



T.C.

**ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ**

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**FARKLI SU STRESİ KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN ACI
BİBERDE VERİM VE KALİTE PARAMETRELERİNİN
BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FATMA ÇOLAK LEVET

Tez Danışmanı

DR. ÖĞRETİM ÜYESİ OKAN ERKEN

ÇANAKKALE – 2023



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARIMSAL YAPILAR VE SULAMA ANABİLİM DALI

**FARKLI SU STRESİ KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN ACI BİBERDE VERİM
VE KALİTE PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

FATMA ÇOLAK LEVET

Tez Danışmanı

DR. ÖĞRETİM ÜYESİ OKAN ERKEN

Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Bilimsel Araştırma Projeleri

Koordinasyon Birimi tarafından desteklenmiştir.

Proje No: FYL-2022-3840

ÇANAKKALE – 2023



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

Fatma ÇOLAK LEVENT tarafından Dr. Öğretim Üyesi Okan ERKEN yönetiminde hazırlanan ve **22/08/2023** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Farklı Su Stresi Koşullarında Yetiştirilen Acı Biberde Verim ve Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Dr. Öğretim Üyesi Okan ERKEN

(Danışman)

Prof. Dr. Murat YILDIRIM

Doç. Dr. Gökhan TUYLU

.....

.....

.....

Tez No :

Tez Savunma Tarihi : 22/08/2023

.....
Prof. Dr. Ahmet Evren ERGİNAL
Enstitü Müdürü

.../.../2023

ETİK BEYAN

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü Tez Yazım Kuralları'na uygun olarak hazırladığım bu tez çalışmada; tez içinde sunduğum verileri, bilgileri ve dokümanları akademik ve etik kurallar çerçevesinde elde ettiğimi, tüm bilgi, belge, değerlendirme ve sonuçları bilimsel etik ve ahlak kurallarına uygun olarak sunduğumu, tez çalışmada yararlandığım eserlerin tümüne uygun atıfta bulunarak kaynak gösterdiğimi, kullanılan verilerde herhangi bir değişiklik yapmadığımı, bu tezde sunduğum çalışmanın özgün olduğunu, bildirir, aksi bir durumda aleyhime doğabilecek tüm hak kayıplarını kabullendiğimi taahhüt ve beyan ederim.

Fatma ÇOLAK LEVENT

22/08/2023

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmam boyunca beni yÖnlendiren ve çalıŐmamın her aŐamasında yakından ilgilenen ve sahip olduğu bilgileri bana aktaran benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen sayĐı değer danışman hocam Dr. ÖĞretim Üyesi Okan ERKEN ve tez yazma sürecinde değerli bilgilerini benimle paylaŐan, desteğini her adımda veren sayĐı değer hocam Prof. Dr. Murat YILDIRIM ‘ a en içten teŐekkürlerimi ve sayĐılarımı sunarım. Çalışma süresince tüm zorlukları benimle göğüsleyen , hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.”

Fatma ÇOLAK LEVENT

anakkale, AĞustos 2023

ÖZET

FARKLI SU STRESİ KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN ACI BİBERDE VERİM VE KALİTE PARAMETRELERİNİN BELİRLENMESİ

Fatma ÇOLAK LEVENT

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Okan ERKEN

22/08/2023, 23

Bitkiler yetiştirme periyodu boyunca birçok olumsuz çevre şartları ile karşı karşıya kalmaktadır. Son yıllarda meydana gelen ve farklı tedbirler almamızı gerektiren kuraklık, bu olumsuz koşulların başında gelmektedir. Aynı zamanda bitkiler, maruz kalacakları olumsuz koşullara karşı bazı biyokimyasal bileşikler de sentezlemektedir. Bağışıklık sistemini güçlendirmesinin yanında birçok hastalığa karşı direnç kazandıran bu bileşikler, yetiştiricilik döneminde bitkilerin karşılaştığı olumsuz çevre koşullarında artış göstermektedir. Bu sebeple, farklı su stresi koşullarında yetiştirilen turşuluk acı biberde verim ve bazı biyokimyasal bileşenlerdeki değişimleri belirlemek amacıyla yürütülen bu çalışmada; tam sulama (%100 sulama) ile birlikte iki farklı su stresi seviyesi (%70 ve %30 sulama) uygulanmıştır. Bu çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi serasında gerçekleştirilmiştir. Araştırma, 10 litrelik saksılar kullanılarak, herbir saksıda bir bitki olacak şekilde 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Sulama suyu miktarları gravimetrik olarak belirlenerek kontrol ve su kısıtı uygulamaları yaklaşık olarak 3 ay boyunca devam etmiştir.

Araştırma sonunda bitki başına verim kontrol uygulamasında (%100 sulama) 363,58 g elde edilirken, herbir su kısıtı uygulamasında sırasıyla 250,14 ve 109,33 g turşuluk acı biber hasat edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarları su stresi ile birlikte artış göstermiş, tam sulama suyu uygulanan deneme konusunda 0,535 mg/g belirlenirken hafif su stresine maruz kalan bitkilerde 0,726 mg/g ve ağır su stresine maruz kalan deneme konusunda 0,850 mg/g' a kadar artış gösterdiği belirlenmiştir. Ayrıca, toplam flavanoidler ve antioksidant

madde miktarları artan su stresi ile birlikte artış göstermiştir. Deneme konularından elde edilen flavanoid madde miktarları sırasıyla 0,134, 0,196 ve 0,205 mg/g bulunurken; DPPH yöntemi ile belirlenen antioksidan miktarları artan su stresi ile birlikte diğer biyokimyasal bileşenlerde olduğu gibi miktar olarak artmıştır. Bu sonuçlara göre, turşuluk acı biber yetiştiriciliğinde bitkilerin maruz kalacağı su eksikliğinde verim miktarı azalmış ancak bazı biyokimyasal bileşiklerde ise artış meydana geldiği belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Su stresi, acı biber, fenolik madde, flavanoid, antioksidant



ABSTRACT

DETERMINATION OF YIELD AND QUALITY PARAMETERS IN HOT PEPPER GROWN UNDER DIFFERENT WATER STRESS CONDITIONS

Fatma ÇOLAK LEVENT

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Agricultural Structures and Irrigation Department Master Thesis

Advisor: Assistant Prof. Dr. Okan ERKEN

22/08/2023, 23

Throughout the cultivation period, plants are exposed to numerous adverse environmental conditions. In recent years, drought, which requires various measures to be taken, stands out as one of these unfavorable conditions. Additionally, plants synthesize certain biochemical compounds in response to the adverse conditions they will encounter. These compounds, which not only strengthen the immune system but also provide resistance against various diseases, tend to increase under the negative environmental conditions that plants will face during the cultivation period. Therefore, in this study conducted to determine changes in yield and some biochemical components in pickling pepper grown under different water stress conditions, two different water stress levels (%70 and %30 irrigation) were applied alongside full irrigation (%100 irrigation). This study was carried out at Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Agriculture greenhouse. The research was conducted with four replications, each consisting of one plant in 10-liter pots. Irrigation water amounts were determined gravimetrically, and control and water restriction applications continued for approximately 3 months.

At the end of the research, while a yield of 363.58 g per plant was obtained in the control application (%100 irrigation), 250.14 g and 109.33 g of pickling pepper were harvested in each water restriction application, respectively. Total phenolic compound amounts increased along with water stress; while 0.535 mg/g was determined in the trial with full irrigation, it increased to 0.726 mg/g in plants subjected to mild water stress and up to 0.850 mg/g in the trial subjected to severe water stress. Moreover, total flavonoid and

antioxidant compound amounts increased with increasing water stress. The amounts of flavonoid compounds obtained from the trial treatments were found to be 0.134, 0.196, and 0.205 mg/g, respectively, while the antioxidant amounts determined by the DPPH method increased with increasing water stress, just like other biochemical components. According to these results, although the yield of pickling pepper decreased under water deficiency, an increase was observed in certain biochemical compounds in its cultivation.

Keywords: Water stress, hot pepper, phenolic compound, flavonoid, antioxidant.



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET	iv
ABSTRACT	v
İÇİNDEKİLER	vi
SİMGELER ve KISALTMALAR.....	viii
TABLolar DİZİNİ.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	x

BİRİNCİ BÖLÜM GİRİŞ

1

İKİNCİ BÖLÜM ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

4

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM ARAŞTIRMA YÖNTEMİ/MATERYAL YÖNTEM

8

3.1. Materyal	8
3.1.1.Araştırma alanı	8
3.1.2.Araştırma materyalleri	8
3.2. Yöntem	9
3.2.1. Su kısıtı uygulamaları	9
3.2.2. Sulama uygulamaları	9
3.2.3. Verim ve kalite parametrelerinin değerlendirilmesi	9
3.2.4. İçsel prolin miktarının tespiti	10
3.2.5 Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi	10

3.2.6	Toplam flavanoid miktarının belirlenmesi	11
3.2.7	CUPRAC metodu ile antioksidant miktarlarının belirlenmesi	11
3.2.8	DPPH metodu ile antioksidant miktarının belirlenmesi	12
3.3.	İstatistiksel analizler	12
DÖRDÜNCÜ BÖLÜM		13
ARAŞTIRMA BULGULARI		
4.1.	Sulama suyu miktarı ile ilgili bulgular	13
4.2.	Konik acı biber ile ilgili bulgular	13
4.2.1.	Konik acı biberlerden elde edilen morfolojik bulgular	13
4.2.2.	Konik acı biberlerden elde edilen biyokimyasal parametre sonuçları	15
4.3.	Uzun acı biber ile ilgili bulgular	17
4.3.1.	Uzun acı biberlerden elde edilen morfolojik bulgular	17
4.3.2.	Uzun acı biberlerden elde edilen biyokimyasal parametre sonuçları	19
4.4.	Yapraklardaki prolin birikimi	21
BEŞİNCİ BÖLÜM		23
SONUÇ ve ÖNERİLER		
KAYNAKÇA		25

