H (2002). Çeltik Tarımı, Hasad Yayıncılık, İstanbul, 80-89.
- Tabbal DF, Bouman BAM, Bhuiyan SI, Sibayan EB, Sattar MA (2002). On-farm Strategies for Educing Water İnput in irrigated Rice; Case Studies in the Philippines. Agricultural Water Management, 56, 93-112.
- Tacker PE, Vories C, Wilson Jr, Slaton N (2001). 9 - Water management. In Rice Production Handbook, 75-86. ed. N. A. Slaton. Little Rock, Ark.: Univ. of Ark. Coop.Ext. Serv. MP192-10M- 1-01RV.
- Tauer LW, (2000). Investment Analysis in Agriculture. Dept.of Agric., Resource, and Managerial Economics, Cornell University, Ithaca, New York, 14853-7801, USA.
- Tekinel O (1973). Tarımda Uygun Sulama Yönteminin Seçimi. Ankara Üniv. Adana Zir. Fak. Yayınları No= 61, Ankara.
- Tilahun-Tadesse F, Nigussie-Dechassa R, Wondimu, B, Setegn (2013). Impact of Rainwater Management on Growth and Yield of Rainfed Lowland Rice. Wudpecker Journal of Agricultural Research Vol. 2(4), p. 108 – 114.
- Tuong TP, Bouman BAM (2003). Rice production in water-scarce environments.
- Tuna B (2012). Trakya Koşulları Çeltik (*Oryza sativa* L.) Tarımında Farklı Sulama Uygulamaları ve Su-Verim-Kalite İlişkilerinin Belirlenmesi. Namık Kemal Üniversitesi Fen Bil. Enst. P. 1-120. Tekirdağ.
- Tülücü K (2003). Özel Bitkilerin Sulanması, Ç.Ü.Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Yayın No=254, Adana, 75-89.
- Tüzüner A, Kurucu N, Gedikoğlu İ, Eyüpoğlu F, Börekçi M, Sönmez B, Açar A (1990). Toprak ve Su Analiz Laboratuar El Kitabı, Tarım ve Orman Köy İşleri Bakanlığı, Köy Hizmetleri Gen. Müd. Yay. Ankara.
- Usman K (2013). Effect of Phosphorus and İrrigation Levels on Yield, Water Productivity, Phosphorus Use Efficiency and in Come of Lowland Rice in Northwest Pakistan. Rice Science, 20(1), 61–72.
- Vanitha K, Mohandass S, Chellamuthu S (2012). Increasing water productivity in aerobic rice under surface and sub-surface drip irrigation. SR Sree Rangasamy, K. Thiagarajan, S. Robin, R. Rabindran, S.Suresh, S. Manonmani, S. Rajeswari, P. Jeyaprakash, V. Ravichandran, S. Radhamani and R. Pushpam, 100.
- Vanitha K, Moh S (2014). Drip Fertigation Could Improve Source-sink Relationship of Aerobic Rice (*Oryza sativa* L.). African Journal of Agricultural Research, 9(2), 294-301.
- Vijaykumar P (2009). Optimization of Water and Nutrient Requirement for Yield Maximization in Hybrid Rice under Drip Fertigation System Rice (*Oryza sativa* L.). M. Sc. (Agri.) Thesis, Tamil Nadu Agricultural University, Coimbatore.
- Vories E, Counce P, Keisling T (2002). Comparison of Flooded and Furrow-irrigated Rice on Clay. Irrigation Science, 21(3), 139-144.
- Vories ED, Tacker PL, Hogan R (2005). Multiple inlet approach to reduce water requirements for rice production. Applied Engineering in Agriculture, 21(4), 611-616.

- Vories ED, Tacker PL, Wilson C, Runsick S, Branson J (2006). Water use measurements from the Arkansas rice research verification program. In Proc. 31st Rice Tech. Working Group, 136. Baton Rouge, La.: LSU Ag. Center.
- Vories ED, McCarty M, Stevens WG, Tacker PL, Haidar SA (2010). Comparison of flooded and sprinkler irrigated rice production. In 5th National Decennial Irrigation Conference Proceedings, 5-8 December 2010, Phoenix Convention Center, Phoenix, Arizona USA (p. 1). American Society of Agricultural and Biological Engineers.
- Vries ME, Rodenburg J, Bado BV, Sow A, Leffelaar PA, Giller KE (2010). Rice Production With Less Irrigation Water Is Possible In A Sahelian Environment. *Field Crops Research* 116, 154–164.
- Yurtseven, N (1984). Deneysel İstatistiksel Metotlar. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü Toprak ve Gübre Araştırma Enstitüsü Yayınları Teknik Yayın, (56), 90-313.
- Xianqing L, Zhou W, Zhu D, Zhang Y (2005). Effect of SWD Irrigation On Photosynthesis and Grain Yield of Rice (*Oryza sativa L.*). *Field Crops Research* 94 (2005) 67–75.
- Walker WR, Skogerboe GV (1987). *Surface Irrigation. Teory and Practice.* Prentice- Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, 375 s.
- Woodward RB, Katz TJ, (1959). The mechanism of the Diels-Alder reaction. *Tetrahedron*, 5(1), 70-89.
- Yan J, Yu J, Tao GC, Vos J, Bouman BAM, Xie GH, Meinke H (2010). Yield Formation and Tilling Dynamics of Direct-Seeded Rice in Flooded and Nonflooded Soils in The Huai River Basin of China. *Field Crops Research*, 116(3), 252-259.
- Yang C, Yang L, Yang Y, Ouyang Z, (2004). Rice root growth and nutrient uptake as influenced by organic manure in continuously and alternately flooded paddy soils. *Agricultural Water Management*, 70(1), 67-81.
- Yıldırım O (1996). Sulama Sistemleri II. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Yayınları No. 1449. Ders Kitapları Yayın No. 429. 289s. Ankara
- Zwart SJ, Bastiaanssen WG (2004). Review of Measured Crop Water Productivity Values for Irrigated Wheat, Rice, Cotton and Maize. *Agricultural Water Management*, 69(2), 115-133.
- Zeng L, Lesch SM, Grieve CM (2003). Rice Growth and Yield Respond to Changes in Water Depth and Salinity Stress. *Agricultural Water Management*, 59(1), 67-75.
- Zia MS, Salim M, Aslam M, Gill MA (1994). Effect of Low Temperature of Irrigation Water on Rice Growth and Nutrient Uptake. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 173(1), 22-31.
- Zou GH, Liu HY, Mei HW, Liu GL, Yu XQ, Li MS, Wu JH, Chen L, Luo LJ (2007). Screening for Drought Resistance of Rice Recombinant inbred Populations in the Field. *Journal of Integrative Plant Biology* 49,1508–1516.

EKLER

Ek Çizelge 1. Damla sulama yöntemi bitki su tüketimi hesapları (mm 120 cm⁻¹, 2015 yılı)

Sulama Düzeyi	Tarih	Başlangıç Nemi	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Periyodik ET	Birikimli ET
I ₁	05.06	396,0	5,1	120,0	69,1	0,0
	16.06	452,0	27,9	59,0	23,9	69,1
	19.06	515,0	35,3	78,0	133,3	93,0
	05.07	495,0	0	312,0	301,0	226,3
	30.07	506,0	0	234,0	245,0	527,3
	15.08	495,0	2,7	78,0	109,7	772,3
	26.08	466,0	0,4	156,0	130,4	882,0
	10.09	492,0	0,6	78,0	71,6	1012,4
	19.09	499,0	82,0	0	161,0	1084,0
	8.10	420,0	0	0	1245,0	1245,0
TOPLAM		-24,0	154,0	1115,0	1245,0	
I ₂	05.06	377,0	5,1	120,0	63,1	0,0
	16.05	439,0	27,9	4,0	20,9	63,1
	19.05	450,0	35,3	100,0	121,3	84,0
	05.07	464,0	0	200,0	210,0	205,3
	27.07	454,0	0	100,0	131,0	415,3
	14.08	423,0	2,7	100,0	93,7	546,3
	28.08	432,0	1,0	100,0	143,0	640,0
	19.09	390,0	82,0	50,0	1230,	783,0
	8.10	399,0	0	0	906,0	906,0
	TOPLAM		-22,0	154,0	774,0	906,0

