

Büyümeyi Teşvik Eden Bazı Bakterilerin Sivri Biber (*Capsicum annuum* var. *longum*)
Gelişimi Üzerine Etkileri

Ahmet KIRBIYIK
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Ocak 2024

Effects of Some Growth Promoting Bacteria on the Development of Green Pepper
(*Capsicum annuum* var. *longum*)

Ahmet KIRBIYIK

MASTER OF SCIENCE THESIS

Department of Horticulture

January 2024

Büyümeyi Teşvik Eden Bazı Bakterilerin Sivri Biber (*Capsicum annuum* var. *longum*)
Gelişimi Üzerine Etkileri

Ahmet KIRBIYIK

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Lisansüstü Eğitim ve Öğretim Yönetmeliği Uyarınca
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Sebze Yetiştirme ve Islahı Bilim Dalında
YÜKSEK LİSANS TEZİ
Olarak Hazırlanmıştır.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Kenan SÖNMEZ
Ocak 2024

ONAY

Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans öğrencisi **Ahmet KIRBIYIK**'ın YÜKSEK LİSANS tezi olarak hazırladığı “Büyümeyi Teşvik Eden Bazı Bakterilerin Sivri Biber (*Capsicum annuum* var. *longum*) Gelişimi Üzerine Etkileri” başlıklı bu çalışma, jürimizce lisansüstü yönetmeliğin ilgili maddeleri uyarınca değerlendirilerek oybirliği ile kabul edilmiştir.

Danışman: Dr. Öğr. Üyesi Kenan SÖNMEZ

İkinci Danışman:--

Yüksek Lisans Tez Savunma Jürisi:

Üye: Dr. Öğr. Üyesi Kenan SÖNMEZ

Üye: Prof. Dr. Nuray ÇÖMLEKÇİOĞLU

Üye: Prof. Dr. Nuray AKBUDAK

Fen Bilimleri Enstitüsü Yönetim Kurulu'nun tarih ve sayılı kararıyla onaylanmıştır.

Prof. Dr. Fatma TÜMSEK
Enstitü Müdürü

ETİK BEYAN

Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü tez yazım kılavuzuna göre, Dr. Öğr. Üyesi Kenan SÖNMEZ danışmanlığında hazırlamış olduğum “Büyümeyi Teşvik Eden Bazı Bakterilerin Sivri Biber (*Capsicum annuum* var. *longum*) Gelişimi Üzerine Etkileri” başlıklı Yüksek Lisans tezimin özgün bir çalışma olduğunu; tez çalışmamın tüm aşamalarında bilimsel etik ilke ve kurallarına uygun davrandığımı; tezimde verdiğim bilgileri, verileri akademik ve bilimsel ilke ve kurallara uygun olarak elde ettiğimi; tez çalışmamda yararlandığım eserlerin tümüne atıf yaptığımı ve kaynak gösterdiğimi ve bilgi, belge ve sonuçları bilimsel etik ilke ve kurallara göre sunduğumu beyan ederim.. 30.01.2024

Ahmet Kırbıyık

İmza

ÖZET

İnsanlığın var olma temelini oluşturan beslenme ihtiyacı gün geçtikçe artan nüfus neticesinde tarımın önemini net bir şekilde ortaya koymaktadır. Tarım faaliyetlerinin bu denli kilit rol oynaması üzerinde yapılan çalışmaların ve tarımsal desteklerin ne kadar önem arz ettiği ortaya çıkmaktadır. Tarımsal üretimde kullanılan kimyasal gübreler verim artışını sağlarken maliyetlerin artmasını ve uzun vadede toprak tuzluluğunun artmasına da neden olmaktadır. Diğer yandan şu an ülkemizde gübreleme bilincinin oluşmaması sonucunda verimli toprak kayıpları, çevre kirliliği veya tam aksi bir durum gübrelemenin yeterli miktarda yapılmaması nedeniyle verimde düşüşler yaşanmaktadır. Çalışmamızda ülkemizde ve dünyada tüketimi ve üretimi doğru orantılı şekilde artan Demre Biberi bitkisine (*Capsicum annuum* L.) 13 adet kök bakteri (PGPR) ırkı (*Bacillus megaterium* RC34, *Bacillus pumilus* RC356, RC16, *Bacillus subtilis* RC631, *Pseudomonas fluorescense* RC77, *Rhodococcus erythropolis* RC49, RC33, *Pantoea agglomerans* RC36, RC86, RC9, *Pseudomonas putida* biyotip B, RC14, RC67, RC11) 5'er ırk olacak şekilde kombinasyonlar yapılarak fidelerin kök boğazı bölgesine uygulaması yapıp bitki gelişim parametreleri ve verim üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışma Eskişehir açık arazi koşullarında ve laboratuvar çalışmaları ESOGÜ Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünde yürütülmüştür.

Uygulama sonuçlarından elde edilen bulgular incelendiğinde PGPR ırk uygulamasının sivri biber (*Capsicum annuum* var. *longum*) yetiştiriciliğinde bazı özellikler üzerinde etkili olduğu görülmüştür. Uygulanan PGPR ırklarının gübreleme uygulamasına göre bazı kriterlerde yakın ve yüksek değerler vermesi gübrelemeden tasarrufun sağlanması, üretimde daha yaygın şekilde kullanılmasına olanak verecektir. Ancak PGPR'ler bitki türüne, uygulama zamanı ve şekli, toprak tipi, uygulama yapılan bakteri ırkına göre bitki gelişimi ve verim artışına etkisine doğrudan belirleyici olduğu düşünülmektedir. Çalışmamız sonucunda biber bitkisine uygulanan kök bakterilerinin biyogübre olarak kullanımının bitkide gelişimi ve verim artışına etkili olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar kelimeler: Kök Bakterileri, Biber (*Capsicum annuum* L.), Bitki Gelişimi, Verim

SUMMARY

The need for nutrition, which constitutes the basis of human existence, clearly reveals the importance of agriculture as a result of the ever-increasing population. The importance of the studies and agricultural supports on the fact that agricultural activities play such a key role emerges. While chemical fertilizers used in agricultural production increase yields, they also increase costs and increase soil salinity in the long term. On the other hand, as a result of the lack of fertilization awareness in our country, fertile soil losses, environmental pollution or, on the contrary, decreases in yield are experienced due to insufficient fertilization. In our study, 13 root bacteria (PG) were applied to Demre pepper plant (*Capsicum annuum* var. *longum*), whose consumption and production are increasing in direct proportion in our country and in the world.) 13 root bacteria (PGPR) strains (*Bacillus megaterium* RC34, *Bacillus pumilus* RC356, RC 16, *Bacillus subtilis* RC631, *Pseudomonas fluorescense* RC77, *Rodococcus erythropolis* RC49 , RC33, *Pantoea agglomerans* RC36 , RC86, RC9, *Pseudomonas putida* biotype B RC14, RC67, RC11) were applied to the root collar area of the seedlings by making combinations of 5 strains each and their effects on plant growth parameters and yield were investigated. The study was carried out under open field conditions in Eskisehir and laboratory studies were carried out at ESOGU Faculty of Agriculture, Department of Horticulture.

When the findings obtained from the application results were examined, it was seen that PGPR race application was effective on some traits in the cultivation of green pepper (*Capsicum annuum* var. *longum*). The fact that the applied PGPR strains give close and high values in some criteria compared to the fertilization application will allow saving from fertilization and more widespread use in production. However, it is thought that PGPRs have direct determinants on plant growth and yield increase according to plant species, application time and method, soil type and strain type. As a result of our study, it is thought that the use of root bacteria applied to pepper plants as biofertilizers can be effective on plant growth and yield increase.

Key words: Pepper (*Capsicum annuum* L.), PGPR, plant development, yield

TEŞEKKÜR

Yüksek Lisans eğitimi ve tez çalışması sürecinde desteğini esirgemeyen, bilgi birikimini ve tecrübesini karşılaştığım zorluklarda bana aktararak süreci iyi ve bilinçli yürütmeme destek veren değerli danışman hocam Dr. Öğr. Üyesi Kenan SÖNMEZ'e sonsuz teşekkürlerimi sunarım.

Tez çalışma sürecinde yardımcı olan bütün Bahçe Bitkileri Bölümü hocalarıma ve meslektaşlarıma teşekkür ederim.

Hayatımda maddi ve manevi bana desteklerini hiçbir zaman esirgemeyen sevgili babam Ali Kırbyık ve annem Fatma Kırbyık 'a sonsuz teşekkürlerimi sunuyorum.

Çalışma sürecimde desteğini ve bilgisini esirgemeyen sevgili meslektaşım Sevgi Selçuk'a teşekkürlerimi sunuyorum.

İÇİNDEKİLER

	<u>Sayfa</u>
ÖZET	vi
SUMMARY	vi
TEŞEKKÜR.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xiii
SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ.....	xiv
1.GİRİŞ VE AMAÇ.....	1
2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	6
3.MATERYALVE YÖNTEM	24
3.1.Çalışma Yerinin İklim ve Toprak Özellikleri.....	24
3.2. Mataryel.....	26
3.3. Yöntem	27
3.3.1. Bakteri (PGPR) Irklarının Fidelere uygulanması.....	27
3.3.2. Bakteri (PGPR) Irklarının Fidelere Uygulanması sonrası Fide Gözlem ve Ölçümleri	28
3.3.3.1. Fidelerin kök boğazı çapı (mm).....	29
3.3.3.2. Biber bitkisinin yaprak en ve boy ölçümü (mm)	30
3.3.3.3. Meyve boy ölçümü (cm)	30
3.3.3.4. Biber bitkisinin boy ölçümü (cm).....	30
3.3.3.5. Hasat sonrası verim (kg)	30
3.3.3.6. Suda çözünür kuru madde (SÇKM)briks değeri	31
3.3.3.7. Bitki Ph ‘sı.....	31
3.3.3.8. Yaprak klorofil içeriği (SPAD)ölçümü	32

İÇİNDEKİLER

Sayfa

3.3.3.9. Antioksidan içeriği($\mu\text{mol (TEAC)/g}$)	32
3.3.3.10. C vitamini (askorbik asit) analizi.....	34
3.3.3.11. Rek ölçümü (L^* , a^* , b^*)	35
3.3.3.12. Verilerin İstatiksel Değerlendirilmesi.....	35
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	36
4.1. Bulgular	36
4.2. Arazi Koşullarında Kök Boğazı Bölgesine Uygulanan Bakteri Irklarının Verim Değerleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi	36
5. SONUÇ VE ÖNERİLER	50
KAYNAKLAR DİZİNİ.....	52

ŞEKİLLER DİZİNİ

<u>Sekil</u>	<u>Sayfa</u>
3.1.Denemede kullanılan biber çeşidi.	26
3.2. Fide dikiminden sonra bitkilerin sıra arası ve üzeri genel görüntüsü.....	28
3.3. Uygulama alanına yapılan kültürel işlemler.....	28
3.4. Hasat olgunluğuna gelmiş bitkiler.....	29
3.5 Biber kök boğaz çapı ölçüm işlemi	29
3.6. Biber mataryelinin özsuynun havanda ezilerek çıkarılma işlemi.....	31
3.8. Antioksidan içeriği analizi için örneklerin tüplere yerleştirilme işlemi	33
3.9. Örneklerin C vitamini kapasitesi belirlenmesi	34
4.1. Farklı bakteri ırklarının biber kök boğaz çapı üzerine etkisi.....	37
4.2. Farklı bakteri ırklarının biber yaprak eni üzerine etkisi	38
4.3. Farklı bakteri ırklarının biber yaprak boyu üzerine etkisi	39
4.4. Farklı bakteri ırklarının bitki boyu üzerine etkisi.....	40
4.5. Farklı bakteri ırklarının biber meyve L* değeri üzerine etkisi	41
4.6. Farklı bakteri ırklarının biber meyve Chroma(C) değeri üzerine etkisi	41
4.7. Farklı bakteri ırklarının biber meyve Hue açısı değeri üzerine etkisi.	42
4.8. Farklı bakteri ırklarının meyve pH değeri üzerine etkisi.....	43
4.9. Farklı bakteri ırklarının klorofil (SPAD) değeri üzerine etkisi	44
4.10.Farklı bakteri ırklarının C vitamini (mg/100g) değeri üzerine etkisi	45

ŞEKİLLER DİZİNİ**Sekil****Sayfa**

4.11.Farklı bakteri ırklarının SÇKM değeri üzerine etkisi	46
4.12.Farklı bakteri ırklarının Antioksidan Aktivite ($\mu\text{mol (TEAC)/g}$) değeri üzerine etkisi.....	47
4.13.Farklı bakteri ırklarının meyve boyu üzerine etkisi	48
4.14.Farklı bakteri ırklarının meyve verimi üzerine etkisi	49

ÇİZELGELER DİZİNİ

<u>Cizelge</u>	<u>Sayfa</u>
1.1. Yoğun biber üretimi yapan ülkelerin üretim miktarları (FAO 2020).....	3
3.1. Eskişehir iline ait 1991-2022 iklim verileri	24
3.2. Deneme alanına ait toprak analiz verileri.....	25
3.3. Uygulanan PGPR ırklarının kombinasyonu ve dozu.....	26
3.4. Gübreleme programı	27
4.1. Bakterilerin arazi uygulaması ile kontrol uygulamalarının kök boğaz çapı, yaprak eni, yaprak boyu, bitki boyu, L*, Kroma, Hue açısı değerleri üzerine etkileri.....	36
4.2. Arazide bakteri ve kontrol uygulamalarının pH, klorofil miktarı (SAP), C vitamini, SÇKM, antioksidan aktivitesi, meyve boyu ve verim değerleri.....	42

SİMGELER VE KISALTMALAR DİZİNİ

<u>Simgeler</u>	<u>Açıklama</u>
Ca	Kalsiyum
Fe	Demir
Mg	Magezyum
P	Fosfor
N	Azot
K	Potasyum
mg	Miligram
kg	Kilogram
g	Gram
ml	Mililitre
cm	Santimetre
pH	Potensiyel hidrojen
%	Yüzde
m	Metre

<u>Kısaltmalar</u>	<u>Açıklama</u>
C*	Chroma
h°	Hue
PGPR	Plant Growth Promoting Rhizobacteria
SÇKM	Suda Çözünebilir Kuru Madde Miktarı
TÜİK	Türkiye İstatistik kurumu
FAO	Gıda ve Tarım Örgütü
TOB	Tarım ve Orman Bakanlığı
TEAC	Trolox equivalent antioxidant capacity
DPPH ⁺	2,2-Diphenyl-1-picrylhydrazyl

1. GİRİŞ VE AMAÇ

Biber *Solanaceae* familyasının *Capsicum* cinsine ait ılıman iklimlerde tek yıllık, tropik iklimlerde ise çok yıllık kültür bitkisidir. Kapsamlı taksonomik çalışma ve sınıflandırmalar Eshbaugh (1977; 1980) ve Hunziker (1979) tarafından yapılmıştır. Biber genetik kaynaklarının tanımlanması ve değerlendirilmesine üzerine anavatanı Amerika Kıtası olan ülkelerde ağırlıklı olarak çalışmalar yapılırken, yoğun olarak biber üretiminin yapıldığı ülkelerde de biber populasyonları üzerine morfolojik ve moleküler karakterizasyon çalışmaları yürütülmektedir (Costa et al., 1983). Oldukça zengin çeşitliliğe sahip olan *Capsicum* cinsi, içerisinde birçok türü bulunmasına rağmen bunlardan sadece *C. baccatum* *C. pubescens* *C. annuum*, *C. frutescens* *C. Chinense* ile kültür çalışması yapılmaktadır (Andrews, 1999).

Anavatanı Amerika Kıtası olan biber 1493 yılında İspanya'ya, 1578 yılından sonra diğer Avrupa ülkelerine giriş yapmıştır. Ülkemize girişi ise 16. yy da Avrupa ülkeleri ile olan ilişkiler sonucunda İstanbul'a getirildiği belirtilirken (Şeniz, 1992) bir başka kaynaktan ise ülkemize Bağdat üzerinden geldiği bildirilmektedir (Andrews, 1999).

Dünyada olduğu gibi ülkemizde de üretilen ve tüketilen sebzelerin başında gelen biberin ilaç sanayi ve gıda sektöründe büyük bir öneme sahiptir. Ülkemizde endüstriyel amaçlı sebze üretimi 1960'lı yıllarda domates ile başlamaktadır. Bunu takiben bezelye, fasulye, bamya gibi çeşitler gelmiştir, ancak biberin endüstriyel olarak kullanımı hakkında net bir bilgi bulunmamaktadır (Düzyaman, 2005).

Sanayi amaçlı üretim 1990'lı yıllara kadar Ege, Güneydoğu Anadolu ve Marmara bölgelerinde yoğun olmakla birlikte bu bölgelerin de dışında üretilmeye başlanması sanayi talepleri, nüfus artışı ve biberin birçok alanda hammadde olarak kullanımı sonucu daha geniş bir alanda üretilmesini sağlamıştır. Bölgesel olarak Ege bölgesi yağlık olarak bilinen kapia

biberi, Güneydoğu Anadolu bölgemizin içerisinde yer alan Antep, Urfa, Maraş gibi yerlerde genelde şehrin ismi ile anılan çeşitler farklı amaçlar için kullanılmıştır. Bunlar salça, tatlı veya acı sos, közlenmiş biber, salamura, turşu gibi birçok çeşitte üretimi yapılmaktadır.

Günümüzde insanlar sağlıklı yaşam için sebze ve meyvelerden doğal olanı tüketme, gün içerisindeki tüketim oranını da artırma gayreti içerisinde. Gerekli olan A, B, C ve E vitaminlerine ilave renk maddelerini bulunduran biber antioksidan içeriği açısından da zengin olduğu bilinmektedir. Ayrıca P, S, Fe, Mg ve Ca mineralleri yönünden de zengin olduğu bilinmekte ve birçok meyvede bulunmayan Fosfor içeriğinden de sahiptir. Sebzeler arasında yüksek oranda (340 mg/100 gr) C vitaminine sahip olduğu bilinmektedir. Biber, sarı, turuncu, yeşil, kırmızı rengini lutein, karoten, kapsorubin, kriptoksantin, kapsaisinoid, zeaksantin ve kapsantin gibi karotenoidlerden almaktadır. Bu karotenoidlerin biber meyvesindeki miktarı meyvenin gelişim dönemine göre farklılıklar gösterebilmektedir. Diğer yandan biber antikarsinogenik, antijenotoksik antimitojenik, kanalizetik ve antioksidan özellikleri ile birçok etkiye sahiptir. İyi bir iştah açıcı, endokrin ve ekzokrin salgılarını uyarıcı ayrıca sindirime yardımcı özelliğide bulunmaktadır. Birçok çalışma karotenoid içeren meyve ve sebze tüketiminin insanlarda kanseri önleyici etki yaptığını göstermektedir. Olgun biberler karotenoid pigmentlerinin en iyi kaynaklarından birisidir, ancak bünyesinde bulunan besin değerleri ve verimi iklim şartları, toprak yapısı, toprak yapısında bulunan besin maddeleri, çeşit özellikleri, sulama, gübreleme, hastalıkla mücadele ve bakım gibi kültürel etmenlere bağlı olarak değişim göstermektedir (Kadalkal, 2001).

Toprak yapısında bulunan besin maddelerinin bitki tarafından alınamayacak formda olması veya azlığı tarımsal üretimin önemli sorunlarından biri olup, az olması durumunda gerek duyulan besin elementlerinin gübreleme ile toprağa ilave edilmesi gerekmektedir. Ancak toprak yapısında bulunan ve bitki tarafından alınamayan besin maddelerini yararlı hale getirmek için birtakım yollar denenmektedir, bunlardan biride yaşam faaliyetleri sırasında toprakta bulunan birtakım bakterilerin kullanılmasıdır (El Sheikh et. al., 2005). Dünya genelinde tarım ürünlerinin verimliliğini arttırmak amacıyla kullanılan kimyasal gübreler yoğun bir şekilde uygulanmaktadır. Bu kullanımın sonucunda verim artarken çevre ve insan sağlığında olumsuz yönde etkilenmektedir (Bellitürk, 2015).

Uluslararası Gübre Birliği (IFA) yayınlamış olduğu ülkelere göre kimyasal gübre tüketim miktarları incelendiğinde, Avrupa ülkelerinin Türkiye’den daha fazla gübre tükettiğini ve 2000’li yılların başlarına göre Avrupa’daki kimyasal gübre tüketim miktarında bir azalmanın olduğunu belirtilmektedir. Bu azalmanın nedeni kimyasal gübrelerle karşı alternatif kaynakların kullanılması ve bilinçli tarıma yönelim olarak değerlendirilmektedir (IFA, 2022).

Biber üretiminde Çin %49.9 üretim oranı ile dünyanın en büyük üreticisi konumunda iken (Çizelge 1.1), bunu Meksika %8.5, Türkiye %6.9, Endonezya %6.8 ve İspanya’da %3.7 oranı ile takip etmektedir. Bu 5 ülkenin toplam biber üretim miktarı dünyadaki üretimin %75.8’ini oluşturmaktadır (FAO, 2022).

Çizelge 1.1. Yoğun Biber Üretimi Yapan Ülkelerin Üretim Miktarları (FAO, 2020)

Dünya’da Yoğun Biber Üretimi Yapan Ülkelerin Üretim Miktarları	
Ülkeler	Üretim Miktarı (Ton)
Çin	18.214.018
Meksika	3.379.289
Türkiye	2.554.974
Endonezya	2.542.358
İspanya	1.275.457

Dünya genelindeki artan gübre tüketiminin temel nedeni olarak sayılabilecek en önemli unsur ise nüfus artışına bağlı tarımsal ürünlere olan talep artışıdır. Bu nedenle daha fazla üretim için kimyasal gübre kullanımının artmasına bağlı olarak toprak verimliliği olumsuz etkilenmektedir (IFA, 2022).

