

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**SERADA AZALTILMIŞ GÜBRELEME İLE BİRLİKTE FOSFOR ÇÖZÜCÜ
BAKTERİ İÇEREN MİKROBİYAL GÜBRELEMENİN KİREÇLİ TOPRAĞIN
BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ İLE PATLİCAN (*Solanum melongena* L.)
GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Ahmet Cemil EKEN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2025

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ



**SERADA AZALTILMIŞ GÜBRELEME İLE BİRLİKTE FOSFOR ÇÖZÜCÜ
BAKTERİ İÇEREN MİKROBİYAL GÜBRELEMENİN KİREÇLİ TOPRAĞIN
BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ İLE PATLİCAN (*Solanum melongena* L.)
GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ**

Ahmet Cemil EKEN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

TEMMUZ 2025

ANTALYA

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SERADA AZALTILMIŞ GÜBRELEME İLE BİRLİKTE FOSFOR ÇÖZÜCÜ
BAKTERİ İÇEREN MİKROBİYAL GÜBRELEMENİN KİREÇLİ TOPRAĞIN
BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ İLE PATLİCAN (*Solanum melongena* L.)
GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Ahmet Cemil EKEN

FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME

ANABİLİM DALI

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez Bilimsel Araştırma Projeleri Koordinasyon Birimi (BAP) tarafından FYL
2023-6466 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEMMUZ 2025

T.C.
AKDENİZ ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

SERADA AZALTILMIŞ GÜBRELEME İLE BİRLİKTE FOSFOR ÇÖZÜCÜ
BAKTERİ İÇEREN MİKROBİYAL GÜBRELEMENİN KİREÇLİ TOPRAĞIN
BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ İLE PATLICAN (*Solanum melongena* L.)
GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Ahmet Cemil EKEN
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

TOPRAK BİLİMİ VE BİTKİ BESLEME ANABİLİM DALI
YÜKSEK LİSANS TEZİ

Bu tez 11/07/2025 tarihinde jüri tarafından Oybirliği / ~~Oyçokluğu~~ ile kabul edilmiştir.

Doç. Dr. İsmail Emrah TAVALI (Danışman)

Doç. Dr. İlker Uz

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin Ok

ÖZET

SERADA AZALTILMIŞ GÜBRELEME İLE BİRLİKTE FOSFOR ÇÖZÜCÜ BAKTERİ İÇEREN MİKROBİYAL GÜBRELEMENİN KİREÇLİ TOPRAĞIN BİYOLOJİK ÖZELLİKLERİ İLE PATLİCAN (*Solanum melongena* L.) GELİŞİMİ ÜZERİNE ETKİLERİNİN İNCELENMESİ

Ahmet Cemil EKEN

Yüksek Lisans Tezi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

Danışman: Doç. Dr. İsmail Emrah TAVALI

Temmuz 2025; 53 sayfa

Bu çalışmanın amacı serada kireçli toprak koşullarında yapılan patlıcan (*Solanum melongena* L.) yetiştiriciliğinde, azaltılmış fosfor gübreciliği ile birlikte uygulanan *Bacillus megaterium*, *Pantoea agglomerans* ve *Pseudomonas fluorescens* bakterilerini içeren toz formdaki ticari mikrobiyal gübrenin, toprağın biyolojik özellikleri ile bitkinin gelişim özellikleri üzerine etkilerini belirlemeye dayanmaktadır. Çalışmada bitkinin gelişim dönemi boyunca, hedeflenen bitki verimi için topraktan kaldıracağı fosforun %70'i fertisasyon ile, kalan %30'u ise organomineral taban gübreciliği ile sağlanmıştır. Bu bağlamda, fosforlu taban gübreciliğinin toprağa uygulanması esnasında %0-%25-%50-%100 şeklinde azaltmaya gidilmiştir. Çalışmada, azaltılmış gübreleme ile yapılan mikrobiyal gübreciliğinin etkilerini izleyebilmek için farklı dönemlerde (fide dikimi öncesi, fide dikimini takiben 1.ay, 3.ay, 7.ay ve hasat sonu dönem) toprak örnekleri alınmıştır. Çalışma kapsamında bahsi geçen dönemlerde alınan toprak örneklerinde fiziksel (tekstür), kimyasal (pH, EC, kireç, organik madde, toplam azot, alınabilir fosfor ve değişebilir potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum) ve biyolojik (üreaz, alkali fosfataz, β -glikosidaz, toplam bakteri sayısı) analizler yapılmıştır. Öte yandan, deneme kapsamında 7.ay örnekleme döneminde elde edilen bitki ve meyve örneklerinde pomolojik (meyve çapı, meyve uzunluğu, meyve sap uzunluğu) ve fizyolojik özellikler (meyvede suda çözünür kuru madde, yaprakta toplam klorofil miktarı, meyve sapında toplam klorofil miktarı, meyvede renk tayini) belirlenmiştir. Ayrıca, deneme sonunda uygulamaların bitki üzerindeki fosfor etkinlik düzeyleri ve toplam verimleri de belirlenmiştir.

Bu çalışma neticesinde elde edilen bulgulara göre uygulanan gübrelerin toprak biyolojik özellikleri üzerine etkileri istatistiksel olarak incelendiğinde; üreaz 100+ uygulamasından, alkali fosfataz 100+, 0+, 100 uygulamalarından, β -glikosidaz 0+ uygulamasından, toplam bakteri sayısı 100+ uygulamasından olumlu etkilenmiştir. Uygulamaların toprak kimyasal özelliklerine etkileri incelendiğinde; pH 0+ ve 75 uygulamasından, EC 50+, 100, 100+ uygulamalarından, toplam organik madde 100+ uygulamasından, toplam azot 100 ve 100+ uygulamasından, alınabilir fosfor 100+ uygulamasından olumlu etkilenmiştir.

Bitki gelişim parametreleri üzerine uygulamaların etkileri incelendiğinde ise; meyve uzunluğu 100 uygulamasından, meyve sap uzunluğu 50 uygulamasından, bitki kuru ağırlığı 100+ uygulamasından, SÇKM 75 uygulamasından, yaprakta toplam klorofil 50 ve 50+ uygulamalarından, meyve sapında toplam klorofil 100 uygulamasından, fosfor etkinlik düzeyi 100+ uygulamasından ve toplam verim 100 uygulamasından olumlu etkilenmiştir.

Bu çalışma, kireçli toprak koşullarında yürütülen patlıcan yetiştiriciliğinde, mikrobiyal gübrelerin toprak sağlığı, bitki gelişimi ve verim üzerine olan etkilerini kapsamlı biçimde ortaya koymuştur. *Bacillus megaterium*, *Pantoea agglomerans* ve *Pseudomonas fluorescens* türlerini içeren toz formdaki ticari mikrobiyal gübre, özellikle fosforlu taban gübrelemesinde herhangi bir azaltmaya gidilmeden uygulandığında, toprak biyolojik aktivitesinde dikkate değer artışlara yol açmıştır. Üreaz, alkali fosfataz ve β -glikosidaz enzim aktivitelerinde ve toplam bakteri sayısında anlamlı düzeyde yükselmeler gözlemlenmiştir; buna paralel olarak toprak EC'si, organik madde içeriği, toplam azot ve alınabilir fosfor düzeylerinde belirgin artışlar elde edilmiştir. Pomolojik ve fizyolojik parametreler açısından değerlendirildiğinde, mikrobiyal gübrelerle desteklenen azaltılmış fosfor uygulamalarının da bazı özellikler üzerinde pozitif etkiler sağladığı görülmüştür. Meyve uzunluğu, sap uzunluğu, bitki kuru ağırlığı, meyvede SÇKM ve yaprak-sap klorofil içerikleri gibi parametreler, mikrobiyal uygulamaların bitki performansını artırıcı etkisini yansıtmaktadır. En dikkat çekici bulgu ise, %100 fosforlu taban gübresi ile uygulanan mikrobiyal gübrenin, fosfor etkinlik düzeyi ve toplam verim bakımından en yüksek değerleri sağlamış olmasıdır. Bu çalışmayla fosfor çözücü mikrobiyal gübrelerin, sanılanın aksine kimyasal fosfor gübrelemesinden olumsuz etkilenmediği, aksine birlikte uygulandıklarında verimi artırdığı görülmektedir. Bu çalışma, bu iki uygulamanın sinerjik bir etki yaratarak fosforun bitkiler tarafından daha etkin kullanılmasını sağladığını göstermektedir. Toprakta bağlanarak bitkiler için kullanılamaz hale gelen fosforun mikroorganizmalar sayesinde çözünmesi, kimyasal gübrelerin etkinliğini artırmakta ve toplam verimliliği yükseltmektedir. Bu nedenle, fosfor yönetiminde mikrobiyal ve kimyasal gübrelerin birlikte, tamamlayıcı şekilde kullanılması akılcı ve sürdürülebilir bir strateji olarak öne çıkmaktadır.

ANAHTAR KELİMELEER: Bakteriyel varlık, Enzimatik aktivite, Organomineral gübre, Toprak kalitesi

JÜRİ: Doç. Dr. İsmail Emrah TAVALI

Doç. Dr. İlker UZ

Dr. Öğr. Üyesi Hüseyin OK

ABSTRACT

INVESTIGATION OF THE EFFECTS OF MICROBIAL FERTILIZATION CONTAINING PHOSPHORUS-SOLUBILIZING BACTERIA COMBINED WITH REDUCED FERTILIZATION ON THE BIOLOGICAL PROPERTIES OF CALCAREOUS SOIL AND EGGPLANT (*Solanum melongena* L.) GROWTH IN A GREENHOUSE

Ahmet Cemil EKEN

MSc Thesis in Soil Science and Plant Nutrition

Supervisor: Assoc. Prof. Dr. İsmail Emrah TAVALI

July 2025; 53 pages

The aim of this study was to investigate the effects of a powdered commercial microbial fertilizer containing *Bacillus megaterium*, *Pantoea agglomerans*, and *Pseudomonas fluorescens* on soil biological properties and plant development characteristics under greenhouse conditions with calcareous soils during eggplant (*Solanum melongena* L.) cultivation. Throughout the plant growth period, 70% of the phosphorus (P) demand required to achieve the target yield was supplied through fertigation, while the remaining 30% was provided via organomineral basal fertilization. In this context, organomineral phosphorus fertilization was reduced by 0%, 25%, 50%, and 100%. To monitor the effects of microbial fertilization under reduced P input, soil samples were collected at five key intervals (before seedling transplantation, and at 1, 3, 7 months after transplantation, as well as after harvest).

In these soil samples, physical (texture), chemical (pH, EC, lime content, organic matter, total nitrogen, available phosphorus, exchangeable potassium, calcium, magnesium, sodium), and biological (urease, alkaline phosphatase, β -glucosidase enzyme activities, total bacterial count) analyses were conducted. Additionally, plant and fruit samples collected during the 7th-month sampling period were evaluated for pomological (fruit diameter, length, peduncle length) and physiological properties (soluble solids content in fruit, total chlorophyll in leaves and peduncles, and fruit color metrics). At the end of the experiment, phosphorus use efficiency and total yield were also determined.

According to the findings, microbial fertilizer treatments had statistically significant positive effects on soil biological properties: urease activity was enhanced under the 100+ treatment (100% P + microbial), alkaline phosphatase under 100+, 0+, and 100, β -glucosidase under 0+, and total bacterial count under 100+. With respect to chemical properties, soil pH improved with 0+ and 75, EC increased with 50+, 100, and 100+, while organic matter, total nitrogen, and available phosphorus levels showed notable improvements particularly under the 100+ treatment. Regarding plant development parameters, fruit length responded positively to 100, peduncle length to 50, plant dry weight to 100+, soluble solids content (SSC) to 75, leaf chlorophyll content to 50 and 50+, peduncle chlorophyll to 100, phosphorus use efficiency to 100+, and total yield to 100.

Overall, this study comprehensively demonstrates that microbial fertilizers, particularly when used in combination with full-dose phosphorus fertilization, can significantly enhance soil biological activity, improve nutrient availability, and positively influence plant growth and yield under calcareous soil conditions. The combination of 100% P with microbial inoculants yielded the most substantial increases in enzyme activities, bacterial population, and nutrient concentrations. Furthermore, certain reduced P treatments supplemented with microbial inputs also led to notable improvements in physiological and pomological traits. Notably, the highest phosphorus use efficiency and total yield were achieved with the 100+ treatment, highlighting the synergistic potential of integrated microbial and mineral fertilization strategies in sustainable eggplant production systems. This study demonstrates that, contrary to common belief, phosphorus-solubilizing microbial fertilizers are not adversely affected by chemical phosphorus fertilization; on the contrary, their combined application enhances crop yield. The findings indicate that the synergistic interaction between these two fertilization strategies improves the bioavailability of phosphorus to plants. Microorganisms facilitate the solubilization of phosphorus that would otherwise become immobilized in the soil, thereby increasing the effectiveness of chemical fertilizers and improving overall nutrient use efficiency. Consequently, the integrated use of microbial and chemical phosphorus fertilizers emerges as a rational and sustainable strategy for effective phosphorus management.

KEYWORDS: Bacterial community, Enzymatic activity, Organomineral fertilizer, Soil quality

COMMITTEE: Assoc. Prof. Dr. İsmail Emrah TAVALI

Assoc. Prof. Dr. İlker UZ

Asst. Prof. Dr. Hüseyin OK

ÖNSÖZ

Bir akademik yolculuğun sonuna ulaşırken, kelimelerle ifade edilmesi güç olan derin bir gurur ve huzurla bu teşekkür yazısını kaleme alıyorum. Bu sonun ise, bir başka akademik yolculuğun kapısını aralamasını temenni ederim. Bilimsel bir çalışmanın ardında yalnızca bilgi ve emek değil; aynı zamanda sabır, ilham ve güçlü bir dayanışma ruhu vardır. Bu yolculukta bana eşlik eden tüm kıymetli isimlere en içten şükranlarımı sunarım.

Öncelikle, akademik rehberliğini sadece bir danışmanlık görevinin ötesine taşıyarak bana yol gösteren, düşünsel ufku genişleten ve eleştirel bakış açımı derinleştiren çok değerli danışmanım Doç. Dr. İ. Emrah TAVALI'ya gönülden teşekkür ederim. Kendisiyle çalışmak, benim için bilimsel düşünmenin zarafetini ve titizliğini bizzat deneyimlemek anlamına gelmiştir.

Destegini her daim hissettiren, akademik bakış açısının yanında, pratik bilgisi ve tecrübesi ile de tezimin yol haritasında ve uygulamalarında bir yoldaş gibi birlikte düşündüğümüz ve sorguladığımız Dr. Öğr. Üyesi A. Şafak MALTAŞ'a da ayrıca minnettarım.

Bu çalışmanın şekillenmesinde emeği geçen ve akademik katkılarla süreci zenginleştiren Zir. Yük. Müh. Aylin ZAMBAK ÖZGÜR'e göstermiş olduğu özveri ve iş birliği için sonsuz teşekkür ederim. Laboratuvar çalışmalarında bana mentorluk yapan Zir. Yük. Müh. Elanur ÖNDAĞ ve Akdeniz Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü araştırma görevlileri Büşra ÇALIK ZYAMBO ve Merve ÇELEBİ AKŞAHİN'e ve tek tek ismini sayamayacağım tüm kıymetli Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü akademisyenlerine de en kalbi duygularım ile teşekkürlerimi sunarım.

Maddi ve manevi desteklerini sürekli hissettiğim Sn. Ayhan KASAPOĞLU, Sn. Osman DİRİCAN ve Sn. Nevzat KAÇAR başta olmak üzere; ürün tedarigi ve çalışmamda tüm konularda desteklerini benden esirgemeyen tüm Merkez Anadolu Kimya A.Ş. ailesine ve özelinde laboratuvar çalışmalarındaki destekleri ve sabırları için Ar-Ge direktörü Yük. Kim. Serkan BENLİ ve Ar-Ge ekibi Zir. Yük. Müh. Seda KAÇAR, Su Ür. Yük. Müh. Hande ESER, Kim. Tek. Nurselin HEKİMOĞLU ve Zir. Müh. Büşra GÖRGÜLÜ başta olmak üzere tüm Ar-Ge personeline de ayrıca minnettarım. Sizlerin emeği benim için çok kıymetli idi...

En derin teşekkürlerim, hiçbir zaman eksilmeyen sevgileriyle beni her koşulda destekleyen aileme... Babam ve annem Arif-Nurten EKEN, ağabeyim Zir. Müh. Hüseyin Fatih EKEN, yengem Şennur EKEN, yeğenim Burak Eymen EKEN... Varlıklarıyla güç bulduğum, sessiz ama güçlü destekleriyle bu sürecin en görünmeyen ama en değerli mimarları oldular. Onların sonsuz sabrı, inancı ve duası olmasaydı, bu sürecin yükü çok daha ağır olurdu.

