

Araştırma Makalesi

Eskişehir İli Sera Koşullarında Yetiştirilen Biberin Sulama Programı[&]

Mevlüt YILMAZ¹, İsmail TAŞ^{2*}

¹Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü-Eskişehir

²Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Çanakkale

*: Sorumlu yazar: tas_ismail@yahoo.com

Geliş Tarihi: 24.04.2020 Düzeltme Geliş Tarihi: 08.06.2020 Kabul Tarihi: 09.06.2020

Öz

Tarımsal üretimin, sera gibi kontrollü ortamda sürdürülebilir bir şekilde yapılması, başta çevre kirliliğinin önlenmesi olmak üzere birim alandan en yüksek verim ve kalitenin alınmasında kilit role sahiptir. Üretimde en fazla çevre sorununa neden olan etmenlerin başında yanlış sulama uygulamaları gelmektedir. Bu araştırma, Eskişehir ili sera koşullarında yaygın olarak yetiştiriciliği yapılan biber bitkisinin (*Capsicum annuum* L.) sulama programını oluşturmak amacıyla 2018 ve 2019 üretim sezonunda yürütülmüştür. Deneme, Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü'nün Toprak Su Yerleşkesinde yer alan ısıtmasız PE örtülü serada gerçekleştirilmiştir. Çalışmada ana konuyu 2 ve 4 günlük sulama aralığı oluşturmaktadır. Alt konuları ise 4 farklı sulama suyu seviyesi (Kp1=0.75, Kp2=1.0, Kp3=1.25 ve Kp4=1.50) oluşturmaktadır. A sınıfı buharlaşma kabı kullanılarak sulama suyu miktarları saptanmıştır. Deneme konularına bağlı olarak toplam 440-1064 mm yıl⁻¹ sulama suyu uygulanmıştır. Buna karşılık 461-1115 mm yıl⁻¹ arasında değişim gösteren evapotranspirasyon değerleri hesaplanmıştır. Biber verim değerleri 12.41-15.43 ton da⁻¹ arasında değişim sergilemiştir. Araştırma konularının su kullanım randımanı (WUE) 11.38-22.44 kg da⁻¹ mm⁻¹ ve sulama suyu kullanım randımanı (IWUE) 11.85-23.69 kg da⁻¹ mm⁻¹ arasında değiştiği belirlenmiştir. Çalışma sonunda, Eskişehir İli sera koşullarında biber bitkisinin damla sulama yöntemiyle sulanması durumunda, sulama aralığı olarak 2 günün uygun olduğu belirlenmiştir. Sulama suyu seviyesi olarak da A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen yığılımlı buharlaşma değerinin 1.25 katının biber verimi ve kalitesi açısından uygun olduğu belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Verim, Damla Sulama, WUE, IWUE

Irrigation Scheduling for Pepper Under the Greenhouse Conditions In Eskişehir Province

Abstract

The sustainable production of agricultural production in a controlled environment such as a greenhouse plays a key role in obtaining the highest efficiency and quality from the unit area, especially in the prevention of environmental pollution. Unsuitable irrigation practices are the leading factors that cause the most environmental problems in production. This research was carried out in 2018 and 2019 production season in order to create of irrigation acheduling of pepper (*Capsicum annuum* L.), which is widely grown in greenhouse conditions of Eskişehir. The experiment was carried out in an unheated PE covered greenhouse located in the Soil Water Campus of the Eskişehir Gecit Kusagi Agricultural Research Institute Directorate. The main subject in the study is the irrigation interval of 2 and 4 days. Sub-topics are 4 different irrigation water levels (Kp1 = 0.75, Kp2 = 1.0, Kp3 = 1.25 and Kp4 = 1.50). Amount of irrigation water were determined by using class A pan. Depending on the study subjects, a total of 440-1064 mm year⁻¹ irrigation water was applied. On the other hand, evapotranspiration values varying between 461-1115 mm year⁻¹ were calculated in two years. Pepper yields varied between 12.41-15.43 tons da⁻¹. The research topics were determined to vary between water use efficiency (WUE) 11.38-22.44 kg da-1 mm-1 and irrigation water use efficiency (IWUE) 11.85-23.69 kg da-1 mm-1. At the end of the study, if the pepper plant was irrigated by drip irrigation method in the greenhouse

conditions of Eskisehir, it was determined that the irrigation interval was appropriate for 2 days. It is determined that the 1.25 amount of accumulated evaporation from the class A pan as irrigation water level which is suitable for pepper yield and quality.

Key Word: Yield, Drip Irrigation, WUE, IWUE

Giriş

Dünyadaki nüfusun hızla artması, doğal kaynakların tahrip edilmesi ve küresel iklim değişikliğinin ortaya çıkardığı olumsuz sonuçlar neticesinde; yağışlarda düzensizlikler oluşmuştur. Buna bağlı olarak mevcut su kaynaklarına olan ihtiyacı daha fazla artırmaktadır. Bu artış sebebiyle tarımsal üretim için gerekli olan suyun karşılanamaması gelecek için kaçınılmaz bir sonuç/sorundur. Artan nüfusun gıda gereksiniminin yeterli düzeyde karşılanabilmesi ise gelecekte diğer önemli bir sorundur. Bu nedenle, verimi arttıran ancak uygulanan sulama suyundan tasarruf sağlayan yöntemlerin uygulanması ve geliştirilmesi çok önemlidir. Sulama amacıyla tasarlanan ve doğadaki bitkilerin besin döngüsünün temelini oluşturan; uygulanacak sulama suyu ölçüsü ve bitki su tüketim değerleri hem tarımsal hem de birçok projenin hayata geçirilmesinde en temel bilgiyi oluşturur. Bu sebeple sulama projelerinin uygun bir şekilde planlanması ve işletilmesi yörede yetiştirilen bitkilerin mevsimsel ve sezonluk bitki su tüketimlerinin tam olarak belirlenmesine bağlıdır. (Jensen ve ark. 1990; Burman ve Pochop 1994).