Kullanılan kimyasal gübrelerin olumsuz etkilerini gidermek için çevre ile uyumlu tarım uygulamalarında araştırmalar artarak devam etmekte olup “Biyolojik Tarım, Organik Tarım” olarak adlandırılan tarım sistemleri alternatif olarak ortaya çıkmıştır (Bilen, 2014).

Organik tarım tekniğine uygun üretilen ve kimyasal uygulamaları içermeyen ürünler büyük talep görmekte olup, organik tarıma uygun çeşitli üretim girdilerinin ve kullanım olanaklarının daha ayrıntılı olarak tespit edilmesi gerektiği bildirilmektedir (Akkeçeci, 2022).

Organik tarıma uygun üretim materyali olarak bazı bakteri, mantar ve alg çeşitleri gibi biyolojik organizmaların direkt kullanımı ya da şu an kullanılmakta olan gübrelerle kombine edilerek kullanımı söz konusudur (Mulbry, 2005).

Atmosferik azotu fikse eden veya toprakta bulunan bitki besin maddelerini bitki tarafından kolaylıkla alınmasını sağlayan, büyümeyi teşvik eden maddeler salgılayan mantarlar, bakteriler, aktinomisetler ve tek veya kombinasyon halindeki algler gibi yaşayan pasif haldeki mikroorganizmaları içeren ürünlere biyogübre denilmektedir (FAO, 2022).

Biyogübre kombinasyonları içerisinde yer alan Azot (N) bağlayıcı bakteriler toprakta bulunan serbest azotu toprağa bağlayarak bitki büyümesi ve gelişiminde önemli rol oynamaktadırlar. Azot fiksasyonunda atmosferdeki azottan doğrudan yararlanabilen bazı bakteriler (*Rhizobium*, *Clostridium*, *Azotobacter*, *Klebsiella*, *Bacillus*, *Amylobacter*) algler (*Anabaena*, *Nostoc*, *Calothrix*, *Oscillatoria*) ve mantarlar (*Mycorrhiza*) bulunmaktadır (Kucey, 1989).

Toprakta bulunan ve bitki köklerinde simbiyotik olarak yaşayan kök fungusları ile birçok bakteri, çözünemez durumunda bulunan fosfatı organik asitler yardımı ile metabolik enzim ve hormon sentezinde değişiklik yaparak ürettikleri inorganik fosfatı, fosfataz enzimleri yardımıyla organik fosfatı çözünebilir hale getirebilmektedir. Bu bakteriler daha çok; *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium* ve *Burkholderia*, *Beijerinckia*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Microbacterium* cinslerine ait oldukları bilinmektedir (Öztekin, 2015).

Bitki gelişiminde yarar sağlayan biyogübreler üzerine yapılan yatırım ve çalışmalar Dünya genelinde 1980 yılından itibaren artış gösterdiği, biyogübrelerin toprak faunasını geliştirdiği, ürün ve toprak verimliliğini arttırdığı, kimyasal gübrelere olan ihtiyacı azalttığı, toprakta bağlı olarak bulunan besin elementlerini serbest hale getirerek bitki tarafından kolay

alınmasını sağladığı bunun neticesinde de çevre kirliliğini azalttığı ve kimyasal gübrelere kıyasla daha ekonomik olduğu rapor edilmektedir (Chen, 1997).

Çalışmamızın amacı, topraktan izole edilmiş kök bakteri ırkları kombinasyonlarının sivri biber çeşitleri içinde yüksek üretim payına sahip olan Demre biberinin verim, meyve kalitesi ve bitki gelişimi üzerine etkisini belirlemek ve uygun kök bakteri ırkları kombinasyonların belirlenmesidir.



2.LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Günümüzde tarımsal üretimde kullanılan mikrobiyal ürünleri ticari olarak piyasada ulmak mümkündür. Bu mikrobiyal (mikroorganizma) içerikli ürünler, kimyasal gübre ve pestisitlerin meydana getirdiği sorunların çözümünde alternatif olmaları nedeniyle konvansiyonel ve organik tarımda kullanımı her geçen gün artmaktadır (Yalçın, 2014).

Bitkisel üretim ve zararlıların kontrolünde bilinçli ve bilinçsiz olarak yüksek miktarlarda kimyasal gübre ve bitki koruma ürünlerinin kullanımı, toprağın yapısını bozmakla beraber daha dirençli patojen ve zararlı yoğunluğunun ortaya çıkmasına neden olmaktadır. (Saber, 2001). Bu nedenle sürdürülebilir tarım yöntemlerinin benimsenmesi zorunlu hal almıştır. Tarım sistemindeki bu değişim hareketi organik artıkların toprak içinde parçalanmalarını, biyolojik gübrelerle toprak yapısının iyileştirilmesini, organik tarıma uygun tarımsal ilaçların kullanılmasını ve ekosistemin dengesini bozacak etmenlerin biyolojik olarak elimine edilmesine dayanmaktadır (Çakmakçı, 2005).

Bitki gelişimini teşvik eden kök bakterileri (PGPR: Plant Growth Promoting Rhizobacteria) uygulamalarıyla kök gelişmesi, çimlenme oranı, klorofil oranı, yaprak büyüklüğü, azot miktarı, protein miktarı, verim, hidrolik aktivite, kuraklığa tolerans, kök ve bitki ağırlığı artışı yanı sıra bitkide hastalık ve zararlılara karşı toleransının arttığı belirtilmiştir (Bastian, 1998).

PGPR uygulamaları değişik yetiştirme koşullarında farklı sonuçlar vermektedir. Bunlardan biri olan tarla denemelerinde beklenmeyen koşulların gelişmesi nedeniyle istenilen sonuç her zaman alınamamaktadır. Bu durumun temel nedenleri arasında: toprak pH'sının değişimi, yüksek sıcaklıklar, yağış miktarının azlığı ve besin eksikliği gibi uygun olmayan koşulların mikroorganizma aktivitesini azaltması olarak belirtilmiştir (Şahin, 2006).

Toprakta bulunan bakteri, mantar, aktinomiset ve alg gibi yaygın birçok mikroorganizmanın varlığı bilinmektedir. Bu yapılardan bitkisel gelişimi artıran biyolojik savaşta veya biyogübre olarak kullanılan bakteri grubuna rizobakteriler (PGPR) denilmektedir. Bu bakteriler genel olarak: *Acinetobacter*, *Burkholderia*, *Achromobacter*, *Enterobacter*, *Aereobacter*, *Xanthomonas*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Micrococcus*, *Artrobacter*, *Azospirillum*, *Klebsiella*, *Azotobacter*, *Clostridium*, *Bacillus*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Rhizobium*, *Pseudomonas*, *Serratia* ve *Acetobacter* cinslerine aittir (Burdman, 2000).

Rizobakterilerin (PGPR) bakteri yapısal özelliğine bağlı olarak bitki gelişimine katkısı: simbiyotik ve asimbiyotik azot fiksasyonu, bitki besin elementlerini bitki tarafından alınabilir hale getirilmesi, toprak kökenli hastalıkların biyolojik savaşı ve bitki gelişimini artıran maddeleri salgılamasıdır (Lucy, 2004). İlk olarak 1893 yılında *Clostridium pasteurianum* (anerobik), 1901 yılında nitrojen fiske eden *Azotobacter spp.* (Tchan, 1993) yakın geçmişte ise *Azoarcus*, *Gluconaceto bacter*, *Gluconacetobacter diazotrophicus* ve *Herbaspirillum spp.* türleri izole edilmiştir (Döbereiner, 1997). Özellikle *Azotobacter* ve *Azospirillum* türleri verim artışında önemli katkısının olduğu tespit edilmiştir. Serbest azotu fiske ederek bitki türü ve bakteri özelliklerine bağlı yaklaşık %20-50 arasında verim artışı sağladığı bildirilmektedir (Jagnow, 1987). Yapılan çalışmalar sonucunda patatesten %22.5, kök sebzelerinde %20, şekerpancarında %16.9, çeltikte %16.2, karpuzda %15.5, pamukta %10.4, pirinç ve kanolada %12 verim artışı sağladığı bildirilmiştir (Chen, 1996).

El-Meleigi vd. (2007) İtalya’da yapmış oldukları çalışmada *Trichoderma harzianum* mantarının buğday bitkisinde *Fusarium graminearum* etmeninin neden olduğu kök çürüklüğü semptomunu azalttığı ve tohumların çıkış oranında istatistiksel olarak olumlu etki gösterdiğini bildirmiştir. ABD’de yapılan bir diğer çalışmada ise uygulanan *Trichoderma harzianum* mantarının arpa kuru ağırlığında %5-%20’ye kadar artışa neden olduğu bildirilmiştir (Zablotowicz vd., 1991).

Civelek (2017), 2014-2015 yılları arasında yürüttüğü iki yıllık çalışmada (*Brassica oleracea* var. *Botrytis* cv Tetris F1) karnabahar bitkisine üç farklı bakteri türünden oluşan (*P. putida* (RC14), *B. subtilis* (RC63) ve *P. fluorescens* (RC77)

PGPR kombinasyonlarını ve üç farklı mineral gübre olan: NPK1 (8-5-8 kg/da N-P-K), NPK2

(16-7,5-16 kg/da N-P-K), NPK3 (20-10-20 kg/da N-P-K)'ün organik tavuk gübresi (OTG) ile karışımı şeklinde uygulamış ve bitkide: verim, kalite, taç verimi, gövde çapı, taç rengi, yaprak gelişimine etkilerini araştırmıştır. İlk yıl NPK2xOTG, NPK3xOTG ve NPK2 uygulamaları verim ve kalitede iyi sonuç verirken, ikinci yılda sırasıyla PGPRxOTGxNPK1, PGPRxOTGxNPK2 ve NPK2xOTG uygulamalarıyla en iyi sonuçlar elde edildiği belirtilmiştir. Klorofil (SPAD) değerlerinde ise iki yıl ortalamasında NPK2 en yüksek klorofil içeriğine sahip olduğunu belirtmiştir. Antioksidan içeriği bakımından yıllar ortalamasında en yüksek değer NPK2xPGPRxOTG uygulamasından elde edildiği belirtilmektedir.

Alpago (2019), BT Şamba ticari kıvrıcık salata çeşidine tohumu uygulanan SB29 (*H. huttiense*), YÖ19 (*V. pantothenicus*) ve SK4 (*B. parabrevis*) bakterilerinin marul bitkisindeki: bitki çapı, bitki boyu, gövde çapı, yaprak sayısı, tohum çıkım oranı, kök yaş ağırlığı ve yapraktaki protein oranı parametreleri incelenmiş olup çimlenme oranının SB29 ve YÖ19 bakterilerinde %100 olduğunu kontrol uygulamasında ise %73 oranında olduğu tespit edildiğini aynı zamanda bu uygulamaların baş ağırlığı (125.22 g), ve gövde çapında da (27.82-29.52mm) en yüksek sonucu verdiği bildirmiştir. Yaprak sayısında SB29 (19/adet) ve YÖ19 (19.33/adet) uygulamalarında önemli fark bulunmazken SK4 (16 /adet) bunları takip ettiğini bildirmiştir. Araştırmalar sonucunda bakteri uygulamaların bitki ağırlığı, bitki çapı, gövde çapı, bitki baş ağırlığı, yaprak sayısı üzerinde etkisinin olduğu belirtilmektedir.

Tüzel vd. (2015) yapmış oldukları çalışmada kullanılan domates (*Solanum lycopersicon* Mill.) bitkisine ticari olarak Symbion-P olarak adlandırılan fosfor çözücü (*Bacillus megaterium* var. *phosphaticum*) bakteriyel gübreyi üç farklı dozda: önerilen uygulama dozunda (D, 300 ml da⁻¹), uygulama dozunun yarısı (D/2, 150 ml da⁻¹) ve iki katı (DX2, 600 ml da⁻¹) şeklinde uygulamıştır. Araştırma sonucunda Dx2, D ve D/2 uygulamalarının kontrol bitkisine kıyasla bitki boyunu sırası ile %3.7, %2.5 ve %0.6; gövde çapı: %12.4, %17.0, %4.1; vejetatif kuru ağırlığı (yaprak, gövde, salkım): %9.2, %5.4, %8.4; generatif yaş ağırlığı(meyve):%10.8, %12.9 ve %23.3; generatif kuru ağırlığı (meyve): %32.2, %21.4 ve %17.0 oranlarında arttırdığı bildirmişlerdir. Uygulanan *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* bakterisinin organik fosfatı çözünebilir hale getirerek bitki tarafından alınımını sağlaması bitki gelişimini teşvik ettiği ve uygulanan doz oranında da verim ve kalitede doğru orantılı artışlar tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Kotan ve Oral (2021) yaptıkları çalışmada BT 987 F1 Hibrit Oturak domates (*Lycopersicon esculentum* L.) çeşidi kullanmış ve uygulanan bakteri türlerinin bitki gelişimi ve bazı fungal hastalıklara karşı antifungal etkisi araştırmışlardır. Uygulanan 6 çeşit bakteri *Pantoea agglomerans* (RK-92), *Hafnia alvei* (TV 34A), *Bacillus megaterium* (TV 87A), *Bacillus megaterium* (TV 60D), *Bacillus megaterium* (KBA-10), *Bacillus megaterium* (TV 91C)'dir. Uygulamada: bitki boyu, bitkinin gelişme sürecindeki (32., 42., 72. ve 98. günde) çiçek sayısı (adet/bitki), meyve sayısı, meyve ağırlığı, meyve çapı ve meyve yüksekliği, çiçeklerin meyveye dönüşme hızı, kök yaş ve kuru ağırlığı, meyve de çatlama oranı (%), bitki sağlığı indeksi, klorofil miktarı (SPAD) ve fungal hastalıkta etkisi gibi parametreleri incelemişlerdir. Yapılan analizler sonucunda TV-91C bakteri izolatının özellikle *A. alternata*, *F. solani*, *P. digitatum* ve *P. italicum* patojenlerine karşı önemli derecede etkili olduğu bildirilmişlerdir. Çiçekleme sayısına etkisi ise bütün bakteriler istatistiksel olarak fark sağlamış ancak daha çok sırasıyla TV-87A, TV-60D, KBA-10 bakterilerinden elde edildiğini bildirilmişlerdir. Bitki boyunda sırasıyla TV91C (29,72 cm), KBA 10 (26,77) ve bunu RK 92 bakterisi izlediğini bildirilmişler. Çalışma sonucunda kullanılan bakterilerin bitki gelişimi ve hastalık etmenlerine karşı pozitif etki yaptığını tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Alejandra vd. (2020) Amerika'da yapmış oldukları çalışmada Habanero biberine (*Capsicum chinense*) fide aşamasında *P. fluorescens*, *Bacillus subtilis*, *R. intraradices*, *Bacillus popilliae*, *Bacillus thuringiensis* bakterilerini uygulamışlardır. Uygulama sonrasında yaprak besin içeriği, verim, meyve kalitesi, çiçeklenme, bitki boyu, gövde çapı gibi parametrelere etkisini araştırmışlardır. Bakterilerin bitki boyu (%16.7-18.7), gövde çapı (%20.1-25.2), çiçeklenme (%84,7) ve verimde (%32,1) artışa neden olduğunu bildirmişlerdir. Ayrıca Yaprakta K içeriğini arttıran bakterilerin *Bacillus popilliae*, *Bacillus thuringiensis* olduğu tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Çomaklı vd. (2013) 2010 yılında Erzurum'da yürüttükleri iki yıllık çalışmada kimyasal gübrelemeye alternatif olarak kullanılmak istenen fosfat çözücü bakteri, tavuk gübresi ve fosforlu gübrelerin Macar fiğine (*Vicia pannonica* Roth) farklı dozlarda uygulanarak bitkideki: bakla sayısı, ana dal sayısı, baklada tane sayısı, 1000 tane ağırlığı ve tohum verimine etkileri araştırmışlardır. Uygulama tohumu tek doz, toprağa ise 2 farklı

dozda (0.3 ton ha^{-1}) fosfat çözücü bakteri (*Bacillus megaterium*, 10^8 CFU ml^{-1}) ve 3 farklı dozda (0, 50, 100 kg $\text{P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$) tavuk gübresi uygulanmıştır. İki yıllık ortalama sonuçlarına ait verilerde bakteri ve tavuk gübresinin ayrı ayrı veya birlikte uygulanması fosforlu gübreye alternatif olmadığını ancak bakterinin fosforlu gübre ile kullanımı sonucunda en yüksek tohum verimini sağladığı ve bunun temel nedeninin fosforun bitkide generatif gelişmeyi tetiklediğini belirtmişlerdir. Bu nedenle farklı fosfor seviyesine sahip topraklarda fosfor çözücü bakterilerinin etkisinin araştırılması gerektiği bildirmişlerdir.

Kadioğlu (2011) 2009 ve 2010 yıllarında yürüttüğü çalışmada iki çeşit yem bezelyesine fosforlu gübre (P_2O_5 süper fosfat), fosfor çözücü bakteri (*Arthrobacter agilis*) ve azot çözücü bakterilerin (*Rhizobium leguminosarum*) etkilerini araştırmıştır. Bitkiye, Fosfor (0, 3 ve 6 kg/da P_2O_5) ve bakteri (aşısız, sadece *Rhizobium leguminosarum*, *Arthrobacter agilis* ve iki bakteri karışımı) uygulamalarından sonra: bitki boyu, yatma indeksi, yaş ot verimi, kuru madde, tohum verimi, 1000 tane ağırlığı, baklada tane sayısı parametreleri incelenmiş uygulamaların her iki yılda da bitki boyunda önemli bir etkisinin olmadığı ancak ikinci yılda bitki boyu (66.3 –74.9cm) arasında değiştiğini ve ortaya çıkan bu fark istatistiki açıdan önemli olduğunu bildirmiştir. Kuru madde verimi açısından ilk yıl çeşitler arasında net bir farklılık bulunamamış ancak *Rhizobium* aşılması kuru madde verimini arttırdığını, tohum veriminde ise her iki yılda da *Rhizobium* uygulaması artırıcı etki yaptığını bildirmiştir.

Rodelas vd. (1998) yapmış oldukları çalışmada bakla (*Vicia faba* L.) bitkisine azot bağlayan dört farklı *Azotobacter* türü (*Azospirillum brasilense*, *Azotobacter chroococcum*, *Azotobacter vinelandii*, *Azotobacter vinelandii*) ve *Rhizobium leguminosarum* bakterisi ile kombinasyon şeklinde: *R. leguminosarum*+*A. Vinelandii* (Dv42), *R. leguminosarum*+*A. vinelandii* (ATCC 12837), *R. Leguminosarum*+*A.chroococcum*(H23), *R. Leguminosarum* +*A. Brasilense*(Sp7) bitkinin sürgünlerine uygulandığını ve uygulamaya sonrasında bakla tanelerinde K, P, Ca, Mg konsantrasyonları üzerine etkileri araştırmışlardır. Analizler sonucunda *Azotobacter vinelandii* ve *R. leguminosarum*+ *A. Vinelandii* (ATCC 12837) uygulamalarının Ca ve Mg konsantrasyonu üzerindeki etkisinin önemli olduğu bildirilmişlerdir.

Ekici (2015) yaptığı çalışmada bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin brokolide (*B. oleracea* var. *italica*) fide gelişimi ve fide kalitesi üzerine etkilerini araştırmıştır. Doğu Anadolu bölgesinde yetişen meyve ve yapraklı sebzelerin köklerinden izole eden *B. megaterium* (TV-3D), *B. megaterium* (TV-91C), *P. agglomerans* (RK- 92) ve *B. megaterium* (KBA-10) bakterileri uygulamaları yapılmıştır. Uygulama sonrasında bitkide: fide boyu (cm), gövde çapı (mm), yaprak klorofil, yaprak alanı (cm²), yaprak yaş ağırlığı (g), yaprak kuru ağırlığı (g), kök boyu (cm), kök yaş ağırlığı (g), kök kuru ağırlığı (g) değerlerini incelemiştir. Fide boyu en fazla (14.83 cm) *P. agglomerans* RK-92 uygulamasında ölçülürken en az (13.33 cm) *B. megaterium* (TV-3D) ve kontrol uygulamasından elde edildiğini bildirmiştir. Gövde çapı, yaprak alanı, yaprak yaş ağırlığı ve kök yaş ağırlığı en fazla *B. megaterium* (KBA-10) uygulamasından (sırasıyla; 3.45 mm, 25.23 cm², 24.53g ve 15.57g) elde edildiğini yaprak kuru ağırlığında ise *B. megaterium* (TV-91C) uygulamasından (3.01 g) elde edildiğini bildirmiştir.

Dursun vd. (2008) yapmış oldukları çalışmada roka (*Eruca vesicariasub* sp. *sativa*) bitkisine: *B. gladii* (BA-7), *P. sputidae* (BA-8), *B. subtilis* (OSU- 142) ve (MFD-5), *B. megatorium* (M3), *A. iumrubi* (A-16) bakterileri uygulanmış ve bitkide: kök ağırlığı, metre kare başına verim, ortalama yaprak sayısı, yaprak uzunluğu, yaprak ağırlığı, yaprak sap çapı, yaprak alanı, yaprak kuru maddesi, ortalama kök uzunluğu ve yapraktaki besin maddeleri kriterlerine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda besin maddesi N, K, P, Zn, Fe, Mn, Na, Ca, Mg içerikleri en yüksek sırasıyla: A- 16, BA-7 (4571.25 ppm), MFD-5 (287.65 ppm), M3 (47.03 ppm), BA-8 (919.30 ppm), BA-8 (4.75 ppm), MFD-5 (1241.50 ppm), BA-8 (9601.00 ppm) ve A-18 (1309.00 ppm) bakterilerinden en yüksek verim ise (4586.54 g/m²) *Pseudomonas* (BA-7) uygulamasından elde edildiğini bildirmişlerdir. Ayrıca A-18, BA-142 ve MFD-5 uygulamalarıyla sırasıyla en yüksek ortalama yaprak sayısı (8.23/adet), ortalama yaprak kuru maddesi (% 6.70) ve ortalama kök kuru maddesi (%11.85) elde edildiğini bildirmişlerdir.