Hayatın anlamını yeniden tanımlamama vesile olan iki özel varlığa ayrı bir parantez açmak isterim: Ruhumun yoldaşı, her anımda sabır ve sevgiyle yanımda olan kıymetli eşim Zir. Müh. Simge EKEN... Sarsılmaz ve güçlü bir inançla omuz omuza yürüdüğümüz bu yolda, desteğin ve varlığın en kıymetli güç kaynağım oldu. Ve henüz dünyaya gözlerini açmamış, fakat kalbimde çoktan yerini almış olan sevgili oğlum... Senin varlığını düşünmek bile bu yolculuğu daha umut dolu, daha anlamlı kıldı ve yakın zamanda aramızda olacak olmanın heyecanı ile, bu çalışma, sana bırakacağım ilk hatıra...

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT.....	iii
ÖNSÖZ.....	v
İÇİNDEKİLER.....	vi
AKADEMİK BEYAN	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR	ix
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	xi
ÇİZELGELER DİZİNİ	xii
1. GİRİŞ	1
2. KAYNAK TARAMASI	4
3. MATERYAL VE METOT	8
3.1. Materyal.....	8
3.1.1. Denemenin kurulduğu arazinin genel özellikleri.....	8
3.1.2. Denemenin kullanılan materyaller ve denemenin yürütülmesi	10
3.2. Metot	11
3.2.1. Toprak ve bitkide analiz ve ölçümler.....	11
3.2.2. İstatistiksel analizler	15
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	16
4.1. Toprak Biyolojik Analizleri	16
4.1.1. Üreaz enzim aktivitesi	16
4.1.2. Alkali fosfataz enzim aktivitesi	18
4.1.3. β -glikosidaz enzim aktivitesi	20
4.1.4. Aerobik-mezofilik-heterotrofik bakteri sayısı	23
4.2. Toprak Kimyasal Analizleri	25

4.2.1. pH	25
4.2.2. EC	27
4.2.3. Organik madde (OM), toplam azot (N), alınabilir fosfor (P) değişebilir potasyum (K) analizleri	29
4.2.4. Değişebilir sodyum (Na), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca) analizleri	32
4.3. Bitkide Pomolojik ve Fizyolojik Analizler	33
4.3.1. Meyve çapı, meyve uzunluğu, meyve sap uzunluğu analizleri	33
4.3.2. Bitki kuru ağırlığı ve meyvede suda çözünebilir kuru madde analizleri	35
4.3.3. Yaprakta toplam klorofil, meyve sapında toplam klorofil, meyvede renk tayini analizleri	37
4.3.4. Bitkide fosfor etkinlik düzeyi ve toplam verim analizleri	39
4.3.5. Toprak kimyasal özellikleri ile bitki gelişim parametreleri arasındaki ilişkiler.....	43
5. SONUÇLAR	45
6. KAYNAKLAR	47
7. EKLER.....	53
ÖZGEÇMİŞ	

AKADEMİK BEYAN

Yüksek Lisans Tezi olarak sunduğum “Serada Azaltılmış Gübreleme ile Birlikte Fosfor Çözücü Bakteri İçeren Mikrobiyal Gübrelemenin Kireçli Toprağın Biyolojik Özellikleri ile Patlıcan (*Solanum melongena* L.) Gelişimi Üzerine Etkilerinin İncelenmesi” adlı bu çalışmanın, akademik kurallar ve etik değerlere uygun olarak yazıldığını belirtir, bu tez çalışmasında bana ait olmayan tüm bilgilerin kaynağını gösterdiğimi beyan ederim.

11/07/2025

Ahmet Cemil EKEN

İmzası

SİMGELER VE KISALTMALAR

Simgeler

%	: Yüzde
$\mu\text{g g}^{-1}$	: Mikrogram/gram
$\mu\text{S cm}^{-1}$	: Mikrosimens/santimetre
CaCl_2	: Kalsiyum klorür
cm	: Santimetre
g	: Gram
kg	: Kilogram
kg/da	: Kilogram/dekar
kob g^{-1}	: Koloni oluşturan birim/gram
M	: Molar
meq/100 g	: Miliekivalent/100 gram
mg kg^{-1}	: Miligram/kilogram
mg/100 g	: Miligram/100 gram
ml	: Mililitre
mm	: Milimetre
N	: Normal
NaOH	: Sodyum hidroksit
$\text{NH}_4^+ \text{-N}$	: Amonyum azotu
ppm	: Milyonda bir kısım (partpermillion)

Kısaltmalar

DS	: Deneme sonu
EC	: Elektriksel iletkenlik
FÇB	: Fosfor çözücü bakteri
FG	: Fosforlu gübreleme
ICP	: İndüktif eşleşmiş plazma (Inductively Coupled Plasma)
MR- h°	: Meyvede renk tonu açısı
MR-C*	: Meyvede renk duygunluğu-kroma
MR-L*	: Meyvede renk parlaklığı
MSTK	: Meyve sapında toplam klorofil
MUB	: Modifiye üniversal tampon
OM	: Organik madde
OMG	: Organomineral gübreleme
PGPB	: Bitki gelişimini artıran kök bakterileri
pH	: Hidrojen iyonu konsantrasyonu eksi logaritması
PNG	: p-nitrofenil-β-D-glukosit
PNP	: p-Nitrofenil fosfat disodyumheksahidrat
SÇKM	: Suda çözünür kuru madde
THAM	: Tris hidroksimetil aminometan
YTK	: Yaprakta toplam klorofil

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Deneme serasının farklı safhalarından görünüm	8
Şekil 3.2. Deneme toprağının kimyasal analizlerine ait laboratuvar görünümü	12
Şekil 3.3. Deneme toprağının biyolojik analizlerine ait laboratuvar görünümü	13
Şekil 3.4. Bitkide pomolojik ve fizyolojik ölçümlere ait görünüm	15
Şekil 4.1. Uygulamaların üreaz enzim aktivitesi üzerine zamana bağlı etkileri	17
Şekil 4.2. Uygulamaların a. fosfataz enzim aktivitesi üzerine zamana bağlı etkileri	19
Şekil 4.3. Uygulamaların β -glukosidaz enzim aktivitesi üzerine zamana bağlı etkileri	22
Şekil 4.4. Uygulamaların toplam bakteri sayısı üzerine zamana bağlı etkileri	24
Şekil 4.5. Uygulamaların toprak pH'ı üzerine zamana bağlı etkileri	27
Şekil 4.6. Uygulamaların toprak EC değerleri üzerine zamana bağlı etkileri	29
Şekil 4.7. Organik madde, toplam N, alınabilir P, değişebilir K analizleri	31
Şekil 4.8. Meyve çapı, meyve uzunluğu, meyve sap uzunluğu değerleri	34
Şekil 4.9. Bitki kuru ağırlığı ve meyvede SÇKM değerleri	36
Şekil 4.10. Yaprakta klorofil, meyve sapında klorofil, meyvede renk analizleri	38
Şekil 4.11. Fosfor etkinlik düzeyi ve toplam verim analizleri	42

ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Deneme toprağının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri.....	9
Çizelge 3.2. Deneme konuları.....	16
Çizelge 4.1. Uygulamaların üreaz değerleri ($\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹)	16
Çizelge 4.2. Uygulamaların a. fosfataz değerleri ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹)	18
Çizelge 4.3. Uygulamaların β -glikosidaz değerleri ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat ⁻¹)	21
Çizelge 4.4. Uygulamaların toplam bakteri sayısı ($\times 10^6$ kob g ⁻¹) üzerine etkileri.....	23
Çizelge 4.5. Uygulamaların pH üzerine etkileri	26
Çizelge 4.6. Uygulamaların EC ($\mu\text{s/cm}$) üzerine etkileri.....	28
Çizelge 4.7. Uygulamaların organik madde, toplam N, alınabilir P ve değişebilir K üzerine etkileri.....	30
Çizelge 4.8. Uygulamaların değişebilir Na, Mg, Ca miktarları üzerine etkileri.....	32
Çizelge 4.9. Uygulamaların meyve çapı, meyve uzunluğu ve meyve sap uzunluğuna etkileri	33
Çizelge 4.10. Uygulamaların bitki kuru ağırlığı ve meyvede SÇKM üzerine etkileri ...	35
Çizelge 4.11. Uygulamaların yaprakta toplam klorofil (YTK), meyve sapında toplam klorofil (MSTK) ve meyvede renk (MR-C*, MR-h°, MR-L*) üzerine etkileri.....	37
Çizelge 4.12. Uygulamaların bitkide fosfor etkinliğine ve toplam verime etkisi.....	40
Çizelge 4.13. Analiz yapılan parametreler arasındaki önemli korelasyonlar	43

1. GİRİŞ

Dünya genelinde mikrobiyal gübrelere olan ilginin her geçen gün artmakta olduğu bir dönemde ülkemiz tarım çevreleri (gübre bayileri, danışmanlar, çiftçiler vb.) tarafından bu gübrelerin kaliteleri açısından tam bir güvenilirlik olmadığı ifade edilmektedir. Bu bağlamda ülkemizde mikrobiyal gübrelerin kullanımlarının yaygınlaştırılması için agronomik karşılığı olan bilimsel bilgiye ihtiyaç duyulmaktadır.

Bitki gelişimi üzerinde önemli etkilere sahip bakterilerin tarımsal üretimi artırmak üzere kullanılabilme potansiyeli yüksektir. Bu faydalı bakterileri içeren materyaller tarımsal faaliyetlerde yoğun olarak kullanılan kimyasal gübrelerin yerine etkin bir alternatif olabilirler. Bu nedenle ulusal ve uluslararası bilim camialarında çalışmalar yürütülmektedir. Spesifik yararlı mikroorganizmaların aşılama ya da damla sulama yoluyla doğrudan kök bölgesine verilmeleri suretiyle bitkilerin bundan en yüksek yararı sağlamaları esastır. Ancak bu da tohum ile veya doğrudan toprağa verilen mikroorganizmanın toprak ortamında rekabet edebilmesine ve dolayısıyla hayatta kalmasına bağlıdır. Bir bakteriyel izolatın bitkisel üretimde mikrobiyal gübre olarak kullanılabilmesi için öncelikle aşılandığı toprakta ve yetiştirilen bitkilerin rizosfer bölgesinde uzun süre varlığını sürdürmesi şarttır. Toprağa verilen bir bakteri popülasyonunun rizosferdeki sayı ve etkinliği, aşılamanın hemen ardından hızlı bir şekilde azalıyor ise, bu durum genel olarak bakterinin o toprağın doğal mikroorganizmaları ile rekabet edemediği anlamına gelebilir. Diğer bir ifade ile bitki gelişimini teşvik ettiği bilinen bir bakterinin aşılandığı toprakta ve rizosferde kolonize olma yeteneği düşük olabilir. Ayrıca, bakterinin bitki gelişimi üzerine olumlu etkisi, aşı ile verilen bakteri hücre sayısı ile de ilişkilidir. Bu nedenle aşılama amacıyla kullanılması düşünülen bakterilerin sadece laboratuvar koşullarında değil, aynı zamanda tarla koşullarında ve bitki bazında da denenmesi, gerekli minimum koşulların belirlenmesi ve ancak bunun ardından kullanıma sunulması en doğru yoldur. Rizosfer bölgesinde mikroorganizmalar arasında karşılıklı etkileşimler bulunduğundan, mikrobiyal gübrelerin bu ortama başarılı şekilde uyum sağlayıp çoğalması ve bitki gelişimini desteklemesi beklenir. Bu nedenle, tekli ya da birden fazla mikroorganizma içeren gübrelerin farklı toprak tipleri ve bitki türleri üzerindeki etkilerinin araştırılması büyük önem taşımaktadır.

Literatürde mikrobiyal gübreler ile ilgili yapılan çalışmalar incelendiğinde; mikrobiyal gübrelerin kullanımı sonrasında bitki gelişimi ve verimi üzerine olan etkileri ve bitki koruma özellikleri üzerine yoğunlaşmış olduğu görülmektedir. Bunun yanı sıra, bu gübrelerin uygulanmasıyla bitki yetiştiriciliği yapılan alanlarda topraktaki mikrobiyal aktivite değişimi ve bitkilerdeki kalite parametreleri hakkında daha sınırlı sayıda çalışma olduğu belirlenmiştir. Diğer taraftan ülkemiz koşullarında satılan mikrobiyal gübrelerin özellikle yoğun kimyasal kullanımının olduğu sera koşullarındaki dinamik toprak kalitesi ve bitki gelişimi üzerine yaygın etkilerinin neler olduğu henüz tam anlaşılamamıştır.

Bitkisel üretim alanlarında bitkilerin rizosfer bölgesinde toprağın özellikle kimyasal ve biyolojik parametreleri (dinamik toprak kalitesi belirteçleri) sürekli değişkenlik göstermektedir. Toprak ortamına yapılan agronomik uygulamalar (sulama, gübreleme, pestisit ve herbisit uygulamaları vb.) ile iklim faktörlerinin (ışık yoğunluğu, ısıtılma süresi, ortalama sıcaklık, nisbi nem, yağış durumu vb.) etkisinin yanı sıra ıslah edilmiş bitkilerin kullanımı gibi faktörler nedeniyle dinamik toprak kalitesinde düşüşler meydana gelebilmektedir. Burada yaşanan düşüşlerin sonucunda ise bitki verimliliği ile ürünlerinin kalitesinde de benzer azalmalar ortaya çıkmaktadır. Bu nedenle sadece bitki gelişimi odaklı değil aynı zamanda dinamik toprak kalitesi ile ilişkili bir toprak yönetimi önem arz etmektedir. Toprakların organik madde ile besin kapsamı, pH, KDK, yararlı su miktarı, mikrobiyal çeşitlilik ile aktivite gibi birçok parametre üzerine olumlu etkileri olduğu için mikrobiyal gübreler dinamik toprak kalitesi üzerine oldukça etkilidirler. Ülkemizde üretilen mikrobiyal gübrelerin toprak ortamına ve bitki gelişimine olan etkilerine ilişkin bilimsel bilgiler sınırlıdır. Bu gübrelerin üretici firmalar tarafından tavsiye edilen toprağa uygulama oranlarının bilimsel olarak kanıtlanmış temel dayanağının oldukça sınırlı olduğu ifade edilebilir. Ayrıca, bu gübreler bitkisel üretim esnasında kimyasal gübreler kadar olmasa da maliyeti yüksek girdiler sınıfında yer almaktadırlar. Bu nedenle ticari olarak satılan her bir mikrobiyal gübre için ekolojik koşullar (toprak ve iklim faktörleri) ile bitki çeşitlerinin farklılık gösterdiği bilimsel çalışmaların yapılması ile bunların yaygın etkilerinin ortaya koyulması agronomik açıdan da oldukça önemlidir.

Bu çalışmada, azaltılmış gübreleme koşullarında fosfor çözücü bakteri içeren mikrobiyal gübrelemenin kireçli toprağın biyolojik özellikleri ile patlıcan (*Solanum melongena* L.) gelişimi üzerine etkilerinin incelenmesi amaçlanmıştır. Mikrobiyal gübre olarak kullanılan bakteriler atmosfer azotunu toprağa bağlamak ya da toprakta kolloidal yüzeylerde bağlı yararlısız konumda bulunan besinleri (organik ya da inorganik) serbest hale getirmek suretiyle bitkilerin gelişmesine yardımcı olabilmektedirler. Bu durum kuraklık ve tuzluluk başta olmak üzere, diğer çevre (düşük ya da yüksek sıcaklık) ve toprak faktörleri (düşük ya da yüksek pH, düşük humus, yetersiz nem, bozuk strüktür, düşük agregat stabilitesi vb.) yönünden kısıtlayıcı koşullar altında gelişmekte olan bitkiler için anlamlı gözükmektedir. Bu sebeple söz konusu koşullara adaptasyonları bulunan bakterileri içeren mikrobiyal gübrelerin bitkisel üretimde kimyasal gübrelere alternatif olabilecekleri ya da kimyasal gübrelerin kullanımlarında kısıtlamaya gidilebileceği farklı çevreler tarafından ifade edilmektedir.

Ancak, ülkemizde fosfor çözücü bakteri içeren mikrobiyal gübrelerin sera koşullarında kireçli bir toprağın özellikleri ve bitki gelişimi üzerine olan etkilerine ilişkin sınırlı sayıda çalışma olduğu bilinmektedir. Ayrıca, ülkemiz tarım sektöründe ticari olarak satılan mikrobiyal gübrelerin; ülkemize benzer ekolojik koşullar altındaki alanlardan izole edilmiş olmamaları, diğer toprak mikroorganizmaları ile rekabet güçlerinin düşük olmaları ve bitki besleme etkinliklerinin uzun süreli olmaması gibi sorunlara sahip oldukları bilinmektedir. Bunların yanında mikrobiyal gübrelerin

etkinliğini artırmaya yönelik olarak formülasyon teknolojilerinin geliştirilmesi, raf ömrünün uzatılması, uygulama sonrası rizosferde kalıcılığın artırılması gibi konularda yeni çalışmalar yapılabilmesi ve ülkemizde mikrobiyal gübrelerin kullanımlarının yaygınlaştırılması için pratik kullanımı olabilecek olan bilimsel bilgiye büyük ihtiyaç olduğu açıktır. Bu çalışma ile yoğun kimyasal gübrelemenin yapıldığı serada patlıcan yetiştiriciliği kapsamında; azaltılmış kimyasal gübreleme altında fosfor çözücü bakteri içeren mikrobiyal gübrelemenin toprak biyokimyasal özellikleri ve patlıcan bitkisi gelişimi üzerine üstün ve zayıf yönleri belirlenerek pratik kullanım için istatistiki verilere dayalı güvenilir sonuçlar elde edilmiştir.