Ek Çizelge 2. Yağmurlama sulama yöntemi bitki su tüketimi hesapları (mm 120 cm⁻¹, 2015 yılı)

Sulama Düzeyi	Tarih	Başlangıç Nemi	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Periyodik ET	Birikimli ET
I ₁	05.06	391,0	5,1	120,0	61,1	0,0
	16.05	455,0	27,9	59,0	23,9	61,1
	19.05	518,0	35,3	78,0	146,3	85,0
	06.07	485,0	0	312,0	301,0	231,3
	29.07	496,0	0	234,0	254,0	532,3
	15.08	476,0	2,7	78,0	100,7	786,3
	26.08	456,0	0,4	156,0	132,4	887,0
	11.09	480,0	0,6	78,0	63,6	1019,4
	19.09	495,0	82,0	0	146,0	1083,0
	8.10	431,0	0	0	1229,0	1229,0
TOPLAM		-40,0	154,0	1115,0	1229,0	
I ₂	05.06	355,0	5,1	120,0	43,1	0,0
	16.05	437,0	27,9	4,0	16,9	43,1
	19.05	452,0	35,3	100,0	125,3	60,0
	05.07	462,0	0	150,0	204,0	185,3
	30.07	428,0	0	150,0	134,0	389,3
	15.08	444,0	2,7	50,0	79,7	523,3
	25.08	417,0	0,4	150,0	135,4	603,0
	11.09	432,0	0,6	50,0	62,6	738,4
	19.09	420,0	82,0	0	124,0	801,0
	8.10	358,0	0	0	925,0	925,0
TOPLAM		-3,0	154,0	774,0	925,0	

Ek Çizelge 3. AWD sulaması bitki su tüketimi hesapları (mm 120 cm⁻¹, 2015 yılı)

Sulama Düzeyi	Tarih	Başlangıç Nemi	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Periyodik ET	Birikimli ET
I ₁	05.06	423,0	5,1	120,0	78,1	0,0
	16.05	470,0	27,9	38,0	23,9	78,1
	19.05	512,0	35,3	78,0	161,3	102,0
	06.07	464,0	0	312,0	295,0	263,3
	29.07	481,0	0	234,0	214,0	558,3
	15.08	501,0	2,7	78,0	114,7	772,3
	26.08	467,0	0,4	156,0	158,4	887,0
	11.09	465,0	0,6	78,0	70,6	1045,4
	19.09	473,0	82,0	78,0	160,0	1116,0
	8.10	473,0	0	0	1276,0	1276,0
TOPLAM		-50,0	154,0	1172	1276,0	
I ₂	05.06	366,0	5,1	120,0	61,1	0,0
	16.05	430,0	27,9	36,0	18,9	61,1
	19.05	475,0	35,3	50,0	127,3	80,0
	05.07	433,0	0	250,0	260,0	207,3
	30.07	423,0	0	150,0	142,0	467,3
	15.08	431,0	2,7	50,0	63,7	609,3
	25.08	420,0	1,0	150,0	155,0	673,0
	19.09	416,0	82,0	0	110,0	828,0
	8.10	388,0	0	0	938,0	938,0
	TOPLAM		-22,0	154,0	806,0	938,0

Ek Çizelge 4. Damla sulama yöntemi bitki su tüketimi hesapları (mm 120 cm⁻¹, 2016 yılı)

Sulama Düzeyi	Tarih	Başlangıç Nemi	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Periyodik ET	Birikimli ET
I ₁	30.05	393	0	120	61	0,0
	11.06	452	2,3	31	29,3	61,0
	14.06	456	23,4	234	287,4	90,3
	09.07	426	0	156	166	377,7
	22.07	416	0,2	312	279,2	543,7
	11.08	449	25	78	125	822,9
	23.08	427	10,3	156	153,3	947,9
	11.09	440	12,8	156	129,8	1101,2
	30.09	479	26	0	44	1231,0
	14.10	461	0	0	1275	1275,0
TOPLAM		-68	100	1243	1275	
I ₂	30.05	327	0	120	83	0,0
	14.06	364	23,4	148	134,4	83,0
	06.07	401	0	150	114	217,4
	22.07	437	0,2	150	167,2	331,4
	13.08	420	25	100	113	498,6
	23.08	432	10,3	100	138,3	611,6
	10.09	404	12,8	100	97,8	749,9
	30.09	419	28,3	0	35,3	847,7
	14.10	412	0	0	883	883,0
TOPLAM		-85	100	868	883	

Ek Çizelge 5. Yağmurlama sulama yöntemi bitki su tüketimi hesapları (mm 120 cm⁻¹, 2016 yılı)

Sulama Düzeyi	Tarih	Başlangıç Nemi	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Periyodik ET	Birikimli ET
I ₁	30.05	351	0	120	65,0	0,0
	11.06	406	2,3	86	29,3	65,0
	14.06	465	23,4	156	226,4	94,3
	6.07	418	0	156	142	320,7
	20.07	432	0,2	312	322,2	462,7
	11.08	422	25	156	159	784,9
	24.08	444	10,3	156	175,3	943,9
	10.09	435	12,8	156	107,8	1119,2
	29.09	496	26	0	81	1227,0
	14.10	441	0	0	1308	1308,0
	TOPLAM	-90	100	1298	1308	
I ₂	30.05	377	0	120	49,0	0,0
	11.06	448	2,3	6	15,3	49,0
	14.06	441	23,4	100	150,4	64,3
	6.07	414	0	150	136,0	214,7
	22.07	428	0,2	150	180,2	350,7
	10.08	398	25	100	122,0	530,9
	23.08	401	10,3	150	136,3	652,9
	11.09	425	10	50	53,0	789,2
	29.09	432	28,8	50	17,8	842,2
	14.10	493	0	0	860	860,0
	TOPLAM	-116	100	876	860	

Ek Çizelge 6. AWD sulaması bitki su tüketimi hesapları (mm 120 cm⁻¹, 2016 yılı)

Sulama Düzeyi	Tarih	Başlangıç Nemi	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Periyodik ET	Birikimli ET
I ₁	30.05	451	0	120	61	0,0
	11.06	510	2,3	9	26,3	61,0
	14.06	495	25,7	234	272,7	87,3
	11.07	482	0	156	183	360,0
	24.07	455	0,2	312	295,2	543,0
	11.08	472	25	156	225	838,2
	26.08	428	8	156	141	1063,2
	13.09	451	12,8	78	113,8	1204,2
	26.09	428	26	78	66	1318,0
	14.10	466	0	0	1384	1384,0
	TOPLAM	-15	100	1299	1384	
I ₂	30.05	325	0	120	33	0,0
	11.06	412	2,3	14	13,3	33,0
	14.06	415	25,7	100	121,7	46,3
	11.07	419	0	150	121	168,0
	24.07	448	0,2	200	243,2	289,0
	11.08	405	25	150	152	532,2
	26.08	428	8	100	134	684,2
	13.09	402	12,8	50	43,8	818,2
	26.09	421	26	0	35	862,0
	14.10	412	0	0	897	897,0
	TOPLAM	-87	100	884	897	

Ek Çizelge 7. Damla sulama yöntemi bitki su tüketimi hesapları (mm 120 cm⁻¹, 2017 yılı)

Sulama Düzeyi	Tarih	Başlangıç Nemi	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Periyodik ET	Birikimli ET
I ₁	16.05	412	16,9	120	40,9	0,0
	4.06	508	27,3	82	145,3	40,9
	23.06	472	17,3	156	148,3	186,2
	5.07	497	53,2	78	190,2	334,5
	20.07	438	0,7	312	298,7	524,7
	08.08	452	7,2	234	211,2	823,4
	25.08	482	2,6	156	193,6	1034,6
	11.09	447	0	156	109	1228,2
	19.09	494	51,7	0	74,7	1337,3
	4.10	471	0	0	1412	1412,0
TOPLAM	-59	177	1294	1412		
I ₂	16.05	358	16,9	120	59,9	0,0
	4.06	435	27,3	115	157,3	59,9
	23.06	420	17,3	150	150,3	217,2
	06.07	437	53,2	50	148,2	367,5
	22.07	392	0,7	200	164,7	515,7
	08.08	428	7,2	200	229,2	680,4
	28.08	406	2,6	150	122,6	909,6
	19.09	436	51,7	0	92,7	1032,2
	04.10	395	0	0	1125	1125,0
	TOPLAM	-37	177	985	1125	