SİMGELER VE KISALTMALAR

AB	Avrupa Birliği
DSİ	Devlet Su İşleri
MÖ	Milattan önce
Kg	Kilogram
g	Gram
%	Yüzde oranı
m ³	metreküp
SKE	Su kullanım etkinliği
SHU	Scoville Isı Birimleri
°C	Santigrat derece
da	Dekar
EC	Elektriksel İletkenlik
mL	mililitre

TABLÖLAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1.	Çanakkale ili ortalama sıcaklık, yağış ve buharlaşma verileri...	8
Tablo 2.	Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları.....	13
Tablo 3.	Konik acı biberlerde ölçülen morfolojik parametre sonuçları.....	14
Tablo 4.	Konik acı biberlerde ölçülen bazı biyokimyasal parametre sonuçları.....	16
Tablo 5.	Uzun acı biberlerde ölçülen morfolojik parametreler.....	18
Tablo 6.	Uzun acı biberlerde ölçülen bazı biyokimyasal parametre sonuçları.....	20
Tablo 7.	Farklı acı biber çeşitlerinin yapraklarındaki prolin birikimi.....	21

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Hayatın zaruri unsurlarından biri olan su, sınırlı ve önemli bir doğal kaynaktır. Suyun yerine geçebilecek suni bir maddenin gelecekte bulunamayacağı bilindiğine göre suyun önemi zaman geçtikçe artmaktadır. Hızla artan nüfus ile birlikte küresel ısınma ve iklim değişimi su kaynaklarının kirlenmesine neden olmaktadır (Akkuzu vd., 2008). Bozulan su kalitesi ve su kaynaklarının yetersiz olması dünyanın birçok bölgesinde, sanayi, tarım ve çevre için ciddi endişeler oluşturmaktadır. Hızla artan nüfus ile birlikte besin ihtiyacının her geçen gün artması ve tarım arazilerinin sınırlı olması mevcut tarım arazilerinden birim alandan daha fazla verim alınması gerekliliğini ortaya çıkarmaktadır.

Dünya'da toplam su kaynakları miktarı 1.4 milyar km^3 'tür. Bu oranın % 97.5'i okyanuslarda ve denizlerde tuzlu su olarak, % 2.5'i ise nehir ve göllerde tatlı su olarak bulunmaktadır (DSİ, 2022). Dünya ortalaması % 70 civarında olan tarımsal üretim amacıyla kullanılan su miktar az gelişmiş ve gelişmekte olan ülkelerde % 82 seviyelerine kadar çıkmaktadır.

Ülkemizde yaklaşık 18 milyar m^3 olarak tahmin edilen yeraltı suyu potansiyeli ile birlikte ülkemizin tüketilebilir yerüstü ve yeraltı tatlı su potansiyeli yılda ortalama toplam 112 milyar m^3 'tür. Ülkemizde bu miktarın sadece 57 milyar m^3 'ü kullanılmaktadır (DSİ, 2020). Ülkeler su varlığına göre yılda kişi başına düşen kullanılabilir su miktarı 1000 m^3 'ten az ise su fakiri, 2000 m^3 'ten daha az ise su azlığı, 8.000-10.000 m^3 'ten daha fazla ise su zengini ülkeler olarak sınıflandırılmaktadır (DSİ, 2020).

Ülkemiz kişi başına düşen yıllık su miktarı göz önüne alındığında su azlığı yaşayan bir ülke konumundadır. İklim değişikliği, çevre kirliliği, sanayideki gelişme ve nüfusun hızlı artışı gibi faktörlerin su kaynakları üzerindeki olumsuz etkisi göz önüne alındığında, Türkiye'yi gelecekte çok önemli su sıkıntılarının beklediği söylenebilir. Yeni su kaynaklarının bulunması sorunun çözümü için yeterli olmayıp, suyun etkin kullanımının sağlanması gerekmektedir. Suyun etkin kullanılması, sulama ile ilgili alışkanlıkların değiştirilmesine, yeni sulama yöntemlerinin kullanılmasına bağlıdır. Yeni su kaynakları ise geleneksel olmayan suları, yani taban suyunu, drenaj kanal sularını ve seyreltilmiş veya damıtılmış deniz suyunu kapsamaktadır (Kanber vd., 2005).

Son yıllarda daha fazla önem kazanan küresel ısınma bakımından Türkiye risk grubu ülkeler arasında yer almaktadır. Küresel ısınmadan dolayı oluşan iklim değişikliği tarım alanlarında birçok faktörle birlikte su stresinin yaşanmasına sebep olmaktadır. Türkiye’de etkili olan kuraklık sorunu tarım ve enerji üretimi açısından ciddi seviyeye ulaşmıştır. Bunun yanında Türkiye’de kuraklık içme suyu, hidrolojik sistemleri ve etkinliklerini içeren su kaynakları yönetimi açısından da kritik bir düzeye ulaşmıştır (Türkeş vd., 2000).

Bitkiler, abiyotik ve biyotik stres faktörlerine en çok maruz kalan organizmalardır. Kuraklık, tuzluluk, aşırı yağış, sıcaklık ve soğuk gibi abiyotik stres koşulları bitki büyümesi ve gelişmesini doğrudan etkilemektedir. Bitkiler, çevresel değişikliklerin olabileceği bu koşullara karşı büyüme ve gelişme mekanizmaları geliştirmektedir. Hatta uzun süre aynı iklim koşullarında yetiştirildiklerinde çevresel faktörlerden daha az etkilenerek uyum sağlayabilirler. Aynı türe ait bitkilerin farklı iklim bölgelerine adapte olabilme yetenekleri, onların çeşitli çevresel koşullara uyum sağlayabildiğinin en iyi göstergesidir. Bu açıdan, kuraklık stresine maruz kalan bir bitkide, sadece fizyolojik değil, aynı zamanda metabolik açıdan da pek çok değişikliğin ortaya çıkmaktadır. Bitkiler, su stresinin yoğunluğuna ve süresine bağlı olarak, kurak koşullarla karşılaştıklarında yaşam döngülerini belirgin bir şekilde düzenleyebilecek kadar önemli metabolik değişiklikler gösterebilirler (Öztürk, N.Z. 2015).

Bitki gelişimini olumsuz yönde etkileyen en önemli faktörlerden birisi su stresidir. Su stresi, bitkilerin belirli bir süre içinde transpirasyon yoluyla kaybettikleri su miktarını çevresel kaynaklarla karşılayamadığı durumlarda meydana gelmektedir (Steele vd., 1997; Wangura vd.,1990; İmtiyaz vd., 2000; Kaçar vd., 2006).

Solanaceae ailesine ait bir tür olan biber, *Capsicum* cinsi içerisinde yer almaktadır. En yaygın tüketilen biber türü ise *Capsicum annuum* L.'dir (Demirkaya ve Gerçek 2013). Biberin doğal anavatanı Güney Amerika ve ilk olarak 1493 yılında Amerika'dan İspanya'ya, ardından 1548 yılında İngiltere'ye ve 1578 yılında Orta Avrupa ve diğer Avrupa ülkelerine yayılmıştır. Biber, Osmanlı İmparatorluğu döneminde 16. yüzyıl içerisinde Orta Avrupa ülkeleri ile sıkı ilişkiler kurulması sebebiyle önce İstanbul'a getirilmiş, daha sonra diğer bölgelere yayılmıştır (Keleş vd., 2016).

Acı biberler, çeşitli fitokimyasallar içermektedirler. Bunlar arasında A ve C vitaminleri, fenolik bileşikler, flavonoidler ve karotenoidler yer almaktadır. Özellikle yüksek C vitamini içeriğine sahip olmasının yanında güçlü antioksidan seviyelerine sahiptir.

Kızılderililere ait arkeolojik buluntulardan, M.Ö. 7000'den beri Capsicum bitkisinin besin, baharat, ilaç ve hatta süs eşyası olarak kullanıldığı anlaşılmaktadır (Yaldız vd., 2011).

Acı biberlerin hastalık tedavisinde kullanımının artmasıyla birlikte, özellikle yüksek etken madde içeriğine sahip biber türlerinin geliştirilmesi gerekliliği ortaya çıkmıştır. Yüksek etken madde içeriğinin yanı sıra, ekonomik açıdan üretimi sağlayabilmek için acı biberde adaptasyon kabiliyetlerinin ve verim özelliklerinin incelenmesi önemlidir. Ayrıca, kuraklıkla başa çıkabilen bitkilerin geliştirilmesi ve kuraklık sorunu yaşanan tarım arazilerinin üretime geri kazandırılması, modern basınçlı sulama yöntemlerinin kullanımı da gerekmektedir.

Bu çalışmanın amacı, farklı su stresi koşullarında yetiştirilen acı biberde çeşitli verim ve kalite parametrelerinin değişimlerini gözlemlemektir.

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Sağlıklı ve üstün kaliteli gıda üretimi, günümüzde öncelik verilmesi gereken temel konulardan birini oluşturur. Bu sebeple, bilim dünyası, tarımsal üretimde hem kaliteyi hem de verimi artırmaya yönelik her geçen gün yeni uygulamalar geliştirmektedir.

Küresel ısınma sorunuyla birlikte, dünyamız kurak ve yarı kurak iklim bölgelerinde su kaynaklarının kullanımında birtakım kısıtlamaları gerektirmektedir. Bu bölgelerde azalan su rezervleri, düzensiz mevsimsel ve yıllık yağışlarla birleşerek artış göstermektedir. Böylece, su sıkıntısını her geçen gün daha da kötü bir hal almaktadır. (Erken vd., 2012).

Bitki gelişimini etkileyen en kritik faktörlerden biri su stresidir. Söz konusu stres, bitkilerde belirli bir süre içinde transpirasyon yoluyla kaybedilen su miktarının çevresel kaynaklar ile karşılanamadığı durumlarda ortaya çıkmaktadır (Steele vd., 1997; Wangura vd., 1990; İmtiyaz vd., 2000; Kaçar vd., 2006). Kuraklık stresi, toprakta kullanılabilir suyun azalması, suyun transpirasyon ve buharlaşma sonucu azalmasıyla birlikte meydana gelir. Ayrıca, kuraklık stresi bitkilerde birçok metabolik süreci olumsuz etkileyen ve özellikle kültür bitkilerinde ürün kalitesini ve verimini düşüren önemli bir faktördür (Daşkan vd., 2010).

