FARKLI SULAMA SEVİYELERİNİN SİVRİ BİBER (*Capsicum annuum L.*) VERİM VE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Sinem YILMAZ

T.C.
BURSA ULUDAĞ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

FARKLI SULAMA SEVİYELERİNİN SİVRİ BİBER (CAPSICUM ANNUUM L.) VERİM VE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Sinem YILMAZ
0000-0003-0150-7834

Prof. Dr. Hayrettin KUŞÇU
(Danışman)

YÜKSEK LİSANS TEZİ
BİYOSİSTEM MÜHENDİSLİĞİ ANABİLİM DALI

BURSA – 2022
Her Hakkı Saklıdır

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI SULAMA SEVİYELERİNİN SİVRİ BİBER (CAPSICUM ANNUUM L.) VERİM VE KALİTESİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Sinem YILMAZ

Bursa Uludağ Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Biyosistem Mühendisliği Anabilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Hayrettin KUŞÇU

Tatlı su kaynaklarının sınırlı olduğu bölgelerde farklı sulama programlarının bitkiler üzerindeki etkisinin araştırılması, sürdürülebilir su kaynakları yönetimi ve tarımsal kalkınma için önemlidir. Bu nedenle, yaz aylarında yağış değerlerinin düşük sıcaklık değerlerinin yüksek seyrettiği Bursa'da, damla sulama ile uygulanan farklı düzeylerdeki sulama suyunun sivri biber bitkisinin (Burkalem çeşidi) verimi, bazı verim bileşenleri ve su kullanım etkinliği (SKE) üzerindeki etkilerini araştırmak amacıyla 2019 yılında bir tarla denemesi yürütülmüştür. Sulama seviyeleri (S100, S75, S50 ve S25), A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan su miktarına farklı bitki-kap katsayıları (kpc) uygulanarak oluşturulmuştur. Uygulanan sulama suyu miktarı azaltıldıkça bitki su tüketiminin de azaldığı gözlemlenmiştir. En yüksek meyve verimleri S100 (kpc=1,00) ve S75 (kpc=0,75) konularında gerçekleşmiştir. S50 (kpc=0,50) ve S25 (kpc=0,25) sulama seviyelerinde verim önemli düzeyde ($P<0,05$) azalmıştır. S100 konusuna kıyasla en büyük verim azalması (%56), yüksek düzeyde su açığı oluştuğunda (S25 konusu) ölçülmüştür. Uygulanan sulama suyu miktarı ile verim arasında ikinci dereceden polinom ($R^2=0,95$), bitki su tüketimi ile verim değerleri arasında ise doğrusal ($R^2=0,92$) bir ilişki gösteren eşitlikler elde edilmiştir. Genelde sulama seviyeleri azaldıkça meyve boyu ve eni de azalmıştır. Verim tepki etmeni ky=1,12 olarak belirlenmiştir. En yüksek SKE, S75 konusundan elde edilmiştir. Sonuç olarak, yüksek düzeyde biber verimi elde etmek ve SKE'ni artırmak için A sınıfı kaptan buharlaşan su miktarına kpc=0,75 katsayısı uygulanarak sulama yapılması önerilebilir. Bu koşullar sonucunda, uygulanan sulama suyu miktarı, bitki su tüketimi, meyve verimi ve SKE değerleri sırasıyla 368,4 mm, 516,6 mm, 3629 kg da^{-1} ve 7,02 kg m^{-3} olarak belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Sivri biber, damla sulama, su kullanım etkinliği, verim tepki etmeni

2022, vi + 43 sayfa.

ABSTRACT

MSc Thesis

EFFECTS OF DIFFERENT IRRIGATION LEVELS ON PEPPER YIELD AND QUALITY (CAPSICUM ANNUM L.)

Sinem YILMAZ

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

Supervisor: Prof. Dr. Hayrettin KUŞÇU

In regions with limited fresh water resources, investigation of the effects of different irrigation programs on plants is important for sustainable water resources management and agricultural development. For this reason, a field trial was conducted in 2019 in Bursa, where precipitation values are low and temperature values are high in summer, in order to investigate the effects of different levels of irrigation water applied with drip irrigation on the yield, some yield components and water use efficiency (WUE) of pepper (cv Burkalem). Irrigation levels (S100, S75, S50 and S25) were established by applying different plant-pan coefficients (kpc) to the amount of water evaporated from the class A evaporation pan. It was observed that actual evapotranspiration decreased as the amount of irrigation water applied was reduced. The highest fruit yields were observed in S100 (kpc=1,00) and S75 (kpc=0,75). Yield decreased significantly ($P<0,05$) at S50 (kpc=0,50) and S25 (kpc=0,25) irrigation levels. The greatest yield reduction (56%) compared to the S100 treatment was measured when a high water deficit occurred (the S25 treatment). Equations showing a second order polynomial relationship ($R^2=0,95$) between the amount of irrigation water applied and the yield, and a linear relationship ($R^2=0,95$) between evapotranspiration and yield values were obtained. In general, fruit length and width decreased as irrigation levels decreased. The yield response factor was determined as ky=1,12. The highest WUE was obtained from the treatment S75. As a result, it can be recommended to irrigate by applying kpc=0,75 coefficient to the amount of water evaporated from the class A pan in order to obtain a high level of pepper yield and increase the WUE. As a result of these conditions, the applied irrigation water amount, plant water consumption, fruit yield and WUE values were determined as 368,4 mm, 516,6 mm, 3629 kg da^{-1} and 7,02 kg m^{-3}, respectively.

Key words: Green pepper, drip irrigation, water productivity, yield response factor
2022, vii + 43 pages.

TEŞEKKÜR

Tez konusunun belirlenmesinden yürütülmesine kadar olan bütün süreçte beni yönlendiren ve çalışmamın her aşamasında yakından ilgilenen ve sahip olduğu bilgileri bana aktaran değerli danışmanım Doç. Dr. Hakan BÜYÜKCANGAZ'a ve tez yazma sürecinde değerli bilgilerini benimle paylaşan, desteğini her adımda veren değerli danışmanım Prof. Dr. Hayrettin KUŞÇU'ya en içten teşekkürlerimi ve saygılarımı sunarım.

Arazi denemesinin kurulumundan hasat zamanında yapılan tüm çalışmalarda bilgi ve yardımlarını esirgemeyip katkı sağlayan değerli arkadaşım Emir Doğan KUMRALTEKİN ve tez yazım aşamasında tecrübelerini ve bilgilerini paylaşıp bana destek veren arkadaşım Ali Kaan YETİK'e en içten teşekkürlerimi sunarım.

Çalışmam boyunca bana göstermiş oldukları manevi destek ve yardımları için sevgili annem Münesser ÇETİN, sevgili babam Sezgin ÇETİN, sevgili kardeşlerim Ceylin Naz ÇETİN ve Gizem ELAGÖZ'e, son olarak sevgili eşim Serkan YILMAZ'a sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Sinem YILMAZ
10/01/2022

İÇİNDEKİLER

Sayfa

ÖZET....iii
ABSTRACT....vii
TEŞEKKÜR....viii
SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ....x
ŞEKİLLER DİZİNİ....xi
ÇİZELGELER DİZİNİ....xii
1. GİRİŞ....1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI....4
3. MATERYAL ve YÖNTEM....11
3.1. Meteryal....11
3.1.1. Araştırma alanı....11
3.1.2. İklim özellikleri....12
3.1.3. Toprak özellikleri....13
3.1.4. Sulama suyu özellikleri....13
3.1.5. Sulama sisteminin özellikleri....14
3.1.6. Bitki özellikleri....16
3.1.7. Toprak ve bitki ölçümlerinde kullanılan donanımlar....16
3.2. Yöntem....16
3.2.1. Tarımsal işlemler....16
3.2.2. Sulama konuları....18
3.2.3. Sulama suyu miktarının belirlenmesi....20
3.2.4. Bitki su tüketiminin belirlenmesi....21
3.2.5. Biber meyve veriminin belirlenmesi....21
3.2.6. Meyve boyunun belirlenmesi....21
3.2.7. Meyve çapının belirlenmesi....22
3.2.8. Su-verim ilişkileri....22
3.2.9. Verim tepki etmeni....22
3.2.10. Su kullanım etkinliği....23
3.2.11. İstatiksel analizler....23
4. BULGULAR ve TARTIŞMA....24
4.1. Uygulanan sulama suyu miktarı ve mevsimlik bitki su tüketimi....24
4.2. Meyve verimi....27
4.3. Meyve boyu....29
4.4. Meyve çapı....30
4.5. Su-verim ilişkileri....31
4.6. Verim tepki etmeni....32
4.7. Su kullanım etkinliği....33
5. SONUÇ....35
KAYNAKLAR....37
ÖZGEÇMİŞ....43

SİMGELER ve KISALTMALAR DİZİNİ

Simgeler	**Açıklama**
ΔS	İki toprak suyu ölçümü arasındaki değişim
da	Dekar
ha	Hektar
kg	Kilogram
k_y	Verim tepki etmeni
t	Ton
m	Metre
N	Azot
L	Litre

Kısaltmalar	**Açıklama**
A	Alan
D	Drenaj miktarı, mm
DI	Yüzey damla sulama
ET	Evapotranspirasyon
ET_a	Mevsimlik gerçek bitki su tüketimi
ET_c	Mevsimlik bitki su tüketimi
I	Uygulanan sulama suyu miktarı
IRR	Mevsimlik sulama suyu miktarı
IWUE	Sulama suyu kullanım etkinliği
Kpc	Bitki-kap sayısı
R	Yüzey akış miktarı, mm
RDI	Kontrollü kısıntılı sulama
SDI	Yeraltı damla sulama
SKE	Su kullanım etkinliği
SSKE	Sulama suyu kullanım etkinliği
TK	Tarla kapasitesi
WUE	Su kullanım etkinliği
YA	Yaş ağırlık
YLD	Meyve verimi

ŞEKİLLER DİZİNİ

Sayfa

Şekil 3.1. Deneme alanının konumu 11
Şekil 3.2. Çalışmada sulama amacıyla yararlanılan gölet..... 14
Şekil 3.3. Bir parselin ayrıntılı görüntüsü 15
Şekil 3.4. Blok başına yerleştirilen su sayacı 15
Şekil 3.5. Toprak hazırlığı..... 17
Şekil 3.6. Dikime hazır biber fideleri..... 17
Şekil 3.7. Biber fidelerinin dikilmesi 18
Şekil 3.8. Sulama konularının deneme planına uygun olarak yerleşim planı 19
Şekil 4.1. Uygulanan sulama suyu miktarı ile bitki su tüketimi arasındaki ilişki..... 26
Şekil 4.2. Farklı sulama seviyeleri altında biber meyve verimleri..... 27
Şekil 4.3. Biber meyve boyu değerleri..... 29
Şekil 4.4. Farklı sulama seviyeleri altında biber meyve çapı değerleri 31
Şekil 4.5. Uygulanan sulama suyu miktarı ile meyve verimi arasındaki ilişki..... 32
Şekil 4.6. Bitki su tüketimi ile meyve verimi arasındaki ilişki 32
Şekil 4.7. Verim tepki etmeni 33
Şekil 4.8. Sulama suyu kullanım etkinliği ve su kullanım etkinliği 34

ÇİZELGELER DİZİNİ

Sayfa

Çizelge 3.1. Bursa ili yetiştiricilik döneminde 2019 yılına ve uzun yıllara (1928-2019) ait aylık ortalama iklim verileri 12
Çizelge 3.2. Deneme alanı toprağının sulama yönünden önemli bazı özellikleri 13
Çizelge 3.3. Sulama konuları 19
Çizelge 4.1. Deneme boyunca biber bitkilerine uygulanan sulama suyu miktarı 24
Çizelge 4.2. Mevsimlik bitki su tüketimi 25
Çizelge 4.3. Biber meyve verimine ilişkin varyans analizi sonuçları 27
Çizelge 4.4. Biber meyve boyu varyans analizi 29
Çizelge 4.5. Biber meyve çapı varyans analizi 30

1. GİRİŞ

Solanaceae familyasının önemli türlerinden biri olan biber (*Capsicum annum* L.) bitkisi, Dünya'nın farklı bölgelerinde üretilebilmektedir. Anavatanı Güney Amerika'dır. Farklı tür, çeşit ve formlarının merkezinin ise Brezilya olduğu söylenebilir. Tropik iklime sahip bölgelerde çok yıllık olarak yetiştiriciliği yapılırken, ılıman iklim bölgelerinde ise tek yıllık şeklinde yetiştiriciliği yapılmaktadır (Vural ve ark., 2000; Keleş ve ark., 2016).

Biber, organik madde bakımından oldukça zengin bir besindir. İçerisinde çeşitli besin maddeleri içerir ve gelişme dönemi için hafif bünyeli (tınlı, tınlı-kumlu) topraklar daha uygundur. Bitki kökleri hassastır ve genellikle su tutma kapasitesi orta veya yüksek olan orta bünyeli, toprak derinliği iyi olan ve drenaj problemi olmayan yerlerde yetiştiriciliği tavsiye edilmektedir. Biber bitkisi hafif asitli ve göreceli olarak tuzluluk seviyesinin düşük olduğu (1.5 ds m^{-1}'nin altında) topraklarda daha iyi verim vermektedir (Doorenbos & Kassam, 1979).

Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü (FAO) verilerine göre, Dünya'da 2017 yılında, 36.092.631 ton biber üretimi gerçekleşmiştir (Anonim, 2020). Türkiye'de biber üretimi her geçen yıl artış göstermekte olup 2004 yılındaki toplam biber üretimi 1.700.000 ton iken 2018 yılında 2.782.354 tona yükselmiştir (Güvenç, 2020). Türkiye İstatistik Kurumu (TÜİK) verilerine göre ülkemizde, 2019 yılında 920.890 da alanda, 2850 kg da^{-1}'lık bir verim ile toplam 2.624.537 ton biber üretimi gerçekleştirilmiştir (Anonim, 2021). İllere göre en önemli biber yetiştiriciliği Bursa, Samsun, İzmir, Hatay, Gaziantep, Kilis ve Kahramanmaraş illerinde yer almaktadır (Güvenç, 2020). Bursa'da sivri biber ile ilgili olarak 2019 TUİK verilerine göre 24.497 da alandan 69.429 ton biber üretilmiş ve hasat sonrası elde edilen toplam verim ise 2834 kg da^{-1} olarak gerçekleşmiştir. Bunun yanında, Bursa ilinde 21.646 da'lık alanda salçalık (kapya) biber ve 4975 da'lık bir alanda ise dolmalık biber yetiştiriciliği yapılmaktadır. Bursa ili genelinde biber yetiştiriciliği yapılan alan domatesten sonra ikinci sırada yer almaktadır (Anonim, 2021).