Az yağış olan yerlerde yetiştirilen bitkilerin gelişimini sağlamak ya da istenilen verimi almak için, noksan olan su bitkiye sulama ile verilmesi gerekir. Suya karşı hassas bitkilerin bilhassa sebzelerin sulanmasında birçok faktörün birlikte değerlendirilmesi gereklidir. Sebzelerin sulanmasında; uygun sulama yöntemini, sulama zamanını ve sulama suyu miktarını saptamak oldukça zordur. Oysa geleneksel sulamalarda üreticiler geçmiş yıllardaki deneyimlerinden yararlanarak sulama işini gerçekleştirmektedirler (Taş ve Kırnak, 2011). Gereğinden fazla ya da bilinçsiz yapılan sulamalar; bitki köklerinin gelişmesine ve toprak mikroorganizma faaliyetlerinin üzerine olumsuz etkileri olmakla beraber bitkilerin topraktan ihtiyacı olan gerekli besin maddelerinin alınmasını engellemektedir. Ayrıca aşırı sulama sonucu taban suyunda yükselme, toprak tuzluluğu, bitki verimlerinde azalmalar ve erozyonla toprakların yok olmasına sebep olmaktadır.(Tezcan ve Kaman, 2018). Sera koşullarında klasik damla sulama ile su

yastıklarının karşılaştırıldığı bir çalışmada, Demre çeşidi sivri biberde, beyaz, mavi ve siyah su yastıklarında verim değerleri sırası ile 7.37, 7.4 ve 7.14 ton da⁻¹, damla sulamada ise 5.25 ton da⁻¹ olarak elde edilmiştir. Yalova Çarliston çeşidinde ise bu değerler sırasıyla 5.6, 5.7 ve 6.0 ton da⁻¹ iken, damla sulamada ise 4.47 ton da⁻¹ olarak belirlenmiştir. Ayrıca, mevsimlik bitki su tüketim değerleri, su yastıklarında 461 mm ve damla sulamada ise 584 mm olarak belirlenmiştir (Demirkaya ve Gerçek, 2013). Tezcan ve Kaman (2018) Antalya'da serada üretici koşullarını simule ederek iki farklı biber çeşidinde yaptıkları çalışmada toplam 927 mm'lik sulama suyu uygulamışlardır. Denemede kullanılan Köylüm F1 çeşidinde 5.9 ton da⁻¹ ve Özgülcan F1 çeşidinde ise 5 ton da⁻¹ verim elde edildiği bildirilmektedir. Sulama suyu miktarının belirlenmesi; bilhassa suyun iktisatlı kullanımının zorunlu olduğu kurak ve yarı kurak yörelerde daha fazla önem arz etmektedir. Sulamada istenen faydanın sağlanabilmesi için, şartlara uygun sulama metodunun seçilmesi, bu metodun icap ettirdiği sulama yönteminin tasarlanması, tesis edilmesi, yöntemin şartlara ve hedeflere uygun bir biçimde bitkinin gereksinim duyduğu suyu, zamanında verilmesi gerekmektedir. Eskişehir'de sebze tarımı yapılan alanlarda domates ve hıyardan sonra biber yetiştiriciliği üçüncü sırada yer almaktadır. Yalnız bölge çiftçisinin sulama ve sulama programı mevzusunda kafi derece de bilgisi olmaması sebebiyle beklenen randıman ve nitelikli ürün alamamaktadır.

Bu çalışma ile Eskişehir yöresinde, serada yetiştirilen biber bitkisinin sulama programı oluşturularak farklı sulama suyu miktarlarının, biber verim ve kalitesine olan etkileri incelenmiştir.

Materyal ve Metot

Materyal

Araştırmanın Alanı ve İklim Özellikleri

Deneme, Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü, Toprak Su Yerleşkesinde (39°46' K, 30°36' D ve rakım: 785 m) yürütülmüştür. Eskişehir ilinde iklim, karasal iklim özelliğinde olup, yazlar kurak ve sıcak, kışlar ise soğuktur. Eskişehir Meteoroloji İl Müdürlüğünden elde edilen uzun yıllar (1927-

2017) bazı meteorolojik parametrelerin ortalaması Çizelge 1'de verilmiştir. Çizelgeden anlaşılacağı üzere; yıllık sıcaklık ortalaması, 12.6°C'dir. En soğuk ay 2.95°C ile Ocak ayı, en sıcak ay ise 22.7°C ile Ağustos ayıdır. Ortalama yıllık yağış miktarı 353 mm'dir. Ortalama oransal nem %68 civarındadır. Oransal nem değerleri çoğunlukla kış aylarında yüksek olarak gerçekleşirken havanın ısınması sonucu yaz aylarında düşüş göstermektedir. Yıllık ortalama rüzgar hızı 3.08 m s⁻¹ ve ortalama güneşlenme süresi en fazla Temmuz ayında 11.2 saat ve

yıllık ortalaması ise 6.68 saat olarak gerçekleşmektedir.

Denemenin yapıldığı 2018 ve 2019 yıllarında araştırma alanına yakın iklim istasyonunda ölçülen sıcaklık, yağış ve nem parametreleri dikkate alındığında, uzun yıllar ortalamasının üzerinde olduğu belirlenmiştir. En soğuk ay olan ocakta, 2018 yılında 1.6 °C ve 2019 yılında ise Şubat ayında 3.4 °C olarak sıcaklık ölçülmüştür. Yağış olarak 2018 yılında 440.6 mm ve 2019 yılında ise 376.2 mm olarak ölçülmüştür. Nem oranı ise 2018 yılında yıllık ortalama %74.4 ve 2019 yılında ise %71.9 olarak ölçülmüştür.

Çizelge 1. Eskişehir ili uzun yıllar meteorolojik verileri (1927-2017)