Elde edilen bu sonuçlar hem araştırmacılar hem de uygulayıcılar açısından sahaya yönelik stratejik kararların alınmasına olanak tanımaktadır. Ayrıca çalışma, tarımda sürdürülebilirlik hedeflerine ulaşmada mikrobiyal gübrelerin rolünü daha somut bir zemine oturtmakta ve gelecek araştırmalara ışık tutacak nitelikte bilimsel bir dayanak sunmaktadır. Bu bağlamda, farklı iklim ve toprak yapısına sahip bölgelerde yapılacak uzun dönemli saha çalışmaları ile elde edilen bulguların doğrulanması, mikrobiyal gübrelerin tarımsal üretim sistemlerindeki yerinin daha sağlam bir şekilde tanımlanmasını sağlayacaktır.

2. KAYNAK TARAMASI

Solanaceae (Patlıcangiller) familyası, çoğunlukla tropikal ve subtropikal kuşaklarda yayılım göstermekte olup, yaklaşık 90 cinse ve 2500 kadar türe ev sahipliği yapmaktadır (Vorontsova ve Knapp, 2012). Patlıcan; pancar ve Stanley eriği gibi mor-mavi renk tonlarına sahip meyve ve sebzelerle birlikte, içerdiği antioksidan bileşikler sayesinde sağlık açısından önemli kabul edilmekte; bu bileşiklerin kanser, inme ve kalp hastalıkları gibi kronik rahatsızlıkların riskini azaltmada etkili olabileceği bildirilmektedir (Amao, 2018). Türkiye, yüksek bir patlıcan üretim potansiyeline sahip olmasına rağmen, verim açısından istenilen seviyeye ulaşamamış olup, dekara ortalama 3.4 tonluk verimle dünya sıralamasında 17. sırada yer almaktadır. Son yıllarda hibrit çeşitlerin kullanımının yaygınlaşmasıyla birlikte, birim alandan elde edilen verim ve toplam üretim miktarında dikkate değer artışlar sağlanmıştır. Bununla birlikte hem açıkta hem de örtü altı koşullarda yapılan patlıcan yetiştiriciliğinde, toprak kökenli hastalıklar ve nematodlar, ciddi düzeyde verim ve kalite kayıplarına yol açarak ekonomik zarar oluşturmaktadır (Kandemir vd. 2016). Patlıcanda bitki performansını belirleyen başlıca etmenlerden biri, gelişmiş kök yapısı ve stres koşulları altında toprakta gösterdiği köklenme kapasitesidir. İyi gelişmiş bir kök sistemi, su ve besin maddelerinin alımını artırmanın yanı sıra, hastalık ve zararlılara karşı toleransı da yükselterek bitki verimliliği üzerinde olumlu bir etki yaratmaktadır (Balkaya, 2014). Patlıcan (*Solanum melongena* L.) bitkisi, sağlıklı büyüme ve yüksek verim elde edilebilmesi için belirli oranlarda makro besin elementlerine ihtiyaç duymaktadır. Bu doğrultuda, dekar başına yaklaşık 15-20 kg azot (N), 6-8 kg fosfor (P_2O_5) ve 12-18 kg potasyum (K_2O) gereksinimi bulunmaktadır. Azot, bitkide protein üretimi ve klorofil sentezi açısından kritik rol oynarken; fosfor, kök sisteminin gelişimi ve enerji metabolizmasında; potasyum ise meyve kalitesi ile su dengesinin düzenlenmesinde önemli bir işlev görmektedir (Aminifard vd. 2010; Azarpour vd. 2012; Fawzy vd. 2007).

Konvansiyonel tarım uygulamalarında genellikle bitkilerden en yüksek verim elde etmek amacıyla gübreleme yapılmakla birlikte, bu gübrelerin çevresel etkileri çoğu zaman dikkate alınmamaktadır. Oysa yoğun miktarlarda kullanılan sentetik gübreler, bitki verim ve kalitesini artırsa da toprak yapısında bozulmalara yol açmakta, toprak mikroorganizmalarının aktivitesini azaltmakta ve özellikle de doğal biyolojik dengeyi olumsuz şekilde etkilemektedir (Bisht ve Chauhan, 2020). Yanlış veya hatalı gübre kullanımı nedeniyle bozulan ekosistemin dengesi, insan ve çevreye zarar vermeyen üretim yöntemlerinin tarımsal faaliyetlerde benimsenmesiyle yeniden sağlanmalıdır (Tahat vd. 2020).

Organomineral gübreler, hem kimyasal gübrelerde bulunan temel bitki besin elementlerini hem de organik maddeleri bir arada barındıran bileşimlerdir. Bu gübrelerde azot (N), fosfor (P), potasyum (K), kükürt (S), çinko (Zn) gibi mineraller ile humik ve fulvik asitler ile kompost kaynaklı organik maddeler bulunmakta ve genellikle temel toprak gübresi olarak kullanılmaktadır. Organomineral gübrelerin içeriğindeki organik bileşenler, özellikle humik ve fulvik asitler, toprak verimliliğinin sürdürülebilirliği açısından fiziksel, kimyasal ve biyolojik süreçlere önemli katkılar sağlamaktadır. Bu kapsamda, organik madde toprağın katyon değişim kapasitesini artırırken, su ve hava tutma özelliklerini iyileştirmekte, mikro elementlerin etkinliğini desteklemekte, toprak pH'ını dengelemekte ve mikrobiyal dengenin korunmasına

yardımcı olmaktadır (Oliveira vd. 2017). Organik gübrelemenin toprağın dinamik parametrelerine nasıl etkide bulunduğunun anlaşılması, sürdürülebilir tarımsal üretim sistemlerinin uyarlanması açısından öncelikli araştırma alanlarından biri olmalıdır. Dinamik toprak kalitesinin biyolojik göstergeleri arasında makro ve mikro organizmalar önemli bir yer tutmaktadır. Özellikle mikroorganizmalar, enerji akışı ve besin döngüsünde kritik işlevler üstlendiklerinden öne çıkmaktadır. Bu mikroorganizmaların salgıladıkları enzimler ile çeşitlilik ve yoğunlukları, dinamik toprak kalitesinin önemli göstergeleri arasında yer almaktadır. Bu bağlamda, organik gübrelemenin dinamik toprak kalitesini olumlu yönde etkileyerek toprak özelliklerini iyileştirdiği ve bitkilerin verim ile ürün kalitesini artırdığı bildirilmektedir (Sommerfieldt ve Chang, 1985).

Toprak mikroorganizmalarından özellikle bakteriler, topraktaki birçok kimyasal değişim sürecinde aktif rol oynamaktadır. Özellikle bitki gelişimi için hayati öneme sahip azot ve karbon gibi besin elementlerinin döngüsünde görev almaları nedeniyle, toprak verimliliğinin temel bileşenlerinden biri olarak kabul edilmektedirler (Tavali, 2011). Bu doğrultuda, mikrobiyal gübrelerin toprakta meydana getirdiği kimyasal ve biyolojik iyileşmeler sayesinde bitki fizyolojisinin olumlu yönde etkilendiği ve bu durumun tarımsal üretimde verim artışına katkı sunduğu görülmektedir. Mevcut bilimsel çalışmalar ise, mikrobiyal gübrelerin farklı toprak yapıları ve iklimsel koşullar altında uzun vadeli etkilerinin detaylı şekilde incelenmesinin önemine dikkat çekmektedir (Verma vd. 2020).

Tarımda sürdürülebilirlik hedefleri doğrultusunda, enerji maliyetlerindeki yükselişle birlikte kimyasal gübrelerin artan ekonomik yükü ve çevresel olumsuz etkilerinin fark edilmesi, biyolojik alternatif gübrelerin kullanımının önem kazanmasına yol açmıştır (Çakmakçı, 2005; Fayetörbay vd. 2010). Çevreye duyarlı üretim yöntemlerinde gübreleme programları kapsamında tercih edilen alternatiflerden biri de mikrobiyal gübrelemedir. Mikrobiyal gübreler, bitkilerin ihtiyaç duyduğu besin elementlerinin sağlanmasında ve bunların biyolojik süreçlerle kullanılabilir hale getirilmesinde görev alan canlı mikroorganizmaların ticari olarak hazırlanmış ürünleri şeklinde tanımlanmaktadır (Shahwar vd. 2023). Mikrobiyal gübreler, tarımsal üretimde çeşitli amaçlarla uygulanmaktadır. Bu çevre dostu ürünler; toprak kökenli bazı hastalıkların kontrolünde, bitkilerin hastalık ve zararlılara karşı direnç kazanmalarında, bitki gelişimi ve verim artışında, besin elementlerinin bitkiler tarafından alımının kolaylaştırılmasında, organik materyallerin parçalanmasında, toprak yapısının iyileştirilmesinde ve verimliliğinin artırılmasında önemli roller üstlenmektedir (Ozbay vd. 2018). Mikrobiyal gübreler, topraktaki bakteri ve fungus gibi zararlı patojenlerin ortadan kaldırılmasına yardımcı olarak, bu organizmaların toprağa karışıp besin döngüsüne katkı sağlamasını mümkün kılar. Bu gübreler kullanıldıkları alanlarda toprak besin içeriğini artırarak ürün kalitesinin artmasına destek verir (Seenivasagan ve Babalola, 2021).

Bu kapsamda, fosfor çözücü bakteriler hem kimyasal gübrelerle birlikte kullanılabilir hem de kimyasal gübrelerin yerine geçebilecek biyolojik bir alternatif olarak değerlendirilebilir (Khouchi vd. 2022). Mikrobiyal gübre olarak fosfor çözücü bakterilerin uygulanmasının, tarımsal üretimde yaklaşık %15'lik bir artış sağladığı belirtilmektedir (Yadav ve Dadarwal, 1997).

Fosfor, bitkiler için azottan sonra en önemli ikinci makro besin elementi olarak kabul edilmektedir. Tarım topraklarında fosfor bileşiklerinin yaygın olarak bulunmasına karşın, bu bileşiklerin büyük bir kısmı bitkiler tarafından doğrudan alınamayan çözünmeyen fosfat formlarında bulunmaktadır (Miller vd. 2010). Topraktaki fosforun yararlanılabilirliğinin düşük olması, bitki büyümesini sınırlayan başlıca faktörlerden biri olarak değerlendirilmektedir (Daniels vd. 2009). Kireçli topraklarda, özellikle fosforun bitkiler tarafından alınması, yüksek pH ve karbonat düzeyleri nedeniyle kısıtlanmaktadır. Bu sorunu aşmak için fosforun çözünürlüğünü artıran fosfor çözücü bakterilerin kullanımı, son dönemde sürdürülebilir tarım uygulamalarında giderek daha fazla önem kazanmaktadır (Sharma vd. 2013).

Bitki gelişimine yönelik yapılan çalışmalarda, mikrobiyal gübre uygulamalarının fosfor alımını artırdığı ve bu sayede bazı sebze türlerinde meyve boyutunda büyüme, bitki biyokütlesinde artış ve genel verimde iyileşme sağladığı ve fosfor gübrelemesinin azaltıldığı durumlarda mikrobiyal inokulantların uygulanması, fosforun bitki tarafından daha etkin kullanılmasını sağlamakta; bu da kimyasal gübre kullanımını azaltarak çevre açısından daha sürdürülebilir bir tarımın önünü açmaktadır (Glick, 2012). Fosfor, azlığında bitki gelişimini kısıtlayan başlıca besin elementlerinden biridir. Toprakta genellikle çözünemeyen formlarda bulunduğu için, bitkilerin ihtiyaç duyduğu alınabilir fosfor miktarı genellikle yetersiz kalmaktadır. Uygulanan inorganik fosforlu gübrelerin büyük bir bölümü ise bitkiler tarafından kullanılamayan bileşiklere dönüşmektedir. Fosfor eksikliğinin giderilmesi amacıyla yoğun gübreleme yapılması ekonomik açıdan maliyetleri artırmanın yanında çevresel problemlere de yol açmaktadır. Bu nedenle, kimyasal gübre kullanımını azaltmak için mikroorganizmaların tarımsal üretimde kullanımı önem kazanmaktadır. Biyolojik gübrelerin kullanımının yaygınlaşması, kimyasal gübre ihtiyacını azaltarak çevre üzerindeki olumsuz etkilerin azaltılmasına katkı sağlayacaktır. Birçok bakteri, organik asit üretimi veya diğer mekanizmalar aracılığıyla topraktaki inorganik ve organik fosfatların çözünürlüğünü artırmakta ve bitkilerin alabileceği formda fosforu serbest bırakmaktadır. Mineral fosfatın çözünmesinde organik asit üretimi temel mekanizma iken, asit fosfataz enzimi organik fosforun mineralizasyonunda önemli bir rol üstlenmektedir. Biyolojik fosfor gübrelemesinde başarı ise, kullanılan inokulumun kalitesi, bitki türü, kültür koşulları, toprak özellikleri, sıcaklık, nem durumu, toprak yapısı, aşılama yöntemi ve uygulama tekniği ile besin maddelerinin kullanılabilirliği ve gübreleme düzeyine bağlı olarak değişkenlik göstermektedir (Çakmakçı, 2005).

Fosfor çözücü bakteriler arasında en yaygın kullanılan türlerden biri de *Bacillus megaterium*'dur (Smith vd. 1962). Fosfor çözünürlüğü üzerindeki etkileriyle bilinen kök bakterileri, bu etkiyi toprak pH'ında meydana getirdikleri değişim yoluyla göstermektedir. Bu bakteriler tarafından salgılanan glukonik asit, sitrik asit gibi çeşitli organik asitler ile H⁺ iyonlarının salınımı, toprak ortamının asitliğini artırarak fosforun bitkilerce alınabilir forma dönüşmesini sağlar. Ayrıca, toprakta mikrobiyal aktivitenin yükselmesi, bitkilerin çevresel stres koşullarına karşı dayanıklılığını da artırır. Son dönem araştırmalar, mikrobiyal gübrelerin yalnızca besin alımını kolaylaştırmakla kalmayıp, aynı zamanda bitkilerin oksidatif stresle başa çıkma yeteneğini geliştirdiğini ve su kullanım verimliliğini olumlu yönde etkilediğini ortaya koymaktadır (Meena vd. 2021).

Toprakta bulunan ve bitki kökleriyle simbiyotik ilişki kuran kök mantarları (mikoriza) ile bitki büyümesini destekleyen çeşitli bakteriler (PGPB) gibi birçok mikroorganizma, genellikle çözünmez halde bulunan fosfatı metabolik faaliyetleri sonucunda bitkiler tarafından alınabilir forma dönüştürebilmektedir. Özellikle *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Rhizobium* ve *Burkholderia* türlerine ait bakteriler, ürettikleri organik asitler aracılığıyla inorganik fosfatları; fosfataz enzimleri sayesinde ise organik fosfatları çözünür hale getirme yeteneğine sahiptirler (Cheng vd. 2023). Bitkinin kök bölgesi, iletim demetleri ve özellikle rizosfer olarak adlandırılan yakın çevresinde yoğun olarak bulunan bu bakteriler, bitkilerin besin elementi alımını artırma kapasitesine sahiptirler (Şahin vd. 2004; Yolcu vd. 2012). Aynı zamanda indol asetik asit ve antibiyotik gibi biyolojik metabolitler salgılayarak bitki gelişimini desteklemekte ve bitkilerin stres koşullarına karşı direncini artırmaktadırlar (Narayanan ve Glick, 2022). Bahsi geçen bakterilerin, bitki hastalıklarına karşı biyokontrol ajanı olarak işlev gördüğü de literatürde sıkça vurgulanmaktadır (Vassilev vd. 2006; Özyılmaz ve Benlioğlu, 2012).