Seymen vd. (2010) salatalık bitkisine (*Cucumis sativus*) altı farklı bakteri (N-52/1, N-17/3, FE-43, F-21/3, 637 Ca, MfdCa1) kombinasyonu uygulamışlardır. Uygulama sonrasında bitkide: meyve sayısı, yaprak uzunluğu, meyve ağırlığı, boğum arası uzunluk, meyve uzunluğu, ph ve meyve sertliği değerlerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda meyve sertliği açısından en yüksek değer N-17/3 uygulamasından meyve sayısı ise FE-43

(bitkide 33.75/adet) uygulamasından elde edildiğini en yüksek pH (5.85) ve boğum arası uzunluk (4.16 cm) F-21/3 uygulamasından elde edildiğini bildirmişlerdir.

Seymen vd. (2014) Erzurum’da yürütmüş oldukları çalışmada Atatürk Bitki Koruma Dairesinden temin edilen farklı bakteri (52/1, E43, 21/3F, 17/3N, E43 F, 637Ca, MFD Ca1, 52/1, 21/3+637Ca, 52/1Zeatin) kombinasyonlarını domates bitkinine uygulaması yapıp bitkide: verim, ortalama meyve ağırlığı, bitki boyu, boğum arası uzunluk, gövde çapı ve meyve mineral içeriği parametrelerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda kontrol bitkisine kıyasla 21/3F, 52/1 ve 21/3+637Ca uygulamaları sırasıyla: %23, %17 ve %19 verimi artırdığını meyve ağırlığı üzerinde ise ortalama olarak en yüksek değerler 17/3N (183 g) uygulamasından elde edildiğini belirtmişlerdir. Boğumlar arası maksimum uzunluk kontrol (8.9 cm) uygulamasından, minimum uzunluk ise 52/1-E43(8.0 cm) uygulamasından elde edildiğini belirtmişlerdir.

Altunlu (2020) Muğla’da yapmış olduğu çalışmada biber fidesine (*Capsicum annuum* L. Cv Seki F1) farklı tuz koşulları altında mikoriza (*Glomus intraradices*) ve rizobakteri (*Bacillus subtilis*) uygulamasının bitkide: gelişim, yaprak oransal su oranı, gövde çapı, bitki boyu, klorofil miktarı, membran geçirgenliği gibi parametrelerine etkilerini araştırmıştır. Toprağa 3 farklı tuz dozu (1.5-T0, 3-T1, 6-T2 dS m⁻¹) ve bitkiye 4 farklı bakteri (kontrol-K, mikoriza-M, bakteri-B, mikoriza + bakteri-MB) kombinasyonu uygulamıştır. Uygulamadan 40 gün sonra alınan yaprak örneklerindeki parametreler araştırılmış ve mikoriza ve rizosfer bakterisinin beraber uygulanması (MB) kontrol bitkilerine göre klorofil değerini yükselttiği ancak tuz dozunun 1.5 dS m⁻¹ ‘den 6 dS m⁻¹ çıkmasıyla bitki boyu ve gövde çapı sırasıyla %30 ve %23.3 oranında azalttığını bildirmiştir. Gövde çapında en yüksek değer MB uygulamasında (22 mm) en düşük ise kontrol uygulamasında (18.7 mm) elde edildiği belirtmiştir. Gövde kuru ağırlığını M, B ve MB uygulamaları ile %22.6, % 12.8 ve % 32.9 oranında arttığını belirtmiştir. Tuz stresi altındaki bitkilerin yaprak oransal su içeriği önemli ölçüde azalmış ve oransal su içeriği %86.3’ten % 73.22’ye düşüş gösterdiğini belirtmektedir.

Datta vd. (2015) Hindistan’da yaptıkları çalışmada biber bitkisine (*Capsicum annuum* L.) bitki büyümesini destekleyen rizobakteriler (*Streptomyces sp.* ve *Bacillus sp.*) uygulamışlardır. Uygulama sonrasında bitkide: meyve uzunluğu, meyve genişliği, capsisin

miktarı, meyve ağırlığı, bitki boyu ve tohum verimi değerlerini incelemişlerdir. Analizler sonucunda bakteri uygulamalarının bitkide pozitif etki sağladığı ve capsisin miktarının *Bacillus sp.* uygulamasında kontrol ve diğer bakteriye göre daha yüksek çıktığı belirtmişlerdir. Ayrıca uygulanan Rizobakterilerin meyve kalitesini, miktarını ve meyvelerdeki alkaloit içeriğini arttırdığını belirtmektedirler.

Tanwar vd. (2013) Hindistan'da yaptıkları çalışmada biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisine mikorizal mantar (*G. mosseae* (G), *A. laevis* (A) ve bakteri (*Pseudomonas fluorescens*) uygulayarak bitkideki etkisini araştırmışlardır. Kontrol (C) bitkisi dahil olmak üzere 5 farklı kombinasyona (*G. mosseae* (G), *A. laevis* (A), *G. mosseae* + *P. fluorescens* (G+Pf), *A. laevis* + *P. fluorescens* (A) Pf, *G. mosseae* + *A. laevis* + *P. fluorescens* (G+A+Pf) sahip üç farklı doz F0(bitki/0g), F1(bitki/200g), F2(bitki/400g) ve önerilen dozun iki katı F3 (bitki/800g)) uygulanarak çalışmayı yürütmüşlerdir. Bitkilerde aşılama sonucunda erken çiçeklenme ve meyve oluşumu kaydedildiğini çiçeklenme ilk olarak F1G+A+Pf ardından F0 G+Pf uygulamasında meyve oluşumu ise önce F0 G+Pf'de ardından F1 G+A+Pf'de gözlemlendiğini bildirmişlerdir. Bitki boyu, taze sürgün ve kuru ağırlığı artışı ise G+Pf'den elde edildiğini bildirmişlerdir. Kullanılan mantarlardan herhangi biri veya ikisinin bitkiye aşılama kontrolle kıyasla bitki büyümesini iyileştirerek uyarıcı etkiler gösterdiği bu artışın topraktan daha fazla P alınması ve bunun sürgünlere doğru birikmesinden kaynaklandığını düşünüldüğü bildirilmektedirler.

Domenech vd. (2005) İspanya'da yapmış oldukları çalışmada biber ve domates bitkilerinin tohumlarına: *B. licheniformis* (CECT 5106), *P. fluorescens* (CECT 5398) ve *C. balustinum* (CECT 5399) kodlu PGPR'ler sekiz farklı şekilde (T1: kontrol, T2: *C. balustinum* CECT 5399, T3: *P. fluorescens* CECT 5398, T4: *B. licheniformis* CECT 510; T5: LS213, T6: *C. balustinum* CECT 5399+LS213, T7: *P. fluorescens* CECT 5398 + LS213, T8: *B. licheniformis* CECT 5106+LS213) uygulamışlardır. Uygulamalar sonrası bitkide *Fusarium* semptomu ve bitki gelişimine etkilerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda elde edilen verilerde T7 uygulaması biberde %65, domateste %75 oranında hastalık belirtilerini engellediğini ve LS213 (T5) uygulamasının her iki bitki içinde istatistiksel olarak büyümeyi teşvik ettiğini belirtmektedirler.

Samancıoğlu vd. (2016) Erzurum bölgesinde farklı su streslerinde bitkiye uyguladıkları rizobakterilerin (PGPR) lahana bitkisinde (Sarma F1) fizyolojik ve biyokimyasal değişikliklerinin bitki gelişimine etkilerini araştırmışlardır. Su stresi uygulamasında belirlenmiş olan farklı sulama seviyesi (%100, %75, %50, %25) ve farklı bakteri kombinasyonlarını (K: Kontrol, B1: *Bacillus subtilis* TV-13B bakterisi, B2: *Bacillus spumilus* TV-67C bakterisi, B3: *Bacillus megaterium* TV-6D + *Pantoea agglomerans* RK-92+ *Brevibacillus choshiensis* TV-53D) bitkiye uygulamışlardır. Araştırma sonucunda hasat edilen bitkilerde yaş ve kuru ağırlık, gövde çapı ve yaprak alanı artışının en fazla olduğu kombinasyon TV-13B olduğunu bildirmişlerdir. Klorofil değeri TV-67C uygulamasında en etkili olduğu antioksidant enzim mekanizmasında ise kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında sırasıyla TV-67C ve TV-6D+RK-92+TV-53D bakterilerindeki artış istatistiksel olarak etkisi önemli bulunduğunu bildirmişlerdir. Araştırma sonucunda farklı su kısıtları ile oluşturulan kuraklık stresinin artması lahana bitkisinin gelişimini olumsuz yönde etkilediğini fakat önceden yapılan PGPR uygulamaları ile stresin olumsuz etkilerine karşı toleransın artırılmasında kullanılabileceği tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Huilim ve Dalkim (2013) Kore’de yapmış oldukları çalışmada biber bitkisine PGPR rizobakterisi (*B. licheniformis* K11) uygulayarak bitkinin hayatta kalma oranını hangi yönde etkilendiği ve bitki gelişimi üzerindeki etkisini araştırmışlardır. Çalışmada kuraklık stresinde kök ve sürgün uzunluğu ile kuru ağırlık azalırken aşılama işlemi sonucunda kuraklık stresi altında kök ve sürgün uzunluğu ile bitki kuru ağırlığını arttırdığını bildirmişlerdir. Kuraklık stresi altında hiçbir bitki hayatta kalamazken aşılama işlemi ile stresten 15 gün sonra bile biber bitkisinin hayatta kalma oranının yaklaşık olarak %80 olduğu belirtmektedirler.

Joe vd. (2012) Kore’de yaptıkları çalışmada ekonomik açıdan önemli olan Domates (*Lycopersicon esculentum* L.) ve Kırmızı bibere (*Capsicum annuum* L.) 13 farklı nitrojen bağlayıcı bakterileri: RFNB2 (*Bacillus* sp.) , RFNB3(*Pseudomonas* sp.), RFNB5 (*Paenibacillus* sp.), RFNB8 (*Serratia* sp.), RFNB9 (*Ochrobactrum* sp), RFNB10 (*Lysinibacillus* sp), RFNB13 (*Burkholderia* sp), RFNB14 (*Serratia* sp), RFNB21 (*Novosphingobium* sp.) RFNB23, (*Sphingomonas* sp), RFNB25 (*Herbaspirillum* sp), RFNB27 (*Herbaspirillum* sp) ve RFNB29 (*Brevundimonas* sp.) kombinasyonları şeklinde uygulayarak bitkilerin gelişimi üzerine etkileri araştırmışlardır. Fide dikiminden 25 gün sonra 15 ml bakteri süspansiyonu her bitkinin kök bölgesine yakın toprağa uygulanmış

uygulamalar sonucunda, kontrol bitkisine kıyasla domates ve biber bitkisinde en önemli artış domateste olduğu bildirmişlerdir. Aynı zamanda kök uzunluğuna etkisi kırmızı biberde en yüksek RFNB9 ardından RFNB21 bakteri uygulamasında olduğu belirtmişlerdir. Sürgün uzunluğunda ise *Pseudomonas sp.* ile aşılama sonrası domates ve kırmızı biberde maksimum sürgün uzunlukları sırasıyla 6.2 cm ve 4.2 cm olduğu bildirmişlerdir.

Islam vd. (2016) Bangladeş’de salatalık (*Cucumis sativus* L.) üzerine yaptıkları çalışmada farklı PGPR izolatları: PPB1 (*Pseudomonas stutzeri*), PPB2 (*Bacillus subtilis*), PPB3 (*Stenotrophomonas maltophilia*), PPB4 (*B. amyloliquefaciens*), PPB5 (*B. subtilis subsp. subtilis*), PPB8 (*B. subtilis*), PPB9 (*B. subtilis subsp. spizizenii*), PPB10 (*B. amyloliquefaciens*), PPB11 (*B. subtilis subsp. subtilis*), PPB12 (*B. amyloliquefaciens*) bitkiye uygulamışlardır. Çalışmada: N konsantrasyonu, sürgün gelişimi, kök kolonizasyonu, çimlenme oranı ve *Phytophthora capsici* hastalığına karşı dayanımı araştırmışlardır. Yapılan çalışma sonucunda kontrole kıyasla bitki büyümesini önemli ölçüde arttıran PPB12 izolatı sürgün ve kök uzunluğunda da (18.23 cm ve 20.47 cm) maksimum artışı sağladığı bildirmişlerdir. Azot konsantrasyonu bakımından ise kontrol bitkilerinde 2.57 mg g⁻¹ N bulunmaktayken PGPR ile muamele edilmiş bitkilerde ise N içeriği 3.66 mg g⁻¹ ile 8.25 mg g⁻¹ N arasında değişmiş bu artışa en çok sırasıyla PPB2, PPB8, PPB3, PPB9 izolatların neden olduğu belirtmektedirler.

Hernandez vd. (2023) Biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisi üzerine yapmış oldukları çalışmada birinci uygulamada (10⁸ CFU/mL) iki mililitre *B. subtilis* süspansiyonu fideler üzerinde uygulanmış ve 40. günden sonra bitki boyu, gövde çapı, kök uzunluğu, yaprak sayısı, yaprak alanı ve gövde-kök kuru biyokütlesi gibi parametreleri incelemişlerdir. İkinci uygulamada ise F-BC26 (*B. Cereus*), F-BT24 (10⁸ CFU/mL) veya *B. Subtillis* bakterileri yedi gün aralıklarla beş kez tekrar edilmiş aynı parametreler 40.günde incelenmiştir. Çalışma sonucunda *B. cereus* ve *B. thuringiensis*’in (F-CBT24) biber fidelerinin çıkışı ve gelişimi sırasında uygulandığında PGPB olarak uygulanabileceğini ayrıca, F-CBT24 (*B. thuringiensis*) ve F-BC26 (*B. cereus*) formülasyonları biber fidelerinin büyümesini ve verimde önemli ölçüde yarar sağladığını bildirmişlerdir. Uygulaması yapılan *B. cereus* ve *B. thuringiensis* bakterilerinin biberin biyogübre ve biyokontrol ajanı olarak kullanılabilir olduğu fakat verim ve meyve kalitesi üzerindeki katkısının belirlenmesi için daha çok çalışmanın yapılması gerektiğini vurgulamışlardır.

Shin vd. (2021) yapmış oldukları çalışmada Biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisine uygulanmış olan *Bacillus velezensis* (BS1) bakterisinin biberde antifungal ve bitki büyümesindeki etkisini araştırmışlardır. Bibere farklı konsantrasyonlarda (10^5 , 10^6 ve 10^7 cfu/ml) BS1 süspansiyonu uygulanmış ve kontrol bitkisi ile kıyaslama yapıldığında bitki boyu, yaprak boyu ve eni, kök uzunluğu, parametrelerinde önemli farklar bulunduğunu bildirmişlerdir. Kontrol bitkisinde sırası ile 76.3 cm, 46.5 mm, 25.5 mm ve 115.6 cm bakteri uygulanan bitkide ise sırasıyla 107.8 cm, 66.7mm, 37.1 mm ve 190.8 cm verileri elde edildiğini aynı zamanda antraknoz hastalığı semptomlarının önemli derecede azalttığını bildirmişlerdir.

Yıldırım vd. (2011) Erzurum Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünde yürütmüş oldukları çalışmada marul (*Lattuca sativa* L.) Yedikule çeşidinin farklı tuz konsantrasyonlarında (0, 50 ve 100 mM NaCl) uygulanan beş farklı bakteri (*Bacillus subtilis* (EY2), *Bacillus atrophaeus* (EY6), *Bacillus spharicus* (EY30), *Staphylococcus kloosii* (EY37), *Kocuria eritromiksa* (EY43) ırkının bitki gelişimindeki etkilerini araştırmışlardır. Marul tohumlarının çimlenmesinden 10 gün sonra tuz uygulamasına başlanmış ve bitkide klorofil miktarı, makro ve mikro besin içeriği, baş ağırlığı parametrelerini incelemişlerdir. Araştırma sonucunda EY2 ve E37 PGPR ırkları uygulamasından kontrole kıyasla 50 mM NaCl koşullarında yüksek klorofil değerleri elde edildiği, baş ağırlığı ve baş genişliği NaCl stresi ile önemli ölçüde azaldığı ve tuz stresi altındaki E43 ırkı baş taze ağırlığı ve baş genişliği bakımından daha yüksek değerler verdiği bu da uygulama yapılanların kontrole kıyasla baş taze ağırlığında %40 ve baş genişliği %30 artışa neden olduğu bildirmişlerdir.

Akdemir (2018) Erzurum çiftçi koşullarında, iki yıllık olarak planlanan çalışmada (*Capsicum annum* L. cv. Kandil dolma) çeşidine bakteri uygulaması yapılarak yaprak klorofil değeri, yan dal sayısı, bitki boyu, meyve boyu, SÇKM, meyve et kalınlığı, meyve yaş ağırlığı, meyve çapı, verim gibi parametrelere bakmıştır. Sera koşullarında ilk aşamada tohumdan fide elde edilmiş ve yaklaşık 30 gün sonra bakteri solüsyonu uygulanarak toprağa dikimi gerçekleştirilmiştir. Uygulamada: *P. polymyxa* (TV-12E), *B. megaterium* (TV-91C), *P. agglomerans* (RK-92), *B. megaterium* (TV-87A), *B. subtilis* (TV-17C), *B. megaterium* (M-3) ve *B. pumilus* (TV-73A) bakterilerinden hazırlanan dört farklı kombinasyon: B1 (TV-

12E+ TV-91C + RK-92), B2 (TV-87A+TV-17C+RK-92+M3), B3 (TV-12E+TV-73A+RK-92+M3), B4 (M-3) ve Kontrol şeklinde uygulama yapmıştır. Elde edilen veriler sonucunda ilk yıl klorofil miktarı B3 (53.73) uygulaması ile en yüksek olurken, ikinci yıl B1(53.65) uygulamasından elde edildiği bildirilmiştir. Ayrıca uygulamaların bitki boyuna etkisi önemsiz ($p>0.05$) olduğu, meyve boyunda elde edilen veriler ilk yıl en yüksek B2 uygulamasında (65.62 mm) olurken, ikinci yıl ise B3 (67.94 mm) uygulamasında olduğu bildirilmiştir. SÇKM değeri ilk yıl en yüksek B1 uygulamasıyla (3.73), ikinci yıl en yüksek SÇKM oranı B4 uygulamasında (3.77), dekara verim ilk yıl en fazla (5962.88 kg/da) B2 uygulamasında. İkinci yıl ise en fazla (6946.57 kg/da) B1 uygulamasında olduğu tespit edildiği bildirmektedirler.

Jamet vd. (2019) Şili’de yaptıkları çalışmada biber (*Capsicum annuum*) bitkisine *Bacillus amyloliquefaciens* (BBC047) bakterisini üç farklı şekilde uygulanarak klorofil a, klorofil b, antioksidan değerlerine bakmışlardır. İlk uygulama tohum yatağına (T1), ikinci uygulama toprağa aktarım sırasında ve sonrasında (T2), sonuncu uygulama tohum yatağına aktarım sırasında ve sonrasında şeklinde yapılmış (T3) kontrol bitkisine (C) herhangi bir uygulama yapılmadığını bildirmiştir. Elde edilen sonuçlarda *Bacillus amyloliquefaciens* (BBC047) kök aşılması, farklı gelişim aşamalarında uygulandığında biberlerin besin kalitesini arttırdığı ve en iyi sonuçların ekimden önce tohum yatağı uygulamasında (T1) olduğunu aynı zamanda (T1) uygulaması klorofil a’ nın klorofil b'den daha yüksek olmasına; meyvede ise: Ca, Fe, C vitamini ve toplam fenolik içeriğinde de artış sağladığını bildirmişlerdir.

Ali (2020), Antalya’da yürüttüğü çalışmada (*Solanum lycopersicum* var. Bestona F1) domates bitkisine iki farklı ticari mikrobiyal (BM-MegaFlu ve SS-Süper Pan) gübre ve NPK gübresi kombinasyon şeklinde uygulamasını yapmıştır. BM-MegaFlu gübresi: *B. megaterium* MF-1, *P. agglomerans* MF-2 ve *P. fluorescens* MF-3; SS-Süper Pan gübresi: *P. agglomerans*, *P. polymyxa*, *B. megaterium* ve *P. fluorescens* bakterilerini içermektedir. Domates bitkisine kontrol uygulaması ile birlikte toplam 14 uygulama yer almış ve her mikrobiyal gübre için 7 farklı uygulama olarak planlamıştır. Uygulama 1: Dikimden önce fideleri mikrobiyal gübreli suya daldırma + Fide dikimi sonrası bir kez mikrobiyal gübre uygulama (SP-1 ve MF-1), uygulama 2: Dikim öncesi fideleri mikrobiyal gübreli suya daldırma + Dikimden sonra iki kez mikrobiyal gübre uygulaması (SP-2 ve MF-2), uygulama

3: Dikim öncesi fideleri mikrobiyal gübreli suya daldırma + Dikim sonrası bir kez mikrobiyal gübre uygulaması + Tam doz NPK uygulaması (SP-3 ve MF-3), uygulama 4: Dikim öncesi fideleri mikrobiyal gübreli suya daldırma + Dikim sonrası iki kez mikrobiyal gübre uygulaması + Tam doz NPK uygulaması (SP-4 ve MF-4), uygulama 5: Dikim öncesi fideleri mikrobiyal gübreli suya daldırma + Dikim sonrası bir kez mikrobiyal gübre uygulaması + 1/2 NPK uygulaması (SP-5 ve MF-5), uygulama 6: Dikim öncesi fideleri mikrobiyal gübreli suya daldırma + Dikim sonrası iki kez mikrobiyal gübre uygulaması + 1/2 NPK uygulaması (SP-6 ve MF-6), uygulama (7; Kontrol): Tam doz NPK uygulaması (SP-7 ve MF-7) şeklinde planlanmış ve bakteri solusyonlarını 45 gün arayla iki kez uygulamıştır. Çalışmada: klorofil miktarı, meyve rengi, meyve eni ve boyu, meyve eti kalınlığı, SÇKM, Ph değeri, C vitamini ve verim değerlerini incelemiştir. Değerlendirmeler sonucunda en yüksek klorofil miktarları sırasıyla SP-2, SP-4, SP-Kontrol ve MF-5 uygulamalarında; verim bakımından ise en yüksek değerler SP-4, SP-3, SP-Kontrol, MF-4, MF-5, MF-6, MF-Kontrol uygulamalarından elde edildiğini bildirmiştir. Renk okumasında Süper Pan mikrobiyal gübresinde en yüksek H^o değeri SP1(52,16)'de bulunduğunu en yüksek pH değeri SP-Kontrol (5,18 pH) ve MF-2(5,36 pH)'den alınırken SÇKM bakımından en yüksek değer SP Kontrol (%4.80)'den elde edildiğini bildirmiştir. En yüksek C vitamini içeriği ise SP-4 (18.09 mg/100 g) ve MF-4 (15.54 mg/100 g) uygulamalarından elde edildiğini bildirmiştir.