Ek Çizelge 8. Yağmurlama sulama yöntemi bitki su tüketimi hesapları (mm 120 cm⁻¹, 2017 yılı)

Sulama Düzeyi	Tarih	Başlangıç Nemi	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Periyodik ET	Birikimli ET
I ₁	16.05	357	16,9	120	88,9	0,0
	30.05	405	8	86	44	88,9
	4.06	455	17,8	156	177,8	132,9
	20.06	451	18,8	156	179,8	310,7
	6.07	446	53,2	78	157,2	490,5
	19.07	420	0,7	234	233,7	647,7
	09.08	421	7,2	156	152,2	881,4
	24.08	432	2,6	156	197,6	1033,6
	11.09	393	0	156	76	1231,2
	19.09	473	51,7	0	120,7	1307,2
	4.10	404	0	0	1428	1428,0
TOPLAM	-47	177	1298	1428		
I ₂	16.05	343	16,9	120	97,9	0,0
	29.05	382	8	10	23	97,9
	4.06	377	17,8	100	101,8	120,9
	23.06	393	18,8	150	135,8	222,7
	08.07	426	53,2	50	134,2	358,5
	20.07	395	0,7	200	197,7	492,7
	08.08	398	7,2	100	108,2	690,4
	25.08	397	2,6	100	142,6	798,6
	10.09	357	0	100	54	941,2
	19.09	403	51,7	0	84,7	995,2
	04.10	370	0	0	1080	1080,0
TOPLAM	-27	177	930	1080		

Ek Çizelge 9. AWD sulaması bitki su tüketimi hesapları (mm 120 cm⁻¹, 2017 yılı)

Sulama Düzeyi	Tarih	Başlangıç Nemi	Yağış (mm)	Sulama Suyu (mm)	Periyodik ET	Birikimli ET
I ₁	16.05	373	16,9	120	87,9	0,0
	29.05	422	8	82	42	87,9
	4.06	470	19,3	156	199,3	129,9
	22.06	446	17,3	156	180,3	329,2
	5.07	439	53,2	156	218,2	509,5
	20.07	430	0,7	312	273,7	727,7
	08.08	469	7,2	156	210,2	1001,4
	25.08	422	2,6	156	143,6	1211,6
	11.09	437	0	78	50	1355,2
	19.09	465	51,7	0	82,7	1405,2
	4.10	434	0	0	1488	1488,0
	TOPLAM	-61	177	1372	1488	
I ₂	16.05	370	16,9	120	72,9	0,0
	29.05	434	8	14	28	72,9
	4.06	428	19,3	100	128,3	100,9
	23.06	419	17,3	150	145,3	229,2
	06.07	441	53,2	100	168,2	374,5
	22.07	426	0,7	200	174,7	542,7
	08.08	452	7,2	150	158,2	717,4
	28.08	451	2,7	150	141,7	875,6
	19.09	462	51,7	0	38,7	1017,3
	04.10	475	0	0	1056	1056,0
	TOPLAM	-105	177	984	1056	

Ek Çizelge 10. Araştırma konularından 2015 yılında elde edilen çeltik verimleri (t ha⁻¹)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	6,67	6,96	6,38	6,67
	I ₂	4,21	3,94	3,91	4,02
Yağmurlama Sulama	I ₁	5,38	6,04	5,49	5,64
	I ₂	3,70	3,51	3,83	3,68
AWD	I ₁	6,98	7,61	8,00	7,53
	I ₂	4,20	4,11	4,01	4,11
Geleneksel Tava Sulama		8,48	7,95	7,72	8,05

Ek Çizelge 11. Araştırma konularından 2016 yılında elde edilen çeltik verimleri (t ha⁻¹)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	6,24	5,99	6,18	6,14
	I ₂	3,84	3,70	3,44	3,66
Yağmurlama Sulama	I ₁	4,96	5,05	5,01	5,01
	I ₂	3,35	3,29	3,24	3,29
AWD	I ₁	6,48	7,42	7,60	7,16
	I ₂	3,68	3,86	3,84	3,79
Geleneksel Tava Sulama		7,74	7,41	7,59	7,58

Ek Çizelge 12. Araştırma konularından 2017 yılında elde edilen çeltik verimleri (t ha⁻¹)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	6,44	6,40	6,25	6,36
	I ₂	4,06	3,96	4,01	4,01
Yağmurlama Sulama	I ₁	5,37	5,26	5,28	5,30
	I ₂	3,73	3,79	3,95	3,82
AWD	I ₁	8,26	8,08	8,00	8,11
	I ₂	4,08	4,15	4,04	4,09
Geleneksel Tava Sulama		8,32	8,16	8,22	8,23

Ek Çizelge 13. Araştırma konularından elde edilen verim ortalamalarının toplu varyans analiz sonuçları

Varyans analizi P değerleri	Ortalamalar
Yöntem (Y)	<,0001**
Sulama düzeyi (SD)	<,0001**
Y*SD	<,0001**
Sulama Yöntemi	
Damla Sulama (D)	5,17 b
Yağmurlama Sulama (Y)	4,46 c
AWD	5,80 a
LSD(0,01)	
Sulama Düzeyi	0,17
I ₁	6,44 a
I ₂	3,85 b
LSD(0,01)	
İnteraksiyon	
D * I ₁	6,39 b
D * I ₂	3,94 d
Y * I ₁	5,32 c
Y * I ₂	3,60 e
AWD * I ₁	7,60 a
AWD * I ₂	3,99 d
LSD(0,01)	
CV %	4,87

Ek Çizelge 14. Her bir yönteme ait verim değerlerinin geleneksel tava sulama yöntemi ile ikili karşılaştırma (t testi) sonuçları

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Prob > t		
		Yıl		
		2015	2016	2017
Damla Sulama	I ₁	0,0081**	0,0003**	<0,001**
	I ₂	<0,001**	<0,001**	<0,001**
Yağmurlama Sulama	I ₁	0,0014**	<0,001**	<0001**
	I ₂	<0,001**	<0,001**	<0001**
AWD Sulaması	I ₁	0,2365ns	0,3112ns	0,2530ns
	I ₂	<0,001**	<0,001**	<0,001**

ns: önemsiz, **: P<0,01 düzeyinde önemli (%95 güven aralığında test edilmiştir.)

Ek Çizelge 15. Araştırma konularından 2015 yılında elde edilen çeltik bintane ağırlıkları (gr)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	31,74	32,29	31,40	31,81
	I ₂	30,99	29,90	31,65	30,85
Yağmurlama Sulama	I ₁	32,07	31,78	31,93	31,93
	I ₂	30,82	30,71	31,91	31,15
AWD	I ₁	31,58	31,48	31,83	31,63
	I ₂	32,45	31,86	32,20	32,15
Geleneksel Tava Sulama		34,11	34,15	34,03	34,10

Ek Çizelge 16. Araştırma konularından 2016 yılında elde edilen çeltik bintane ağırlıkları (gr)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	31,24	31,79	31,40	31,48
	I ₂	29,99	30,10	30,90	30,33
Yağmurlama Sulama	I ₁	31,29	31,43	31,16	31,29
	I ₂	30,82	30,33	29,84	30,33
AWD	I ₁	31,83	31,48	31,83	31,71
	I ₂	31,70	31,36	31,32	31,46
Geleneksel Tava Sulama		33,74	33,65	33,46	33,61

Ek Çizelge 17. Araştırma konularından 2017 yılında elde edilen çeltik bintane ağırlıkları (gr)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	31,23	32,90	30,31	31,49
	I ₂	32,24	30,58	31,72	30,91
Yağmurlama Sulama	I ₁	30,41	31,78	31,19	30,92
	I ₂	31,48	30,07	31,64	30,26
AWD	I ₁	31,10	33,51	31,23	32,73
	I ₂	30,73	30,12	31,55	31,64
Geleneksel Tava Sulama		33,51	33,83	32,56	33,30