Güncel araştırmalar, mikrobiyal gübre uygulamalarının toprakta mikrobiyal çeşitliliği ve biyolojik aktiviteyi artırmak suretiyle patlıcan bitkisinin kök gelişimini teşvik ettiğini ve besin elementlerinin alımını önemli ölçüde desteklediğini göstermiştir (Zhang vd. 2022). Bunun yanı sıra, mikrobiyal gübre uygulamalarının bitkide hastalıklara karşı direnci güçlendirme olasılığı da incelenmekte olup, patlıcanın genel sağlık durumunu dolaylı yoldan olumlu etkilediğine dair bulgular bulunmaktadır (Gupta vd. 2023). Buna somut bir örnek olarak yapılan bir çalışmada, *P. aeruginosa*, *P. putida*, *P. aeruginosa*, *Bacillus amyloliquefaciens* ve *B. cereus* izolatları, *Fusarium* solgunluk hastalığının frekansını %85'e varan oranlarda anlamlı şekilde azaltmıştır. Bu çalışma, umut vadeden PGPB (bitki büyümesini teşvik edici rizobakteri) izolatlarının, patlıcan bitkilerinde hastalık direncini artırmak suretiyle *Fusarium oxysporum* sp. *melongenae*'nin biyolojik kontrolünde potansiyel olarak etkili ajanlar olabileceğini göstermektedir (Abada vd. 2018). Ayrıca, mikrobiyal uygulamaların yer aldığı deneme çalışmalarında, patlıcan meyvelerinde suda çözünür kuru madde miktarı gibi kaliteyi belirleyen özelliklerinde de olumlu yönde artışlar tespit edilmiştir (Singh vd. 2021).

3. MATERYAL VE METOT

Bu bölümde, denemenin yürütüldüğü arazinin coğrafi konumu, toprak yapısı ve iklimsel özellikleri ile çalışmada kullanılan materyaller ve laboratuvar analizlerinde uygulanan yöntemlere ilişkin açıklamalara yer verilmiştir.

3.1. Materyal

3.1.1. Denemenin kurulduğu arazinin genel özellikleri

Araştırma, Akdeniz Üniversitesi'ne ait Araştırma ve Uygulama alanında, 36°18'31" kuzey enlemi ve 30°08'48" doğu boylamında, deniz seviyesinden 40 metre yükseklikte kurulan bir sera denemesi olarak gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.1). Deneme alanının iklimsel özelliklerinin belirlenmesinde Antalya Meteoroloji İstasyonu'na ait uzun yıl ortalamaları esas alınmıştır. Buna göre; günlük ortalama sıcaklık 19,5 °C, ortalama güneşlenme süresi 9,10 saat, günlük açık yüzey buharlaşması 125,58 mm, günlük ortalama yağış miktarı 1,4 mm, ortalama rüzgar hızı 1,5 m/sn ve nispi nem oranı ise %66 olarak kaydedilmiştir.



Şekil 3.1. Deneme serasının farklı safhalarından görünüm

Analiz sonuçlarına göre deneme alanındaki toprağın %40'tan fazla kum içeriğine sahip olduğu ve bu nedenle kumlu bir tekstür sınıfında yer aldığı belirlenmiştir (Çizelge 3.1). Toprağın pH değeri nötr düzeyde olup, tuz içeriği bakımından tuzsuz sınıfa girmektedir. Kireç oranının oldukça yüksek olduğu ve humus düzeyinin ise orta derecede olduğu tespit edilmiştir. Toplam azot (N) miktarı yeterli seviyede bulunurken, alınabilir fosfor (P) içeriği düşük sınıfta değerlendirilmiştir. Ayrıca, organik madde miktarının etkisiyle topraktaki bakteriyel popülasyon yoğunluğu ve enzim aktivitelerinin yüksek olduğu gözlemlenmiştir.

Çizelge 3.1. Deneme toprağının fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri

Özellik	Sonuç
Tekstür	Kumlu killi tın
pH	7.12
EC ($\mu\text{S cm}^{-1}$)	218
Kireç (%)	48.26
Organik madde (%)	2.59
Toplam N (%)	0.14
Alınabilir P (mg kg^{-1})	18.36
Değişebilir K ($\text{meq } 100 \text{ g}^{-1}$)	0.54
Değişebilir Ca ($\text{meq } 100 \text{ g}^{-1}$)	49.57
Değişebilir Mg ($\text{meq } 100 \text{ g}^{-1}$)	5.21
Değişebilir Na ($\text{meq } 100 \text{ g}^{-1}$)	0.11
Üreaz ($\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1} \text{ dw h}^{-1}$)	25.24
Alkali fosfataz ($\mu\text{g PNP g}^{-1} \text{ dw h}^{-1}$)	69.18
β -glikosidaz ($\mu\text{g PNG g}^{-1} \text{ dw h}^{-1}$)	7.26
Bakteri sayısı ($\text{kob g}^{-1} \text{ dw}$)	1.48×10^6

3.1.2. Denemede kullanılan materyaller ve denemenin yürütülmesi

Çalışma kapsamında, otomasyonlu ve teknolojik sera koşullarında tek sezon patlıcan yetiştiriciliği yapılmıştır. Bu bağlamda, deneme kurulmadan önce toprak hazırlığı tamamlanmış ve deneme planına uygun olarak parseller oluşturulmuştur. Çalışma; 8 uygulama ve 3 tekerrür olacak şekilde 24 parselde tesadüf parselleri deneme desenine göre faktöriyel olarak yürütülmüştür. Deneme parselleri 4.08 m² (1.20 m en ve 3.40 m boy) olacak şekilde seddeli bir biçimde hazırlanmıştır. Deneme konularının birbirleri ile etkileşimlerinin minimum düzeye indirilmesi için parseller arasında boşluklar bırakılmıştır. Deneme kurulmadan önce toprak sürülerek yabancı otlardan temizlenmiş ve tesviye yapılarak toprak hazırlığı tamamlanmıştır. Önceden planlanmış parsellere, deneme kapsamında belirtildiği gibi toplam fosfor (P₂O₅) ihtiyacının %30'u; ülkemiz tarım sektöründe ticari olarak satılan ve üreticiler tarafından da kullanılan 8-21-0 formülasyonlu organomineral bir taban gübresi kullanılarak sağlanmıştır. Taban gübresi miktarları ise %0-%25-%50-%100 oranlarında azaltılarak dikim yataklarına homojen bir şekilde uygulanmıştır. Dikim için aşılı patlıcan fideleri ticari bir fidelikten hazır olarak temin edilmiş, çeşit olarak aşılı Faselis F1 seçilmiştir. Fidelerin dikiminden hemen sonra planlanan parsellere mikrobiyal gübre uygulaması yapılmıştır. Bunun için *Bacillus megaterium*, *Pantoea agglomerans* ve *Pseudomonas fluorescens* bakterilerini içeren, toz formdaki ticari bir mikrobiyal gübre 50 litre suda çözündürülerek, bu çözelti eşit miktarda olacak şekilde bakteri pozitif olan uygulamalara ait bitki köklerine 10⁷ kob g⁻¹ olacak şekilde aşılama yapılmıştır. Pratik patlıcan yetiştiriciliğine uygun olacak şekilde dikimden 20 gün sonra sıra üzerine malç uygulaması yapılmıştır. Bu sayede, deneme süresince parsellerde yabancı ot ve nem kontrolünün sağlanması hedeflenmiştir. Deneme konuları Çizelge 3.2'de ifade edilmiştir.

Çizelge 3.2. Deneme konuları

Gübrelemede azaltılan fosfor oranı (%)	Fosfor çözücü mikrobiyal gübre uygulaması	Organomineral gübrenin toprağa uygulama oranı	Kısaltma
0	-	%100 organomineral gübre (OMG)	FG100
0	+	%100 OMG gübreleme (FG) + fosfor çözücü bakteri (FÇB)	FG100 +
25	-	%75 OMG gübreleme (FG)	FG75
25	+	%75 OMG gübreleme (FG) + fosfor çözücü bakteri (FÇB)	FG75 +
50	-	%50 OMG gübreleme (FG)	FG50
50	+	%50 OMG gübreleme (FG) + fosfor çözücü bakteri (FÇB)	FG50 +
100	-	%0 OMG gübreleme (FG)	FG0
100	+	%0 OMG gübreleme (FG) + fosfor çözücü bakteri (FÇB)	FG0 +

Bitkilerin yetiştirme periyodu boyunca ihtiyaç duyduğu su miktarı, sera içi iklim verileri (sıcaklık, nisbi nem vb.), toprak tekstürü, toprak nemi ve bitki ihtiyacı (yaprak solma belirtileri) faktörleri göz önünde bulundurularak, belli aralıklarla damla sulama yoluyla bitkiye verilmiştir. Aynı şekilde toplam fosfor (P_2O_5) ihtiyacının %70'lik kısmı ile diğer makro ve mikro besin elementleri ihtiyacı göz önünde bulundurularak fertigasyon uygulaması yapılmıştır. Bununla birlikte, mikrobiyal gübrenin de etkinliğini azaltmaması açısından üretici firma tavsiyesi dikkate alınarak fide dikimini takiben 15.gün, 30.gün ve 75.gün mikrobiyal gübre uygulaması tekrarlanmıştır.

3.2. Metot

3.2.1. Toprak ve bitkide analiz ve ölçümler

Analiz ve ölçümler için deneme süresince sadece toprak örnekleri, deneme sonlandırıldığında ise hem toprak hem de bitki örnekleri elde edilmiştir. Biyolojik analizler nemli toprak örneklerinde (mevcut arazi koşullarındaki), fiziksel ve kimyasal analizler ise kuru toprak örneklerinde yapılmıştır. Biyolojik analizler için kısa süre (en fazla 1 hafta) içerisinde analiz edilemeyen toprak örnekleri buzdolabında +4 °C'de bekletilmiş, mümkün olduğunca hiç bekletilmeden laboratuvara ulaştırılarak analizleri yapılmıştır.

3.2.1.1. Toprak verimlilik analizleri

Çalışma kapsamında, deneme sahasının özelliklerini ortaya koymak amacıyla, deneme kurulumu öncesinde ve denemenin 7. ayında, 0-30 cm derinlikten toprak burgusu ile alınan örneklerde tekstür (bünye), toprak reaksiyonu (pH), elektriksel iletkenlik (EC), kireç, organik madde, toplam azot, alınabilir fosfor ile değişebilir potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum analizleri gerçekleştirilmiştir (Şekil 3.2). Fiziksel ve kimyasal toprak analizleri için kuru toprak örnekleri 2 mm göz açıklığına sahip elekten geçirilerek analizlere hazırlanmıştır.



Şekil 3.2. Deneme toprağının kimyasal analizlerine ait laboratuvar görüntüleri

Toprak örneklerinin fiziksel ve kimyasal özelliklerinin belirlenmesinde kullanılan analiz yöntemleri aşağıda belirtilmiştir: Toprak bünyesi Bouyoucos hidrometre yöntemiyle (Bouyoucos, 1955), pH ve elektriksel iletkenlik ise 1/2,5 oranında hazırlanan toprak-su karışımında Jackson (1967) ve Anonymous (1982)

yöntemlerine göre tayin edilmiştir. Kireç içeriği Çağlar (1949) metoduyla, organik madde miktarı ise modifiye Walkley-Black yöntemiyle (Black, 1965) analiz edilmiştir. Alınabilir fosfor düzeyi Olsen ve Sommers (1982) tarafından geliştirilen Olsen metodu kullanılarak belirlenmiştir. Değişebilir potasyum, kalsiyum, magnezyum ve sodyum analizleri 1 N amonyum asetat ekstraksiyon yöntemiyle yapılmış ve sonuçlar ICP-OES cihazı ile ölçülmüştür (Kacar, 1995).

3.2.1.2. Toprak biyolojik analizleri

Toprak biyolojik özelliklerindeki değişimlerin belirlenmesi amacıyla 0-15 cm derinlikten, bitki köklerine yakın ve damlatıcı altlarından, sürekli aynı noktalardan olmak üzere toprak örnekleri elde edilmiştir. Bunun için patlıcan bitkisi vejetasyon süresi boyunca 1, 3, 7. aylarda ve hasatta parsellerden alınmış olan toprak örneklerinde üreaz, alkali fosfataz, β -glukosidaz, bakteri sayısı (aerobik, mezofilik, heterotrofik) analizleri yapılmıştır (Şekil 3.3). Ayrıca, bu örneklerde toprak pH ve EC değerleri de tekrarlı olarak ölçülmüştür.



Şekil 3.3. Deneme toprağının biyolojik analizlerine ait laboratuvar görüntüleri

Toprak biyolojik özelliklerine ilişkin veriler kuru toprak bazında sunulacağından, analiz için alınan toprak örneklerinde öncelikle nem miktarı tayin edilmiştir (Kacar, 1995). Toprağın biyolojik parametrelerinin belirlenmesinde uygulanan analiz prosedürleri ise aşağıdaki gibidir: Toprakta bulunan aerobik mezofilik heterotrofik bakterilerin toplam sayısı, kültürel bir yöntem olan seyreltme-plak tekniğiyle saptanmıştır (Parkinson vd. 1971).

Üreaz enzim aktivitesinin ölçümü için 10 g toprak örneğine 0,2 ml tolüen, 7,5 ml sitrat tampon solüsyonu ve 10 ml üre solüsyonu eklenmiş, ardından karışım 3 saat boyunca 37 °C’de inkübe edilmiştir. Nihai hacim 100 ml’ye tamamlanarak süzölmüş, renk reaksiyonundan sonra oluşan amonyum miktarı 578 nm dalga boyunda spektrofotometrik olarak tespit edilmiştir (Hoffman ve Teicher, 1961).

Alkali fosfataz aktivitesi belirlenirken, 1 g toprak örneğine 0,2 ml tolüen, 4 ml MUB tamponu ve 1 ml p-nitrofenil fosfat (PNP) eklenmiş, 37 °C’de 1 saat inkübasyon gerçekleştirilmiştir. İnkübasyon sonrası üzerine 1 ml 0,5 M CaCl₂ ve 4 ml 0,5 M NaOH eklenerek süzölmüş ve ortaya çıkan sarı rengin yoğunluğu 410 nm’de ölçölmüştür (Tabatabai ve Bremner, 1969).

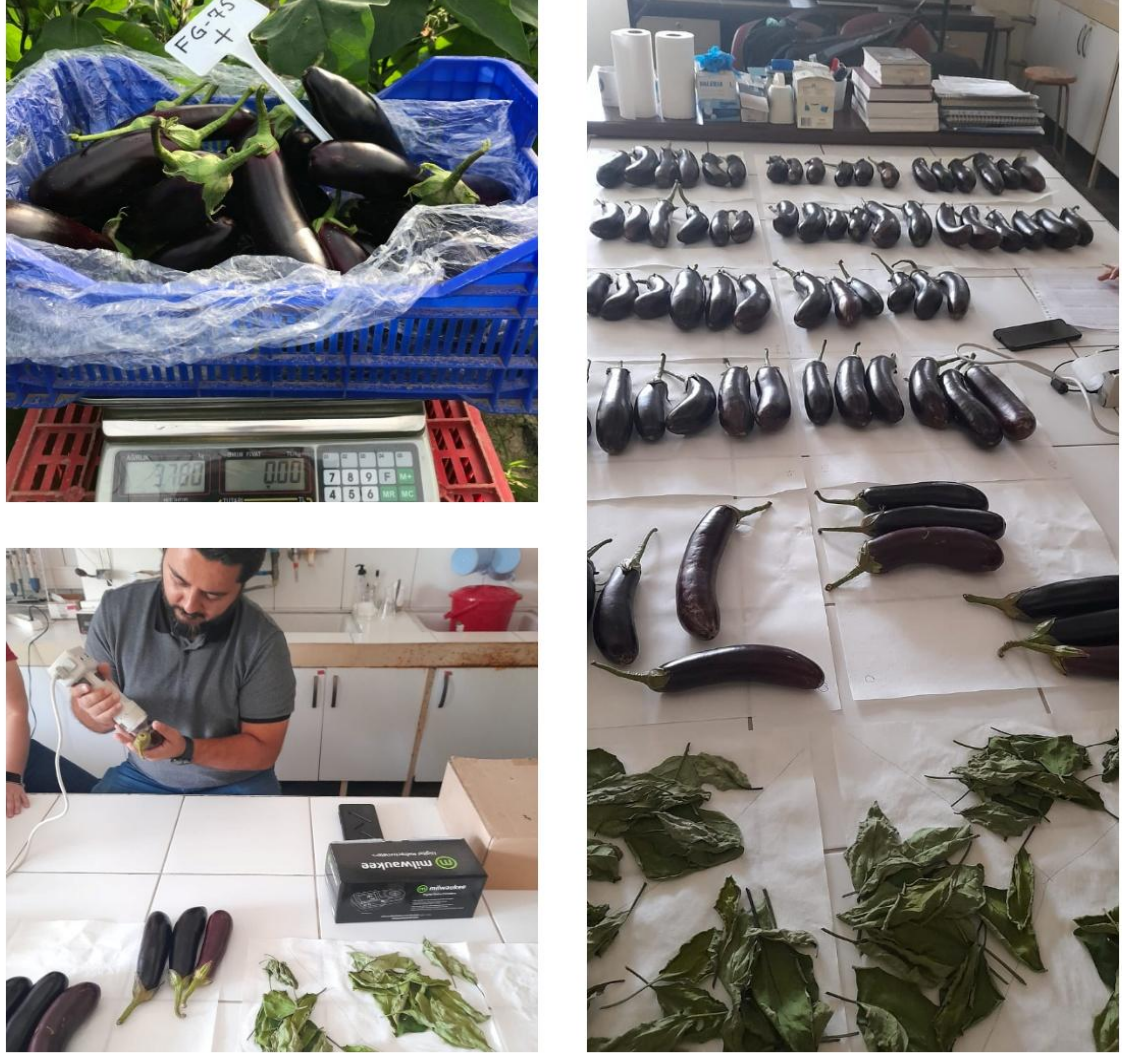
β-glikosidaz aktivitesi için ise 1 g toprak örneğine 0,2 ml tolüen, 4 ml MUB tamponu ve 1 ml p-nitrofenil-β-D-glukozit (PNG) solüsyonu ilave edilmiş, 37 °C’de 1 saat inkübe edildikten sonra 1 ml 0,5 M CaCl₂ ve 4 ml 0,1 M THAM tampon solüsyonu eklenerek süzme işlemi yapılmıştır. Sarı rengin yoğunluğu 410 nm’de belirlenmiştir (Eivazi ve Tabatabai, 1988). Tüm enzim aktiviteleriyle ilgili ölçömler UV-spektrofotometre kullanılarak gerçekleştirilmiştir.