Joo vd. (2005) biber bitkisine uyguladıkları: MJ-1 (*B. cereus*), CJ-29 (*B. macroides*), CJ- 69 (*B. pumilus*), MJ-1+CJ-69 (*B. cereus*+ *B. pumilus*), MJ-1+CJ-29 (*B. cereus*+ *B. macroides*) bakteri formülasyonlarının bitki gelişimindeki etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda *Bacillus cereus* (MJ-1) uygulamasının kontrol bitkisine kıyasla meyve ağırlığında 1.38 kat artışa ve bitki köklenmesinde 1.28 kat artışa neden olduğu tespit etmişlerdir. Ayrıca uygulanan Rizobakterilerin gibberellin üretebildiği ve *Bacillus pumilus* (CJ-69) ve *Bacillus macroides* (CJ-29) bakteri uygulamalarının bitkilerde taze ağırlığı arttırdığı ancak bu oran *B. cereus* (MJ-1)'den daha az olduğu saptamışlardır.

Silva vd. (2014) İspanya'da yapmış oldukları çalışmada biber (*Capsicum annuum* L.) bitkisine *Rhizobium leguminosarum* bakterisine ait PETP01 ve TVP08 ırklarını ilk olarak 1 mL'lik bir süspansiyon şeklinde (2×10^8 hücre/mL) tohumlara uygulanmış ve yaklaşık dört hafta sonra fide köklerine 4 saat boyunca 2×10^8 hücre/mL içeren bakteri süspansiyonlarında

bekletilip dikimi gerçekleştirildiğini bildirmişlerdir. Araştırma sonucunda bitkilerin iki *Rhizobium* ırkı ile aşılandıklarında daha hızlı çiçeklenme ve meyve olgunlaşması sergilediği, dikimden üç hafta sonra çiçekli bitkilerin yüzdesi TVP08 ve PETP01 ırkaları ile kontrol bitkileri için sırasıyla %80 ve %100, %60 değerlerini elde ettiğini saptamışlardır. Dikimden yedi hafta sonra ise TVP08 ve PETP01 ırkaları ile kontrol bitkiler için meyveli bitki yüzdesi sırasıyla %50, %60 ve %35 olarak tespit edildiğini bildirmişlerdir. Bu sonuçlar doğrultusunda biber bitkilerine uygulanan bakteri ırklarının erken olgunlaşma sağladığını tespit ettiklerini bildirmişlerdir.

Mirik vd. (2007) biberde *Xanthomonas axonopodis* pv. *vesicatoria*'nın biyolojik mücadelesinde kullanılan üç *Bacillus* ırkının (M1-3, M3-1, H8-8) bitkinin gelişimi üzerine etkilerini araştırmışlardır. Bitkiye uygulama yöntemi (M1-3, M3-1, H8-8, M1-3 + M3-1, M1-3 + H8-8, M3-1 + H8-8, M1-3 + M3-1 + H8-8) üç bakteri ırkının kombinasyonu şeklinde olduğunu belirtmişlerdir. Araştırma sonucunda sürgün kuru ağırlığında en yüksek artış (%38.5) M3-1 ve M1-3 + M3-1 için gözlenirken, H8-8 sürgün kuru ağırlığını %8,5 oranında azalttığını, verimdeki maksimum artışa M1-3 + M3-1(%33.0) uygulamasından elde edildiğini bunu M3-1 (%30,0) ve M3-1 + H8-8 (%18,0) izlediğini belirtmiştir. Kök uzamasındaki en yüksek artış M3-1(%17.0) suşunda gözlenirken en düşük artışa M1-3(%7.0) izolatında tespit edildiğini; ayrıca *Bacillus* ırklarının hastalık semptomlarını % 38-67 oranlarında baskıladığı saptamışlardır.

Hahm vd. (2017) Kore'de yaptıkları çalışmada üç farklı PGPR ırkının biber bitkisinde 0 mM ve 200mM tuz stresi altında gelişim parametreleri üzerindeki değişimlerini araştırmışlardır. Çalışmada fidelere *M. oleivorans* (KNUC7074), *B. iodinum* (KNUC7183) ve *R. massiliae* (KNUC7586) bakterileri dikimden 2 gün sonra 30 ml uygulanmış 5 gün sonra ise uygulama yapılan bitkilere 2 hafta boyunca 20 ml tuz uygulanarak strese maruz bırakılmıştır. Araştırma sonuçlarına göre üç ırkında ACC deaminaz, IAA (İndol-3-Asetik asit), siderofor üretebildiği ve fosfatı çözebildiği; ancak *B. iodinum* (KNUC7183) ırkının fosfatı çözemediğini tespit etmişlerdir. *M. oleivorans* (KNUC7074), *B. iodinum* (KNUC7183) ve *R. massiliae* KNUC7586 ile aşılanan bitkilerin kontrol bitkisine göre bitki boy ve kök taze ağırlıklarında sırasıyla %12.6, %14.9 ve %15.8 artış sağladığını bildirmişlerdir. Tuz stresi altındaki biber bitkilerinin meyve boyları *M. oleivorans* (KNUC7074), *B. iodinum* (KNUC7183) ve *R. massiliae* (KNUC7586) ile aşılandığında

kontrol bitkisine kıyasla sırasıyla %11.7, %17.7 ve %14,0 artış sağladığını bildirmişlerdir. Klorofil (SPAD) içeriğini ise sırasıyla kontrol bitkisine kıyasla %17.5, %71.1 ve %45.4 artış sağladığını bildirmişler ve değerlendirmeler sonucunda PGPR ırkları tuz stresinin bitki büyümesi ve gelişimi üzerindeki olumsuz etkileri tamamen ortadan kaldırılmamış olsa da biber bitkilerinin tuzluluk stresini tolere etmesine yardımcı olduğunu tespit etmişlerdir.

Dhruba vd. (2011) Nepal’de yaptıkları çalışmada biber bitkisinin tohum yataklarına T1 = Kontrol (%100 NPK), T2 = *Azotobakter* + %25 N + PK, T3 = *Azotobakter* + %50 N + PK, T4 = *Azotobakter* + %75 N + PK, T5 = *Azotobakter* + FYM + %25 N + PK, T6 = *Azotobakter* + FYM + %50 N + PK ve T7 = *Azotobakter* + FYM + %75 N + PK uygulamalarını yaptıklarını ve maksimum bitki boyu T7 ve T6 uygulamalarında aynı değer (66.18 cm) bulunduğunu kontrol bitkisinde ise minimum bitki boyu 53.63 cm olduğunu tespit etmişlerdir. Bitki başına en yüksek ortalama meyve sayısı T7 (13.89/adet) uygulamasından en düşük meyve sayısı T2 (6.45/adet) uygulamasından elde edildiğini bildirmişlerdir. Maksimum meyve verimi T7 (903.82 g/da) uygulamasından, minimum verim değeri ise T2 (313.28g/da) uygulamasından tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Jadhav (2014) Amerika’da yaptığı çalışmada biber bitkisine: T1: NPK (kontrol), T2: *Azotobakter* + %60 N + %100 PK, T3: *Azospirillum* + %60 N + %100 PK, T4: *Azotobakter* + %80 N + %100 PK, T5: *Azospirillum* + %80 N + %100 PK, T6: *Azotobakter* + %100 N + %100 PK, T7: *Azospirillum* + %100 N + %100 PK uygulamalarını yaparak bitkide: dal sayısı, bitki boyu, bitki başına meyve, meyve uzunluğu, meyve çapı ve meyve verimi parametrelerini incelemiştir. Maksimum meyve uzunluğu (16.40 cm) ve meyve çapı (10.75 mm) T5-T6 ile elde edildiği ve maksimum meyve verimi T5 (10.35 t/ha) uygulamasından tespit edildiği bildirilmiştir. En yüksek bitki boyu ve dal sayısı ise sırasıyla T6 (61.50cm) ve T7 (25.25/adet) ile uygulama yapılan bitkilerde tespit ettiğini bildirmiştir.

Sharma vd. (2011) biber bitkisine *Azotobakter* ve *Rhizobium* bakterisi, kümes hayvan gübresi, vermikompost solucan gübresi ve çiftlik gübresi materyallerini 7 farklı uygulama şeklinde uygulamışlardır. Bu uygulamalar: T1: çiftlik gübresi (20 ton/ha) + biyogübre, T2: kümes hayvan gübresi (5 ton/ha) + biyogübre, T3: vermikompost (7,5 ton/ha) + biyogübre, T4: çiftlik gübresi(10 ton/ha) + kümes hayvanı gübresi (1,5/ ton/ha) + solucan gübresi (1,5 ton/ha) + biyogübre, T5: önerilen NPK 25-75-50 + çiftlik gübresi (5 ton/ha) + biyogübre

şeklinde yapıldığını ve bitki gelişimine etkisini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda bitki boyunda uygulamalar arasında önemli ölçüde farklılık gösterdiği ve önerilen NPK + çiftlik gübresi + biyogübre uygulamasında maksimum bitki boyu (90.3 cm) tespit edildiğini en yüksek meyve verimi ise (9.27 ton/ha) tavsiye edilen NPK + çiftlik gübresi + biyogübre uygulamasından elde edildiğini bildirmişlerdir. En yüksek C vitamini T2 uygulaması (19.8mg/100 g) sağlarken en az T1 uygulamasından (11.86 mg/100 g) elde edildiğini bildirmişlerdir.

Esringü vd. (2016) Nevşehir’de yaptıkları çalışmada *Bacillus*, *Agrobacterium*, *Pantoea* ve *Pseudomonas* bakteri cinslerine ait 19 bakteri türü kullanılarak 3 farklı biyoformülasyon (F1, F2 ve F3) hazırlanmış ve sarımsak (*Allium sativum* L.) bitkisinin dişleri formülasyonların içine daldırarak dikimi gerçekleştirmişlerdir. Uygulama sonrası bitkide: bitki boyu, klorofil düzeyi, katalaz enzimi, peroksidaz enzimi, polifenol oksidaz ve süperoksit dismutaz aktiviteleri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Elde edilen veriler sonucunda uygulama yapılan formülasyonlar içerisinde F2 formülasyonunun klorofil içeriği (34.95 ± 3.65), bitki boyu (29.07 ± 3.24 cm) ve diğer parametrelerde bitki üzerinde daha fazla etkiye sahip olduğunu bildirmişlerdir.

Siddikee vd. (2011a) Kore’de yaptıkları çalışmada bakteriyel enzim ACC üretebilen üç farklı bakteriyi biber bitkisine uygulayarak tuz toleransı üzerinde etkisini araştırmışlardır. Tohum çimlendirme işlemi sonrası dikimi gerçekleştirilen fideler yaklaşık dikimden 21 gün sonra 100, 150 ve 200 mmol tuz stresine 2 hafta maruz bırakmışlardır. Dikimi izleyen yaklaşık beş hafta sonra bitkilerin hasat işlemi gerçekleştirilip kök ve sürgünlerin uzunluğu ile bitki kuru ağırlığını incelemişlerdir. Araştırma sonucunda bakteri aşılansmış bitkiler aşılansmamış stres altındaki bitkilere kıyasla daha yüksek bir kök/gövde oranı vermiş bu oran *B. licheniformis* (RS656), *Br. İyodinyum* (RS16) ve *Z. alba* (RS111) aşılansması kontrole kıyasla sırasıyla 1,3, 1,3 ve 1,4 kat olarak bulunduğunu bildirmişlerdir. Tuz stresi biber fidelerinin temel besin maddeleri alımını olumsuz yönde etkilediğini üç bakteri suşu aşılansması N %11-18.5, P %16.3-38.6, K⁺ %34.8-48.5, Ca⁺⁺ %30.5-55.4 ve Mg⁺⁺ %34.2-50 oranlarında artırdığını belirtmişlerdir. *B. licheniformis* (RS656) ile aşılansmış bitkiler 150 mM NaCl’da *Br. iyodinyum* (RS16), *Z. alba* (RS111), ve kontrole kıyasla sırasıyla: 1.5, 1.7 ve 1.5 kat daha yüksek tuza tolerans indeksleri gösterdiğini bildirmişlerdir. Biber sürgünlerinde ise N, P, K, Ca, Mg ve Na içeriği tuz uygulamalarından etkilenmiş ve bitki

besin maddesi analizi sonuçlarına göre tuz stresi altındaki bitkilerde N (%13.2), P (%61.4), K⁺ (%70.9), Ca⁺⁺ (%66.5) ve Mg⁺⁺ (%65.5) düzeylerinin kontrole kıyasla önemli ölçüde daha düşük olduğunu tespit edildiğini bildirmişlerdir.

Siddikee vd.(2011b) Kore’de yaptıkları bir diğer çalışmada *Bacillus aryabhatai* (RS341), *Brevibacterium epidermidis* (RS15) ve *Micrococcus yunnanensis* (RS222) bakterilerini biber bitkisine uygulamışlardır. Araştırmada etilen konsantrasyonu, ACC konsantrasyonu, ACC sintaz ve ACC oksidaz enzimlerinin aktiviteleri gibi parametreleri incelemişlerdir. Analizler sonucunda 150 mM tuz uygulamasında bakteri ile aşıl原因an bitkiler aşıl原因mayanlara göre ACC konsantrasyonunu %47-55, ACC oksidaz enziminde ise % 18-19 oranında azalma gösterdiğini bildirmişlerdir. Etilen miktarı kontrollere kıyasla stres altındaki biber fidelerinde (150 mmol NaCl) %77 arttığı *Brevibacterium epidermidis* (RS15)'in stres etileni azaltmada en etkili bakteri olduğu, bunu sırasıyla *B. Aryabhataib* (RS341) ve *M. yunnanensis* (RS222) takip ettiğini bildirmişlerdir.

Lim vd. (2012) Kore’de yaptıkları çalışmada biber bitkisinin tuz stresine verdiği tepkiyi araştırmak amacıyla 0 Mm, 75 Mm ,120 Mm ve 175 Mm konsantrasyonlarında bitkiye uygulanan: *B. megaterium* (KL39), *B. thuringiensis* (BK4), *P. fluorescens* (2112), *P. maltophilia* (AM5), *S. proteamaculans* (3095) ve *C. luteola* (5042) bakterilerinin tohumdaki çimlenme oranı, bakterinin ACC deaminaz üretim oranı, bitkideki oksin üretimi verileri üzerine etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonucunda *P. fluorescens* (2112) maksimum ACC deaminaz aktivitesi (6.20 pM) sergilemiş, oksin üretiminde ise (13.3+0.52 Pg/mL) ile yine aynı bakteri uygulaması en fazla etkiyi gösterdiğini tespit etmişlerdir. Tohum çimlenme oranını artıran tuz konsantrasyonları ile azaldığı ve kontrol biber tohumları (%98.2) çimlenirken 75 mM NaCl ile %18.3'e kadar 120 ve 175 mM NaCl'da ise tohum çimlenmesi sırasıyla %62.1 ve %79.7 kadar azaldığını bildirmişlerdir. Ancak *P. fluorescens* (2112) ile aşıl原因an bitkiler tohum çimlenmesinde sırasıyla 120 ve 175 mM NaCl'de %19.9 ve %69.00 artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

Çiğdem vd. (2021) Sakarya’da yaptıkları çalışmada biber (*Capsicum annuum* L.) ve marul (*Lactuca sativa* L.) bitkisinin tohumlarına: *Bacillus subtilis* (PSY1), *Bacillus paramycoides* (PSY1), *B. Nitratreducens* (PSY1), *B. thuringiensis* (SY49.1) bakteri izolatları aşıl原因arak kök ve sürgünde N yüzdesi ile protein miktarını incelemişlerdir. Araştırma sonucunda biber köklerinde N kontrol grubunda %5.00 olarak bulunurken SY49.1 ve PSY1 uygulanan gruplarda sırasıyla %6.14 ve %6.04 olarak önemli bir artış olduğunu bildirmişlerdir. Marul kök örneklerinde N miktarı kontrolde %6.64 iken PSY1 ve PSY1 uygulanan gruplarda sonuçlar %8.00 olarak belirlemişlerdir. Sürgün örneklerinde ise biberde % N kontrolde %5.34 iken SY49.1’de %6.26, PSY1’de %6.29 ve PSY1 uygulanan gruplarda %8.26 tespit etmişlerdir. Marul sürgün örneklerinde %N kontrol bitkisinde %12.42 olarak tespit edilirken PSY1, PSY1, PSY1 ile aşıl原因anan bitkilerde sırasıyla %13.17, %12.87 ve %13.12 olarak tespit edildiğini bildirmişlerdir.

3. MATERYALVE YÖNTEM

Farklı rizobakteri uygulamalarının sivri biber bitkisinde bitki gelişimi ve içsel madde içeriği üzerine etkisinin araştırıldığı bu çalışma 2022 yılında Eskişehir ilinde tek lokasyonda üretici koşullarında üretimi gerçekleştirilmiş ve bakteri inokülasyonu fide dikiminden sonra yapılmıştır. Araştırma analizleri Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü laboratuvarında yürütülmüştür.

3.1.Çalışma Yerinin İklim ve Toprak Özellikleri

Eskişehir, İç Anadolu Bölgesi'nin kuzeybatısında yer almaktadır. İç Anadolu, Akdeniz ile Batı Karadeniz iklimlerinin etki alanı içinde olan ve geçit kuşağı olarak adlandırılan bir iklime sahiptir. Yıllık ortalama sıcaklık 10.9 °C, Ortalama aylık sıcaklığa göre yılın en soğuk ayı ortalama -2°C ile Ocak ayıdır. Gece ve gündüz sıcaklıkları arasında 12 °C ile 29 °C gibi büyük farklılıklar gözlenir. Aralık ayı ortalarından başlayıp Şubat ayının ortalarına kadar oldukça soğuk günler ve don olayları görülmektedir. Mart ayında daha çok don olayına rastlanır. Sonbahar mevsimi Ağustos ayının ikinci yarısından itibaren sıcaklığın 20°C'nin altına düşmesiyle başlar. Eylül ayının sonuna doğru sıcaklık 0°C'ye Ekim ayında ise sıfırın altına inebilmektedir (TÜMAS, 2012).

Çizelge 3.1. Eskişehir iline ait 1991-2022 iklim verileri

Eskişehir ilinin 1991-2022 yılları arasında periyodik sıcaklık ölçüm değerleri				
	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
Ortalama Sıcaklık (°C)	14.9	18.9	21.9	21.9
Ortalama En Yüksek Sıcaklık (°C)	22.4	26.5	29.8	30.0
Ortalama En Düşük Sıcaklık (°C)	7.3	11.1	13.6	13.7

Ortalama Güneşlenme Süresi (saat)	8.3	9.7	11.3	10.3
Ortalama Yağışlı Gün Sayısı	6.84	4.53	2.3	2.00
Aylık Ortalama Toplam Yağış (mm)	42.3	24.2	15	11.2

Araştırma yapılan arazinin toprak yapısı derin profilli, kumlu killi yapıda olup toprak analizi ve bitki besleme proramı uluslararası akredite olmuş labaratuvarda yaptırılmıştır (Çizelge 3.2).

Çizelge 3.2. Deneme alanına ait toprak analiz verileri

Test adı	Birim	Sonuç	Değerlendirme
pH	-	7.7	Hafif Alkalin
Kireç	%	11.3	Kireçli
Tuz	%	0.071	Tuzsuz
Doygunluk	%	67	Killi tın
Org. Mad.	%	4.1	Yüksek
Toplam N	%	0.109	Yeterli
Bitkiye Yarayışlı P	kg P ₂ O ₅ /da	89.15	Çok Yüksek
Bitkiye Yarayışlı K	kg K ₂ O/da	724.5	Çok Fazla
Bitkiye Yarayışlı C	kgCaO/da	1592.9	Fazla
Bitkiye Yarayışlı Mg	kg MgO/da	427.1	Fazla
Bitkiye Yarayışlı Fe	ppm	9.41	Yeterli
Bitkiye Yarayışlı Mn	ppm	14.39	Fazla
Bitkiye Yarayışlı Zn	ppm	4.29	Fazla
Bitkiye Yarayışlı Cu	ppm	7.48	Fazla

Agri LabEN Gıda ve Zirai Laboratuvar Hizmetleri SAN. ve TIC. LTD. ŞTİ./ Antalya

3.2. Materyal

Çalışma bitkisel materyali olarak Demre Sivri Biberi (*Capsicum annuum* L.) çeşidi kullanılmıştır. Erkenci bir çeşit olup örtüaltı ve açık tarla yetiştiriciliğine uygun, sofralık kalitesi yüksek ve hasat süresi uzun bir çeşittir. Meyveleri tatlıdır ancak hasat geciktikçe acımaya başlar. Meyve genel olarak parlak koyu yeşil renkte, gevrek, konik ve sivri şekle sahip olup sap kısmı körüksüzdür (Anonim,2023).