Bursa ili verimli toprakları ve iklim koşulları nedeniyle biber üretiminin yoğun olarak gerçekleştirildiği bir ilimiz olmakla birlikte, hem tarım alanları hem de su kaynakları

yoğun sanayi ve şehirleşme baskısı altındadır. Yaz aylarında yağışların azalması ve sıcaklıkların artmasına bağlı olarak bitki su tüketimi de artmakta ve sulama gereksinimi oluşmaktadır. Kıt su kaynaklarının etkin bir biçimde kullanılması her geçen gün önemini artırmaktadır. Su kaynaklarının sürdürülebilir kullanımını sağlamak için acilen suyun tasarruflu kullanıldığı tarımsal uygulamalara gereksinim duyulmaktadır.

Kısıntılı sulama, sulama suyunu korumak ve su kullanım etkinliğini (SKE) artırmak için büyük ölçüde benimsenmiştir (Sarwar & Perry, 2002; Lorite ve ark., 2007; Pereira ve ark., 2009; Mushtaq & Moghaddasi, 2011; Yang ve ark., 2018). Kontrollü kısıntılı sulama (RDI), meyve ve bahçe bitkilerinde başarıyla uygulanmaktadır (Patanè ve ark., 2011; Laribi ve ark., 2013). Bununla birlikte, RDI kapsamında bitkisel üretimin ekonomik olarak uygulanabilirliği, bitki verimi ve kalitesinin, su açığı miktarından ve RDI'nin uygulandığı bitki büyüme aşamalarından etkilenebileceği göz önünde bulundurularak değerlendirilmelidir (Zheng ve ark. 2013a).

Biber, geniş yaprak yüzeyi, yüksek stoma iletkenliği (Alvino ve ark., 1994) ve sığ kök sistemi nedeniyle kuraklık stresine en duyarlı bahçe bitkilerinden biridir (Hulugalle & Willatt, 1987; Dimitrov & Ovtcharrova, 1995; Kulkarni & Phalke, 2009; Liu ve ark., 2012).

Tüm büyüme mevsimi boyunca kısıntılı sulama biber verimini azaltabilir, ancak verimdeki bu azalma, belirli bir büyüme aşamasında su açığı oluştuğunda en aza indirilebilir (Sezen ve ark., 2014, 2015; Yang ve ark., 2017). Kısıntılı sulama, tam sulama ile karşılaştırıldığında, sulama derinliklerini %20-50 oranında azaltabilir ve sonuçta daha yüksek bir SKE ile sonuçlanabilir (Dorji ve ark., 2005; Gençoğlan ve ark., 2006; Gonzalez-Dugo ve ark., 2007; Nieto-Garibay ve ark., 2009; Ismail, 2010; Abayomi ve ark., 2012). Sulama suyu bol olduğunda en yüksek verimi elde etmek için biberin tam sulanması tavsiye edilir. Ancak, su kaynaklarının kıt olduğu bölgelerde, pek çok ürün kısıntılı bir sulama programı altında sulanabilir ve bu da bir bütün olarak nispeten daha ekonomik faydalar sağlar (Gençoğlan ve ark., 2006; Ismail 2010; Nagaz ve ark., 2012; Sezen ve ark., 2015).

Kuşçu ve ark. (2016), Bursa koşullarında salçalık (kapya) biber bitkisinin verim ve kalitesi üzerinde farklı sulama ve azot seviyelerinin etkilerini araştırmışlardır. Araştırmacılar, damla sulama altında tam sulama ve 24 kg N da^{-1} uygulamasıyla maksimum net gelirin elde edildiği, kısıntılı sulama koşulları altında artan N seviyelerinin SKE, kuru madde ve pazarlanabilir meyve verimini iyileştirdiğini saptamışlardır. Yapılan literatür incelemelerinde Bursa ilinde sivri biberin sulanmasına yönelik herhangi bir çalışmaya rastlanmamıştır. Su tasarruf tekniklerini geliştirirken ve uygun bir sulama programı hazırlarken hem Bursa ilinin sınırlı su kaynakları hem de mevsimlik sulama suyu kullanımının potansiyel olarak azaltılması göz önüne alınarak bitkilerin verdiği tepkileri tanımak çok önemlidir. Farklı sulama programları altında biberin büyüme, verim ve meyve kalitesi üzerine tepkileri çeşitli araştırmacılar tarafından çalışılmış olsa da sonuçlar yerel koşullar ve biber çeşitlerine göre değişiklik gösterebilmektedir (Nieto-Garibay ve ark., 2009; Abayomi ve ark., 2012; Cosic ve ark., 2015; Sezen ve ark., 2015; Kuşçu ve ark., 2016; Koksal ve ark., 2017). Ayrıca, yetiştiricilerin daha az su tüketimi ile birlikte daha iyi verim elde etmeleri, böylece SKE ile net gelirlerini artırmaları ve uygun sulama programlarını benimsemelerine yardımcı olmak için biber bitkisinin su stresine karşı yerel/bölgesel duyarlılığının belirlenmesi gereklidir. Bu nedenle, bu çalışmanın amaçları (a) sivri biber yetiştiriciliğinde, damla sulama yöntemiyle farklı düzeylerde uygulanan sulama suyunun meyve verimi, bazı verim bileşenleri ve su kullanım etkinliği üzerine etkilerini araştırmak ve (b) Bursa ekolojik koşullarında sivri biber yetiştiriciliği için uygun bir sulama yönetim stratejisi geliştirmektir.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Biber bitkisin sulanması üzerine birçok deneme ve çalışmalar yapılmıştır. Biber bitkisinin sulama planlaması, sulama miktarının bitki verimine etkisi, farklı sulama yöntemleri ile verim ilişkisi ve farklı sulama suyu tuzluluk oranları gibi birçok çalışma bulunmaktadır. Bu bölümde biber bitkisi ile ilgili yapılan çalışmalar yer almaktadır.

Erken (2004), Çanakkale koşullarında yürüttüğü denemede California wonder biber çeşidinde 5 farklı sulama düzeyinde, bitkinin meyve verimi ve bazı kalite parametrelerini araştırmıştır. En yüksek verimlerin kap katsayısının k= 0,75 ve k= 1,00 olarak uygulandığı sulama konularından elde edildiği raporlanmıştır.

Dorji ve ark. (2005), yaptıkları çalışmada, acı biberin kısıntılı sulama (DI) ve kısmi kök kuruluğu (PRD) karşılaştırarak, biberin su ilişkileri, büyüme, verim ve meyve kalitesi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Kontrol olarak kabul edilen tam sulama (CI), DI olarak kabul edilen CI hacminin yarısı ile kök bölgesinin her iki tarafının sulanması ve her sulama zamanında CI hacminin yarısı ile kök bölgesinin iki tarafı arasında dönüşümlü sulama PRD olarak kabul edilmiştir. Çalışma sonucunda, DI konusunda, CI konusuna göre 170 litre, PRD konusunda ise 164 litre su tasarrufu sağlanmıştır. Su tasarrufundan elde edilen yararın toplam taze meyve verimindeki azalmadan daha önemli olduğu ve acı biber üretimi için uygulanabilir sulama stratejileri olabileceğini göstermiştir.

Chaudhary ve ark. (2006), yaptıkları çalışmada, Jwala ve Suryamukhi biber çeşitlerin büyüme düzenleyicilerinin (PGR) biber büyümesi, verimi ve kalitesi üzerine etkilerini incelemiştir. Suryamukhi, verim parametrelerinin çoğu için Jwala'dan daha üstün bulunmuş fakat Jwala vejetatif karakterlerde Suryamukhi'den daha iyi bulunmuştur. 2 ppm 2,4-D, 5 ppm triacontanol, 40 ppm NAA ve 10 ppm GA_3 uygulamaları kontrole göre sırasıyla %28,75, %25,70, %13,61 ve %2,30 daha yüksek meyve verimi üretilmiştir.

Gadissa & Chemada (2009), Bako/Etiyopya'da damla sulama altında farklı düzeylerde su uygulamaları ve dikim yöntemlerinin yeşilbiberin verim ve verim bileşenlerine etkisini araştırmışlardır. Üç sulama seviyesi (ETc'nin %50, 75 ve %100'ü) ve iki dikim yöntemi (normal ve çift sıralı ekim) uygulanmıştır. Deneme, sulama seviyeleri ana parseller ve dikim yöntemleri alt parsellerde olacak şekilde üç tekerrürlü olarak bölünmüş parseller deneme deseninde kurulmuştur. Yeşilbiberde her iki uygulamanın da verim, bitkideki meyve sayısı ve bitki boyu üzerine etkilerinin önemli düzeyde olduğu bulunmuştur ($p < 0,01$), bitki başına birincil ve ikincil dal sayısı önemli ölçüde etkilenmiştir ($p < 0,05$). Verim ve verim bileşenlerinin maksimum ve minimum değerleri, I_{100} P (çift sıra dikim yöntemi ile tam sulama seviyesi) ve I_{50} P (çift sıra dikim yöntemi ile ET_c sulama seviyesinin % 50'si) konuları parsellerinden kaydedilmiştir. Sonuçlar, su sıkıntısı olmayan bir alanda yeşilbiber üretimi için çift sıralı dikim yöntemiyle (I_{100} P) tam sulama suyu uygulamasının kullanılabileceğini ortaya koymuştur. Ayrıca, çift sıralı ekim yöntemiyle I_{75}'ten kaydedilen ortalama verimin, ülke ortalamasından oldukça yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Kong ve ark. (2010), yaptıkları çalışmada farklı gübreleme seviyelerinde yüzey ve yüzey altı damla sulama yöntemine dolmalık biber bitkisinin tepkisini araştırmışlardır. Yüzeyaltı damla sulama (SDI) ve yüzey damla sulama (DI) ile farklı dolmalık biber tepkilerini dört nitrojen seviyesi altında araştırmak için 2007 ve 2008'de iki yıllık bir arazi denemesi yapılmıştır: 0, 75, 150 ve 300 kg ha^{-1} N (N_0, N_{75}, N_{150} ve N_{300}, sırasıyla). Sulama aralığı 4 gün olarak seçilmiştir. SDI kapsamındaki dolmalık biber verimi, 2007'de %4 (2008'de %13) ile yüzey damla sulama (DI) altındakinden önemli ölçüde daha yüksek bulunmuştur. Bu sırada, yüzeyaltı damla sulama (SDI) altındaki kök yoğunluğu, 2007'de %11,8 (2008'de %12,5) ile DI altındakinden daha yüksek bulunmuştur. SDI altında 10 cm toprak derinliğinin altındaki kök uzunluğunun yüzdesi, DI altında olduğundan %7 daha yüksek raporlanmış ve bu da SDI'nin bitki kök büyümesini desteklediğini ve aşağı doğru kök gelişimini geliştirdiğini kanıtlamıştır. SDI altındaki toprak N birikimi, DI altındakinden daha az bulunmuştur. Son olarak, 150 kg N uygulaması ile SDI, dolmalık biber verimini ve su kullanım verimliliğini arttırmanın yanı sıra NO_3^--N içinde optimal bir gübreleme uygulaması olarak tavsiye edilmiştir.

Sezen ve ark. (2011), tarla koşullarında, damlama sulama sistemi ile sulanan biberin, Akdeniz iklim koşullarında, farklı sulama rejimlerinin verim ve su kullanımına etkilerini incelemişlerdir. Arazi denemeleri üç sulama aralığından (IF_1: 20±2, IF_2: 40±2 ve IF_3: 60±2 mm kümülatif kap buharlaşması) oluşmakta ve üç sulama seviyesi ile değerlendirilmektedir (DI_1 = 0,50, DI_2 = 0,75 ve DI_3 = 1,00). Sonuç olarak, tarlada yetiştirilen biberde daha kaliteli ve daha yüksek verim elde etmek için IF_1 DI_3 sulama rejimi önerilmektedir. Ekonomik değerlendirmeye göre, tam sulama uygulamasının (IF_1 DI_3) en yüksek net geliri oluşturduğu ortaya koyulmuştur. Ancak, su kıtlığı koşulları altında, IF_1 DI_2 kabul edilebilir bir net gelir sağlayabilir.

Yücel ve ark. (2013), Mersin-Tarsus koşullarında, farklı sulama yöntemlerinin salçalık biberde verime ve toprağa bağlı hastalık çıkışı üzerine etkileri konusunda çalışma yürütmüşlerdir. Denemede Karaisalı salçalık biber çeşidi kullanılmıştır. Damla sulamada 5 farklı sulama konusu, karık sulamada ise 3 farklı sulama konusu üzerinde çalışma yapılmıştır. Haftalık çıkış oranı karık sulama yapılan parsellerde %8,0-18,2 iken, damla sulama yöntemi ile sulanan parsellerde bu oran %4,5-10,0 ile daha düşük seviyede bulunmuştur. Hastalık oranı ise karık sulama yönteminde %3,4-9,7 iken damla sulama yöntemi kullanılarak yapılan sulamada %2,2-4,5 bulunmuştur.