Taksonomistler tarafından "capsicum" olarak adlandırılan, ticari ve bilimsel literatürde ise "pepper" olarak geçen biber, "red" veya "chili" ön ekleriyle kırmızı biber olarak anılmaktadır. Köklü bir geçmişe sahip olan biber, hem gıdalara lezzet katmak için hem de çeşitli hastalıkların tedavisinde yaygın olarak tercih edilmektedir (Kadalkal vd., 2002). Acı biberlerin keskin tadı, sadece Capsicum cinsine özgü kapsaisinoid adı verilen bir alkaloid grubundan kaynaklanmaktadır (Hoffman vd., 1983). Bu kapsaisinoidler arasında, kapsaisin ve dihidrokapsaisin keskinliğin yaklaşık %90'ını oluşturmaktadır (Kawada vd., 1985). Ayrıca, kapsisinin artrit, ağrı ve iltihaplanma gibi durumlar için topikal ağrı kesici olarak da kullanıldığını gösteren çalışmalar mevcuttur (Deal vd., 1991).

Biber (*Capsicum annuum*), gövdesi boyunca fenolik bileşiklerin ve özellikle kapsaisinoidlerin içeriklerinde değişiklik göstermektedir. Meyvelerindeki iki temel kapsaisinoidin analizi, kapsaisin oranının her zaman dihidrokapsaisin oranından daha yüksek olduğunu ortaya koymuştur. Kapsaisinoidler sadece meyvelerde değil, gövde ve yapraklar

gibi vejetatif organlarda da bulunmaktadır. Estrada vd., (2002), bireysel kapsaisinoidlerin meyvelerdeki oranlarının farklı olduğunu ve dihidrokapsaisin miktarının daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Vejetatif organlardaki kapsaisinoidlerin meyvelerden kaynaklanıp kaynaklanmadığını anlamak için çiçek tomurcukları çıkarılmış ve meyve oluşumunu engelleyerek yetiştirdikleri bitkilerde kapsisinoit olmadığını belirtmektedirler. Bu sebeple, kapsaisinoidlerin meyvelerden kaynaklandığını kanıtlayan bir çalışma yürütmüşlerdir.

Sanatombı ve Sharma (2008), üç farklı Capsicum türüne ait altı kırmızı biber çeşidindeki kapsisin içeriğini HPLC yöntemiyle belirlemişlerdir. Acı biberlerin kapsaisin içeriği ve keskinliği, genotipe bağlı olarak değişiklik gösterdiğini söylemişlerdir. İnceledikleri altı biber çeşidinin kapsisin içeriğinin %0,17 ile %2,06 arasında değiştiğini belirlemişlerdir.

Contreras-Padilla ve Yahia, (1998)'de yaptıkları çalışmada, Meksika'da yaygın olarak kullanılan üç çeşit acı chili biberi çeşidi meyvelerinin olgunlaşması sırasında kapsisinoitlerin peroksidaz aktivitesi ile ilişkilerini araştırmışlardır. Kapsaisin miktarının üç çeşitte de dihidrokapsaisinden daha yüksek olduğunu belirlemişlerdir. Kapsaisinoidler, kapsaisin ve dihidrokapsaisin, Habanero ve De arobol çeşidinde meyve tutumundan 45-50 gün sonra ve Piquin çeşidinde ise 40 gün sonra sürekli olarak artmış ve daha sonra düşmüştür. Kapsaisinoid konsantrasyonu azalmaya başladığında peroksidaz aktivitesi arttığını, kapsaisinoidlerin sentezlenmesi ile peroksidaz aktivitesi arasında, bu enzimin kapsaikinoid yıkımında rol oynadığını gösteren ters bir ilişki olduğunu tespit etmişlerdir.

Al Othman vd., (2011)'de Riyad şehir pazarlarından topladıkları biber örneklerinde kapsaisin ve dihidrokapsaisin içeriğini belirlemek, bunların Scoville Isı Birimleri (SHU) keskinlik derecelerini hesaplamak ve popülasyonun ortalama günlük kapsisin alımını değerlendirmek amacıyla araştırma yürütmüşlerdir. En fazla kapsaisin miktarını $4249.0 \pm 190.3 \mu\text{g g}^{-1}$ arasında değiştiğini belirtmişlerdir.

Estrada vd., (2000), biber meyvelerinin olgunlaşma sürecinde kapsaisinoidlerin, lignin ve serbest fenoliklerin içeriğinde değişiklikler yaşadığını belirlemişlerdir. Kapsaisinoidler bitki gelişimi artmasına karşı, erken gelişim aşamalarında en yüksek serbest fenolik ve lignin seviyelerinin gözlemlendiğini belirtmişlerdir.

Yılmaz (2022), 2019 yılında Bursa İlinde gerçekleştirdiği tarla denemesinde, damla sulama yöntemiyle uygulanan dört farklı sulama suyu düzeyinin (S_{100} , S_{75} , S_{50} , S_{25})

Burkalem çeşidi sivri biberin verim, bazı verim bileşenleri ile su kullanım etkinliği (SKE) üzerindeki etkilerini incelemiştir. En yüksek biber verimi, bitki kap katsayısının S_{100} ($k_{pc}=1,00$) ve S_{75} ($k_{pc}=0,75$) uygulandığı sulama düzeylerinden elde edildiğini belirtmiştir.

Erken (2004), Çanakkale koşullarında yaptığı denemede, California Wonder biber çeşidinde beş farklı sulama düzeyinin bitki meyve verimi ve bazı kalite parametreleri üzerindeki etkilerini incelemiştir. En yüksek verimin, kap katsayısının $k=0,75$ ve $k=1,00$ olarak uygulandığı sulama düzeylerinden elde edildiğini belirtmiştir.

Pıtır (2015), ısıtmasız plastik serada yetiştirilen Jalapeno biber çeşidinde (*Capsicum annuum* var. *annuum*), 4 farklı sulama düzeyinde verim, kalite parametreleri, yaprak oransal su içeriği (%), yaprak su potansiyeli (MPa), yaprak hücrelerinde membran zararlanması (%), yaprak sıcaklığı (°C), toplam klorofil (mg/l) ve yapraklardaki makro ve mikro besin elementi miktarlarını ölçmüştür. Uygulanan su kısıtı, Jalapeno çeşidinin büyüme ve gelişmesini olumsuz etkilediğini ildirmişlerdir. Stres sonrası, bitkilerin sadece %100 (kontrol) sulama uygulamasının normal gelişimini sürdürdüğü ve %50 sulama oranında sulanan bitkilerin stresten %25 ve %0 uygulamalarına göre daha az etkilendiği gözlemlenmiştir. %25 uygulamasında, bitkilerde stresin gözle görüldüğü durumlar oluşmuş; yapraklarda solgunluk, büyüme ve gelişme azalması ve ilerleyen dönemlerde meyve veriminde düşüşler meydana gelmiştir. %0 uygulamasının ise stresi atlatamadığı, büyüme ve gelişmeyi sürdüremediği; yapraklarda küçülme, solma ve kuruma belirtilerinin ortaya çıktığı, meyve veriminde önemli ölçüde azalma ve ileri dönemlerde bitkilerin kuruyarak öldüğü gözlenmiştir.

Dalla-Costa ve Gianquinto (2002) tarafından yapılan çalışmada, dolmalık biber bitkisi üzerinde su stresinin ve yeraltı sularının etkileri incelenmiştir. Uygulanan beş farklı sulama düzeyi sonucunda sürekli su stresinin meyvede toplam ağırlığı önemli derecede azalttığı belirtilmiştir. Su kıtlığı koşullarında gözlenen düşük verimin genellikle meyve sayısının azalmasından kaynaklandığı ifade edilmiştir.

Gençoğlan vd., (2006), Kahramanmaraş ilinde iki mevsim boyunca kırmızı acı biber bitkisinde (*Capsicum annuum* L.) beş farklı su seviyesinin kısıtlı sulamaya tepkisini incelemiştir. Uygulanan sulama suyu miktarının azaldıkça, meyve sayısı ve meyve kuru ağırlığında azalmaların gözlemlendiği belirtilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre, kısıtlı sulamanın kırmızı biber meyve sayısı, meyve kuru ağırlığı ve kırmızı kuru biber verimine olumsuz etkisini istatistiksel olarak önemli bulmuşlardır.

Bilgin (2019), Jalapeno biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisinde üç farklı sulama suyu düzeyinin (W1: % 100, W2: % 75, W3: % 50) verim ve bazı kalite parametreleri üzerine etkisini araştırmıştır. Sonuçlara göre, artan su kısıtı ile birlikte gövde çapı, meyve çapı, sürgün uzunluğu, sürgün yaş ağırlığı, sürgün kuru ağırlığı, meyve boyu, meyve ağırlığı, yaprak sayısı, yaprak kalınlığı ve meyve sayısının azaldığı, ancak kök uzunluğu, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve suda çözünür kuru madde miktarının arttığı bildirilmiştir.

Demirel vd., (2012) ise iki farklı mevsimde uygulanan dört farklı sulama suyu seviyesinin biber bitkisinde verim ve kalite parametreleri üzerindeki etkisini incelemiştir. Uygulanan sulama suyu miktarının azaldıkça pH dışındaki kalite parametrelerinde (tek meyve ağırlığı, meyve boyu, meyve çapı, meyve eti kalınlığı ve suda çözünür kuru madde miktarı) konulara göre farklılıkların istatistiksel açıdan önemli bulmuşlardır.

Moreno vd., (2003) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, biber bitkisinin farklı sulama düzeylerine değişimleri araştırılmıştır. Çalışmada bitki su tüketiminin % 125, % 100, % 75 ve % 50'sinin kullanıldığı 4 farklı sulama konusu uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre, kontrol grubu ile % 125 ve % 75 su uygulanan konulardan elde edilen sonuçlarda büyüme ve verim parametrelerinde önemli değişikliklerin olmadığı belirtilmiştir. Ancak % 50 sulama suyu düzeyinde bitkilerin boyutlarının küçüldüğü ve verimin azaldığı tespit edilmiştir.