Şekil 3.1.Denemede kullanılan biber çeşidi.

Uygulamada kullanılan kök bakterileri kombinasyon ırkları Prof. Dr. Ramazan Çakmakçı'nın özel koleksiyonundan temin edilmiştir. Çizelge 3.3. 'de kullanılan bakteri kombinasyonları verilmiştir.

Çizelge. 3.3.Uygulanan PGPR ırklarının kombinasyonu

No	PGPR Irk kombinasyonları
B1	<i>P. fluorescens</i> RC77e + <i>B. subtilis</i> RC631 + <i>B. megaterium</i> RC33 + <i>P. agglomerans</i> RC36 + <i>Pseudomonas putida</i> biyotip B RC14
B2	<i>P. fluorescens</i> RC86 + <i>B. subtilis</i> RC67 + <i>B. subtilis</i> RC631 + <i>P. putida</i> biyotip B RC14 + <i>B. megaterium</i> RC34
B3	<i>P. fluorescens</i> RC77e + <i>B. subtilis</i> RC631 + <i>B. megaterium</i> RC34 + <i>P. agglomerans</i> RC16 + <i>R. erythropolis</i> RC49
B4	<i>P. fluorescens</i> RC86 + <i>B. subtilis</i> RC11 + <i>B. pumilus</i> RC356 + <i>P. agglomerans</i> RC36 + <i>B. megaterium</i> RC33

B5	<i>P. fluorescens</i> RC9 + <i>B. subtilis</i> RC631 + <i>B. megaterium</i> RC34 + <i>B. pumilus</i> RC356 + <i>P. agglomerans</i> RC16
----	---

3.3. YÖNTEM

Çalışma tesadüf blokları deneme desenine göre oluşturulmuş ve bitkilerin sıra üzeri ve sıra arası 30x70 cm şeklinde uygulanmıştır. Fidelere üç farklı uygulama yapılmış olup bunlar; kontrol, kök bakteri kombinasyonları ve gübre uygulaması şeklindedir. Gübre uygulaması toprak analizi sonuçlarına göre tavsiye edilen gübre ve dozları şeklinde uygulanmıştır (Çizelge 3.4). Uygulamalar 3 tekerrür şeklinde ve her tekerrürde 12 bitki olacak şekilde yürütülmüştür.

Çizelge 3.4 Gübreleme programı

Uygulama Zamanı	Amonyum Sülfat (%21 N) (kg/da)	Monoamonyum Fosfat (12:61:0) (kg/da)	Potasyum Nitrat (13:0:46) (kg/da)	Magnezyum Nitrat (10,8:0:0:15,4) (kg/da)	Kalsiyum nitrat (15:0:0:25) Kg/da	SeqQuestrine (FE-EDDHA %5 Fe) g/da	Nitrik asit %12 Lt/da
Fide dikim-çiçeklenme	9	5	3	5	0	400	2
Çiçeklenme-meyve tutumu	15	4	3	6	0	600	-
Meyve tutumu-ilk hasad	24	3	5	3	1	600	2
İlk hasad-hasad sonu	12	2	3	2	0	400	-

Agri Laben/ Antalya

3.3.1. Bakteri (PGPR) Irklarının Fidelere Uygulanması

Fideler 20.05.2022 tarihinde açık tarla koşullarında araziye dikilmiştir (Şekil 3.2.). Dikimden 5 gün sonra fide tutumu takip edilerek fide başına 10 ml PGPR süspansiyonu (10^9 CFU/ml) bitki kök boğazına şırınga yardımı ile uygulanmıştır. Bitkinin su ihtiyacı damlama

sulama yöntemi ile karşılanmış, kültürel işlemler bitki gelişim durumuna göre yapılmıştır (Şekil 3.3).



Şekil 3.2. Fide dikiminden sonra bitkilerin sıra arası ve üzeri genel görüntüsü



Şekil 3.3. Uygulama alanına yapılan kültürel işlemler

3.3.2. Bakteri (PGPR) Irklarının Fidelere Uygulanması Sonrası Fide Gözlem ve Ölçümleri

Hasat zamanı geldiğinde her tekerrürden 10'ar bitki seçilerek hasat olgunluğuna gelen meyveler hasat edilmiş, gözlem ve gerekli laboratuvar analizleri yapılmıştır (Şekil3.4).



Şekil 3.4. Hasat olgunluğuna gelmiş bitkiler

3.3.3.1. Fidelerin kök boğazı çapı(mm)

Fidelerin kök boğaz çapı ölçümü her 3 tekerür ve her tekerrürde bulunan 10 bitki için uygulama alanında kumpas yardımıyla mm cinsinden ölçülerek kaydedilmiştir. Gövde çapı ($\pm 0,01$) mm cinsinden belirlenmiştir (Kuşvuran, 2010).



Şekil 3.5 Biber kök boğaz çapı ölçüm işlemi

3.3.3.2. Biber bitkisinin yaprak en ve boy ölçümü (mm)

Uygulamadaki tüm bitkilerin (85-90 /gün sonra) yaprak en ve boy ölçümü, bitkinin en uç noktasından önceki en gelişmiş 3. yaprak seçilerek kumpas yardımıyla kaydedilmiştir (Hernandez, 2023).

3.3.3.3. Meyve boy ölçümü (cm)

Hasat edilen biberlerin her 3 tekerrüründende farklı büyüklüklerde birer biber örneği alınarak toplam 21 bitkinin boyları cm cinsinden cetvel yardımıyla ölçülmüştür.

3.3.3.4. Biber bitkisinin boy ölçümü (cm)

Bitkilerin boyları hasat öncesinde metre yardımıyla cm cinsinden ölçülerek yapılmıştır.

3.3.3.5. Hasat sonrası verim (kg)

Hasat zamanı gelen biber bitkilerinin hasatı yapılmış ve bu işlem 3 kez tekrar edilmiştir. Elde edilen veriler bitki başına kg cinsinden kaydedilmiştir.

3.3.3.6. Suda çözünür kuru madde (SÇKM) briks değeri



Şekil 3.6. Biber meyve örneklerinin özsuunun havanda ezilerek çıkarılma işlemi

Hasat edilen biber bitkilerinin her tekerrüründen birer meyve alınarak, havanda ezme işlemi ile meyve özsuu çıkarılmış (Şekil 3.6), ve refraktometre (Atago 2312 Master-T) yardımıyla SÇKM ölçüm değeri kaydedilmiştir.

3.3.3.7. Meyve Ph'sı

Havan yardımıyla ezilerek elde edilen meyve özsuu (Şekil 3.6) el tipi Ph ölçer ile (ADWA AD12) ölçümü yapılmıştır (Şekil 3.7).



Şekil 3.7. pH ölçümü

3.3.3.8. Yaprak klorofil içeriği (SPAD)ölçümü

Klorofil içeriği taşınabilir Fieldscout CM 1000 (Spectrum Technologies, Inc.) klorofil ölçeri kullanarak, dikimden 4 ay sonra güneş ışığının en yoğun ve dik açıyla geldiği zaman diliminde gelişmiş en üstten üçüncü yaprakta ölçümler yapılarak kaydedilmiştir. Klorofilmetre bitki yaprağına kırmızı ve yakın kızıl ötesi dalga boyunda ışın göndererek yaprağın diğer yüzeyine geçen ışın miktarına göre mevcut yaprak klorofil miktarını sayısal olarak hesaplamaktadır.

3.3.3.9. Antioksidan içeriği $\mu\text{mol (TEAC)}/\text{g}$

Uygulamalara ait parsellerden üç tekerrürlü olarak biber meyvesi örneğinden 60 mg havanda ezilerek meyve özsuğu çıkarılmıştır (Şekil 3.6). Antioksidan içeriğinin belirlenmesi yöntemi metanolde hazırlanan %95 konsantrasyon oranında DPPH⁺ (2,2 Diphenyl-1-picrylhydrazyl) radikal çözeltisi üzerine antioksidan bileşiğinin eklenmesi sonucu oda sıcaklığında radikal çözeltinin rengine meydana gelen değişimin spektrofotometre ile belirlenmesi ilkesine dayanmaktadır. Bir miktar metanol içerisinde 39.43 mg DPPH⁺ çözündürülecek ve üzeri 100 ml metanol ile tamamlanarak 1 mM yoğunlukta DPPH⁺ çözeltisi hazırlanmıştır. Çalışma sonucunda çözelti içindeki DPPH⁺ radikalinin %50'sinin azalması için harcanan antioksidan miktarını ifade eden IC₅₀ değerini belirlemek için örneklerden beş adet falkon tüpe 20, 40, 60, 80 ve 100 μl örnek ekstratı, 600 μl DPPH⁺ radikal çözeltisi konarak üzeri metanol ile 6 ml' ye, şahit numunude aynı şekilde 600 μl DPPH⁺ radikal çözeltisi üzerine 5.4 ml metanol ilave edilerek 6 ml'ye tamamlanmış ve tüpler 15 dk oda sıcaklığında karanlık ortamda bekletilmiştir (Şekil 3.8). Bu süre sonunda tüp içerisindeki çözeltiler spektrofotometrede 515 nm'de okutulduğunda verdiği absorbans değerleri aşağıdaki

$$\% \text{ inhibisyon} = ((A_{\text{DPPH}^+} - A_{\text{ekstrakt}}) / A_{\text{DPPH}^+}) * 100 \quad (3.1)$$

A_{DPPH^+} : DPPH⁺ şahit örneğinin absorbans değeri,

A_{ekstrakt} : Örnek ekstratın absorbans değeri

formülde yerine konularak örneğe ait lineer regresyen analizi sonucu elde edilen eğri ve eşitlik yardımı ile örneklere ait antioksidan içeriğın % inhibisyon değeri hesaplanmıştır (Cemeroğlu, 2010).



Şekil 3.8. Antioksidan içeriği analizi için örneklerin tüplere yerleştirilme işlemi

3.3.3.10. C vitamini (askorbik asit) analizi



Şekil 3.9 Örneklerin C vitamini kapasitesi belirlenmesi

Hasat edilen biber meyvesi örneklerinden 2 gram tartılarak havanda ezilmiştir. Ezilen örneklere %6'lık metafosforik asit çözeltisi eklenerek çalkalayıcıda homejen hale gelmesi sağlanmıştır. Daha sonra fıtratta 2,6 diklorofenolindofenol (DCPIP) çözeltisiyle manyetik çalkalayıcıda iyice çalkalanarak hafif bir pembe renk oluncaya kadar fitre edilmiştir (Öztürk, 2011). Sarf edilen çözelti aşağıda verilen formül ile hesaplanarak C vitamini değeri hesaplaması yapılmıştır.

$$C \text{ vitamini (mg/100 g)} = (F.V.100)/W \quad (3.2)$$

F: 2,6 diklorofenolindofenol (DCPIP) çözeltisinin 1 ml'sinin eşdeğeri olduğu C vitamini miktarı (mg)

V: Harcanan 2,6 DCPIP çözeltisi miktarı (ml)

W: Kullanılan filtratın içerdiği numune miktarı (g)

3.3.3.11. Meyve Rek ölçümü (L^* , a^* , b^*)

Bitkiden hasat edilen biber meyve örneklerinin her tekerrürden 3 örnek alınmış ve biberlerin yüzeyleri toz alma işleminden sonra Minolta renk ölçer (Minolta, Model CR-300 Ramsey, NJ, USA) ile CIE L^* , a^* ve b^* değerleri ölçülmüştür (Şekil 3.8). Ölçülen L^* değeri ölçülen yüzeyin parlaklığını belirtir, $+a^*$ değeri kırmızı, $-a^*$ yeşil değeri, $+b^*$ değeri sarı $-b^*$ değeri mavi renk tonlarını sayısal değer olarak göstermektedir. Ölçümler sonucunda elde edilen L^* , a^* ve b^* değerleri ile hesaplanan Chroma değeri rengin tonunu ve Hue açısı ise rengi belirtmektedir. Kavdır vd. (2007) göre Chroma değeri 1 no'lu, Plou ve vd. (1999) göre Hue açısı 2 no'lu formül kullanılarak belirlenmiştir.

$$C^* = [(a^{*2} + b^{*2})^{1/2}] \quad (3.3)$$

$$h^\circ = \tan^{-1} b^*/a^* \quad (3.4)$$



Şekil 3.8 Biber örneklerinin renk ölçüm işlemi

3.3.3.12. Verilerin İstatiksel Değerlendirilmesi

Biber bitkisi fidelerine arazi koşullarında farklı kök bakteri ırkları kombinasyonları uygulanması sonucunda elde edilen veriler SPSS (version 20,0) istatistik program paketi kullanılarak tesadüf blokları deneme desenine göre varyans analiz yöntemi ile değerlendirilmiştir. Ortalamalar arası farklılıklar $P \leq 0,01$ ve $P \leq 0,05$ düzeyinde önemlilik durumlarına göre Duncan çoklu karşılaştırma testi ile gruplandırılmıştır

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Bulgular

Çalışmada farklı rizobakterileri ırklarından oluşan kombinasyonların (PGPR) doğrudan biber bitkisinin kök bölgesine uygulanmak koşuluyla bitkide bitki boyu, yaprak eni ve boyu, gövde çapı, klorofil miktarı, C vitamini, antioksidan miktarı, SÇKM, meyve rengi, meyve boyu, Ph, verim miktarlarındaki değişimler tespit edilmiş ve elde edilen ortalama veriler çizelgelerde $\pm$ standart sapma değerleri ile çizelge 4.1 ve lerde verilmiştir.

4.2. Arazi Koşullarında Kök Boğazı Bölgesine Uygulanan Bakteri Irklarının Verim Değerleri Üzerine Etkilerinin İncelenmesi

Çizelge 4.1.Bakterilerin arazi uygulaması ile kontrol uygulamalarının kök boğaz çapı, yaprak eni, yaprak boyu, bitki boyu, L*, Kroma, Hue açısı değerleri üzerine etkileri

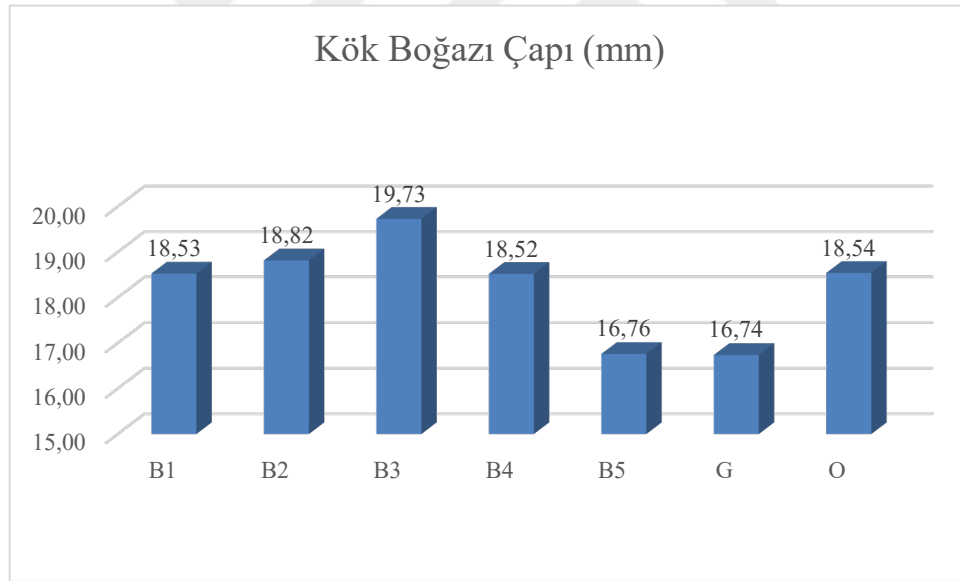
Uygulama	Kök Boğazı Çapı (mm)	Yaprak Eni (mm)	Yaprak Boyu (mm)	Bitki Boyu (cm)	L*	Chroma	Hue ⁰
B1	18.53 $\pm$ 3.43	43.25$\pm$6.37	75.09$\pm$10.44	72.43 $\pm$ 10.2	45.17 $\pm$ 3.97	34.58$\pm$4.45	180.221$\pm$0.18
B2	18.82 $\pm$ 2.76	45.78 $\pm$ 3.19	81.30 $\pm$ 5.22	70.14 $\pm$ 8.88	44.44 $\pm$ 4.44	32.44 $\pm$ 4.63	180.166 $\pm$ 0.10
B3	19.73$\pm$1.58	45.25 $\pm$ 4.26	79.07 $\pm$ 9.82	68.43 $\pm$ 13.7	44.82 $\pm$ 1.88	30.73 $\pm$ 2.88	180.127 $\pm$ 0.08
B4	18.52 $\pm$ 2.71	49.27$\pm$4.18	83.09 $\pm$ 7.24	69.86 $\pm$ 6.47	45.66$\pm$3.01	33.17 $\pm$ 3.35	180.190 $\pm$ 0.11
B5	16.76 $\pm$ 2.79	44.70 $\pm$ 7.37	83.53 $\pm$ 6.45	72.43 $\pm$ 4.79	44.02 $\pm$ 3.57	32.22 $\pm$ 4.01	180.151 $\pm$ 0.15
Gübre (G)	16.74$\pm$2.30	46.79 $\pm$ 6.99	84.92$\pm$6.37	77.00$\pm$3.11	45.15 $\pm$ 4.25	33.48 $\pm$ 7.04	180.161 $\pm$ 0.23
Kontrol (0)	18.54 $\pm$ 1.41	47.03 $\pm$ 4.30	84.77 $\pm$ 6.14	66.00$\pm$2.16	42.87$\pm$3.85	29.33$\pm$5.89	180.090$\pm$0.17
CV %	14.08	11.75	9.62	11.54	7.92	14.81	0.08
VK	Öd						

**P $\leq$ 0,01 seviyesinde ortalamalar arası farklılık önemlidir.

*P $\leq$ 0,05 seviyesinde ortalamalar arası farklılık önemlidir.

Öd: ortalamalar arası farklılık önemli değildir.

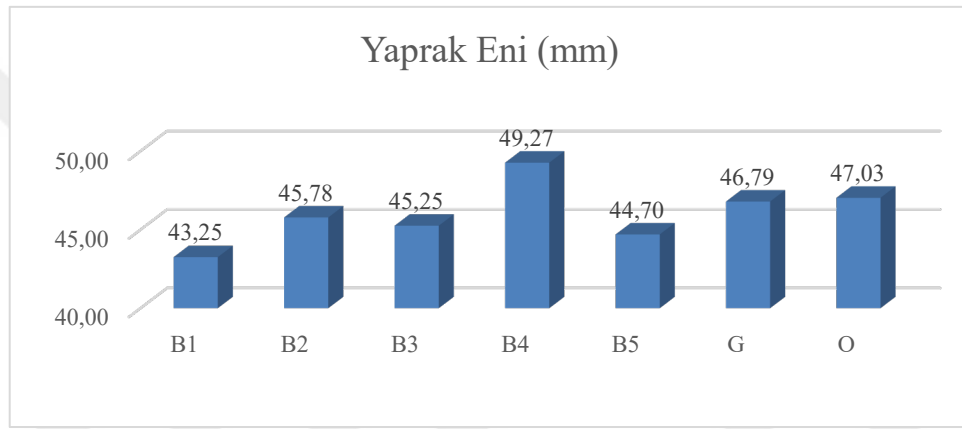
PGPR uygulamalarının elde ettiğimiz verilere göre bitki kök boğaz çapı üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.1). En yüksek kök boğaz çapı B3 uygulamasından (19.73 mm), en düşük ise Gübre (G) uygulamasından (16.74 mm) elde edildiği ve B5 uygulamasından elde edilen verilerin gübre uygulamasına yakın olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1). B3 PGPR kombinasyonunda bulunan azot fikse edebilme ve fosfor çözebilme özelliklerine sahip bakteriler IAA hormonu üretimi yaparak bitkinin kök gelişimini arttırdığını bunun sonucunda topraktan daha fazla bitki besin elementi alarak kök boğaz çapındaki artışa neden olduğu düşünülmektedir. Çalışmamıza benzer sonuçlar; Alejandra (2020), biber bitkisinde yürüttükleri PGPR ırk uygulamalarının kök boğazı çapını %20.1-25.2 oranında arttırdığını bildirmiştir. Benzer şekilde Tüzel (2015), domatesde yapmış olduğu PGPR ırk uygulamalarının kontrol bitkisine kıyasla kök boğaz çapında %4.1-%17.0 oranlarında artışa neden olduğunu bildirmektedir.