Ek Çizelge 18. Araştırma konularından elde edilen bintane ağırlıkları ortalamalarının toplu varyans analiz tablosu

Varyans analizi P değerleri	Ortalamalar
Yöntem (Y)	<,0001**
Sulama düzeyi (SD)	<,0001**
Sulama Yöntemi	
Damla Sulama (D)	31,14 b
Yağmurlama Sulama (Y)	30,98 b
AWD	31,89 a
LSD(0,01)	0,33
Sulama Düzeyi	
I ₁	31,66 a
I ₂	31,01 b
LSD(0,01)	0,27
CV %	1,55

Ek Çizelge 19. Her bir yönetime ait bin tane ağırlığı değerlerinin geleneksel tava sulama yöntemi ile ikili karşılaştırma (t testi) sonuçları

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Prob > t		
		Yıl		
		2015	2016	2017
Damla Sulama	I ₁	0,0009**	0,0003**	0,0986ns
	I ₂	0,0032**	0,0004**	0,0452*
Yağmurlama Sulama	I ₁	<0,001**	<0,001**	0,0168*
	I ₂	0,0015**	0,0004**	0,0235*
AWD Sulaması	I ₁	<0,001**	0,0002**	0,1950ns
	I ₂	0,0004**	0,0001**	0,0113*

ns: önemsiz, **: P<0,01 düzeyinde önemli, *: P<0,05 düzeyinde önemli

Ek Çizelge 20. Araştırma konularından 2015 yılında elde edilen çeltik salkım uzunlukları (cm)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	14,70	14,50	14,50	14,60
	I ₂	14,10	14,10	13,60	13,90
Yağmurlama Sulama	I ₁	13,80	14,80	14,20	14,30
	I ₂	14,10	13,70	13,00	13,60
AWD	I ₁	15,30	14,90	14,80	14,90
	I ₂	13,90	14,10	14,00	14,00
Geleneksel tava Sulama		33,51	33,83	32,56	33,30

Ek Çizelge 21. Araştırma konularından 2016 yılında elde edilen çeltik salkım uzunlukları (cm)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama b	I ₁	13,07	13,72	13,65	13,48
	I ₂	12,29	11,86	13,07	12,41
Yağmurlama Sulama b	I ₁	13,57	13,42	13,14	13,38
	I ₂	11,87	12,89	12,38	12,38
AWD a	I ₁	15,28	14,57	14,07	14,64
	I ₂	14,21	14,64	14,93	14,59
Geleneksel tava Sulama		15,14	15,29	15,24	15,22

Ek Çizelge 22. Araştırma konularından 2017 yılında elde edilen çeltik salkım uzunlukları (cm)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	13,87	13,46	13,29	13,54
	I ₂	12,43	12,00	12,93	12,45
Yağmurlama Sulama	I ₁	13,87	13,73	13,57	13,72
	I ₂	11,93	11,93	12,47	12,11
AWD	I ₁	15,73	14,79	14,27	14,93
	I ₂	14,18	12,33	13,79	13,43
Geleneksel tava Sulama		13,79	14,00	15,36	14,38

Ek Çizelge 23. Her bir yönteme ait salkım uzunlukları değerlerinin geleneksel tava sulama yöntemi ile ikili karşılaştırma (t testi) sonuçları

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Prob > t		
		Yıl		
		2015	2016	2017
Damla Sulama	I ₁	0,0003**	0,0012**	0,1790ns
	I ₂	0,0005**	0,0014**	0,0262*
Yağmurlama Sulama	I ₁	0,0072**	0,0002**	0,2570ns
	I ₂	0,0029**	0,0007**	0,0123*
AWD Sulaması	I ₁	0,0315*	0,1745ns	0,4488ns
	I ₂	<0,001**	0,0421*	0,2728ns

ns: önemsiz, **: P<0,01 düzeyinde önemli, *: P<0,05 düzeyinde önemli

Ek Çizelge 24. Araştırma konularından 2015 yılında elde edilen çeltik bitki boyu uzunlukları (cm)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	81,70	74,60	79,20	78,50
	I ₂	74,60	72,50	71,00	72,70
Yağmurlama Sulama	I ₁	78,40	82,10	82,70	81,10
	I ₂	70,80	75,70	68,80	71,70
AWD	I ₁	80,60	84,80	85,00	83,50
	I ₂	74,80	74,50	74,20	74,50
Geleneksel Tava Sulama		82,90	84,90	91,40	86,40

Ek Çizelge 25. Araştırma konularından 2016 yılında elde edilen çeltik bitki boyu uzunlukları (cm)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	76,86	75,71	75,00	75,90
	I ₂	69,57	70,28	69,14	69,70
Yağmurlama Sulama	I ₁	73,80	74,60	73,80	74,10
	I ₂	69,00	68,50	68,00	68,50
AWD	I ₁	79,57	77,01	79,00	78,50
	I ₂	76,00	76,77	77,39	76,70
Geleneksel Tava Sulama		81,00	80,86	84,29	82,10

Ek Çizelge 26. Araştırma konularından 2017 yılında elde edilen çeltik bitki boyu uzunlukları (cm)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	73,86	72,86	76,14	74,29
	I ₂	67,57	71,14	70,14	69,62
Yağmurlama Sulama	I ₁	71,71	69,33	71,57	70,87
	I ₂	64,57	69,43	66,57	66,86
AWD	I ₁	81,14	78,29	82,43	80,62
	I ₂	71,00	76,71	70,57	72,76
Geleneksel Tava Sulama		78,29	82,43	98,00	86,34

Ek Çizelge 27. Her bir yönteme ait bitki boyları değerlerinin geleneksel tava sulama yöntemi ile ikili karşılaştırma (t testi) sonuçları

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Prob > t		
		Yıl		
		2015	2016	2017
Damla Sulama	I ₁	0,0723ns	0,0076*	0,1206ns
	I ₂	0,0126*	0,0076*	0,0526ns
Yağmurlama Sulama	I ₁	0,1349ns	0,0023**	0,0639ns
	I ₂	0,0107*	0,0003**	0,0347*
AWD Sulaması	I ₁	0,3655ns	0,0610ns	0,4107ns
	I ₂	0,0086**	0,0110*	0,0998ns

ns: önemsiz, **: P<0,01 düzeyinde önemli, *: P<0,05 düzeyinde önemli

Ek Çizelge 28. Araştırma konularından 2015 yılında elde edilen çeltik hektolitre ağırlıkları (kg)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	55,83	58,27	56,95	57,02
	I ₂	56,93	54,31	54,66	55,30
Yağmurlama Sulama	I ₁	57,85	57,44	56,64	57,31
	I ₂	57,31	56,92	57,81	57,35
AWD	I ₁	59,92	57,09	56,13	57,72
	I ₂	57,30	54,80	56,05	56,05
Geleneksel Tava Sulama		57,38	56,02	57,47	56,96

Ek Çizelge 29. Araştırma konularından 2016 yılında elde edilen çeltik hektolitre ağırlıkları (kg)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	55,16	58,27	56,54	56,66
	I ₂	55,53	55,06	54,06	54,88
Yağmurlama Sulama	I ₁	56,63	56,09	57,18	56,63
	I ₂	56,51	56,39	56,27	56,39
AWD	I ₁	59,09	56,52	56,01	57,21
	I ₂	57,23	54,82	55,068	55,70
Geleneksel Tava Sulama		57,06	56,35	57,29	55,90

Ek Çizelge 30. Araştırma konularından 2017 yılında elde edilen çeltik hektolitre ağırlıkları (kg)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	55,55	58,02	56,54	56,70
	I ₂	55,52	56,84	55,33	55,90
Yağmurlama Sulama	I ₁	56,09	56,09	57,14	56,44
	I ₂	56,37	56,33	56,27	56,32
AWD	I ₁	58,62	56,97	56,38	57,32
	I ₂	56,61	55,3	55,55	55,82
Geleneksel Tava Sulama		57,08	56,39	57,41	56,95