Dorji vd., (2005) ise yaptıkları çalışmada, acı biberin kısıtlı sulama ve kısmi kök kuruluğu yöntemlerini karşılaştırarak, biberin su ilişkileri, büyüme, verim ve meyve kalitesi üzerine etkilerini incelemişlerdir.. Çalışma sonuçları, kısıtlı sulama durumunda 170 litre, kök kuruluğu durumunda ise 164 litre su tasarrufu sağlandığını göstermiştir. Su tasarrufunun toplam taze meyve verimindeki azalmadan daha önemli olduğunu ve acı biber üretimi için uygulanabilir sulama stratejileri olabileceğini ortaya koymuştur.

Genelde stres altında yetiştirilen bitkilerdeki değişikliklerin analizi, en uygun ve maliyet-etkin yetiştirme yöntemini belirlemek için önemlidir. Su stresi koşullarında yetiştirilen acı biber bitkilerindeki verim ve kalite değişimlerinin belirlenmesi, sınırlı su kaynaklarının etkili kullanımı açısından büyük bir öneme sahiptir. Bu amacı gerçekleştirmek için, farklı su stresi düzeylerinde yetiştirilen iki farklı acı biber çeşidindeki verim ve kalite parametrelerindeki değişiklikler incelenecektir. Aynı zamanda bitkide meydana gelen fizyolojik değişikliklerin düzeyleri belirlenerek, su stresine maruz kalan acı biber bitkilerinde kapsaisin miktarındaki değişimler de tespit edilecektir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Araştırma alanı

Araştırma, 40° 08' kuzey enlemi, 28° 20' doğu boylamında bulunan Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi bahçesinde bulunan plastik örtülü serada gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü 2021 yılına ait iklim parametreleri Tablo 1'de verilmiştir. Haziran-Eylül aylarında ortalama sıcaklıklar 21.3 ile 20.8 °C arasında değişim göstermiştir.

Tablo 1

Çanakkale ili ortalama sıcaklık, yağış ve buharlaşma verileri.

AYLAR	Ortalama Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Buharlaşma (mm)
HAZİRAN	21.9	19.4	153.6
TEMMUZ	24.5	11.2	184.5
AĞUSTOS	28,3	3.3	479,2
EYLÜL	23,1	18,5	359,7

3.1.1. Araştırma materyalleri

Araştırma materyalleri Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarımsal Yapılar ve Sulama Bölümü tarafından 10 litrelik saksılarda, killi tınlı toprak bünyesine sahip pH'sı 7,02, EC'si 0,65 mS/cm, kireç içeriği %11,18 ve organik madde içeriği %2,67 olan yetiştirme ortamında üretilmiştir. Biber fideleri 01.06.2021 tarihinde saksılara şaşırtılmıştır. Tesadüf parselleri deneme desenine göre oluşturulan deneme 4 tekerrürlü olarak, gerekli olan kültürel işlemler uygulanarak iki farklı turşuluk acı biber (*Capsicum annuum* L.) çeşidi kullanılarak, sulama ve diğer kültürel uygulamalar 27.09.2021

tarihine kadar devam ettirilmiş, bu tarihten sonra hasat yapılarak tüm ölçümler gerçekleştirilmiştir.

Sulama suyu olarak Çanakkale Belediyesi şebeke suyu kullanılmıştır. Sulama suyu kalitesi T₂A₁ olarak belirlenmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1. Su kısıtı uygulamaları

Yetiştirme periyodu boyunca her iki acı biber çeşidine de kontrol saksıları dışında iki farklı su kısıtı uygulanarak araştırma gerçekleştirilmiştir (%70 hafif stres; %30 ağır stres).

3.2.2. Sulama uygulamaları

Araştırmada kullanılan saksılar, önceden hazırlanmış toprak harç hava kuru olarak hazırlanmış ve her bir saksıya eşit miktarlarda doldurulmuş, saksıların tu tutma kapasitesinin belirlenmesi için ilk olarak su ile doymuş hale getirilen saksılar 24 saat yerçekimi kuvveti altında süzölmeye bırakılmış ve bu süre sonunda tartılan saksıların su tutma kapasiteleri belirlenerek elde edilen değerlerin ortalaması saksıların tarla kapasitesi olarak belirlenmiştir. Tarla kapasitesine getirmek için belirlenen su miktarının farklı fraksiyonları farklı sulama konularını oluşturmuştur. Saksılar doymuş hale getirildikten sonra fide dikimi gerçekleştirilmiştir. Fidelerin saksılara adaptasyonu sağlandıktan sonra (dikimden 10 gün sonra) su kısıtı uygulamalarına başlanmıştır. Kontrol saksıları her 3 günde bir tartılarak buharlaşma ve bitkinin kullandığı su miktarı ağırlık olarak belirlenmiş ve eksilen miktar sulama suyu ile tamamlanmıştır. Hafif stres (%70) ve ağır stres (%30) uygulamaları ise her sulamada kontrol saksılarına uygulanan sulama suyu miktarına göre kısıntılı olarak uygulanmıştır.

3.2.3. Verim ve kalite parametrelerinin değerlendirilmesi

Yetiştirme periyodu sonunda hasat edilecek meyvelerde aşağıdaki ölçüm, sayım, tartım ve hesaplamalar yapılarak değerlendirmeler yapılmıştır.

Araştırma süresince gerçekleştirilen morfolojik ölçümler:

- 1) Bitki başına verim (g/bitki): Bitkiler hasat edildikten sonra meyveler 0,01 g hassasiyetli tartı ile tartılarak her bir bitkinin verimi tespit edilmiştir.
- 2) Dekara verim (kg/da): elde edilen meyveler toplanacak ve dekara oranlanarak elde edilmiştir.
- 3) Meyve boyu ve çapı (mm): Hasat sonrası meyveler 0,01 mm hassasiyetli kumpas ile ölçülerek belirlenmiştir.

3.2.4. İçsel prolin miktarının tespiti

İçsel prolin miktarı belirlenirken biber yaprakları sıvı azot içinde dondurulmuş ve analize kadar -15°C’de saklanan örnekler 0.5 g taze ağırlıkta ince kıyılmış örnekler alınmıştır. Örnekler 10 ml %3’lük 5-Sülfosalisilik asit içinde homojenizatörle 2 dakika maksimum parçalama hızında homojenize edilmiştir. Homojenat Whatman No. 2 filtre kâğıdından süzülerek tüplere alınmıştır. Süzüntünün 2 ml’si, 2 ml ninhidrin ve 2 ml glasiyal asit ile kapaklı test tüpü içinde, 100 °C’ye ayarlı su banyosunda 1 saat reaksiyona sokulmuştur. Daha sonra tüpler buz banyosuna alınarak reaksiyon tamamlanmış, 4 ml toluen ilave edilerek reaksiyon karışımı, bir tüp karıştırıcı ile 15–20 saniye karıştırılmıştır. Kromofor içeren fazı ince uçlu bir pipetle dikkatle aspire edilerek spektrofotometre tüplerine alınmıştır. Kromofor içeren toluen, spektrofotometre tüpleri oda sıcaklığına geldiğinde 520 nanometre absorbans okuması yapılmıştır. Kontrol olarak toluen kullanılmıştır (Bates vd., 1973).

3.2.5 Toplam fenolik madde miktarının belirlenmesi

Biberlerde toplam fenolik içeriğini (mg/g) belirlemek için Singleton vd., (1999)'de belirtilen Folin-Ciocalteau yöntemi kullanılmıştır. Öncelikle 100 µl biber ekstraktı, 900 µl saf su, 5 ml 0,2 N Folin-Ciocalteau çözeltisi ve 4 ml %7,5'lük sodyum karbonat çözeltisi ile birlikte test tüplerinde vortekslenmiştir. Elde edilen çözelti oda sıcaklığında 2 saat süresince bekletildikten sonra spektrofotometrede 765 nanometre dalga boyunda absorbans değerleri ölçülmüştür. Biber örneklerinin toplam fenol içeriği "mg GA/100g FW (taze ağırlık)" olarak belirlenmiştir.

3.2.6. Toplam flavanoid miktarının belirlenmesi

Biber ekstraktlarının toplam flavonoid konsantrasyonları (mg/g), alüminyum bazlı kolorimetrik analiz kullanılarak ölçülmüştür (Shraim vd., 2021). Test tüpleri sırasıyla 100 ul biber ekstraktı, 100 ul 1 M potasyum asetat, 100 ul %10 alüminyum nitrat ve 4.4 ml %96'lık etanol ile doldurulmuştur. Örnekler karanlıkta ve oda sıcaklığında 40 dakika bekletildikten sonra spektrofotometre ile 415 nanometre dalga boyunda absorbans değerlerini okumuştur. Biber örneklerinin toplam flavonoid içeriği "mg quercetin/100 g FW (taze ağırlık)" olarak hesaplamıştır.

3.2.7. CUPRAC metodu ile antioksidant miktarlarının belirlenmesi

Apak vd. (2004)'e göre bakır indirgeyici antioksidan kapasite testi olan CUPRAC metodu (mg/g), bitki numunelerinin bakır iyonlarını (Cu^{+2}) azaltma yeteneğini belirlemek için bir elektron transfer yöntemine dayanmaktadır. Marangoz (2016) tarafından belirtilen, 30 µL bitki ekstraktlarına, 1 ml 0.01M bakır(II) klorür, 1 ml 7.5×10^{-3} neokuproin, 1 ml 1 M pH 7 amonyum asetat ve 1080 µL saf su eklemiştir.

20 °C'de 30 dakika inkübasyondan sonra spektrofotometre ile 450 nm'de absorbans değerleri belirlenmiştir. Antioksidan aktivite, standart bir kalibrasyon eğrisi kullanılarak 100 g taze örnek (mg trolox 100 g⁻¹ TA) başına mg cinsinden troloks eşdeğerleri olarak hesaplamıştır.

