



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ

LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**FARKLI SULAMA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN BİBERİN
GELİŞME ve VERİMİ ÜZERİNE RİZOBAKTERİLERİN ETKİSİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Mehmet Ali CESUR

Tez Danışmanı

Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK

ÇANAKKALE – 2023



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ



Mehmet Ali CESUR tarafından Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK yönetiminde hazırlanan ve **31/08/2023** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan **“FARKLI SULAMA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN BİBERİN GELİŞME ve VERİMİ ÜZERİNE RİZOBAKTERİLERİN ETKİSİ”** başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı**'nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK

.....

(Danışman)

Doç. Dr. Canan ÖZTOKAT KUZUCU

.....

Dr. Öğr. Üyesi Burcu Begüm KENANOĞLU

.....

Tez No : 10575085

Tez Savunma Tarihi : 31/08/2023

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.

Mehmet Ali CESUR

31/08/2023

ÖN SÖZ

Bu tezin gerçekleştirilmesinde, çalışmam boyunca benden bir an olsun yardımlarını esirgemeyen saygı değer danışman hocam Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK'a, biber yetiştiriciliği konusunda sahip olduğu bilgileri benimle paylaşan Doç. Dr. Canan ÖZTOKAT KUZUCU'ya ve tezimin her anında bana destek olup yardımcı olan Araş. Gör. H. Nihan ÇİFTÇİ'ye büyük bir minnetle teşekkür ederim. Tohumdan fide yetiştirme sırasında iklim odasını kullanma olanağı sağlayan Prof. Dr. Uğur GÖZEL'e, bakteri formülasyonunu sağladığı için Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI'ya, damlama sulama sisteminin kurulmasında yardımcı olan Dr. Öğr. Üyesi SEÇKİN KAYA ve Doç. Dr. İsmail TAŞ'a teşekkür ederim. Arazi ve laboratuvar çalışmalarımda yardımlarını esirgemeyen arkadaşlarım Yağmur BALA ve Necip PALAOĞLU'na teşekkür ederim. Hayatımın her evresinde bana destek olan değerli aileme sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Mehmet Ali CESUR
Çanakkale, Ağustos2023

ÖZET

FARKLI SULAMA KOŞULLARINDA YETİŞTİRİLEN BİBERİN GELİŞME ve VERİMİ ÜZERİNE RİZOBAKTERİLERİN ETKİSİ

Mehmet Ali CESUR

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK

31/08/2023, 62

Bu çalışma bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin farklı sulama koşulları altında yetiştirilen biber bitkilerinin gelişimi ve meyve verimine etkilerinin belirlenmesi amacıyla yapılmıştır. Bitkisel materyal olarak “Bursa kıl” acı biber çeşidi (*Capsicum annuum* L.) kullanılmıştır. Her tekerrürde 4 sulama düzeyi (%0, %33, %66 ve %100) uygulanmıştır. Sulama 4 gün arayla gerçekleştirilmiştir. Bu araştırmada azot bağlayıcı, fosfor çözücü, indol asetik asit üretici ve yüksek 1-aminosiklopropan 1-karboksilat (ACC) deaminaz aktivitesi gösteren bakteri suşlarından oluşan dörtlü bakteri (*Pseudomonas fluorescens* RCG77, *Bacillus subtilis* RCG11, *Rhodococcus erythropolis* RCG9, *Bacillus subtilis* RC631) esaslı biyofarmülasyon (konsorsiyum) kullanılmıştır. Biber fidelerinin saksılara dikiminden sonra köklerine uygulanan rizobakterilerin bitkiye olan etkileri (meyve ağırlığı, meyve eni, meyve boyu, suda çözünebilir kuru madde miktarı, meyve rengi, yaprak alanı, membran sızıntısı miktarı, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı, kök boyu, kök kuru madde miktarı) araştırılmıştır. Su kısıtı ile meydana gelen kuraklık stresi biberde bitki büyüme ve gelişmesini olumsuz etkilemiştir. Bakteri uygulaması; kök boyu ve meyve boyu için %66 sulama grubunda, meyve ağırlığı ve meyve rengi için %100 ve suda çözünen kuru madde miktarı için %0 üzerinde önemli istatistiksel farklılıklar meydana getirmiştir. Yapılan analiz sonuçları göz önüne alındığında, rizobakteri uygulamasının sulama kısıtı altında yetiştirilen bitkilerin verim ve gelişimi üzerine olumlu etkide bulunduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Biber, Kuraklık stresi, Su kısıtı, Rizobakteri

ABSTRACT

EFFECT OF RHIZOBACTERIA ON DEVELOPMENT AND YIELD OF PEPPER GROWN UNDER DIFFERENT IRRIGATION CONDITIONS

Mehmet Ali CESUR

Çanakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Department of Horticulture Master Thesis

Advisor: Prof. Dr. Zeliha GÖKBAYRAK

31/08/2023, 62

In this study, it is aimed to increase the fruit yield of pepper plants grown under different irrigation conditions of rhizobacteria that promote plant breeders. “Bursa bristle” hot pepper variety (*Capsicum annuum* L.) was used as herbal material. 4 irrigation levels (%0, %33, %66 and %100) were applied at each replication. Irrigation was carried out 4 days apart. A quartet of bacteria (*Pseudomonas fluorescens* RCG77, *Bacillus subtilis* RCG11, *Rhodococcus erythropolis* RCG9, *Bacillus subtilis* RC631) based bioformulation consisting of this nitrogen fixer, phosphorus solvent, indole acetic acid producer and bacterial strains showing high 1-aminocyclopropane1-carboxylate (ACC) deaminase properties were used (consortium). After planting the pepper seedlings in pots, the effects of rhizobacteria placed on the plant roots on the plant (fruit weight, fruit width, fruit length, soluble dry matter, fruit color, leaf area, membrane leakage, root fresh weight, root dry weight, root length and root dry matter content) was investigated. Drought stress caused by water restrictions adversely affected plant growth and development in pepper. Bacteria application; had significant statistical results on root length and fruit length at %66, for fruit weight and for fruit color at 100%, and for water-soluble dry matter content at 0%. When all the results of analyses were considered, it was determined that rhizobacteria application had positive effects on plants grown under water restrictions.

Keywords: Pepper, Drought stres, Water restriction, Rhizobacteria

İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
ÖN SÖZ.....	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

5

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL YÖNTEM

12

3.1. Materyal.....	12
3.1.1. Bitki Materyali.....	12
3.1.2. Rizobakteri Esaslı Biyoformülasyon Materyali.....	12
3.2. Yöntem.....	14
3.2.1. Bitki Materyalinin Yetiştirilme Ortamı.....	14
3.2.2. Biber Fidelerinin Serada Yetiştirilmesi.....	14
3.2.3. Bakteri Esaslı Biyoformülasyon (konsorsiyum) Uygulaması.....	16
3.2.4. Farklı Sulama Seviyeleri Uygulaması.....	16
3.3. Analiz Parametreleri.....	20
3.3.1. Meyve Ağırlığı (gr/bitki).....	20
3.3.2. Meyve Boyu (mm).....	20

3.3.3. Meyve Eni (mm).....	21
3.3.4. pH ve Titre edilebilir toplam asitlik (sitrik asit cinsinden) (gr/100ml).....	21
3.3.5. SÇKM (°Brix).....	22
3.3.6. Meyve Rengi (L*, Chroma, Hue°).....	22
3.3.7. Yaprak Alanı (cm ²).....	23
3.3.8. Membran Sızıntısı Oranı (%).....	23
3.3.9. Yaprak Oransal Su İçeriği (YOSİ) (%).....	24
3.3.10. Kök Ağırlığı (g).....	25
3.3.11. Kök Boyu (mm).....	25
3.4. Deneme Planı ve İstatistik Analizi.....	25

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM ARAŞTIRMA BULGULARI

27

4.1. Meyve Ağırlığı (gr/bitki).....	30
4.2. Meyve Boyu (mm).....	32
4.3. Meyve Eni (mm).....	33
4.4. pH ve Titre edilebilir toplam asitlik (sitrik asit cinsinden) (gr/100ml).....	35
4.5. SÇKM (°Brix).....	36
4.6. Meyve Rengi (L*, Chroma, Hue°).....	38
4.7. Yaprak Alanı (cm ²).....	41
4.8. Membran Sızıntısı Oranı (%).....	43
4.9. Yaprak Oransal Su İçeriği (YOSİ) (%).....	44
4.10. Kök Ağırlığı (g).....	46
4.11. Kök Boyu (mm).....	49

BEŞİNCİ BÖLÜM SONUÇ ve ÖNERİLER

51

KAYNAKÇA	53
----------------	----

SİMGELER VE KISALTMALAR

ACC	1-Aminosiklopropan 1-karboksilat
ACCD	1-Aminosiklopropan 1-karboksilat deaminaz
cm	Santimetre
cm ²	Santimetre kare
da	Dekar
g	Gram
IAA	Indol-3-asetik asit
kg	Kilogram
L	Litre
mm	Milimetre
mm ²	Milimetre kare
ml	Mililitre
N	Azot
NaOH	Sodyum hidroksit
nmol	Nanomol
P	Fosfor
pH	Potansiyel hidrojen
ppm	Milyonda bir birim
SÇKM	Suda Çözünür Kuru Madde
TETA	Titre Edilebilir Toplam Asitlik
YOSİ	Yaprak Oransal Su İçeriği
%	Yüzde Oranı
°C	Santigrat Derece
L*	Parlaklık (Lightness)
a*	Bir rengin kırmızı ve yeşil bileşenleri
b*	Bir rengin sarı ve mavi bileşenleri

TABLULAR DİZİNİ

Tablo No	Tablo Adı	Sayfa No
Tablo 1	Bakteri formülasyonunda kullanılan bakterilerin bazı biyokimyasal özellikleri.....	13
Tablo 2	Saksı harcı analiz sonuçları.....	15
Tablo 3	Deneme sırasında meydana gelen buharlaşma ve yapılan kısıtlı sulama uygulamaları	18
Tablo 4	Sera içinde deneme boyunca kaydedilen iklim verileri.....	19
Tablo 5	Deneme Planı.....	25
Tablo 6	ANOVA sonuçları.....	28

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil No	Şekil Adı	Sayfa No
Şekil 1	Biber fidelerinin dikimi ve denemenin kurulumu.....	15
Şekil 2	Saksı harcı analiz sonuçları.....	16
Şekil 3	Hassas terazi ile toplam meyve ağırlığı ölçümü.....	20
Şekil 4	Dijital kumpas ile meyve boyu ölçümü.....	20
Şekil 5	Dijital kumpas ile meyve eni ölçümü.....	21
Şekil 6	pH ve sitrik asit ölçümü.....	21
Şekil 7	Kromametre ile meyve rengi ölçümü.....	22
Şekil 8	Tarayıcı ile taranan biber yaprak alanı hesaplanması.....	23
Şekil 9	EC değeri ölçümü.....	24
Şekil 10	Yaprak yaş ve kuru ağırlıkları ölçümü.....	24
Şekil 11	Hassas terazi ile kök ağırlığı ölçümü.....	25
Şekil 12	Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen meyve ağırlığı (g) iki yönlü ANOM grafiği.....	31
Şekil 13	Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen meyve boyu (mm) iki yönlü ANOM grafiği.....	32
Şekil 14	Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen meyve eni (mm) iki yönlü ANOM grafiği.....	34
Şekil 15	Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen pH iki yönlü ANOM grafiği.....	35
Şekil 16	Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen TETA (g/100ml) iki yönlü ANOM grafiği.....	36
Şekil 17	Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen SÇKM (°brix) iki yönlü ANOM grafiği.....	37
Şekil 18	Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen meyve rengi (L) iki yönlü ANOM grafiği.....	39
Şekil 19	Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen meyve rengi (kroma) iki yönlü ANOM grafiği.....	40

Şekil 20	Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen meyve rengi (hue) iki yönlü ANOM grafiği.....	41
Şekil 21	Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen yaprak alanı (cm ²) iki yönlü ANOM grafiği.....	42
Şekil 22	Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen membran sızıntısı (%) iki yönlü ANOM grafiği.....	44
Şekil 23	Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen YOSİ (%) iki yönlü ANOM grafiği.....	45
Şekil 24	Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen kök yaş ağırlığı (g) iki yönlü ANOM grafiği.....	47
Şekil 25	Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen kök kuru ağırlığı (g) iki yönlü ANOM grafiği.....	48
Şekil 26	Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen kök boyu (mm) iki yönlü ANOM grafiği.....	50

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Canlılığın en önemli unsurlarından biri olan su kaynakları küresel ısınma ve kuraklık gibi etmenler ile olumsuz yönde etkilenmektedir. Nüfus artışı, üretim ve sanayinin artmasıyla su kaynaklarına olan ihtiyaç da hızlı bir şekilde arttırmaktadır. Azalan su kaynakları tarımda su kullanımını kısıtlanmakta ve dünyada gıda üretimini tehlikeye atmaktadır. Ayrıca yer altı suları kirlenmekte ve yeni su kaynakları bulmak gün geçtikçe daha da maliyetli olmaktadır (Çakmak ve Gökalp, 2011).

Türkiye konumu ve coğrafik yapısı nedeni ile farklı iklim bölgelerine sahiptir. Ülkemizin iklimi yarı kurak iklim özelliğindedir. Ülkemizde kişi başına düşen kullanılabilir yıllık su miktarı 2000 yılında 1 652 m³, 2009 yılında 1 544 m³, 2020 yılında ise 1 346 m³ olarak giderek azalmaktadır. Türkiye, kişi başına kullanılabilir su potansiyeline bakıldığında, su baskısı yaşayan ülkeler arasında yer almaktadır. Bu nedenle suyun optimum şekilde kullanılması önem arz etmektedir (Anonim, 2020).

Küresel ısınmaya bağlı gerçekleşen iklim değişimlerinin bir sonucu olan kuraklık, bir bölgede nem miktarındaki geçici dengesizliğin o bölgedeki su kıtlığı ile ilişkisi olarak kabaca tanımlanan doğal bir iklim olayıdır ve herhangi bir zamanda herhangi bir yerde meydana gelebilir. Kuraktan nemli iklim tiplerine kadar her yerde görülebilir. Kuraklığın etkileri genellikle ilk olarak tarımda görülür ve yavaş yavaş diğer suya bağımlı sektörlere yayılır. Tarım sektöründe kuraklığın anlamı, diğer sektörlerden daha farklıdır. Çünkü bitkiler için yıl içerisinde yağın toplam yağıştan çok, büyüme dönemlerinde kök bölgesinde var olan su daha önemlidir. Dolayısı ile bitkilerin çıkış ve gelişme döneminde ihtiyaç duydukları suyun toprakta bulunamaması, tarımsal kuraklık olarak adlandırılmaktadır (Kaplukan, 2013).

Kuraklık, dünya tarım alanlarının büyük bir bölümünde bitkisel üretimi sınırlandıran önemli bir faktördür. Dünya üzerindeki ekilebilir alanlarda görülen stres faktörleri içinde kuraklık stresi % 26'lık payla en büyük dilimi almaktadır. Tarımsal kuraklığın olumsuz etkilerini azaltmak, kuraklık olmadan önceki dönemlerde alınacak tedbirler ve kuraklığın yaşandığı dönemlerde yapılacak doğru planlamalarla mümkündür.

Yağışların devamlılığını sağlayarak su arzını artırmak elimizde olmasa da, kuraklıktan kaynaklanan olumsuz etkileri azaltmak mümkün olabilir (Anonim, 2023).

Bitkiler hareket edemediklerinden dolayı abiyotik ve biyotik stres faktörlerine en fazla maruz kalan canlılardır. Stres faktörleri kuraklık, tuzluluk, ışın, elektromanyetik alan, kirlilik ve patojenler olarak sıralanmaktadır. Bu olumsuz çevre koşulları bitkinin gelişimini önemli şekilde etkilerken hasatta elde edilen verim ile potansiyel ürün verimi arasında %70'e varan kayba neden olabilmektedir (Yüksel ve Aksoy, 2017).

Kuraklık stresi genel anlamda toprağın sahip olduğu suyun yetersiz kalması ve buna bağlı olarak bitkilerin normal gelişimlerini sağlayamaması koşuludur. Elverişsiz çevre koşullarına karşı yaşamını devam ettiren bitkinin canlı kalabilme yeteneği “stres dayanıklılığı” veya “stres direnci” olarak tanımlanmıştır (Levitt, 1980).

Bitkiler yaşam boyu mikroorganizmalarla birlikte yaşamaktadır. Bazıları bitkiye zarar verir iken bazıları yararlıdır. Bitkiye yararlı olanlar 3 grupta incelenir; azot bağlayan bakteriler, mantarlar ve bitki büyümesini teşvik eden bakteriler (rizobakteriler) (Arcak ve Güder, 2004).

Bitkilerin rizosferinde gelişen, ancak bitki dokularının içinde, üzerinde veya çevresinde büyüeyebilen çok sayıda toprak bakterisi türü, çok sayıda mekanizma yoluyla bitki büyümesini teşvik eder. Bu bakteriler toplu olarak PGPR (bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler) olarak bilinir ve ismi Yunancada kök anlamına gelen *rhiza* kelimesinden türemiştir. Bu rizobakteriler biyogübre olarak kullanılmaktadır. Biyogübreleme, dünya genelinde mahsullere sağlanan azotun yaklaşık olarak %65'ini oluşturmaktadır. PGPR kelimesi ilk olarak 1970'li yılların sonlarında Joseph W. Kloepper tarafından kullanılmış ve bilimsel literatürde de yaygın olarak kullanılmaya başlanmıştır. Rizosferik ilişkiler kökün yüzeyini kolonize eden rizobakterilerden veya konukçu bitkinin yüzeysel hücreler arası boşluklarından oluşmaktadır ve genellikle kök nodülleri oluşturmaktadır. Rizosferdeki mevcut olan baskın tür, *Azospirillum* cinsi bir mikroorganizmadır. Endofitik ilişkiler, konukçu bitki içinde yaşayan ve büyüyen rizobakterilerden oluşmaktadır (Vessy, 2003).

PGPR'ler genel olarak; *Basillius*, *Pseudomonas*, *Azospirillum*, *Enterobacter*, *Clostridium*, *Klebsiella*, *Azotobacter*, *Rhizobium* cinslerini içermektedir. Bu bakteriler bitki

gelişimini, verimi ve besin elementlerinin topraktan alımını arttırmaktadır. Toprak kaynaklı hastalıkları kontrol etme, fitohormon salgılama, antibiyotik üretme ve ağır metal toksisitesini azaltma suretiyle bitki gelişimini doğrudan teşvik ederlerken diğer bazı bakteriler de rizosfer ortamının şartlarını değiştirerek doğrudan ya da dolaylı etki gösterebilmektedir (Joshi vd., 2015).

Rizobakteriler (PGPR) bazı doğal ayırt edici özellikler ile karakterize edilir:

1. Kök yüzeyini kolonize etmek için yetkin olmalı,
2. Hayatta kalmalı ve çoğalıp diğer mikrobiyotalar ile rekabet etmeli ve
3. Bitki büyümesini teşvik etmelidir.

Rizobakterilerin yaklaşık %2-5'i bir toprağa bitki aşılması ile yeniden uygulandığında rekabetçi mikroflora içerir (Ahemad ve Kibret, 2014).

Rizobakteri ve konukçu bitki arasında simbiyotik bir ilişki söz konusudur. Rizobakterilerin bitkiler için sağladığı ek besinlerden faydalanabilmesi için rizobakterilerin yaşayabileceği bir ortamın ve uygun koşulların meydana gelmesi gerekir. Rizobakteriler için kök yumrularının oluşturulması ve bakımı, bitkideki toplam fotosentez üretiminin %12-25'ine karşılık gelmektedir. Rizobakteriler bitki köklerini çevreleyen toprağın yani rizosferin besin açısından daha zengin hale gelmesini sağlamak ve bu da bitkinin diğer bitkilerden daha iyi gelişim göstermesini sağlar. Kısacası, simbiyotik bir ilişki artan rekabete neden olmaktadır (Cain vd., 2011).

Bitki büyümesini teşvik eden bakteriler, toprakta mevcut olmayan besin formlarının çözünmesini ve köklere besinlerin taşınmasını kolaylaştıran sideroforların üretilmesiyle birlikte rizosferdeki besinlerin kullanılabilirliğinin artmasını sağlamaktadır. Eksikliği bitki büyümesi üzerinde sınırlayıcı etkiye sahip olan fosfor toprakta bol bulunabilir fakat daha çok çözünmeyen formdadır. Bitki rizosferlerinde bulunan rizobakteriler tarafından salınan organik asitler ve fosfatazlar, çözünmeyen fosfor formlarının $H_2PO_4^-$ gibi bitkide bulunan formlara dönüştürülmesini sağlamaktadır. Rizobakteriler fosfor çözücü özelliği yanı sıra azot fiksasyonu da gerçekleştirirler. Gaz halindeki nitrojenin amonyağa dönüştürülmesi ile bitki gelişimi için kullanılabilir besin haline getirirler (Willey vd., 2011).

Bitkilerin kuraklığa dayanıklılığını arttırmaya yönelik uygulamalar göz önüne alındığında rizobakterilerin toprakta bulunan ve bitkinin yararlanamadığı fosforu çözerek bitkinin alabileceği forma dönüştürdüğü ve PGPR aşılması ile kuraklık stresinin olumsuz etkilerini hafifletmede olumlu olabileceği belirtilmektedir (Yavaş vd., 2016).