Parametre	Ocak	Şubat	Mart	Nisan	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos	Eylül	Ekim	Kasım	Aralık	Yıllık
Ort. Sıcaklık (°C)	-0.2	1.2	4.9	10.2	15.0	18.8	21.5	21.4	17.1	11.9	6.4	2.0	10.9
Ort. Buhar Basıncı (Mb)	923	917	919	921	922	921	920	922	923	888	825	825	902.1
Ort. Oransal Nem (%)	82	78	71	64	64	60	55	56	60	68	76	82	68
Top. Yağış Ort. (mm)	40.1	32.8	35.1	38.6	44.6	33.1	12.8	8.7	15.8	28.2	30.2	46.0	366
Ort. Rüzgar Hızı (m saniye ⁻¹)	3.8	3.9	3.4	2.9	3.0	3.2	3.5	3.4	2.9	2.5	2.1	3.2	3.08
Ort. Güneşlenme Süresi (saat)	2.6	3.8	5.3	6.4	8.5	10.2	11.2	10.7	8.7	6.2	4.3	2.3	6.68
2018													
Ort. Sıcaklık (°C)	1.6	5.8	9.3	13.8	16.7	19.9	22.2	23	18.5	13.2	7.8	2.3	15.3
Top. Yağış (mm)	29.9	41.6	41.1	9.5	92.5	73.8	60.1	14.6	1	10.3	20.3	45.9	440.6
Oransal Nem (%)	86.3	82.4	73.2	61.6	74.9	69.6	65.7	63.1	65.6	77.4	82.4	91	74.4
2019													
Ort. Sıcaklık (°C)	4.3	3.4	6.3	9.5	16.5	20.9	21.3	22.3	18.1	14.2	7.9	2.5	12.3
Top. Yağış (mm)	60.2	50.1	13.4	23.7	42.2	45.7	33.5	2.4	4	18	22.8	60.2	376.2
Oransal Nem (%)	91	79.6	64.5	69.3	65.1	67.9	62.3	61	62.1	70.1	76.2	93.9	71.9

Toprak Özellikleri

Araştırma topraklarının sulama açısından önemli olan özellikleri Tüzüner (1990)'da verilen yöntemlerle analiz edilmiş Çizelge 2'de sunulmuştur. Deneme alanını topraklarının organik madde miktarları %0.73-1.11 arasında, tarla kapasitesi %34.2-39.52, solma noktası %22.10-24.73 ve hacim ağırlıkları ise 0.98-1.0 g

cm⁻³ aralığında değişim sergilemektedir. Toprak pH'sı 7.9-8.1 arasındadır. Toprağın elektriksel iletkenlik değeri (ECe) 0.6-0.7 dS/m arasında değişim sergilemektedir. Deneme sahasında çift silindir infilometre yöntemiyle ile yapılan infiltrasyon testi sonucunda toprağın infiltrasyon hızı 11 mm/h olarak saptanmıştır.

Çizelge 2. Araştırma yeri toprakların bazı fiziksel özellikleri

Parametre	Derinlik (cm)			
	0-30	30-60	60-90	90-120
pH	7.8	7.9	7.9	7.8
Toplam Tuz (%)	0.134	0.132	0.128	0.121
EC (dS/m)	0.7	0.6	0.6	0.6
CaCO ₃	21.71	24.61	28.95	29.05
Org. Mad. (%)	1.01	0.73	1.08	1.11
Bünye	Kum (%)	30	32	29
	Silt (%)	27	34	22
	Kil (%)	43	34	49
	Bünye Sınıfı	C	C	C
Tarla Kapasitesi (%)	39.52	38.15	36.4	34.2
Solma Noktası (%)	24.73	24.19	22.2	22.1
Hacim Ağırlığı (g cm ⁻³)	0.98	1.0	0.99	0.99

Sulama Suyu Özellikleri

Araştırmada kullanılan sulama suyu Enstitü arazisi içerisinde mevcut derin kuyudan sağlanmıştır. Kullanılan sulama suyu Tüzüner (1990)'da verilen yöntemlerle analiz edilmiş ve

bazı kimyasal özellikleri Çizelge 3'de verilmiştir. Sulama suyunun elektriksel iletkenlik (ECi) değeri 1 dS m⁻¹, pH: 7.4 ve Sodyum Adsorbsiyon Oranı (SAR) 1.24 olarak belirlenmiştir.

Çizelge 3. Deneme Alanında Kullanılan Sulama Suyuna Ait Bazı Analiz Sonuçları

Kasyonlar (meq l ⁻¹)		Anyonlar (meq l ⁻¹)		Diğer bazı analiz sonuçları	
Na ⁺	2.65	CO ₃ ⁻²	0.0	pH	7.4
K ⁺	0.03	HCO ₃ ⁻	4.40	EC (dS/m)	1.00
Ca ⁺²	4.15	Cl ⁻	1.45	B (mg/l)	0.0
Mg ⁺²	4.90	SO ₄ ⁻²	5.88	RSC	-
Toplam	11.73		11.73	SAR	1.24

Araştırmada Kullanılan Malzeme ve Ekipmanlar

Sulama sistemi: Araştırmada kullanılan damla sulama sistemi; pompa birimi, kontrol birimi ve su iletim hatlarından oluşmuştur. Kontrol birimi; gübre tankı, kum çakıl filtresi, elek filtresi, manometre, vanalar ve dozaj pompasından meydana gelmiştir. İletim birimi; ana boru, lateral borular ve damlatıcılardan oluşmuştur. Sistemde; ana boru hattı olarak 75 mm çaplı, 6 atm. basınca dayanıklı PE borular, lateral hatlarda 16 mm çapında, 0.5 mm et kalınlığında çok yıllık kullanımlı PE borular kullanılmıştır. Lateral borular ise 40 cm de bir damlatıcı olmak üzere, 1 atm çalışma basıncında saatte 4 litre su verebilen, lateral üzerine boylamasına geçik (in-line) basınç ayarlı damlatıcılar kullanılmıştır. **A Sınıfı Buharlaşma Kabı:** Denemede, buharlaşma miktarları, zeminden 15 cm yüksekte olacak şekilde bir ahşap iskele üzerine yerleştirilmiş, 120.7 cm çapında, 25.5 cm yüksekliğinde, galvanizli çelikten yapılmış üstü açık bir silindirik şekilde olan A sınıfı buharlaşma kabından yararlanılmıştır. Buharlaşma miktarı, kabın üst seviyesinden itibaren 5 cm'lik kısmı boş kalacak şekilde su ile doldurulan kaptan eksilen su miktarı, havuz içerisindeki ölçüm çubuğunun üst seviyesine kadar su ilave edilerek ölçülmüştür. İlave edilen su miktarı, mm birimi cinsinden günlük buharlaşma miktarı olarak kabul edilmiştir. **Bitki Çeşidi:** Araştırmada sivri biber (*Capsicum annuum* L.) çeşidi kullanılmıştır. **Sera:** Araştırmada kullanılan sera, ısıtmasız ve 14x21x3.5 m ebatlarında polietilen örtülü olup toplam 1029 m² alana sahiptir.