Şekil 4.1.Farklı bakteri ırklarının biber kök boğaz çapı üzerine etkisi

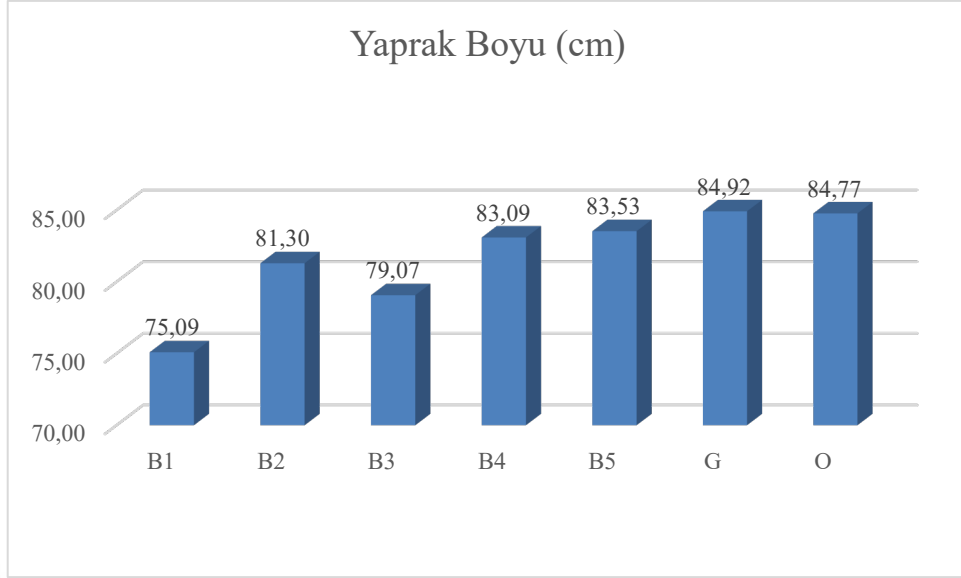
Uygulamalardan elde ettiğimiz verilere göre PGPR ırklarının bitki yaprak eni üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.1). En yüksek yaprak eni B4 uygulamasında (49.27 mm), en düşük ise B1 uygulamasından (43.25 mm) elde edilmiştir (Şekil 4.2.). B4 bakteri kombinasyonunda bulunan fosfor çözücü *Bacillus* bakteri ırklarının

rizosferde bulunan fosforu bitkiye yararlı hale getirdiği ve bitkide K (potasyum) ve Mg (magnezyum) alımını artırdığı, bunun sonucunda yaprak eni üzerinde en etkili kombinasyon olduğu düşünülmektedir. Çalışmamıza benzer bulgular; Shin (2021), biber bitkisine uygulamış olduğu PGPR ırk uygulamalarının yaprak eninde kontrol bitkisine kıyasla etkisinin önemli olduğu bildirilmiştir. Benzer bir çalışmada Hernandez (2023), biber bitkisine uygulanan PGPR ırk uygulamalarının önemli ölçüde yarar sağladığını belirtmektedir. B2, B3, B5, gübre ve kontrol uygulamaları arasında farklılık olmadığı tespit edilmiştir.



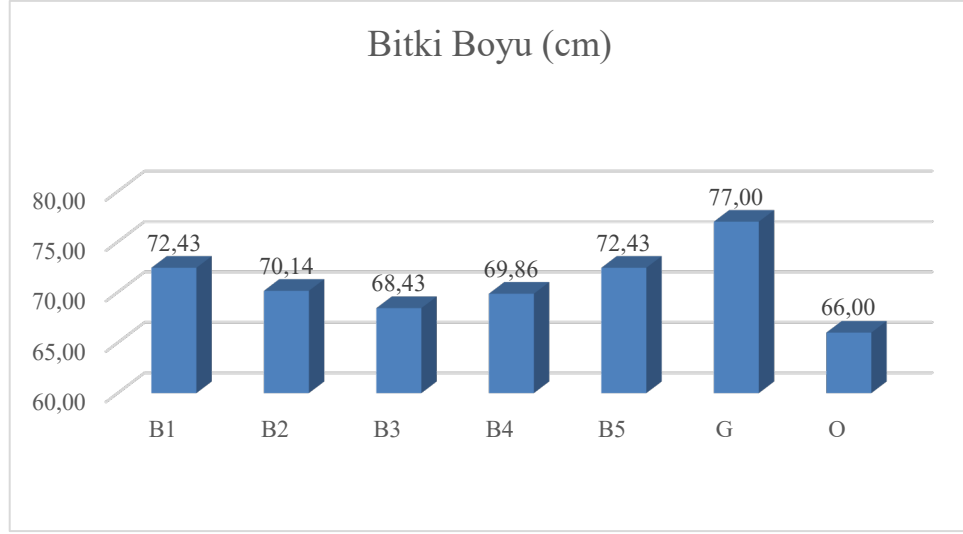
Şekil 4.2.Farklı bakteri ırklarının biber yaprak eni üzerine etkisi

Bitki yaprak boyu üzerine PGPR ırkları uygulama etkisinin elde ettiğimiz verilere göre istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir (Çizelge 4.1). En yüksek yaprak boyu gübre (G) uygulamasında (84.92 mm), en düşük ise B1 uygulamasından (75.09 mm) elde edilirken; B2, B3, B4 ve B5 kombinasyonları ile kontrol uygulamaları arası farklılık olmadığı tespit edilmiştir (Şekil 4.3). Çalışmamızda elde ettiğimiz sonuçların aksine; Dursun (2008), roka bitkisinde yapmış olduğu çalışmada PGPR (*Pseudomonas putida*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium*) ırk uygulamalarının yaprak boyunda istatistiksel olarak yarar sağladığını bildirmiştir. Benzer bir çalışmada Seymen (2010), salatalık bitkisine bakteri ırk uygulamalarının yaprak uzunluğunda istatistiksel olarak yarar sağladığını bildirmiştir. Bir diğer çalışmada Shin (2021), biber bitkisinde yapılan çalışmada kontrol bitkisine kıyasla bakteri uygulamalarının bitkide yaprak boyu üzerine etkisinin önemli olduğunu belirtmiştir.



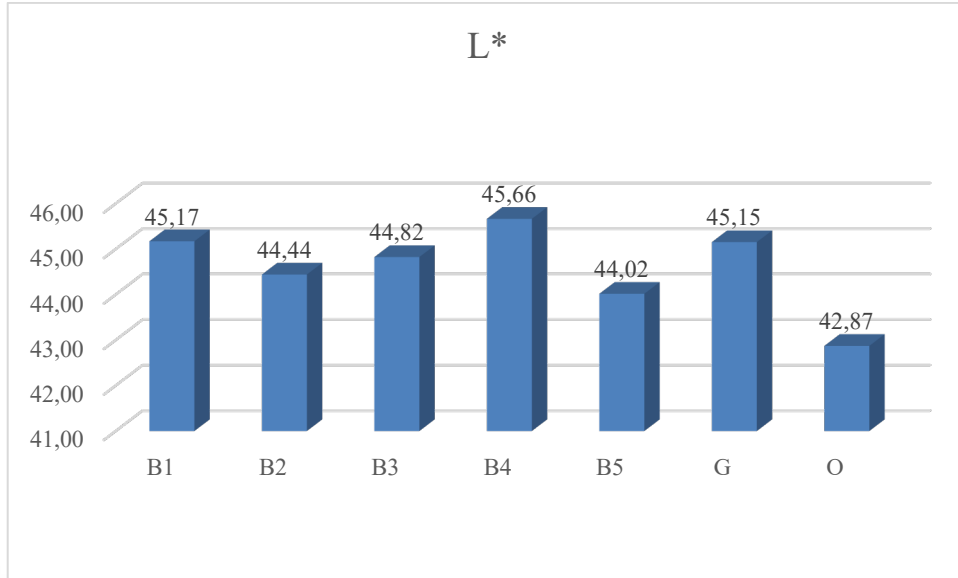
Şekil 4.3.Farklı bakteri ırklarının biber yaprak boyu üzerine etkisi

Uygulamalardan elde ettiğimiz verilere göre PGPR ırklarının bitki boyu üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.1). B1, B2, B3, B4 ve B5 bakteri kombinasyonları arasında farklılık olmadığı tespit edilmiştir. En yüksek bitki boyu G uygulamasında (77 cm) en düşük ise kontrol uygulamasından (66 cm) elde edilmiştir (Şekil 4.4). En yüksek değer elde ettiğimiz gübre (G) uygulaması toprak analizleri sonucuna göre, gübre denemesinde önerilen dört uygulama periyodu takip edilerek uygun dozlarda gübreleme işlemi yapılmış ve bitkinin bitki besin elementi noksanlığının tamamlanması neticesinde en yüksek değer elde edilmiş, en yakın değer ise B5 ve B1 bakteri uygulamalarından elde edilmesi uygulanan bakteri kombinasyonlarının kökte iyi kolenize olarak bitkiye yarar sağladığı düşünülmektedir. Çalışmamıza benzer bulgular; Alejandra (2020), biber bitkisine uyguladığı bakteri ırk uygulamalarının bitki boyunda istatistiksel olarak yarar sağladığını bildirmiştir. Diğer bir çalışmada Altunlu (2020), biber bitkisine farklı tuzlu koşullar altında yapılan rizobakterilerinin uygulanması bitkinin boy uzunluğu açısından kontrol bitkisine kıyasla istatistiksel olarak önemli derecede yarar sağladığını belirtmektedir. Diğer bir çalışmada Datta (2015), biber bitkisine uygulanan rizobakterilerin (PGPR) bitki boyunda pozitif etki sağladığını belirtmektedir.

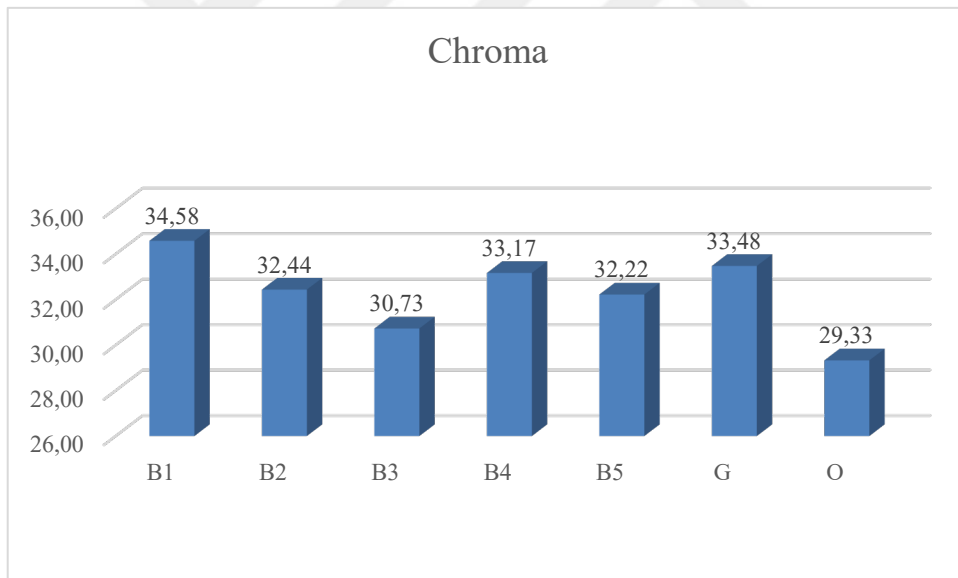


Şekil 4.4.Farklı bakteri ırklarının bitki boyu üzerine etkisi

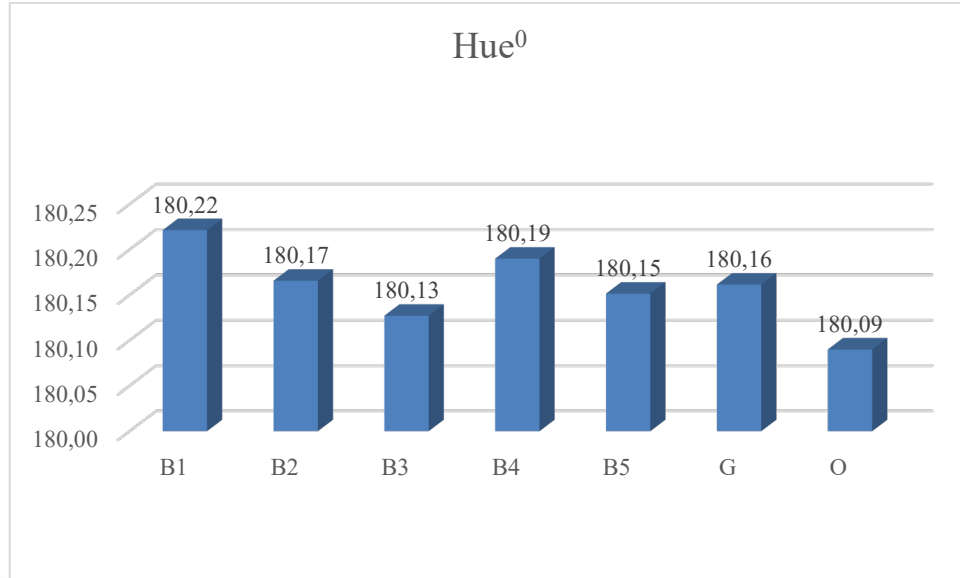
Uygulamalar sonucunda en yüksek L^* değeri B4 uygulamasından (45.66), en düşük ise Kontrol uygulamasından (42.87) elde edilmiştir (Şekil 4.5). Chroma (C) değeri bakımından en yüksek B1 bakteri kombinasyonu uygulamasından (34.58), en düşük ise Kontrol uygulamasından (29.33) elde edilmiştir (Şekil 4.6). Hue (h^0) açısı açısından en yüksek B1 uygulamasında (180.21), en düşük değer ise kontrol uygulamasından (180.090) elde edilmiştir (Şekil 4.7). Renk değerleri bitki yaprağının içerdiği renk pigmentleri ile ilişkilidir. Klorofil miktarı SPAD ortalama değerleri istatistiksel olarak önemsiz olduğu tespit edilmiştir. Klorofil miktarlarındaki değişimin istatistiksel olarak önemsiz olması renk değerlerindeki etkilediği düşünülmektedir. Çalışmamıza benzer şekilde Bilge (2017), marul bitkisine uygulanan rizobakterilerin (PGPR) renk değerleri üzerine etkisinin önemli olmadığını belirtirken, Ali (2020), domatese uygulanan Rizobakterilerin (PGPR) meyve renk değerleri (L^* , C, h^0) açısından kontrol bitkisine kıyasla istatistiksel olarak önemli derecede yarar sağladığını belirtmektedir.



Şekil 4.5. Farklı bakteri ırklarının biber meyve L^* değeri üzerine etkisi



Şekil 4.6. Farklı bakteri ırklarının biber meyve Chroma (C) değeri üzerine etkisi



Şekil 4.7. Farklı bakteri ırklarının biber meyve Hue açısı değeri üzerine etkisi.

Çizelge 4.2. Arazide bakteri ve kontrol uygulamalarının pH, klorofil miktarı (SPAD), C vitamini, SÇKM, antioksidan aktivitesi, meyve boyu ve verim değerleri

Uygulama	Ph	Klorofil Miktarı (Spad)	C Vitamini (mg/100 g)	Suda Çözünür Kuru Madde (Brix)	Antioksidan Aktivite % İnhibisyon Değeri	Meyve Boyu (cm)	Verim (kg/Bitki)
B1	7.30±0.82	385.96±13.67	1.67±0.07	6.63±0.40 b	30.5±4.4 a	15.43±2.51 a	0.53±1.68 a
B2	6.93±0.56	396.20±5.36	1.80±0.05 ab	6.07±0.72 ab	53.6±7.7 c	17.57±2.15 ab	0.62±0.84 a
B3	6.91±1.09	367.91±29.36	1.76±0.09 ab	5.56±0.47 a	40.7±6.3 b	17.57±4.28 ab	0.77±0.98
B4	6.94±0.46	376.74±7.62	1.80±0.06 ab	5.53±0.49 a	50.1±1.4 c	18.86±3.44 ab	0.62±0.35 a
B5	6.83±0.58	386.89±7.42	1.69±0.08 ab	5.47±0.61 a	34.7±5.1 ab	20.14±3.44 b	0.81±1.04bc
Gübre (G)	6.54±0.44	382.55±15.26	1.71±0.07 ab	5.93±0.63 a	40.7±8.8 b	20.71±1.38 b	0.9±0.86 c
Kontrol (0)	6.29±0.39	373.14±25.37	1.85±0.19 a	5.67±0.38 a	38.3±6.5 b	15.86±2.27 a	0.53±1.54 a
CV	10.12	4.82	6.34	10.92	14,3	18.42	24.91
VK	Öd		*	**			

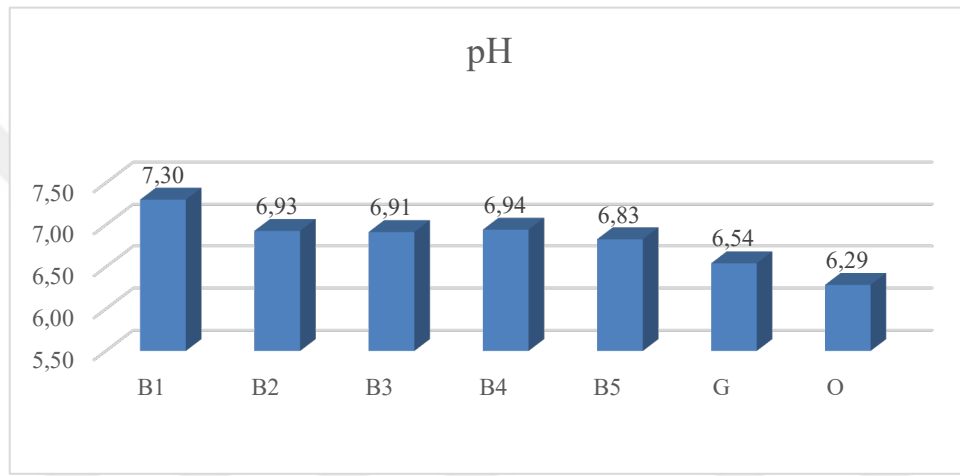
**P≤0,01 seviyesinde ortalamalar arası farklılık önemlidir.

*P≤0,05 seviyesinde ortalamalar arası farklılık önemlidir.

Öd: ortalamalar arası farklılık önemli değildir.

Uygulamalardan elde ettiğimiz verilere göre PGPR ırk uygulamalarının Ph düzeyi üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır. En yüksek değer B1 bakteri kombinasyon

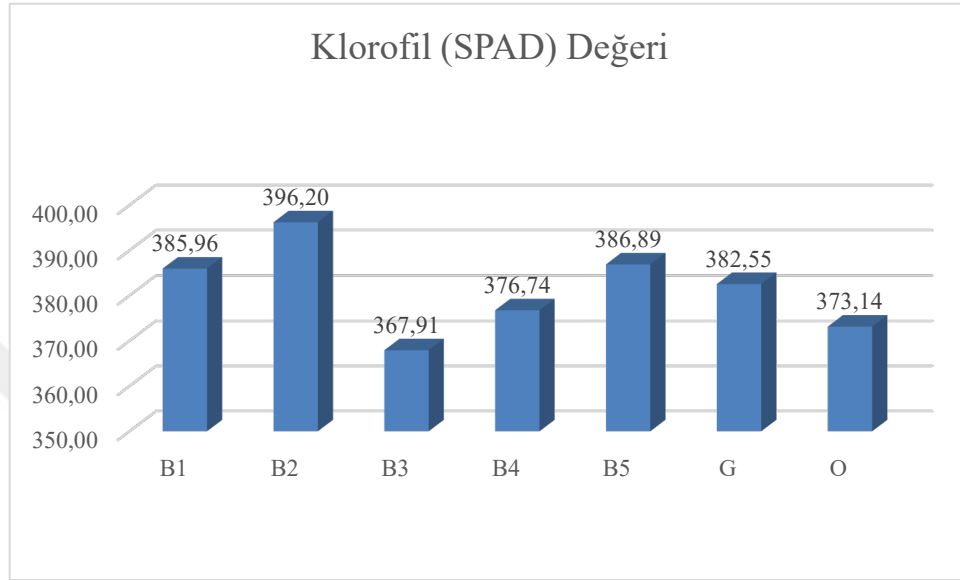
uygulamasından (7.30) en düşük değer ise kontrol (0) uygulamasından (6.29) elde edilmiştir. Çalışmamıza benzer bulgular; Seymen (2015) dolmalık biberine (*Capsicum annuum* var. *annuum*) uygulamış olduğu PGPR'lerin Ph üzerinde etkisinin önemsiz olduğunu bildirmiştir ancak Ali (2020), domates bitkisine uygulamış olduğu iki ticari gübre içerisinde yer alan PGPR (*Pantoea agglomerans*, *Bacillus megaterium*, *Paenibacillus polymyxa*)'lerin Ph üzerine etkisinin istatistiksel olarak ($P \leq 0.05$) önemli olduğunu, diğer bir çalışmada Seymen (2010) salatalık bitkisine (*Cucumis sativus*) uygulanan PGPR'lerin pH değeri üzerinde etkisinin istatistiksel olarak önemli olduğunu bildirmiştir.