Bu güne kadar yapılan çalışmalara bakıldığında rizobakterilerin bitki gelişimini teşvik etmesi üzerine olumlu yararı olduğu, bitkinin sistemik dayanıklılığını sağladığı ve hastalık-zararlı kontrolündeki etkinliği tespit edilmiştir. Yapılan çalışmalar zamanla artarak bu konu üzerine ilginin artmasını sağlamıştır. Bu araştırmada da farklı sulama koşullarında örtü altı biber yetiştiriciliğinde bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin bitki gelişimi ve verim üzerine etkileri araştırılmıştır.



İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Park vd. (2006) biberde hem bitki büyümenin teşvikini hem de bitki savunmasını sağlayan iki endofit bakteri (*Pseudomonas rhodesiae* ve *Pantoea ananatis*) kullanarak yaptıkları çalışmada bakterilerin sulama suyu ile aşılmasıyla biber fidelerinde büyümeyi teşvik etmiş ve kök taze ağırlıklarını sırasıyla %73-%41 oranlarında arttırdığı tespit etmişlerdir. Ayrıca bakteri uygulanan fideler *Xanthomonas axonopodis* pv. *Vesicatoria* karşı sistemik bir direnç sağlamıştır.

Mena-Violante ve Olalde-Portugal (2007) rizobakterilerin domates meyve kalitesi ve verim üzerine etkilerini incelemiştir. Domates köklerine rizobakteri (*Bacillus subtilis* BEB-1Sbs) uygulaması sonucunda kontrol grubuna kıyasla bitki başına verim, meyve ağırlığı ve meyve uzunluğu artmıştır. Ayrıca bakteri uygulanan bitkilerde meyve rengi değerlerinde olumlu etki meydana gelmiştir. Rizobakterilerin özellikle meyve boyutu ve tekstür olmak üzere kalite özelliklerine olumlu etkileri olduğu göstermiştir.

Herman vd. (2008) sera ortamında yaptıkları çalışmada dolmalık biberin büyüme ve gelişimi ile zararlılara karşı rizobakterilerin etkilerini incelemiştir. Rizobakteri uygulanan bitkiler kontrol bitkilerine kıyasla şeftali yaprak biti popülasyonlarını azaltmış ve verime olumlu etkisi olduğu görülmüştür. Sürekli olarak yaprak biti basıncına sahip yerlerde yetiştirilen biber bitkileri için faydalı olabileceği tespit edilmiştir.

Roussos vd. (2009) çilek meyve kalitesi üzerine bitki büyümesini uyarıcı bakterilerin etkilerini inceledikleri çalışmada uygulama ile birlikte verim, meyve büyüklüğü, pH ve titre edilebilir asitlik için önemli bir etkisi olmamıştır. Meyve suyunun antioksidan aktivitesi kontrol meyvelerine göre daha yüksek çıkmıştır. Toplam antosiyanini arttırmıştır.

Ordookhani vd. (2010) yaptıkları çalışmada bitki büyümesini teşvik eden rizobakteri (PGPR) ve arbusküler mikoriza mantarları (AMF) domates köklerine aşılayarak etkilerini incelemiştir. Kullanılan rizobakteri kombinasyonu *Pseudomonas putida*, *Azotobacter chroococcum* ve *Azosprillum lipoferum*. Kontrol grubu ile karşılaştırıldığında

fitokimyasal faktörler, likopen içeriği, antioksidan aktivitesi, sürgün ve meyve potasyum içeriği rizobakteri ve arbusküler mikoriza mantar uygulamaları ile artmıştır.

Yu vd. (2010) serada yetiştirdikleri bibere *Bacillus subtilis* Cas15 uygulayarak verime ve *fusarium* solgunluğuna etkilerini araştırmışlardır. Bakteri uygulaması ile çiçeklenme süresi kısalmış ve *fusarium* solgunluğuna karşı direnç sağlayıp bitkilerin büyümesini sağlamıştır. Ortalama meyve ağırlığını %36,9 artarken bitki başına ortalama verimi %49,6 artmıştır. *B. subtilis* Cas15'in bitki büyümesini teşvik etmesi ve biyolojik kontrolde kullanılabilmesi olarak büyük potansiyele sahip olduğu tespit edilmiştir.

Datta vd. (2011) yapmış olduğu çalışmada acı biberde rizobakteri uygulamasının büyüme ve gelişmeye etkilerini incelemiştir. Üç farklı rizobakteri uygulaması ile kombine aşılama yapılan bitkilerde tarla koşullarında toplam meyve sayısı, meyve ağırlığı ve verim gibi özelliklerde olumlu etkisi kaydedilmiştir.

Ghim vd. (2012) serada yetiştirdikleri biber fidelerinde bitki büyümesi ve bazı hastalık etmelerine rizobakterilerin (*Ochrobactrum lupini* ve *Novosphingobium pentaromativorans*) etkilerini inceledikleri çalışmada bakteriyel leke hastalığına karşı direnç sağladığı, bitki büyümesi üzerine etkileri ise bitki boyu, taze ve kuru ağırlıklarında artış olarak tespit edilmiştir.

Raka vd. (2012) bisi-2 hibrit mısırın büyüme ve gelişimi ile verimini arttırmak için yapmış olduğu çalışmada bakteri olarak (*P. agglomerans* BS7a, *P. agglomerans* BS7b, *P. agglomerans* BS2a ve *P. agglomerans* BS5a) uygulamışlardır. Bakteri uygulanan bitkilerde ürün büyüme oranı, yaprakların klorofil içeriği, yaş kök ağırlığı, koçan uzunluğu, koçan çapı, bitki başına tohum ağırlığı ve bitki boyunun arttığını tespit etmişlerdir.

Sundaramoorthy (2012) çalışmasında *Fusarium solani*'nin neden olduğu biberde solgunluk hastalığına karşı endofit bakteri kombinasyonları uygulayarak koruyucu etkilerini incelemiştir. Sera ve tarla koşullarında endofit ve rizobakteri izolatlarının tek başına ve kombinasyon şeklinde uygulanmasının sistemik direnci arttırarak biber *fusarium* solgunluk hastalığının kontrolünde etkili olduğu, bitki boyu (73,62 cm) ile tohum çimlenmesi (%96) için daha iyi sonuçlar verdiği görülmüştür.

Wang vd. (2012) domatesin (*Lycopersicon esculentum*) kuraklık stresine dayanıklılığı üzerine rizobakteri (PGPR) uygulamasını değerlendirdikleri çalışmada *Bacillus cereus* AR156 uygulanan bitkilerde yaprak oransal nem içeriği, kök aktivitesi ve klorofil sayısı arttığı görülmüştür. Ayrıca tekrar sulama olmadan bir gün sonra domatesin hayatta kalma oranının ve bitkinin fotosentetik etkinliği koruyarak kuraklık stresine dayanımını artmıştır.

Lim ve Kim (2013) kuraklık stresinde yetiştirdikleri biberde bir PGPR olan *Bacillus licheniformis* k11 uygulayarak etkilerini araştırmıştır. Bakteri uygulanan bitkilerde su kısıtından 15 gün sonra hayatta kalma oranı %80 iken bakteri uygulanmayan bitkiler hayatta kalamamıştır. 15 günlük su kısıtı ile kök ve sürgün uzunluğuyla kuru madde miktarı azalırken bakteri uygulaması kök uzunluğu, sürgün uzunluğu ve kuru madde miktarını arttırmıştır. Sonuç olarak kuraklık stresinin olumsuz etkilerini azalttığı ve bitki gelişimini arttırdığı tespit edilmiştir.

Tariq vd. (2014) PGPR'lerin dolmalık biberde verimi artırıcı etkisini incelemek için yaptıkları çalışmada bakteri olarak *Klebsiella sp.*, *Burkholderia sp.*, *Panibacillus sp* ve *Bacillus sp* uygulamıştır. 30 günde bir bakteri formülasyonu uygulanarak yapılan ölçüm ve analiz sonuçlarında dönüm ve bitki başına verimin arttığı tespit edilmiştir.

Vyas (2014) mikorizal mantarlar (*Glomus deserticola*) ve bitki büyümesini uyarıcı rizobakterilerin (*Azospirillum*) birlikte ve ayrı ayrı uygulanmasının biber bitkisi üzerine etkilerini incelediği çalışmada ulaştığı sonuçlar şöyledir: bitki boyu ve kuru ağırlık, fosfor ve azot içeriği ile kuru meyve ağırlığında en yüksek artışı *Glomus deserticola* + *Azospirillum* uygulamasında gözlemlenmiştir.

Yıldırım (2015) rizobakteri uygulamasının brokoli (*Brassica oleraceae* L.) fidesinde bitki gelişimi ve kalitesi üzerine etkilerini araştırdığı çalışmada bakteri uygulamasının bitkilerde fide boyunu %7, gövde enini %42, yaprak alanını %18 ve yaprak kuru madde miktarını %41 oranlarında arttırdığını tespit etmiştir. Ayrıca fidelerde amino asit, mineral madde ve hormon içeriklerini olumlu etkilediği görülmüştür.

Samancıoğlu vd. (2016) lahana (Sarma F₁) fide gelişimini inceledikleri çalışmada 4 farklı sulama seviyesi (%100, %75, %50 ve %25) ve bitki gelişimini uyarıcı bakteri uygulaması ile bazı kimyasal ve fizyolojik özellikleri araştırmışlardır. Strese maruz kalan

ancak rizobakteri uygulanan bitkilerin büyüme ve gelişimini daha iyi arttırdığı, hormon ve amino asit birikimini hızlandırdığı fakat membran bütünlüğünü azalttığı görülmüştür.

Tallapragada vd. (2016) kuraklık stresi altında yürüttükleri çalışmada dolmalık biber ve domateste rizobakteri (*B. seminalis*) uygulamasının etkilerini incelemişlerdir. Kök ağırlığı biber için kontrol grubunda 4,83 g ve *B. seminalis* uygulanan grupta 8,43g olarak domateste ise kontrol grubunda 4,82 g ve *B. seminalis* uygulanan grupta 6,08 g bulunmuştur.

Duc vd. (2017) çalışmasında üç farklı biber çeşidine (Karpia, Karpex ve Kaptur) rizobakteri uygulamasının verim üzerine etkilerini incelemiştir. Bakteri olarak *Arbuscular mycorrhizal*, *Trichoderma* ve *Pseudomonas fluorescens* uygulamıştır. Karpia ve Kaptur çeşidinde bakteri uygulaması ile verim artarken en yüksek verim Karpex çeşidinde 3'lü kombinasyonda elde edilmiştir. Araştırma üçlü uygulamanın bitki gelişimini daha çok arttırdığını göstermiştir.

Tuz stresi altında yetiştirilen biber bitkilerinin gelişimine bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin etkilerini araştıran Ghim vd. (2017), bakteri izolatları (*Microbacterium oleivorans* KNUC7074, *Brevibacterium iodinum* KNUC7183 ve *Rhizobium massiliae* KNUC7586) uygulanan bitkilerde tuz stresinin bitki gelişimi üzerindeki olumsuz etkileri hafiflettiğini tespit etmişlerdir.

Yasin vd. (2018) tuz stresi altında yetiştirdikleri kırmızı bibere halotolerant bitki gelişimini uyaran rizobakteri uygulamışlardır. Çalışmada bakteri olarak *Bacillus fortis* SSB21 suşu aşılanmıştır. Yapılan ölçüm ve analiz sonuçlarına göre bakteri uygulaması ile bitkilerde sürgün uzunluğu, kök uzunluğu, yaş ve kuru ağırlık üzerinde en yüksek artış gözlenirken bitkilerde su kullanım etkinliğini artırarak tuzluluk stresinin etkilerini hafifletmesini sağlamıştır. Ayrıca prolin biyosentezini de arttırmıştır.

Baharatlık kırmızı bibere rizobakteri uygulaması ile verim ve bitki özelliklerini inceleyen Akıncı vd. (2019) 10 farklı rizobakteri izolatı kullanmıştır. Çalışma sonucunda elde ettikleri verilere göre rizobakteri uygulamasının meyve verimi, yeşil ve kırmızı meyve sayısı, meyve kuru ağırlığı, kök yaş ve kuru ağırlığı, yaprak sayısı ve yaprak alanı özellikleri üzerinde olumlu sonuçları olduğunu bildirmişlerdir.

Sera ortamında yetiştirilen domatese kimyasal gübre ve bakteri uygulaması yaparak bitki gelişimini inceleyen Dönmez (2019) bakteri uygulamasının meyve verimi, meyve sayısı, meyve boyu ve titre edilebilir asit için önemli olduğunu ($p<0,05$), buna karşılık meyve ağırlığı, meyve çapı, suda çözünür kuru madde (SÇKM) ve pH gibi özellikler için önemli bir etkisi olmadığını tespit etmiştir.

Kaushal vd. (2019) tarlada yetiştirilen dolmalık biber fidelerinin verim ve hastalık direncine PGPR'lerin etkilerini araştırdıkları çalışmada bitkilere *Bacillus subtilis* ve *Bacillus pumilus* uygulanmıştır. Bakteri uygulaması antraknozu %1,75 azaltmış, tohum çürüklüğü ve fide yanıklığına karşı direnç sağlamış ve toplam meyve verimini %379 arttırdığı tespit edilmiştir.

Ollo ve Kolondam (2019) biberin (*Capsicum annuum* L.) vejetatif gelişimi üzerine bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin etkilerini incelemiştir. Bakteri uygulamasından 28 sonra yapılan ölçümler sonucunda bitki boyu, yaprak sayısı, kök hacmi, bitki yaş ağırlığı ve bitik kuru ağırlığının arttığı tespit edilmiştir.

Acurio Vásconez vd. (2020) marul (*Lactuca sativa*) ve brokolide (*Brassica oleracea* var. *italica*) rizobakterilerin bitki büyüme ve gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. *B. licheniformis* uygulamasıyla marulda %26,7 ve brokolide %13,7'lik bir boy artışı sağlamıştır. *B. megaterium* uygulaması, brokolinin yanı sıra marulda da kök kuru madde içeriğini, kök uzunluğunu ve kök ağırlığını önemli ölçüde artırdığı tespit edilmiştir.

Anggraini (2020) hıyar büyümesini teşvik etmek için biyogübre olarak 8 rizobakteri izolatı ile çalışmıştır. Bitki boyu, yaprak sayısı, kök uzunluğu, gövde çapı, bitkinin taze ağırlığı ve kuru ağırlığı gözlemlenen parametrelerdir. Çalışmada sonuç olarak 4 tane rizobakteri izolatının hıyar büyümesini arttırdığı görülmüştür.

Chowdhury vd. (2020) biberde (*Capsicum annuum* L.) bitki büyüme ve gelişimi üzerine *Bacillus sp.*'nin etkilerini inceledikleri çalışmada bakteri uygulamasının kök yaş ağırlığını 2,28 kat, kök kuru ağırlığını 1,4 kat, kök uzunluğunu 2,6 kat ve meyve ağırlığı 1,6 kat arttırdığını bildirmişlerdir.

Dönmez ve Uysal Şahin (2020) çalışmasında 25 PGPR streyninin M-7111 domates (*Solanum lycopersicum* L.) çeşidinin bitki gelişimi üzerine etkilerini incelemiştir.

Çalışmada elde edilen sonuçlara göre bakteri uygulaması kök boyu, gövde boyu, gövde kalınlığı ve dal sayısı gibi özellikler üzerinde olumlu etki yaptığı gözlemlenmiştir. En yüksek etkinin *Bacillus* spp. türünde olduğu görülmüştür.

Ergün (2020) marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisinin verimi üzerine bitki büyümesini teşvik eden bakteri ve vermikompost uygulamalarının etkilerini incelediği çalışmada, marul fidelerinin saksılara dikimi ile birlikte bakteri ve vermikompost uygulanmıştır. 10 hafta sonra hasatları gerçekleştirilerek ölçümler yapılmıştır. Elde edilen sonuçlara göre kök uzunluğu ve kök yaş ağırlığı üzerine olumlu etkilerin olduğu görülmüştür.

Dere (2021) çalışmasında kuraklık stresi altında yetiştirdiği domates bitkisine rizobakterilerin etkilerini incelemiştir. Çeşit olarak Falcon ve Tom-29 kullanmıştır. Falcon çeşidinde gövde uzunluğu, bitki yaş ağırlığı, yaprak sayısı ve kök yaş ağırlığını düşürürken, yaprak alanı, turgor ve spad değerlerini arttırdığı görülmüştür. Tom-29 çeşidinde ise rizobakteri uygulaması gövde boy-çap-ağırlık, yaprak sayısı, yaprak oransal su içeriği (YOSİ) ve SPAD değerlerini arttırdığı, stres faktörünün olumsuz etkilerini azaltabileceği tespit edilmiştir.

Sadak vd. (2021) yaptıkları çalışmada Mostar F1 biber çeşidi kullanarak sera ortamında saksılarda farklı sulama seviyeleri ile rizobakteri uygulamasının (*Bacillus* sp. (CA41/1) ve *Ochrobactrum* sp. (CB36/1)) etkilerini incelemiştir. İlk rizobakteri uygulaması tohum ekildikten 20 gün sonra fide başına 10 ml, ikincisi ise 40 gün sonra fide başına 15 ml olarak yapılmıştır. B0-2 gün arayla, B1-4 gün ve B2-8 gün aralıkla sulama yapılmıştır. B1 ve B2 stres uygulamaları bitki gelişimine genel olarak olumsuz etkisi olurken rizobakteri uygulamasının farklı kuraklık stresine karşı olumlu etkileri tespit edilmiştir.

Bitki büyümesini destekleyen bakterilerin kuraklık stresini azaltmada etkilerini araştıran Admassie vd. (2022) serada yetiştirdikleri biber bitkisine dört farklı rizobakteri uygulanmıştır. Rizobakteri uygulanan bitkilerde kontrole kıyasla sırayla %23, %52, %41 ve %79 daha fazla kök ve sürgün uzunluğu elde edilmiştir. Çalışmada biberde bakteri uygulamasının ile kuraklık stresinin etkilerini hafifletmede kullanılabileceği görülmüştür.

Çirka vd. (2022) farklı sulama düzeylerinde yetiştirilen baklaya rizobakteri uygulamalarının bitki gelişimine etkilerini incelediği çalışmada materyal olarak filiz-99

kullanmış ve 3 farklı su kısıtı uygulanmıştır. Su kısıtının klorofil içeriğine etkisi önemli iken bakteri uygulaması önemsiz olduğu görülmüştür. Rizobakteri uygulamalarının yaprak alanı ve malondialdehit (MDA) içeriğine bakıldığında istatistiksel olarak önemli olduğu tespit edilmiştir.

Kiran vd. (2022) kuraklık stresi koşullarında yetiştirilen patlıcan (*Solanum melongena* L.) bitkisinin köklerine rizobakteri aşılmasının etkilerini incelemişlerdir. Bakteri olarak *Azotobacter chroococum* ve *Azotobacter vinelandii* uygulanmıştır. Rizobakteri aşılması ile kökteki Mg, K ve Ca birikimleri önemli ölçüde artmıştır. Aşılanmış bitkilerde kontrol grubuna kıyasla daha yüksek fenolik bileşik ve prolin birikimi olduğu tespit edilmiştir. Rizobakteri uygulamasının kuraklık stresinin olumsuz etkilerini hafifletme potansiyeline sahip olduğu belirtilmektedir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1 Materyal

3.1.1 Bitki Materyali

Deneme materyali olarak ticari bir firmadan tedarik edilen biber (*Capsicum annuum* L.) çeşidi “BT (Bursa Tohum) ince sivri kıl acı” kullanılmıştır. Bu çeşit 60 cm’ye kadar boylanabilir. Meyveleri 18-23 cm. uzunluğundadır. İnce meyvelerinin sap kısmı hafif körüklüdür. Hasada 60 günde gelir. Hasat periyodu uzundur. Dekara ortalama verimi 3,5-4 tondur. Sofralık tüketime uygundur (Anonim, 2021).

3.1.2 Rizobakteri Esaslı Biyofarmülasyon Materyali

Bu araştırmada kullanılan bakteri esaslı biyolojik gübre formülasyonundaki bakteriler, ülkemizdeki çeşitli kültür ve yabani bitkilerin kök rizosferinden izole edilerek, bitki gelişme özelliğine sahip 2 bin bakteri izolatı içerisinde seçilmiştir. Çalışmada kullanılan dörtlü biyolojik gübre kombinasyonunda, serbest azot fiske edici, fosfat çözücü, indol asetik asit üretici ve 1-aminosiklopropan1-karboksilat deaminaze aktivitesine sahip Çoruh vadisi, Fırtına deresi ve Barhal deresi kaynaklı, buğday, kekik ve ahududu rizosfer topraklarından izole edilerek saklanan Prof. Dr. Ramazan Çakmakçı’nın koleksiyonuna ait bakteriler kullanılmıştır (Çakmakçı vd., 2006, 2007, 2008, 2009, 2010; Çakmakçı, 2019). Bu izolatlar klasik sistemler ve moleküler sistemlerden MIS sistemi kullanılarak tanımlanmış olup Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü’nde Mikroorganizma Kültür Koleksiyonu’nda muhafaza edilmektedir. Araştırmada kullanılan biyolojik gübre formülasyonu sıvı taşıyıcıda geliştirilen çoklu özelliklere sahip *Pseudomonas fluorescens* RCG77, *Bacillus subtilis* RCG11, *Bacillus subtilis* RC631 ve *Rhodococcus erythropolis* RCG9 izolatlarının eşit karışımından oluşturulmuştur. Bu araştırmada azot bağlayıcı, fosfor çözücü, indol asetik asit üretici ve yüksek 1-aminosiklopropan1-karboksilat deaminaz aktivitesi gösteren bakteri suşlarından oluşan dörtlü bakteri esaslı biyofarmülasyon (konsorsiyum) kullanılmıştır. Formülasyonda kullanılan bakteri suşlarına ait bazı fizikokimyasal özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1

Bakteri formülasyonunda kullanılan bakterilerin bazı biyokimyasal özellikleri

Suş No	Bakteri MIS Tanı Sonucu	İndol asetik asit üretimi ($\mu\text{g mL}^{-1}$ OD600 unit^{-1})	Azotsuz ortamda gelişme (serbest azot bağlama) ($\text{nmol C}_2\text{H}_4$, 10^7 cfu h^{-1})	NBRIP-BPB Ortamda Gelişme (Fosfat çözme) ($\mu\text{g P mL}^{-1} \text{d}^{-1}$)	ACC deaminaz aktivitesi ($\text{nmol } \alpha\text{-ketobutirat Mg}^{-1} \text{protein h}^{-1}$)
RCG77	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	32,4	0,79	39,4	364,6
RCG11	<i>Bacillus subtilis</i>	29,4	0,32	16,6	539,2
RCG9	<i>Rhodococcus erythropolis</i>	22,6	0,55	27,8	577,8
RC631	<i>Bacillus subtilis</i>	29,7	0,74	34,6	972,0

Çalışmada kullanılan dondurulmuş bakteri izolatları NutrientAgar (NA) besi ortamı içeren petrilere ekilerek, 27 °C’de inkübasyona bırakılmış ve 24 saatlik taze kültürleri elde edilmiştir. Gelişen taze kültürlerin her birisinden ayrı ayrı öze ile alınarak 250 ml’lik NutrientBroth (NB) içeren besi ortamına aktarılarak yatay çalkalayıcılı inkübatörde (150 rpm/dk) ayrı ayrı 24 saat geliştirilen bu kültürlerin biyolog türbidimetre ile absorbanları ölçülmüş ve absorbanları steril su ile eşitlenmiştir (Çakmakçı vd., 2013).