Metot

Araştırma, iki sulama aralığı (2 ve 4 gün) ile 4 ayrı sulama düzeyi (Kp1=0.75, Kp2=1.0,

Kp3=1.25, Kp4=1.50) konuları dikkate alınarak tesadüf blokları deneme deseninde üç tekerrürlü olarak 2018 ve 2019 yıllarında iki sezon boyunca yürütülmüştür. Ana parselleri sulama aralığı ve alt parselleri ise sulama suyu seviyeleri oluşturmuştur. Parseller ve bloklar aralarında 1.2 m boşluk kalacak şekilde düzenlenmiştir. Fideler 50 cm de bir sıra arası ve 40 cm de bir sıra üzeri olacak şekilde dikim yapılmıştır. Konulara ait tekerrürler; parsel alanları 4'er m² ve her parselde 30'ar bitki olacak şekilde dizayn edilmiştir. Hasatta her bir parselin kenarındaki 18'er bitki kenar etkisi olarak ayrılmış olup, artakalan 12 bitkiden yapılan hasat dikkate alınmıştır. Araştırma konuları bloklara rastgele dağıtılmıştır (Yurtsever 1984).

Tarımsal İşlemler

Sera toprağı, Mart ayında rotovatorle sürüm işlemi yapılarak fidelerin şaşırtılmasına hazır hale getirilmiştir. Toprak hazırlama işlemi tamamlandıktan sonra fideler deneme desenine göre, mart ayında parsellere şaşırtılmıştır. Araştırma süresince toplam her ana parselde 3500 g A.N %33, 540 g MAP, 600 mg wuxal, 100 ml TKİ humas ve 100 ml sıvı kükürt gübre uygulaması yapılmıştır. Yabancı otlarla mücadele çapalama yöntemiyle yapılmış olup, hastalık ve zararlılarla karşı (yaprak biti, akar v.b.) konu uzmanlarının önerileri doğrultusunda tarımsal ilaçlar kullanılmıştır.

Uygulanan Sulama Suyu Miktarı

Araştırmada damla sulama yöntemi kullanılmıştır. İlk sulamada topraktaki var olan nemi tarla kapasitesi düzeyine çıkaracak şekilde sulama suyu tatbik edilmiş ve akabinde fide kökleri gelişinceye kadar (iki hafta müddetince) bütün konulara eşit miktarda (81 mm) sulama

suyu tatbik edilmiştir. Bitkilerin adaptasyonu sağlandıktan sonra konulu sulamalara geçilmiştir. Sulama suyu miktarı, sera içerisine yerleştirilen A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen yığılımlı açık su yüzeyi buharlaşma değerlerinden yararlanılarak belirlenmiştir. Sulama suyu miktarı hesaplanmasında aşağıdaki eşitlikten yararlanılmıştır (Kanber ve ark., 1994).

$$I = E_{pan} \cdot k_p \quad (1)$$

Eşitlikte; I, Parsele uygulanan sulama suyu (mm), E_{pan} , Açık su yüzeyinden meydana gelen birikimli buharlaşma miktarı (mm), k_p , deneme konusuna ilişkin pan katsayısını ifade etmektedir. Verilen sulama suyu uygulama süresinin hesaplanmasında aşağıdaki eşitlik kullanılmıştır (Eylen ve ark., 1986).

$$T = \frac{I \cdot A}{q \cdot n} \quad (2)$$

Eşitlikte; T, sulama suyu uygulama süresi (saat), I, uygulanacak sulama suyu miktarı (mm), A: parsel alanı (m²), q: işletme basıncındaki damlatıcı debisi (litre saat⁻¹), n: parseldeki damlatıcı sayısı (adet).

Bitki su tüketiminin belirlenmesi

Araştırmada gerek sulama suyu hesaplanmasında gerekse bitki su tüketiminin hesaplanmasında etkili kök derinliği olarak 60 cm toprak derinliği dikkate alınmıştır (Walker ve Skogerboe 1987).

$$ET = I + P + C_p - D_p \pm R_f \pm \Delta S \quad (3)$$

Eşitlikte; ET, bitki su tüketimi (mm), I, periyot boyunca uygulanan sulama suyu miktarı (mm), P, periyot boyunca düşen yağış (mm), C_p , kılcal yükselişle kök bölgesine giren su miktarı (mm), D_p , derine sızma kayıpları (mm), R_f , deneme parsellerine giren ve çıkan yüzey akış miktarı (mm), ΔS , kök bölgesindeki toprak nemindeki değişimi (mm) ifade etmektedir.

Araştırma sahasında taban suyu olmadığından, kılcal hareketle bitki kök bölgesine su girişi olmadığı farz edilerek C_p değeri dikkate alınmamıştır. Basıncı sulama sistemi kullanıldığı için yüzey akış miktarları ve kontrollü sera ortamı olması nedeniyle de yağış değerleri de ihmal edilmiştir (Kanber 1997). D_p değerini kontrol etmek maksadıyla profilin 30, 60, 90 ve 120 cm derinliklerinden yaklaşık ayda bir sefer toprak örnekleri alınarak izleme yapılmıştır.

Sulama programlarının değerlendirilmesi

Araştırma neticesinde elde edilen verilerin ekonomik olarak değerlendirilebilmesi için, uygulanacak sulama suyu ve bitki su tüketimi değerleri ile hasat verimi arasındaki bağlantıdan faydalanılarak su-üretim işlevi aşağıdaki eşitliklerle hesaplanmıştır (Howell ve ark. 1990).

$$WUE = \frac{E_y}{ET} \quad (4)$$

$$IWUE = \frac{E_y}{I} \quad (5)$$

Eşitliklerde; WUE: su kullanım randımanı (kg da⁻¹mm⁻¹); E_y : ekonomik verim (kg da⁻¹); ET: bitki su tüketimi (mm); IWUE: sulama suyu kullanım randımanı (kg da⁻¹mm⁻¹) ve I: toplam sulama suyu miktarını (mm) ifade etmektedir.