3.2.8. DPPH metodu ile antioksidant miktarının belirlenmesi

Antioksidan aktivite, Brand-Williams vd., (1995); Ak ve Türker (2018) tarafından açıklanan DPPH serbest radikal temizleme gücü yöntemi kullanılarak belirlenmiştir. Metanol ile seyreltilmiş biber özlerinin farklı konsantrasyonları, oda sıcaklığında 30 dakika bekletildikten sonra DPPH çözeltisi eklenerek ölçülmüştür.

Hazırlanan örneklerin absorbans değerleri, UV spektrofotometre kullanılarak 515 naometrede ölçülmüştür. DPPH radikal temizleme aktivitesinin yüzdesi, aşağıdaki denklem kullanılarak belirlenmiştir:

$$\text{DPPH radikal temizleme gücü (\%)} = [(A_{\text{kontrol}} - A_{\text{örnek}}) / A_{\text{kontrol}}] \times 100$$

$A_{\text{örnek}}$ = 15 dakika sonra örnek absorbansı

A_{kontrol} = DPPH absorbansı

IC_{50} inhibisyon değerleri, düşük IC_{50} 'nin daha yüksek radikal yakalama aktivitesi gösterdiği konsantrasyonlardaki toplam DPPH radikallerinin %50'si dikkate alınarak hesaplanmıştır. Bu testte, pozitif kontrol olarak bütillenmiş hidroksitoluen kullanılmıştır.

3.3. İstatistiksel analizler

Deneme konularında elde edilen bitki başına verim, meyve taç çapı ve boyu, yaprak alanları, içsel prolin miktarları, flavanoidler, fenolik bileşikler ve antioksidant miktarları arasındaki farklılıkların belirlenmesinde varyans analizi, belirlenen bu farklılıkların sınıflandırılmasında ise Duncan testi uygulanmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. Sulama suyu miktarı ile ilgili bulgular

Araştırmanın gerçekleştirildiği 2021 yılı sonunda iki farklı acı biber çeşidine uygulanan sulama suyu miktarları Tablo 2’de verilmiştir.

Tablo 2

Deneme konularına uygulanan sulama suyu miktarları.

KONULAR	KONİK ACI BİBER	UZUN ACI BİBER
%100	462,5	518,2
%70	323,75	362,7
%30	138,75	155,5

Fide dikiminden itibaren son hasat yapılana kadar toplam 119 gün süre ile sulamalar devam etmiştir. Tablo 1’den görüleceği üzere uzun acı biberler diğer çeşide göre daha fazla su tüketerek toplamda 518,2 mm sulama suyu uygulanmıştır. Deneme kapsamında yetiştirilen konik acı biberlere ise yetiştirme dönemi boyunca 462,5 mm sulama suyu uygulanmıştır. Elde edilen bu sonuçlara göre Çanakkale koşullarında sera şartlarında turşuluk acı biber yetiştiriciliğinde kurak geçen yıllarda daha az suya ihtiyaç duyan konik acı biber çeşidinin yetiştirilmesi daha uygun olacağı görülmektedir (Tablo 2).

4.2. Konik acı biber ile ilgili bulgular

4.2.1. Konik acı biberlerden elde edilen morfolojik bulgular

Hasat sonrasında konik acı biberlerde belirlenen morfolojik parametre sonuçları Tablo 3’de verilmiştir. Sulama suyu miktarının azalması ile birlikte acı biberlerde önemli

miktarda verim kaybı meydana gelmiştir. Tam sulama suyu uygulanan biberlerde toplam 363.58 gr, dekara bitki sayısı ile oranlandığında 1514,65 kg/dekar verim elde edilmiştir. Hafif su kısıtı (%70 sulama) uygulanan konik acı biberlerde toplam 250.14 g, dekara 1042.09 kg verim ile uygulanan sulama suyu miktarının azalması ile veriminde azaldığı belirlenmiştir. Ağır su stresi (%30 sulama) uygulanan deneme konusundan 109.33 gram olarak ekonomik olarak kazanç sağlayamayacak kadar düşük 455.45 kg/dekar verim elde edilmiştir ve uygulanan 138 mm'lik sulama suyu ile karlı bir üretimin yapılamayacağı görülmüştür. Farklı sebze türlerinde gerçekleştirilen su stresi çalışmalarına bakıldığında tüm sebzelerde su kısıtının artmasıyla birlikte önemli miktarlarda verim kayıplarının yaşandığı yapılan çalışmalar ile rapor edilmiştir (Taş ve Kırnak 2011; Demirel vd., 2012).

Tablo 3

Konik acı biberlerde ölçülen morfolojik parametre sonuçları

KONULAR	Verim (g bitki ⁻¹)	Verim (kg da ⁻¹)	Tek meyve ağırlığı (g)	Meyve sayısı (adet)	Meyve Çapı (mm)	Meyve Boy (mm)
%100 sulama	363.58 ^a	1514.65 ^a	6.14a	75.00 ^a	18.98 ^a	46.22 ^a
%70 sulama	250.14 ^b	1042.09 ^b	2.49b	57.50 ^b	17.63 ^{ab}	39.87 ^b
%30 sulama	109.33 ^c	455.45 ^c	0.85 ^c	16.50 ^c	12.00 ^b	21.27 ^c

Hasat sonunda laboratuvarında yapılan bazı morfolojik ölçüm sonuçları Tablo 3'de görülmektedir. Su kısıtı uygulaması ile birlikte meyve boyutlarının da önemli ölçüde küçüldüğü ve kalite parametrelerinin de su stresinden etkilendiği belirlenmiştir. Artan su stresi ile birlikte özellikle tek meyve ağırlıkları ve meyve çapı ile boyunda azalmalar olduğu gözlemlenmiştir. Meyve sayıları ise tam sulama yapılan konik acı biberlerde ağır su stresine maruz kalan bitkilere göre yaklaşık olarak 10 kat daha fazla olduğu görülmüştür. Benzer sonuçlar Bolat vd., 2018'de yapmış oldukları çalışmada olduğu gibi farklı bitki türlerinde de meydana gelmiştir.

Deneme sonunda yapılan ölçümler ile birlikte konik turşuluk acı biber bitkisinin sulama suyu miktarına göre çok hassas olduğu, su kısıtının uygulanmaması gerektiği, ancak su kısıtının uygulanması zorunlu olduğu durumlarda bitki su ihtiyacının en az %70'nin karşılanması gerektiği aksi takdirde ekonomik anlamda bir verimin elde edilemeyeceği sonucuna varılmıştır.

4.2.2. Konik acı biberlerden elde edilen biyokimyasal parametre sonuçları

Morfolojik olarak ölçümler tamamlandıktan sonra acı biberlerdeki bazı biyokimyasal maddelerin analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 4'de verilmiştir.

Fenolik bileşikler bitkilerde önemli bir rol oynarlar ve büyümeyi bir içsel fizyolojik düzenleyici veya kimyasal bir iletişim aracı olarak düzenlerler (Cheynier vd., 2013; Shahidi ve Yeo 2016). Fenolik bileşikler aynı zamanda bitkilerin güneş ışığından korunmasından da sorumludur. Aromatik halkaların π -bağı gibi elektron yoğun bölgelerinde zararlı kısa, yüksek enerjili dalga boylarını emerek, oksidatif stresi azaltır. Ayrıca, bu bileşikler bitkileri dış etkenlerden, örneğin böceklerden koruyabilir ve olası toksik etkileri veya protein çökeltme yoluyla ağızda buruk bir etki yaratarak koruma sağlar (Shahidi ve Yeo 2016). Su stresi ile birlikte konik acı biberlerde fenolik madde sentezi artış göstermiştir. Elde edilen sonuçlara göre 0.535-0.850 mg/g arasında fenolik madde miktarı tespit edilmiştir. Ağır su stresine maruz kalan biberlerde en fazla sentezin gerçekleştiği, hafif su stresine maruz kalan biberlerde ise miktarın daha düşük kaldığı ancak aralarında istatistik olarak benzerlik olduğu belirlenmiştir. Gülcan (2020)'de 6 farklı biber çeşidinde yapılan çalışmada fenolik madde miktarlarını 59.6 ile 62.7 mg/kg arasında tespit etmiştir. Bu sonuçlar yapmış olduğumuz çalışmadaki araştırma sonuçlarımız ile benzerlik göstermektedir.

Flavonoidlerin etkili bir antioksidan kapasiteye sahip olmaları, hidroksil grupları gibi fonksiyonel grupların varlığından kaynaklanır ve bunlar, antikanser, anti-enflamasyon, antiviral etkilerin yanı sıra kardiyovasküler hastalıkları, tip 2 diyabeti ve kolesterolü azaltma gibi biyolojik etkilere sahiptir. Bağlı flavonoidlerin çeşitli biyolojik etkileri gösterilmiştir (Lin vd., 2000). Bu çalışmada, hasat sonrasında belirlenen flavanoid miktarları 0.134-0.205 mg/g arasında değişmiştir. Su stresi ile birlikte fenolik madde içeriğine benzer şekilde su stresinin artması ile birlikte flavanoid miktarları da artmıştır.

Biber fenolik madde açısından zengin bir bitkidir ve biberlerin flavonoidler açısından zengin kaynak olduğunu gösteren birçok çalışma yapılmıştır. Bunlardan Deepa vd., (2007)'de farklı biber çeşitlerinde yaptıkları çalışma sonucunda flavanoid miktarlarını 186 mg 100 g⁻¹ ile 1122 mg 100 g⁻¹ arasında değişen miktarlarda tespit etmişlerdir.