Ek Çizelge 31. Araştırma konularından elde edilen hektolitre ağırlığı ortalamalarının toplu varyans analiz tablosu

Varyans analizi P değerleri	Ortalamalar
Sulama düzeyi (SD)	0,0017**
Sulama Düzeyi	
I ₁	57,00 a
I ₂	55,97 b
LSD(0,01)	0,61
CV %	1,94

Ek Çizelge 32. Her bir yönteme ait hektolitre ağırlığı değerlerinin geleneksel tava sulama yöntemi ile ikili karşılaştırma (t testi) sonuçları

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Prob > t		
		Yıl		
		2015	2016	2017
Damla Sulama	I ₁	0,9469ns	0,8091ns	0,7580ns
	I ₂	0,1547ns	0,0176*	0,1314ns
Yağmurlama Sulama	I ₁	0,5943ns	0,5628ns	0,3227ns
	I ₂	0,3365ns	0,1548ns	0,1026ns
AWD	I ₁	0,5719ns	0,7731ns	0,6468ns
	I ₂	0,3761ns	0,2173ns	0,0854ns

ns: önemsiz, *: P<0,05 düzeyinde önemli

Ek Çizelge 33. Araştırma konularından 2015 yılında elde edilen çeltik saplı ağırlık değerleri (t ha⁻¹)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	16,32	15,04	12,35	14,57
	I ₂	12,93	12,48	10,88	12,09
Yağmurlama Sulama	I ₁	13,29	14,02	14,36	13,89
	I ₂	10,70	12,46	10,97	11,37
AWD	I ₁	13,58	13,48	16,86	14,64
	I ₂	13,16	12,71	12,93	12,93
Geleneksel Tava Sulama		15,65	16,66	14,63	15,65

Ek Çizelge 34. Araştırma konularından 2016 yılında elde edilen çeltik saplı ağırlık değerleri (t ha⁻¹)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	15,61	13,36	11,59	13,52
	I ₂	11,72	11,75	9,55	11,01
Yağmurlama Sulama	I ₁	12,95	13,94	11,97	12,95
	I ₂	9,65	10,82	11,98	10,82
AWD	I ₁	13,00	12,93	16,20	14,04
	I ₂	13,05	12,11	12,57	12,58
Geleneksel Tava Sulama		16,88	14,99	13,91	15,26

Ek Çizelge 35. Araştırma konularından 2017 yılında elde edilen çeltik saplı ağırlık değerleri (t ha⁻¹)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	17,44	11,67	16,63	15,25
	I ₂	15,02	12,66	11,97	13,22
Yağmurlama Sulama	I ₁	14,09	16,50	14,54	15,04
	I ₂	11,33	11,23	12,29	11,62
AWD	I ₁	16,33	15,21	16,12	15,89
	I ₂	13,07	13,34	15,60	14,00
Geleneksel Tava Sulama		18,92	15,93	17,15	17,33

Ek Çizelge 36. Her bir yönteme ait saplı ağırlık değerlerinin geleneksel tava sulama yöntemi ile ikili karşılaştırma (t testi) sonuçları

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Prob > t		
		Yıl		
		2015	2016	2017
Damla Sulama	I ₁	0,4568ns	0,2967ns	0,3560ns
	I ₂	0,0142*	0,0199*	0,0314*
Yağmurlama Sulama	I ₁	0,0576ns	0,0903ns	0,1151ns
	I ₂	0,0060**	0,0155*	0,0036**
AWD	I ₁	0,4676ns	0,4291ns	0,1962ns
	I ₂	0,0108*	0,0419*	0,0479*

ns: önemsiz, **: P<0,01 düzeyinde önemli, *: P<0,05 düzeyinde önemli

Ek Çizelge 37. Araştırma konularından 2015 yılında elde edilen hasat indeksi değerleri (%)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	40,85	46,29	51,64	46,26
	I ₂	32,54	31,58	35,91	33,34
Yağmurlama Sulama	I ₁	40,51	43,12	38,24	40,84
	I ₂	34,61	28,31	34,88	32,6
AWD	I ₁	51,42	56,07	47,43	51,64
	I ₂	31,93	31,74	31,54	31,74
Geleneksel tava Sulama		54,21	47,69	52,79	51,56

Ek Çizelge 38. Araştırma konularından 2016 yılında elde edilen hasat indeksi değerleri (%)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	40,86	46,30	51,63	46,26
	I ₂	31,65	32,54	35,99	33,39
Yağmurlama Sulama	I ₁	41,01	38,26	43,75	41,01
	I ₂	34,66	30,86	27,05	30,86
AWD	I ₁	51,43	57,39	46,87	51,90
	I ₂	31,37	30,94	32,02	31,44
Geleneksel Tava Sulama		45,61	48,56	50,82	48,33

Ek Çizelge 39. Araştırma konularından 2017 yılında elde edilen hasat indeksi değerleri (%)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	36,93	53,47	53,59	47,99
	I ₂	27,01	31,29	24,11	27,47
Yağmurlama Sulama	I ₁	38,15	36,86	31,98	35,66
	I ₂	33,20	33,49	32,19	32,96
AWD	I ₁	50,60	53,15	49,61	51,12
	I ₂	30,59	31,7	25,91	29,41
Geleneksel Tava Sulama		43,96	51,21	47,92	47,70

Ek Çizelge 40. Araştırma konularından elde edilen hasat indeksi ortalamalarının toplu varyans analiz tablosu

Varyans analizi P değerleri	Ortalamalar
Yöntem (Y)	0,0011**
Sulama düzeyi (SD)	<,0001**
Y*SD	<,0001**
Sulama Yöntemi	
Damla Sulama (D)	39,12 a
Yağmurlama Sulama (Y)	35,61 b
AWD	41,21 a
LSD(0,01)	2,79
Sulama Düzeyi	
I ₁	45,83 a
I ₂	31,47 b
LSD(0,01)	2,28
İnteraksiyon	
D * I ₁	46,84 b
D * I ₂	31,40 d
Y * I ₁	39,10 c
Y * I ₂	32,13 d
AWD * I ₁	51,55 a
AWD * I ₂	30,86 d
LSD(0,01)	3,95
CV %	10,61

Ek Çizelge 41. Her bir yönteme ait hasat indeksi değerlerinin geleneksel tava sulama yöntemi ile ikili karşılaştırma (t testi) sonuçları

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Prob > t		
		Yıl		
		2015	2016	2017
Damla Sulama	I ₁	0,2241ns	0,5820ns	0,9620ns
	I ₂	0,0016**	0,0017**	0,0024**
Yağmurlama Sulama	I ₁	0,0108*	0,0286*	0,0129*
	I ₂	0,0030**	0,0028**	0,0023**
AWD	I ₁	0,9513ns	0,3532ns	0,2183ns
	I ₂	0,0006**	0,0004**	0,0027**

ns: önemsiz, **: P<0,01 düzeyinde önemli, *: P<0,05 düzeyinde önemli

Ek Çizelge 42. Araştırma konularından 2015 yılında elde edilen kırıklı randıman değerleri (%)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	74,70	74,00	74,50	74,40
	I ₂	70,40	69,80	69,90	70,10
Yağmurlama Sulama	I ₁	73,80	74,20	75,20	74,40
	I ₂	69,00	69,40	68,40	68,90
AWD	I ₁	73,60	74,60	75,10	74,40
	I ₂	70,50	70,70	70,90	70,70
Geleneksel tava Sulama		71,10	74,60	75,30	73,80

Ek Çizelge 43. Araştırma konularından 2016 yılında elde edilen kırıklı randıman değerleri (%)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	71,40	74,40	73,60	73,13
	I ₂	70,7	72,70	67,90	70,43
Yağmurlama Sulama	I ₁	74,00	73,40	74,60	74,00
	I ₂	71,10	71,00	72,10	71,40
AWD	I ₁	73,50	75,20	75,50	74,73
	I ₂	72,50	71,60	73,90	72,67
Geleneksel tava Sulama		68,60	74,40	74,60	72,53