İstatistiksel analizler

Araştırmada bulunan verilerin istatistikî değerlendirmelerinde, sulama düzeyi ile verim ve verim faktörleri arasındaki bağlantının değerlendirilmesinde Jump paket programından faydalanılmıştır.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

Bitki Su Tüketimi

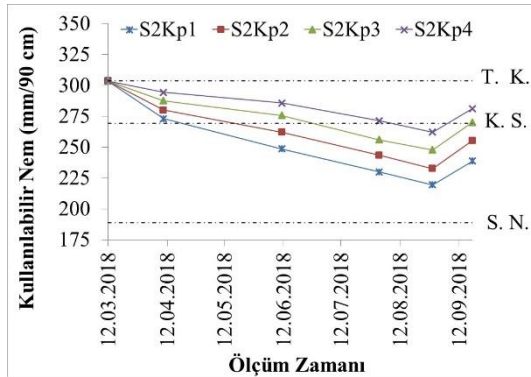
Araştırma süresince deneme konularına tatbik edilen sulama suyu oranları ve konuların bitki su tüketim değerleri Çizelge 4'de gösterilmiştir. Üretim sezonunda bitkilere 2018 yılında 532-1064 mm ve 2019 yılında ise 440-881 mm arasında değişen miktarlarda sulama suyu uygulanmıştır. Bitki su tüketim değerleri ise konulara uygulanan sulama suyu miktarına ve sulama aralığına bağlı olarak değişmiş olup 2018 yılında 556-1115 mm ve 2019 yılında ise 461-914 mm arasında gerçekleşmiştir. Sulama suyu düzeyleri dikkate alındığında en az uygulama Kp1 konularında olup 2018 yılında 532 mm ve 2019 yılında 440 mm sulama suyu uygulanmıştır. En fazla sulama suyu ise Kp4 konularında gerçekleşmiş olup 2018 yılında 1064 mm ve 2019 yılında ise 881 mm sulama suyu uygulanmıştır. En yüksek bitki su tüketim değerleri her iki üretim yılında da en fazla sulama suyu uygulanan Kp4 konularından (2018 yılında 1115 mm ve 2019 yılında 914 mm), en düşük bitki su tüketimi ise Kp1 konularından (2018 yılında 556 mm ve 2019 yılında 461 mm) elde edilmiştir.

Çizelge 4. Deneme konularında serada yetiştirilen biberin sezonluk su tüketimi (mm)

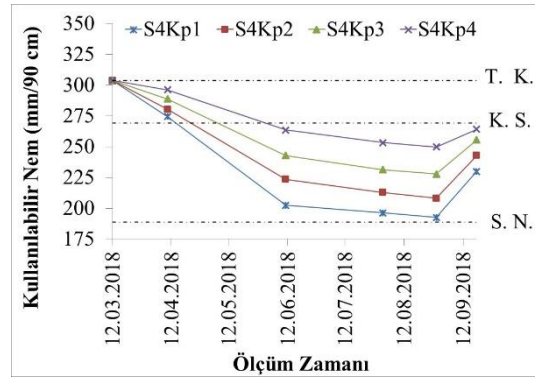
Konular	Uygulanan Sulama Suyu Miktarı (mm)		Bitki Su Tüketimi (mm)	
	2018	2019	2018	2019
S2Kp1	532	440	562	461
S2Kp2	709	587	746	616
S2Kp3	886	734	931	763
S2Kp4	1064	881	1115	914
S4Kp1	532	440	556	463
S4Kp2	709	587	744	615
S4Kp3	886	734	925	762
S4Kp4	1064	881	1102	910

Her iki araştırma yılında da her sulama konusundan, sulama öncesi 120 cm derinlikten toprak örneği alınmış ve bunlardan yararlanılarak etkili kök bölgesi (90 cm) nem değişim grafikleri hazırlanmıştır. 2018 yılı için her iki sulama aralığına ait hazırlanan nem değişim grafiği Şekil 1’de gösterilmiştir. Söz konusu grafikten de görüldüğü gibi elverişli kapasitenin %30’nun tüketildiği koşullarda iki günlük sulama aralığında tüm konular denemenin sonuna doğru bir dönem kritik seviyenin (KS) altına inmişlerdir. Ancak S2Kp4

konusu denemenin sonuna doğru (Ağustos sonuna doğru çok kısa bir süre) kritik seviyenin altına inmiştir. Ancak Eylül başında tekrar kritik seviyenin üzerine çıkmıştır. S2Kp3 konusunda, Temmuz başından kritik seviyenin altına inerek toprak nemi Eylül başında kritik seviyeye yükseliyor. Benzer değişim S2Kp2 ve S2Kp1 konularında da bulunmaktadır. Söz konusu her iki konuda da Mayıs ayından itibaren kök bölgesi nemi kritik seviyenin altında seyretmiş ancak söz konusu konular araştırma sonunda kritik seviyeye ulaşamamıştır.



Sulama aralığı 2 gün olan konu



Sulama aralığı 4 gün olan konu

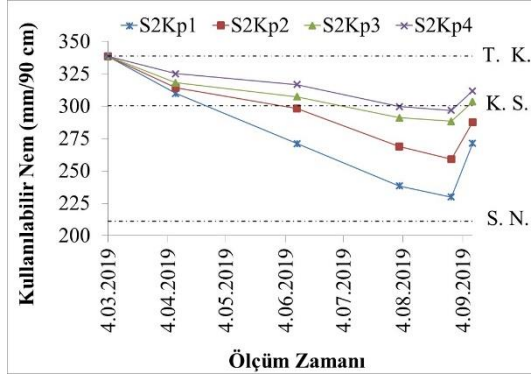
Şekil 1. 2018 yılı sulamalar öncesi toprak nemindeki değişimi

Dört günlük sulama aralığında da durum iki günlük sulama aralığındakine benzerdir. Bu sulama aralığında S4Kp1 ve S4Kp2 konuları Nisan sonu itibarıyla kritik seviyenin altına inmiştir. S4Kp3 konusu Mayıs itibarıyla ve S4Kp4 konusu da Haziran ayı itibarıyla kritik seviyenin altına düşmüştür. Dört günlük sulama aralığında Eylül başı itibarıyla S4Kp1 konusu solma noktasına değin düşerken, bitki kök bölgesi nem açığı S4Kp2 konusunda da solma noktasına kadar yaklaşmıştır. Bu durumun en önemli nedeni söz konusu dönemde sıcaklıklar ve dolayısıyla bitki su tüketiminin artmasıdır. Araştırmada 2019 yılında belirlenen kök bölgesi