Fermantör için, besi ortamı olarak yine NutrientBroth (NB) kullanılmıştır. Çalışma hacmi 10 litre olan fermantörde otoklav edilerek steril edilen besi ortamına, daha önce geliştirilen sıvı bakteri kültürlerinden eşit hacimlerde karıştırılarak oluşturulan bakteri kombinasyonlarından 1/100 oranında ilave edilmiştir. Bu formülasyonlar optimum koşullarda fermantörlerde 72 saat süre ile inkübasyona bırakılarak bakterilerin çoğalması sağlanmıştır (Çakmakçı vd., 2014).

Elde edilen sıvı taşıyıcı prosesine uygun olarak hazırlanmış ve 1 tonluk biyoreaktöre aktarılmıştır. Biyoreaktörde tamamen organik maddelerden oluşan ve buharla sterilizasyonu yapılan taşıyıcı sıvıya 1:10 oranında karıştırılarak aşılama yapılmıştır. Bu taşıyıcı formülasyonun içeriği; su, çeşitli organik maddeler ve içeriğindeki bakteri izolatını koruyucu ve homojenizasyonunu sağlayıcı çeşitli maddelerden oluşmuştur. Fermantörde

üretilen bakteriler yine 1/100 oranında biyoreaktöre tam steril koşullarda transfer edilerek, 28°C sıcaklık ve pH 7’de bir süre inkübasyona bırakılmıştır (Çakmakçı vd., 2017).

Bakteri aşılması yapılan organik sıvı taşıyıcı biyoreaktörde yine optimum gelişme koşullarında inkübasyona bırakılmıştır. Mililitredeki canlı bakteri sayımları (kob) da yapılarak bakteri konsantrasyonunun 1×10^8 hücre/ml’yi geçtiği süre olan 48 saatin sonunda tamamen steril koşullarda paketlenme yapılarak sıcaklığı 5°C olan soğuk odada muhafaza edilmiştir ve kullanılmıştır.

3.2 Yöntem

3.2.1. Bitki Materyalinin Yetiştirilme Ortamı

Biber tohumları viyollere $\frac{1}{2}$ oranında perlit-torf karışımına ekim derinliği 1-2 cm olacak şekilde ekilmiştir. Fideler 6-7 yapraklı oluncaya kadar Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü iklim odasında yetiştirilmiştir. İklim odası şartları gündüz sıcaklığı 24°C, gece sıcaklığı 19°C, %65–70 nem, gündüz 16 saat, gece 8 saat fotoperiyot düzeni olacak şekilde ayarlanmıştır (Vural vd., 2000; Teoman, 2013).

3.2.2. Biber Fidelerinin Serada Yetiştirilmesi

Biber fideleri 6-7 yapraklı hale geldiklerinde hazırlanan saksı harcı 6 L kapasiteli drenaj delikleri olan altlıklı saksılara doldurulmuş ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Dardanos Yerleşkesi uygulama alanında bulunan 108 m² alana sahip tam otomasyonlu ısıtmasız sera içerisine Şekil 1’deki görüldüğü gibi yerleştirilen saksılara fideler dikilmiştir (27.10.2021). Saksı harcının toprak analizi sonucuna göre (Tablo 2) ihtiyaç duyulan 30kg/da amonyum sülfat gübresi fertigasyon yöntemiyle sulama sayısına bölünerek uygulanmıştır.



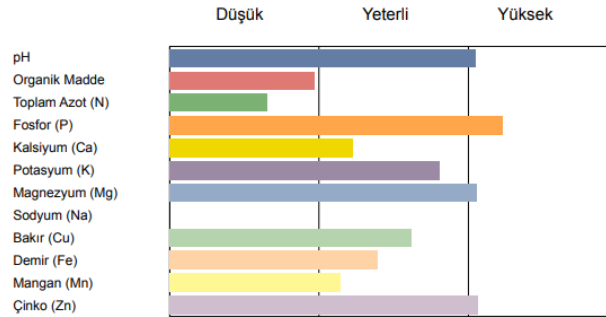
Şekil 1. Biber fidelerinin dikimi ve denemenin kurulumu

Bahçe toprağı ve organik madde miktarını arttırmak amacıyla vermikompost gübrelemesi ile saksı harcı hazırlanmıştır. Toprak verimliliğini belirlemek için toprak örneğı alınmış ve saksı harcı analizi Tekirdağ Ticaret Borsası Toprak-Yaprak Analiz Laboratuvarında yapılmıştır. Analiz sonuçları Tablo 2 ve Şekil 2’de verilmiştir.

Tablo 2

Saksı harcı analiz sonuçları

Parametre	Sonuç	Birim	Değerlendirme	Metod
pH	7,59		Hafif alkali	Saturasyon
Tuz	0,05	%	Tuzluluk tehlikesi yok	Saturasyon
Kireç	6,96	%	Orta kireçli	Kalsimetrik
İşba	46,20		Tınlı	Saturasyon
Organik madde	2,41	%	Orta	Walkey-Black
Toplam Azot (N)	0,12	%	Noksan	Kjeldahi
Fosfor (P)	79,47	ppm	Çok Fazla	Spektrofotometrik
Potasyum (K)	392,04	ppm	Yeterli	A.Asetat-ICP
Kalsiyum (Ca)	3856,92	ppm	Yeterli	A.Asetat-ICP
Magnezyum (Mg)	966,85	ppm	Fazla	A.Asetat-ICP
Demir (Fe)	22,68	ppm	Yeterli	DTPA-ICP
Bakır (Cu)	2,63	ppm	Yeterli	DTPA-ICP
Çinko (Zn)	4,10	ppm	Fazla	DTPA-ICP
Mangan (Mn)	12,14	ppm	Yeterli	DTPA-ICP



Şekil 2. Saksı harcı analiz sonuçları

3.2.3. Bakteri Esaslı Biyoformülasyon (konsorsiyum) Uygulaması

Dikim sonrasında (20.11.2021) 1 L bakteri biyoformülasyonuna 4 L su eklenip seyreltilerek 5 L olan çözelti saksı başına 50 ml olacak şekilde uygulanmıştır.

3.2.4. Farklı Sulama Seviyeleri Uygulanması

Sulama uygulamaları; İlk sulama fide dikiminde uygulanmış, fideler toprağa adapte olana kadar (2 hafta) tüm konulara eşit miktarlarda sulama suyu uygulaması (A sınıfı buharlaşma kabında toplam ölçülen miktarın %100'ü kadar) yapılmıştır. Daha sonra

konulu sulama uygulamalarına geçilmiş ve ilk hasat alınana dek denemeye devam edilmiştir.

Konulu sulama uygulamaları:

Kp1: A sınıfı buharlaşma kabında toplam ölçülen miktarın %0'ı,

Kp2: A sınıfı buharlaşma kabında toplam ölçülen miktarın %33'ü,

Kp3: A sınıfı buharlaşma kabında toplam ölçülen miktarın %66'sı,

Kp4: A sınıfı buharlaşma kabında toplam ölçülen miktarın %100'ü.

Sulama suyu miktarı belirlenirken sera içerisine yerleştirilen üç adet 100 ml'lik beherden gerçekleşen buharlaşmaların ortalaması alınarak A sınıfı buharlaşma kabında olabilecek buharlaşmaya göre düzeltme yapılarak hesaplanmıştır (Cemek vd., 2004; Akçaman ve Taş, 2020). Sulama suyu miktarı için kullanılan eşitlik;

$$I = E_{pan} \times k_p \times D_k$$

I: Sulama suyu miktarı (ml)

E_{pan}: Açık su yüzeyi buharlaşması (ml)

k_p: Pan katsayısı (1.0)

D_k: Düzeltme katsayısı (1.16)

Sulama suyu damlama sulama sistemi ile uygulanmıştır. Sulama aralığı 4 gün olarak belirlenmiştir.

Verilen sulama suyunun takibinde Eylan vd., (1986)'nın önerdiği eşitlikten yararlanılmıştır.

$$T = I \times A / q \times n$$

Eşitlikte; T: sulama suyu uygulama zamanı (dakika), I: uygulanacak sulama suyu miktarı (mm), A: parsel alanı (m²), q: işletme basıncındaki damlatıcı debisi (L/saat), n: parseldeki damlatıcı sayısı (saksı başına 1 adet).

Sulama sistemi saksı başına bir damlatıcı olacak şekilde kurulmuştur. Sulama kısıtlı uygulamaları 25. 12. 2021 tarihinde başlamış olup 02.04.2022'de kısıtlama uygulaması

tamamlanmıştır. Meydana gelen buharlaşma miktarı ve yapılan kısıtlı sulama uygulama miktarları Tablo 3'te verilmiştir. 04. 04. 2022'de hasat yapılmıştır.

Tablo 3

Deneme sırasında meydana gelen buharlaşma miktarı ve yapılan kısıtlı sulama uygulama miktarları

Buharlaşma miktarı (mm)	Kp2 (mm)	Kp3 (mm)	Kp4 (mm)
7	2,31	4,62	7
13	4,29	8,58	13
7	2,31	4,62	7
7,5	2,48	4,95	7,5
5	1,65	3,3	5
2	0,66	1,32	2
3	0,99	1,98	3
4	1,32	2,64	4
7	2,31	4,62	7
7	2,31	4,62	7
7	2,31	4,62	7
9	2,97	5,94	9
7	2,31	4,62	7
10	3,3	6,6	10
16	5,28	10,56	16
14	4,62	9,24	14
10	3,3	6,6	10
7	2,31	4,62	7
13	4,29	8,58	13
5	1,65	3,3	5
10	3,3	6,6	10
7	2,31	4,62	7
7	2,31	4,62	7
8	2,64	5,28	8
7	2,31	4,62	7
10	3,3	6,6	10
10	3,3	6,6	10
10	3,3	6,6	10
8	2,64	5,28	8
18	5,94	11,88	18
Toplam	84,315	168,63	255,5

*Kp1 konusunda kısıt uygulaması başladığı tarihten itibaren sulama yapılmamıştır, bu nedenle tabloda belirtilmemiştir.

Deneme boyunca yabancı ot kontrolü, toprak havalandırılması, gerekli görüldüğünde bitki koruma uygulamaları (2 kez yaprak bitine karşı %20 asetamiprid etken maddeli ilaçlama) ve harcin toprak analizi sonucuna göre ihtiyaç duyulan 30kg/da amonyum sülfat gübresi sulama sayısına bölünerek uygulanmıştır. Deneme boyunca sera içi nem %32-93 arasında, sıcaklık 8.6-49 °C arasında değişmiştir (Tablo 4).

Tablo 4

Sera içinde deneme boyunca kaydedilen iklim verileri

Tarih	Nem(%)	Sıcaklık(C)
25.12.2021	70	17,7
28.12.2021	32	26,4
01.01.2022	40	22,1
04.01.2022	61	16,7
07.01.2022	51	27,9
10.01.2022	91	12,1
13.01.2022	74	34
16.01.2022	68	26
19.01.2022	93	11,8
22.01.2022	90	11,9
25.01.2022	87	27,2
28.01.2022	43	29
31.01.2022	70	9,1
03.02.2022	81	23,6
06.02.2022	32	27
09.02.2022	35	33,1
12.02.2022	39	28
15.02.2022	34	33,2
18.02.2022	71	11,4
21.02.2022	38	37,6
24.02.2022	73	32,4
27.02.2022	66	19
30.02.2022	40	36,7
03.03.2022	27	33,8
06.03.2022	86	8,6
09.03.2022	30	35,8
12.03.2022	33	26,4
15.03.2022	55	25,1
18.03.2022	42	26,6
21.03.2022	35	20
24.03.2022	16,3	36
27.03.2022	33,3	39
30.03.2022	36	39,1
02.04.2022	34	35

3.3. Analiz Parametreleri

3.3.1. Meyve Ağırlığı (gr/bitki)

Her konuya ait bitkilerin bitki başına verimleri, meyve ağırlıkları hassas terazi yardımıyla (Sartorius GM 2202) tespit edilmiştir (Şekil 3).



Şekil 3. Hassas terazi ile toplam meyve ağırlığı ölçümü

3.3.2. Meyve Boyu (mm)

Her tekerrürden alınan meyvelerin boyu dijital kumpas (StainlessHardened) ile belirlenmiştir (Şekil 4).



Şekil 4. Dijital kumpas ile meyve boyu ölçümü

3.3.3. Meyve Eni (mm)

Her tekerrürden alınan meyvelerin eni dijital kumpas (StainlessHardened) ile belirlenmiştir (Şekil 5).



Şekil 5. Dijital kumpas ile meyve eni ölçümü

3.3.4. pH ve Titre Edilebilir Toplam Asitlik (TETA, sitrik asit cinsinden) (gr/100ml)

Her konuya ait üç adet bitkinin tüm meyvelerinden elde edilen meyve suyu ile pH ve TETA ölçümü yapılmıştır (Şekil 6). pH ölçümü pH metre (Inolab WTW pH720) yardımıyla tespit edilmiştir. TETA ölçümü için 10 mL meyve suyu, saf su ile 50 mL'ye tamamlanmıştır. Titrasyon yöntemi ile 0,1 N NaOH çözeltisi kullanılarak harcanan baz miktarı üzerinden TETA sitrik asit cinsinden hesaplanmıştır (Anonim, 1968).



Şekil 6. pH ve TETA ölçümü

3.3.5. Suda Çözünebilir Kuru Madde (SÇKM) Miktarı (°Brix)

Her konuya ait üç adet bitkinin meyve örneklerinden, SÇKM dijital refraktometre (Hanna HI 96801) ile tespit edilmiştir.

3.3.6. Meyve Rengi (L*, Kroma, Hue°)

Meyve rengi için her konudan altı adet meyvenin chromametre (KonicaMinolta CR-400) ile L*, a*, b* değerleri belirlenmiştir (Şekil 7). Aşağıdaki eşitlikler yardımıyla kroma ve hue açısı tespit edilmiştir (McGuire, 1992).

$$\text{Hue açısı (°h)} = \tan^{-1} (b/a)$$

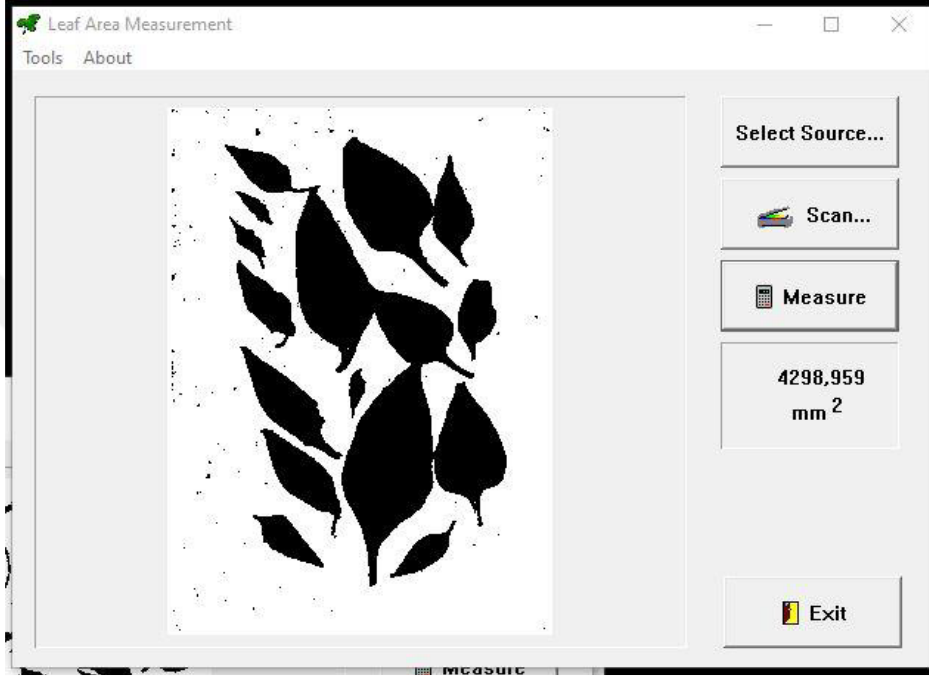
$$\text{Kroma (C*)} = [(a^2+b^2)]^{1/2}$$



Şekil 7. Kromametre ile meyve rengi ölçümü

3.3.7. Yaprak Alanı (cm²)

Her konudan alınan üç adet örnek bitkinin tüm yapraklarının alanları tarayıcı ile taranmış ve Leaf Area Measurement 1.3 programında hesaplanmıştır (Şekil 8).



Şekil 8. Tarayıcı ile taranan biber yapraklarının alanının hesaplanması

3.3.8. Membran Sızıntısı Oranı (%)

Her konuya ait üç adet bitkinin yapraklarından 5 gr yaprak örneği disk şeklinde alınmıştır. 60 ml saf su ile hazırlanan örnekler çalkalandıktan sonra C1 değeri EC metre ile ölçülmüştür. 1 saat sonra C60 değeri ölçülmüştür. Örnekler 121 °C' de 25 dakika süreyle otoklava (ALP CL-32L) alınmıştır. Daha sonra CT değeri ölçülmüştür. Aşağıda verilen denklemle hesaplanmıştır (Fan ve Sokorai, 2005).

$$E = (C60 - C1) / (CT \times 100)$$



Şekil 9. Membran sızıntısı değeri ölçümü

3.3.9. Yaprak Oransal Su İçeriği (YOSİ) (%)

Her konuya ait üç adet bitkinin yaprak örneklerinin taze ağırlıkları, saf su içerisinde 4 saat bekletilmesi sonucunda turgor ağırlıkları alınmıştır. Ardından 65 C'de kurutulduktan sonra kuru ağırlıkları belirlenmiştir (Şekil 10). Yaprak oransal su içerikleri aşağıdaki denklem ile hesaplanmıştır (Kuşvuran, 2010).

$$YOSİ = (TA - KA) / (TuA - KA) \times 100$$

TA: taze ağırlık, KA: kuru ağırlık, TuA: turgor ağırlığı



Şekil 10. Yaprak turgor ve kuru ağırlıkları ölçümü

3.3.10. Kök Ağırlığı (g)

Deneme parsellerinden alınan örnek bitkilerde kök ağırlığı bitkinin kök boğazından kesilmesi, kökün yıkanması ve kurutma kağıdına alınarak fazla suyunu bırakmasının ardından 65°C (± 2) kurutulması ve ağırlığının belirlenmesi (Şekil 11) ile gerçekleştirilmiştir (Kaçar ve İnal, 2008).



Şekil 11. Hassas terazi ile kök ağırlığının ölçümü

3.3.11. Kök Boyu (mm)

Kök boyu en uzun kök ölçülerek tespit edilmiştir (Kaçar ve İnal 2008).

3.4. Deneme Planı ve İstatistik Analizi

Deneme açık yüzey buharlaşması yöntemi dikkate alınarak belirlenen dört farklı sulama suyu düzeyi ile bakteri uygulaması yapılmış ve bakteri uygulaması yapılmamış olmak üzere iki faktörlü olarak planlanmıştır (Tablo 5).

Tablo 5

Deneme planı

Sulama Uygulaması		Rizobakteri Uygulaması
Kp4	% 100 (kontrol)	+ (yapıldı)
	% 100 (kontrol)	- (yapılmadı)
Kp3	% 66	+
	% 66	-
Kp2	% 33	+
	% 33	-
Kp1	% 0	+
	% 0	-

Deneme tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 sulama konusu (Kp1, Kp2, Kp3 ve Kp4) ve bakteri uygulamaları (uygulanmış ve uygulanmamış şeklinde iki grup) olmak üzere planlanmıştır. Her bir grupta 3 tekrür ve her tekrürde de 2 bitki yer almıştır.