3.2.1.3. Bitkide yapılan ölçömler

Deneme kapsamında hasat süresince, her parselden elde edilen meyveler tekerrürlerine göre düzenli olarak tartılmış ve hasat sonu toplam verim olarak hesaplanmıştır. Ayrıca deneme sonundaki son hasattan sonra bitki ve meyve örneklerinde gelişim parametreleri (pomolojik ve fizyolojik özellikler) belirlenmiştir (Şekil 3.4).

Uygulamalara ait her bir tekerrür için son hasat sonu parsellerden tesadüfen seçilmiş olan 3 bitkide ölçüm, tartım ve hesaplamalar yapılmıştır. Sonuçlar bahsedilen üç bitkinin ortalaması olarak verilmiştir. Belirlenmiş olan bitki pomolojik özellikleri kapsamında meyve çapı, meyve uzunluğu, meyve sap uzunluğu ölçölmüştür. Fizyolojik parametreler olarak ise bitki kuru ağırlığı, meyvede suda çözünür kuru madde, yaprakta toplam klorofil miktarı, meyve sapında toplam klorofil miktarı, meyvede renk tayini ölçölmüştür. Deneme sonunda uygulamaların bitki üzerindeki fosfor etkinlik düzeyleri Fageria ve Santos (2002)’e göre hesaplanmıştır. Formöl şu şekildedir: Fosfor etkinlik düzeyi = [Uygulama yapılan bitkinin kuru ağırlığı (g) / kontrol bitkisinin kuru ağırlığı

(g)] $\times 100$. Ayrıca, sezon boyunca ölçülen hasat değerlerinden yola çıkılarak toplam verim de hesaplanmıştır.



Şekil 3.4. Bitkide pomolojik ve fizyolojik ölçümlere ait görünüm

3.2.2. İstatistiksel analizler

Denemeden elde edilen sayısal veriler, SPSS 23.0 istatistik paket programı kullanılarak analiz edilmiştir. Bu doğrultuda, toprak biyolojik özellikleri 1. ay, 3. ay, 7. ay ve deneme sonunda olmak üzere tekrarlı ölçümler yöntemiyle değerlendirilirken; toprak kimyasal özellikleri ile bitkinin pomolojik ve fizyolojik özelliklerinin istatistiksel anlamlılıkları varyans analizi (ANOVA) ile %5 önem seviyesinde belirlenmiştir. Anlamlı bulunan veriler ise Duncan çoklu karşılaştırma testiyle gruplandırılmıştır. Ayrıca, parametreler arasındaki ilişkiler Pearson korelasyon testi kullanılarak incelenmiştir (SPSS, 2008).

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

4.1. Toprak Biyolojik Analizleri

4.1.1. Üreaz enzim aktivitesi

Deneme parsellerinden 1. ay, 3. ay, 7. ay ve deneme sonu (DS) alınan toprak örneklerindeki üreaz aktivitesi değişimleri Çizelge 4.1’de gösterilmektedir. Mikrobiyal uygulamaların etkisine bağlı olarak toprak üreaz aktivite değerleri: 0+: 267.23-992.67, 50+: 183.19-830.76, 75+: 194.96-1044.21, 100+: 377.03-1485.10 $\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında ve mikrobiyal uygulaması yapılmayan toprak üreaz aktivite değerleri ise 0: 217.37-1045.33, 50: 172.55-942.25, 75: 261.62-1109.75, 100: 295.24-1355.69 $\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Örnekleme zamanının etkisine bağlı olarak toprak üreaz aktivitesinde ölçülen değişimler de yine Çizelge 4.1’de yer almaktadır. Bu bağlamda, toprak üreaz aktivitesi; mikrobiyal uygulaması yapılan toprakta 1.ay 830.76-1485.10, 3.ay 586.50-1175.86, 7.ay 183.19-377.03, deneme sonu 299.77-388.29 $\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Mikrobiyal uygulaması yapılmayan toprakta ise 1.ay 643.65-1355.69, 3.ay 824.60-1071.10, 7.ay 172.55-295.24, deneme sonu 304.81-398.37 $\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.1. Uygulamaların üreaz değerleri ($\mu\text{g NH}_4^+\text{-N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹)

Uygulamalar	Örnekleme zamanı (ay)				
	1.	3.	7.	DS ⁶	Ortalama (uygulama)
0	643.65	1045.33	217.37	361.39	566.93 CD ^{1,2}
0+	896.31	992.67	267.23	388.29	636.12 BC
50	942.25	824.60	172.55	304.81	561.05 CD
50+	830.76	586.50	183.19	299.77	475.05 D
75	1109.75	1071.10	261.62	327.78	692.56 BC
75+	1044.21	1025.72	194.96	308.73	643.41 BC
100	1355.69	979.22	295.24	398.37	757.13 AB
100+	1485.10	1175.86	377.03	386.04	856.01 A
Ortalama (zaman)	1038.47 a ³	962.62 a	246.15 c	346.90 b	
ANOVA (Tekrarlı ölçüm; LSD %5)					
Örnekleme zamanı (Öz)	150.733 *** ⁵				
Uygulama (U)	6.501 ***				
Öz × U	2.154 * ⁴				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

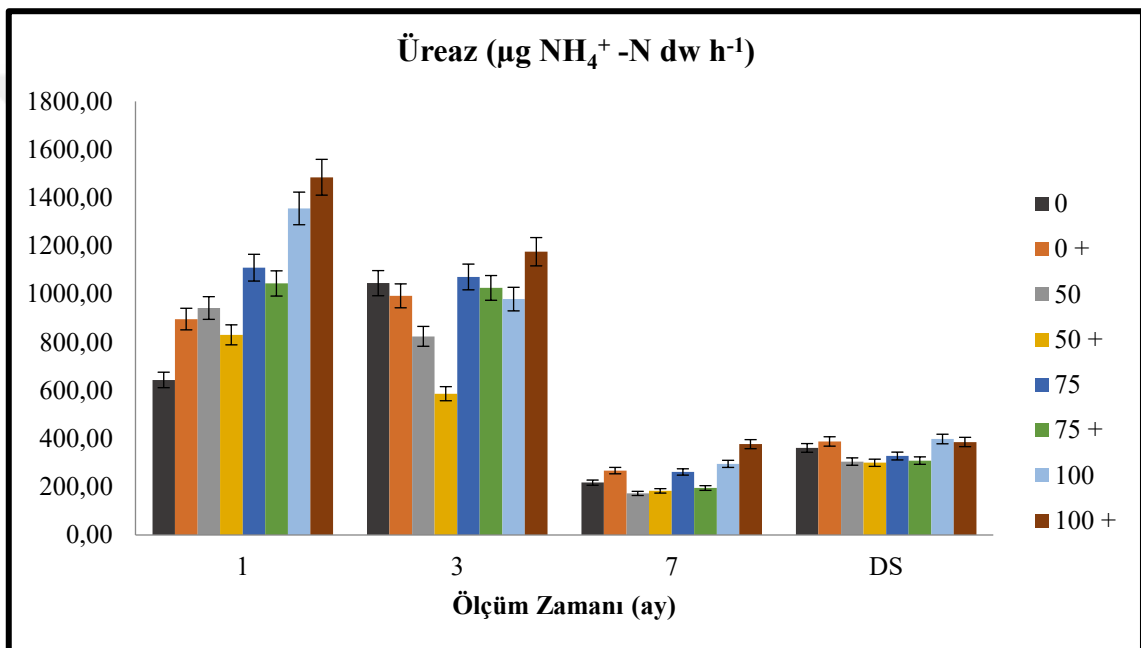
3 Küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait ay bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

4 *; %5 düzeyinde önemlidir.

5 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

6 DS: Deneme sonu

Çizelge 4.1’de de görüleceği üzere patlıcan yetiştiriciliği süresince mikrobiyal gübre uygulamaları ile örnekleme zamanı faktörlerinin toprakta üreaz aktivitesi üzerine birlikte etkilerinin (interaksiyon) istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Buna ilaveten gübre uygulamalarının tekil etkisi dikkate alındığında 100+ ($856.01 \mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının istatistiki olarak ($P<0.001$ düzeyinde) toprağın üreaz aktivitesini diğer uygulamalara göre daha fazla artırdığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan örnekleme zamanının tekil etkisine göre hem mikrobiyal uygulama yapılan toprakta hem de mikrobiyal uygulama yapılmayan toprakta üreaz aktivitesindeki zamana bağlı değişimlerin $P<0.001$ düzeyinde önemli olduğu, birinci ve üçüncü ay örnekleme zamanlarında ölçülen aktivite değerlerinin (1: 1038.47 , 3: $962.62 \mu\text{g NH}_4^+-\text{N g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) diğer aylara göre daha yüksek oldukları tespit edilmiştir.



Şekil 4.1. Uygulamaların üreaz enzim aktivitesi üzerine zamana bağlı etkileri

Şekil 4.1’e göre deneme parsellerinden alınan toprak örneklerinde üreaz aktivitesinin zamanla anlamlı bir değişim gösterdiği belirlenmiş ve mikrobiyal uygulamaların bu aktivite üzerinde kayda değer etkileri olduğu saptanmıştır. Özellikle 100 ve 100+ uygulamasının toprak üreaz aktivitesini diğer uygulamalara kıyasla anlamlı derecede artırdığı görünse de istatistiksel olarak 100+ uygulamasının aktiviteyi doğrudan desteklediği görülmektedir. Üreaz aktivitesindeki azalma eğilimi ise, zamanla toprak ortamındaki organik azotun tükenmesi ve mikrobiyal popülasyonun doğal süreçler ve çevresel faktörler (toprak nemi, sıcaklık değişimleri gibi) nedeniyle azalmasıyla ilişkilendirilebilir. Bu bulgu, Tabatabai ve Bremner (1972) tarafından da desteklenen ve mikroorganizma faaliyetlerinin uygulama sonrası erken dönemde maksimum seviyeye ulaşıp, daha sonra düşüş eğilimi gösterdiği genel kabul görmüş dinamiklerle uyumludur.

Ayrıca, üreaz aktivitesindeki yüksek değerlerin bitkisel üretim sürecinin erken aşamalarında görülmesi, bitkinin ihtiyaç duyduğu azotun toprakta en etkin şekilde dönüşümüne işaret ederken, sonraki aylarda bu aktivitenin azalması toprakta mikroorganizmaların dinamik dengesinin ve besin döngüsünün karmaşık yapısını yansıtmaktadır. Sonuç olarak, mikrobiyal gübre uygulamalarının verimliliğini artırmak ve toprak sağlığını korumak için sadece uygulama dozu değil, aynı zamanda zamanlama ve çevresel şartların da gözetilmesi gerekliliği ortaya çıkmaktadır.

4.1.2. Alkali fosfataz enzim aktivitesi

Deneme parsellerinden 1. ay, 3. ay, 7. ay ve deneme sonu alınan toprak örneklerindeki alkali fosfataz aktivitesi değişimleri Çizelge 4.2’de gösterilmektedir. Mikrobiyal uygulamaların etkisine bağlı olarak toprak alkali fosfataz aktivite değerleri: 0+: 58.24-90.64, 50+: 56.21-80.37, 75+: 49.33-73.49, 100+: 54.39-92.18 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında ve mikrobiyal uygulaması yapılmayan rizosfer toprağı alkali fosfataz aktivite değerleri ise 0: 49.30-86.95, 50: 52.64-73.40, 75: 56.37-83.89, 100: 54.39-92.18 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Örnekleme zamanının etkisine bağlı olarak toprak alkali fosfataz aktivitesinde ölçülen değişimler de yine Çizelge 4.2’de yer almaktadır.

Çizelge 4.2. Uygulamaların a. fosfataz değerleri ($\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹)

Uygulamalar	Örnekleme zamanı (ay)				
	1.	3.	7.	DS ⁷	Ortalama (uygulama)
0	53.11	49.30	80.18	86.95	67.38 AB ^{1,2}
0+	60.31	58.24	90.64	86.92	74.03 A
50	52.92	52.64	73.40	71.11	62.52 B
50+	56.21	61.92	80.37	70.18	67.17 AB
75	56.37	60.53	83.89	79.20	70.00 AB
75+	49.33	52.34	73.49	69.73	61.23 B
100	52.63	56.15	95.67	91.11	73.89 A
100+	62.48	54.39	92.18	89.83	74.72 A
Ortalama (zaman)	55.42 b ³	55.69 b	83.73 a	80.63 a	
ANOVA (Tekrarlı ölçüm; LSD %5)					
Örnekleme zamanı (Öz)	39.171*** ⁵				
Uygulama (U)	2.249* ⁴				
Öz × U	Ö.D. ⁶				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

3 Küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait ay bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

4 *: %5 düzeyinde önemlidir.

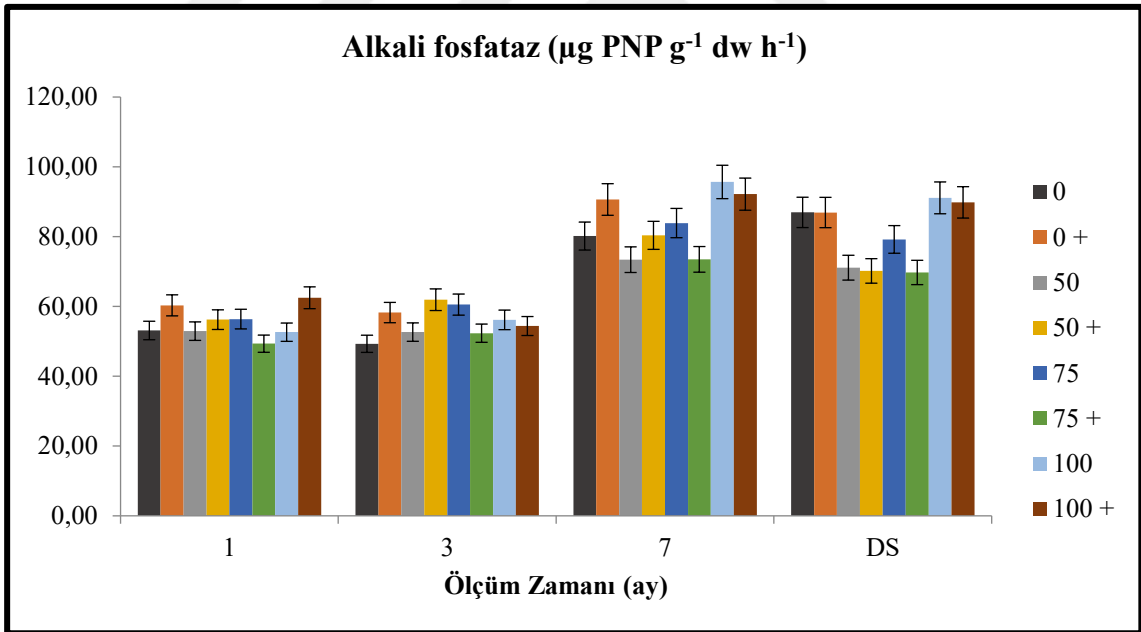
5 ***: %0.1 düzeyinde önemlidir.

6 Ö.D.: Önemli değil.

7 DS: Deneme sonu

Yine Çizelge 4.2’de görüleceği üzere toprağın alkali fosfataz aktivitesi; mikrobiyal uygulaması yapılan toprakta 1.ay 52.63-62.48, 3.ay 49.30-61.92, 7.ay 73.40-95.67, deneme sonu 299.77-388.29 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Mikrobiyal uygulaması yapılmayan toprakta ise 1.ay 643.65-1355.69, 3.ay 824.60-1071.10, 7.ay 172.55-295.24, deneme sonu 69.73-91.11 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Patlıcan yetiştiriciliği süresince mikrobiyal gübre uygulamaları ile örnekleme zamanı faktörlerinin toprakta alkali fosfataz aktivitesi üzerine birlikte etkilerinin (interaksiyon) istatistiksel olarak önemli olmadığı belirlenmiştir. Buna ilaveten gübre uygulamalarının tekil etkisi dikkate alındığında (100+: 74.72, 0+: 74.03, 100: 73.89 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamalarının istatistiki olarak ($P<0.05$ düzeyinde) toprağın alkali fosfataz aktivitesini diğer uygulamalara göre daha fazla artırdığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan örnekleme zamanının tekil etkisine göre hem mikrobiyal uygulama yapılan toprakta hem de mikrobiyal uygulama yapılmayan toprakta üreaz aktivitesindeki zamana bağlı değişimlerin $P<0.001$ düzeyinde önemli olduğu, yedinci ay ve deneme sonu örneklemelerinde ölçülen aktivite değerlerinin (7: 83.73. DS: 80.63 $\mu\text{g PNP g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) diğer aylara göre daha yüksek oldukları tespit edilmiştir.