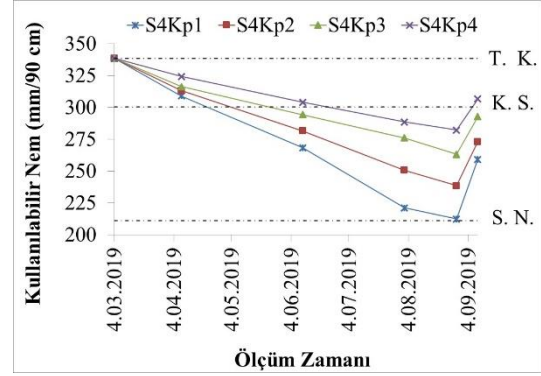
nem değişimleri 2018 yılındaki değişime benzemektedir. İki günlük sulama aralığındaki S2Kp4 konusu, Ağustos sonuna doğru kritik seviyeye kadar düşmüş, sonrasında tekrar yükselmiştir. S2Kp3 konusu da Temmuz ayından itibaren kritik seviyenin hemen altına inmiş ancak S2Kp4 konusunda olduğu gibi denemenin sonuna doğru Eylül ayında kritik seviyenin üzerine çıkmıştır. S2Kp2 ve S2Kp1 konularındaki değişimde 2018 yılındakine benzer şekilde gerçekleşmiştir. S2Kp1 konusunda Nisan ortasında S2Kp2 konusunda ise Haziran ayı itibarıyla kritik seviyenin altına inmiş ve özellikle S2Kp1 konusu solma noktasına yaklaşmıştır.

Dört günlük sulama aralığında ise konular 2018 yılındaki dört günlük sulama aralığındaki konulara benzer şekilde bir değişim göstermiştir. Haziran ortası itibariyle tüm sulama suyu konuları kritik seviyenin altına inmişlerdir. En yüksek düşüş 2018 yılında olduğu gibi S4Kp1 ve S4Kp2 konularında oluşmuştur. Genel olarak değerlendirildiğinde her iki deneme yılında stres koşulları dikkate

alındığında, iki günlük sulama aralığındaki bitkiler, dört günlük sulama aralığında olanlara göre daha az strese girdikleri belirlenmiştir. Sulama suyu seviyeleri dikkate alındığında ise her iki sulama aralığında da Kp1 ve Kp2 konuları solma noktasına yaklaşırken Kp4 ve Kp3 konuları kritik seviye civarında değişim sergilemiştir.



Sulama aralığı 2 gün olan konu



Sulama aralığı 4 gün olan konu

Şekil 2. 2019 Yılı sulamalar öncesi toprak nemindeki değişim

Şekil 1 ve 2'deki grafiklerden açık bir şekilde görüldüğü gibi; bitkinin su tüketiminin yüksek olduğu aylarda doğal olarak toprak nemi hızla azalmaktadır. Su stresi açısından en az baskının olduğu konu S2Kp4 ve S2Kp3 konuları olduğu belirlenmiştir. Elde edilen sonuçlar, başka araştırmacılar (Kang ve ark., 2001 ve Taş ve Kırnak, 2011) tarafından elde edilen sonuçlarla uyum göstermektedir.

Su Kullanım Randımanı

Su kullanım randımanı en yüksek değeri S2Kp1 konusunda $22.44 \text{ kg da}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ile 2019 yılında, en düşük değeri ise yine 2019 yılında S4Kp4 konusunda $11.38 \text{ kg da}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ belirlenmiştir (Çizelge 5). Sulama suyu seviyeleri dikkate alındığında en yüksek WUE değerleri (2018 yılında $21.56 \text{ kg da}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ve 2019 yılında da $22.44 \text{ kg da}^{-1} \text{ mm}^{-1}$) Kp1 konusundan elde edilmiştir. Sulama aralığı bakımından 2 günlük sulama aralığındaki Kp1 konusu dört günlük sulama aralığından az bir farkla yüksek olarak belirlenmiştir.

Ayrıca sulama suyu kullanım etkinliğinde en yüksek değer 2018 yılında S2Kp1 konusunda $22.76 \text{ kg da}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ve 2019 yılında aynı konuda $23.69 \text{ kg da}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ olarak belirlenmiştir. En düşük IWUE değeri ise 2018 yılında S2Kp4 konusunda $11.93 \text{ kg da}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ ve 2019 yılında S4Kp4 konusunda $11.85 \text{ kg da}^{-1} \text{ mm}^{-1}$ olarak

belirlenmiştir. Çalışmadan elde edilen WUE ve IWUE değerleri, Taş ve Kırnak (2011)'in Şanlıurfa'da tarla koşullarında yapmış oldukları çalışmadan elde edilen sonuçlar ile ve Demirkaya ve Gerçek (2013)'in Kayseri'de sera şartlarında yapmış oldukları çalışmadan elde ettikleri sonuçlardan yüksek olarak belirlenmiştir. Şanlıurfa koşullarındaki çalışma, tarla şartlarında bölgedeki yaygın yetiştiriciliği yapılan biber popülasyonunun kullanılmasından dolayı, Kayseri koşullarında yapılan çalışmada ise sulama uygulamaları ile çeşit farklılığından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Verim

Çalışma konularından her iki araştırma yılından elde edilen verim değerleri istatistiki olarak karşılaştırılmıştır. Elde edilen sonuçlar yıllar bazında karşılaştırıldığında istatistiksel anlamda bir farkın olmadığı belirlenmiştir. Ancak uygulama konuları arasındaki fark %1 önem seviyesinde anlamlı bulunmuştur. Bu öneme bağlı olarak yapılan Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları grup ortalamalarıyla birlikte Çizelge 6'da gösterilmiştir. İki yıllık ortalama değerler dikkate alındığında en yüksek verim S2Kp3 konusundan $15.43 \text{ ton da}^{-1}$ olarak elde edilmiştir. Bunu S2Kp2 konusu $14.86 \text{ ton da}^{-1}$ olarak takip etmektedir. En düşük verim S4Kp1 ($11.83 \text{ ton da}^{-1}$) ve S2Kp1 ($12.41 \text{ ton da}^{-1}$)

konularında elde edilmiştir. S2Kp4 konusuna uygulanan sulama suyu fazlalığının verimde düşüğe neden olduğu belirlenmiştir. Fazla su nedeniyle, bitki kök bölgesinin yeterli oranda havalanmaması ve besin elementlerinin yıkanması nedeniyle söz konusu verimde düşüğe neden olduğu düşünülmektedir. Çalışmanın yapıldığı koşullarda, sulama suyu

seviyesinin, A sınıfı buharlaşma kabından olan buharlaşmanın iki günlük toplam değerinin %75'inin ve %150'sinin uygulandığı koşullarda verimde ciddi kayıplar oluşmaktadır. Dört günlük sulama aralığı dikkate alındığında ise durum farklıdır. En yüksek verim Kp4 konusundan 13.88 ton da⁻¹ olurken bunu Kp2 ve Kp3 konuları takip etmektedir.