Adeoye ve ark. (2014), yaptıkları çalışmada, tropikal yarı kurak bir bölgede farklı sulama aralıklarının biber bitkisi büyüme ve verimi üzerine etkisini araştırmışlar, tesadüf bloklar deseninde, tek faktörlü ve dört tekerrürlü olarak 12m'ye 12m'lik kumlu killi-tınlı toprakta denemeyi yürütmüşlerdir. Kullanılan sulama aralıkları günlük, 3 gün, 6 gün ve 9 gün olup, kontrol olarak sulama yapılmayan parsel kullanılmıştır. Sulama aralığı 3 gün olan parselde maksimum verim 30,93 ton/ha, kontrol parselindeki minimum verim 11,02 ton ha^{-1} ve sulama aralığı 6 gün olan parselde ise 11,91 ton ha^{-1} olarak kaydedilmiştir. Sonuç olarak, 3 günlük sulama aralığında dolmalık biberde en iyi verime ulaşıldığı, 6 günlük ve 9 günlük aralıkların, dolmalık biber bitkisine çok fazla su stresi yarattığı ortaya çıkmıştır.

Cosic ve ark. (2015), farklı sulama düzeyleri ve kaolin uygulamasının tatlı biberin (*Capsicum annuum* L.) verim, kalite ve su kullanım etkinliği üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma 3 yıl süreyle yürütülmüştür. Sulama düzeyleri, bitki su

tüketiminin (ETc) %100'ü kadar tam sulama (F), %80 ETc (R1) ve %70 ETc (R2) kadar kısıntılı sulama şeklinde oluşturulmuştur. Deneme, üç tekrarlı olarak tesadüf bloklarında faktöriyel deneme desenine yürütülmüştür. Kaolin uygulaması ve sulama düzeyinin, biberin antioksidan aktivitesi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki göstermediği raporlanmıştır.

Sezen ve ark. (2016), Mersin/Tarsus bölgesinde salçalık biber bitkisi yetiştiriciliğinde damla sulama yöntemini kullanarak farklı sulama düzeylerinin verime etkisi üzerine bir çalışma yapmışlardır. Deneme arazisinde 60 cm kök derinliğindeki kullanabilir suyun %25'i tüketildiğinde tam sulama konusu tarla kapasitesine getirilmiştir. Diğer konular; tam sulamanın %75'i ve %50'si olacak şekilde sulama konuları oluşturulmuştur. Deneme sonucunda en yüksek verim tam sulama konusundan alınmış ve onu %75'lik konu izlemiştir. En düşük verim ise %50 sulama konusundan elde edilmiştir. Çalışma sonucunda damla sulama yöntemi ile bitki kök bölgesinde kullanılabilir suyun %25'i tüketildiğinde tarla kapasitesine gelene kadar uygulanacak olan tam sulama konusu önerilmektedir. Meyve ağırlığı, meyve eni, meyve boyu, hacmi, et kalınlığı ve et sertliği gibi parametreler incelendiğinde tam sulama konusunun daha yüksek değerlere ulaşmış olduğu ve meyve sayısının su stresi çeken sulama konularında daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Ekonomik anlamda düşünüldüğünde, en yüksek net gelirin tam sulama konusundan elde edildiği gözlemlenmiştir.

Silva ve ark. (2016), farklı kalitedeki su ve organik substratlarla farklı sulama seviyelerinin biber yetiştiriciliğine etkisini araştırmak amacıyla bir sera çalışması yürütmüşlerdir. Deneme, Campina Grande, Paraíba, Brezilya'daki bir serada gerçekleştirilmiş ve Biquinho BRS Moema biber türü kullanılmıştır. Deney tasarımı 2 x 5 x 2 faktöriyel tasarımında rastgele blok şeklinde yapılmıştır. Bitkinin su ihtiyacına (WR) göre 2 tip su çeşidi (çeşme suyu ve atık su) ve 5 farklı su seviyesi (L) kullanılmıştır. Konular; %100 WR (L5), %80 WR (L4), %60 WR (L3), %40 WR (L2) ve %20 WR (L1) şeklindedir ve her biri iki bitki içeren üç tekerrür halinde kurulmuş ve 2 çeşit substrat (keçi ve sığır) kullanılmıştır. Sığır substratı için çimlenme yüzdesi ortalama %44 iken, keçi substratı için %18'dir. Deneme sonucunda, biber yetiştiriciliğinde su ihtiyacının %40'ından daha düşük sulama değerleri kullanılması kültürün gelişimini olumsuz

etkilediği için uygun bulunmamıştır. Biber için ideal sulama seviyesi ise su ihtiyacının %80'i olarak belirlenmiştir.

Alaboz ve ark. (2017), farklı düzeyde vermikompost ve sulama uygulamalarının bazı toprak özellikleri ve biber bitkisi gelişimi üzerine etkilerini araştırmak amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Sulama düzeylerinin verim, bitki boyu, toprak üstü yaş ağırlığı, kök yaş ağırlığı ve yaprak klorofil içeriği üzerinde önemli bir etki gösterdiğini, uygulanan toplam su miktarı ile verimin doğrusal oranda artış gösterdiğini belirtmişlerdir. En yüksek verim %133 sulama suyu ile sağlanırken en düşük verim ise %66 sulama konusunda gerçekleşmiştir.

Mardani ve ark. (2017), biber bitkisinde sulama suyuna fizyolojik tepkileri araştırmışlardır. Deneme konularını, kontrol [tam sulama (FI) seviyesi] ve üç kısıntılı sulama (DI) seviyesi bitkinin su ihtiyacının %80, 60 ve % 40'ı olarak oluşturmuşlardır. Toprak yüzeyinden buharlaşmayı ölçmek için üç tekrarlı bir bitki örtüsü uygulaması da kullanılmıştır. Günlük hacimsel toprak nemi (VSM) ölçümleri, 10 cm'lik aralıklarla yapılmıştır. Bir sonraki gün ölçülen VSM değerleri arasındaki farklar ve bitki örtüsü uygulaması yapılmamış çıplak toprağın aynı tabakasındaki toprak yüzeyindeki buharlaşma oranı hesaplanmıştır. Bu sonuçlara göre, %20 kısıntılı sulama konusunda biber bitkisinin veriminde önemli bir azalma olmadığı, ancak bu eşiğin üzerinde kısıntı olursa, büyüme ve verim üzerinde olumsuz bir etkisi olacağı sonucuna varılmıştır. Bu nedenle su kaynaklarının kısıtlı olduğu bölgelerde su yönetimi için sulama suyu oranının %20 civarında azaltılabileceği raporlanmıştır.

Yang ve ark. (2017), Kuzeybatı Çin'in tipik bir kurak ortamında, denetimli kısıntılı sulamanın (RDI) damla sulama ile sulanan acı biber bitkilerinin verimi ve su kullanım etkinliği (WP) üzerindeki etkilerini araştırmak için 2 yıllık bir tarla denemesi yapmışlardır. Deneme sonucunda, en yüksek verim tam sulama altında gerçekleşmiştir. En büyük verim düşüşü (%13-20), orta düzeyde su açığı oluştuğunda kaydedilmiştir. Su kısıntısı %50 yapıldığında verim %25'ten fazla azalmıştır. En yüksek sulama suyu kullanım etkinliği ve WP, geç aşamada su açığı oluştuğunda elde edilmiştir. Sonuç olarak, en yüksek verimi elde etmek için öncelikle tam sulama konusu tavsiye

edilmiş ve çalışma bölgesindeki ekonomik faydalar ve WP göz önüne alındığında geç aşamada %25-50 su açığı önerilmiştir.

Tezcan & Kaman (2018) yürüttükleri bir çalışmada, Türkiye'de çiftçi koşullarında, örtü altında yetiştirilen iki farklı biber çeşidinin su-verim ilişkisini incelemişlerdir. Yetiştiricilik döneminde hiçbir müdahalede bulunulmamıştır ve yetiştirme sezonu süresince su uygulanarak elde edilen verim değerleri alınmıştır. Sera girişine takılan su sayacı yardımı ile her sulamada üreticiler tarafından uygulanan su miktarları kaydedilmiştir. Köylüm F1 çeşidinin verimi 5936 kg da^{-1} bulunurken, Özgülcan F1 çeşidinde verim 5008 kg da^{-1} bulunmuştur. Çalışmanın sonucunda geleneksel üretici koşullarında yetiştirilen biber bitkisine fazla miktarda sulama suyu uygulandığı gözlemlenmiştir. Sonuç olarak bitkisel üretimde sulama suyu programlamasının uzman kişiler tarafından yapılması gerektiğine kanaat getirilmiştir.

Çolak ve ark. (2019), Çukurova bölgesinde dolmalık biber bitkisinin toprakaltı damla sulama yöntemi ile sulanması üzerine bir çalışma yürütmüşlerdir. Çalışmada beş farklı sulama programı uygulanmıştır. Tam sulama uygulanması, geleneksel kısıntılı sulama, kısmi kök kuruluğu, PRD-50 ve denetimli kısıntılı sulama şeklinde uygulanmıştır. Tam sulama konusu, etkili kök derinliği 60 cm ve kullanılabilir suyun %25'i tüketildiğinde eksik olan nem değerinin tarla kapasitesine gelinceye kadar sulanması şeklinde olmuştur. Deneme, tesadüf blokları deneme deseni ve dört tekrarlı olacak şekilde kurulmuştur. Deneme sonucunda en yüksek dolmalık biber verimi tam sulama konusunda elde edilirken, en düşük verim ise PRD-50 konusundan elde edilmiştir.

Azder ve ark. (2020) tarafından yürütülen çalışmada, 2016-2017 yıllarında Tekirdağ koşullarında farklı sulama seviyelerinin kapya biberin verim ve verim bileşenleri üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmada, sulama aralığı 3 gün olarak belirlenmiş ve A sınıfı buharlaşma kabından ölçülen değerlerin %125, %100, %75 ve %50'sinin uygulandığı 4 farklı sulama suyu uygulaması gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın sonucunda, 2016 yılında bitki su tüketimi değerleri 457,0 ile 935,5 mm 2017 yılında ise 469 ile 889 mm arasında uygulanan sulama suyu miktarına bağlı olarak değişmiştir. Yapılan istatistiksel analizler sonucunda, özellikle I1 ve I2 konusu verim değerleri açısından (38,42 t ha^{-1} ve 34,95 t ha^{-}

[1] sırasıyla) öne çıkmıştır. Elde edilen verim değerleri incelendiğinde sulama suyu miktarı arttıkça verim değerlerinin de arttığı gözlemlenmiştir.

3. MATERYAL ve YÖNTEM

3.1. Materyal

3.1.1 Araştırma alanı

Tarla denemeleri, Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Uygulama ve Araştırma Merkezinde (TUAM) 2019 yılında gerçekleştirilmiştir. Denemenin yürütüldüğü arazi 40º 13' 33" kuzey (N) enlemi ile 28º 51' 34" doğu (E) boylamında yer almakta olup, deniz seviyesinden yüksekliği 112 m'dir. Denemenin gerçekleştirildiği alanının konumu Şekil 3.1'de gösterilmiştir.



Şekil 3.1. Deneme alanının konumu

3.1.2. İklim özellikleri

Bursa ili yıllık toplam yağış miktarına (ortalama 600-700 mm arası) göre yarı nemli iklim sınıfında yer almaktadır (Jensen, 1980). Bursa ili için yetişme dönemi bazı iklim elemanlarının uzun yıllar iklim verileri (1960-2019) (MGM 2020a) ile arazi denemelerinin yürütüldüğü 2019 yılına ait önemli iklim verileri Çizelge 3.1'de verilmiştir. Bursa bölgesinin uzun yıllar iklim verileri incelendiğinde; biber yetiştiriciliğinin yaygın olarak yapıldığı Mayıs-Eylül ayları arasında aylık ortalama sıcaklık değerlerinin 17,6-24,5 ºC, aylık ortalama bağıl nem değerlerinin %63,5-68,6, aylık ortalama rüzgar hızı değerlerinin 1,9 ile 2,3 m/s ve ortalama aylık toplam yağış değerlerinin ise 15,8 ile 46,0 mm arasında değiştiği görülmektedir. Denemenin yürütüldüğü 2019 yılına ilişkin verilere göre, aylık ortalama en düşük sıcaklık 19,6 ºC ile Mayıs ayında ölçülürken en yüksek sıcaklık 24,5 ºC ile Ağustos ayında ölçülmüş ve 2019 yılı Mayıs-Eylül ayları arasındaki sıcaklık ortalaması (22,5 ºC), uzun yıllar aynı dönemdeki ortalamadan (21,7 ºC) daha yüksek gerçekleşmiştir. Diğer taraftan Mayıs-Eylül periyodundaki yağış toplamları uzun yıllar için 160,1 mm olarak kaydedilirken 2019 yılında 179,9 mm olarak ölçülmüştür. Söz konusu yağış değerleri, biber bitkisinden ekonomik verimler alabilmek için yetersizdir. Bu nedenle, Bursa ilinde biber yetiştiriciliğinde sulama yapmak gerekmektedir.

Çizelge 3.1. Bursa ili yetiştiricilik döneminde 2019 yılına ve uzun yıllara (1928-2019) ait aylık ortalama iklim verileri

	Ortalama sıcaklık (ºC)		Bağıl nem (%)		Yağış (mm)	
Aylar	2019	1960-2019	2019	1960-2019	2019	1960-2019
Mayıs	19,6	17,6	67,3	68,1	40,4	46,0
Haziran	23,7	22,0	68,6	62,3	51,2	36,7
Temmuz	23,6	24,4	64,6	59,6	37,9	15,8
Ağustos	24,5	24,2	64,3	61,5	39,1	18,9
Eylül	21,3	20,3	63,5	66,8	11,3	42,7
Ortalama / Toplam	22,54	21,7	65,7	63,7	179,9	160,1

3.1.3. Toprak özellikleri

Denemenin yürütülmüş olduğu arazinin toprak özellikleri Çizelge 3.2'de verilmiştir (Candoğan, 2009). Deneme arazisinde 0-120 cm toprak derinliği için, toprak bünyesinin killi, hacim ağırlığının 1.35-1.38 g cm^{-3}; kuru ağırlık yüzdesi cinsinden tarla kapasitesi değerinin %38.17-43.01 ve solma noktasının ise %23.18-27.07 arasında değiştiği görülmektedir. İlk 60 cm'lik toprak katmanında toprakların tuzluluk derecesi (elektriksel iletkenlik cinsinden) 0,45 dS/m, ortalama pH 6,3 ve organik madde içeriği %0,43-0,72 arasındadır.