Denemede sulama ve bakteri uygulamaları arasında farklılık olup olmadığı varyans analizi ile belirlenmiş ve Tukey t-testi yardımı ile tespit edilmiştir. Uygulamalar arasındaki farklılıkların tartışılmasında ANOM analiz sonuçlarından yararlanılmıştır. Deneme sonucunda elde edilen verilerin tüm istatistik hesaplamaları Minitab (ver. 16) istatistik analiz programı kullanılarak yapılmıştır.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM

ARAŞTIRMA BULGULARI

Çanakkale bölgesinde farklı sulama koşullarında yetiştirilen “Bursa Tohum kıl acı” bibere rizobakteri uygulamasının etkilerinin değerlendirilmiştir. Çalışmada su kısıtı ile bakteri uygulamalarının meyve ağırlığı, meyve boyu, meyve eni, pH, TETA, SÇKM, meyve rengi, yaprak alanı, membran sızıntısı, YOSİ, kök ağırlığı ve kök boyu üzerine etkileri yapılan ölçüm ve analizlerle belirlenmiştir (Tablo 6). Meyve ağırlığı, meyve boyu, SÇKM, L, kroma, hue, yaprak alanı, membran sızıntısı, YOSİ ve kök boyu özelliklerinde sulama x bakteri uygulaması önemli bulunmuştur. Meyve eni, kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığı özellikleri için sulama uygulaması önemli, pH ve TETA özellikleri için uygulamalar önemsiz bulunmuştur.

Meyve ağırlığı özelliğinde bakteri varlığı Kp4 konusunda ölçülen ortalama meyve ağırlığında önemli etki göstererek yaklaşık iki katına çıkmasını sağlamıştır. Meyve boyunda bakteri varlığı Kp3 konusunda meyve boyunu 48,57 mm’ den 60,7 mm çıkarmıştır. Meyve eninde su kısıtı uygulaması ile azalma meydana gelmiş, Kp4 konusunda 10,72 mm iken Kp1 konusunda ise 5,86 mm ölçülmüştür. SÇKM’ de bakteri varlığı en çok Kp1 konusunda etkili olmuştur. Meyve renginde bakteri varlığı L için Kp1 konusunda, kroma için Kp4 konusunda, hue için Kp1 konusunda daha etkili olmuştur. Yaprak alanı özelliğinde bakteri varlığı en yüksek etkiyi Kp2 konusunda göstermiştir. Membran sızıntısı oranı için Kp1 konusunda daha etkili olmuştur. YOSİ için bakteri varlığı Kp1 ve Kp4 konularında en iyi etkiyi göstermiştir. Kök yaş ağırlığı ve kök kuru ağırlığında sulama uygulaması etkili olmuş azalan sulama miktarı ile birlikte kök ağırlıklarında azalmıştır. Kök boyunda bakteri uygulamasına bakıldığında en yüksek etki Kp3 konusunda görülmüş olup kök boyunun 141 mm’ den 237 mm’ ye artmasını sağlamıştır (Tablo 6).

Tablo 6
ANOVA analiz sonuçları

Meyve Ağırlığı (g)				SÇKM (°Brix)			
	Bakteri Var	Bakteri Yok	Ortalama		Bakteri Var	Bakteri Yok	Ortalama
Kp4	41,54 Aa**	21,31 Ab	31,43	Kp4	4,99 Ca**	4,48 Ca	4,74
Kp3	22,83 Ba	13,49 Cb	18,16	Kp3	4,62 Ca	4,13 Ca	4,38
Kp2	19,16 Ca	15,35 Bb	17,26	Kp2	5,85 Ba	5,18 Bb	5,52
Kp1	2,15 Da	1,96 Da	2,06	Kp1	26,22 Aa	22,93 Ab	24,58
Ortalama	21,42	13,03		Ortalama	10,42	9,18	
Meyve Boyu (mm)				L*			
	Bakteri Var	Bakteri Yok	Ortalama		Bakteri Var	Bakteri Yok	Ortalama
Kp4	59,43 Aa*	60,24 Aa	59,84	Kp4	40,51 Aa**	37,87 Bb	39,19
Kp3	60,7 Aa	48,57 Bb	54,64	Kp3	40,27 Aa	41,17 Aa	40,72
Kp2	51,39 Ba	49,81 Ba	50,6	Kp2	32,01 Ca	36,07 Cb	34,04
Kp1	45,44 Ca	51,28 Bb	48,36	Kp1	36,28 Ba	29,96 Db	33,12
Ortalama	54,24	52,48		Ortalama	37,27	36,27	
Meyve Eni (mm)				Kroma			
	Bakteri Var	Bakteri Yok	Ortalama		Bakteri Var	Bakteri Yok	Ortalama
Kp4	10,76	10,68	10,72 A**	Kp4	27,01 Aa**	23,01 Cb	25,01
Kp3	8,82	9,64	9,23 B	Kp3	26,13 Aa	27,75 Ba	26,94
Kp2	9,54	8,62	9,08 B	Kp2	17,40 Ca	22,40 Cb	19,90
Kp1	5,28	6,43	5,86 C	Kp1	22,11 Ba	34,57 Ab	28,34
Ortalama	8,6	8,84		Ortalama	23,17	26,93	
pH				Hue			
	Bakteri Var	Bakteri Yok	Ortalama		Bakteri Var	Bakteri Yok	Ortalama
Kp4	5,70	5,66	5,68	Kp4	123,51 Ba**	124,33 Aa	123,92
Kp3	5,80	5,61	5,70	Kp3	123,24 Ba	124,46 Aa	123,85
Kp2	5,81	5,81	5,81	Kp2	123,17 Ba	120,40 Ba	121,79
Kp1	-	-	-	Kp1	130,69 Aa	26,33 Cb	78,51
Ortalama	5,77	5,69		Ortalama	125,15	98,88	
TETA (sitrik asit) (g/100ml)				Yaprak Alanı (cm ²)			
	Bakteri Var	Bakteri Yok	Ortalama		Bakteri Var	Bakteri Yok	Ortalama
Kp4	0,28	0,29	0,28	Kp4	75,02 Aa**	62,32 Ab	68,67
Kp3	0,37	0,18	0,27	Kp3	60,97 Ba	57,42 Ba	59,19
Kp2	0,28	0,28	0,28	Kp2	49,22 Ca	22,64 Cb	35,93
Kp1	-	-	-	Kp1	19,24 Da	14,31 Db	16,77
Ortalama	0,31	0,25		Ortalama	51,11	39,17	

Tablo 6'nın devamı

Kök Yaş Ağırlığı (g)				Membran Sızıntısı (%)			
	Bakteri Var	Bakteri Yok	Ortalama		Bakteri Var	Bakteri Yok	Ortalama
Kp4	25,77	18,9	22,34AB**	Kp4	9,09 BCa*	9,20 BCa	9,14
Kp3	21,18	24,09	22,64 A	Kp3	9,02 Ca	10,25 Ba	9,64
Kp2	15,8	18,76	17,28 B	Kp2	10,18 Ba	8,73 Cb	9,46
Kp1	1,99	3,8	2,9 C	Kp1	28,88 Aa	25,29 Ab	27,08
Ortalama	16,19	16,39		Ortalama	14,29	13,37	
Kök Kuru Ağırlığı (g)				YOSİ (%)			
	Bakteri Var	Bakteri Yok	Ortalama		Bakteri Var	Bakteri Yok	Ortalama
Kp4	6,57	4,19	5,38 A**	Kp4	51,35 Ba**	45,40 Cb	48,37
Kp3	6,71	5,04	5,87 A	Kp3	45,69 Ca	47,55 Bb	46,62
Kp2	5,39	4,55	4,97 A	Kp2	45,20 Ca	56,81 Ab	51,01
Kp1	1,14	1,64	1,39 B	Kp1	56,88 Aa	43,43 Db	50,15
Ortalama	4,95	3,86		Ortalama	49,78	48,30	
Kök Boyu (mm)							
	Bakteri Var	Bakteri Yok	Ortalama				
Kp4	309 Aa**	272 Ab	290,50				
Kp3	237 Ba	141,58 Cb	189,29				
Kp2	211,17 Ca	162 Bb	186,58				
Kp1	106,33 Da	113,33 Da	109,83				
Ortalama	215,88	172,23					

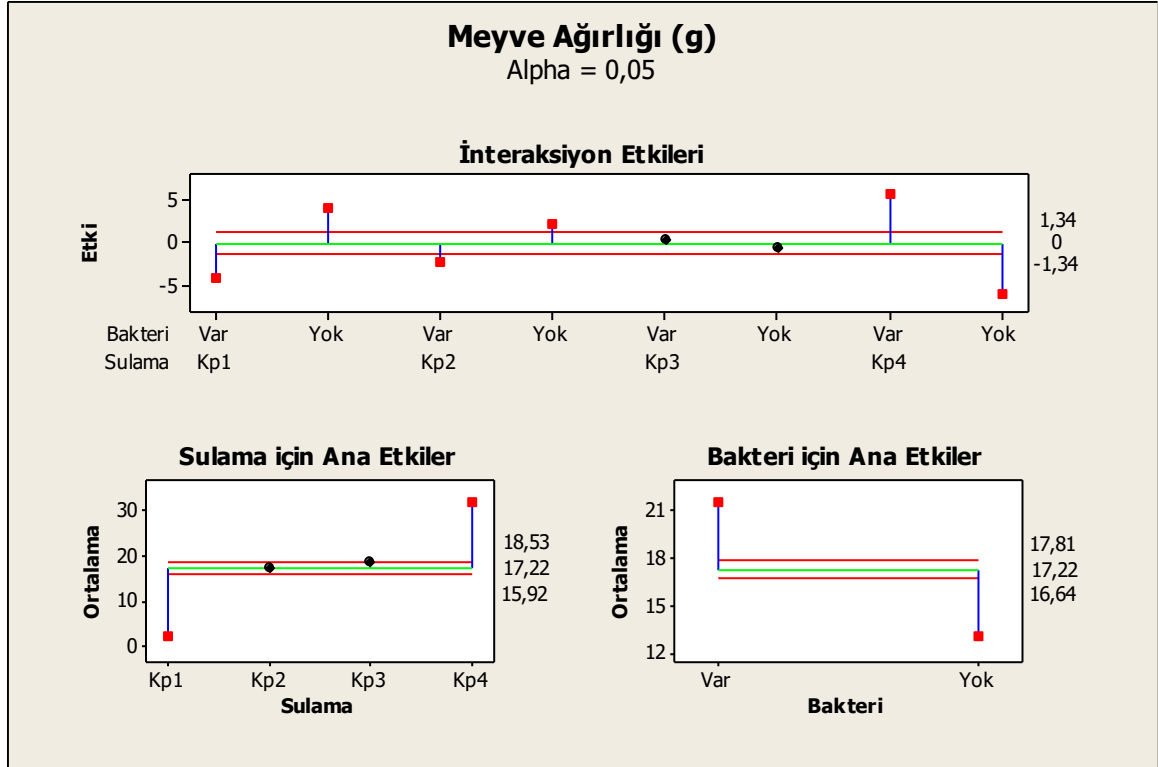
*: $p < 0,05$, **: $p < 0,01$; her bir bakteri uygulamasında farklı büyük harflerle gösterilen sulama konuları arasındaki farklar önemlidir. Her bir sulama konusunda farklı küçük harflerle gösterilen bakteri uygulamaları arasındaki farklar önemlidir.

ANOM analizi sonuçlarına göre;

4.1. Meyve Ağırlığı (gr/bitki)

Varyans analizi sonuçlarına göre meyve ağırlığında sulama ortalamaları sırayla 31,43 g, 18,16 g, 17,26 g ve 2,06 g olarak, rizobakteri uygulanan bitkiler için meyve ağırlığı ortalaması 21,42 g olurken, rizobakteri uygulanmayan bitkilerdeki meyve ağırlığı ortalaması 13,03 g olduğu bulunmuştur (Tablo 6).

Denemede bitki başına ortalama meyve ağırlığı üzerine bakteri ve sulama uygulamalarının etkilerini gösterir ANOM sonuçları Şekil 12’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sulama x bakteri interaksiyonu için ortalamalar arasındaki fark 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur. ANOM grafiği incelendiğinde sulama x bakteri uygulamalarında Kp1, Kp2 ve Kp4 konulu uygulamalarda anlamlı bir farklılık olurken, Kp3 konulu uygulamada ise anlamlı bir farklılık olmamıştır. Sulama için ana etkilere bakıldığında Kp4 konulu sulama uygulamasında ortalamanın üzerinde meyve ağırlığı elde edilirken, Kp1 sulama uygulamasında ortalamanın altında meyve ağırlığı elde edilmiştir. Bakteri uygulaması için ana etkilere bakıldığında meyve ağırlığı uygulama yapılan bitkilerde ortalamanın üzerinde, uygulama yapılmayanlarda ortalamanın altında ölçülmüştür.



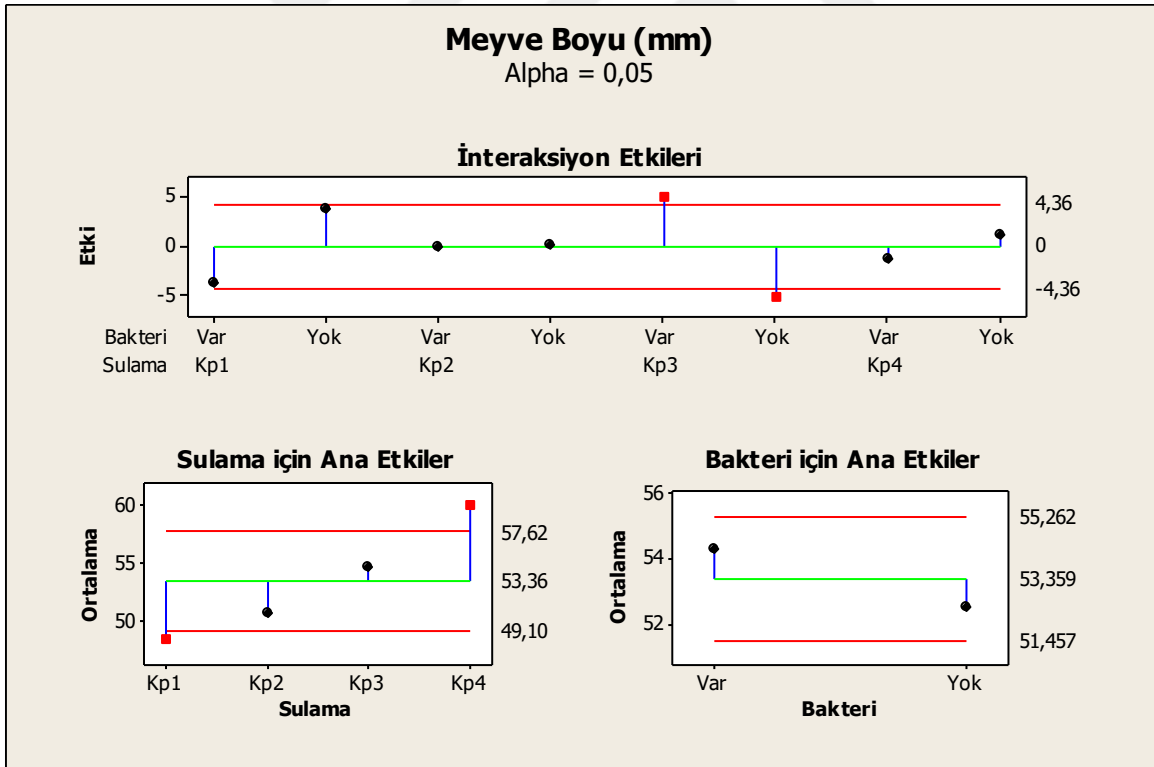
Şekil 12. Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen meyve ağırlığı (g) iki yönlü ANOM grafiği.

Narayanan ve Madhavan (2020) bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler ile yaptıkları çalışmada acı bibere bakteri (*Pseudomonas sp.* ve *Bacillus sp.*) uygulaması sonucunda verimi arttırdığını tespit etmişlerdir. Duc vd. (2017) kontrollü sera ortamında yetiştirilen bibere *Arbuscular mycorrhizal*, *Trichoderma* ve *Pseudomonas fluorescens* uygulanması sonucunda meyve veriminin arttığını bildirmiştir. Kaushal vd., (2019) *Bacillus subtilis* ve *Bacillus pumilus* konsorsiyumunu uygulayarak yaptığı çalışmada rizobakterilerin dolmalık biberde toplam meyve verimini %379 arttırdığını ifade etmektedir. Kumari vd. (2019) tarlada yaptıkları denemede rizobakteri kullanımının acı biberde meyve verimini önemli ölçüde arttırdığını bildirmiştir. Biberde yapılan başka bir çalışmada (Yu vd., 2010) rizobakteri olarak *Bacillus subtilis* kullanımı ile ortalama meyve ağırlığını %36 ve bitki başına ortalama verimi %49 oranında arttığı tespit edilmiştir. Çalışmamızda su kısıtının artmasıyla ortalama meyve ağırlıklarında düşüş meydana gelmiştir. Ancak rizobakteri uygulanan bitkiler uygulanmayanlara kıyasla daha yüksek meyve ağırlığına sahip olmuştur. Elde ettiğimiz sonuçlar ile literatür çalışmaları uyumludur.

4.2. Meyve boyu (mm)

Varyans analizi sonuçlarına göre meyve boyu için sulama ortalamaları sırayla 59,54 mm, 54,64 mm, 50,6 mm ve 48,36 mm ölçülmüştür. Rizobakteri uygulanan bitkiler için meyve boyu ortalaması 54,24 mm olurken, rizobakteri uygulanmayan bitkilerdeki meyve boyu ortalaması 52,48 mm olduğu bulunmuştur (Tablo 6).

Su kısıtı ve rizobakteri uygulamalarının biberde meyve boyuna etkisini gösteren ANOM sonuçları Şekil 13'te verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sulama x bakteri interaksiyonu için ortalamalar arasındaki fark 0,05 düzeyinde önemli bulunmuştur. ANOM grafiği incelendiğinde sulama x bakteri uygulamalarında Kp3 konulu uygulamada anlamlı bir farklılık olurken, Kp1, Kp2 ve Kp4 uygulamalarında anlamlı bir farklılık görülmemiştir. Bakteri için ana etkilere baktığımızda önemli bir fark görülmezken, sulama uygulamalarında Kp4 konusunda meyve boyu ortalamasının üzerinde, Kp1 konusunda ise artan su kısıtı ile ortalamasının altında meyve boyu ölçülmüştür.



Şekil 13. Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen meyve boyu (mm) iki yönlü ANOM grafiği

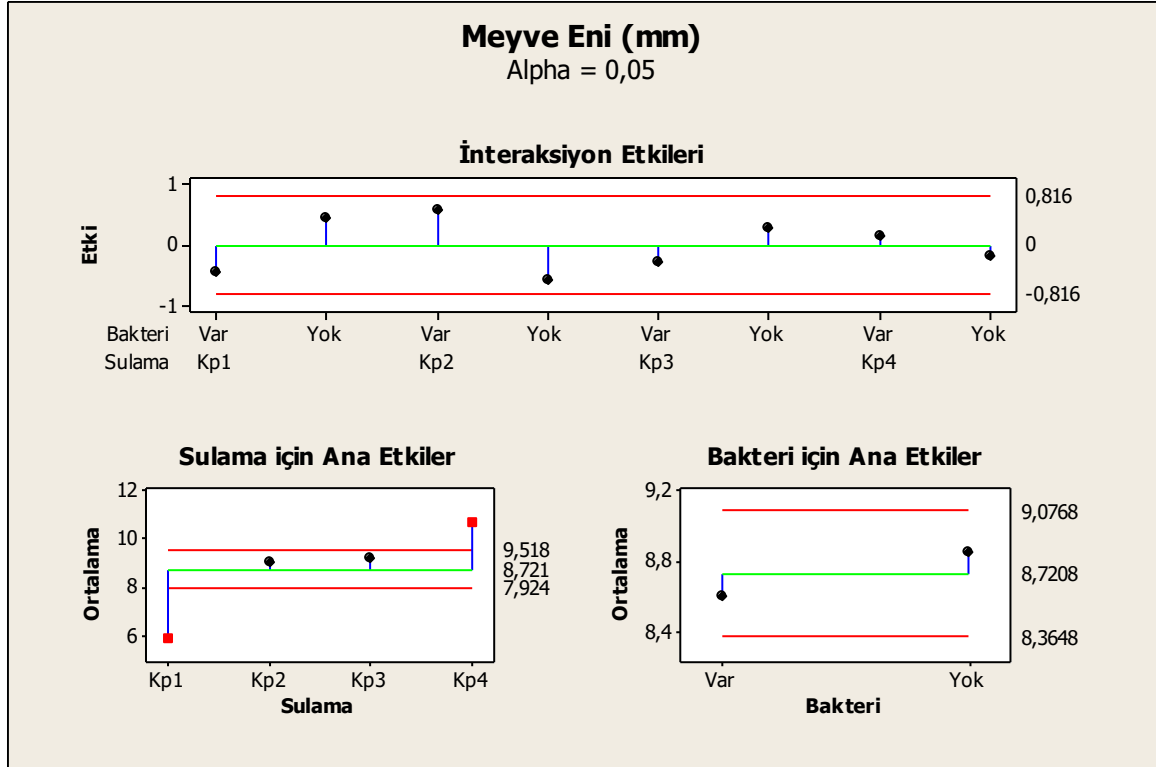
Akdemir (2018) dolmalık biberde yaptığı çalışmada rizobakteri (*Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus*, *Paenibacillus polymyxa* ve *Pantoea agglomerans*)

solüsyonunu fidelere uygulamasıyla meyve boyunun arttığını bildirmiştir. Violante ve Portugal (2007) domates köklerine *Bacillus subtilis* BEB-ISbs uygulaması sonucunda meyve boyunda artış olduğunu tespit etmiştir. Bhattraı vd. (2011) bibere *Azotobacter* uygulayarak meyve boyunda artış meydana geldiğini belirtmişlerdir. Yu vd. (2010) ısıtmalı serada yetiştirdikleri bibere *Bacillus subtilis* aşılması ile meyve boyunda önemli derecede artış olduğunu ifade etmektedirler. Su kısıtı ve rizobakteri uygulamaları ile meyve boyunun artmasıyla, önceki çalışmalardan elde edilen sonuçlar benzerlik göstermektedir.