Tablo 4

Konik acı biberlerde ölçülen bazı biyokimyasal parametre sonuçları

KONU	Toplam Fenolik (mg/g)	Toplam Flavonoid (mg/g)	CUPRAC (mg/g)	DPPH (mg/g)
%100 sulama	0.535b	0.134b	0,620c	0.652a
%70 sulama	0.726ab	0.196ab	0.851b	0.521b
%30 sulama	0.850a	0.205a	1.047a	0.442c

Serbest radikallerin dejeneratif hastalıkların ortaya çıkması için bir risk faktörü olarak önemi, sadece son birkaç on yılda kabul edilmeye başlanmıştır. Serbest radikallerle 'mücadele' etmenin bir yolu, antioksidanların alınmasıdır. Antioksidan özelliklere sahip birçok biyoaktif bileşik keşfedilmiştir (De Leo ve Fatta 2005). Araştırma sonunda iki farklı yöntem ile belirlenen antioksidant miktarları Tablo 3'de görülmektedir. CUPRAC yöntemi kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre konik acı biberlerde su stresi ile birlikte antioksidant madde sentezinin arttığı tespit edilmiştir. Elde edilen sonuçlara göre en düşük antioksidant madde miktarı tam sulama uygulanan kontrol meyvelerinde 0.620 mg/g olarak belirlenmiş, en fazla birikim ise ağır su stresine maruz kalan biberlerde 1.047 mg/g olarak tespit edilmiştir. Diğer bir yöntem olan DPPH metoduyla belirlenen antioksidant madde

miktarları da CUPRAC yöntemindeki sonuçlar ile benzerlik göstermiş ve su stresinin şiddeti arttıkça daha yüksek değerler belirlenmiştir. Erken (2022)'nin yapmış olduğu çalışma sonuçlarına bakıldığında su stresi ile birlikte antioksidant miktarının da arttığı belirtilmektedir.

4.3. Uzun acı biber ile ilgili bulgular

4.3.1. Uzun acı biberlerden elde edilen morfolojik bulgular

Araştırma konusu olan diğer acı biber çeşidinden elde edilen morfolojik ölçüm değerleri Tablo 5'de verilmiştir.

Hasat sonunda bitki başına verim ortalamaları su stresi ile birlikte azalmıştır. En yüksek verim tam sulama suyu uygulanan deneme konusundan 269,42 g olarak belirlenirken, en düşük verim ağır su stresine maruz kalan %30 sulama suyu uygulanan deneme konusundan 93.33 g olarak ölçülmüştür. Dekara verim miktarları hesaplandığında %100 sulama konusundan 1122.40 kg, %70 sulama konusundan 625.49 kg ve %30 sulama suyu uygulanan deneme konusundan 388.79 kg olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre konik acı biberlerde olduğu gibi uzun turşuluk acı biber bitkisinin de suya hassas olduğu verim sonuçlarından anlaşılmaktadır. Benzer yorumlar bu çeşit için de söylenebilir. Yani turşuluk acı biber yetiştiriciliğinde mecbur kalmadıkça su kısıtının uygulanmaması gerektiği araştırma sonuçlarına göre önerilebilir.

Tablo 5

Uzun acı biberlerde ölçülen morfolojik parametreler

KONULAR	Verim (g bitki ⁻¹)	Verim (kg da ⁻¹)	Tek Meyve Ağırlığı (g)	Meyve Sayısı (adet)	Meyve Çapı (mm)	Meyve Boy (mm)
%100	269.42 ^a	1122.40 ^a	2.37a	85 ^a	49.66 ^a	76.82 ^a
%70	150.14 ^b	625.49 ^b	1.49b	62 ^b	39.87 ^b	59.45 ^b
%30	93.33 ^c	388.79 ^c	0.90c	26 ^c	32.15 ^c	21.38 ^c

Tek meyve ağırlığı, meyve sayısı, meyve çapı ve boyu ölçüm değerlerine bakıldığında verim değerlerinde olduğu gibi istatistiki olarak önemli farklılıklar tespit edilmiştir. Su stresinin artması ile uzun turşuluk acı biberlerin kalitesini belirleyen parametrelerin de azaldığı çalışma sonunda ortaya konmuştur. En fazla meyve sayısı tam sulanan deneme konusundan ortalama 85 adet olarak belirlenirken en düşük meyve sayısı Ağır su stresi uygulanan %30 sulama konusundan 26 adet olarak tespit edilmiştir. konik acı biberlerde olduğu gibi sulama suyu miktarının azalması ile birlikte 1/3 oranında meyve sayısının azaldığı görülmektedir. Verim yönünden biber çeşitleri birbirleri ile karşılaştırıldıklarında konik acı biber her üç sulama uygulamasında da yüksek verim vermiştir. Ayrıca, konik acı bibere tam sulama konusunda 462 mm su uygulanırken uzun acı bibere 518 mm su uygulaması gerçekleştirilmiştir. Buda konik acı biber çeşidinin daha az su uygulaması ile daha yüksek verim verdiğini göstermektedir. Meyve boyutlarının değerlendirildiği çap ve boy ölçüm değerleri incelendiğinde yine su stresi ile birlikte meyve boyutlarının azaldığı ve sulama suyunun acı biber yetiştiriciliğinde en önemli kriter olduğu belirlenmiştir.

4.3.2. Uzun acı biberlerden elde edilen biyokimyasal parametre sonuçları

Araştırma sonunda herbir deneme konusundan alınan örneklerde bazı biyokimyasal bileşenlerin analizleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen sonuçlar Tablo 6'de verilmiştir.

Fenolik madde miktarları 0.827-1.536 mg/g arasında değişim göstermiştir. Uygulanan su stresinin artması ile birlikte uzun turşuluk acı biberlerde fenolik madde birikimi de artmıştır. En fazla fenolik madde birikimi ağır su stresine maruz kalan %30 sulama suyu uygulanan deneme konusunda meydana gelmiştir. Fenolik bileşikler, hem in vitro hem de in vivo çalışmalarda etkili bir antioksidan kapasiteye sahip olmaları nedeniyle ilgili alanlardan büyük ilgi görmüşlerdir. Fenolik bileşikler, serbest, esterleşmiş ve çözünmez bağlı formlar olmak üzere üç gruba ayrılabilir. Bunlar, serbest formda var olan veya yağ asitleri gibi diğer moleküllere (çözünür esterler) veya çözünmez makromoleküller (çözünmez bağlı fenolikler) ile kovalent bağlarla bağlı olanlara bağlı olarak belirlenir. Çoğu çözünmez bağlı fenolik bileşik, pektin, selüloz, arabinozilan ve yapısal proteinler gibi hücre duvarı bileşikleriyle kimyasal olarak kovalent bağlar oluşturur ve gıdalarda çözünür fenolik bileşiklere kıyasla nispeten büyük miktarlarda bulunur (sebze, meyve ve baklagil tohumlarında %20-60) (Nayak vd., 2015; Shahidi ve Yeo 2016). Doğal kaynaklarda, çözünmez bağlı fenoliklerin içeriklerini ölçmek için mevcut olan analitik yöntemler göz önüne alındığında, beklenenden daha yüksek miktarda çözünmez bağlı fenoliklerin bulunabileceği düşünülebilir (Shahidi ve Yeo 2016).

Biyokimyasal bileşenler arasında yer alan toplam flavanoid madde miktarları fenolik bileşik miktarlarında olduğu gibi artan su stresi ile birlikte daha fazla sentezlenmiştir. En yüksek 0.412 mg/g olarak %30 sulama suyu uygulanan deneme konusunda, en düşük miktar ise %100 sulama suyu uygulanan kontrol parsellerinden hasat edilen biberlerde ölçülmüştür.

Tablo 6

Uzun acı biberlerde ölçülen bazı biyokimyasal parametre sonuçları

KONU	Toplam Fenolik (mg/g)	Toplam Flavonoid (mg/g)	CUPRAC (mg/g)	DPPH (mg/g)
%100	0.827 ^c	0.146 ^b	0.717 ^c	0.763 ^a
%70	1.170 ^b	0.373 ^{ab}	1.541 ^b	0.630 ^b
%30	1.536 ^a	0.412 ^a	1.882 ^a	0.568 ^c

Bitkiler, potasyum, prolin, glisin betain ve çözüner şeker gibi osmotik ayarlama gibi olumsuz koşullara direnç stratejilerini geliştirir (Turan vd., 2009; Benhassaini vd., 2012). Bazı bitki büyüme düzenleyicilerini arttırarak, antioksidan enzim aktivitelerini uyarırlar ve bu sebeple antioksidant madde birikimleri artar (Çelik ve Atak 2012). Bu durum gerçekleştirdiğimiz çalışma sonuçlarına bakıldığında turşuluk acı biberlerde de gözlenmiştir. İki farklı yöntem ile antioksidant içerikleri belirlenmiştir. CUPRAC metodu kullanılarak yapılan analiz sonuçlarına göre en düşük kontrol konusundan hasat edilen biberlerde 0.717 mg/g olarak tespit edilmiştir. En yüksek antioksidant içeriği ise ağır su stresine maruz kalan biberlerde 1.882 mg/g olarak belirlenmiştir. Benzer sonuçlar DPPH metodu ile yapılan analizde de belirlenmiştir. Biber çeşitlerini birbirleri ile kıyasladığımızda unuz acı biber çeşidi konik acı bibere göre aynı sulama uygulamalarında fenolik ve flavanoidler yönünden daha yüksek değerler ortaya koymuştur.

4.4. Yapraklardaki prolin birikimi

Hasat sonrasında alınan yaprak örneklerinde prolin analizleri yapılmış ve sonuçlar Tablo 7’da verilmiştir.

Her iki biber çeşidinde de yapraklardaki serbest prolin, toprak nem içeriklerinin azalmasıyla birlikte daha fazla birikmeye başlamıştır. Daha fazla su stresine maruz kalan her iki çeşitte de kontrol bitkilerine kıyasla daha yüksek prolin birikimi gözlenmiştir. Ayrıca konik turşuluk acı biberlerde uzun acı biberlere oranla daha fazla prolin birikimi gerçekleşmiştir. Bu durum konik acı biberlerin susuzluğa karşı daha dirençli olduğunu belirlenmiştir.