Çizelge 5. Su Kullanım ve Sulama Suyu Kullanım Randımanları

Konular	WUE (kg da ⁻¹ mm ⁻¹)		IWUE (kg da ⁻¹ mm ⁻¹)	
	2018	2019	2018	2019
S2Kp1	21.56	22.44	22.76	23.69
S2Kp2	19.85	19.82	20.90	20.87
S2Kp3	16.51	16.51	17.36	17.35
S2Kp4	11.38	12.16	11.93	12.74
S4Kp1	21.15	21.15	22.11	22.10
S4Kp2	17.33	16.75	18.18	17.58
S4Kp3	14.98	14.87	15.64	15.52
S4Kp4	11.69	11.44	12.11	11.85

Çalışma sonunda elde edilen verim değerleri dikkate alındığında, hem Demirkaya ve Gerçek (2013)'in Kayseri ilinde sera şartlarında yapmış oldukları çalışmadan hem de Taş ve Kırnak (2011)'in Şanlıurfa koşullarında açık arazide yapmış oldukları çalışmadan elde ettikleri sonuçlardan ve Tezcan ve Kaman (2018)'in Antalya'da sera koşullarında yapmış oldukları çalışmadan yüksek olarak belirlenmiştir. Kayseri koşullarında yapılan çalışmada sulama uygulamalarındaki, çeşitteki ve toplam üretim periyodundaki farklılıklardan

kaynaklandığı düşünülmektedir. Şanlıurfa ilinde yürütülen çalışma açık arazi koşullarının yanında bölgedeki yaygın yetiştiriciliği yapılan biber popülasyonunun kullanılmasından kaynaklandığı düşünülmektedir. Ayrıca, Tezcan ve Kaman (2018)'in Antalya ilinde sera koşullarında yapmış oldukları çalışmada başta kullanmış oldukları sulama ve gübreleme programına ek olarak kullandıkları çeşit farklılıklarından meydana geldiği düşünülmektedir.

Çizelge 6. Deneme konularından elde edilen iki yıllık ortalama verimler

Konular	Verim (ton/da)
S2Kp1	12.41 ^c
S2Kp2	14.86 ^{ab}
S2Kp3	15.43 ^a
S2Kp4	13.18 ^{bc}
S4Kp1	11.83 ^c
S4Kp2	12.82 ^{bc}
S4Kp3	12.75 ^{bc}
S4Kp4	13.88 ^{abc}

Bitki Boyu

Çalışma konularında ölçülen bitki boyları yapılan istatistiksel analiz sonucunda her iki araştırma yılından elde edilen sonuçların, yıllar bazında farklı olmadığı belirlenmiştir. Ancak uygulama konuları arasındaki fark, %1 önem seviyesinde önemli olarak belirlenmiştir.

Deneme konularından elde edilen verilere yapılan Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları ve konuların grup ortalamaları ile birlikte Çizelge 7'de verilmiştir. İki yıllık ortalama değerler dikkate alındığında en yüksek bitki boyu S2Kp3 konusunda 121.17 cm olarak ölçülmüştür. Bunu S2Kp4 konusu 98.17 cm

olarak takip etmektedir. En düşük bitki boyu S4Kp1 konusunda 59.17 cm olarak belirlenmiştir. İki günlük sulama aralığında 3 farklı sınıf oluşurken dört günlük sulama aralığında iki farklı sınıf yer almıştır. Verimde olduğu gibi bitki boyu bakımından da S2Kp4 konusuna uygulanan sulama suyu fazlalığı bitki boyunu azaltmıştır. Benzer azalma dört günlük

sulama aralığında da görülmektedir. S4Kp4 konusunda iki yıllık ortalama 76.50 cm olarak ölçülen bitki boyu S4Kp3 konusunda ortalama 80 cm olarak belirlenmiştir. Elde edilen bu sonuçlar Taş ve Kırnak (2011) ile Tezcan ve Kaman (2018)'in elde ettikleri sonuçlarla uyum göstermektedir.

Çizelge 7. Deneme konularında ölçülen iki yıllık ortalama bitki boyları

Konular	Bitki Boyu (cm)
S2Kp1	77.00 ^c
S2Kp2	93.67 ^b
S2Kp3	121.17 ^a
S2Kp4	98.17 ^b
S4Kp1	59.17 ^d
S4Kp2	72.67 ^c
S4Kp3	80.00 ^c
S4Kp4	76.50 ^c

Meyve Çapı

Çalışma konularından ölçülen meyve çaplarına yapılan istatistiksel analiz sonucunda her iki araştırma yılından elde edilen sonuçların, yıllar bazında farklılık göstermediği belirlenmiştir. Uygulama konuları arasında belirlenen farklılık, %1 önem seviyesinde istatistiksel açıdan anlamlı olarak belirlenmiştir. Deneme konularından elde edilen verilere yapılan Tukey çoklu karşılaştırma test sonuçları ve konuların grup ortalamaları ile birlikte

Çizelge 8'de verilmiştir. İki yıllık ortalama değerler dikkate alındığında en yüksek meyve çapı S2Kp3 konusunda 19.07 mm olarak belirlenmiştir. Bunu S2Kp4 konusu 17.50 mm ile takip etmektedir. En düşük meyve çapı S4Kp1 konusunda 15.83 mm olarak belirlenmiştir. Genel olarak artan sulama aralığı meyve uzunluğunda azalmaya neden olmuştur. Çalışmadan elde edilen sonuçlar Tuna (2014)'nın Tekirdağ ilinde açık alanda yapmış olduğu çalışma ile uyum göstermektedir.