4.3. Meyve Eni (mm)

Varyans analizi sonuçlarına göre meyve eni için sulama ortalamaları sırayla 10,72 mm, 9,23 mm, 9,08 mm ve 5,86 mm ölçülmüştür. Rizobakteri uygulanan bitkiler için meyve eni ortalaması 54,24 mm olurken, rizobakteri uygulanmayan bitkilerdeki meyve eni ortalaması 52,48 mm olduğu bulunmuştur (Tablo 6).

Biberde bakteri ve farklı sulama uygulamalarının meyve enine etkisini gösteren anom sonuçları Şekil 14'te verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sulama x bakteri interaksyonu önemsiz, sulama uygulaması için ortalamalar arasındaki fark 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur. ANOM grafiği incelendiğinde sadece sulama uygulamasında Kp1 ve Kp4 sulama düzeylerinde anlamlı bir fark görülmüştür. Sulama uygulamalarında Kp4 konusunda meyve eni ortalamasının üstünde iken artan su kısıtı ile Kp1 konusunda ortalamasının altında meyve eni ölçülmüştür.



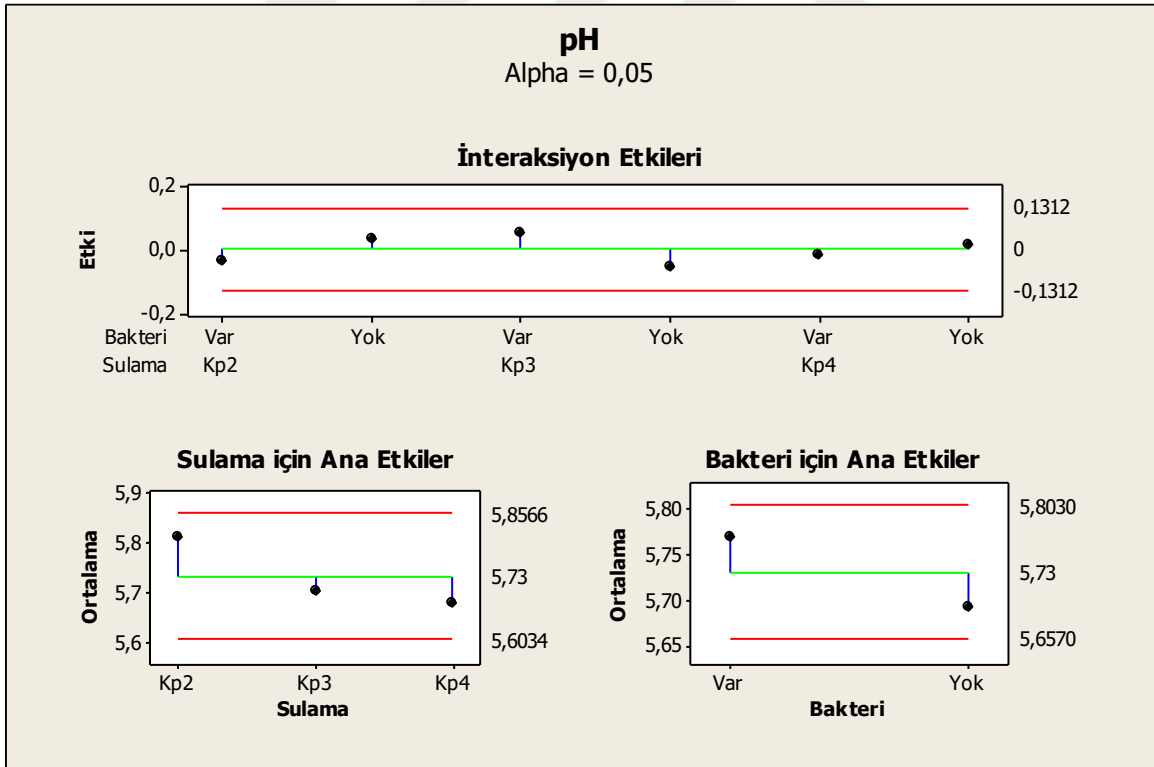
Şekil 14. Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen meyve eni (mm) iki yönlü ANOM grafiği.

Ptır (2015) biber yetiştiriciliğinde su kısıtının etkilerini incelediği çalışmasında sulama suyu miktarındaki azalma ile birlikte meyve eni değerlerinin paralel olarak azaldığını tespit etmiştir. Sharma vd. (2017) yaptıkları çalışmada rizobakteri uygulamasıyla biberde meyve çapında artış meydana geldiğini tespit etmişlerdir. Akdemir (2018) kandil dolmalık biber çeşidine 3 farklı rizobakteri (*Bacillus megaterium*, *Bacillus pumilus*, *Paenibacillus polymyxa* ve *Pantoea agglomerans*) solüsyonu uyguladığı çalışmada meyve eninin arttığını belirtmektedir. Çalışmamızdaki sonuçları destekler nitelikte Dönmez (2019) domates üzerinde yaptığı çalışmada bakteri I (*Bacillus licheniformis* HK13, *Pseudomonas putida* NK12, *Stenotrophomonas maltophilia* BY44) ve bakteri II (*Bacillus subtilis* SK26, *Rhizobium radiobacter* SK63, *Pseudomonas fluorescens* FC42) uygulaması sonucunda meyve eni için istatistiki önemli bir etkisi olmadığını bildirmiştir. Literatürde ve çalışmamızda elde edilen farklı sonuçların bakterilerin çalışma için istediği sıcaklık, uygulama yöntemi veya formülasyonda kullanılan bakteri suşlarının farklı olmasından kaynaklandığı düşünülmektedir.

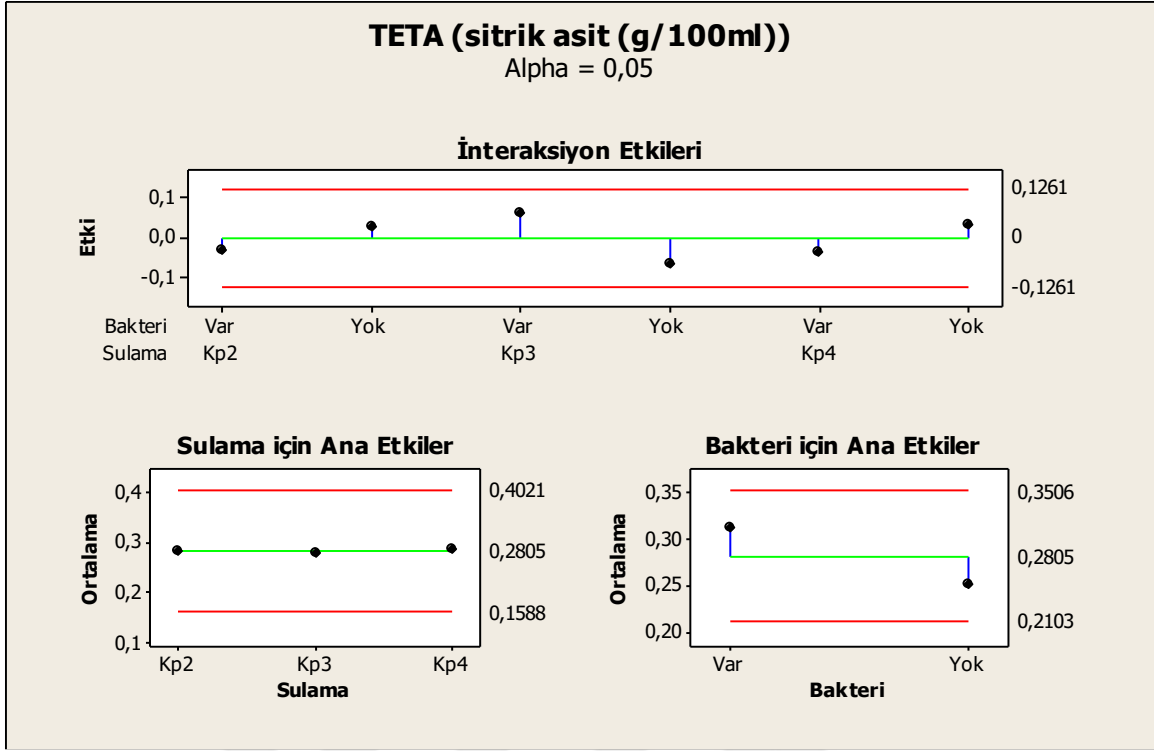
4.4. pH ve Titre Edilebilir Toplam Asitlik (TETA, sitrik asit) (g/100ml)

Varyans analizi sonuçlarına göre pH için sulama ortalamaları sırayla (5,68), (5,7) ve (5,81) olarak, TETA için (0,28), (0,27) ve (0,28) olarak belirlenmiştir. Rizobakteri uygulanan bitkiler için pH ve TETA ortalaması sırayla 5,77 ve 0,31 olurken, rizobakteri uygulanmayan bitkilerdeki pH ve TETA ortalaması sırayla 5,69 ve 0,25 olduğu bulunmuştur (Tablo 6).

Denemede pH değerleri ve TETA üzerine bakteri ve sulama uygulamalarının etkilerini gösterir anom sonuçları Şekil 15 ile 16'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sulama x bakteri interaksyonu için ortalamalar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur. ANOM grafiği incelendiğinde sulama x bakteri, sulama ve bakteri uygulamalarında pH ve TETA özellikleri için anlamlı bir fark meydana gelmemiştir.



Şekil 15. Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen pH için iki yönlü ANOM grafiği



Şekil 16. Farklı Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen TETA (g/100ml) iki yönlü ANOM grafiği

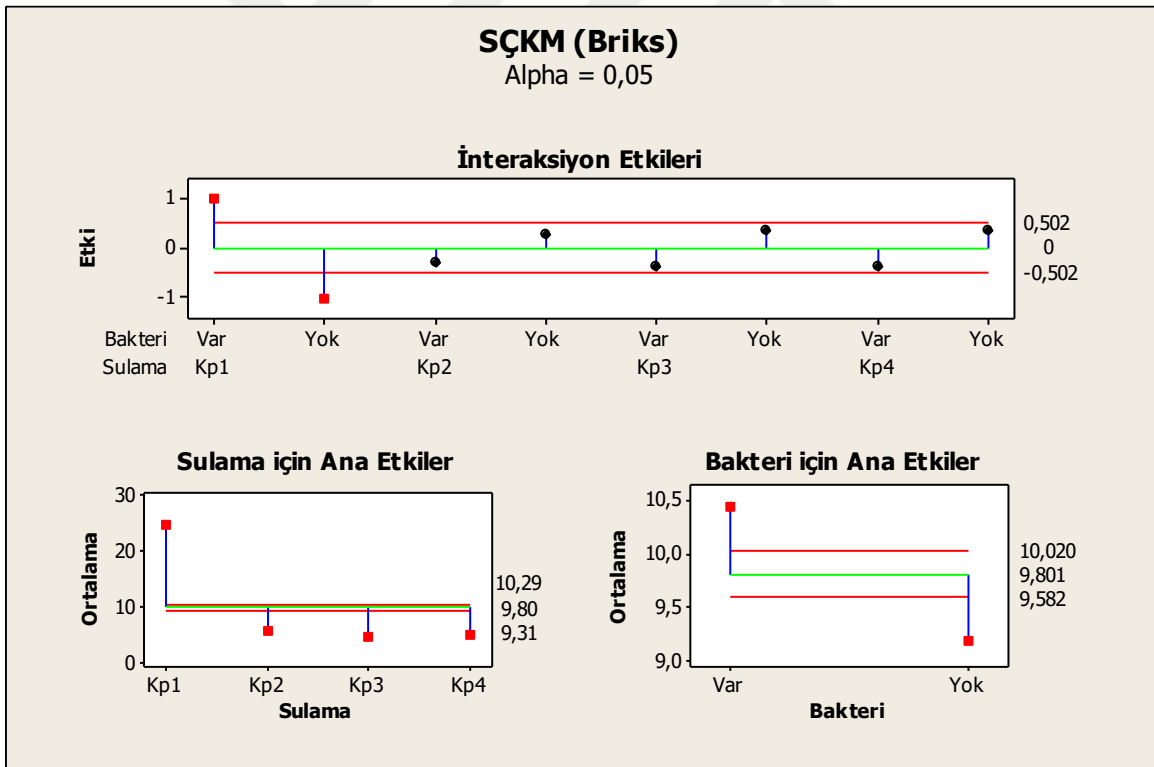
Yağmur ve Güneş (2021) rizobakterilerin domateste verim ve kalite özellikleri üzerine etkileri araştırmışlardır. Rizobakteri olarak *Bacillus megaterium* M-3, *Paenibacillus polymxa*, *Burkholderia cepacia*, *Azospirillum sp-245* bakteri suşları kullanılmıştır. Rizobakteri uygulamasının meyvede pH ve titre edilebilir asitlik oranını arttırdığını tespit etmişlerdir. Gou vd. (2020) acı biberde yaptıkları çalışmada rizobakteri olarak *Bacillus amyloliquefaciens* GB03, *Bacillus sp. WM13-24* ve *Pseudomonas sp. M30-35* aşılması yapılmıştır. Yapılan analiz sonuçlarına göre titre edilebilir toplam asitlik (sitrik asit) değerinin kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde arttığı belirtilmiştir. Çalışmamızda pH ve sitrik asit için değerler anlamlı bir fark göstermemiştir. Buna sebep olarak rizobakteriler için uygun toprak, sıcaklık ve nem gibi koşulların optimum seviyede olmamasından olabileceği düşünülmektedir.

4.5. SÇKM (°Brix)

Varyans analizi sonuçlarına göre SÇKM için sulama ortalamaları sırayla (4,74), (4,38), (5,52) ve (24,58) ölçülmüştür. Rizobakteri uygulanan bitkiler için SÇKM miktarı

ortalaması 26,22 olurken, rizobakteri uygulanmayan bitkilerdeki SÇKM miktarının ortalaması 22,93 olduğu bulunmuştur (Tablo 6).

Denemede sulama ve bakteri uygulamalarının SÇKM üzerine etkilerini gösterir anom sonuçları Şekil 17’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sulama x bakteri interaksyonu için ortalamalar arasındaki fark 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur. ANOM grafiği incelendiğinde sulama x bakteri uygulamalarında Kp1 uygulamasında anlamlı farklılık olurken, Kp2, Kp3 ve Kp4 uygulamalarında anlamlı farklılık görülmemiştir. ANOM grafiğinde sulama uygulamalarına baktığımızda SÇKM Kp1 konusunda ortalamanın üstünde Kp2, Kp3 ve Kp4 konularında ortalamanın altında ölçülmüştür. Bakteri etkileri incelendiğinde rizobakteri uygulaması ile SÇKM ortalamasının üstünde, rizobakteri uygulanmayanlarda SÇKM ortalamasının altında olduğu görülmektedir.



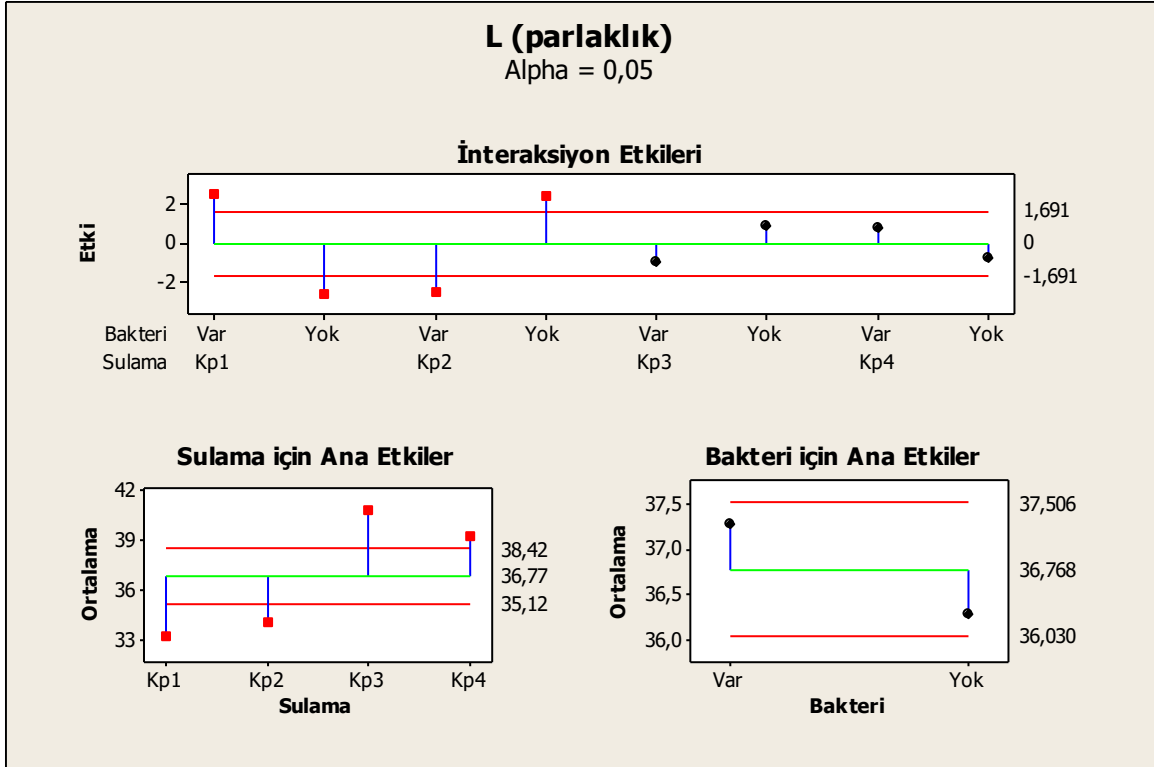
Şekil 17. Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen SÇKM (Briks) iki yönlü ANOM grafiği

Biberde sulama oranı arttıkça SÇKM değerlerinin azaldığını tespit eden Demirel vd. (2012) SÇKM ile sulama miktarının ters orantılı olduğunu bildirmişlerdir. Domates üzerinde çalışan Dönmez (2019) rizobakteri uygulaması ve kimyasal gübre uygulaması sonucunda SÇKM değerlerinde önemli bir değişiklik olmadığını belirtmektedir. Akdemir (2018) dolmalık biberde yaptığı çalışmada ise kullandığı rizobakteri formülasyonun (*Paenibacillus polymyxa*, *Bacillus megaterium* ve *Pantoea agglomerans*) SÇKM değerlerinde artış meydana getirdiğini tespit etmiştir. Çalışmamızda rizobakteri uygulanan grubun uygulanmayan guruba kıyasla ortalama daha yüksek değere sahip olduğu tespit edilmiştir. Elde ettiğimiz sonuçlar literatür ile uyumludur. Bazı çalışmalarda farklı sonuçlar olmasının nedeni uygun bakteri kombinasyonu, sıcaklık isteği ve bakteri aşılama yöntemi gibi etkenlerin sebep olduğu düşünülmektedir.

4.6. Meyve Rengi (L, Kroma, Hue)

Varyans analizi sonuçlarına göre L (parlaklık) için sulama ortalamaları sırayla (39,19), (40,72), (34,04) ve (33,12) ölçülmüştür. Rizobakteri uygulanan bitkiler için L (parlaklık) ortalaması 37,27 olurken, rizobakteri uygulanmayan bitkilerdeki L ortalaması 36,27 olduğu bulunmuştur (Tablo 6).

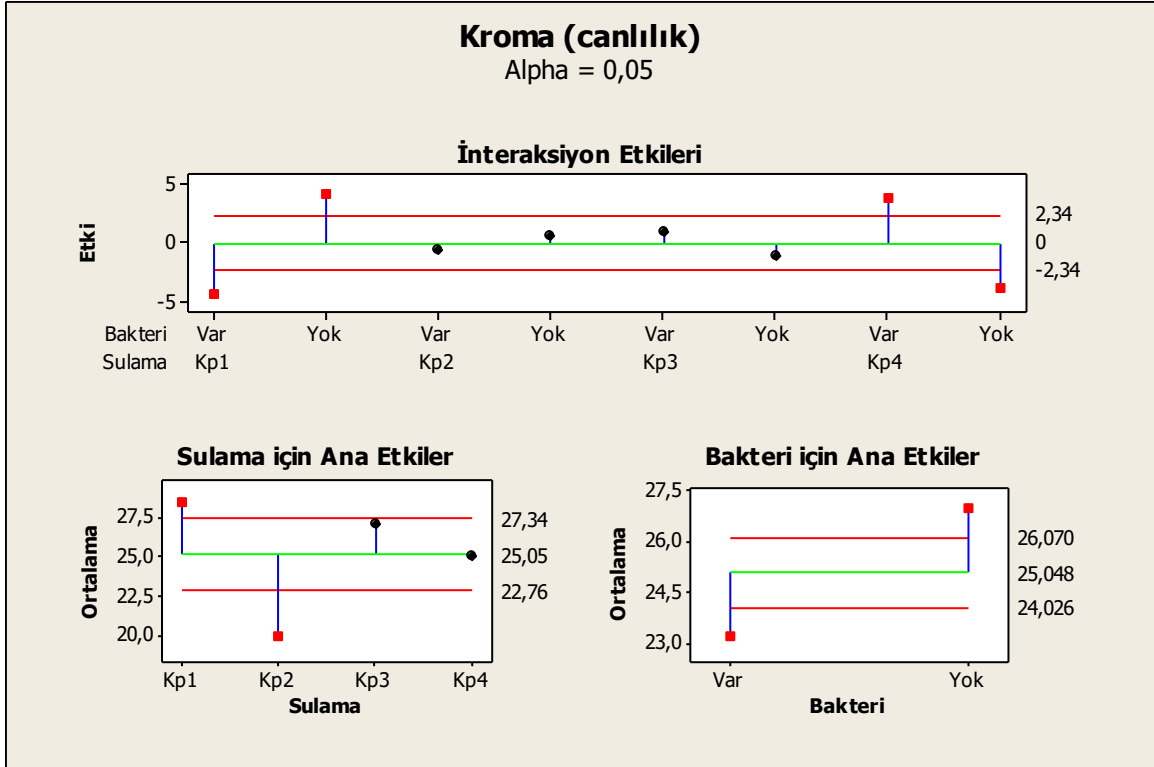
Denemede su kısıtı ve rizobakteri uygulamalarının meyve rengi (L: parlaklık) üzerine etkisini gösterir anom sonuçları Şekil 18'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sulama x bakteri interaksyonu için ortalamalar arasındaki fark 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur. ANOM grafiği incelendiğinde sulama x bakteri uygulamaları için Kp1 ve Kp2 uygulamalarında anlamlı bir fark bulunurken, Kp3 ve Kp4 uygulamalarında anlamlı bir fark bulunamamıştır. Sulama etkileri incelendiğinde Kp4 ve Kp3 konularında meyve rengi değerleri ortalamanın üstünde değerlere sahipken, Kp1 ve Kp2 konularında ortalamanın altında değerlere sahiptir. Su kısıtının artmasıyla meyve rengi parlaklığında azalma meydana gelmiştir. Bakteri uygulamasının tek başına önemli bir etkisi görülmemiştir.