Bitkiler yetiştirildikleri dönem boyunca herhangi bir stres ile karşılaştıklarında, özellikle amino asitler olmak üzere bir dizi metaboliti biriktirirler (Giordano vd., 2021). Prolin, bitkilerin stres koşullarına maruz kaldığında faydalı bir rol oynayan amino asittir (Hayat vd., 2012). Araştırmanın sonuçları göz önünde bulundurulduğunda (Tablo 6), prolinin su kısıtlamasıyla daha fazla sentezlendiği belirlenmiştir. Escalante-Magaña vd., (2019), biber türlerinde (*Capsicum sp.*) kontrol bitkilerine kıyasla su stresinin artmasıyla prolin konsantrasyonunun istatistiksel olarak önemli ölçüde arttığını belirtmişlerdir.

Tablo 7

Farklı acı biber çeşitlerinin yapraklarındaki prolin birikimi

KONULAR	Konik acı biber (µg/g)	Uzun acı biber (µg/g)
%100 sulama	328	308
%70 sulama	518	482
%30 sulama	771	641

Konik turşuluk acı biberlerde prolin birikimi 382-771 µg/g arasında; uzun turşuluk acı biberlerde ise 308-641 µg/g arasında birikmiştir. Belirlenen bu değerlere göre toprak su içeriği azaldıkça bitkinin bu şartlara direncini arttırmak için yapraklarında prolin miktarının arttığı belirlenmiştir.



BEŞİNCİ BÖLÜM BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Günümüzde gerek artan nüfus hızı gereksede küresel ısınma nedenleriyle su kaynakları tüm dünyada gıda ihtiyacını karşılama açısından daha da bir önem kazanmıştır. Yapılan araştırmalara baktığımızda bitkisel üretimde su-verim ilişkilerini inceleyen bilimsel çalışmalarda farklı su seviyelerinde yetiştirilen bitkilerin biyokimyasal özelliklerindeki değişim ve ekonomik verim değerleri belirlenmeye çalışıldığı görülmektedir. Farklı su seviyeleri altında bitkilerin sentezlediği kimyasal maddelerin değişimi, bitkilerin insan sağlığı üzerine etkileri bakımından oldukça önemli olmaktadır. Yapmış olduğumuz bu çalışmada konik acı bibere uygulanan sulama suyu miktarı 138.75-462.5 mm arasında değişim gösterirken, uzun acı biberde bu değer 155.5-518.2 mm arasında değişim göstermiştir.

Araştırmaya konu olan iki farklı turşuluk acı biberinin sera koşullarında sulama suyu ihtiyacı belirlenerek kısıtlı sulama yapıldığında (%70 ve %30 sulama) verim ve kalite kayıpları belirlenerek değerlendirilmiştir.2021 yılında gerçekleştirilen çalışma sonunda her iki turşuluk acı biberde de en yüksek verim tam sulama suyu uygulanan deneme konularından elde edilmiştir. Konik acı biberlerde 1514.65 kg/da verim elde edilirken, uzun turşuluk acı biberlerden 1122.40 kg/da verim elde edilmiştir. Verim ile birlikte morfolojik özellikler de tam sulama suyu uygulanan deneme konusunda en yüksek değerlere sahiptir. Sulama suyu miktarının azalması ile birlikte hem verimde hemde kalite parametrelerinde azalma tespit edilmiştir.

Araştırma sonunda hasat edilen turşuluk acı biberlerdeki sulama suyu kısıtı ile birlikte bazı biyokimyasal değişimler tespit edilmiştir. Toplam fenolik madde miktarı, flavanoid içerikleri ve antioksidant madde miktarındaki değişimler değerlendirilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre fenolik madde miktarı en düşük tam sulama suyu uygulanan (%100 sulama) deneme konusundan; konik acı biberlerde 0.535 mg/g, uzun acı biberlerde 0.827 mg/g olarak belirlenmiştir. Su stresi miktarı arttıkça acı biberlerdeki fenolik madde miktarları artmıştır. En yüksek miktarda fenolik madde birikimi %30 sulama suyu uygulanan deneme konusundan; konik acı biberlerde 0.850 mg/g olurken, uzun acı biberlerde 1.536 mg/g olarak belirlenmiştir. Bu sonuçlara göre su stresini artması turşuluk acı biberlerde fenolik madde miktarının artmasına sebep olmuştur. Uzun acı biberde daha

fazla fenolik madde birikmesinin sebebi olarak ise su ihtiyacının konik acı bibere göre daha fazla olmasından dolayı %30 sulama suyu uygulanan deneme konusunda bile diğer çeşide göre daha fazla sulama suyu uygulanmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

Hasat sonrası belirlenen diğer biyokimyasal bileşen olan flavanoidlerdeki değişimler değerlendirildiğinde; en düşük birikim yine tam sulama suyu uygulanan deneme konusundan elde edilmiştir. Konik acı biberlerde 0.134 mg/g flavanoid sentezi gerçekleşirken, uzun acı biberlerde 0.146 mg/g birikim meydana gelmiştir. Flavanoid miktarlarındaki değişim, fenolik madde miktarlarında olduğu gibi su stresi ile birlikte konik acı biberlerde yaklaşık olarak iki kat, uzun acı biberlerde ise 3 kat daha fazla meydana gelmiştir.

İnsan sağlığı ve hastalıklara karşı vücudun direncini arttıran antioksidant miktarları da çalışma sonunda değerlendirilmiştir. Su stresi ile birlikte antioksidant madde sentezinin de önemli ölçüde artış gösterdiği tespit edilmiştir. Her iki acı biber çeşidinde de en fazla antioksidant sentezi ağır su stresine (%30 sulama) maruz kalan deneme konusunda belirlenmiştir.

Konik acı bibere uygulanan sulama suyu daha düşük olmasına rağmen verim değerleri uzun acı bibere göre daha yüksek olmuştur. Bu nedenle, verim yönünden kurak koşullarda konik biber çeşidinin tercih edilmesi daha isabetli bir uygulama olacaktır. Ancak toplam fenolik ve flavanoid miktarı açısından durum tam tersi olup uzun acı biberde bu değerler daha yüksek olarak elde edilmiştir. Verim yönünden konik acı biber çeşidi tercih edilebilir, ancak insan sağlığını olumlu yönden etkileyen fenolik ve flavanoidler açısından uzun acı biberin tercih edilmesi daha uygun olacaktır.

Araştırma sonuçları birlikte değerlendirildiğinde turşuluk acı biber bitkilerinin suya hassas oldukları belirlenmiştir. Yetiştiricilik süresince mecbur kalınmadıkça su kısıtına gidilmemesi gerekmektedir. Yüksek sıcaklıklar ve su kaynaklarının yetersiz olduğu bölgelerde turşuluk acı biber yetiştiriciliğinde yetersiz sulama ciddi verim kayıplarına neden olabilecektir. Eğer su kısıtına gidilecek ise minimum miktarda mümkün oldukça daha az su kısıtı uygulamasının verim ve kalite parametreleri açısından önemli olduğu belirlenmiştir.

KAYNAKÇA

- Ak, I. ve Türker, G. (2018). "Antioxidant activity of five seaweed extracts", *New Knowledge Journal of Science*. 7, 149-155.
- Akkuzu, E. ve Mengü, G.P. (2008). "Küresel Su Krizi ve Su Hasadı Teknikleri", *ADÜ Ziraat Fak. Dergisi*, 5(2):75-85.
- Apak, R., Güçlü, K., Ozyürek, M., Karademir, S.E. (2004). "Novel total antioxidant capacity index for dietary polyphenols and vitamins C and E, using their cupric ion reducing capability in the presence of neocuproine: CUPRAC method", *Journal Agricultural Food Chemistry*. 52, 7970–7981. <https://doi.org/10.1021/jf048741x>.
- Bates L.S. ve Waldren R.P. (1973). "Teare ID", *Plant & Soil*, 39 205.
- Benhassaini, H., Fetati, A., Hocine, A. K., Belkhodja, M. (2012). "Effect of salt stress on growth and accumulation of proline and soluble sugars on plantlets of *Pistacia atlantica* Desf. subsp. *atlantica* used as rootstocks", BASE.
- Brand-Williams, W., Cuvelier, M.E., Berset, C. (1995). "Use of a free radical method to evaluate antioxidant activity", *LWT - Food Science and Technology*. 28, 25-30.
- Bilgin, A. (2019). Biber Yetiştiriciliğinde Farklı Su Kısıtlarının ve Tuzluluğun Bitki Verim ve Bazı Kalite Özelliklerine Etkisi (yüksek lisans tezi). Van YYÜ. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Van.
- Bolat, İ., Korkmaz, K., İkinci, A., Doğan, M. (2018). Effects of Deficit Irrigation on Development of Different Organs of Stone Fruits. 1. *International Gap Agriculture & Livestock Congress 25-27 April 2018 – Şanlıurfa/Turkey*.
- Cheyrier, V., Comte, G., Davies, K. M., Lattanzio, V. M., Martens, S. (2013). "Plant phenolics: Recent advances on their biosynthesis, genetics, and ecophysiology", *Plant Physiology and Biochemistry*, 72, 1–20.
- Collins, M. D., Wasmund, L. M., Bosland, P. W. (1995). "Improved method for quantifying capsaicinoids in *Capsicum* using high-performance liquid chromatography", *HortScience*, 30(1), 137-139.
- Contreras-Padilla, M., Yahia, E.M. (19989). "Changes in Capsaicinoids during Development, Maturation, and Senescence of Chile Peppers and Relation with Peroxidase Activity", *Journal of Agricultural Food Chemistry* 46, 2075-2079.