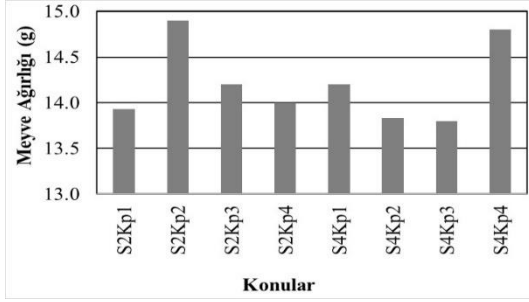
Çizelge 8. Deneme konularında ölçülen iki yıllık ortalama meyve çapları

Konular	Meyve Çapı (mm)
S2Kp1	16.40 ^{ab}
S2Kp2	16.03 ^b
S2Kp3	19.07 ^a
S2Kp4	17.50 ^{ab}
S4Kp1	15.83 ^b
S4Kp2	16.00 ^b
S4Kp3	15.90 ^b
S4Kp4	16.60 ^{ab}

Meyve Ağırlığı

Çalışma konularından ölçülen meyve ağırlıklarına yapılan istatistiksel analiz sonucunda her iki araştırma yılından elde edilen sonuçların, yıllar ve konular arasında farklılığın olmadığı belirlenmiştir. Deneme konularından elde edilen ortalama meyve ağırlığı verilerinden yararlanılarak hazırlanan grafik Şekil 5'de verilmiştir. İki yıllık ortalama değerler dikkate alındığında en yüksek meyve ağırlığı S2Kp2 konusunda 14.9 g olarak hesaplanmıştır. Bunu

S4Kp4 konusu 14.8 g ile takip etmektedir. En düşük meyve ağırlığı S4Kp2 ve S4Kp3 konularında 13.8 g olarak belirlenmiştir. Sulama aralığı ve sulama suyu seviyelerindeki değişim meyve ağırlıklarında anlamlı sayılabilecek bir değişim meydana getirmemiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlar Tuna (2014)'nın Tekirdağ ilinde açık alanda yapmış olduğu çalışmadan elde ettiği sonuçlarla uyum göstermektedir.



Şekil 5 Meyve ağırlığındaki iki yıllık ortalama verilere göre değişim

Sonuçlar

Bitkisel üretimde doğru bir sulama programının kullanılması, başta verim ve kalitenin artırılmasının yanında, üretimde kullanılan sulama suyu ve bitki besin elementlerinden tasarruf edilirken, aynı zamanda da üretim maliyetlerinde azalma ve çevrenin korunması gibi birçok konuda ciddi boyutta katkılar sağlar. Araştırma sonunda elde edilen verilere dayanarak; Eskişehir ilinde önemli oranda yetiştiriciliği yapılmakta olan biberin sulama suyu miktarının belirlenmesinde A sınıfı buharlaşma kabından yararlanılabilir. Gelen buharlaşmanın (Epan) 1.25 katının uygulanması belirtilen biber bitkisi açısından son derece yararlı bir uygulama olacaktır. Belirlenen bu miktar, damla sulama yöntemiyle iki günde bir olacak şekilde uygulanması her açıdan üretim için doğru bir uygulama olacağı değerlendirilmektedir.

[&]Bu çalışma yüksek lisans tezinden üretilmiştir.

Kaynaklar

- Burman R, Pochop LO. 1994. *Evaporation, Evapotranspiration and Climatic Data*. Elsevier Science B.V., Amsterdam.
- Demirkaya, M., Gerçek S., 2013. Farklı Renkli Su Yastıklarının Sera Koşullarında Biberin (*Capsicum annum L.*) Verimi ve Su Kullanma Etkinliği Üzerine Etkileri. Tarım Bilimleri Dergisi 19 (2013) 281-288.
- Eylen, M., Kanber, R., Tok, A., 1986. *Çukurova Koşullarında Karık ve Damla Sulama Yöntemleri İle Sulanan Çileğin Verim ve Su Tüketimi*. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları, Tarsus, 135. 77. 39 s.
- Howell TA, Cuenca RH, Solomon, KH., 1990. Crop Yield Response. in Management of Farm Irrigation System, Eds. Gj, Hoffman, Ta, Howell, Kh, Solomon. St. Joseph, Mich.: Asae.

Jensen ME, Burman RD, Allen RG., 1990. *Evapotranspiration and Irrigation Water Requirements*. ASCE Manuals and Reports on Engineering Practices No. 70., Am. Soc. Civil Engrs., New York, NY, 360 p.

Kanber, R., Köksal, H., Önder, S., Eylen, M., 1994. Farklı Sulama Yöntemlerinin Genç Portakal Ağaçlarında Veri, Su Tüketimi ve Kök Gelişimine Etkileri. J. of Agriculture and Forestry 20 (1996) 163-172.

Kanber, R. 1997. *Sulama*. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Ders Kitabı, Genel Yayın No. 174, Ders Kitapları Yayın No. 52, Adana, 530 s.

Kang, S., Zhang, L., Hu, X., Li, Z., Jerie, P., 2001. An Improved Water Use Efficiency For Hot Pepper Grown Under Controlled Alternate Drip Irrigation on Partial Roots. Scientia Horticulturae 89 (2001): 257-267.

Taş İ, Kırnak H., 2011. Damla Sulama Yöntemiyle Sulanan Şanlıurfa Biberinin (*Capsicum annum L.*) Sulama Programı. Harran Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü, Şanlıurfa.

Tezcan, A., Kaman H., 2018. Türkiye'de Çiftçi Koşullarında Örtü Altında Yetiştirilen İki Farklı Biber Çeşidinin Su-Verim İlişkisi. Çukurova J. Agric. Food Sci. 33(2): 73-82.

Tuna, L., 2014. Bitki Su Tüketimi Bileşenlerinin ve Sulama Zamanı Planlamasının Biber (*Capsicum annum L.*) Yetiştiriciliği Üzerinde Araştırılması. Namık Kemal Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi (basılmamış).

Tüzüner A., 1990. *Toprak ve Su Analiz Laboratuvarları El Kitabı*. Tarım Orman ve Köy İşleri Bakanlığı. Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü-Ankara, 375 s.

Walker, S.W., Skogerboe, G.V., 1987. *Surface Irrigation: Theory and Practice*. Prentice. Hall, Inc., Englewood Cliffs, New Jersey, 375 s.

Yurtsever, N., 1984. *Deneysel İstatistik Metotları*. Köy Hizmetleri Genel Müd. Yayınları No:56, Ankara .