Şekil 18. Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen meyve rengi (parlaklık) iki yönlü ANOM grafiği.

Varyans analizi sonuçlarına göre kroma (canlılık) için sulama ortalamaları sırayla 25,01, 26,94, 19,9 ve 28,34 ölçülmüştür. Rizobakteri uygulanan bitkiler için kroma değerinin ortalaması 23,17 olurken, rizobakteri uygulanmayan bitkilerdeki ortalaması 26,93 olduğu bulunmuştur (Tablo 6).

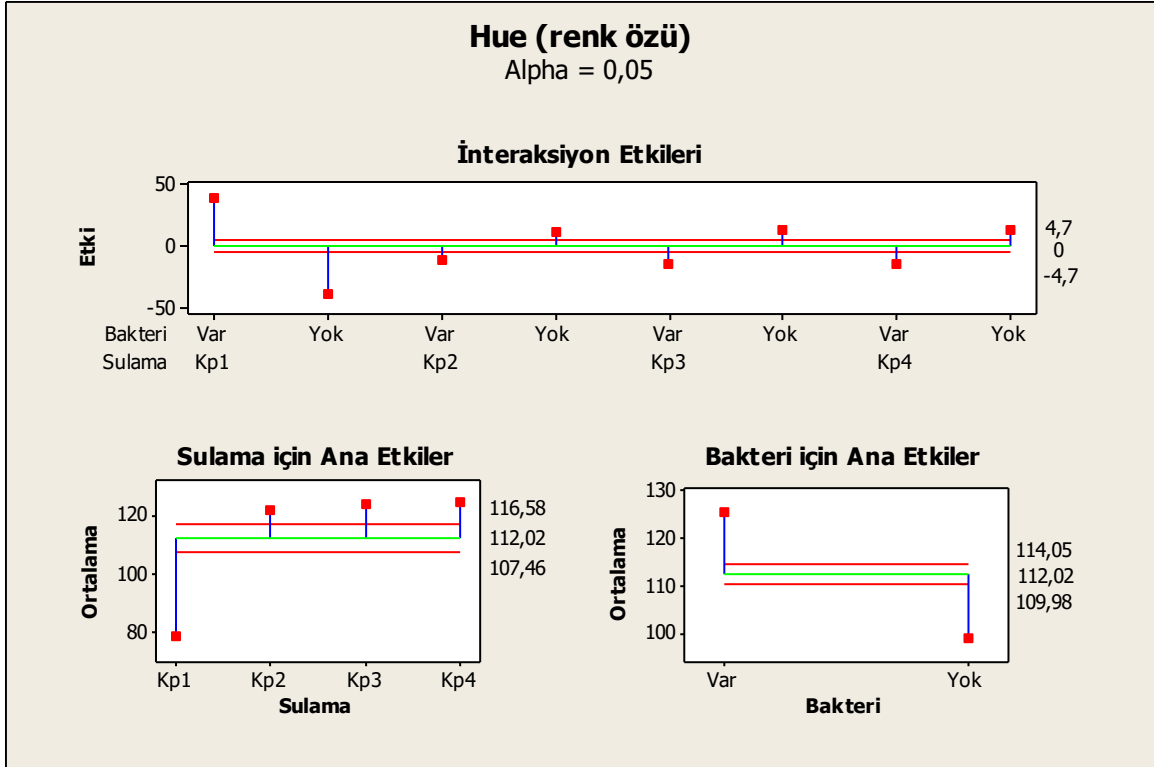
Denemede su kısıtı ve rizobakteri uygulamalarının biberde meyve rengi (chroma: canlılık) üzerine etkisini gösterir anom sonuçları Şekil 19’da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sulama x bakteri interaksyonu için ortalamalar arasındaki fark 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur. ANOM grafiği incelendiğinde sulama x bakteri uygulamaları için Kp1 ve Kp4 konulu uygulamalarda anlamlı bir fark belirlenmiştir. Kp2 ve Kp3 konulu uygulamalarda anlamlı bir fark bulunmamıştır. Sulama etkileri incelendiğinde Kp1 ve Kp2 konusunda önemli farklılık görülürken, bakteri etkileri incelendiğinde uygulama yapılanlar ortalamasının altında değere sahipken uygulama yapılmayanlar ortalamasının üstünde değere sahip olmuştur.



Şekil 19. Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen meyve rengi (canlılık) iki yönlü ANOM grafiği.

Varyans analizi sonuçlarına göre hue (renk özü) için sulama ortalamaları sırayla 123,92, 123,85, 121,79 ve 78,51 ölçülmüştür. Rizobakteri uygulanan bitkilerde hue değerinin ortalaması 125,15 olurken, rizobakteri uygulanmayan bitkilerdeki hue değerinin ortalaması 98,88 olduğu bulunmuştur (Tablo 6).

Denemede su kısıtı ve rizobakteri uygulamalarının meyve rengi (hue: renk özü) üzerine etkisini gösterir anom sonuçları Şekil 20’de verilmiştir. ANOM sonuçlarına göre sulama x bakteri interaksyonu için ortalamalar arasındaki fark 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur. ANOM grafiği incelendiğinde sulama x bakteri uygulamaları için tüm sulama konularında (Kp1, Kp2, Kp3 ve Kp4) anlamlı farklılık tespit edilmiştir. Sulama etkileri incelendiğinde Kp1 konusu ortalamanın altında Kp4, Kp3 ve Kp2 konularında ortalamanın üstünde değerler görülmektedir. Bakteri etkileri incelendiğinde olumlu etkiye sahip olmuştur.



Şekil 20. Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen meyve rengi (renk özü) iki yönlü ANOM grafiği.

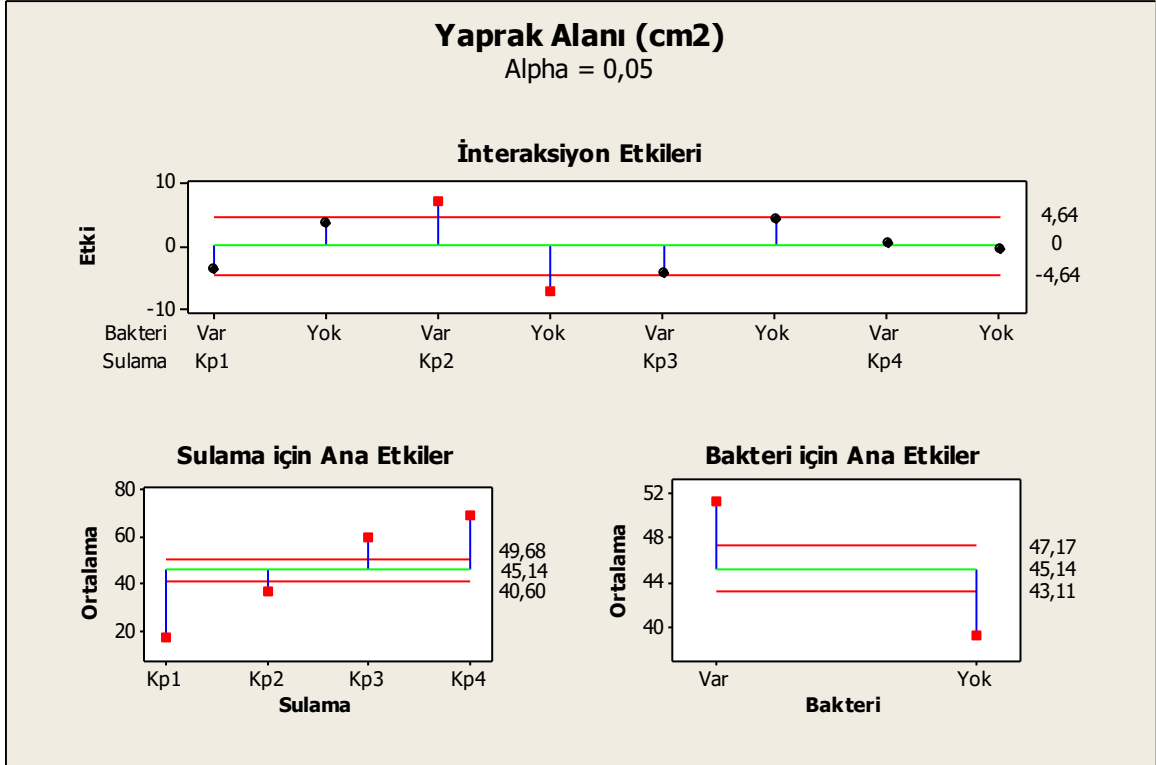
Kuraklık koşulları altında yetiştirilen chile ancho biber çeşidi üzerine üç tür arbusküler mikorizal mantar uygulandığı çalışmada biberde meyve rengi (L ve chroma) değerleri için olumlu etki gösterdiği Mena-Violante vd. (2006) tarafından tespit edilmiştir. Albion ve Portola çilek çeşitleri ile yapılan bir çalışmada *Stenotrophomonas acidaminiphila* RC 251 ve *Lysobacterenz. enzymogenes* RC 697 rizobakteri uygulamasının meyve rengi (L) üzerine etkisi Albion çeşidinde L (parlaklık) daha yüksek değere sahip olmuş, Portola çeşidi için L (parlaklık) değeri önemsiz bulunduğunu rapor etmektedirler Balcı vd., (2021). Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçlardan bakteri x sulama uygulamalarının meyve rengi üzerine olumlu etkileri olduğu görülmektedir. Nitekim yapılan diğer çalışmalar da bulduğumuz sonuçlar ile benzerlik göstermektedir.

4.7. Yaprak Alanı (cm²)

Varyans analizi sonuçlarına göre yaprak alanı için sulama ortalamaları sırayla 68,67, 59,19, 35,93 ve 16,77 cm² ölçülmüştür. Rizobakteri uygulanan bitkilerde yaprak

alanı ortalaması 51,11 cm² olurken, rizobakteri uygulanmayan bitkilerde yaprak alanı ortalaması 39,17 cm² olduğu bulunmuştur (Tablo 6).

Biberde rizobakteri ve su kısıtı uygulamalarının yaprak alanı üzerine etkisini gösteren anom sonuçları Şekil 21’de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sulama x bakteri interaksyonu için ortalamalar arasındaki fark 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur. ANOM grafiği incelendiğinde sulama x bakteri uygulamalarında Kp2 uygulamasında anlamlı bir fark olurken Kp1, Kp3 ve Kp4 uygulamalarında anlamlı bir fark görülmemiştir. ANOM grafiğinde sulama ve bakteri uygulamalarını incelendiğinde artan su kısıtı ile yaprak alanının azaldığı ve bakteri uygulamasının olumlu etkiye sahip olduğu görülmektedir.



Şekil 21. Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen yaprak alanı (cm²) iki yönlü ANOM grafiği.

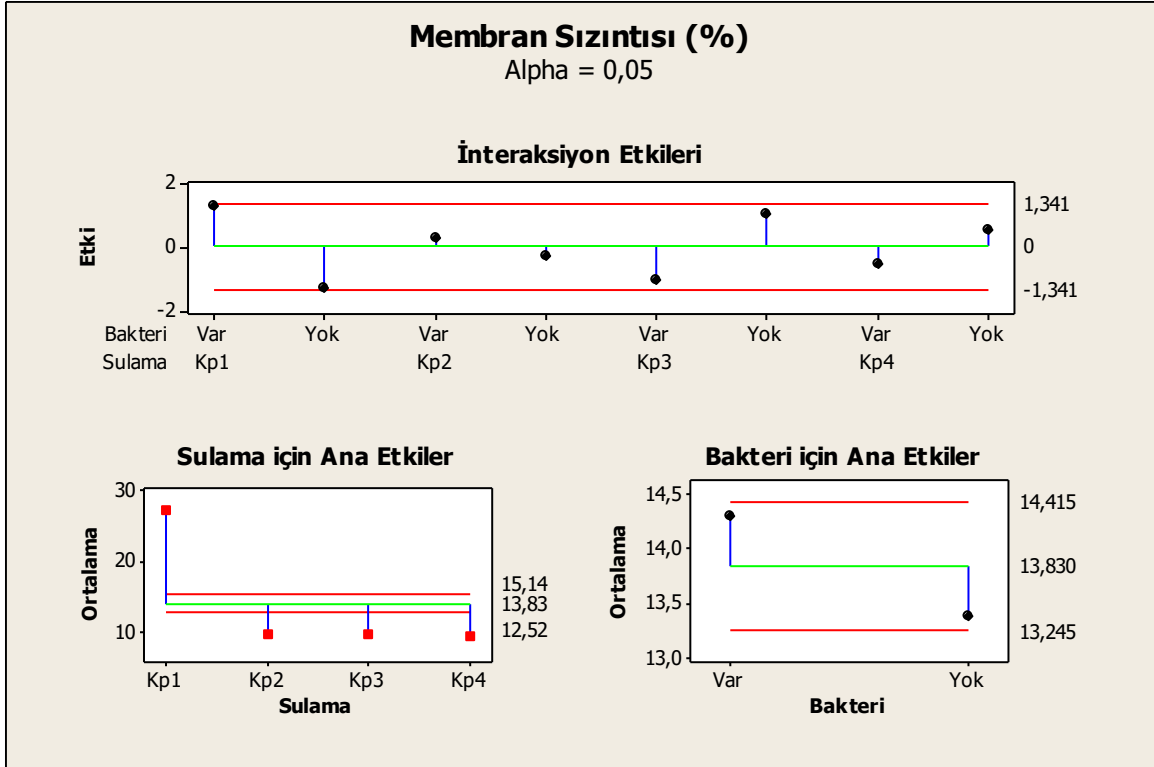
Vavrına (1999) Aladdin biber çeşidi ile yaptığı çalışmada *Bacillus subtilis* uygulaması ile yaprak alanında artış meydana geldiğini bildirmiştir. Acı biberde yapılan bir çalışmada *Bacillus amyloliquefaciens* GB03, *Bacillus* sp. WM13-24 ve *Pseudomonas*

sp. M30-35 uygulaması ile yaprak uzunlukları ve yaprak genişliğinde önemli artış görüldüğünü ifade etmektedirler (Guo vd., 2020). Rizobakterilerin bitki gelişimi üzerine etkisinin araştırıldığı çalışmada *Bacillus megaterium* TV-3D, *Bacillus megaterium* TV-91C, *Pantoea agglomerans* RK- 92 ve *Bacillus megaterium* KBA-10 rizobakteri türlerini kullanmış ve brokoli fidelerinde yaprak alanının kontrol grubuna kıyasla %18 arttığını tespit etmişlerdir. Çalışmamızda da bakteri uygulanan tüm sulama konularındaki bitkilerde yaprak alanı değerleri daha yüksek çıkmıştır. Elde ettiğimiz sonuçlar ile önceki çalışmalar benzerlik göstermektedir (Yıldırım vd., 2015).

4.8. Membran Sızıntısı (%)

Varyans analizi sonuçlarına göre membran sızıntısı miktarı için sulama ortalamaları sırayla 9,14, 9,64, 9,46 ve 27,08 ölçülmüştür. Rizobakteri uygulanan bitkilerde membran sızıntısı ortalaması 14,29 olurken, rizobakteri uygulanmayan bitkilerdeki membran sızıntısı ortalaması 13,37 olduğu bulunmuştur (Tablo 6).

Denemede bibere uygulanan su kısıtı ve rizobakterinin bitkide membran sızıntısı üzerine etkisinin ANOM sonuçları Şekil 22'de ve verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sulama x bakteri interaksyonu için ortalamalar arasındaki fark 0,05 düzeyinde önemli bulunmuştur. ANOM grafiği incelendiğinde sulama x bakteri uygulamalarında anlamlı bir fark görülmemiştir. ANOM grafiğinde sulama etkilerine bakıldığında Kp1 konusunun ortalamasının üstünde değere sahip olduğu Kp2, Kp3 ve Kp4 konuları ortalamasının altında değerlere sahiptir.



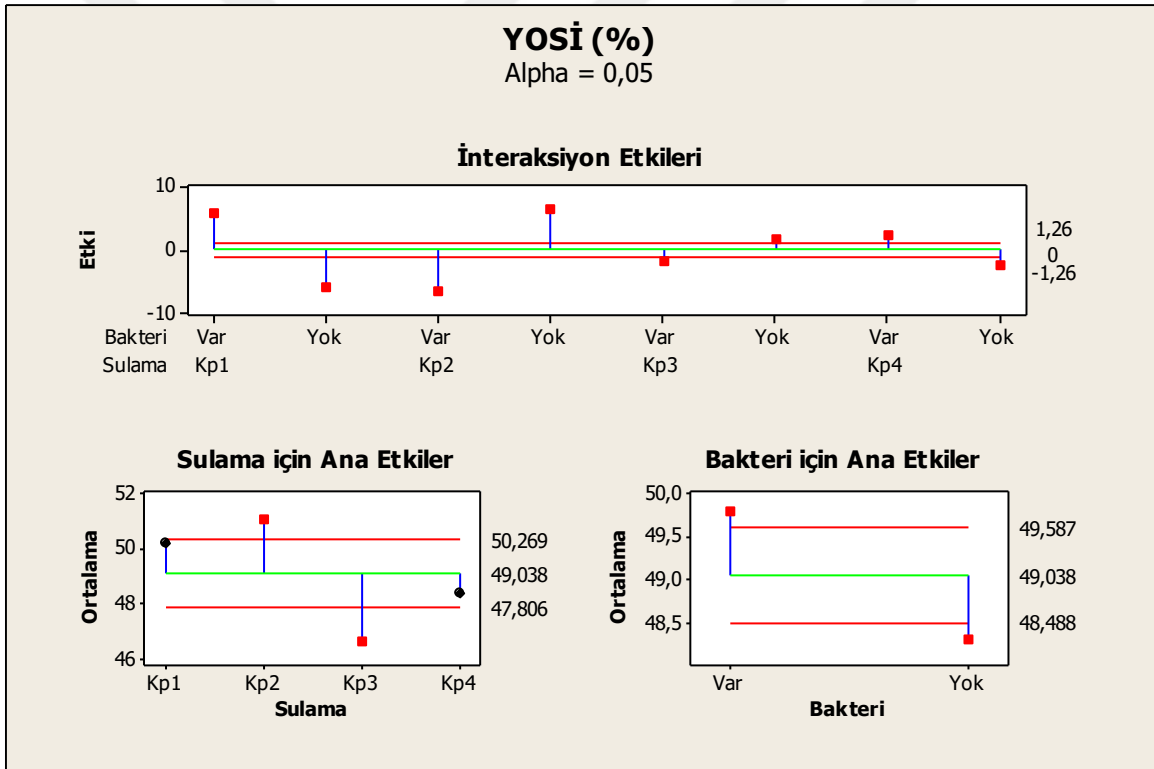
Şekil 22. Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen membran sızıntısı oranı (%) iki yönlü ANOM grafiği.

Ptır (2015) biberde farklı su sıkıtı uygulamaları sonrasında kuraklık şiddeti arttıkça membran zararlanma indeksinde artış olduğunu belirtmektedir. Jodeh vd. (2015) rizobakteri uygulamasının su stresine bağlı oluşan membran zararlanmasını iyileştirdiğini ifade etmektedirler. Diğer bir çalışmada rizobakteri uygulamasıyla membran bütünlüğünün koruduğu ve bitkilerde elektrolit sızıntısının azaldığını belirlenmiştir (Vardharajula vd., 2011). Çalışmamızda Kp3 ve Kp4 sulama konularında bakteri uygulanan bitkilerin uygulanmayan bitkilere kıyasla membran sızıntısı daha düşük değerlere sahip olduğu ve membran bütünlüğünü koruyabilmede olumlu bir etki gösterdiği tespit edilmiştir. Literatür çalışmaları ile sonuçlarımız benzerlik göstermektedir.

4.9. Yaprak Oransal Su İçeriği (YOSİ) (%)

Varyans analizi sonuçlarına göre yaprak oransal su içeriği için sulama ortalamaları sırayla 48,37, 46,62, 51,01 ve 50,15 (%) ölçülmüştür. Rizobakteri uygulanan bitkiler için yaprak oransal su içeriği ortalaması 49,78 (%) olurken, rizobakteri uygulanmayan bitkilerde ortalaması 48,30 (%) olduğu bulunmuştur (Tablo 6).