Ek Çizelge 44. Araştırma konularından 2017 yılında elde edilen kırıklı randıman değerleri (%)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	74,10	73,90	73,00	73,66
	I ₂	70,60	72,40	72,00	71,67
Yağmurlama Sulama	I ₁	73,00	73,20	74,80	73,67
	I ₂	70,90	69,90	71,20	70,66
AWD	I ₁	74,60	74,00	74,60	74,40
	I ₂	71,30	71,60	72,00	71,63
Geleneksel tava Sulama		74,90	73,60	72,80	73,76

Ek Çizelge 45. Araştırma konularından elde edilen kırıklı randıman ortalamalarının toplu varyans analiz tablosu

Varyans analizi P değerleri	Ortalamalar
Yöntem (Y)	0,0129*
Sulama düzeyi (SD)	<,0001**
Sulama Yöntemi	
Damla Sulama (D)	72,22 b
Yağmurlama Sulama (Y)	72,18 b
AWD	73,09 a
LSD(0,05)	
	0,66
Sulama Düzeyi	
I ₁	74,09 a
I ₂	70,90 b
LSD(0,01)	
	0,54
CV %	
	1,34

Ek Çizelge 46. Her bir yonteme ait kırıklı randıman değerlerinin geleneksel tava sulama yontemi ile ikili karşılaştırma (t testi) sonuçları

Sulama yontemi	Sulama düzeyi	Prob > t		
		Yıl		
		2015	2016	2017
Damla Sulama	I ₁	0,6070ns	0,7952ns	0,8932ns
	I ₂	0,0504ns	0,4328ns	0,0626ns
Yağmurlama Sulama	I ₁	0,6194ns	0,5036ns	0,9106ns
	I ₂	0,0237*	0,8311ns	0,0130*
AWD	I ₁	0,6061ns	0,4584ns	0,3809ns
	I ₂	0,0830ns	0,7858ns	0,0297*

ns: önemsiz, *: P<0,05 düzeyinde önemli

Ek Çizelge 47. Araştırma konularından 2015 yılında elde edilen kırıksız randıman değerleri (%)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	72,80	72,30	72,70	72,60
	I ₂	72,50	72,20	71,80	72,20
Yağmurlama Sulama	I ₁	72,10	72,30	72,60	72,30
	I ₂	71,60	67,00	70,70	69,80
AWD	I ₁	71,40	72,70	73,10	72,40
	I ₂	71,30	72,10	73,10	72,10
Geleneksel Tava Sulama		70,80	72,40	73,40	72,20

Ek Çizelge 48. Araştırma konularından 2016 yılında elde edilen kırksız randıman değerleri (%)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	68,40	71,60	67,80	69,27
	I ₂	67,90	68,30	69,80	68,67
Yağmurlama Sulama	I ₁	69,80	68,90	70,70	69,80
	I ₂	68,90	69,65	70,40	69,65
AWD	I ₁	71,70	72,50	69,80	71,33
	I ₂	71,00	69,50	72,60	71,03
Geleneksel Tava Sulama		67,80	74,40	71,80	71,73

Ek Çizelge 49. Araştırma konularından 2017 yılında elde edilen kırksız randıman değerleri (%)

Deneme Konuları		Tekerrür			Ortalama
Yöntem	I	I	II	III	
Damla Sulama	I ₁	69,80	69,60	70,30	70,97
	I ₂	69,80	70,10	69,40	68,80
Yağmurlama Sulama	I ₁	69,60	70,70	71,90	70,90
	I ₂	70,00	70,60	70,20	69,20
AWD	I ₁	71,10	70,20	70,60	71,13
	I ₂	69,00	69,50	70,00	69,16
Geleneksel Tava Sulama		71,80	71,40	70,00	71,07

Ek Çizelge 50. Her bir yönteme ait kırksız randıman değerlerinin geleneksel tava sulama yöntemi ile ikili karşılaştırma (t testi) sonuçları

Sulama yöntemi	Sulama düzeyi	Prob > t		
		Yıl		
		2015	2016	2017
Damla Sulama	I ₁	0,2475ns	0,4109ns	0,1164ns
	I ₂	0,0895ns	0,2542ns	0,0893ns
Yağmurlama Sulama	I ₁	0,1208ns	0,4837ns	0,7179ns
	I ₂	0,0007**	0,4405ns	0,2355ns
AWD	I ₁	0,1765ns	0,980ns	0,5132ns
	I ₂	0,9408ns	0,8942ns	0,0641ns

ns: önemsiz, **: P<0,01 düzeyinde önemli,

Ek Çizelge 51. Araştırma konularından 2015 yılında elde edilen IWUE ve WP değerleri
(kg da⁻¹mm⁻¹)

Deneme Konuları		IWUE(kg da mm ⁻¹)				WP(kg da mm ⁻¹)			
Yöntem	I	I	II	III	Ortalama	I	II	III	Ortalama
Damla Sulama	I ₁	0,60	0,62	0,57	0,60	0,54	0,56	0,52	0,54
	I ₂	0,54	0,51	0,50	0,52	0,47	0,44	0,44	0,45
Yağmurlama Sulama	I ₁	0,48	0,54	0,49	0,50	0,43	0,49	0,44	0,46
	I ₂	0,48	0,45	0,49	0,47	0,41	0,39	0,43	0,41
AWD	I ₁	0,60	0,65	0,68	0,64	0,54	0,59	0,62	0,58
	I ₂	0,52	0,50	0,51	0,51	0,45	0,44	0,43	0,44
Geleneksel tava Sulama		0,45	0,43	0,44	0,44	0,44	0,41	0,40	0,42

Ek Çizelge 52. Araştırma konularından 2016 yılında elde edilen IWUE ve WP değerleri
(kg da⁻¹mm⁻¹)

Deneme Konuları		IWUE(kg damm ⁻¹)				WP(kg damm ⁻¹)			
Yöntem	I	I	II	III	Ortalama	I	II	III	Ortalama
Damla Sulama	I ₁	0,50	0,50	0,48	0,49	0,46	0,45	0,46	0,46
	I ₂	0,44	0,43	0,40	0,42	0,40	0,38	0,36	0,38
Yağmurlama Sulama	I ₁	0,39	0,41	0,40	0,39	0,36	0,37	0,36	0,36
	I ₂	0,39	0,38	0,37	0,38	0,33	0,34	0,34	0,34
AWD	I ₁	0,50	0,57	0,58	0,55	0,46	0,53	0,54	0,51
	I ₂	0,44	0,42	0,43	0,43	0,37	0,39	0,39	0,39
Geleneksel tava Sulama		0,40	0,40	0,38	0,39	0,38	0,36	0,37	0,37

Ek Çizelge 53. Araştırma konularından 2017 yılında elde edilen IWUE ve WP değerleri
(kg da⁻¹mm⁻¹)

Deneme Konuları		IWUE(kg damm ⁻¹)				WP(kg damm ⁻¹)			
Yöntem	I	I	II	III	Ortalama	I	II	III	Ortalama
Damla Sulama	I ₁	0,50	0,49	0,48	0,49	0,44	0,44	0,43	0,44
	I ₂	0,41	0,41	0,40	0,41	0,35	0,36	0,35	0,35
Yağmurlama Sulama	I ₁	0,42	0,41	0,41	0,41	0,37	0,36	0,36	0,36
	I ₂	0,40	0,41	0,43	0,41	0,34	0,35	0,36	0,35
AWD	I ₁	0,60	0,59	0,58	0,59	0,54	0,53	0,52	0,53
	I ₂	0,40	0,42	0,41	0,40	0,34	0,35	0,34	0,34
Geleneksel tava Sulama		0,42	0,43	0,42	0,42	0,40	0,39	0,39	0,39

Ek Çizelge 54. Damla sulama yönteminin I₁ konusundan yıllara göre elde edilen nakit akış miktarları

Nakit Akışları	Yıllar		
	1	2	3
İşletme Gelirleri	1100,55	1105,20	1303,80
İşletme Giderleri	684,34	593,11	776,88
Net Nakit akışlar	416,21	512,09	526,92