Şekil 4.2. Uygulamaların a. fosfataz enzim aktivitesi üzerine zamana bağlı etkileri

Şekil 4.2'ye göre uygulamaların etkisi zaman içinde anlamlı bir şekilde farklılaşmamış; ancak Şekil 4.2'ye göre özellikle 7. ay ve deneme sonunda farklılıkların belirginleştiği gözlemlenmektedir. Mikrobiyal uygulamalar hem azaltılmış gübreleme hem de azaltılmamış gübreleme koşullarında alkali fosfataz aktivitesini anlamlı şekilde artırmıştır. Bu artış, mikrobiyal ürünlerin topraktaki fosfor döngüsüne katkısını ortaya koymaktadır.

Toprak alkali fosfataz aktivitesine ilişkin elde edilen bulgular, mikrobiyal uygulamaların özellikle fosfor döngüsü üzerindeki rolünü daha iyi anlamaya yönelik önemli ipuçları sunmaktadır. Özellikle yedinci ay ve deneme sonu örneklerinde aktivite değerlerinde gözlenen yükseliş, mikrobiyal uygulamaların uzun vadede alkali fosfataz aktivitesini destekleyici potansiyel taşıdığını ortaya koymaktadır.

Mikrobiyal gübre uygulamalarının hem azaltılmış hem de tam doz gübreleme düzeylerinde alkali fosfataz aktivitesini artırmış olması, bu ürünlerin yalnızca doğrudan besin elementi katkısı değil, aynı zamanda toprak biyokimyasal süreçlerine olan etkisini de göstermektedir. Bu bağlamda, mikrobiyal ürünlerin topraktaki fosforun mineralizasyon sürecini hızlandırarak, bitki kökleri tarafından alınabilir fosfor miktarını artırdığı söylenebilir. Gianfreda vd. (2005) tarafından belirtildiği gibi, mikrobiyal toplulukların fosfataz enzimlerinin sentez ve salınımını teşvik etmesi, bu mekanizmanın temelini oluşturmaktadır.

Elde edilen sonuçlar doğrultusunda, mikrobiyal uygulamaların toprak enzim aktiviteleri üzerindeki etkisinin yalnızca kısa vadeli değil, aynı zamanda zamana yayılan bir düzenleyici rol oynayabileceği değerlendirilmektedir. Bu durum, sürdürülebilir gübreleme politikalarında mikrobiyal ürünlerin stratejik bir araç olarak kullanım potansiyelini öne çıkarmaktadır. Ayrıca, bu uygulamaların çevresel streslere karşı toprak fonksiyonlarının korunmasında destekleyici rol oynayabileceği de göz ardı edilmemelidir.

4.1.3. β -glikosidaz enzim aktivitesi

Deneme parsellerinden 1. ay, 3. ay, 7. ay ve deneme sonu alınan toprak örneklerindeki β -glikosidaz aktivitesi değişimleri Çizelge 4.3'te gösterilmektedir. Mikrobiyal uygulamaların etkisine bağlı olarak toprak β -glikosidaz aktivite değerleri: 0+: 3.24-6.39, 50+: 2.67-4.77, 75+: 2.63-4.38, 100+: 3.22-6.58 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında ve mikrobiyal uygulaması yapılmayan toprak β -glikosidaz aktivite değerleri ise 0: 2.81-5.35, 50: 2.72-4.58, 75: 2.98-4.93, 100: 3.07-5.97 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Örnekleme zamanının etkisine bağlı olarak toprak β -glikosidaz aktivitesinde ölçülen değişimler de yine Çizelge 4.3'te yer almaktadır. Bu bağlamda, toprağın β -glikosidaz aktivitesi; mikrobiyal uygulaması yapılan toprakta 1.ay 2.70-3.24, 3.ay 2.63-3.69, 7.ay 4.38-6.58, deneme sonu 4.22-5.59 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir. Mikrobiyal uygulaması yapılmayan toprakta ise 1.ay 2.72-3.55, 3.ay 2.81-3.20, 7.ay 4.58-5.97, deneme sonu 4.37-5.96 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.3. Uygulamaların β -glikosidaz değerleri ($\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹)

Uygulamalar	Örnekleme zamanı (ay)				
	1.	3.	7.	DS ⁶	Ortalama (uygulama)
0	3.55	2.81	5.35	5.08	4.20 ABC ^{1,2}
0+	3.24	3.69	6.39	5.59	4.73 A
50	2.72	3.17	4.58	4.40	3.72 CD
50+	3.07	2.67	4.77	4.50	3.75 CD
75	3.55	2.98	4.93	4.37	3.96 BCD
75+	2.70	2.63	4.38	4.22	3.48 D
100	3.07	3.20	5.97	5.96	4.55 AB
100+	3.22	3.29	6.58	5.30	4.60 AB
Ortalama (zaman)	3.14 b ³	3.06 b	5.37 a	4.93 a	
ANOVA (Tekrarlı ölçüm; LSD %5)					
Örnekleme zamanı (Öz)	58.058*** ⁴				
Uygulama (U)	4.404***				
Öz $\times$ U	Ö.D. ⁵				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

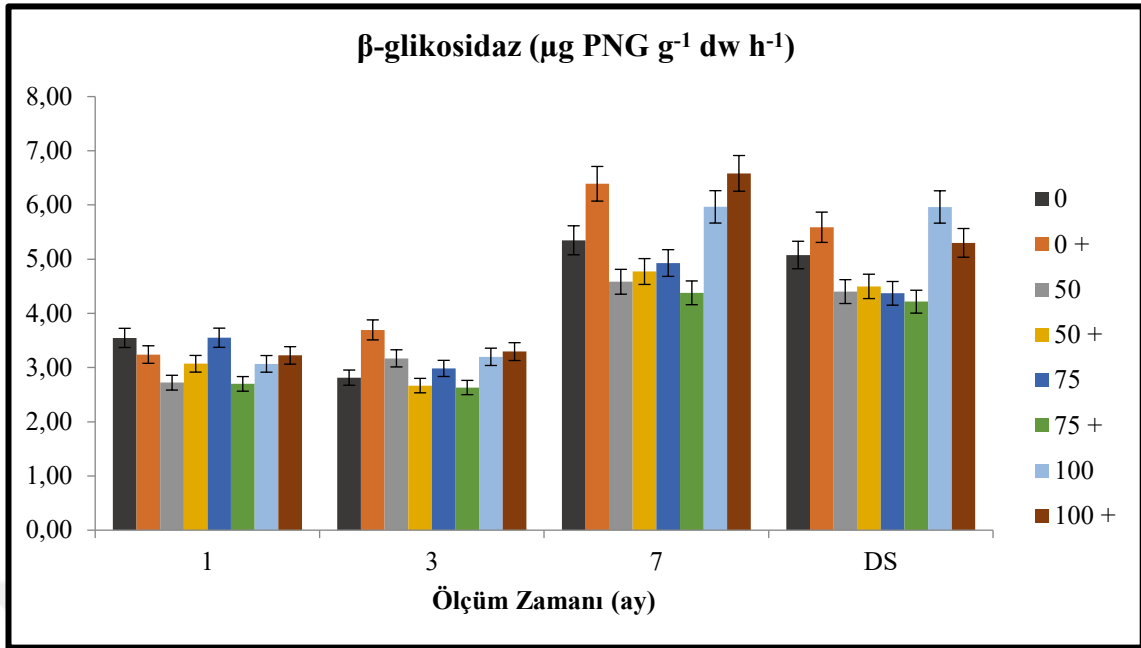
3 Küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait ay bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

4 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

5 Ö.D.: Önemli değil.

6 DS: Deneme sonu

Çizelge 4.3'te de görüleceği üzere patlıcan yetiştiriciliği süresince mikrobiyal gübre uygulamaları ile örnekleme zamanı faktörlerinin toprakta β -glikosidaz aktivitesi üzerine birlikte etkilerinin (interaksiyon) istatistiksel olarak $P < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Buna ilaveten gübre uygulamalarının tekil etkisi dikkate alındığında 0+ ($4.73 \mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) uygulamasının istatistiki olarak ($P < 0.001$ düzeyinde) toprak β -glikosidaz aktivitesini diğer uygulamalara göre daha fazla artırdığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan örnekleme zamanının tekil etkisine göre hem mikrobiyal uygulama yapılan toprakta hem de mikrobiyal uygulama yapılmayan toprakta β -glikosidaz aktivitesindeki zamana bağlı değişimlerin $P < 0.001$ düzeyinde önemli olduğu, yedinci ay ve hasat sonu örneklemelerinde ölçülen aktivite değerlerinin (7: 5.37, H: 4.93 $\mu\text{g PNG g}^{-1}$ kuru toprak saat⁻¹) diğer aylara göre daha yüksek oldukları tespit edilmiştir.



Şekil 4.3. Uygulamaların β -glukosidaz enzim aktivitesi üzerine zamana bağlı etkileri

Şekil 4.3'e göre elde edilen veriler, mikrobiyal gübre uygulamalarının toprak β -glukosidaz aktivitesi üzerinde anlamlı etkiler yarattığını ve bu etkinin zamanla farklı düzeylerde belirginleştiğini göstermektedir. Özellikle 7. ay ve deneme sonunda ölçülen yüksek enzim aktivite değerleri, toprak biyolojik fonksiyonlarının güçlendiğini ve organik madde dönüşüm süreçlerinin hızlandığını ortaya koymaktadır. Bu durum, mikrobiyal gübre uygulamalarının toprakta karbon döngüsü ile ilişkili biyokimyasal süreçleri uyararak, mikrobiyal popülasyonun aktifliğini artırdığını düşündürmektedir.

Çalışmada β -glukosidaz aktivitesinin zamanla artış göstermesi, mikrobiyal ürünlerin etkisinin kısa süreli değil, aynı zamanda ilerleyen dönemlerde de sürdürülebilir bir etki yarattığını göstermektedir. Literatürde yer alan bulgularla da uyumlu şekilde, Dick ve arkadaşları (1994) ile Gianfreda ve arkadaşlarının (2005) çalışmalarında da mikrobiyal ürünlerin toprak enzim aktivitelerini pozitif yönde etkilediği, özellikle karbon ve fosfor dönüşümüne katkı sağladığı vurgulanmaktadır. Bu bağlamda, mikrobiyal gübre uygulamalarının yalnızca besin elementi sağlamakla kalmayıp, aynı zamanda toprak sağlığını artıran biyolojik süreçleri desteklediği anlaşılmaktadır.

Sonuç olarak, β -glukosidaz aktivitesindeki zamana bağlı artış, mikrobiyal ürünlerin toprakta mikrobiyal canlılığı uyararak organik maddenin parçalanmasını hızlandırdığını ve böylece bitki beslenmesine dolaylı katkı sunduğunu göstermektedir. Bu etki, toprak kalitesinin artırılması ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının yaygınlaştırılması açısından önemli bir gösterge niteliğindedir.

4.1.4. Aerobik-mezofilik-heterotrofik bakteri sayısı

Rizosfer toprağından 1. ay, 3. ay, 7. ay ve deneme sonu alınan toprak örneklerindeki aerobik-mezofilik bakteri sayısı değışimleri Çizelge 4.4'te gösterilmektedir. Çizelge 4.4'e göre mikrobiyal uygulamaların etkisine bağı olarak toplam bakteri sayısı değeri: 0+: 1.24-1.59, 50+: 1.33-1.63, 75+: 1.37-1.57, 100+: 1.41-1.77 $\times 10^6$ kob g^{-1} arasında ve mikrobiyal uygulaması yapılmayan toplam bakteri sayısı değeri ise 0: 1.07-1.41, 50: 1.00-1.63, 75: 1.05-1.58, 100: 1.21-1.63 $\times 10^6$ kob g^{-1} arasında değışim göstermiştir. Örnekleme zamanının etkisine bağı olarak toplam bakteri sayısındaki değışimler de yine Çizelge 4.4'te yer almaktadır. Bu bağlamda, toplam bakteri sayısı; mikrobiyal uygulaması yapılan toprakta 1.ay 1.37-1.77, 3.ay 1.50-1.63, 7.ay 1.24-1.66, deneme sonu 1.33-1.41 $\times 10^6$ kob g^{-1} arasında değışim göstermiştir. Mikrobiyal uygulaması yapılmayan toprakta ise 1.ay 1.32-1.63, 3.ay 1.38-1.58, 7.ay 1.05-1.31, deneme sonu 1.00-1.22 $\times 10^6$ kob g^{-1} arasında değışim göstermiştir.

Çizelge 4.4. Uygulamaların toplam bakteri sayısı ($\times 10^6$ kob g^{-1}) üzerine etkileri

Uygulamalar	Örnekleme zamanı (ay)				
	1.	3.	7.	DS ⁶	Ortalama (uygulama)
0	1.38	1.41	1.19	1.07	1.35 BC ^{1,2}
0+	1.59	1.53	1.24	1.36	1.43 BC
50	1.63	1.38	1.20	1.00	1.30 BC
50+	1.63	1.50	1.33	1.33	1.45 B
75	1.32	1.58	1.05	1.22	1.29 C
75+	1.37	1.57	1.37	1.39	1.43 BC
100	1.63	1.39	1.31	1.21	1.38 BC
100+	1.77	1.63	1.66	1.41	1.62 A
Ortalama (zaman)	1.54 a ³	1.50 a	1.34 b	1.25 b	
ANOVA (Tekrarlı ölçüm; LSD %5)					
Örnekleme zamanı (Öz)	17.138*** ⁵				
Uygulama (U)	4.950***				
Öz $\times$ U	1.982* ⁴				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değeri arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Büyük harfle gösterilen değeri uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

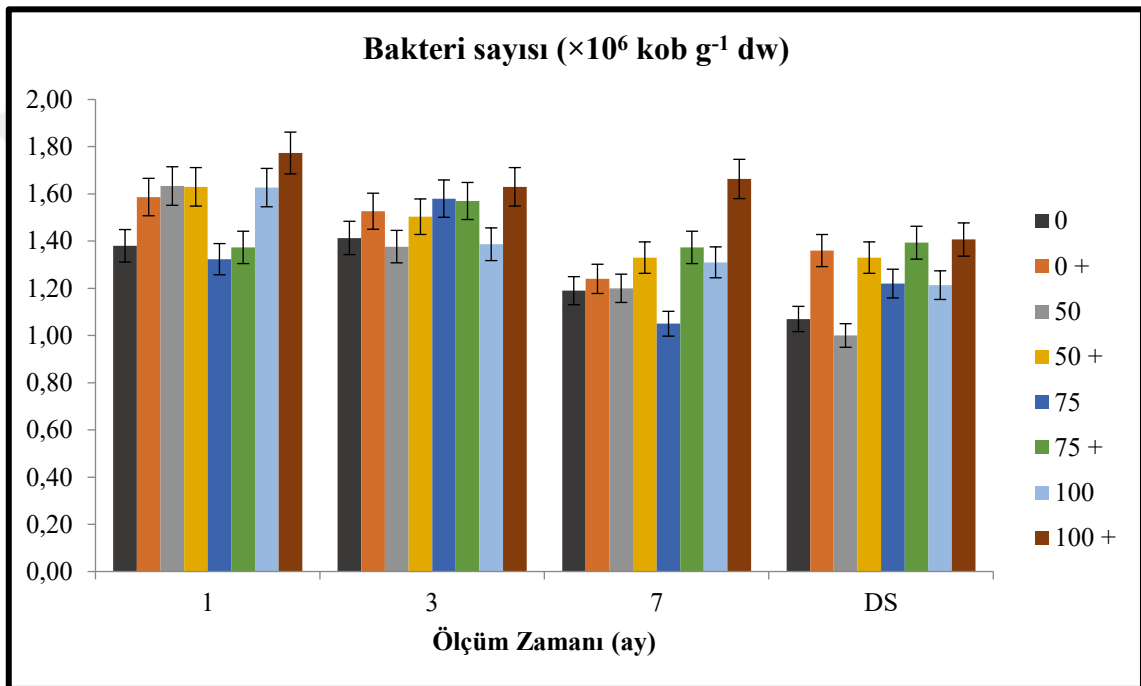
3 Küçük harfle gösterilen değeri her bir uygulamaya ait ay bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

4 *; %5 düzeyinde önemlidir.

5 ***; %0.1 düzeyinde önemlidir.