Çizelge 3.2. Deneme alanı toprağının sulama yönünden önemli bazı özellikleri

Toprak Derinliği (cm)	Kum (%)	Silt (%)	Kil (%)	Bünye Sınıfı	Hacim Ağırlığı (g cm^{-3})	Tarla Kapasitesi (%)	Solma Noktası (%)
0-30	24,32	26,18	49,50	C	1,35	38,17	27,07
30-60	23,28	26,22	50,50	C	1,36	40,01	27,03
60-90	21,88	24,62	53,50	C	1,34	43,01	26,75
90-120	21,64	37,86	40,50	C	1,38	40,05	23,18

3.1.4. Sulama suyu özellikleri

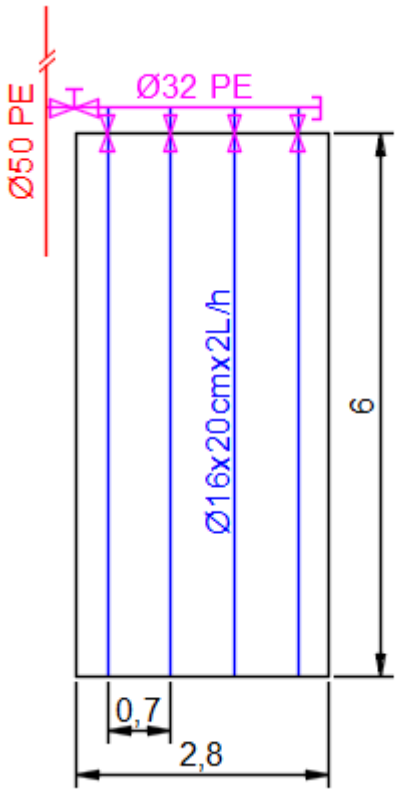
Su kaynağı Bursa Uludağ Üniversitesi Görükle yerleşkesi içinde yer alan bir gölettir (Şekil 3.2). Borulu bir sulama şebekesi ile yerleşke içindeki tarım arazilerine iletilmekte ve su dağıtımı ise hidrantlarla yapılmaktadır. En yakın hidranttan alınan su 75 mm'lik HDPE bir boru ile deneme alanına getirilmiştir. Denemede kullanılan sulama suyunun pH değerinin 7,12, elektriksel iletkenlik (tuzluluk) değerinin 0,31 dS/m, sodyum adsorbsiyon oranının (SAR) ise 0,23 olduğu belirlenmiştir.



Şekil 3.2. Çalışmada sulama amacıyla yararlanılan gölet

3.1.5. Sulama sisteminin özellikleri

Bir deneme parselinin ayrıntılı görünümü Şekil 3.3'de gösterilmiştir. Hidranttan alınan su kontrol biriminden geçirilerek ana boruya verilmiştir. Kontrol biriminde 2.5" giriş-çıkışlı bir hidrosiklon ve elek filtre ile manometreler bulunmaktadır. İletim hattından bir küresel vana ile deneme alanına sulama suyunun yönlendirilmesi için 50 mm'lik PE ana boru hattı kullanılmıştır. Manifold borular 32 mm'lik PE borulardan oluşmuştur. Sulama suyunun kontrollü olarak deneme parsellerine verilmesi için her blok başına bir adet su sayacı yerleştirilmiştir. Lateraller, manifold boru hatlarına bir mini vana ile bağlanmıştır (Şekil 3.4). Damla sulama boruları her bitki sırasına bir lateral gelecek şekilde çekilmiştir. Laterallerin dış çapı 16 mm, damlatıcılar arasındaki mesafe 20 cm, 1 bar basınç altında damlatıcı debisi 2 L h^{-1} olan damla sulama boruları kullanılmıştır. Bu denemede kullanılan damlatıcılar basınç regülatörlüdür.



Şekil 3.3. Bir parselin ayrıntılı görüntüsü



Şekil 3.4. Blok başına yerleştirilen su sayacı

3.1.6. Bitki özellikleri

Araştırmada, Burkalem F1 çeşidi kıl sivri biber bitki materyali olarak kullanılmıştır. Tatlı, meyve kalitesi ve verimi yüksek olup meyveler 25 cm'ye kadar uzayabilmektedir (Anonim, 2022).

3.1.7. Toprak ve bitki ölçümlerinde kullanılan donanımlar

Ölçümler B.U.Ü. Ziraat Fakültesi Biyosistem Mühendisliği Bölümü Sulama ve Drenaj Laboratuvarında gerçekleştirilmiştir. Toprak neminin ölçülmesinde, bozulmuş toprak örnekleme seti, etüv ve hassas terazi kullanılmıştır. Bununla birlikte, verim ve bazı verim bileşenlerine yönelik ölçümlerde, hassas terazi, kumpas, cetvel ve bir şerit-metreden yararlanılmıştır.

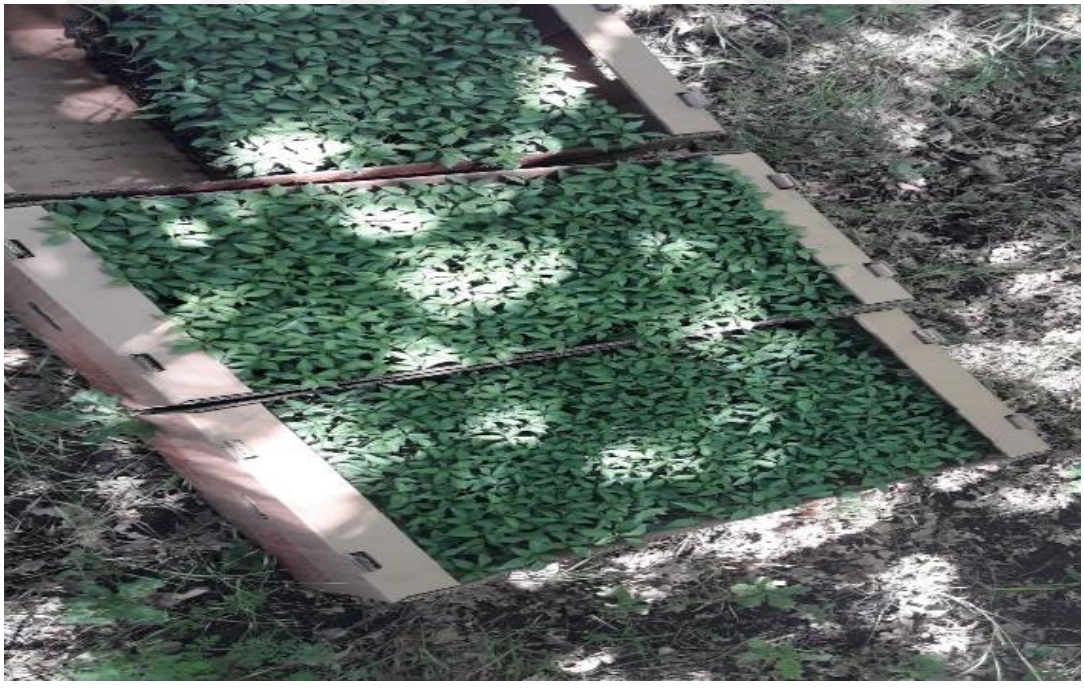
3.2. Yöntem

3.2.1. Tarımsal işlemler

Denemenin yürütüldüğü arazi toprakları; 27 Mart 2019 tarihinde pullukla yaklaşık 30 cm derinliğinde sürülmüş, 2 Nisan 2019 tarihinde keseklerin parçalanması ve tarla yüzeyinin düzeltilmesi amacıyla diskaroyla işlenmiş ve 25 Nisan 2019 tarihinde yapılan toprak freze uygulamalarıyla biber fidelerinin dikimine hazır hale getirilmiştir (Şekil 3.7). Toprağın hazırlanmasından sonra 10 Mayıs 2019 tarihinde damla sulama sistemi kurulmuştur. 13 Mayıs 2019 tarihinde biber fideleri hazırlanmış (Şekil 3.8) ve 14 Mayıs 2019 tarihinde 3-4 yapraklı biber fidelerinin dikim işlemi gerçekleşmiştir (Şekil 3.8). Biber fideleri, ticari tavsiyelere uygun olarak ve yörede yaygın olarak tercih edilen sıklıkta, sıra arası 70 cm ve sıra üzeri mesafe ise 40 cm olarak dikilmiş ve can suyu verilmiştir (Şekil 3.9). Araştırma süresince, toprak analiz sonuçlarına göre tavsiye edilen düzeyde, 20 kg da^{-1} N, 20 kg da^{-1} P ve 15 kg da^{-1} K deneme alanına eşit olarak uygulanmıştır. Yabancı otlarla mücadele çapalama yöntemiyle yapılmış olup, herhangi bir hastalık ve zararlıya rastlanmamıştır. Biber bitkisi için ilk hasat işlemi 10 Temmuz 2019 tarihinde yapılmış olup meyveler olgunlaştıkça hasat yapılmıştır.



Şekil 3.5. Toprak hazırlığı



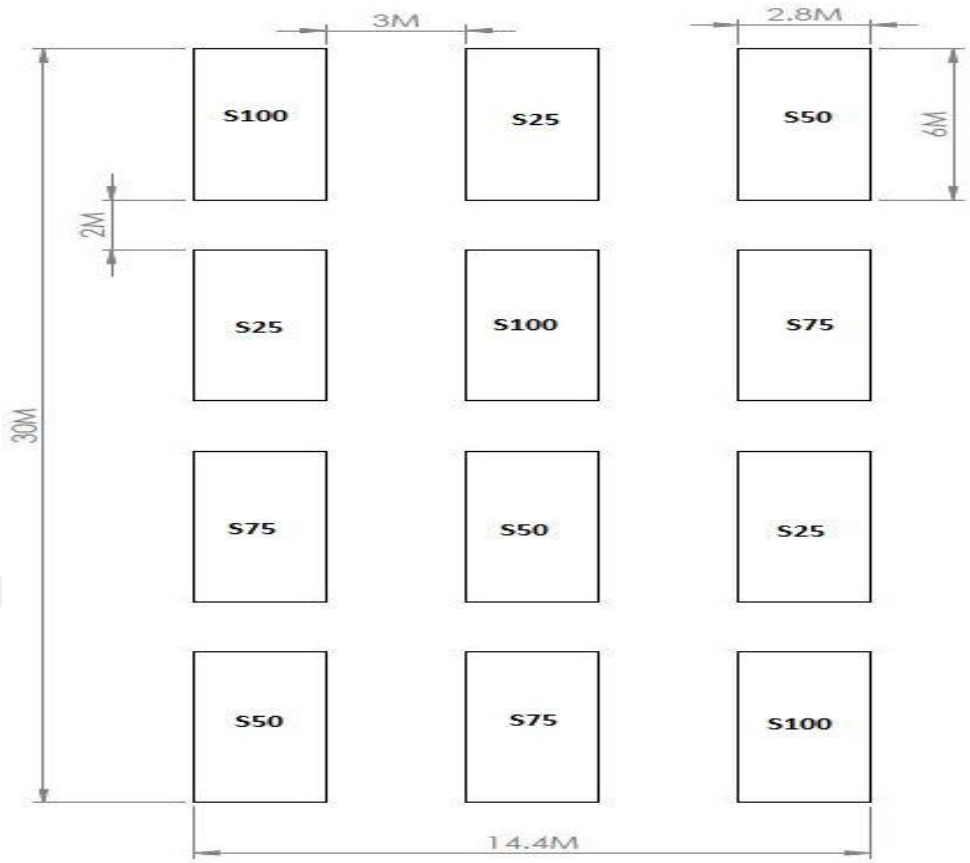
Şekil 3.6. Dikime hazır biber fideleri



Şekil 3.7. Biber fidelerinin dikilmesi

3.2.2. Sulama konuları

Arazi denemeleri, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekrarlı olarak yürütülmüştür. Bir deneme parselinin boyutları 2,8 m x 6,0 m = 16,8 m^2'dir. Parseller arasında 2 m ve bloklar arasında ise 3 m mesafe bırakılmıştır (Şekil 3.9).



Şekil 3.8. Sulama konularının deneme planına uygun olarak yerleşimi

Araştırmada farklı sulama düzeylerinde 4 farklı araştırma konusu oluşturulmuştur. Sulama aralığı 3-4 gün olarak belirlenmiştir. Sulama suyu miktarı, standart ölçülerde bir A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan su miktarına farklı düzeylerde bitki-kap katsayılarının (kpc) uygulanması suretiyle belirlenmiş ve Çizelge 3.3'de gösterilen sulama konuları oluşturulmuştur.

Çizelge 3.3. Sulama konuları

Sulama Konusu	Açıklama
S100 (kpc=1.00)	A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan su miktarına kpc=1.00 katsayısı uygulanarak sulama yapılması
S100 (kpc=0.75)	A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan su miktarına kpc=0.75 katsayısı uygulanarak sulama yapılması
S100 (kpc=0.50)	A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan su miktarına kpc=0.50 katsayısı uygulanarak sulama yapılması
S100 (kpc=0.25)	A sınıfı buharlaşma kabından buharlaşan su miktarına kpc=0.25 katsayısı uygulanarak sulama yapılması

3.2.3. Sulama suyu miktarının belirlenmesi

Uygulanan sulama suyu miktarı belirlenirken A sınıfı buharlaşma kabından yararlanılmış ve buharlaşan su miktarı dikkate alınarak hesaplanmıştır. Buna göre, uygulanan sulama suyu miktarının hacim cinsinden değeri, Eşitlik 3.1 ile hesaplanmıştır (Öktem ve ark. 2002).