Denemede bibere uygulanan su kısıtı ve bakteri uygulamasının yaprak oransal su içeriğine etkisini gösteren anom sonuçları Şekil 23'te verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sulama x bakteri interaksiyonu için ortalamalar arasındaki fark 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur. ANOM grafiği incelendiğinde sulama x bakteri uygulamasında Kp1, Kp2, Kp3 ve Kp4 uygulamalarında anlamlı bir fark meydana gelmiştir. ANOM grafiğinde sulama etkileri incelendiğinde Kp2 konusu ortalamanın üstünde Kp3 konusu ortalamanın altında, Kp1 ve Kp4 konularında ise önemli bir fark yoktur. Bakteri uygulanan bitkilerde değer ortalamanın üstünde iken bakteri uygulanmayan bitkilerde değer ortalamanın altındadır.



Şekil 23. Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen YOSİ (%) iki yönlü ANOM grafiği.

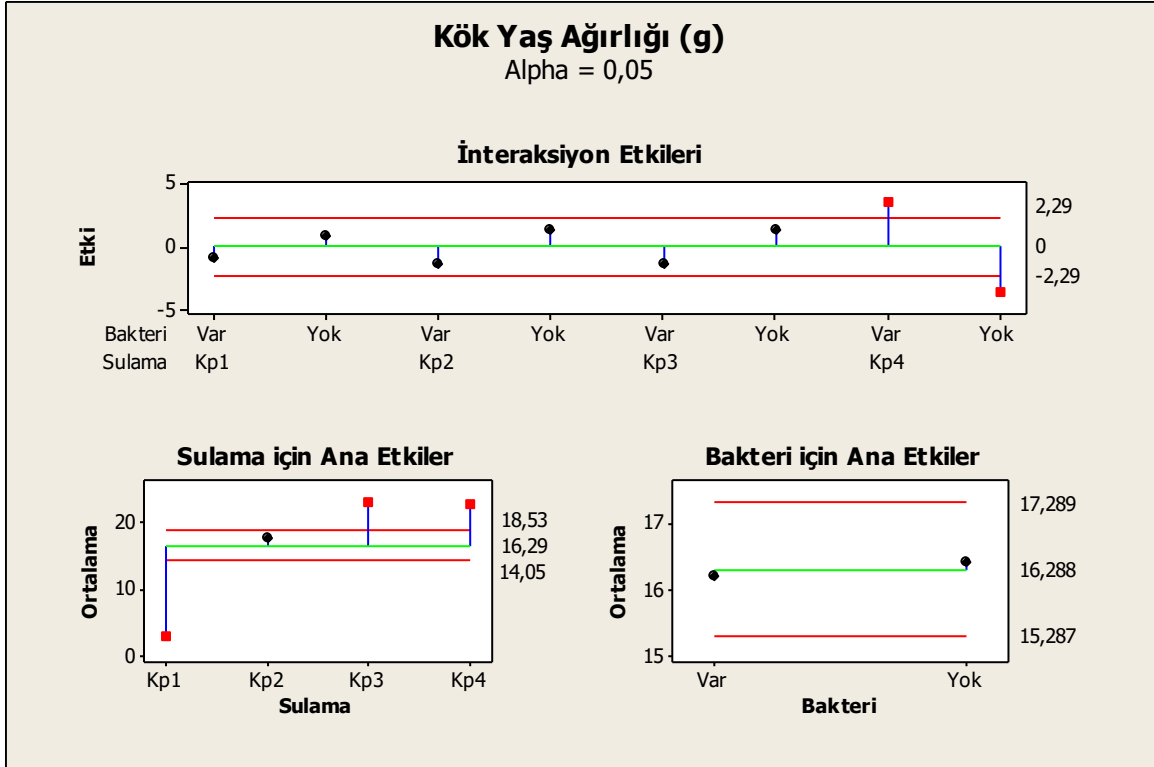
Pıtır (2015) Jalepeno biber çeşidinde yaptığı çalışmada artan sulama suyu miktarı ile yaprak oransal su içeriğinin de doğru orantıda arttığını belirtmiştir. Kuraklık stresi altında yürütülen bir çalışmada soya fasulyesine (*Glycine max* L.) rizobakteri (*Azospirillum lipoferum* ve *Bacillus megaterium*) uygulanmasıyla yaprak oransal su içeriğinin artmasını

sağladığı tespit edilmiştir (Tunçtürk vd., 2021). Çalışmamızda su kısıtı uyguladığımız Kp1 (%0) sulama konusunda bakteri uygulanan bitkilerin, bakteri uygulanmayanlara kıyasla daha yüksek yaprak oransal su içeriğine sahip olduğu görülmüştür. Elde edilen sonuçlar literatür ile benzerlik göstermektedir.

4.10. Kök Ağırlığı (g)

Varyans analizi sonuçlarına göre kök yaş ağırlığı için sulama ortalamaları sırayla 22,34 g, 22,64 g, 17,28 g ve 2,9 g ölçülmüştür. Rizobakteri uygulanan bitkilerde kök yaş ağırlık ortalaması 16,19 g olurken, rizobakteri uygulanmayan bitkilerde kök yaş ağırlık ortalaması 16,39 olduğu bulunmuştur (Tablo 6).

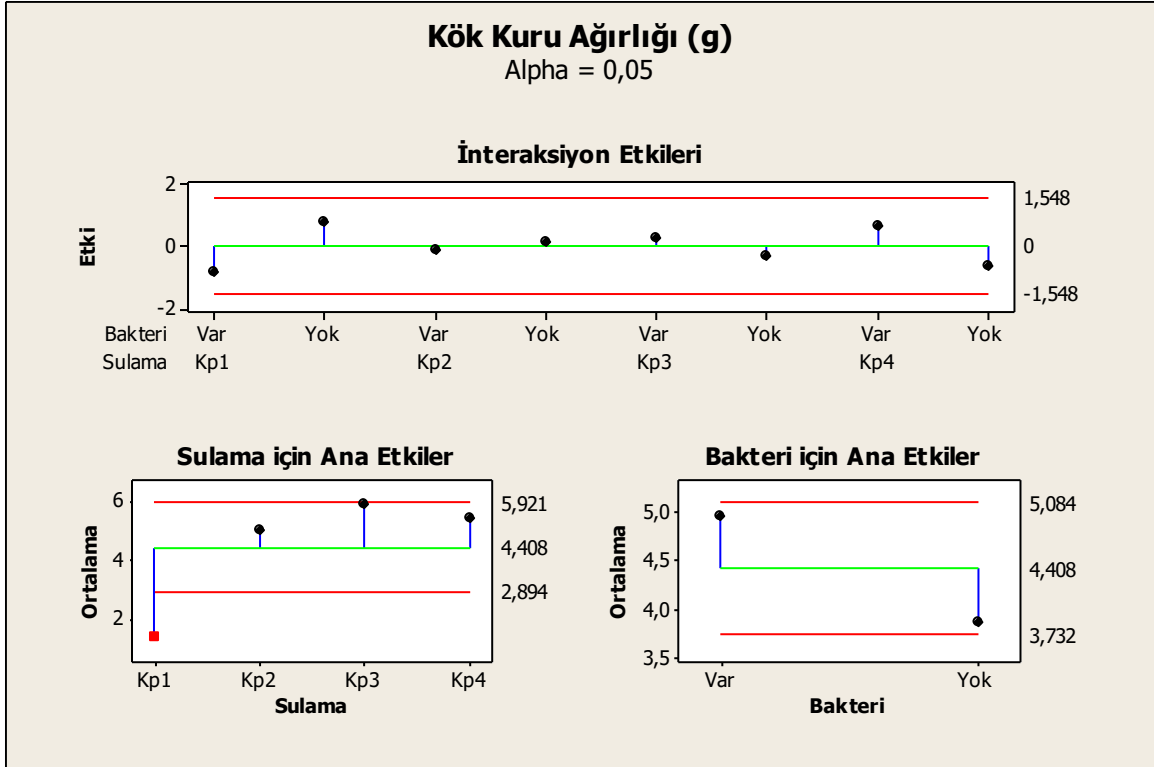
Denemede bibere uygulanan su kısıtı ve bakteri uygulamasının kök yaş ağırlığına etkisini gösteren ANOM sonuçları Şekil 24'de verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sulama uygulaması için ortalamalar arasındaki fark 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur. ANOM grafiği incelendiğinde sulama x bakteri uygulamasında Kp4 konusunda önemli farklılık olurken Kp3, Kp2 ve Kp1 konularında önemli fark meydana gelmemiştir. Sulama etkileri incelendiğinde Kp1 konusunda kök yaş ağırlığı azalmış, Kp4 ve Kp3 konularında artmış ve Kp2 konusunda önemli bir fark olmamıştır.



Şekil 24. Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen kök yaş ağırlığı (g) iki yönlü ANOM grafiği.

Varyans analizi sonuçlarına göre kök kuru ağırlığı için sulama ortalamaları sırayla 5,38 g, 5,87 g, 4,97 g ve 1,39 g ölçülmüştür. Rizobakteri uygulanan bitkilerde kök kuru ağırlık ortalaması 4,95 g olurken, rizobakteri uygulanmayan bitkilerde kök kuru ağırlık ortalaması 3,86 g olduğu bulunmuştur (Tablo 6).

Denemede bibere uygulanan su kısıtı ve bakteri uygulamasının kök kuru ağırlığa etkisini gösteren ANOM sonuçları Şekil 25'te verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sulama uygulamaları için ortalamalar arasındaki fark 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur. ANOM grafiği incelendiğinde sulama x bakteri uygulamasında önemli bir fark meydana gelmemiştir. Sulama etkileri incelendiğinde Kp1 konusu ortalamasının altında değere sahip olmuştur. Bakteri uygulaması için ana etkilere bakıldığında önemli bir fark meydana gelmemiştir.



Şekil 25. Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen kök kuru ağırlığı (g) iki yönlü ANOM grafiği.

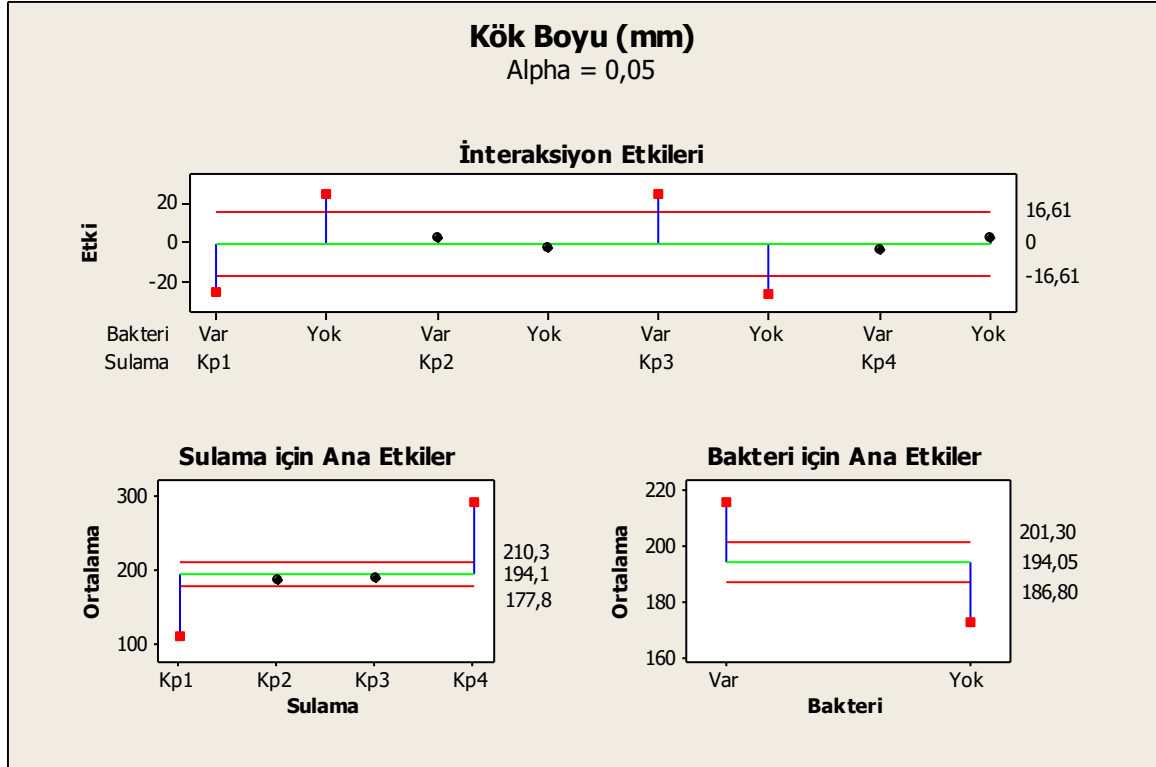
Kulkarni ve Phalke (2009) farklı sulama koşullarında yetiştirilen acı biberde su kısıtının kök gelişimine etkilerini araştırdıkları çalışmada su stresi altındaki bitkilerin %21 daha düşük kök kuru ağırlığına sahip olduğunu belirtmektedirler. Chowdhury vd. (2020) biberde (*Capsicum annuum* L.) bitki büyüme ve gelişimi üzerine *Bacillus sp.*'nin etkilerini inceledikleri çalışmada bakteri uygulamasının kök yaş ağırlığını 2,28 kat ve kök kuru ağırlığını 1,4 kat arttırdığını bildirmişlerdir. Tallapragada vd. (2016) kuraklık stresi altında yürüttükleri çalışmada dolmalık biber ve domateste rizobakteri (*B. seminalis*) uygulamasının etkilerini incelemişlerdir. Kök ağırlığı biber için kontrol grubunda 4,83 g ve *B. seminalis* uygulanan grupta 8,43g olarak domateste ise kontrol grubunda 4,82 g ve *B. seminalis* uygulanan grupta 6,08 g bulunmuştur. Mena-Violante ve Olalde-Portekiz (2007) domates (*Lycopersicon esculentum* Mill.) bitkisinin köklerine rizobakteri (*Bacillus subtilis* BEB-1Sbs) aşılmasının etkisini değerlendirmişlerdir. Ölçüm ve analizlerin sonucunda kök kuru ağırlığı kontrol grubunda 6,8 g ve bakteri uygulanan grupta 8,6 g olarak bulunmuştur. Rizobakteri uygulamasının kök kuru ağırlığını arttırmada olumlu etkisinin olduğunu tespit etmişlerdir. Çalışmamızda kök yaş ağırlığında sulama x bakteri interaksiyonunun önemli

etkisi olmuştur. Kök kuru ağırlığı için sadece sulamanın önemli etkisi olmasının sebebi formülasyonda kullanılan bakteri suşlarının farklı olması veya sıcaklık isteğinden olabileceği düşünülmektedir.

4.11. Kök Boyu (mm)

Varyans analizi sonuçlarına göre kök boyu için sulama ortalamaları sırayla 290,5 mm, 189,29 mm, 186,58 mm ve 109,83 mm ölçülmüştür. Rizobakteri uygulanan bitkiler için kök boyu ortalaması 215,88 mm olurken, rizobakteri uygulanmayan bitkilerdeki meyve boyu ortalaması 172,23 mm olduğu bulunmuştur (Tablo 6).

Denemede bibere uygulanan su kısıtı ve rizobakteri uygulamasının kök boyu üzerine etkilerini gösteren anom sonuçları Şekil 26'da verilmiştir. Analiz sonuçlarına göre sulama x bakteri interaksyonu için ortalamalar arasındaki fark 0,01 düzeyinde önemli bulunmuştur. ANOM grafiği incelendiğinde sulama x bakteri uygulamalarında Kp1 ve Kp3 uygulamaları anlamlı bir fark görülürken, Kp2 ve Kp4 uygulamalarında anlamlı bir fark tespit edilmemiştir. Bakteri ana etkileri incelendiğinde olumlu etkisi olduğu görülmektedir. Sulama etkileri incelendiğinde ise Kp4 konusunda kök boyu ortalamasının üstünde iken Kp1 konusu ortalamasının altında değere sahiptir.



Şekil 26. Biberde farklı sulama seviyeleri ve rizobakteri uygulamalarıyla ölçülen kök boyu (mm) iki yönlü ANOM grafiği.

Sadak vd. (2021) kuraklık stresi koşullarında yetiştirilen Mostar F1 çeşit bibere rizobakteri (*Bacillus sp.* (CA41/1) ve *Ochrobactrum sp.* (CB36/1)) aşılması ile kök uzunluğunun arttığını belirtmişlerdir. Rizobakterilerin biber fide gelişimine etkilerini inceleyen Kıdoğlu (2009) *Pseudomonas fluorescens* ve *Pseudomonas putida* uygulamasının fide kök boyunun kontrol grubuna oranla artış sağladığını bildirmiştir. Anggraini (2020) çalışmasında hıyar bitkisinde 8 farklı rizobakteri kullanmış ve bu bakterilerden RBPRS6 bakterisi kontrol grubuna kıyasla %73 oranında ve RBPRS4 bakterisi kontrol grubuna kıyasla %90 oranında bitki kök boyunda artış sağladığını tespit etmiştir. Biberde yapılan bir çalışmada ACC deaminaz aktivitesine sahip *B. licheniformis* K11 uygulaması sonrasında biberde bitki kök boyunda artış sağladığı bildirilmiştir (Lim ve Kim, 2013). Admassie vd. (2022) kuraklık stresi altında yetiştirilen bibere *Bacillus spp.* ve *Pseudomonas spp.* cinsi rizobakteri aşılması ile yaptıkları çalışmada biberde bitki kök boyunu kontrol gurubuna kıyasla önemli derece artış meydana getirdiğini belirtmektedirler. Çalışmamızda da bu iki bakteri suşlarını içeren formülasyonu kullanmış olup biber kök boyunda artış olduğunu gözlemledik. Literatür çalışmaları ile elde ettiğimiz sonuçlar paralellik göstermektedir.

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Çalışmamızda acı kıl biber çeşidinde farklı sulama koşullarında rizobakteri uygulamasının bitki gelişimi ve verim üzerine etkileri araştırılmış, kurulan denemede 4 farklı sulama düzeyi (Kp1, %0; Kp2, %33; Kp3, %66 ve Kp4, %100) ve her sulama konusunda bir gruba rizobakteri uygulanmıştır.

Rizobakteri uygulaması ve su kısıtlaması sonucunda bitki başına meyve ağırlığı, meyve boyu, meyve eni, pH, TETA (sitrik asit), suda çözünür kuru madde, meyve rengi (L, chroma, hue), yaprak alanı, yaprak hücresi membran sızıntısı, yaprak oransal su içeriği, kök ağırlığı ve kök boyu ölçülmüştür.

Su kısıtı uygulanması sonucunda, %100 ve %66 sulama konularındaki bitkilerde büyüme ve gelişme sıkıntısız şekilde devam etmiştir. %33 sulama düzeyinde ise ilerleyen süre içinde kuraklık şiddetinin giderek artmasıyla yapraklarda solgunluk görülmüştür. %0 su kısıtında ise tam kuraklık şiddeti sonucunda ilk önce rizobakteri uygulanmayan grupta yaprakların kurumaya başlaması ile ilerleyen sürede bitkilerin ölümü ile sonuçlanmıştır. Fakat bu durum rizobakteri uygulanan gruptaki bitkilerde biraz daha geç görülmüştür. Kuraklık şiddetinin olumsuz etkilerini rizobakteri uygulamalarının azaltabileceği gözlenmiştir.

Yapılan analizler sonucunda; meyve boyu, meyve ağırlığı, suda çözünür kuru madde, meyve rengi, yaprak oransal su içeriği, yaprak alanı, membran sızıntısı, kök boyu özellikleri istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. Meyve eni ve kök kuru madde oranı için istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Sonuç olarak uygulanan rizobakteri izolatlarının (*Pseudomonas fluorescens* RCG77, *Bacillus subtilis* RCG11, *Rhodococcus erythropolis* RCG9, *Bacillus subtilis* RC631) kök boyu ve yaprak alanı gibi fizyolojik özellikler üzerinde olumlu etki ederek, bitkinin gelişimini arttırdığı ve kuraklık stresine karşı direnç sağlayarak biber yetiştiriciliğinde faydalı olacağı görülmektedir.

Bitkisel üretimde daha çok sebze yetiştiriciliğinde yoğun şekilde kimyasal gübre ve pestisit kullanımı söz konusudur. Son yıllarda kimyasal girdilerin insan sağlığı ve yer altı sularına karışması gibi çevreye olan zararları üzerinde durulmaktadır. Ayrıca küresel iklim değişikliğine bağlı giderek artan kuraklık şiddeti tarımda sulama suyuna olan ihtiyacın önemini göstermektedir. Yapılan çalışmalar bu doğrultuda çevre ve insan sağlığına zararlı girdi kullanımı ile kuraklıkla bitki gelişiminde ve verimdeki olumsuz etkileri azaltma üzerine sürdürülmektedir.