6 DS: Deneme sonu

Çizelge 4.4'te de görüleceği üzere patlıcan yetiştiriciliği süresince mikrobiyal gübre uygulamaları ile örnekleme zamanı faktörlerinin toprakta toplam bakteri sayısı üzerine birlikte etkilerinin (interaksiyon) istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli olduğu belirlenmiştir. Buna ilaveten gübre uygulamalarının tekil etkisi dikkate alındığında $100+$ (1.62×10^6 kob g^{-1}) uygulamasının istatistiki olarak ($P<0.001$ düzeyinde) toplam bakteri sayısını diğer uygulamalara göre daha fazla artırdığı tespit edilmiştir. Diğer taraftan örnekleme zamanının tekil etkisine göre hem mikrobiyal uygulama yapılan toprakta hem de mikrobiyal uygulama yapılmayan toprakta üreaz aktivitesindeki zamana bağlı değişimlerin $P<0.001$ düzeyinde önemli olduğu, birinci ve üçüncü ay örnekleme zamanlarında ölçülen aktivite değerlerinin ($1: 1.54, 3: 1.50 \times 10^6$ kob g^{-1}) diğer aylara göre daha yüksek oldukları tespit edilmiştir.



Şekil 4.4. Uygulamaların toplam bakteri sayısı üzerine zamana bağlı etkileri

Şekil 4.4'e göre, mikrobiyal gübre uygulamaları, toplam bakteri sayısını belirgin şekilde artırmıştır. Elde edilen bulgular, mikrobiyal gübre uygulamalarının topraktaki mikrobiyal canlılık üzerinde olumlu etkiler yarattığını ve özellikle toplam bakteri sayısında kayda değer artışlar sağladığını göstermektedir. Uygulamalar arasında en yüksek bakteri sayısına ulaşan $100+$ uygulaması, kimyasal ve mikrobiyal girdilerin birlikte kullanımının mikrobiyal toplulukların yoğunluğunu artırmada ne denli etkili olduğunu ortaya koymaktadır. Bu durum, özellikle mikrobiyal gübrelerin toprak biyolojisi üzerindeki uzun vadeli etkilerine yönelik önemli bir göstergedir.

Örnekleme zamanları arasındaki farklılıklar ise mikrobiyal topluluk dinamiklerinin çevresel koşullara, besin mevcudiyetine ve bitki gelişim evrelerine bağlı olarak dalgalandığını göstermektedir. İlk aylarda ölçülen yüksek bakteri yoğunlukları, uygulamaların ardından toprakta artan organik madde ve besin varlığının mikrobiyal

çoğalmayı teşvik ettiğini düşündürmektedir. Ancak zamanla bu yoğunlukta meydana gelen azalma, mikrobiyal aktiviteler sonucu organik kaynakların tüketilmesiyle açıklanabilir. Zhao ve Zhu (2019)'nın da belirttiği üzere, mikrobiyal popülasyon büyüklüğü, substrat mevcudiyetiyle doğrudan ilişkilidir; kaynaklar azaldıkça mikrobiyal sayılarda düşüş yaşanabilmektedir.

Bununla birlikte, mikrobiyal uygulama yapılan topraklarda bakteri sayılarının, uygulama yapılmayanlara kıyasla deneme sonunda dahi daha yüksek kalması, mikrobiyal ürünlerin yalnızca geçici bir uyarıcı etki değil, aynı zamanda sürdürülebilir bir toprak biyolojik kalitesi oluşturma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Bu bağlamda mikrobiyal gübrelerin, tarımda biyolojik temelli sürdürülebilirliği destekleyecek önemli araçlardan biri olduğu söylenebilir.

Sonuç olarak, çalışmada elde edilen toplam bakteri sayısına ilişkin bulgular, mikrobiyal gübre uygulamalarının toprak mikrobiyal ekosistemini olumlu yönde etkilediğini ve bu etkinin hem gübre dozu hem de zaman faktörüyle ilişkili olarak değiştiğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, mikrobiyal ürünlerin tarımsal üretim sistemlerinde biyolojik çeşitliliği destekleme ve toprak sağlığını iyileştirme yönündeki katkılarını açıkça ortaya koymaktadır.

4.2. Toprak Kimyasal Analizleri

4.2.1. pH

Çizelge 4.5'e göre mikrobiyal uygulamaların etkisine bağlı olarak toprakta pH değerleri: 0+: 7.56-7.73, 50+: 7.51-7.63, 75+: 7.24-7.64, 100+: 7.35-7.64 arasında ve mikrobiyal uygulaması yapılmayan toprakta pH değerleri ise 0: 7.25-7.80, 50: 7.10-7.70, 75: 7.53-7.73, 100: 7.44-7.58 arasında değişim göstermiştir. Örnekleme zamanının etkisine bağlı olarak pH değerlerindeki değişimler de yine Çizelge 4.5'te yer almaktadır. Bu bağlamda, toprak pH değerleri; mikrobiyal uygulaması yapılan toprakta 1.ay: 7.24-7.56, 3.ay: 7.33-7.66, 7.ay: 7.63-7.73, deneme sonu: 7.35-7.65 arasında değişim göstermiştir. Mikrobiyal uygulaması yapılmayan toprakta ise 1.ay: 7.25-7.68, 3.ay: 7.44-7.73, 7.ay: 7.58-7.80, deneme sonu: 7.10-7.72 arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.5. Uygulamaların pH üzerine etkileri

Uygulamalar	Örnekleme zamanı (ay)				
	1.	3.	7.	DS ⁷	Ortalama (uygulama)
0	7.25	7.58	7.80	7.72	7.59 AB ^{1,2}
0+	7.56	7.66	7.73	7.65	7.66 A
50	7.58	7.63	7.70	7.10	7.50 ABC
50+	7.55	7.63	7.63	7.51	7.58 AB
75	7.68	7.73	7.67	7.53	7.65 A
75+	7.24	7.33	7.64	7.36	7.39 C
100	7.55	7.44	7.58	7.50	7.52 ABC
100+	7.36	7.47	7.64	7.35	7.45 BC
Ortalama (zaman)	7.46 b	7.56 b	7.67 a ³	7.46 b	
ANOVA (Tekrarlı ölçüm; <i>LSD</i> %5)					
Örnekleme zamanı (Öz)	7.71 ^{***4}				
Uygulama (U)	3.44 ^{**5}				
Öz × U	1.84 ^{*6}				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

3 Küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait ay bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

4 *, %5 düzeyinde önemlidir.

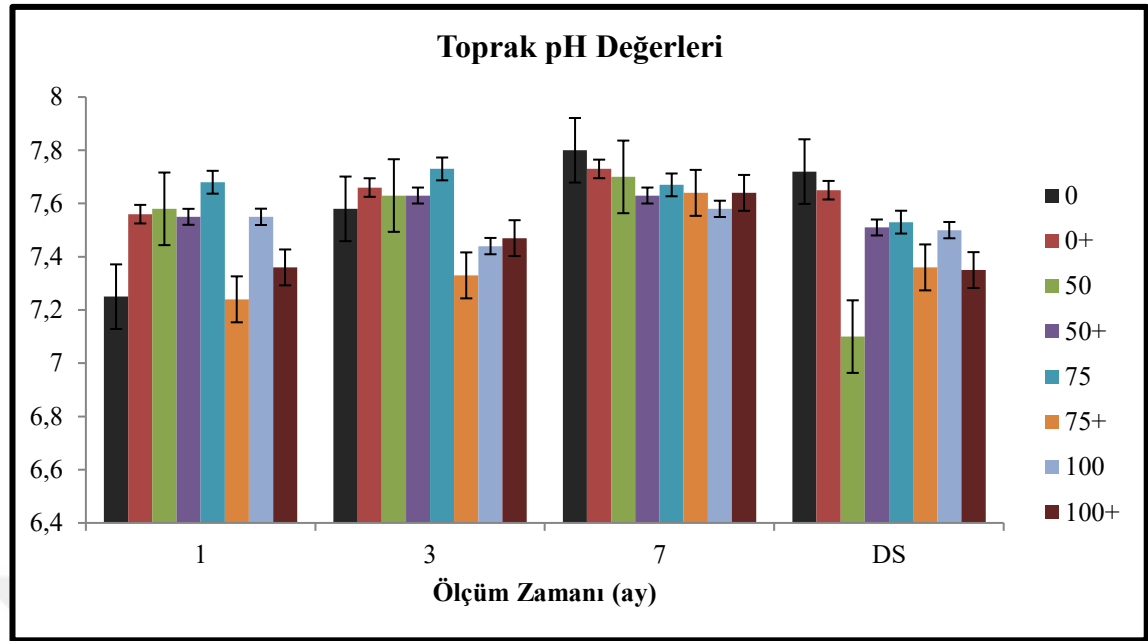
5 **, %1 düzeyinde önemlidir.

6 ***, %0.1 düzeyinde önemlidir.

7 DS: Deneme sonu

Çizelge 4.5'te de görüleceği üzere patlıcan yetiştiriciliği süresince uygulamalar ile örnekleme zamanı faktörlerinin toprakta pH üzerine birlikte etkilerinin (interaksiyon) istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Gübre uygulamalarının tekil etkisi dikkate alındığında ise uygulamaların istatistiksel olarak toprağın pH değeri üzerine etkisi önemli ($P<0.01$) bulunmuştur.

Diğer taraftan, örnekleme zamanının tekil etkisine göre toprakta pH düzeyinin zamana bağlı değişimlerin $P<0.001$ düzeyinde önemli olduğu ve toprakta yedinci ayda ölçülen aktivite değerinin (7.67), diğer aylara göre daha yüksek olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.5. Uygulamaların toprak pH'ı üzerine zamana bağlı etkileri

Şekil 4.5'e göre hem gübre uygulama dozlarının hem de mikrobiyal gübre uygulamasının toprak pH'ı üzerinde anlamlı etkiler yarattığını göstermektedir. Elde edilen veriler 0+ (7.66) ve 75 (7.65) uygulamasının toprak pH'ını yükselttiğini ve bu değerlerin istatistiksel olarak kontrol grubundan anlamlı şekilde farklı olduğunu ortaya koymuştur. Bu durum, mikrobiyal gübrelerin toprakta organik madde mineralizasyonunu hızlandırarak H^+ iyonu üretimini sınırlaması ve dolayısıyla pH'ı daha nötr düzeyde tutmasıyla ilişkilendirilebilir (Zahir vd. 2004; Vessey, 2003). Mikrobiyal gübreler, özellikle *Azotobacter* türleri gibi azot fikse eden bakteriler, rizosfer pH'ını düzenleme potansiyeline sahiptir (Mahanty vd. 2017).

Zamanla pH'ta gözlenen değişiklikler de dikkat çekici olmakla birlikte 7. aydaki geçici pH yükselmesi, mikrobiyal aktivitenin artışıyla ilişkili olabilirken, deneme sonunda pH değerinin yeniden düşmesi, mikrobiyal ve kimyasal etkileşimlerin dengeye ulaşması ile açıklanabilir. Bu tür dinamik değişimler, toprak biyokimyasında kısa ve uzun vadeli tepkimelerin farklılık göstermesinden kaynaklanır (Geisseler ve Scow, 2014).

4.2.2. EC

Çizelge 4.6'ya göre mikrobiyal uygulamaların etkisine bağlı olarak toprakta EC değerleri: 0+: 203-422, 50+: 258-632, 75+: 327-503, 100+: 386-679 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında ve mikrobiyal uygulaması yapılmayan toprakta pH değerleri ise 0: 156-331, 50: 157-479, 75: 234-296, 100: 316-624 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişim göstermiştir. Örneklem zamanının etkisine bağlı olarak EC değerlerindeki değişimler de yine Çizelge 4.6'da yer almaktadır. Bu bağlamda, toprak EC değerleri; mikrobiyal uygulaması yapılan toprakta 1.ay: 325-679, 3.ay: 374-632, 7.ay: 334-544, deneme sonu: 203-475 $\mu\text{S}/\text{cm}$ arasında değişim göstermiştir.

Mikrobiyal uygulaması yapılmayan toprakta ise 1.ay: 225-497, 3.ay: 267-586, 7.ay: 256-624, deneme sonu: 156-316 $\mu\text{s/cm}$ arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.6. Uygulamaların EC ($\mu\text{s/cm}$) üzerine etkileri

Uygulamalar	Örnekleme zamanı (ay)				
	1.	3.	7.	DS ⁶	Ortalama (uygulama)
0	225	267	331	156	245 C
0+	325	422	334	203	321 BC ^{1,2}
50	447	479	390	157	368 B
50+	568	632	544	258	501 A
75	295	296	256	234	270 C
75+	372	374	503	327	394 B
100	497	586	624	316	506 A
100+	679	611	386	475	538 A
Ortalama (zaman)	426 a ³	459 a	421 a	266 b	
ANOVA (Tekrarlı ölçüm; LSD %5)					
Örnekleme zamanı (Öz)	17.766*** ⁴				
Uygulama (U)	15.065***				
Öz × U	1.950* ⁵				

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 Büyük harfle gösterilen değerler uygulamaların ortalaması arasındaki farkı göstermektedir.

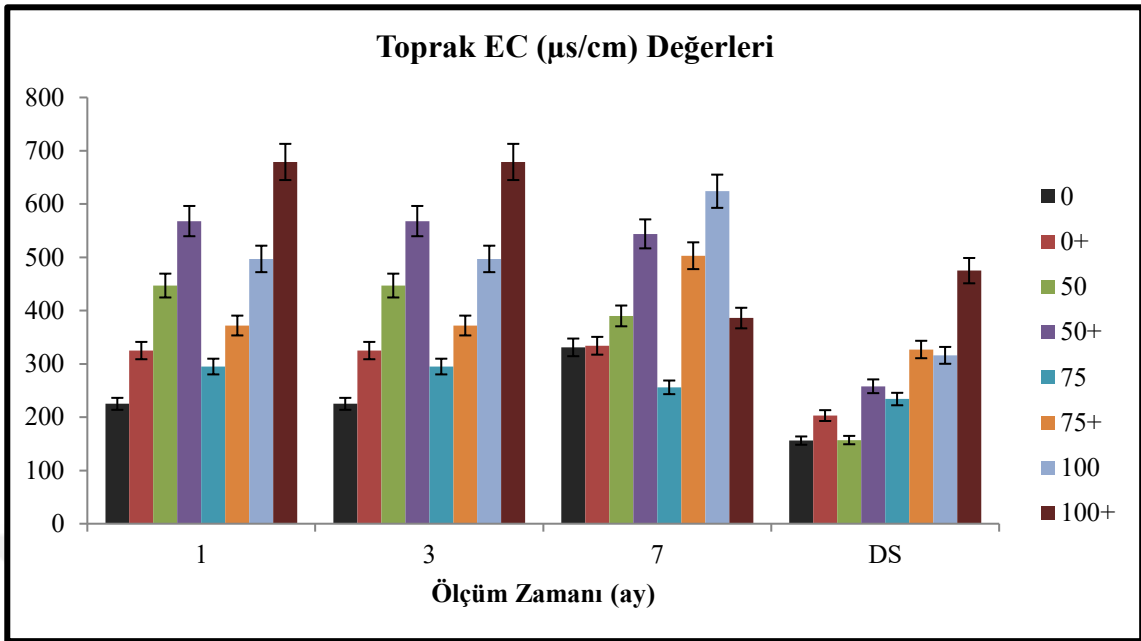
3 Küçük harfle gösterilen değerler her bir uygulamaya ait ay bazındaki ortalamalar arasındaki farklılıkları göstermektedir.

4 *, %5 düzeyinde önemlidir.

5 ***, %0.1 düzeyinde önemlidir.

6 DS: Deneme sonu

Çizelge 4.6'da de görüleceği üzere patlıcan yetiştiriciliği süresince uygulamalar ile örnekleme zamanı faktörlerinin toprakta EC üzerine birlikte etkilerinin (interaksiyon) istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Gübre uygulamalarının tekil etkisi dikkate alındığında, uygulamaların istatistiksel olarak toprağın EC değeri üzerine etkisi önemli ($P<0.001$) bulunmuştur. Bununla birlikte, örnekleme zamanının tekil etkisine göre toprakta EC düzeyinin zamana bağlı değişimlerin $P<0.001$ düzeyinde önemli tespit edilmiştir.



Şekil 4.6. Uygulamaların toprak EC değerleri üzerine zamana bağlı etkileri

Şekil 4.6’da görüleceği üzere, mikrobiyal gübre uygulamaları, özellikle yüksek ve orta dozlarla birlikte kullanıldığında, toprakta çözünmüş tuz (besin iyonu) miktarını artırarak EC’yi yükseltmiştir. Zamanla EC’nin düşmesi, bitki besin alımının arttığını ve toprağın besin potansiyelinin kullanıldığını göstermektedir. En yüksek EC değerleri 100+ (538 µs/cm), 100(506 µs/cm) ve 50+ (501 µs/cm) uygulamalarında elde edilmiştir. Bu da mineral gübre ile mikrobiyal gübre sinerjisini doğrulamaktadır (Lucy vd. 2004; Chen, 2006).