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

Eşitlikte, I deneme parseline uygulanan sulama suyu miktarını (litre), A bir parselin alanını (m^2), Epan iki sulama arasında geçen süredeki kümülatif kap buharlaşma miktarını (mm), kpc bitki-kap katsayısını ve P ıslatılan alan oranını (%) göstermektedir. Bitki-kap katsayısı deneme konularına göre belirlenmiştir. Islatılan alan oranı, Keller ve Bliesner (1990) tarafından belirtilen yöntemlerle çalışmanın başlangıcında yapılan tarla testlerine göre %90 olarak belirlenmiştir. Deneme konularına göre bitki - kap katsayıları 1,00, 0,75, 0,50 ve 0,25 olarak belirlenmiştir. Belirlenen sulama suyu miktarı (hacim olarak), hem basınç-debi ilişkisinden yararlanılarak hem de su sayacından geçen su miktarı kontrol edilerek sulama süresi belirlenmiştir ve deneme konularına bağlı kalınarak belirlenen hacimde su, sayaçtan geçtiği anda sulamalar sona ermiştir. Sulama sisteminde işletme basıncı 1 atm'de sabit tutulmuştur. Sulama aralığı, yörede biber bitkisinin damla sulama yöntemiyle sulandığı koşullarda olduğu gibi 3-4 gün olarak belirlenmiştir. Sulama işlemine ise bitkilerin fizyolojik olarak olgunluğa ulaştığı tespit edilene kadar devam etmiştir.

3.2.4. Bitki su tüketiminin belirlenmesi

Biber bitkisinin mevsimlik bitki su tüketiminin (ET, mm) belirlenmesinde bir toprak-su bütçesi denkleminden yararlanılmıştır (Garrity ve ark., 1982; James, 1988).

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

Bu eşitlikte; I uygulanan sulama suyu miktarı (mm), P yetiştiricilik mevsimi içinde düşen yağış (mm), ΔS iki toprak nemi ölçümü arasındaki değişim (mm 90 cm^{-1}), D drenaj miktarı (mm) ve R yüzey akış miktarını (mm) göstermektedir.

Yağış değerleri, üniversite içerisinde bulunan meteoroloji istasyonundan sağlanmıştır. Toprak nemi, orta bloktaki tüm deneme parsellerinde yer alan orta 2 sıradaki laterallerin hemen yanından ve iki damlatıcı arasından 120 cm'lik toprak derinliğinde her 30 cm'lik katman için bir burgu seti kullanılarak alınan numuneler üzerinden gravimetrik yöntem kullanılarak belirlenmiştir. İki toprak suyu ölçümü arasındaki toprak nem değişimini (ΔS) hesaplamak amacıyla, sulama sezonunun başında ve hasatta gravimetrik yöntemle belirlenen toprak nem içeriği değerlerinden yararlanılmıştır. Yürütülen çalışmada sulama suyu kontrollü bir şekilde damla sulama yöntemi ile uygulandığından eşitlikte yüzey akış ihmal edilmiştir (Oktem ve ark., 2003).

3.2.5. Biber meyve veriminin belirlenmesi

Her parselden hasat edilen biber meyvelerinin ağırlıkları ayrı ayrı tartılmış ve ilk hasattan son hasada kadar olan kümülatif toplamları alınarak dekara oranlanmıştır. Biber verimleri kg da^{-1} olarak ifade edilmiştir.

3.2.6. Meyve boyunun belirlenmesi

Her hasatta toplanan meyvelerden rastgele seçilen 5 meyvenin boyu bir cetvel yarımıyla ölçülerek ortalamaları alınmış ve cm cinsinden ifade edilmiştir.

3.2.7. Meyve çapının belirlenmesi

Meyve çapı belirlenirken dijital bir kumpas kullanılmıştır. Ölçümler yapılırken her meyvenin orta noktasına gelecek şekilde kumpas ayarlanıp ölçümü yapılmış ve değeri mm olarak ifade edilmiştir.

3.2.8. Su-verim ilişkileri

Uygulanan sulama suyu miktarı (S) ile bitki su tüketimi (ET) arasında doğrusal ilişki (ET = aS + b), uygulanan sulama suyu miktarı ile biber meyve verimi (Y) arasında 2. dereceden polinomiyel bir ilişki ($Y= aS^2 + bS + c$) ve mevsimlik bitki su tüketimi ile meyve verimi arasında doğrusal bir ilişki (Y= aET + b) belirlenmiştir. Söz konusu ilişkilerin ve belirleme katsayılarının belirlenmesinde MS Excel hesap tabloları ile grafik oluşturma özelliklerinden yararlanılmıştır. Eşitlikte yer alan a, b ve c değerleri oluşturulan doğru veya eğrideki değişkenleri ifade etmektedir.

3.2.9. Verim tepki etmeni

Su kullanımı ve verim arasındaki ilişkiyi belirlemek için oransal verim azalması ile oransal bitki su tüketimi boyutsuz parametreleri kullanılmış ve aşağıdaki denklemden yararlanılmıştır:

$$1 - \frac{Ya}{Ym} = ky\left[1 - \frac{ETa}{ETm}\right] \qquad \text{(Eşitlik 3.3)}$$

Eşitlikte; Ya biber meyve verimi (kg da^{-1}), Ym maksimum meyve verimi (kg da^{-1}), Ya/Ym oransal verim, 1 − (Ya/Ym) oransal verimdeki azalma, ETa gerçek bitki su tüketimi (mm), ETa/ETm oransal bitki su tüketimi (mm), 1 − (ETa/ETm) oransal bitki su tüketimindeki azalma ve ky ise ET'deki birim azalmaya karşılık verimdeki azalma olarak verim tepki etmenidir (Doorenbos & Kassam, 1979).

3.2.10. Su kullanım etkinliği

Sulama suyu kullanım etkinliği (SSKE) ve su kullanım etkinliği (SKE) değerleri Eşitlik 3.4 ve Eşitlik 3.5'te verildiği gibi hesaplanmıştır.

$$SSKE = Y / S \quad \text{(Eşitlik 3.4)}$$

$$SKE = Y / ETa \quad \text{(Eşitlik 3.5)}$$

Eşitlikte, Y konulara göre elde edilen biber meyve verimi (kg da^{-1}), S mevsimlik uygulanan sulama suyu derinliği (mm) ve ETa ise toprak nemi, sulama suyu miktarı ve yağış değerlerini içine alan mevsimlik bitki su tüketimini (mm) ifade etmektedir (Yang ve ark., 2018).

3.2.11. İstatistiksel Analizler

Tarla denemesinden elde edilen veri SPSS yazılımı (Versiyon 23.0, SPSS Inc., USA) kullanılarak varyans (ANOVA) analizine tabi tutulmuştur. Biber meyve verimi, meyve boyu ve çapına ilişkin ortalama değerler Duncan'ın çoklu dağılım testi kullanılarak 0.05 önem düzeyinde karşılaştırılmıştır.

4. BULGULAR ve TARTIŞMA

4.1. Uygulanan sulama suyu miktarı ve mevsimlik bitki su tüketimi

Biber yetiştiriciliği boyunca deneme konularına göre bitki kök bölgesine uygulanan sulama suyu miktarları Çizelge 4.1'de sunulmuştur.

Çizelge 4.1. Deneme boyunca biber bitkilerine uygulanan sulama suyu miktarları (mm)

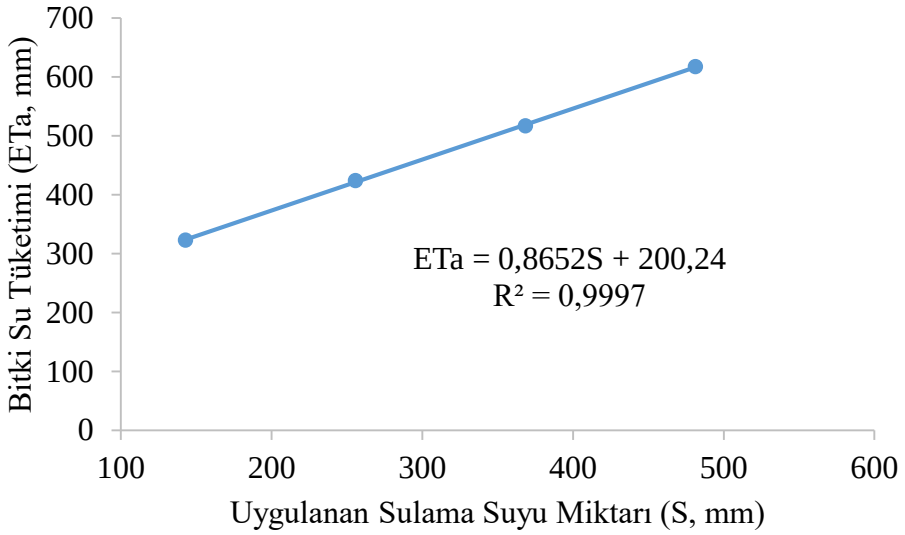
Tarih	**S100**	**S75**	**S50**	**S25**
14.05.2019	30,0	30,0	30,0	30,0
31.05.2019	16,8	12,6	8,4	4,2
04.06.2019	8,0	6,0	4,0	2,0
07.06.2019	12,0	9,0	6,0	3,0
11.06.2019	16,0	12,0	8,0	4,0
14.06.2019	12,0	9,0	6,0	3,0
21.06.2019	35,2	26,4	17,6	8,8
25.06.2019	32,0	24,0	16,0	8,0
29.06.2019	35,2	26,4	17,6	8,8
02.07.2019	16,0	12,0	8,0	4,0
05.07.2019	20,0	15,0	10,0	5,0
09.07.2019	21,6	16,2	10,8	5,4
19.07.2019	6,4	4,8	3,2	1,6
23.07.2019	16,8	12,6	8,4	4,2
26.07.2019	4,8	3,6	2,4	1,2
30.07.2019	16,8	12,6	8,4	4,2
02.08.2019	20,0	15,0	10,0	5,0
06.08.2019	12,8	9,6	6,4	3,2
09.08.2019	13,6	10,2	6,8	3,4
13.08.2019	20,0	15,0	10,0	5,0
16.08.2019	6,4	4,8	3,2	1,6
23.08.2019	8,0	6,0	4,0	2,0
27.08.2019	12,0	9,0	6,0	3,0
30.08.2015	20,0	15,0	10,0	5,0
03.09.2019	20,0	15,0	10,0	5,0
06.09.2019	16,0	12,0	8,0	4,0
10.09.2019	16,8	12,6	8,4	4,2
13.09.2019	16,0	12,0	8,0	4,0
Mevsimlik toplam	**481,2**	**368,4**	**255,6**	**142,8**

Biber fidelerinin deneme parsellerine şaşırtma işleminin yapıldığı gün tüm deneme konularına 30 mm can suyu uygulanmıştır. Deneme konularına göre sulama uygulamalarına 31.05.2019 tarihinde başlanmış ve 3-4 gün aralıklarla sulama yapılmıştır. Yağışlı geçen günlerde sulamalara ara verilmiştir. A sınıfı buharlaşma kabından eksilen suyun %100'ü dikkate alınarak sulamaların yapıldığı S100 konusu altındaki biber bitkilerine fide dikiminden hasada kadar olan dönemde toplamda 481,2 mm sulama suyu uygulanırken S75, S50 ve S25 sulama konularına sırasıyla 368,4 mm, 255,6 mm ve 142,8 mm sulama suyu uygulanmıştır.

Biber bitkisinde deneme konularına göre mevsimlik bitki su tüketimi değerleri farklılıklar göstermiştir (Çizelge 4.2). Tam sulama konusu olan S100 konusunda biber bitkisinin mevsimlik bitki su tüketimi 617,4 mm olarak hesaplanmış ve S75 konusunda 516,6 mm, S50 konusunda 423,8 mm ve S25 konusunda 323,0 mm olarak belirlenmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı her konu için arttırıldığında mevsimlik bitki su tüketim değerlerinin de aynı şekilde artış gösterdiği saptanmıştır (Şekil 4.1).

Çizelge 4.2. Mevsimlik bitki su tüketimi

Sulama Konuları	**Sulama Suyu miktarı (mm)**	**Yağış (mm)**	**Toprak Nem Değişimi (mm)**	**Mevsimlik Bitki Su Tüketimi (mm)**
S100	481,2	140,2	-4	617,4
S75	368,4	140,2	+8	516,6
S50	255,6	140,2	+28	423,8
S25	142,8	140,2	+40	323,0



Şekil 4.1. Uygulanan sulama suyu miktarı ile bitki su tüketimi arasındaki ilişki

Sezen ve ark. (2016), yaptıkları çalışmada, 2010-2011 yıllarında yürüttükleri denemenin ilk yılında sulama suyu miktarının 385-715 mm olarak değişiklik gösterdiğini gözlemlemişlerdir. İkinci yılında ise uygulanan sulama suyu miktarının 395-770 mm arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Demirel ve ark. (2012), denemenin ilk yılında mevsimlik bitki su tüketimi ve uygulanan sulama suyu miktarı değerlerini sırasıyla 333-855 mm ve 30-567 mm arasında değiştiğini, ikinci yılında ise 311-736 mm ve 62-489 mm arasında değiştiğini raporlamışlardır.

Azder ve ark. (2020), mevsimlik toplam sulama suyu miktarı değerlerini I1, I2, I3 ve I4 konusu için sırasıyla 2016 yılında 935,5 mm, 785,3 mm, 616,2 mm ve 457,0 mm olarak, 2017 yılında ise 889,0 mm, 750,3 mm, 616,2 mm ve 469 mm olarak belirlemişlerdir. Bitki su tüketimleri ise 2016 yılında 457,0-935,5 mm ve 2017 yılında ise 469,0-889,0 mm olarak hesaplanmıştır. Yapılan araştırmada uygulanan sulama suyu miktarları ile bu çalışmalarda uygulanan sulama suyu miktarları arasında belirli farklılıklar gözlemlenmektedir. Bu farklılıkların sebebinin, sulama programlarının çeşitliliği ve araştırmaların yapıldığı farklı iklim ve toprak özelliklerine sahip bölgelerde yürütülmesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

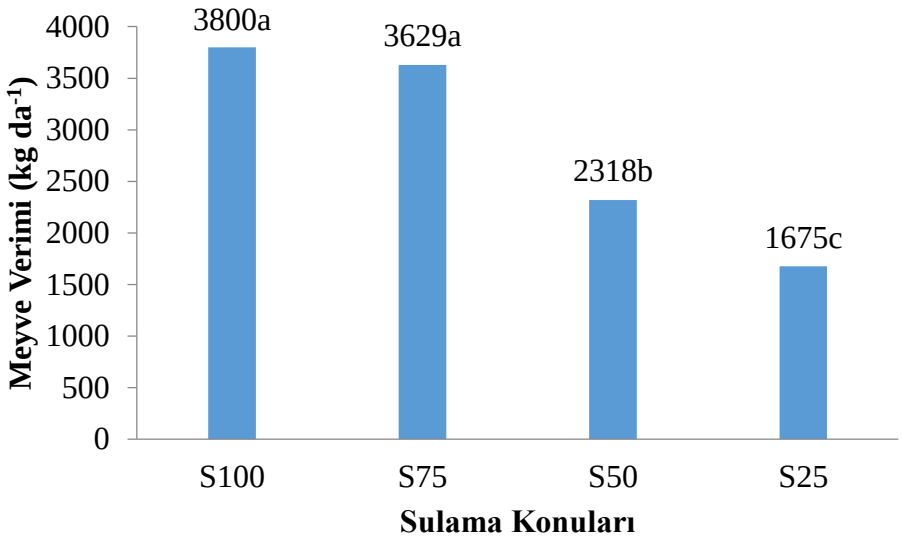
4.2. Meyve verimi

Biber meyve verimine ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre, sulama seviyelerinin Burkalem sivri biber verimi üzerindeki etkisi P<0,01 düzeyinde istatistiksel olarak önemli saptanmıştır (Çizelge 4.3).