Ek Çizelge 55. Damla sulama yönteminin I₁ konusundan yıllara göre elde edilen net bugünkü değer analizi sonuçları

Yıllar	Net Nakit Akışlar	İndirgeme Oranı %10	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %8	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %5	İndirgenmiş Değerler
1	416,21	1,000	416,21	1,000	416,21	1,000	416,21
2	512,09	0,909	465,49	0,926	431,04	0,952	410,35
3	526,92	0,827	435,76	0,857	373,44	0,907	338,72
Toplam			1.317,46		1.220,70		1.165,28

Ek Çizelge 56. Damla sulama yönteminin I₁ konusundan %10, %8 ve %5 indirim oranlarına göre elde edilen fayda masraf analizi sonuçları

%10 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 10	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	1100,55	684,34	1,000	1100,55	684,34
2	1105,20	593,11	0,909	1004,63	539,14
3	1303,80	776,88	0,827	1078,24	642,48
TOPLAM				3.183,42	1.865,96
F/M	1,706				
%8 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 8	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	1100,55	684,34	1,000	1100,55	684,34
2	1105,20	593,11	0,926	1023,41	549,22
3	1303,80	776,88	0,857	1117,36	665,79
TOPLAM				4.037,57	2.003,97
F/M	1,707				
%5 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 5	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	1100,55	684,34	1,000	1100,55	684,34
2	1105,20	593,11	0,952	1052,15	564,64
3	1303,80	776,88	0,907	1182,55	704,63
TOPLAM				3.335,25	1.953,61
F/M	1,707				

Ek Çizelge 57. Damla sulama yönteminin I₂ konusundan yıllara göre elde edilen nakit akış miktarları

Nakit Akışları	Yıllar		
	1	2	3
İşletme Gelirleri	663,30	658,80	822,05
İşletme Giderleri	642,08	543,77	715,96
Net Nakit akışlar	21,22	115,03	106,09

Ek Çizelge 58. Damla sulama yönteminin I₂ konusundan yıllara göre elde edilen net bugünkü değer analizi sonuçları

Yıllar	Net Nakit Akışlar	İndirgeme Oranı %10	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %8	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %5	İndirgenmiş Değerler
1	21,22	1,000	21,22	1,000	21,22	1,000	21,22
2	115,03	0,909	104,56	0,926	96,83	0,952	92,18
3	106,09	0,827	87,74	0,857	75,19	0,907	68,20
Toplam			213,52		193,24		181,60

Ek Çizelge 59. Damla sulama yönteminin I₂ konusundan %10, %8 ve %5 indirim oranlarına göre elde edilen fayda masraf analizi sonuçları

%10 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 10	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	663,30	642,08	1,000	663,30	642,08
2	658,80	543,77	0,909	598,85	494,29
3	822,05	715,96	0,827	679,84	592,09
TOPLAM				1.941,99	2.345,02
F/M	1,123				
%8 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 8	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	663,30	642,08	1,000	663,30	642,08
2	658,80	543,77	0,926	610,05	503,53
3	822,05	715,96	0,857	704,50	613,58
TOPLAM				1.977,85	1.759,19
F/M	1,124				
%5 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 5	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	663,30	642,08	1,000	663,30	642,08
2	658,80	543,77	0,952	627,18	517,67
3	822,05	715,96	0,907	745,60	649,38
TOPLAM				2.036,08	1.809,13
F/M	1,125				

Ek Çizelge 60. Yağmurlama sulama yönteminin I₁ konusundan yıllara göre elde edilen nakit akış miktarları

Nakit Akışları	Yıllar		
	1	2	3
İşletme Gelirleri	930,60	901,80	1086,50
İşletme Giderleri	637,00	563,14	700,71
Net Nakit akışlar	293,60	338,66	385,79

Ek Çizelge 61. Yağmurlama sulama yönteminin I₁ konusundan yıllara göre elde edilen net bugünkü değer analizi sonuçları

Yıllar	Net Nakit Akışlar	İndirgeme Oranı %10	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %8	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %5	İndirgenmiş Değerler
1	293,6	1,000	293,600	1,000	293,60	1,000	293,60
2	338,66	0,909	307,842	0,926	285,06	0,952	271,38
3	385,79	0,827	319,048	0,857	273,42	0,907	247,99
Toplam			920,490		852,08		812,98

Ek Çizelge 62. Yağmurlama sulama yönteminin I₁ konusundan %10, %8 ve %5 indirim oranlarına göre elde edilen fayda masraf analizi sonuçları

%10 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 10	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	930,60	637,00	1,000	930,60	637,00
2	901,80	563,14	0,909	819,74	511,90
3	1086,50	700,71	0,827	898,54	579,49
TOPLAM				2.648,87	1.728,38
F/M	1,532				
%8 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 8	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	930,60	637,00	1,000	930,60	637,00
2	901,80	563,14	0,926	835,07	521,47
3	1086,50	700,71	0,857	931,13	600,51
TOPLAM				2.696,80	1.758,98
F/M	1,533				
%5 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 5	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	930,60	637,00	1,000	930,60	637,00
2	901,80	563,14	0,952	858,51	536,11
3	1086,50	700,71	0,907	985,46	635,54
TOPLAM				2.774,57	1.808,65
F/M	1,534				

Ek Çizelge 63. Yağmurlama sulama yönteminin I₂ konusundan yıllara göre elde edilen nakit akış miktarları

Nakit Akışları	Yıllar		
	1	2	3
İşletme Gelirleri	607,20	592,20	783,10
İşletme Giderleri	602,09	522,19	672,62
Net Nakit akışlar	5,11	70,01	110,48

Ek Çizelge 64. Yağmurlama sulama yönteminin I₂ konusundan yıllara göre elde edilen net bugünkü değer analizi sonuçları

Yıllar	Net Nakit Akışlar	İndirgeme Oranı % 10	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %8	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %5	İndirgenmiş Değerler
1	5,11	1,000	5,110	1,000	5,11	1,000	5,11
2	70,01	0,909	63,64	0,926	58,93	0,952	56,10
3	110,48	0,827	91,37	0,857	78,30	0,907	71,02
Toplam			160,12		142,34		132,23

Ek Çizelge 65. Yağmurlama sulama yönteminin I₂ konusundan % 10, % 8 ve % 5 indirim oranlarına göre elde edilen fayda masraf analizi sonuçları

%10 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 10	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	607,20	602,09	1,000	607,20	602,09
2	592,20	522,19	0,909	538,31	474,67
3	783,10	672,62	0,827	647,62	556,26
TOPLAM				1.793,13	1.633,02
F/M	1,098				
%8 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 8	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	607,20	602,09	1,000	607,20	602,09
2	592,20	522,19	0,926	548,38	483,55
3	783,10	672,62	0,857	671,12	576,44
TOPLAM				1.826,70	1.662,07
F/M	1,099				
%5 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 5	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	607,20	602,09	1,000	607,20	602,09
2	592,20	522,19	0,952	563,77	497,13
3	783,10	672,62	0,907	710,27	610,07
TOPLAM				1.881,25	1.709,28
F/M	1,100				

Ek Çizelge 66. AWD sulamasının I₁ konusundan yıllara göre elde edilen nakit akış miktarları

Nakit Akışları	Yıllar		
	1	2	3
İşletme Gelirleri	1242,45	1288,80	1662,55
İşletme Giderleri	642,21	576,46	729,04
Net Nakit akışlar	600,24	712,34	933,51

Ek Çizelge 67. AWD sulamasının I₁ konusundan yıllara göre elde edilen net bugünkü değer analizi sonuçları

Yıllar	Net Nakit Akışlar	İndirgeme Oranı %10	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %8	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %5	İndirgenmiş Değerler
1	600,24	1,000	600,24	1,000	600,24	1,000	600,24
2	712,34	0,909	647,52	0,926	599,60	0,952	570,82
3	933,51	0,827	772,01	0,857	661,62	0,907	600,09
Toplam			2.019,77		1.861,46		1.771,15

Ek Çizelge 68. AWD sulamasının I₁ konusundan %10, %8 ve %5 indirim oranlarına göre elde edilen fayda masraf analizi sonuçları