Şekil 4.8.Farklı bakteri ırklarının meyve pH değeri üzerine etkisi

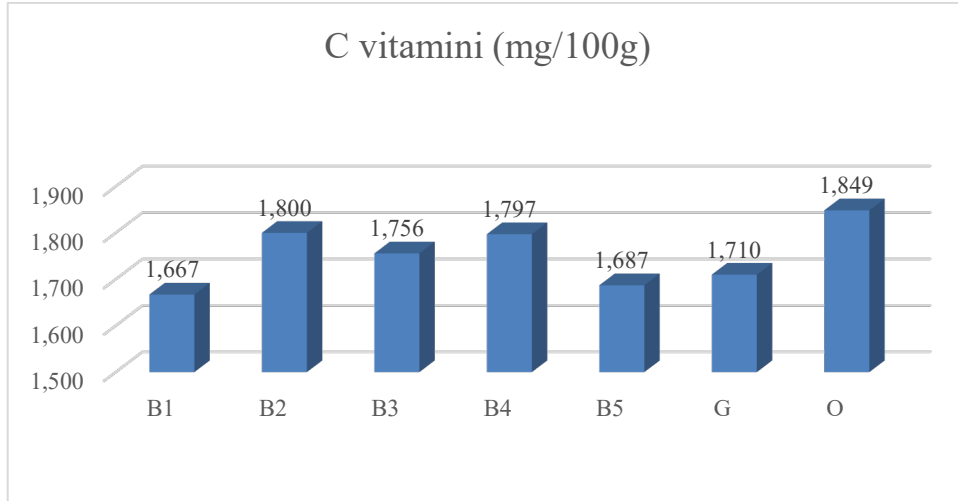
Uygulamalardan elde ettiğimiz verilere göre PGPR ırk uygulamalarının klorofil içeriği üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır (Çizelge 4.2). En yüksek değer B2 uygulamasında (396.20), en düşük değer ise B3 uygulamasında (367.91) tespit edilmiştir (Şekil 4.9). Çalışmamız sonucuna benze olarak Jamet (2016), bibere uyguladığı bakterilerin (*Bacillus amyloliquefaciens*) klorofil a ve b için istatistiksel olarak önemli olmadığını belirtirken farklı olarak; Kotan (2021), domates bitkisine uygulamış olduğu PGPR'lerin (*Pantoea agglomerans*, *Bacillus megaterium*, *Bacillus megaterium*) bitkide klorofil (SPAD) değerleri açısından istatistiksel olarak önemli olduğunu, Samancıoğlu (2016), lahana bitkisine farklı su stresi altında uygulanan PGPR'lerin (*Bacillus subtilis*, *Brevibacillus choshensis*, *Bacillus pumilus*) SPAD değerlerinin artışı ve istatistiksel olarak etkisi önemli olduğunu, Akdemir (2018), iki yıllık sera koşullarında yapılan çalışmada biber bitkisine uygulanan PGPR'lerin klorofil miktarı üzerine etkisini her iki yılda da önemli

olduğunu, Hahm (2017), farklı tuz stresi altında PGPR 'lerin bitkide SPAD değerinde önemli artışlara neden olduğunu belirtmektedirler.



Şekil 4.9.Farklı bakteri ırklarının klorofil (SPAD) değeri üzerine etkisi

Biber meyvesinden alınan örnekler için C vitamini değerlerinde uygulamalar arası farklılık $P \leq 0,05$ düzeyinde önemli olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2). B2, B3, B4, B5 ve Gübre uygulamaları arası farklılık olmadığı tespit edilmiştir. En yüksek değer Kontrol (O) uygulamasında (1,85 mg/100g), en düşük değer ise B1 uygulamasında (1,67 mg/100g) tespit edilmiştir (Şekil 4.10). C vitamini değerlerindeki değişimler çeşit, yetiştiricilik şekli, hasat zamanı, mevsim, olgunluk aşaması, hasat sonrası ekstrasyon yöntemi gibi nedenlerden dolayı değişiklik göstereceği bildirilmiştir (Öge, 2020). Çalışmamızda C vitamini değerlerinin, verim değerlerinin de en az olduğu kontrol uygulamasından elde edilmesini; besin noksanlığına bağlı olarak hücre yapısının daha küçük, hücre stoplazmasının daha yoğun ve besin maddesi azlığına bağlı stres faktöründen kaynaklanmış olabileceği düşünülmektedir. Ancak Ali (2020), domatese uygulamış olduğu PGPR'lerin C vitamini üzerine önemli etkileri olduğunu, Sharma (2011), biber bitkisine uygulamış olduğu PGPR ve organik gübre kombinasyon karışımının C vitamini üzerindeki etkisinin önemli olduğunu belirtmektedir.



Şekil 4.10.Farklı bakteri ırklarının C vitamini (mg/100g) değeri üzerine etkisi

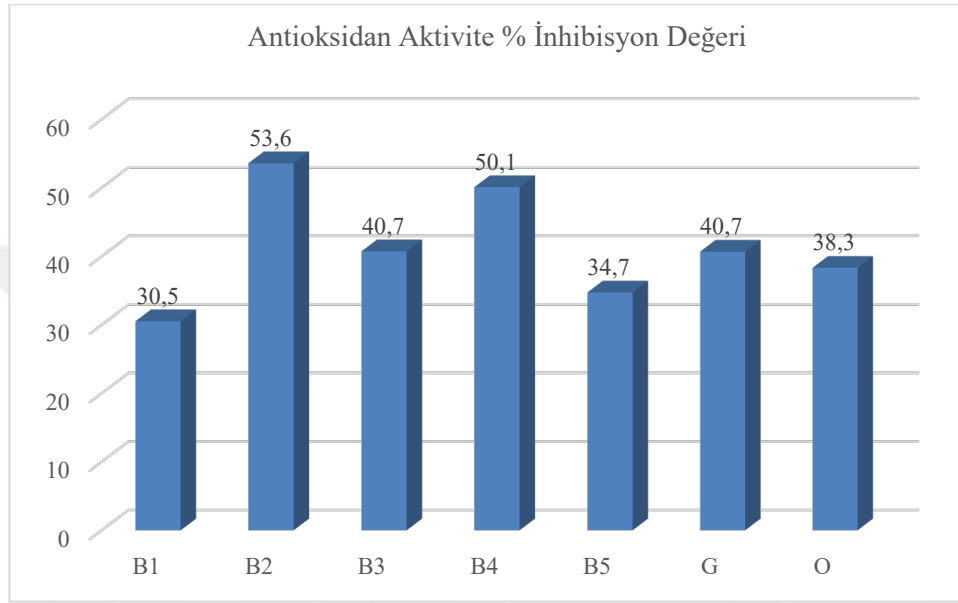
Suda çözünür kuru madde (SÇKM) oranı bakımından uygulamalar arası farklılıklar $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli olarak saptanmış, (Çizelge 4.2) ve B2, B3, B4, gübre ve kontrol uygulamaları arası farklılık olmadığı tespit edilmiştir. En yüksek değer B1 uygulamasından (6.63), en düşük değer ise B5 uygulamasından (5.47) elde edilmiştir (Şekil 4.11). Suda çözünen kuru maddeyi başlıca früktoz, glikoz olmak üzere şekerler ve sitrik asit, malik asit, tartarik asit gibi organik asitler oluşturmaktadır. En yüksek SÇKM değerlerinin B1 uygulamasından elde edilme nedeni olarak; Verim değerleri incelendiğinde kontrol uygulamasına (O) en yakın değer B1 bakteri kombinasyonu uygulaması olarak görülmektedir, daha az verime neden olan küçük meyve ve küçük meyve oluşumuna neden olan küçük hücre yapısı, dolayısıyla yoğun hücre stoplazması ve B1 uygulamasının bitkide verim azlığına neden olan stres oluşturduğu düşüncesi olmuştur. Çalışmamız sonuçlarına benzer şekilde Akdemir (2018), iki yıllık çalışmasında bibere uygulanan PGPR'lerin her iki yılda da istatistiksel olarak önemli olduğunu, Ali (2020), domates de yapmış olduğu uygulamaların SÇKM değeri üzerinde etkili olduğunu, diğer bir çalışmada Saber (2001), bakteri uygulamalarının buğday, arpa, mısır, balkabağı ve domateste kuru madde artışına neden olduğunu belirtmektedir.



Şekil 4.11.Farklı bakteri ırklarının SÇKM değeri üzerine etkisi

Meyvelerin antioksidan aktivitesi ile ilgili yürütülmüş birçok araştırmada meyvelerin koyu renkliliği ile antioksidan aktiviteleri arasında doğrusal bir ilişkinin olduğu, bazı çalışmalar sonucunda ise meyvelerin sahip olduğu renk koyuluğundan ziyade, meyvelerin toplam fenolik ve flavonoid miktarları meyvelerin antioksidan aktivitesi özelliklerini daha belirleyici olduğu bildirilmiştir (Özden, 2014). Yapmış olduğumuz çalışmada Antioksidan aktivitesi bakımından uygulamalar arası farklılıklar $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli olduğu, (Çizelge 4.2) ve B3, B4, B5 bakteri kombinasyonları ile gübre ve kontrol uygulamaları arası farklılık olmadığı tespit edilmiştir. En yüksek değer, en yüksek klorofil miktarı değeri veren (396.20) B2 uygulamasında ($0.717 \mu\text{mol (TEAC)/g}$), en düşük değer ise B1 uygulamasından ($0.409 \mu\text{mol (TEAC)/g}$) elde edilmiştir (Şekil 4.12). Daha koyu renk içeriğinin yüksek antioksidan özellik gösterdiği düşünülmektedir. Benzer şekilde, Samancıoğlu (2016), lahana bitkisine uygulamış olduğu; *Bacillus subtilis*, *Bacillus pumilus* ve *Bacillus megaterium* + *Pantoea agglomerans* + *Brevibacillus choshiensis* bakteri uygulamalarının antioksidan kapasitesi bakımından farklılığın önemli olduğu en yüksek değer *Bacillus pumilus*'dan elde edildiğini, Civelek (2017), iki yıllık olarak planlanan çalışmada karnabahar (*Brassica oleracea* L. var. *Botrytis*) bitkisine farklı bitkilerden izole edilen bakteri (*Pseudomonas putida*, *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*) ve farklı gübre kombinasyonları uygulamış elde edilen sonuçlarda antioksidan kapasitesi üzerine etkisi her iki yılda da

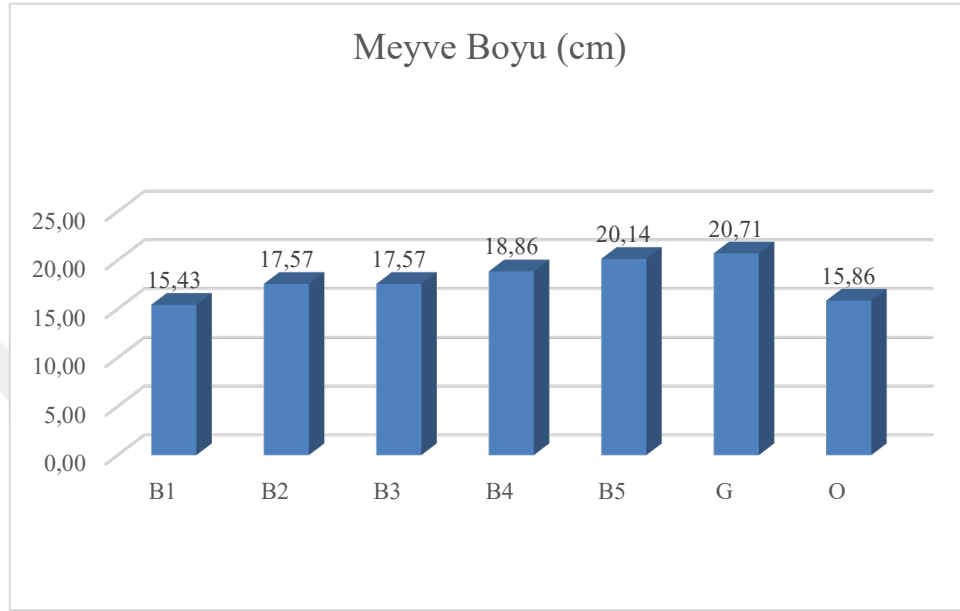
farklılık ($p \leq 0,001$) önemli olduğunu bildirmiştir. Ancak, Çirka (2023), bakla bitkisine uygulamış olduğu bakteri (*Azospirillum lipoferum*, *Bacillus megaterium*, *Chlorella saccharophila*) ve alg kombinasyonlarının antioksidan aktivite üzerine etkisinin önemsiz olduğunu bildirmiştir.



Şekil 4.12. Farklı bakteri ırklarının antioksidan aktivite ($\mu\text{mol (TEAC)/g}$) % İnhibisyon değeri üzerine etkisi

Meyve boyu bakımından uygulamalar arası farklılıklar $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli olarak bulunmuştur (Çizelge 4.2). Bakteri kombinasyonlarından B2, B3, B4, B5 ile gübre ve kontrol uygulamaları arası farklılık olmadığı tespit edilmiştir. En yüksek değer gübre (G) uygulamasından (20.71cm), en düşük değer ise B1 uygulamasından (15,43 cm) elde edilmiştir (Şekil 4.13). En yüksek değeri veren gübre uygulamasına en yakın değer B5 uygulamasından elde edildiği ve bunun nedenini kombinasyon içerisinde yer alan Azot ve Fosfor çözücü bakterilerin bitkinin ihtiyaç duymuş olduğu elementleri yararışlı hale getirerek meyve boyuna olumlu etki ettiği düşünülmektedir. Çalışmamız sonucunda bulgularımıza benzer şekilde, Jadhav (2014), biber bitkisine uygulanan PGPR'lerin meyve boyunda artışa neden olduğunu, Ali (2020), domatesde yapmış olduğu PGPR uygulamasının meyve boyuna etkisinin önemli olduğunu, Datta (2015), biber bitkisine bitki büyümesini destekleyen rizobakteriler (PGPR) uygulamış ve meyve boyunda istatistiksel olarak önemli

olduğunu, Seymen (2010), salatalık bitkisinde yapmış olduğu çalışmada kök bakterilerinin meyve boyunda önemli etkisi olduğunu, Hahm (2017), farklı tuz koşullarında uygulanan rizobakterilerin meyve boyunda önemli artışa neden olduğunu bildirmişlerdir.

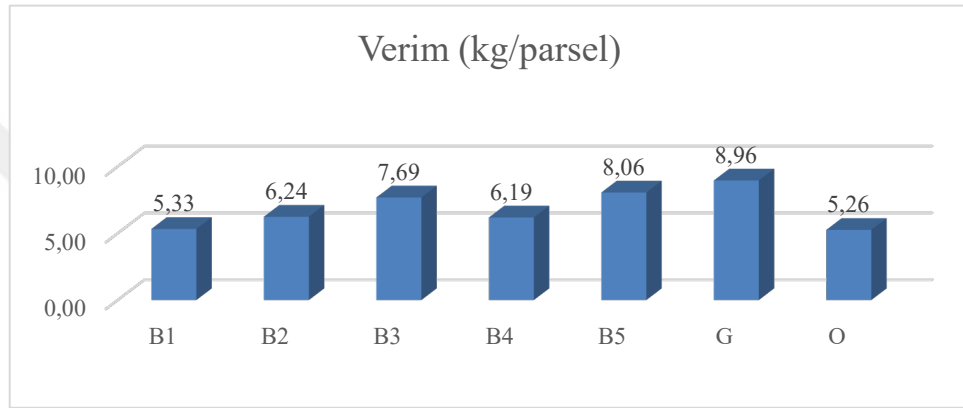


Şekil 4.13.Farklı bakteri ırklarının meyve boyu üzerine etkisi

Verim bakımından uygulamalar arası farklılıklar $P \leq 0.01$ düzeyinde önemli olarak saptanmıştır (Çizelge 4.2). Uygulamalar arasında en yüksek değer gübre (G) uygulamasında (8.96 kg/parsel), en düşük ise Kontrol (K) uygulamasından (5.26 kg/parsel) elde edilmiştir (Şekil 4.14). Tariq (2014), biber bitkisinde uygulanan bakteri ırklarının verime etkisinin olduğunu bildirmiştir.

Konvansiyonel tarımı simgeleyen ve uzun üretim sürecinde toprağın çoraklaşmasına neden olan kimyasal gübre uygulamasının amacı verimi artırmaktır. Sonuçlar irdelendiğinde kimyasal gübre uygulaması (G) uygulamalar içinde en yüksek değere ulaşmış olup uygulama yapılmayan kontrol (K) ile arasındaki fark oldukça yüksektir. Ancak B5 bakteri kombinasyonu uygulaması içerdiği bakteri ırklarının havadaki serbest azotu bağlayan *Bacillus* bakteri ırkı, toprakta bağlı olan ve bitki tarafından alınamayan fosforu çözerek bitki tarafından kolay alınmasını sağlayan *Pseudomonas* bakteri ırkı, IBA salgılayarak bitki kök gelişimini artırarak verimin gübre uygulamasına yakın olmasını sağladığı düşünülmektedir. Çalışma sonucunda bulgularımıza bezer şekilde, Sharma (2011), biber bitkisinde uygulanan PGPR ile gübre karışımının verime etkisinin olumlu olduğunu, Jadhav (2014), biber

bitkisine uygulamış olduğu PGPR'lerin toplam verime etkisinin istatiksel olarak önemli olduğunu, Dhruba (2011), tohum yataklarına uygulamış olduğu PGPR'ler sonucunda bitki gelişim ve verimine önemli etkisinin olduğunu, Mirik (2007), uygulanan bakterilerin biyolojik mücadelenin yanı sıra verimde de istatiksel olarak önemli artışa neden olduğunu, Akdemir (2018), iki yıllık bir çalışmada yıllar arası farklı ırkların artışa neden olduğunu, kontrol bitkisine göre de her iki yılda da verimde artışa neden olduğu belirtmektedirler.



Şekil 4.14. Farklı bakteri ırklarının meyve verimi üzerine etkisi

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu araştırma bazı PGPR ırklarının sivri biber (*Capsicum annuum* var. *longum*) yetiştiriciliğinde verim ve kaliteye etkilerini ortaya koymak amacıyla yapılmıştır. Araştırmada kullanılan 5 farklı PGPR kombinasyon ırklarının fidelerin kök bölgesine uygulanması sonrası gözlemlenen parametreler uygulamaya bağlı olarak farklılıklar göstermiştir.

B1 bakteri kombinasyonu uygulaması yapılan parsellerden pH, choroma, hue açığı değeri ve suda çözünür kuru madde miktarı diğer uygulamalara göre en yüksek değerler tespit edilirken, C vitamini, meyve boyu, yaprak eni ve boyu değerleri bakımından endüyük değerler elde edilmiştir.

B2 bakteri kombinasyonu uygulaması yapılan parsellerde antioksidan kapasite bakımından diğer uygulamalara göre en yüksek değerler elde edilmiştir.

B3bakteri kombinasyonu uygulaması yapılan parsellerde, kök boğazı çapı değerleri en yüksek bu uygulamada elde edilirken, klorofil ölçüm değerleri en düşük olarak belirlenmiştir.

B4bakteri kombinasyonu uygulaması yapılan parsellerde yaprak eni ve L*, değeri bakımından en yüksek değeri verdiği belirlenmiştir.

B5bakteri kombinasyonu uygulaması yapılan parsellerde klorofil ölçüm değerleri en yüksek değere ulaşırken suda çözünür kuru madde miktarı bakımından en düşük değeri elde edilmiştir.

Gübre (G) uygulaması olarak toprak analiz sonuçlarına göre kimyasal gübre uygulaması yapılan parsellerde verim, meyve boyu, yaprak boyu ve bitki boyu değerleri diğer uygulamalara göre en yüksek değerlere ulaşırken kök boğazı çapı diğer uygulamalardan daha düşük tespit edilmiştir.

Kontrol uygulaması (0) olarak hiçbir uygulamanın yapılmadığı parsellerde C vitamini değeri en yüksek olarak bulunurken diğer gözlenen özellikler bakımından daha düşük değerler elde edilmiştir.

Uygulama sonuçlarından elde edilen bulgular incelendiğinde PGPR uygulamasının sivri biber (*Capsicum annuum* var. *longum*) yetiştiriciliğinde bazı kriterler üzerinde etkili olduğu, B5 bakteri kombinasyonunun verim bakımından gübre uygulamasına yakın olduğu görülmüştür. Uygulanan PGPR ırklarının gübreleme uygulamasına göre bazı kriterlerde yakın ve yüksek değerler vermesi gübrelemeden tasarrufun sağlanması, üretimde daha yaygın şekilde kullanılmasına olanak verecektir. Ancak PGPR'ler bitki türüne, uygulama zamanı ve şekli, toprak tipi, uygulama yapılan bakteri ırkına göre bitki gelişimi ve verim artışına etkisine doğrudan belirleyici olduğu düşünülmektedir. Çalışmamız sonucunda biber bitkisine uygulanan kök bakterilerinin biyogübre olarak kullanımının bitkide gelişim ve verimde iyileştirici etkisi olabileceği kanısına varılmıştır.