Çizelge 4.3. Biber meyve verimine ilişkin varyans analizi sonuçları

Kaynak	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi (df)	Kareler ortalaması	F	Önem (P)
Sulama seviyesi	9524405	3	3174802	186,2	0,000
Hata	136406	8	17051		
Toplam	107513085	12			

Ortalama biber verimi değerleri Şekil 4.2'de verilmiştir.



Şekil 4.2. Farklı sulama seviyeleri altında biber meyve verimleri (kg/da)
Açıklama: Şekilde sütunların üzerinde farklı harflerle gösterilen değerler P<0.05 düzeyinde önemli farklılıkları göstermektedir

En yüksek biber meyve verimi değerleri S100 ve S75 sulama seviyelerinden sırasıyla 3800 kg da^{-1} ve 3629 kg da^{-1} olarak tespit edilmiştir. Duncan testine göre, S100 ve S75 konuları arasındaki farklılık önemli bulunmamıştır. Diğer taraftan sulama seviyelerindeki azalmaya bağlı olarak S50 ve S25 konularında daha düşük biber verimi elde edilmiştir.

Çalışma sonuçları biber bitkisinin sulama seviyelerine duyarlı olduğunu göstermektedir. S100 konusu referans olarak alındığında S75, S50 ve S25 konularından elde edilen verimlerdeki azalma düzeyi sırasıyla %4,5, %39 ve %56 olarak hesaplanmıştır. Bu sebeple, sulama suyunun temininde güçlük çekilmediği koşullarda A sınıfı kaptan buharlaşan su miktarına k_{cp}=1,00 katsayısı uygulanarak sulama programının oluşturulduğu S100 konusu tavsiye edilebilir. Sulama suyu temininde güçlük çekildiği zamanlarda ya da kısıntılı sulamanın zorunlu olduğu hallerde önerilebilecek sulama suyu seviyesi ise S75 konusudur (k_{cp}=0,75). Çünkü S100 konusu ile karşılaştırıldığı zaman sulama suyunda %25 oranında bir tasarruf sağlanırken meyve verimindeki azalma oranı yalnızca %4,5'tur. Sulama suyu miktarının S100 konusuna kıyasla %50'nin üzerinde azaltılması koşulunda verim kayıpları önemli seviyelere (%39-56) çıkmaktadır.

Taş ve Kırnak (2011), üç farklı sulama aralığı (S:2, 4 ve 6 gün) ile üç farklı bitki pan katsayısını (Kcp1=1.25, Kcp2=1.00 ve Kcp3=0.75) deneme konusu olarak ele aldıkları çalışmada en yüksek verimi, S2-Kcp1 konusunda 4703 kg da^{-1} olarak saptamışlardır. En düşük verimi ise sulama seviyesinin en az olduğu S6 Kcp3 konusundan 2444 kg da^{-1} olarak belirlemişlerdir. Bu çalışmadan elde edilen bulgulara paralel olarak verimdeki azalmanın kcp katsayısının düşürülmesiyle paralellik gösterdiğini raporlamışlardır.

Şen (2015), sulama aralığının 3 ve 6 gün, sulama suyu miktarının ise kap buharlaşma miktarının %25, %50, %75, %100 ve %125'i oranında uyguladığı çalışmada en yüksek biber meyve veriminin 3 gün sulama aralığı ve %125 sulama seviyesinden elde edildiğini, en düşük ise 3 gün sulama aralığı ve %25 sulama seviyesinden elde edildiğini raporlamıştır.

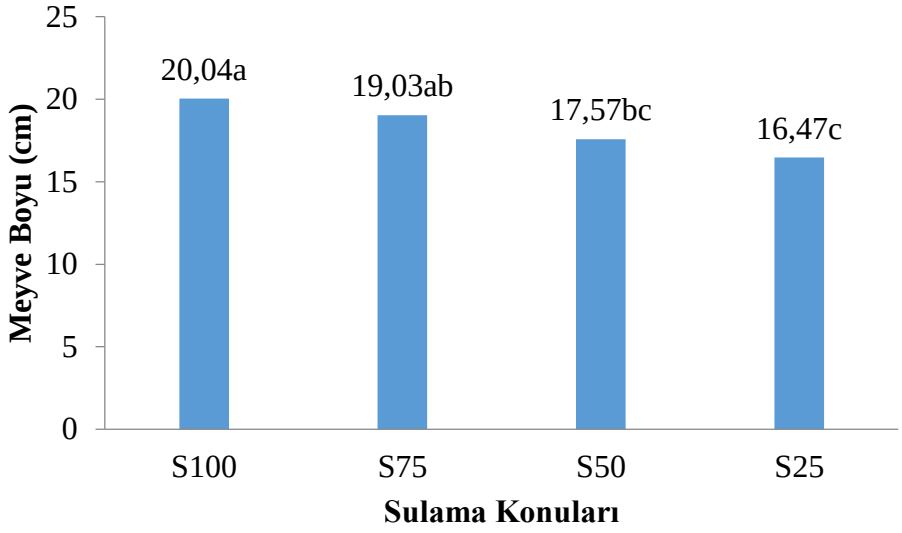
Yapılan bu çalışmalarda verimlerin farklılıklar göstermesinin, sulama zamanın planlanması ve sulama denemelerinin yürütüldüğü bölgelerin farklı iklim ve toprak özelliklerine sahip olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.3. Meyve boyu

Biber bitkisinin meyve boyuna ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre, sulama seviyelerinin Burkalem sivri biber meyve boyu üzerindeki etkisinin p<0,05 düzeyinde önemli olduğu saptanmıştır (Çizelge 4.4). Ortalama biber meyve boyu değerleri Şekil 4.3'te gösteriliştir.

Çizelge 4.4. Biber meyve boyu (cm) varyans analizi

Kaynak	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi (df)	Kareler ortalaması	F	Önem (P)
Sulama seviyesi	22,293	3	7,431	5,206	0,028
Hata	11,420	8	1,427		
Toplam	4041,785	12			



Şekil 4.3. Biber meyve boyu değerleri
Açıklama: Şekilde sütunların üzerinde farklı harflerle gösterilen değerler P<0.05 düzeyinde önemli farklılıkları göstermektedir

En yüksek biber meyve boyu değerleri S100 ve S75 sulama seviyelerinden sırasıyla 20,4 cm ve 19,04 cm olarak elde edilmiştir. Duncan testine göre, S100 ve S75 konuları arasında istatistiksel yönden önemli (p<0,05) bir farklılık oluşmamıştır. Diğer taraftan sulama seviyelerindeki azalmaya bağlı olarak S50 ve S25 konularında daha kısa meyve boyu elde edilmiştir. Sert su stresinde (S25) en düşük meyve boyu elde edilmiştir.

Azder ve ark. (2020), meyve boyu değerlerinin sulama seviyelerine bağlı olarak 11,63 cm ile 16,78 cm aralığında değiştiğini belirlemişlerdir. Demirel ve ark. (2012), kapya biber üzerinde yaptıkları çalışmada ilk yıl meyve boyunu 64-71 mm, ikinci yıl ise 60-68 mm olarak raporlamışlardır. Sezen ve ark. (2016) farklı sulama konularına göre (kap buharlaşma değerinin %50, %75 ve %100'ü) meyve boyunu 61,2- 68,8 mm arasında olduğunu belirtmişlerdir. Çalışmada sonucunda elde edilen meyve boyu parametrelerinin yapılan diğer çalışmalar arasında farklılık göstermesi özellikle biber çeşitlerindeki farklılık olmak üzere iklim ve toprak özelliklerinin farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

4.4. Meyve çapı

Biber meyve çapına ilişkin varyans analizi sonuçlarına göre, sulama seviyelerinin sivri biber meyve çapı üzerine etkisinin $p<0,05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir (Çizelge 4.5).

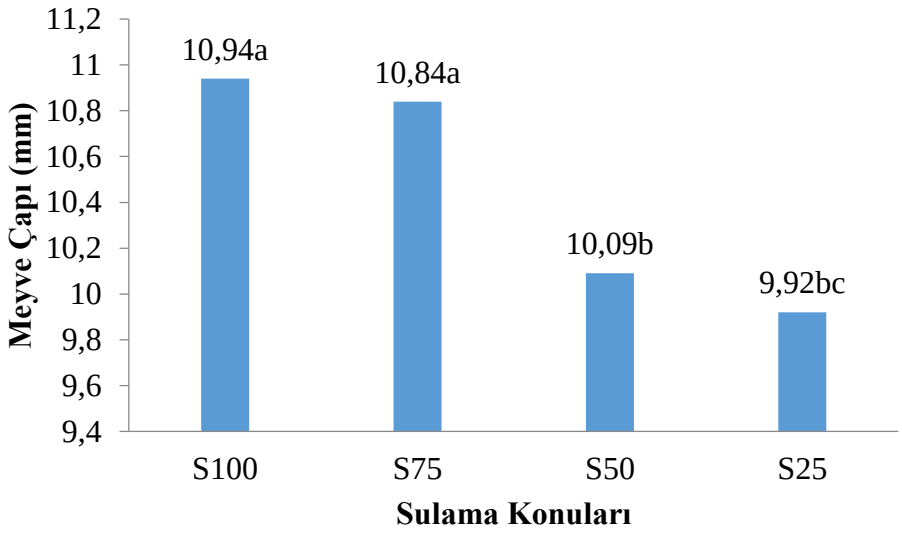
Çizelge 4.5. Biber meyve çapı (mm) varyans analizi

Kaynak	Kareler toplamı	Serbestlik derecesi (df)	Kareler ortalaması	F	Önem (P)
Sulama seviyesi	2,421	3	0,807	5,848	0,020
Hata	1,104	8	0,138		
Toplam	1313,119	12			

Ortalama biber meyve çapı değerleri Şekil 4.4'te verilmiştir. En yüksek biber meyve verimi değerleri S100 ve S75 sulama seviyelerinden sırasıyla 10,94 mm ve 10,84 mm olarak çok yakın değerler elde edilmiştir. Duncan testine göre, S100 ve S75 konuları arasında istatistiksel yönden önemli ($p<0,05$) bir farklılık oluşmamıştır. Meyve çapı S50 konusunda 10,09 mm ve S25 konusunda 9,92 mm olarak belirlenmiştir.

Azder ve ark. (2020), meyve çapını ilk yıl 3,99 cm ile 4,94 cm aralığında, ikinci yıl 4,37 cm ile 5,24 cm aralığında değiştiğini gözlemlemişlerdir. Sezen ve ark. (2016), salçalık biber bitkisi meyve çapının 3,31-4,40 cm aralığında değiştiğini saptamışlardır.

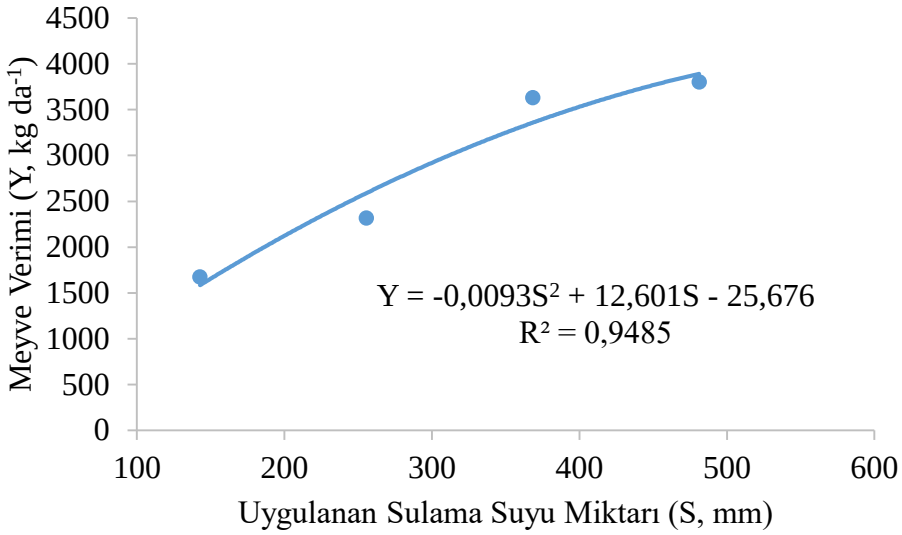
Çalışmalarda bulunan biber çapı sonuçlarının farklılık göstermesinin sebebinin iklim ve biber çeşidine bağlı olduğu düşünülmektedir.