%10 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 10	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	1242,45	642,21	1,000	1242,45	642,21
2	1288,80	576,46	0,909	1171,52	524,00
3	1662,55	729,04	0,827	1374,93	602,92
TOPLAM				3.788,90	1.769,13
F/M	2,143				
%8 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 8	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	1242,45	642,21	1,000	1242,45	642,21
2	1288,80	576,46	0,926	1193,43	533,80
3	1662,55	729,04	0,857	1424,81	624,79
TOPLAM				3.860,68	1.800,80
F/M	2,144				
%5 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 5	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	1242,45	642,21	1,000	1242,45	642,21
2	1288,80	576,46	0,952	1226,94	548,80
3	1662,55	729,04	0,907	1507,93	661,24
TOPLAM				3.977,32	1.852,24
F/M	2,147				

Ek Çizelge 69. AWD sulamasının I₂ konusundan yıllara göre elde edilen nakit akış miktarları

Nakit Akışları	Yıllar		
	1	2	3
İşletme Gelirleri	678,15	682,10	838,45
İşletme Giderleri	622,80	554,61	690,90
Net Nakit akışlar	55,35	127,49	147,55

Ek Çizelge 70. AWD sulamasının I₂ konusundan yıllara göre elde edilen net bugünkü değer analizi sonuçları

Yıllar	Net Nakit Akışlar	İndirgeme Oranı %10	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %8	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %5	İndirgenmiş Değerler
1	55,35	1,000	55,35	1,000	55,35	1,000	55,35
2	127,49	0,909	115,89	0,926	107,31	0,952	102,16
3	147,55	0,827	122,02	0,857	104,57	0,907	94,85
Toplam			293,26		267,24		252,36

Ek Çizelge 71. AWD sulamasının I₂ konusundan %10, %8 ve %5 indirgeme oranlarına göre elde edilen fayda masraf analizi sonuçları

%10 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 10	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	678,15	622,80	1,000	678,15	622,80
2	682,10	554,61	0,909	620,03	504,14
3	838,45	690,90	0,827	693,40	571,37
TOPLAM				1.991,58	1.698,32
F/M	1,172				
%8 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 8	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	678,15	622,80	1,000	678,15	622,80
2	682,10	554,61	0,926	631,62	513,57
3	838,45	690,90	0,857	718,55	592,10
TOPLAM				2.028,33	1.728,47
F/M	1,173				
%5 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 5	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	678,15	622,80	1,000	678,15	622,80
2	682,10	554,61	0,952	649,36	527,99
3	838,45	690,90	0,907	760,47	626,65
TOPLAM				2.087,98	1.777,44
F/M	1,175				

Ek Çizelge 72. Geleneksel tava sulamasında yıllara göre elde edilen nakit akış miktarları

Nakit Akışları	Yıllar		
	1	2	3
İşletme Gelirleri	1328,25	1364,40	1687,15
İşletme Giderleri	718,06	647,84	800,48
Net Nakit akışlar	610,19	716,56	886,67

Ek Çizelge 73. Geleneksel tava sulamasında yıllara göre elde edilen net bugünkü değer analizi sonuçları

Yıllar	Net Nakit Akışlar	İndirgeme Oranı %10	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %8	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %5	İndirgenmiş Değerler
1	610,19	1,000	610,19	1,000	610,19	1,000	610,19
2	716,56	0,909	651,35	0,926	603,15	0,952	574,20
3	886,67	0,827	733,28	0,857	628,42	0,907	569,98
Toplam			1.994,82		1.841,76		1.754,37

Ek Çizelge 74. Geleneksel tava sulamasında %10, %8 ve %5 indirgeme oranlarına göre elde edilen fayda masraf analizi sonuçları

%10 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 10	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	1328,25	718,06	1,000	1328,25	718,06
2	1364,40	647,84	0,909	1240,24	588,89
3	1687,15	800,48	0,827	1395,27	662,00
TOPLAM				3.963,76	1.968,94
F/M	2,013				
%8 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 8	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	1328,25	718,06	1,000	1328,25	718,06
2	1364,40	647,84	0,926	1263,43	599,90
3	1687,15	800,48	0,857	1445,89	686,01
TOPLAM				4.037,57	2.003,97
F/M	2,014				
%5 İndirgeme Oranına Göre Fayda Masraf Analizi					
Yıllar	Gelirler (TL)	Giderler (TL)	İndirgeme Oranı % 5	İndirgenmiş Gelirler	İndirgenmiş Giderler
1	1328,25	718,06	1,000	1328,25	718,06
2	1364,40	647,84	0,952	1298,91	616,75
3	1687,15	800,48	0,907	1530,25	726,04
TOPLAM				4.157,40	2.060,84
F/M	2,017				

Ek Çizelge 75. Damla sulama yönteminin I₁ ve I₂ konularından elde edilen İç karlılık oranları değerleri

Konular									
DI ₁					DI ₂				
Net Nakit Akışları	İndirgeme Oranı %10	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %11	İndirgenmiş Değerler	Net Nakit Akışları	İndirgeme Oranı %10	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %11	İndirgenmiş Değerler
416,21	1	416,21	1	416,21	21,22	1	21,22	1	21,22
512,09	0,909	465,49	0,901	419,41	115,03	0,909	104,57	0,901	94,21
526,92	0,827	435,76	0,812	353,84	106,09	0,827	87,74	0,812	71,24
		1317,46		1189,46			213,52		186,67
İKO: 10,484					İKO: 10,466				

Ek Çizelge 76. Yağmurlama sulama yönteminin I₁ ve I₂ konularından elde edilen İç karlılık oranları değerleri

Konular									
YI ₁					YI ₂				
Net Nakit Akışları	İndirgeme Oranı %10	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %11	İndirgenmiş Değerler	Net Nakit Akışları	İndirgeme Oranı %15	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %16	İndirgenmiş Değerler
293,60	1	293,60	1	293,60	5,11	1,000	5,11	1	5,11
338,66	0,909	307,84	0,901	277,37	70,01	0,909	63,64	0,901	57,34
385,79	0,827	319,05	0,812	259,07	110,11	0,827	91,06	0,812	73,94
		920,49		830,03			159,81		136,39
İKO: 10,474					İKO: 10,460				

Ek Çizelge 77. AWD sulama yönteminin I₁ ve I₂ konularından elde edilen İç karlılık oranları değerleri

Konular									
AWDI ₁					AWDI ₂				
Net Nakit Akışları	İndirgeme Oranı %10	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %11	İndirgenmiş Değerler	Net Nakit Akışları	İndirgeme Oranı %15	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %16	İndirgenmiş Değerler
600,24	1	600,24	1	600,24	55,35	1	55,35	1	55,35
712,34	0,909	647,52	0,901	583,41	127,6	0,909	115,99	0,901	104,51
933,54	0,827	772,04	0,812	626,90	147,55	0,827	122,02	0,812	99,08
		2019,80		1810,55			293,36		258,94
İKO: 10,472					İKO: 10,468				

Ek Çizelge 78. Geleneksel tava sulama yönteminden elde edilen İç karlılık oranları değerleri

Geleneksel Tava Sulama				
Net Naki Akışları	İndirgeme Oranı %15	İndirgenmiş Değerler	İndirgeme Oranı %16	İndirgenmiş Değerler
600,19	1	600,19	1	600,19
716,56	0,909	651,35	0,901	586,87
886,67	0,827	733,28	0,812	595,42
		1984,82		1782,48
İKO: 10,473				

ÖZGEÇMİŞ

Edirne ilinde 1986 yılında doğdu. Lise eğitimini Edirne Lisesi'nde tamamladı. Trakya Üniversitesi Tekirdağ Ziraat Fakültesinde 2005 yılında lisans eğitimine başladı, 2009 yılında Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümünden mezun oldu. Aynı yıl Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında yüksek lisans eğitimine başladı. Yüksek lisans eğitimini 2012 yılında bitirdi ve aynı yıl Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalında doktora eğitimine başladı. 2012 yılı Ekim ayında Atatürk Toprak Su ve Tarımsal Meteoroloji Araştırma Enstitüsünde görev yapmaya başladı.