- Çelik, Ö.ve Atak, C. (2012). “The effect of salt stress on antioxidative enzymes and proline content of two Turkish tobacco varieties”, *Turkish Journal of Biology*, 36(3), 339-356.
- Dalla Costa, L.ve Gianquinto, G. (2002). “Su stresi ve suyla elde edilebilir derinlik etkisi verim, su kullanım etkinliği ve dolmalık biberde azot geri kazanımı, lizimetre çalışmaları”, *Avustralya Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 53 (2): 201-210.
- Daşkan H.Y., Kavuşturan Ş., Kaplan S., Temel L. (2010). “Bazı Cucurbitacea Türlerinin Tuz ve Kuraklık Stresine Farklı Tepkileri”, *VIII. Sebze Tarımı Sempozyumu*, (23-26 Haziran 2010), 303-308.
- De Leo, F., Del Bosco, F. (2005). “Citrus flavonoids as bioactive compounds: Role, bioavailability, socio-economic impact and biotechnological approach for their modification”, *9th ICABR International Conference on Agricultural Biotechnology: Ten Years Later*, Ravello, Italy.
- Deal, C.L., Schnitzer, T.J., Lipstein, E., Seibold, J.R., Stevens, R.M., Levy, M.D., Albert, D., Renold, F. (1991). “Traetment of arthritis with topical capsaicin: a double-blind trial”, *Clinical Therapeutics*, 13 (3), 383-395.
- Deepa, N., Kaur, C., George, B., Singh, B., Kapoor, H. C. (2007). “Antioxidant constituents in some sweet pepper (*Capsicum annuum* L.) genotypes during maturity”, *LWT-Food Science and Technology*, 40(1), 121-129.
- Demirel, K., Genç, L., Genç, L., Saçan, M. (2012). “Yarı kurak koşullarda farklı sulama düzeylerinin salçalık biberde (*Capsicum annuum* cv. Kapija) verim ve kalite parametreleri üzerine etkisi”, *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 7-15.
- Demirkaya, M. ve Gerçek, S. 2013. “Farklı Renkli Su Yastıklarının Sera Koşullarında Biberin (*Capsicum annuum* L.) Verimi ve Su Kullanma Etkinliği Üzerine Etkileri”, *Tarım Bilimleri Dergisi*, 19: 281-288.
- 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.
- DSİ, (2020). Toprak Su Kaynakları. <http://www.DSİ.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>. TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara. (Erişim Tarihi: 10.05.2023).

- DSİ, (2022). Toprak Su Kaynakları. <http://www.DSİ.gov.tr/toprak-ve-su-kaynaklari>. TC Orman ve Su İşleri Bakanlığı, Ankara. (Erişim Tarihi: 10.06.2023).
- Erken, O. (2004). Çanakkale Yöresinde Damla Sulama Yöntemiyle Sulanan Biberde (*Capsicum Annuum*) En Uygun Sulama Programının Belirlenmesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarımsal Yapılar ve Sulama Anabilim Dalı, Yüksek Lisans Tezi, Çanakkale.
- Erken, O. 2022. "Some bioactive metabolites' response to long-term water stress in red cabbage", *Scientia Horticulturae* Volume 293, 110731.
- Erken, O., Öztokat Kuzucu, C., Çakır, R. (2012). "Değişik Sulama Suyu Seviyelerinin Brokkoli Bitkisinde Verim ve Bazı Biyokimyasal Değişimler Üzerine Etkisi", *II. Ulusal Tarımsal Yapılar ve Sulama Sempozyumu*, (21-25 Mayıs 2012), Bornova/İZMİR.
- Escalante-Magaña, C., Aguilar-Caamal, L.F., Echevarría-Machado, I., Medina-Lara, F., Cach, L.S., Martínez-Estévez, M. (2019). "Contribution of glycine betaine and proline to water deficit tolerance in pepper plants", *HortScience*, 54 (6), 1044-1054.
- Estrada, B., Bernal, M.A., Díaz, J., Pomar, F., Merino, F. (2000). "Fruit development in capsicum annuum: Changes in capsaicin, lignin, free phenolics, and peroxidase patterns", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 48(12), 6234-6239.
- Estrada, B., Bernal, M.A., Díaz, J., Pomar, F., Merino, F. (2002). "Capsaicinoids in Vegetative Organs of *Capsicum annuum* L. In Relation to Fruiting", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*, 50, 1188-1191.
- Gençoğlan, C., Akıncı, İ. E., Uçan, K., Akıncı, S., Gençoğlan, S. (2006). "Kırmızı Acı Biber Bitkisinin (*Capsicum annuum* L.) Kısıntılı Sulamaya Tepkisi", *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 19(1),131-138.
- Giordano, M., Petropoulos, S.A., Rouphael, Y. (2021). "Response and defence mechanisms of vegetable crops against drought, heat and salinity stress", *Agriculture*, 11 (5), 463.
- Gülcan, H. (2020). Yerli, Standart Ve Hibrit Biberlerde (*Capsicum Annuum* L.) Bazı Verim Ve Kalite Özelliklerinin İncelenmesi. Master's Thesis, Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Aydın.

- Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M.N., Wani, A.S., Pichtel, J., Ahmad, A. (2012). "Role of proline under changing environments: a review", *Plant Signal Behav*, 7 (11), 1456–1466.
- Hoffman, P.G., Lego, M.C., Galetto, W.G. (1983). "Separation and quantitation of red pepper major heat principles by reverse-phase high pressure liquid chromatography", *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 31, 1326-1330.
- İmtiyaz, M., Mgadla N.P, Chepete B., Manase, S.K. (2000). "Response of Six Vegetable Crops to Irrigation Schedules", *Agriculture Water Management*, 45, 331-342.
- Kanber, R, Çullu, MA, Kendirli, B, Antepi, S, Yılmaz, N. (2005). Sulama, Drenaj ve Tuzluluk. <http://botesklima.com/userfiles/013rizakanber.pdf> (Erişim tarihi 10.04.2023).
- Kaçar, B., Katkat, V., Öztürk, Ş. (2006). Bitki Fizyolojisi. Nobel Kitabevi yayınları.
- Kadalkal, Ç., Yemiş, O., Arık, N. (2002). "Türkiye’de Üretilen Kırmızı Biberlerin Karatenoid ve Kapsisinoid Miktarları", *Gıda Teknolojisi Dergisi*, Yıl. 6, Sayı:5.
- Kawada, T., Watanare Katsura, T.K., Takami, H., Iwai, K. (1985). "Formation and metabolism of pungent principle of Capsicum fruit. XV, Microdetermination of capsaicin by high performance liquid chromatography with electrochemical detection", *Journal of Chromatography* 329, 99-105.
- Keleş, D., Rastgeldi, U., Karipçin, Z., Karagül, S., Soylu, M.K., Çömlekçioğlu, N., Büyükalaca, S. (2016). "Seleksiyon yoluyla Şanlıurfa biber ıslahı", *Alatarım*, 15 (1), 39-44.
- Lin, L.C., Kuo, Y.C., Chou, C.J. (2000). "Anti-herpes simplex virus type-1 flavonoids and a new flavanone from the root of Limonium sinense", *Planta Medicinal*, 66, 333–336.
- Marangoz, I. F. (2016). Effect on bioactive compounds and antioxidant properties of mulberry fruit of vinegar product processing. Çanakkale Onsekiz Mart University Graduate School of Natural and Applied Sciences, Çanakkale.
- Moreno, M. M., Ribas, F., Moreno, A., Cabello, M. J. (2003). "Physiological response of a pepper (*Capsicum annuum* L.) crop to different trickle irrigation rates", *Spanish journal of agricultural research*, 1(2), 65-74.

- Nayak, B., Liu, R.H., Tang, J. (2015). "Effect of processing on phenolic antioxidants of fruits, vegetables and grains: A review", *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, 55, 887–918.
- Öztürk, N.Z. (2015). Türk Tarım –Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, Cilt 3, Sayı 5: 307-315
- Pıtır, M. (2015). Biber Yetiştiriciliğinde Farklı Su Kısıtlarının Meydana Getirdiği Fizyolojik, Morfolojik Ve Kimyasal Değişikliklerin Belirlenmesi (yüksek lisans tezi). N.K.Ü. Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Tekirdağ.
- Sanatombı K., Sharma, G.J. (2008). "Capsaicin Content and Pungency of Different Capsicum spp. Cultivars", *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*, 36 (2), 89-90.
- Shahidi, F., Yeo, J. H. (2016). "Insoluble-Bound Phenolics in Food. Molecules", 21(9), 1216.
- Shraim A.M., Ahmed T.A., Rahman M.M., Hijji Y.M. (2021). "Determination of total flavonoid content by aluminum chloride assay: A critical evaluation" *LWT*, 150.
- Singleton, V.L., Orthofer, R., Lamuela-Raventós, R.M. (1999). "Analysis of total phenols and other oxidation substrates and antioxidants by means of Folin-Ciocalteu reagent. *In Methods in enzymology*", (Vol. 299, pp. 152-178). Academic press.
- Steele, D.D., Gregor, B.L., Shae, J.B. (1997). "Irrigation Scheduling Methods for Popcorn in the Northern Great Plains", *Trans. ASAE* 40 (1), 149-155.
- Taş., İ ve Kırnak, H. (2011). "Damla Sulama Yöntemiyle Sulanan Şanlıurfa Biberinin (Capsicum annum L.) Sulama Programı", *Journal of Agricultural Faculty of Gaziosmanpaşa University (JAFAG)*, 2011(1), 103-112.
- Turan, M.A., Katkat, A.V., Taban, S. (2007). "Variations in proline, chlorophyll and mineral elements contents of wheat plants grown under salinity stress", *Journal of Agronomy*, 6, 137-141.
- Türkeş, M., Sümer, U. M., Çetiner, G. (2000). "Küresel iklim değişikliği ve olası etkileri, Çevre Bakanlığı, Birleşmiş Milletler İklim Değişikliği Çerçeve Sözleşmesi" Seminer Notları, 2000, Ankara. 7-24.
- Wanjura, D.F., Upchurch, D.R., Mahan, J.R. (1990). "Evaluation Decision Criteria for Irrigation Scheduling in Cotton", *Trans. ASAE* 33 (2), 512-518.

Yaldız, G. ve Özgüven, M. (2011). “Farklı Süs Biberi(Capsikum Sp.) Tür ve Hatlarının Çukurova Koşullarına Adaptasyonu”, YYU Tar. Bil. Derg. ,21:1-11

Yılmaz, S. (2022). “Farklı Sulama Seviyelerinin Sivri Biber (Capsicum Annuum L.) Verim Ve Kalitesi Üzerine Etkileri” (yüksek lisans tezi). B.U.Ü, Fen Bilimleri Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Bursa.