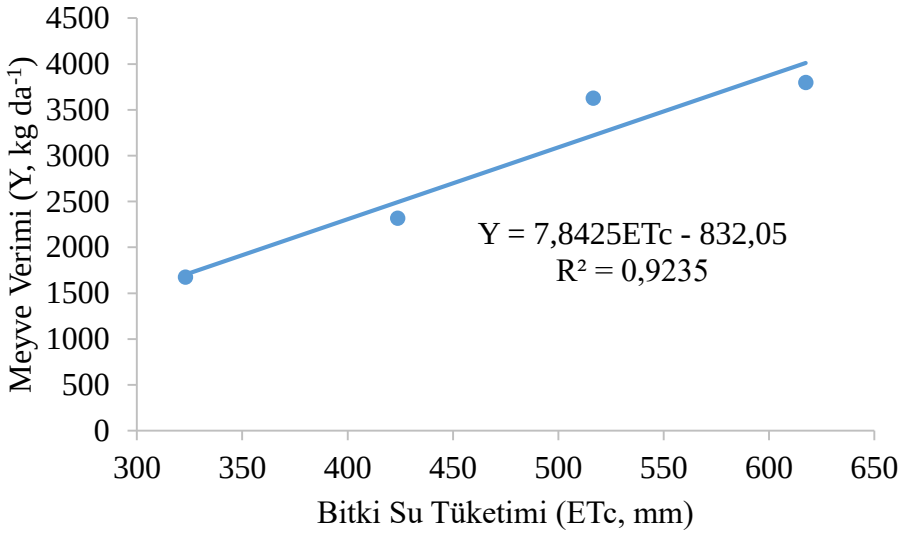
Şekil 4.4. Farklı sulama seviyeleri altında biber meyve çapı (mm) değerleri
Açıklama: Şekilde sütunların üzerinde farklı harflerle gösterilen değerler P<0.05 düzeyinde önemli farklılıkları göstermektedir

4.5. Su-verim ilişkileri

Araştırma sonucunda biber bitkisinde meyve verimi ile uygulanan sulama suyu miktarı arasındaki ilişki Şekil 4.5'te, meyve verimi ile bitki su tüketimi değerleri arasındaki ilişki ise Şekil 4.6'da verilmiştir. Uygulanan sulama suyu miktarı (S) ile verim (Y) arasında $Y = -0{,}0093S^2 + 12{,}601S - 25{,}676$ olarak 2. derecen polinom şeklinde bir eşitlik elde edilmiştir (Şekil 4.5). Söz konusu eşitliğin belirleme katsayısı $R^2 = 0{,}9485$ olarak belirlenmiştir. Belirleme katsayısının yüksek olması elde edilen denklemin farklı sulama seviyeleri için verimi tahminlemedeki doğruluk derecesinin yüksek olduğunu göstermektedir. Diğer taraftan bitki su tüketimi (ETc) ile verim (Y) arasındaki doğrusal ilişki denklemi $Y = 7{,}8425ETc - 832{,}05$ ve belirleme katsayısı ise $R^2 = 0{,}9235$ olarak saptanmıştır. Belirleme katsayısı önemli ölçüde yüksek bulunmuştur. Bursa ilindeki sivri biber yetiştiricileri söz konusu denklemi kullanarak bitki su tüketimine karşılık meyve verimini %92 doğrulukla tahmin edebilirler.



Şekil 4.5. Uygulanan sulama suyu miktarı ile meyve verimi arasındaki ilişki



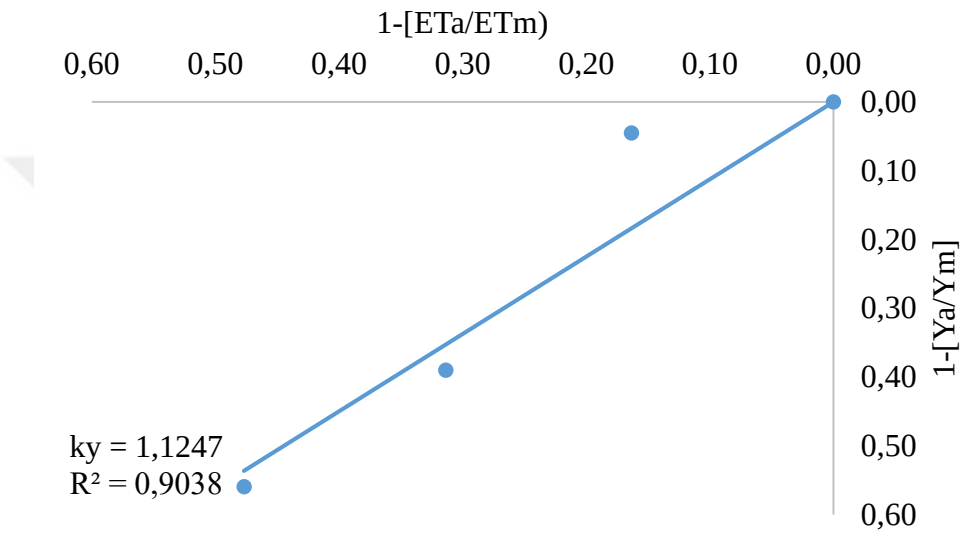
Şekil 4.6. Bitki su tüketimi ile meyve verimi arasındaki ilişki

4.6. Verim tepki etmeni

Verimdeki azalma oranı ile bitki su tüketimindeki azalma oranı arasındaki ilişkiyi gösteren mevsimlik verim tepki etmeni ky=1,12 olarak belirlenmiştir (Şekil 4.7).

Şen (2015), sulama aralığını 3 gün olarak belirlediği konuların verim tepki etmenini (ky) 0,996, sulama aralığını 6 gün olarak belirlediği konuların verim tepki etmeni ise 0,615

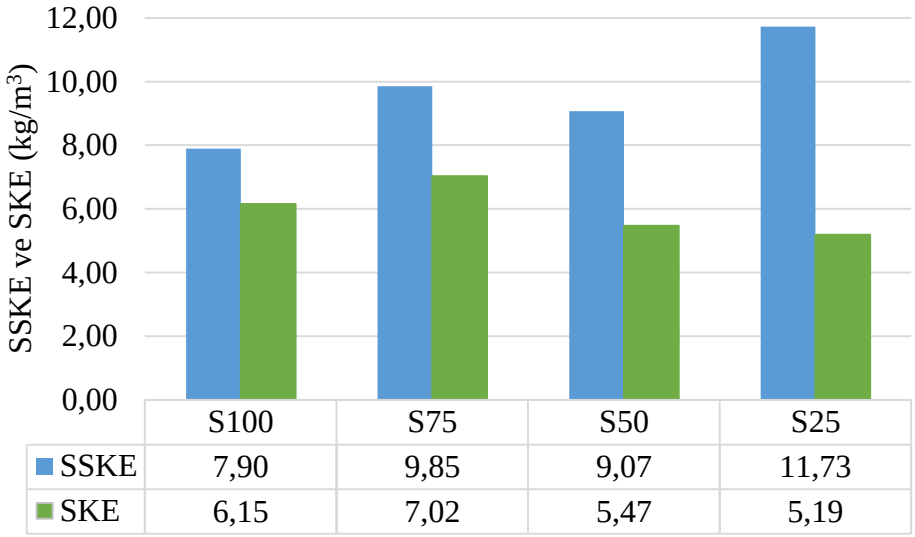
hesaplamışlardır. Dağdelen (2001), karık sulama yöntemi ile Aydın ili koşulları altında yürüttüğü çalışmada, yaptığı biber yetiştiriciliğinde verim tepki etmenini (ky) 0,55, Ersöz & Avcı (1991) ise Bafra ovası koşullarında bu oranı 0,62 olarak saptamışlardır. Bu çalışmada elde edilen verim tepki etmeni değeri yukarıda verilen değerlerden daha yüksektir. Bu farklılıkların sebebinin; biber çeşidine, iklim ve toprak özelliklerine bağlı olarak değişiklik gösterdiği söylenebilir.



Şekil 4.7. Verim tepki etmeni

4.7. Su kullanım etkinliği

Burkalem sivri biber bitkisinin farklı sulama seviyelerine ilişkin deneme konularına ait sulama suyu kullanım etkinliği (SSKE) ve su kullanım etkinliği (SKE) değerleri Şekil 4.8'de verilmiştir.



Şekil 4.8. Sulama suyu kullanım etkinliği (SSKE) ve su kullanım etkinliği (SKE)

Şekil 4.8 incelendiğinde SSKE değerlerinin 7,90 ile 11,73 kg m^{-3} aralığında değiştiği; en yüksek SSKE değerinin S25 konusuna ait olduğu, en düşük değerin ise S100 konusuna ait olduğu belirlenmiştir. S75 konusundan elde edilen SSKE değeri ikinci sırada yer almıştır. SKE değerleri ise 5,19 ile 7,02 kg m^{-3} arasında değişmiştir. En yüksek SKE S75 konusundan en düşük ise S25 konusundan saptanmıştır. Verim ve diğer parametreler birlikte değerlendirildiğinde S75 konusu diğer konular arasında ön plana çıkmaktadır.

Sezen ve ark. (2016) tarafından yürütülen iki yıllık çalışmada, 2010 yılında SKE değerleri 5,5- 7,1 kg m^{-3}, 2011 yılında ise 5,8-7,5 kg m^{-3} arasında değişmiştir. Çömlekçioğlu & Şimşek (2017), SSKE değerlerini 3,41-5,88 kg m^{-3}, SKE değerlerini ise 3,90-6,77 kg m^{-3} olarak belirlemişlerdir. Azder ve ark. (2020), SSKE değerlerinin sulama konularına göre 4,84 - 6,19 kg m^{-3} olarak elde edildiğini, SKE değerlerinin ise 4,16 ile 4,56 kg m^{-3} arasında değiştiğini raporlamışlardır. Çalışma sonucuna göre, SSKE ve SKE değerlerinin farklılık göstermesinin, araştırmalarda farklı sulama konularının ele alınmasından ve çeşide bağlı olarak üretkenlik düzeylerinin farklılık göstermesinden kaynaklandığı düşünülmektedir.

5. SONUÇ

Yaz aylarında yağış değerlerinin düşük, sıcaklık değerlerinin yüksek olduğu Bursa'da damla sulama yöntemi kullanılarak sulanan sivri biber (Burkalem çeşidi) bitkisinde, sulama zamanının planlanması ve su verim ilişkilerinin belirlenmesi amacıyla yürütülen çalışmanın sonuçları şöyledir:

Çalışmanın yürütüldüğü dönem süresince farklı deneme konularında, uygulanan sulama suyu miktarlarında 142,8 mm ve 481,2 mm arasında değişiklik gözlemlenmiş, mevsimlik bitki su tüketimi değerleri ise 323,0 mm ile 617,4 mm arasında değişiklik göstermiştir.

Biber bitkisinde farklı sulama düzeylerinin, meyve verimi, meyve uzunluğu, meyve çapı ve meyve ağırlığı üzerindeki etkilerinin $p<0,05$ olasılık düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir.

Araştırma sonucunda meyve verimi, meyve uzunluğu, meyve çapı, meyve ağırlığı ve su kullanım etkinliği parametrelerinde en düşük ortalama değerler S25 ve S50 konusundan elde edilmiş olup en yüksek ortalama ise S100 ve S75 konularından elde edilmiştir. En yüksek meyve verimleri S100 (kpc=1.00) ve S75 (kpc=0.75) konularında gerçekleşmiştir. S50 (kpc=0.50) ve S25 (kpc=0.25) sulama seviyelerinde verim önemli düzeyde ($P<0.05$) azalmıştır. Meyve verimi, S100 konusu referans olarak alındığında S75, S50 ve S25 konularındaki verimin azalma oranları sırasıyla %4,5, %39 ve %56 olarak gerçekleşmiştir. Sulama suyu temininde zorluk çekilmediği koşullarda S100 (k_{cp}=1,00) sulama konusu önerilirken, sulamanın kıt olduğu koşullarda ise S75 (k_{cp}=0,75) sulama konusu önerilebilir. S100, S75, S50 ve S25 konularında verim değerleri ise sırasıyla 3800 kg da^{-1}, 3629 kg da^{-1}, 2318 kg da^{-1} ve 1675 kg da^{-1}'dır.

Araştırma sonucunda, biber bitkisinde su kullanım etkinliği değerleri 5,19 ile 7,02 kg m^{-3} arasında değişmiştir. En yüksek SKE değeri S75 deneme konusunda bulunurken en düşük SKE değeri ise S25 deneme konusunda gözlemlenmiştir. En yüksek SSKE değeri

S25 deneme konusunda hesaplanırken en düşük SSKE değeri S100 deneme konusunda saptanmıştır. Mevsimlik verim tepki etmeni ky= 1,12 olarak belirlenmiştir.

Sonuç olarak, kısıntılı sulama uygulamalarının yapılması, su kıtlığında etkili bir üretim yapılması ve su kaynaklarının daha etkin kullanılması açısından önemlidir. Çalışma sonuçları göstermiştir ki yarı nemli iklim kuşağında, damla sulama yöntemi kullanılarak sulanan biber bitkisi yetiştiriciliğinde; uygulanan sulama suyundan birim miktarı üzerinden maksimum verim sağlanması ve su kaynaklarının korunması amacı güdülerek ve SKE ve SSKE değerlerini göz önünde bulundurarak, sulama suyunun kısıtlı olduğu koşullarda, S75 konusu (%25 su kısıntısı) sulama programı olarak önerilebilir.

KAYNAKLAR

Abayomi, Y. A., Aduloju, M. O., Egbewunmi, M. A., & Suleiman, B. O. (2012). Effects of soil moisture contents and rates of NPK fertilizer application on growth and fruit yields of pepper (*Capsicum* spp.) genotypes. *International Journal of AgriScience*, *2*(7), 651-663.

Adeoye, P. A., Adesiji, R. A., Oloruntade, A. J., & Njemanze, C. F. (2014). Effect of irrigation intervals on growth and yield of bell pepper (*Capsicum annuum*) in a tropical semi-arid region. *Journal of Experimental Agriculture International*, *4*(5), 515-524.

Alaboz, P., Işıldar, A.A., Müjdeci, M., Şenol, H. (2017). Effects of Different Vermicompost and Soil Moisture Levels on Pepper (Capsicum annuum) Grown and Some Soil Properties, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 27(1): 30-36

Alvino, A., Centritto, M., & Lorenzi, F. D. (1994). Photosynthesis response of sunlit and shade pepper (*Capsicum annuum*) leaves at different positions in the canopy under two water regimes. *Functional Plant Biology*, *21*(3), 377-391.