Yapılan literatür araştırmalarında rizobakteriler ile ilgili birçok çalışma olduğu görülmektedir. Bunların arasında bitki büyümesini teşvik etmede ve bitki hastalıkları ile zararlılarına karşı biyolojik mücadelede kullanılması gibi çalışmalar mevcut olup büyük bir potansiyele sahiptir. Ancak bu bakterilerin uygulanmasında farklı sonuçlar olduğu görülmekte, daha iyi sonuçlar alınabilmesi için en etkili bakteri kombinasyonlarının belirlenmesi, toprak özelliklerine ve çevre koşullarına bakılarak farklı biber çeşitleri ile sebze türlerinde de daha fazla çalışma yapılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Acurio Vásconez, R. D., Mamarandi Mossot, J. E., Ojeda Shagñay, A. G., Tenorio Moya, E. M., Chiluisa Utreras, V. P., Vaca Suquillo, I. D. L. Á., (2020). Evaluation of *Bacillus spp.* as plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in broccoli (*Brassica oleracea* var. *italica*) and lettuce (*Lactuca sativa*). *Ciencia y Tecnología Agropecuaria*, 21(3).
- Admassie, M., Woldehawariat, Y., Alemu, T., Gonzalez, E., Jimenez, J. F., (2022). The role of plant growth-promoting bacteria in alleviating drought stress on pepper plants. *Agricultural Water Management*, 272, 107831.
- Ahemad, M., Kibret, M., (2014). Mechanisms and applications of plant growth promoting rhizobacteria: Current perspective. *Journal of King Saud University – Science* 26, 1–20
- Akçaman, N., Tas, İ., (2020). Sulama suyu tuzluluğunun sakız fasulyesinin bazı bitkisel özelliklerine etkisi. *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 7(3), 727-736.
- Akdemir, K., (2018). Bakteri formülasyonlarının dolmalık biberde bitki gelişimi, verim ve mineral madde içeriği üzerine etkisi. (Yüksek Lisans Tezi). Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Sebze Yetiştirme ve Islahı Bilim Dalı.
- Akıncı, İ., Telek, Ü., Küsek, M., (2019). Rhizobakteri izolatlarının kırmızı biberin (*capsicum annum* L.) verim ve bitkisel özellikleri üzerine etkileri. *KSÜ Tarım ve Doğa Derg.* 22(1): 62-70
- Anggraini, S., (2020). Potensi rizobakteri sebagai biofertilizer dalam memacu pertumbuhan mentimun (*Cucumis sativus* L.). *Jurnal AGROHITA: Jurnal Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Tapanuli Selatan*, 5(2), 155-167.
- Anonim, (1968). Analyses. Determination of Titrable Acid. *International Federation of Fruit Juice Producers*. No:3.

- Anonim, (2020). DSİ. <https://www.dsi.gov.tr/Sayfa/Detay/754> (erişim tarihi: 18.06.2023)
- Anonim, (2021). Bursa Tohumculuk. Açık Tozlananlar, Biber (erişim tarihi: 20.12.2021)
- Anonim, (2023). www.zmo.org.tr (erişim tarihi: 15.05.2023)
- Arcak, S., Güder, N., (2004). Biyolojik gübrelemenin sürdürülebilir ekosistemdeki önemi. Türkiye 3. Ulusal Gübre Kongresi, Tarım- Sanayi-Çevre, 11-13 Ekim, 837-844
- Balcı, G., Koç, A., Ertürk, Y., Keles, H., Kılıç, T., Bakoğlu, N., (2021). Arbuskular mikorizal mantarlar ile rizobakterilerin birlikte uygulanmalarının kireçli topraklarda organik çilek yetiştiriciliğinde verim ve kalite unsurları üzerine etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 25(4), 448-456.
- Bhattacharai, D.R., Poudyal, K.P., Pokhrel, S., (2011). Effect of Azotobacter and Nitrogen Levels on Fruit Yield and Quality of Bell Pepper. *Nepal Journal Science Technology*, 12: 29–34.
- Cain, Michael L., Bowman, William D., Hacker, Sally D., (2011). "Chapter 16: Change in Communities". *Ecology Sinauer Associates*. ss. 359-362. ISBN 978-0-87893-445-4
- Cemek, B., Kara, T., Apan, M., Taşan, M., (2004). Sera koşullarında a sınıfı buharlaşma kabı ve küçük buharlaşma kaplarından buharlaşan su miktarı arasındaki ilişkiler. *Uludağ Üniv. Zir. Fak. Derg.*, 18(2):13-24.
- Chowdhury, S. K., Majumdar, S., Mandal, V., (2020). Application of *Bacillus sp.* LBF-01 in *Capsicum annum* plant reduces the fungicide use against *Fusarium oxysporum*. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 27, 101714.
- Çakmak, B., Gökalp, Z., (2011). İklim değişikliği ve etkin su kullanımı. *Tarım Bilimleri Araştırma Dergisi*, 4 (1): 87-95.
- Çakmakçı, R., Dönmez, F., Aydın, A., Şahin, F., (2006). Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions. *Soil Biology & Biochemistry*, 38 (6), 1482-1487
- Çakmakçı, R., Erat, M., Erdoğan, Ü., Dönmez, M. F., (2007). The influence of plant growth-promoting rhizobacteria on growth and enzyme activities in

wheatandspinachplants. – *Journal of Plant Nutrition and Soil Science* 170: 288–295.

Çakmakçı, R., Erdoğan, Ü., Kotan, R., Oral, B., Dönmez, F., (2008). Çoruh vadisinde yabancı ahududu rizosfer topraklarında heterotrof azot fikseri bakteri çeşitliliği. 4. Ulusal Bitki Besleme ve Gübre Kongresi, 8-10 Ekim 2008 Konya, 706-717.

Çakmakçı, R., Erat, M., Oral, B., Erdoğan, Ü., Şahin, F., (2009). Enzymeactivitiesandgrowthpromotion of spinachby indole-3-acetic acid-producingrhizobacteria. *The Journal of Horticultural Science and Biotechnology* 84: 375–380.

Çakmakçı, R., Dönmez, M. F., Ertürk, Y., Erat, M., Haznedar, A., Sekban, R., (2010). Diversity and metabolicpotential of culturable bacteria from the rhizosphere of Turkish tea grown in acidicsoils. *Plant and Soil* 332: 299–318.

Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Sekban, R., Haznedar, A., Varmazyari, A., (2013). The Effect of Single and Mixed Cultures of Plant Growth Promoting Bacteria and Mineral Fertilizers on Tea(*CamelliaSinensis*)Growth, Yield and Nutrient Uptake. 1st Central Asia Congres on Modern Agricultural Tecniquesand Plant Nutrition. 01-03 October, 2013, SoilWaterJournal, SocialIssuefor AGRICASIA, Vol 2, No 2(1) , 653-662.

Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Atasever, A., Kotan, R., Erat, M., Varmazyari, A., Türkyılmaz, K., Haznedar, A., Sekban, R., (2014). Development of plantgrowth-promoting bacterial based bioformulationsusingsolid and liquid carriers and evaluation of their influence on growth parameters of tea. 9th International Soil Science Congress on the Soul of the Soil and Civilization, 14-16 October 2014, Side, Book of Proceedings, 801-808.

Çakmakçı, R., Kotan, R., Atasever, A., Erat, M., Türkyılmaz, K., Sekban, R., Haznedar., (2017). Çayda besin alımı, gelişme, enzim aktivitesi ve verimim artırılması için farklı bitki büyümesini teşvik edici bakterilerin birlikte aşılmasının etkinliği. *Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi*, 26 (1): 86–91.

- Çakmakçı, R., (2019). The Variability of the Predominant Culturable Plant Growth-Promoting Rhizobacterial Diversity in the Acidic Tea Rhizosphere Soils in the Eastern Black Sea Region. *Alinteri Journal of Agriculture Sciences*, 34(2): 175-181.
- Çirka M., Tunçtürk R., Kulaz H., Tunçtürk M., Eryiğit T., Baran İ., (2022). Investigation of the Effects of Rhizobacteria and Algae Applications on Plant Growth in Broad Bean (*Vicia faba* L.) Plant Grown under Drought Stress. *Journal of the Institute of Science and Technology*, 12(2): 1124-1133.
- Datta, M., Palit, R., Sengupta, C., Pandit, M. K., Banerjee, S., (2011). Plant growth promoting rhizobacteria enhance growth and yield of chilli (*Capsicum annuum* L.) under field conditions. *Australian Journal of Crop Science*, 5(5), 531-536.
- Demirel, K., Genç, L., Genç, L., SAÇAN, M., (2012). Yarı kurak koşullarda farklı sulama düzeylerinin salçalık biberde (*Capsicum annum* cv. *Kapıja*) verim ve kalite parametreleri üzerine etkisi. *Tekirdağ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 7-15.
- Dere, S., (2021). Kuraklık stresi koşullarında bakteri uygulamasının domates bitkileri üzerine etkileri. *Türk Doğa ve Fen Dergisi* 10(1): 52-62
- Dönmez, C., (2019). Kimyasal gübre ve bitki gelişimini uyaran kök bakterilerinin (pgpr) domates yetiştiriciliğine etkisi. Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, Iğdır.
- Dönmez, M., Uysal Şahin, B., (2020). Farklı bakteri uygulamalarının domates (*Solanum lycopersicum* L.) bitki gelişimi üzerine etkileri. *Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(3): 1507-1517
- Duc, N. H., Mayer, Z., Pék, Z., Helyes, L., Posta, K., (2017). Combined inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi, *Pseudomonas Fluorescens* and *Trichoderma spp.* for enhancing defense enzymes and yield of three pepper cultivars. *Applied Ecology and Environmental Research* 15(3):1815-1829
- Ergün, R., (2020). Bitki gelişimini uyarıcı rizobakteri (pgpr) ve sıvı vermikompost uygulamalarının marul bitkisinin (*Lactuca sativa* L.) verimi ve bazı toprak

özellikleri üzerine etkisi. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Yüksek Lisans Tezi, İzmir.

- Eylen, M., Kanber, R., Tok, A., (1986). Çukurova Koşullarında Karık ve Damla Sulama Yöntemleri ile Sulanan Çileğin Verim ve Su Tüketimi. Köy Hizmetleri Araştırma Enstitüsü Yayınları 135. 77. 39s. Tarsus.
- Fan, X., Sokorai, K. J. B., (2005). Assessment of Radiation Sensitivity of Fresh-Cut Vegetables Using Electrolyte Leakage Measurement. *Postharvest Biology and Technology* 36 (2):191-197.
- Ghim, S., Hahm, M., Sumayo, M., Hwang, Y., Jeon, S., Park, S., Lee, J., Ahn, J., Kim, B., Ryu, C., (2012). Biological Control and Plant Growth Promoting Capacity of Rhizobacteria on Pepper under Greenhouse and Field Conditions. *The Journal of Microbiology Vol. 50, No. 3, pp. 380–385*
- Ghim, S., Hahm, M., Son, J., Hwang, Y., Kwon, D., (2017). Alleviation of Salt Stress in Pepper (*Capsicum annum* L.) Plants by Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *J. Microbiol. Biotechnol. 27(10), 1790–1797*
- Gou, J. Y., Suo, S. Z., Shao, K. Z., Zhao, Q., Yao, D., Li, H. P., Rensing, C., (2020). Biofertilizers with beneficial rhizobacteria improved plant growth and yield in chili (*Capsicum annum* L.). *World journal of Microbiology and Biotechnology, 36, 1-12.*
- Herman, M. A. B., Nault, B. A., Smart, C. D., (2008). Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on bell pepper production and green peach aphid infestations in New York. *Crop Protection, 27(6), 996-1002.*
- Jodeh, S., Alkowni, R., Hamed, R., Samhan, S., (2015). The study of electrolyte leakage from barley (*Hordeum vulgare* L.) and pearl millet using plant growth promotion (PGPR) and reverse osmosis. *Journal of Food and Nutrition Research, 3(7), 422-429. doi:10.12691/jfnr-3-7-3*

- Joshi, R., Singh, J., Vig, A.P., (2015), Vermicompost as an effective organic fertilizer and biocontrol agent: effect on growth, yield and quality of plants, Springer, Rev. Environ. Sci. *Biocontrol*, 14:137-159.
- Kacar, B., İnal, A., (2008). Bitki Analizleri (I. Basım). Nobel Yayın No: 1241, Fen Bilimleri No: 63, Nobel Yayın Dağıtım, Ankara.
- Kapluhan, E., (2013). Türkiye’de kuraklık ve kuraklığın tarıma etkisi. *Marmara Coğrafya Dergisi*, 27: 487-510.
- Kaushal, M., Mandyal, P., Kaushal, R., (2019). Field based assessment of *Capsicum annuum* performance with inoculation of rhizobacterial consortia. *Microorganisms*, 7(3), 89.
- Kidoğlu, F., (2009). Perlitte yetiştirilen bazı sera sebze türlerinde kök bakterilerinin bitki gelişimi, verim ve besin maddesi alınımına etkileri. Ege Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Doktora Tezi, İzmir.
- Kiran, S., Furtana, G. B., Ellialtioglu, Ş. Ş., (2022). Physiological and biochemical assay of drought stress responses in eggplant (*Solanum melongena* L.) inoculated with commercial inoculant of *Azotobacter chroococum* and *Azotobacter vinelandii*. *Scientia Horticulturae*, 305, 111394.
- Kulkarni, M., Phalke, S., (2009). Evaluating variability of root size system and its constitutive traits in hot pepper (*Capsicum annuum* L.) under water stress. *Scientia Horticulturae*, 120(2), 159-166.
- Kumari, S., Bharat, N. K., Thakur, A. K., Kaushal, R., (2019). Effect of PGPR and BCA on quality seed production of bell pepper (*Capsicum annuum* L.) under open field conditions. *International Journal of Economic Plants*, 6(4), 172-180.
- Kuşvuran, Ş., (2010). Kavunlarda kuraklık ve tuzluluğa toleransın fizyolojik mekanizmaları arasındaki bağlantılar. Doktora Tezi. Çukurova Üniversitesi, Adana, Türkiye.
- Levitt, J., (1980). Responses of plants to environmental stresses II. water, Radiation, Salt and Other Stres, *Academic Press*. 3-7, 25-74

- Lim, J. H., Kim, S. D., (2013). Induction of drought stress resistance by multi-functional PGPR *Bacillus licheniformis* K11 in pepper. *The plant pathology journal*, 29(2), 201.
- McGuire, G. R., (1992). Reporting of Objective Color Measurements. *Hortscience* 27 (12):1254-1255.
- Mena-Violante, H. G., Ocampo-Jiménez, O., Dendooven, L., Martínez-Soto, G., González-Castañeda, J., Davies, F. T., Olalde-Portugal, V., (2006). Arbuscular mycorrhizal fungi enhance fruit growth and quality of chile ancho (*Capsicum annuum* L. cv San Luis) plants exposed to drought. *Mycorrhiza*, 16, 261-267.
- Mena-Violante, H. G., Olalde-Portugal, V., (2007). Alteration of tomato fruit quality by root inoculation with plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): *Bacillus subtilis* BEB-13bs. *Scientia Horticulturae*, 113(1), 103-106.
- Narayanan, J. S., Madhavan, S., (2020). Studies On The Role Of Plant Growth Promoting Rhizobacteria On The Growth And Yield Of Chilli (*Capsicum Annum* L.). *Plant Archives*, 20(2), 3816-3818.
- Olo, L., Siahaan, P., Kolondam, B., (2019). Uji penggunaan PGPR (plant growth-promoting rhizobacteria) terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman cabai merah (*Capsicum annuum* L.). *Jurnal MIPA*, 8(3), 150-155.
- Ordookhani, K., Khavazi, K., Moezzi, A., Rejali, F., (2010). Influence of PGPR and AMF on antioxidant activity, lycopene and potassium contents in tomato. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 5(10), pp. 1108-1116
- Park, S., Kim, J., Hoon, K., Cho, H., Cheong, H., Ryu, C., (2006). Two Bacterial Entophytes Eliciting Both Plant Growth Promotion and Plant Defense on Pepper (*Capsicum annuum* L.). *J. Microbiol. Biotechnol* 17(1), 96–103
- Pıtır, M., (2015). Biber yetiştiriciliğinde farklı su kısıtlarının meydana getirdiği fizyolojik, morfolojik ve kimyasal değişikliklerin belirlenmesi. Yüksek Lisans Tezi, Namık Kemal Üniversitesi, Tekirdağ.

- Raka, I. G. N., Khalimi, K. H. A. M. D. A. N., Nyana, I. D. N., Siadi, I. K., (2012). Aplikasi rizobakteri *Pantoea agglomerans* untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea mays*, L.) varietas hibrida Bisi-2. *Agrotrop: Journal on Agriculture Science*, 2(1), 1-9.
- Roussos, P. A., Denaxa, N., Damvakaris, T., (2009). Strawberry fruit quality attributes after application of plant growth stimulating compounds. *Scientia Horticulturae*, 119(2), 138-146.
- Sadak, A., İbrahim, A. S., Şensoy, S., (2021). Endofit bakteri uygulamalarının farklı kuraklık stresi koşulları altındaki biber fide gelişimine etkileri. *Türk Tarım-Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi* 9(7): 1277-1282
- Samancıoğlu, A., Yıldırım, E., Şahin, Ü., (2016). Bitki gelişimini teşvik eden rizobakteri uygulamalarının farklı sulama seviyelerinde yetiştirilen lahanada fide gelişimi, bazı fizyolojik ve biyokimyasal özelliklerin etkisi. *KSÜ Doğa Bil. Derg.* 19(3):332-338
- Sharma, N., Shukla, Y. R., Thakur, K. S., Mehta, D. K., Singh, U., Gupta, R. K., (2017). Assessment of Growth, Yield and Nutritional Parameters of Bell Pepper (*Capsicum annuum* L.) as Influenced by Conjoint Applications of Organic Manures, PGPR and Varying Levels of Inorganic Fertilizers. *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci*, 6(10), 1780-1789.
- Sundaramoorthy, S., Raguchander, T., Ragupathi, N., Samiyappan, R., (2012). Combinatorial effect of endophytic and plant growth promoting rhizobacteria against wilt disease of *Capsicum annuum* L. caused by *Fusarium solani*. *Biological Control*, 60(1), 59-67.
- Tallapragada, P., Dikshit, R., Seshagiri, S., (2016). Influence of Rhizophagus spp. and Burkholderia seminalis on the growth of tomato (*Lycopersicon esculatum*) and bell pepper (*Capsicum annuum*) under drought stress. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 47(17), 1975-1984.
- Tariq, M., Ali, Q., Khan, A., Khan, G. A., Rashid, B., Rahi, M. S., Husnain, T., (2014). Yield potential study of *Capsicum annuum* L. under the application of PGPR. *Advancements in Life Sciences*, 1(4), 202-207.

- Teoman, S., (2013). Domates, biber ve patlıcan tohumlarında organik priming uygulamalarının fide kalitesi ve performansı üzerine etkileri. Uludağ Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi Bursa.
- Tunçtürk, R., Tunçtürk, M., Erol, O., (2021). Kuraklık stresi koşullarında yetiştirilen soya fasulyesinin (*Glycine max* L.) bazı fizyolojik özellikleri üzerine rizobacterium (PGPR) uygulamalarının etkisi. *ÇOMÜ Ziraat Fakültesi Dergisi*, 9(2), 359-368.
- Vardharajula, S., Zulfikar Ali, S., Grover, M., Reddy, G., Bandi, V., (2011). Drought-tolerant plant growth promoting *Bacillus* spp.: effect on growth, osmolytes, and antioxidant status of maize under drought stress. *Journal of Plant Interactions*, 6(1), 1-14. doi:10.1080/17429145.2010.535178
- Vavrina, C. S., (1999). Plant growth promoting rhizobacteria via a transplant plug delivery system in the production of drip irrigated pepper. SWFREC Station Report- VEG 99.6
- Vessy, J. Kevin., (2003). Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers *Plant and Soil*. 255 (2): 571-586.
- Vural, H., Eşiyok, D., Duman, İ., (2000). Kültür Sebzeleri (Sebze Yetiştirme). Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü, İzmir.
- Vyas, M., Vyas, A., (2014). Field response of *Capsicum annuum* dually inoculated with AM fungi and PGPR in Western Rajasthan. *International Journal of Research Studies in Biosciences*, 2(3), 21-26.
- Yagmur, B., Gunes, A. (2021). Evaluation of the Effects of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Yield and Quality Parameters of Tomato Plants in Organic Agriculture by Principal Component Analysis (PCA). *Gesunde Pflanzen*, 73(2).
- Yasin, N. A., Akram, W., Khan, W. U., Ahmad, S. R., Ahmad, A., Ali, A., (2018). Halotolerant plant-growth promoting rhizobacteria modulate gene expression and osmolyte production to improve salinity tolerance and growth in *Capsicum annuum* L. *Environmental Science and Pollution Research*, 25, 23236-23250.

- Yavaş, İ., Nail, H., Ünay, A., (2016). Bitkilerin kuraklığa dayanıklılığını artırmaya yönelik uygulamalar. *Turkish Journal of Agriculture-Food Science and Technology*, 4(1), 48-57.
- Yıldırım, E., Ekici, M., Kotan, R., (2015). Bazı bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin brokoli (*Brassica oleraceae* L. var. *italica*) fide gelişimi ve fide kalitesi üzerine etkileri. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 28(2): 53-59
- Yu, X., Ai, C., Xin, L., Zhou, G., (2010). The siderophore-producing bacterium, *Bacillus subtilis* CAS15, has a biocontrol effect on Fusarium wilt and promotes the growth of pepper. *European Journal of Soil Biology* 47 138-145.
- Yüksel, B., Aksoy, Ö., (2017). Su stresi koşullarında bitkilerde gözlenen değişimler. *Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi*, 10(2), 1-5.
- Wang, C., Guo, Y., Wang, C., Liu, H., Niu, D., Wang, Y., Guo, J., (2012). Enhancement of tomato (*Lycopersicon esculentum*) tolerance to drought stress by plant-growth-promoting rhizobacterium (PGPR) *Bacillus cereus* AR156. *Journal of Agricultural Biotechnology*, 20(10), 1097-1105.
- Willey, Joanne M., Sherwood, Linda M., Woolverton, Christopher J., (2011). "Chapter 29: Microorganisms in Terrestrial Ecosystems". *Prescott's Microbiology*. McGraw-Hill. ss. 703-706. ISBN 978-0-07-131367-4.