Bu bilgiler ışığında ülkemizde ve dünyada gün geçtikçe yaygınlaşan, çeşitliliği artan PGPR'ler ile ilgili bakteri kombinasyonlarının oluşturulmasında detaylı araştırmalara ihtiyaç olduğu görülmektedir.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Akdemir, K. (2018). *Bakteri Formülasyonlarının Dolmalık Biberde Bitki Gelişimi, Verim ve Mineral Madde İçeriği*. Yüksek Lisans Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 87s.
- Akkeçeçi, Ş., Özkan, Ç. (2022), *Organik Tarımda Yeşil Gübre Uygulamasının Önemi ve Sürdürülebilirliği*. ADYUTAYAM Dergisi, 2:161174,2022, <http://dspace.adiyaman.edu.tr:8080/xmlui/handle/20.500.12414/4450>
- Alajendra, H. Valdovinos., W., Chan, W. (2020). *Effects of biological and mineral fertilization on the growth, nutrition, and yield of Capsicum chinense under greenhouse conditions*. Journal of Plant Nutrition, Cilt 43, 2020- Sayı15 <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1771586>
- Ali, M. (2020). *Mikrobiyolojik Gübre Kullanımının Tek Ürün Domates (Solanum lycopersicum L.) Yetiştiriciliğinde Verim ve Kaliteye Etkileri*.Yüksek Lisans Tezi, Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, 56 s.
- Alpago, Ö. (2019). *Bitki Gelişimini Uyarayan Kök Bakterilerinin (PGPR) Kıvırcık Marul (Lactuca sativa var. crispa) Yetiştiriciliğine Etkisi*. Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Bitki Koruma Anabilim Dalı, 54 s.
- Altın, N., Bora, T. (2005). *Bitki Gelişimini Uyarayan Kök Bakterilerinin Genel Özellikleri ve Etkileri*. Ege Tarımsal Araştırma Enstitüsü Dergisi, 15(2), 87-103.
- Altunlu, H. (2020). *Tuz Stresi Altındaki Biberde (Capsicum annuum L.) Mikoriza ve Rizobakteri Uygulamasının Bitki Gelişimi ve Bazı Fizyolojik Parametreler Üzerine Etkisi*. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 57(4), 501-510. <https://doi.org/10.20289/zfdergi.655491>
- Anonim, (2023). Ekip tarım. Erişim: ekiptarım.com. Erişim tarihi: 1.11.2022.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Aybak, H.Ç. (Ed.) (2002). *Biber yetiştiriciliği*. 155 s. Hasad Yayıncılık.
- Bastian, F., Cohen, A., Piccoli, P., Luna, V., Baraldi, R., Bottini, R.(1998). *Production of Indole-3-acetic acid and Gibberellins A1 and A3 by Acetobacter diazotrophicus and Herbaspirillum seropedicae in Chemically-Defined Culture Media*. Plant Growth Regulation, 24: 7–11. <https://link.springer.com/article/10.1023/a:1005964031159>
- Bellitürk, K. (2015). *Tarım Topraklarının Kullanımında ve Gübrenmesinde Yapılması Ve Yapılmaması Gerekenler Üzerine Bir Değerlendirme*. Tarımsal Üretimin Püf Noktaları. Erişim: <http://www.gubretas.com.tr>. Erişim tarihi : 19.11.2022
- Bhattarai, D., Poudyal, K., Pokhrel, S. (2011). *Effect of Azotobacter and Nitrogen Levels on Fruit Yield and Quality of Bell Pepper*. Nepal Journal of Science and Technology, 12:29-34. DOI: 10.3126/njst.v12i0.6475
- Bilen, S. (2014,23-24 Ekim). *Mikrobiyal Gübrede Toprak Özellikleri ve Çevre Şartları*. Mikrobiyal Gübre Çalıştayı, s 152. Kastamonu, Türkiye.
- Burdman, S., Jurkevitch, E., Okon, Y. (2000). *Recent advances the use of plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) in agriculture*. Microbial interactions in agriculture and forestry, (11) 5:229-250.
- Cemeroğlu, B. (2010). *Gıda analizleri*. Gıda Teknolojisi Derneği Yayınları. No: 34, 655 s.
- Chen, C.Y., Xiong, S.G. (1997). *The present and development of microbial fertilizer*. Journal of China Agricultural University,2:12-15. <https://www.oriprobe.com/journals/zgnydxxb.html>

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Chen, J., Jacobson, L. M., Handelsman, J., Goodman, R. M., (1996). *Compatibility of systemic acquired resistance and microbial biocontrol for suppression of plant disease in a laboratory assay*. Molecular Ecology, (5)1:73-80. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294X.1996.tb00292.x>
- Civelek, C. (2017). *Bakteri ve Farklı Gübre Kombinasyonlarının Karnabahar (Brassica oleracea L. var. botrytis)'da Bitki Gelişimi, Verim ve Kalite Özelliklerine Etkileri*, Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 176s.
- Costa, J., G. Palomares, J., Cuartero, F., Nuez, (1983). *Germplasm resources of capsicum from Mexico*. Capsicum Eggplant Newsletter 2: 15-18.
- Çakmakçı, R. (2005.). *Bitki Gelişimini Teşvik Eden Rizobakterilerin Tarımda Kullanımı*. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 36(1), 97-107. DOI:10.17097/ZFD.60716
- Çiğdem, B., Yılmaz, S., Çetin, A. (2021). *Inoculation of Capsicum annuum L. and Lactuca sativa L. Plants with Local Bacillus Species for Evaluating the Protein Amount*. Sakarya University Journal of Science, 25(3), 699-704. <https://doi.org/10.16984/SAUJOS.870099>
- Çirka, M. (2023). *Determination of the effects of PGPR isolates and algae on plant growth in broad bean (Vicia faba L.) grown under water stress conditions*. Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus, 21(6), 103-113. <https://doi.org/10.24326/asphc.2022.6.9c>
- Çomaklı, B., Fayetörbay, D., Daşçı, M. (2013). *Fosfor Çözücü Bakteri, Fosforlu Gübre ve Tavuk Gübresi Uygulamalarının Macar Fiğinde (Vicia pannonica Roth) Tohum Verimi ve Verim Unsurları Üzerine Etkileri*. Tarım Bilimleri Dergisi, 346-357. DOI: 10.1501/Tarimbil_00000001293

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Datta, M., Paul, D., Sinha, N., Sengupta, C. (2015). *Plant Growth Promoting Rhizobacteria Improve the Production and Enhancement of Alkaloid Content in Chilli*. *Frontiers in Environmental Microbiology*, 1(2): 24-26. DOI: 10.11648/j.fem.20150102.13
- Domenech, J., Reedy, S., Kloepper, J., W., Ramos, B. (2005). *Combined application of the biological product LS213 with Bacillus, Pseudomonas or Chryseobacterium for growth promotion and biological control of soil-borne diseases in pepper and tomato*. *Bio Control*, 51:245–258. DOI 10.1007/s10526-005-2940-z
- Döbereiner, J. (1997). *Biological nitrogen fixation in the tropics: Social and economic contributions*. *Soil Biology and Biochemistry*, 29: 771-774. [https://doi.org/10.1016/S0038-0717\(96\)00226-X](https://doi.org/10.1016/S0038-0717(96)00226-X)
- Dursun, A., Ekinci, M., Dönmez, F. (2008). *Effects of Inoculation Bacteria on Chemical Content, Yield and Growth in Rocket (Eruca vesicaria subsp. sativa)*. *Asian Journal of Chemistry*, 20: 3197-3202.
- Düzyaman, E., Duman, İ. (2005). *Sanayi Kullanımına Uygun Bazı Biber Çeşitlerinin Kalite ve Verim Özellikleri Üzerinde Karşılaştırmalı Bir Araştırma*. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Dergisi*, (3)2:5-10.
- Ekici, M., Yıldırım, E., Kotan, R. (2015). *Bazı bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin brokkoli (Brassica oleraceae L. var. italica) fide gelişimi ve fide kalitesi üzerine etkileri*. *Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 28(2): 53-59.
- El Sheikh, M.A., Eltilib, A.M.A., El Sheikh, E.A.E. (2005). *A note on the effect of Phosphate Rock, Triple super phosphate, Bradyrhizobium and their combinations on the available soil phosphorous in Shambat clay soil*. *Journal of Agricultural Sciences. University of Khartoum*, (13)3: 488-492.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- El-Meleigi, M. Hassan., Z, M., Ibrahim, G., H. (2007). *Biological Control of Common Root of Spring Wheat by Coating Seeds with Bacillus or Trichoderma spp.* *Environment Arid and Agriculture Sciences*,18: 3-12.
- Eshbaugh, W.H. (1977). *The taxonomy of the genus Capsicum (Solanaceae)*. Miami University Oxford, (3) 47: 14-28.
- Esringü, A., Kotan, R., Bayram, F., Ekinci, M., Yıldırım, E., Nadaroğlu, H. (2016). *Sarımsak Yetiştiriciliğinde Farklı Bakteri Biyoformülasyonu Uygulamalarının Bitki Gelişimi Parametreleri, Verim ve Enzim Düzeyleri Üzerine Etkisi*. Nevşehir Bilim ve Teknoloji Dergisi TARGİD Özel Sayı, 214-227. DOI: 10.17100/nevbiltek.211001
- FAO, (2022). *Food and Agriculture Organization of the United Nations*. Erişim: <http://www.fao.org>, Erişim tarihi:16.11.2022.
- FAO. (2006). *FAO Gübre ve Bitki Besleme Bülteni*. Erişim: <https://agris.fao.org/agris-search/search.do?recordID=XF2006427439>, Erişim tarihi:05.9.2022.
- Govindarajan, V. (1986). *Capsicum production, technology, chemistry, and quality*. National Library of Medicine, 22(2):109-76. DOI: 10.1080/10408398509527412
- Hamh, M., Son, J., Hwang, Y., Know, D., Ghim, S. (2017). *Alleviation of Salt Stress in Pepper (Capsicum annuum L.) Plants by Plant Growth-Promoting Rhizobacteria*. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 27(10):17901797. <https://doi.org/10.4014/jmb.1609.09042>

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Huerta, J., Guerra, P., Gomez, R., Gardea, C., Hernández, L., Franco, A., Ramirez, R. (2023). *Pepper growth promotion and biocontrol against Xanthomonas euvesicatoria by Bacillus cereus and Bacillus thuringiensis formulations*. Peerj, 2-29. DOI 10.7717/peerj.14633
- Islam, R., Sultana, T., Joe, M., Yim, W., Cho, J. (2016). *Nitrogen-fixing bacteria with multiple plant growth-promoting activities enhance growth of tomato and red pepper*. Journal of Basic Microbiolng, 53, 1004–1015.
- İnternational Fertilizer Ossociation. (2022). *Yıllık Rapor*. Erişim:<https://www.fertilizer.org/about-ifa/annual-report/> . Erişim tarihi: 1.11.2022
- Jadhav, P.B., Saravaiya, S. N., Tekale, G. S., Patil, S. J., Patel, D. J. (2014). *Effect of Nitrogen Fixing Azotobacter and Azospirillum on Growth and Yield of Chilli (Capsicum spp. L.) cv. Acharya*. International Journal of Innovative Research and Studies, 828-832.
- Jagnow, G. (1987). *Differences between cereal crop cultivars in root-associated nitrogen fixation, possible causes of variable yield response to seed inoculation*. Plant and Soil Vol. 123, No. 2.
- Jamet, J., Martínez, R., Galvez, A., Uribe, E., Goni, M., Stoll, A. (2016). *Root inoculation of green bell pepper (Capsicum annum) with Bacillus amyloliquefaciens BBC047: effect on biochemical composition and antioxidant capacity*. Journal of the Science of Food and Agriculture. DOI 10.1002/jsfa.9758.
- Joo, K., Kim, Y., Kim, J., Rhee, I., Kim, J., Lee, I. (2005). *Gibberellins-Producing Rhizobacteria Increase Endogenous Gibberellins Content and Promote Growth of Red Peppers*. The Journal of Microbiology Society of Korea, 43(6):510-515.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Kadalkal, Ç., Poyrazoğlu, E., Yemiş, O., Artık, N. (2001). *Kırmızı biberlerde Acılık ve Renk Bileşikleri*. Pamukkale Üniversitesi Mühendislik Bilimleri Dergisi, (7)3:359-366.
- Kadioğlu, S. (2011). *Fosforlu Gübre ve Bakteri Uygulamalarının Farklı Yem Bezelyesi Çeşitlerinin Tarımsal ve Morfolofik Özelliklerine Etkisi*. Doktora Tezi, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı, Erzurum, 155 s.
- Kavdır, İ., Kocabıyık, H., Biyükcan, C.K., (2007). *Farklı Renk Sistemlerinin Elmanın Hasat Sonrası Değerlendirmesindeki Etkinlikleri*. Tarımsal Mekanizasyon 24. Ulusal Kongresi, 5-6 Eylül, Kahramanmaraş.
- Kucey, R.M.N., Janzen, HH, Legett, M.E., (1989). *Microbially mediated increases in plant available phosphorus*. Adv Agron 42:199-228.
- Kusvuran, Ş., (2010). *Relationships between physiological mechanisms for drought and salinity tolerance of melons*. Unpublished Ph.D. Thesis. Çukurova University Institute of Natural and Applied Sciences, 356p.
- Lim, J. H., An, C.H., Kim, Y.H., Jung, B.K. (2012). *Isolation of Auxin- and 1 Amino cyclopropane-Lcarboxylic Acid Deaminase-producing Bacterium and Its Effect on Pepper Growth under Saline Stress*. Journal of the Korean Society for Applied Biological Chemistry, 55:607-612. DOI 10.1 007/sl 3765 -O12-2097
- 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):201-208. <http://dx.doi.org/10.5423/PPJ.SI.02.2013.0021>
- Lucy, M., Reed, E., Glick, B.R., (2004). *Applications of Free Living Plant Growth Promoting Rhizobacteria*. Antonie van Leeuwenhoek, (86)1:1-25.DOI: 10.1023/B:ANTO.0000024903.10757.6e

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Mirik, M., Aysa, Y., Çınar, Ö. (2007). *Biological Control of Bacterial Spot Disease of Pepper with Bacillus Strains*. Turkish Journal of Agriculture and Forestry, 32(5):381-390.
- Mulbry, W., Westhead, K., Pizzarro, C., Sıkora, L. (2005). *Recycling of Manure Nutrients: Use of Algal Biomass From Dairy Manure Treatment As a Slow Release Fertilizer*. Bioresource Technology, 96: 451–458. DOI: 10.1016/j.biortech.2004.05.026
- Oral, S. Kotan., R. (2021). *Bitki gelişimini teşvik eden bakterilerin domatestte bitki gelişim parametreleri, verim ve bitki sağlığı üzerine etkisi*. Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi, 12 (1): 47-65.
- Öztekin, G. Tüzel., Y, Ece., M. (2015). *Fosfat Çözücü Bakteri Aşılmasının Sera Domates Yetiştiriciliğinde Bitki Gelişimi, Verim ve Meyve Kalitesi Üzerine Etkileri*. Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 25(2): 148-155.
- Öztürk, B., 2011, *Farklı dikim zamanlarında kıvırcık yapraklı salata (Lactuca sativa var. crispata)’nın organik ve konvansiyonel yetiştiriciliğinin verim, kalite ve toprak özelliklerine etkisi*. Master's thesis, Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, 66s.
- Öge, F. (2020). *İsot Üretiminde Kullanılan Biberlerin Farklı Olgunluk Dönemlerinde Bazı Kalite Parametrelerinin Belirlenmesi*. Yüksek Lisans Tezi, Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, Gıda Mühendisliği Ana Bilim Dalı, Şanlıurfa
- Özden, M., Özden, A., N. (2014.). *Farklı Renkteki Meyvelerin Toplam Antosiyanin, Toplam Fenolik Kapsamlarıyla Toplam Antioksidan Kapasitelerinin Karşılaştırılması*. Gıda Teknolojileri Elektronik Dergisi 2014, 9(2) 1-12

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Penrose, D., Moffatt, B., Glick, B. (2000). *Determination of 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid (ACC) to assess the effects of ACC deaminase-containing bacteria on roots of canola seedlings*. Canadian Journal of Microbiology, 47:77-80. DOI: 10.1139/cjm-47-1-77
- Resmî Gazete. (2010). *Başbakanlık Mevzuatı Geliştirme ve Yayın Genel Müdürlüğü 27601 sayılı Resmî Gazete*. Erişim: <http://www.resmigazete.gov.tr/eskiler/2010/06/20100604-3.htm>, Erişim tarihi: 1.11.2022.
- Rodelas, B., Pozo, C., Salmeron, V., Martinez, M. V., Gonzalez, J. (1998). *Influence of Rhizobium/Azotobacter and Rhizobium/Azospirillum combined inoculation on mineral composition of faba bean (Vicia faba L.)*. Biol Fertil Soils, 29:165–169.
- Saber, M.S.M. (2001). *Clean Biotechnology for sustainable farming*. Engineering Life Sciences., (1)6:217-223. [https://doi.org/10.1002/1618-2863\(200112\)1:6<217:](https://doi.org/10.1002/1618-2863(200112)1:6<217:)
- 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*. Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 19(3):332-338.
- Seymen, M., Türkmen, Ö., Dursun, A., Dönmez, F., Paksoy, M. (2010). *Effects of Bacterium Inoculation on Yield and Yield Components of Cucumber (Cucumis sativus)*. Bulletin UASVM Horticulture, 67(1):274-277.
- Seymen, M., Türkmen, Ö., Dursun, A., Paksoy, M. (2014). *Effects of Bacteria Inoculation on Yield, Yield Components and Mineral Contents of Tomato*. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 28(2):52-57.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Sharma, S., Dixit, A., Sharma, A., Jaipaul. (2011). *Growth and yield of capsicum (Capsicum annuum) and garden pea (Pisum sativum) as influenced by organic manures and biofertilizers*. Indian Journal of Agricultural Sciences, 81 (7): 637–642.
- Shin, J., Seoung, B., Kim, H., Lee, K., Kim, K. (2021). *Antagonistic and Plant Growth-Promoting Effects of Bacillus velezensis BSI Isolated from Rhizosphere Soil in a Pepper Field*. The Plant Pathology Journal, 37(3): 307-314. <https://doi.org/10.5423/PPJ.NT.03.2021.0053>
- Siddiquee, A., Chauhan, P.S., Sa, T. (2011a). *Regulation of Ethylene Biosynthesis Under Salt Stress in Red Pepper (Capsicum annuum L.) by 1-Aminocyclopropane-1- Carboxylic Acid (ACC) Deaminase-producing Halotolerant Bacteria*. Journal Plant Growth Regu, 31:265–272. DOI 10.1007/s00344-011-9236-6
- Siddiquee, A., Glick, B.R., Chauhan, P. S., Yim, W.J., Sa, T. (2011b). *Enhancement of growth and salt tolerance of red pepper seedlings (Capsicum annuum L.) by regulating stress ethylene synthesis with halotolerant bacteria containing 1-aminocyclopropane-1-carboxylic acid deaminase activity*. Plant Physiology and Biochemistry Elsevier journal, 9 (2011) :427e434. <https://doi.org/10.1016/j.plaphy.2011.01.015>
- Silva, L., Azevedo, J., Pereira, M., Carro, L., Velazquez, E., Peix, A., Valentao, P., Andrade, P. (2014). *Inoculation of the Nonlegume Capsicum annuum (L.) with Rhizobium Strains. 1. Effect on Bioactive Compounds, Antioxidant Activity and Fruit Ripeness*. Journal of Agricultural and Food Chemistry, 62, 557–564. [dx.doi.org/10.1021/jf4046649](https://doi.org/10.1021/jf4046649)
- Sönmez, İ., Kaplan, M., Sönmez, S. (2008). *Kimyasal Gübrelerin Çevre Kirliliği Üzerine Etkileri ve Çözüm Önerileri*. Batı Akdeniz Tarımsal Araştırma Enstitüsü Derim Dergisi, 25(2):2434. <https://avys.omu.edu.tr/storage/app/public/mcebi/95317/ders%208.pdf>

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Şahin, E., Karagöz, K., Çakmakçı, R., Tosun, M. (2006,). *Azot fiksasyonu ve fosfat çözücü bitki gelişimini teşvik edici bakteri aşulamalarının arpa gelişimine etkisi*. Türkiye IV. Organik Tarım Sempozyumu, s.1-5.Erzurum, Türkiye.
- Tanwar, A., Aggarwal, A., Kadian, A. (2013). *Arbuscular mycorrhizal inoculation and super phosphate application influence plant growth and yield of Capsicum annuum*. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, (1):55-66. DOI: 10.4067/S0718-95162013005000006
- Tarım ve Orman Bakanlığı (TOB). (2016). *2016 Faaliyet Raporu*. Erişim: [https://eskisehir.tarimorman.gov.tr/Belgeler/2016_Faaliyet_Raporu/2016 % 20 Y % C 4 % B 1 1 % C 4 % B 1%20Faaliyet%20Raporu.pdf](https://eskisehir.tarimorman.gov.tr/Belgeler/2016_Faaliyet_Raporu/2016%20Y%C4%B1%C4%B120Faaliyet20Raporu.pdf). Erişim tarihi: 1.11.2022.
- Tariq, M., Ali, Q., Khan, A., Khan, G., Rashid, B., Rahi, M., Ali, A., Nasir, I., Husnain, T. (2014). *Yield potential study of Capsicum annuum L. under the application of PGPR*. Short Communication International Journal,1(4):202-207.
- TÜİK. (2022). *Dünya Nüfus Günü*. Erişim: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Dunya-Nufus-Gunu-2022>, Erişim tarihi:16.11.2022.
- Tunç, N. (2017). *Avrupa Birliğinde Kullanılan Biyolojik Gübreler ve Biyolojik Gübre Kullanım Potansiyelinin Belirlenmesi*. AB Uzmanlık Tezi, T.C. Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, s 82.
- TÜMAS, (2012). *Türkiye Meteorolojik Veri Arşiv ve Yönetim Sistemi Eskişehir ili meteorolojik veri kayıtları*. Erişim : [https : / / www . m g m . g o v . t r / s i t e / u r u n l e r . a s p x ? u = t u m](https://www.mgm.gov.tr/site/urunler.aspx?u=tum).Erişim tarihi: 1.11.2022.

KAYNAKLAR DİZİNİ

- Türkiye İstatistik Kurumu. (2022). *Tarımsal Girdi Fiyat Endeksi*. Erişim: <https://data.tuik.gov.tr/Bulten/Index?p=Tarımsal-Girdi-Fiyat-Endeksi-Subat-2022-45774>. Erişim tarihi: 1.11.2022
- Türkiye İstatistik Kurumu. (2022). *İstatistik Veri Portalı*, Erişim: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1>. Erişim tarihi: 16.11.2022.
- Yalçın, S.R. (2014). *Mikrobiyal Gübreler ve Uygulama Yöntemleri*. *Mikrobiyal Gübre Çalıştayı*. 75-86. Erzurum, Türkiye.
- Yıldırım, E., Turan, M., Ekinci, M., Dursun, A., Çakmalcı, R. (2011). *Plant growth promoting rhizobacteria ameliorate deleterious effect of salt stress on lettuce*. *Scientific Research and Essays*, 6(20):4390-4396. DOI:10.5897/SRE11.219
- Zablotowicz, R., M. Tipping., E, M., Lifshitz, R. Kloepper., J, W. (1991). *Plant Growth Promotion Mediated by Bacterial Rhizosphere Colonizers*. *The Rhizosphere and Plant Growth*, (10)12: 315-326. https://doi.org/10.1007/978-94-011-3336-4_70