Anonim (2020). Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). FAOSTAT, http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC. (Erişim tarihi: 08.06.2020).

Anonim (2021). Bitkisel Üretim İstatistikleri. Türkiye İstatistik Kurumu (TUİK), http://www.tuik.gov.tr/ PreTablo.do?alt_id=1001. (Erişim Tarihi: 01.06.2021).

Anonim (2022). BT Burkalem İnce Kıl F1 Biber Fidesi Özellikleri. https://www.antalyafidecim.com/ (Erişim tarihi: 03.01.2022).

Azder, G., Göçmen, E., & İstanbulluoğlu, A. (2020). Tekirdağ koşullarında farklı sulama seviyelerinin kapya biberin (*Capsicum annum Cv. Kapija)* verim ve verim bileşenleri üzerine etkileri. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, *17*(3): 443-431.

Candoğan, B.N. (2009). Soya fasulyesinin su-verim ilişkisi. Doktora Tezi, UÜ Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Bursa.

Chaudhary, B.R., Sharma, M.D., Shakya, S.M., Gautam, D.M. (2006). Effect of Plant Growth Regulators On Growth, Yıeld And Qualıty Of Chıllı (Capsicum Annuum L.) at Rampur, Chıtwan, İnstitute Of Agriculture And Animal Sciences, 27: 65-68

Cosic, M., Djurović, N., Todorović, M., Maletić, R., Zečević, B., & Stričević, R. (2015). Effect of irrigation regime and application of kaolin on yield, quality and water use efficiency of sweet pepper. *Agricultural Water Management*, *159*, 139-147.

Çolak, Y.B., Yazar, A., Yıldız, M., & Gönen, E. (2019). Çukurova bölgesinde dolmalık biber bitkisinin toprakaltı damla yöntemiyle sulanması. *Alatarım, 18*(2), 118-124.

Çömlekçioğlu, N., & Şimşek, M. (2017). Kontrollü kısıtlı sulamanın biber (*Capsicum annum* L.) verim ve verim bileşenlerine etkileri. *Akademik Ziraat Dergisi*, *6*: 297-304.

Dağdelen, N. (2001). Büyüm Menderes havzası koşullarında sanayi biberinde farklı sulama aralığı ve sulama düzeyinin verim ve kalite üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi (Doktora Tezi), İzmir*.

Demirel, K., Genç, L., & Saçan, M. (2012). Yarı kurak koşullarda farklı sulama düzeylerinin salçalık biberde (*Capsicum annum* cv. Kapija) verim ve kalite parametreleri üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, *9*(2), 7-15.

Doorenbos, J., & Kassam, A. H. (1979). Yield response to water. *Irrigation and drainage paper*, 33, 257.

Dorji, K., Behboudian, M. H., & Zegbe-Dominguez, J. A. (2005). Water relations, growth, yield, and fruit quality of hot pepper under deficit irrigation and partial rootzone drying. *Scientia Horticulturae*, *104*(2), 137-149.

Dimitrov, Z., & Ovtcharrova, A. (1995). The productivity of peppers and tomatoes in case of insufficient water supply. *Proceedings of ICID special technical session on the role of advanced technologies in irrigation and drainage system*, *1*, 91-95.

Erken, O. (2004). Çanakkale Yöresinde Damla Sulama Yöntemiyle Sulanan Biberde (Capsicum Annuum) En Uygun Sulama Programının Belirlenmesi, *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi,* Çanakkale.

Ersöz İ. K. & Avcı,K. 1999. Bafra Ovası koşullarında Kısıtlı Su Uygulamasının Salçalık Biber Verimine Etkisinin Saptanması, KHGM, APK Dai. Bşk., Toprak ve Su Kaynakları Araştırma Yıllığı, Yayın No: 115, s. 16-30, Ankara.

Gadissa, T., & Chemeda, D. (2009). Effects of drip irrigation levels and planting methods on yield and yield components of green pepper (*Capsicum annuum*, L.) in Bako, Ethiopia. *Agricultural Water Management*, *96*(11), 1673-1678.

Garrity, D. P., Watts, D. G., Sullivan, C. Y., & Gilley, J. R. (1982). Moisture deficits and grain sorghum performance: evapotranspiration-yield relationships 1. *Agronomy Journal*, *74*(5), 815-820.

Gençoğlan, C., Akıncı, İ. E., Uçan, K., Akıncı, S., & Gençoğlan, S. (2006). Response of red hot pepper plant (*Capsicum annuum* L.) to the deficit irrigation. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *19*(1), 131-138.

González-Dugo, V., Orgaz, F., & Fereres, E. (2007). Responses of pepper to deficit irrigation for paprika production. *Scientia Horticulturae*, *114*(2), 77-82.

Güvenç, İ. (2020). Türkiye'de biber üretimi, dış ticareti ve rekabet gücü. *Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi*, *23*(2), 441-445.

Hulugalle, N. R., & Willatt, S. T. (1987). Patterns of water uptake and root distribution of chilli peppers grown in soil columns. *Canadian journal of plant science*, *67*(2), 531-535.

Ismail, S. M. (2010). Influence of deficit irrigation on water use efficiency and bird pepper production (*Capsicum annuum* L.). *Meteor. Environ. Arid Land Agric. Sci*, *21*(2943), 21-2.

James, L. G. 1988. Principles of Farm Irrigation System Design, New York, p. 543.

Jensen, M. E. (Ed.). (1980). *Design and operation of farm irrigation systems* (No. 631.587/J51). American Society of Agricultural Engineers.

Keleş, D., Rastgeld, U., Karipçin, Z., Karagül, S., Soylu, M.K., Çömlekçioğlu, N., & Büyükalaca, S. (2016). Seleksiyon yoluyla Şanlıurfa biber ıslahı. *Alatarım*, 15 (1), 39-44.

Keller, J. & R.D. Bliesner, 1990. Sprinkle and trickle irrigation. Chapman and Hall, New York, USA.

Kırnak, H., Kaya, C., & Değirmenci, V. (2002). Growth and yield parameters of bell peppers with surface and subsurface drip irrigation systems under different irrigation levels. *Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *33*(4), 383-389.

Kırnak, H., Gökalp, Z., Demir, H., Kodal, S., & Yildirim, E. (2016). Paprika pepper yield and quality as affected by different irrigation levels. *Journal of Agricultural Sciences*, *22*(1), 77-88.

Koksal, E. S., Tasan, M., Artik, C., & Gowda, P. (2017). Evaluation of financial efficiency of drip-irrigation of red pepper based on evapotranspiration calculated using an iterative soil water-budget approach. *Scientia Horticulturae*, *226*, 398-405.

Kong, Q., Li, G., Wang, Y., & Wen, Y. (2010). Influences of subsurface drip irrigation and surface drip irrigation on bell pepper growth under different fertilization conditions. *Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering*, *26*(7), 21-25.

Kulkarni, M., & Phalke, S. (2009). Evaluating variability of root size system and its constitutive traits in hot pepper (*Capsicum annum* L.) under water stress. *Scientia Horticulturae*, *120*(2), 159-166.

Kuşçu, H., Turhan, A., Özmen, N., Aydınol, P., & Demir, A. O. (2016). Response of red pepper to deficit irrigation and nitrogen fertigation. *Archives of Agronomy and Soil Science*, *62*(10), 1396-1410.

Laribi, A. I., Palou, L., Intrigliolo, D. S., Nortes, P. A., Rojas-Argudo, C., Taberner, V., ... & Pérez-Gago, M. B. (2013). Effect of sustained and regulated deficit irrigation on

fruit quality of pomegranate cv.‘Mollar de Elche’at harvest and during cold storage. *Agricultural Water Management*, *125*, 61-70.

Liu, H., Yang, H., Zheng, J., Jia, D., Wang, J., Li, Y., & Huang, G. (2012). Irrigation scheduling strategies based on soil matric potential on yield and fruit quality of mulched-drip irrigated chili pepper in Northwest China. *Agricultural water management*, *115*, 232-241.

Lorite, I. J., Mateos, L., Orgaz, F., & Fereres, E. (2007). Assessing deficit irrigation strategies at the level of an irrigation district. *Agricultural Water Management*, *91*(1-3), 51-60.

Mardani, S., Tabatabai, S.H., Pessaraklı, M., Zareabyaneh, H. (2017). Physiological responses of pepper plant (Capsicum annuum L.) to drought stress, Journal of Plant Nutrition, 40(10): 1453-1464

Mushtaq, S., & Moghaddasi, M. (2011). Evaluating the potentials of deficit irrigation as an adaptive response to climate change and environmental demand. *Environmental science & policy*, *14*(8), 1139-1150.

Nagaz, K., Masmoudi, M. M., & Mechlia, N. B. (2012). Effects of deficit drip-irrigation scheduling regimes with saline water on pepper yield, water productivity and soil salinity under arid conditions of Tunisia. *Journal of Agriculture and Environment for International Development (JAEID)*, *106*(2), 85-103.

Nieto-Garibay, A., Troyo-DiÃ, E., GarcÃa-Hernandez, J. L., Murillo-Amador, B., Ruiz-Espinoza, F. H., & Pimienta-Barrios, E. (2009). Soil water stress effect with different irrigation schedule during emergence and seedling stage in *Capsicum frutescens* L. and *Capsicum annuum* L. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*, *10*(3), 405-413.

Oktem, A., Simsek, M., & Oktem, A. G. (2003). Deficit irrigation effects on sweet corn (*Zea mays saccharata* Sturt) with drip irrigation system in a semi-arid region: I. Water-yield relationship. Agricultural Water Management, 61(1), 63-74.

Patanè, C., Tringali, S., & Sortino, O. (2011). Effects of deficit irrigation on biomass, yield, water productivity and fruit quality of processing tomato under semi-arid Mediterranean climate conditions. *Scientia Horticulturae*, *129*(4), 590-596.

Pereira, L. S., Paredes, P., Cholpankulov, E. D., Inchenkova, O. P., Teodoro, P. R., & Horst, M. G. (2009). Irrigation scheduling strategies for cotton to cope with water scarcity in the Fergana Valley, Central Asia. *Agricultural Water Management*, *96*(5), 723-735.

Sarwar, A., & Perry, C. (2002). Increasing water productivity through deficit irrigation: evidence from the Indus plains of Pakistan. *Irrigation and Drainage: The journal of the International Commission on Irrigation and Drainage*, *51*(1), 87-92.

Sezen, S.M., Yazar, Atilla., Tekin, S., Eker, S., Kapur, B. (2011). Yield and quality response of drip-irrigated pepper under Mediterranean climatic conditions to various water regimes, African Journal of Biotechnology, 10(8): 1329-1339

Sezen, S. M., Yazar, A., Daşgan, Y., Yucel, S., Akyıldız, A., Tekin, S., & Akhoundnejad, Y. (2014). Evaluation of crop water stress index (CWSI) for red pepper with drip and furrow irrigation under varying irrigation regimes. *Agricultural Water Management*, *143*, 59-70.

Sezen, S. M., Yazar, A., Şengül, H., Baytorun, N., Daşgan, Y., Akyildiz, A., ... & Gügercin, Ö. (2015). Comparison of drip-and furrow-irrigated red pepper yield, yield components, quality and net profit generation. *Irrigation and Drainage*, *64*(4), 546-556.

Sezen, S.M., Yazar, A., Tekin, S., & Şengül, H. (2016). Salçalık biber bitkisinde damla yöntemiyle uygulanan farklı sulama düzeylerinin verim üzerine etkileri ve ekonomik analizi. *KSÜ Doğa Bilimleri Dergisi*, *19*(3), 310-318.

Silva, V.F., Lima, V.L.A., Nascimento, E.C., Andrade, L.O., Oliveira, H., Ferreira, A.C. (2016). Effect Of Different İrrigation Levels With Different Qualities Of Water And Organic Substrates On Cultivation of Pepper. African Journal of Agricultural Research, 11(15): 1373-1380

Şen, E. (2015). Sanayi biberinde (*Capsicum annuum* L.) damla sulama uygulamalarının bazı verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri. *Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Aydın, 57s*.

Taş, İ., & Kırnak, H. (2011). Damla sulama yöntemiyle sulanan Şanlıurfa biberinin (*Capsicum annum* L.) sulama programı. *Tokat Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *28*(1): 103-112.

Tezcan, A., & Kaman, H. (2018). Türkiye'de çiftçi koşullarında örtü altında yetiştirilen iki farklı biber çeşidinin su-verim ilişkisi. *Çukurova Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, *33*(2), 73-82.

Turhan, A., Kuşçu, H., Özmen, N., & Demir, A.O. (2014). Kırmızı biberde (*Capsicum Annum* Cv. Kapija) verim ve kalite parametreleri ile sulama suyu tuzluluk düzeyleri arasındaki ilişkiler. *Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi*, *29*(3): 186-193.

Turhan, A., & Kuşçu, H. (2020). Sulama suyu bor kapsamları ile kırmızı biber bitkisinin verim ve kalite karakteristikleri arasındaki ilişkiler. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, *34*(1), 201-212.

Vural, H., Eşiyok, D., & Duman, İ. (2000). Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü Bornova, İzmir.

Yang, H., Du, T., Qiu, R., Chen, J., Wang, F., Li, Y., ... & Kang, S. (2017). Improved water use efficiency and fruit quality of greenhouse crops under regulated deficit irrigation in northwest China. *Agricultural Water Management*, *179*, 193-204.

Yang, H., Liu, H., Zheng, J., & Huang, Q. (2018). Effects of regulated deficit irrigation on yield and water productivity of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) in the arid environment of Northwest China. *Irrigation science*, *36*(1), 61-74.

Yücel, S., Günaçtı, H., & Sezen, S. M. (2013). Salçalık biber yetiştiriciliğinde farklı sulama yöntemlerinin toprak kökenli hastalık çıkışı ve verime etkileri. *Derim*, *30*(2), 11-21.

Zheng, J., Huang, G., Jia, D., Wang, J., Mota, M., Pereira, L. S., ... & Liu, H. (2013). Responses of drip irrigated tomato (*Solanum lycopersicum* L.) yield, quality and water productivity to various soil matric potential thresholds in an arid region of Northwest China. *Agricultural Water Management*, *129*, 181-193.