4.2.3 Organik madde (OM), toplam azot (N), alınabilir fosfor (P), değişebilir potasyum (K) analizleri

Çizelge 4.7’ye göre mikrobiyal uygulamaların etkisine bağlı olarak toprakta yüzdece organik madde değerleri değerleri: 2.210-3.016, yüzdece toplam azot değerleri: 0.1300-0.1800, alınabilir fosfor değerleri: 29.38-69.67 mg kg⁻¹, değişebilir potasyum değerleri: 38.94-51.54 mg kg⁻¹ arasında ve mikrobiyal uygulaması yapılmayan toprakta yüzdece organik madde değerleri değerleri: 1.997-2.973, yüzdece toplam azot değerleri: 0.1200-0.1800, alınabilir fosfor değerleri: 17.37-66.66 mg kg⁻¹, değişebilir potasyum değerleri: 42.33-52.37 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.7. Uygulamaların organik madde, toplam N, alınabilir P ve değişebilir K üzerine etkileri

Uygulama	% OM	% N	Alınabilir P (mg kg ⁻¹)	Değişebilir K (mg kg ⁻¹)
0	2.123 c	0.1267 b	17.37 d	42.33
0+	2.517 abc ¹	0.1500 ab	35.63 c	46.18
50	1.997 c	0.1200 b	66.66 ab	42.33
50+	2.210 bc	0.1300 b	29.38 c	38.94
75	2.753 abc	0.1667 ab	66.16 ab	52.37
75+	2.213 bc	0.1333 ab	54.65 b	45.77
100	2.973 ab	0.1800 a	60.66 ab	51.24
100+	3.016 a	0.1800 a	69.67 a	51.54
ANOVA (LSD %5)	2.834* ²	2.923*	25.176*** ³	Ö.D. ⁴

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

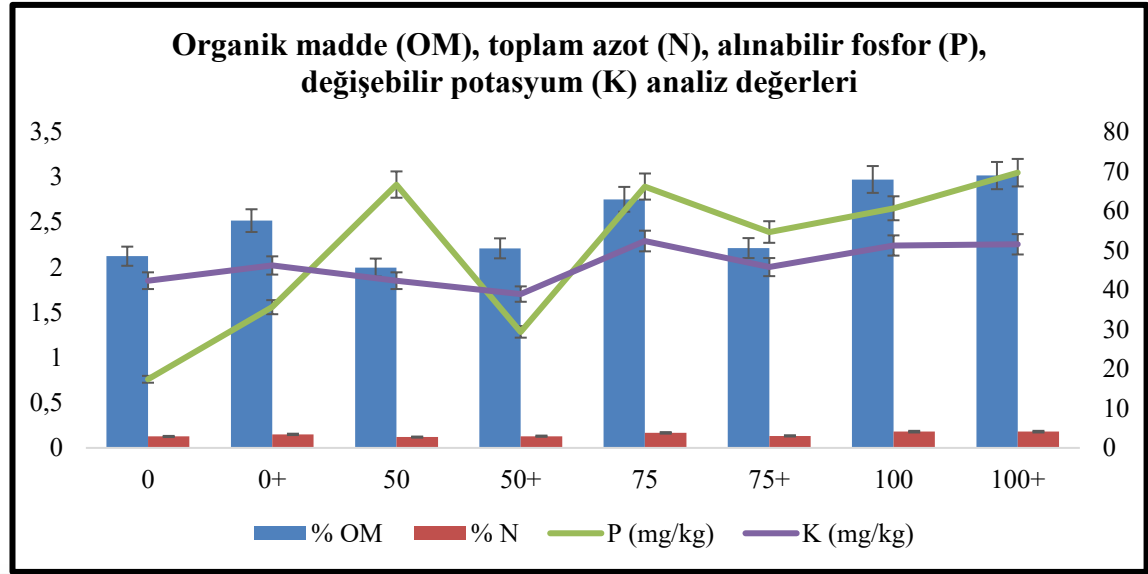
2 *, %5 düzeyinde önemlidir.

3 ***, %0.1 düzeyinde önemlidir.

4 Ö.D.: önemli değil.

Uygulamaların 7. ayda alınan toprak örneklerinde organik madde (OM), toplam azot (N), alınabilir fosfor (P) ve değişebilir potasyum (K) üzerine etkilerinin analiz sonuçlarına göre, uygulamaların organik madde üzerine etkisi istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Organik maddeye en olumlu etkinin 100+ (%3.016) uygulamasında ortaya çıktığı saptanmıştır. Benzer şekilde, uygulamaların yüzdece toplam azota olan etkisi ise istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Yüzdece azota en fazla etki eden uygulamalar 100+ (%0.1800) ve 100 (%0.1800) olmuştur. Bununla birlikte uygulamaların alınabilir fosfor düzeyine etkisi ise istatistiksel olarak ($P<0.001$) düzeyinde olumlu sonuçlanmıştır. En yüksek alınabilir fosfor düzeyi 100+ (69.67 mg kg⁻¹) uygulamasında gözlenmiştir.

Diğer yandan uygulamaların değişebilir potasyum düzeylerine istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi saptanmamıştır.



Şekil 4.7. Organik madde, toplam N, alınabilir P, değişebilir K analizleri

Şekil 4.7'ye göre toprağın organik madde içeriği, mikrobiyal ürün uygulamalarıyla istatistiksel olarak önemli ölçüde artmıştır. Mikrobiyal gübreler, bitkinin kök salgılarını uyararak mikrobiyal biyokütleyi artırmakta ve toprakta karbon birikimine katkı sağlamaktadır (Adesemoye, 2009; Hayat, 2010). Ayrıca, organomineral gübrelerin kullanımı hem mikrobiyal aktiviteyi hem de toprak organik maddesini iyileştirici etkiler göstermektedir (Chen, 2006). Mikrobiyal gübreler, özellikle azot fikse edici bakteriler (*Azotobacter*, *Azospirillum* gibi) sayesinde toprağın azot içeriğini artırabilir (Lucy, 2004). Ayrıca, organik maddede görülen artış, mineralizasyon yoluyla azotun bitkiler tarafından alınabilir formda bulunmasına katkı sağlar (Vessey, 2003). Bu etki, mikrobiyal gübrelerin organomineral ya da kimyasal gübrelerle birlikte kullanımı durumunda sinerjik şekilde artabilir (Chen, 2006). Mikrobiyal gübrelerin, özellikle fosfor çözen mikroorganizmaların (ör. *Pseudomonas*, *Bacillus spp.*), organik asitler ve enzimler (fosfatazlar) salgılayarak çözünmeyen fosfatları bitki tarafından alınabilir hale getirdiği bilinmektedir (Rodríguez ve Fraga, 1999). Bu nedenle fosforun alınabilirliği, mikrobiyal katkıların kullanıldığı uygulamalarda anlamlı şekilde artmaktadır. Ayrıca, mikrobiyal uygulamalarla kök gelişiminin artması da fosfor alımını teşvik eder (Khan, 2009). Toprakta potasyum çözünürlüğü, genellikle kil mineralleri ve toprak dokusuyla doğrudan ilişkilidir. Mikrobiyal uygulamaların potasyumu artırıcı etkisi, fosfor ve azota kıyasla daha sınırlı olabilir (Egamberdieva, 2017). Bununla birlikte, potasyum çözen bakterilerin de potansiyel katkıları literatürde tanımlanmıştır (Meena, 2016); ancak bu çalışmada uygulama düzeyleri veya toprak yapısı bu etkiyi ortaya koymamış olabilir. Bu sonuçlar, mikrobiyal gübrelerin özellikle yüksek dozda organomineral gübreyle (100+) uygulandığında toprak verimlilik parametreleri üzerinde önemli iyileştirici etkiler yaptığını göstermektedir. Organik madde, azot ve fosfor düzeylerindeki anlamlı artışlar, mikrobiyal ürünlerin bitki besin elementi döngüsüne doğrudan eklenmesinin önemini ortaya koymaktadır.

4.2.4. Değişebilir sodyum (Na), magnezyum (Mg), kalsiyum (Ca) analizleri

Çizelge 4.8'e göre mikrobiyal uygulamaların etkisine bağlı olarak toprakta değişebilir sodyum değerleri: 5.94-7.57 mg kg⁻¹, değişebilir magnezyum değerleri: 63.46-68.60 mg kg⁻¹, değişebilir kalsiyum değerleri: 633.80-711.23 mg kg⁻¹ ve mikrobiyal uygulaması yapılmayan toprakta değişebilir sodyum değerleri: 4.82-6.96 mg kg⁻¹, değişebilir magnezyum değerleri: 58.75-66.21 mg kg⁻¹, değişebilir kalsiyum değerleri: 627.37-699.67 mg kg⁻¹ arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.8. Uygulamaların değişebilir Na, Mg, Ca miktarları üzerine etkileri

Uygulama	Değişebilir Na (mg kg ⁻¹)	Değişebilir Mg (mg kg ⁻¹)	Değişebilir Ca (mg kg ⁻¹)
0	5.09	64.27	653.17
0+	5.94	65.18	648.63
50	4.82	58.75	627.37
50+	6.30	63.77	645.63
75	5.55	64.63	650.00
75+	7.57	63.46	633.80
100	6.96	66.21	699.67
100+	7.27	68.60	711.23
ANOVA (LSD %5)	Ö.D. ¹	Ö.D.	Ö.D.

¹ Ö.D.: önemli değil.

Uygulamaların toprak örneklerinde değişebilir sodyum, değişebilir magnezyum ve değişebilir kalsiyum üzerine etkileri istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur. Gözlenen küçük farklar mikrobiyal gübrelemenin etkili olabileceğini ima etse de bu farkların bilimsel olarak güvenilir olduğundan söz edilemez. Bu durum, toprak yapısının veya uygulama süresinin bu elementler üzerinde belirgin bir etki oluşturmadığını gösterebilir. Mikrobiyal gübrelerin özellikle makro ve mikro besin elementlerinin biyolojik yararlanımını artırma potansiyeli bilinse de (Vessey, 2003; Adesemoye, 2009), bu etkinin ortaya çıkması için toprak koşulları, uygulama süresi ve mikrobiyal tür gibi birçok faktör rol oynamaktadır. Bazı çalışmalarda, mikrobiyal gübrelerin kalsiyum ve magnezyum gibi katyonların çözünürlüğünü artırabileceği bildirilmiş olsa da (Bashan, 2014), bu çalışmadaki sonuçlar bu etkinin kısa sürede belirgin olmadığını ortaya koymaktadır.

4.3. Bitkide Pomolojik ve Fizyolojik Analizler

4.3.1. Meyve çapı, meyve uzunluğu, meyve sap uzunluğu analizleri

Çizelge 4.9'a göre mikrobiyal uygulamaların etkisine bağlı olarak meyve çapı değerleri: 45.21-50.15 mm, meyve uzunluğu değerleri: 15.56-19.37 cm, meyve sap uzunluğu değerleri: 5.86-6.75 cm arasında ve mikrobiyal uygulaması yapılmayan bitkilerde meyve çapı değerleri: 47.67-47.92 mm, meyve uzunluğu değerleri: 16.51-20.06 cm, meyve sap uzunluğu değerleri: 6.10-7.38 cm arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.9. Uygulamaların meyve çapı, meyve uzunluğu ve meyve sap uzunluğuna etkileri

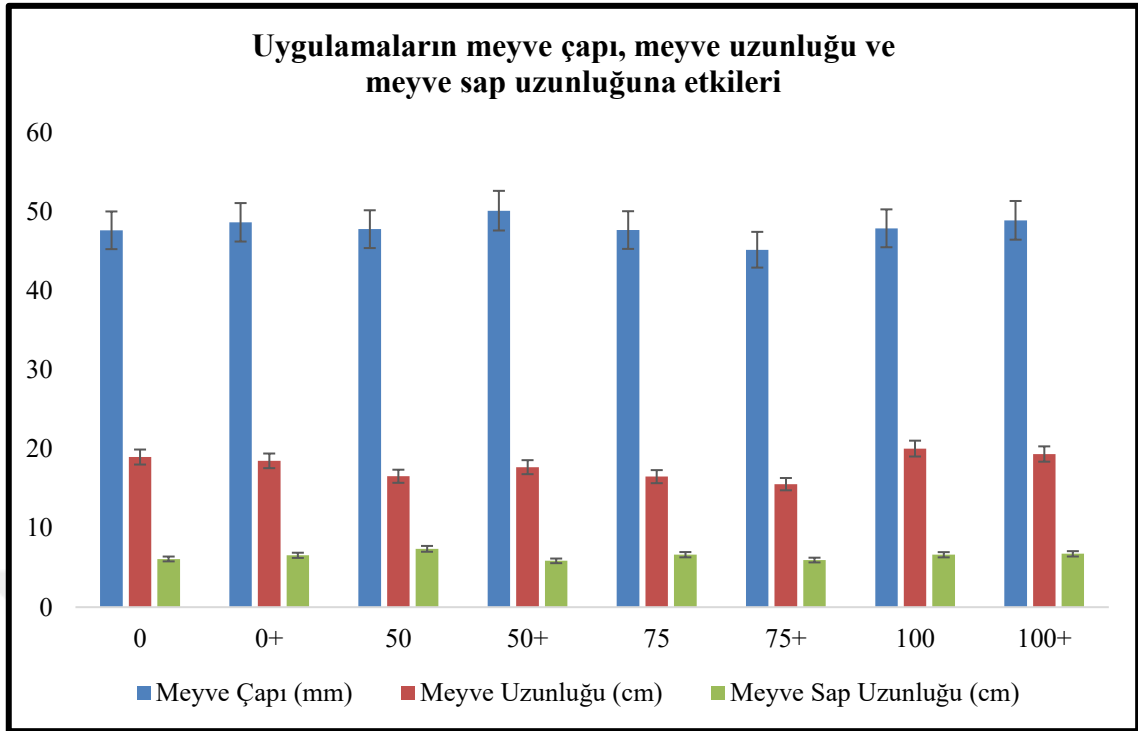
Uygulama	Meyve çapı (mm)	Meyve uzunluğu (cm)	Meyve sap uzunluğu (cm)
0	47.67	18.99 ab ¹	6.10 b
0+	48.68	18.51 abc	6.56 ab
50	47.81	16.56 bc	7.38 a
50+	50.15	17.71 abc	5.86 b
75	47.70	16.51 bc	6.64 ab
75+	45.21	15.56 c	5.96 b
100	47.92	20.06 a	6.63 ab
100+	48.93	19.37 ab	6.75 ab
ANOVA (LSD %5)	Ö.D. ³	2.752 ^{*2}	2.866 [*]

¹ Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

² *: %5 düzeyinde önemlidir.

³ Ö.D.: önemli değil.

Uygulamaların, dönem sonunda alınan meyve örneklerinde, meyve uzunluğu üzerine etkilerinin analiz sonuçlarına göre etkisi istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Meyve uzunluğuna en olumlu etkinin 100 (20.06 cm) uygulamasında ortaya çıktığı saptanmıştır. Benzer şekilde, uygulamaların meyve sap uzunluğuna olan etkisi de istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. Meyve sap uzunluğuna en fazla etki eden uygulama 50 (7.38 cm) olmuştur. Bununla birlikte uygulamaların meyve çapına etkisi ise istatistiksel olarak önemli bulunmamıştır.



Şekil 4.8. Meyve çapı, meyve uzunluğu, meyve sap uzunluğu değerleri

Şekil 4.8'e göre, mikrobiyal ürünlerin bitki gelişimi üzerindeki etkileri uygulama dozlarına bağlı olarak değişkenlik göstermektedir. Yüksek gübre dozları ile uygulanan mikrobiyal ürünlerin, özellikle meyve uzunluğu ve çapı gibi kalite parametrelerinde sinerjik etki oluşturduğu gözlemlenmiştir. Buna karşın, kimyasal gübre uygulamalarında azaltmaya gidildiğinde özellikle orta dozlarda (örnek 75, 75+) mikrobiyal uygulamalarla birlikte olumsuz etkileşimler meydana gelmiş ve bu kombinasyon üç kalite parametresinde de düşük sonuçlar vermiştir. Bu bulgu, mikrobiyal ürünlerin her doz seviyesinde pozitif etki göstermediğini ve gübre yönetimi ile planlanması gerektiğini ortaya koymaktadır. Bu sonuçlar, mikrobiyal ürünlerin etkisinin çevresel koşullar, uygulama zamanı ve gübreleme rejimi ile birlikte değerlendirilmesi gerektiğini savunan literatürle de örtüşmektedir (Vessey, 2003; Adesemoye ve Kloepper, 2009).

4.3.2. Bitki kuru ağırlığı ve meyvede suda çözünabilir kuru madde analizleri

Çizelge 4.10'a göre mikrobiyal uygulamaların etkisine bağlı olarak bitki kuru ağırlığı değerleri: 236.18-423.81 g, meyvede SÇKM değerleri: 3.90-4.23 arasında ve mikrobiyal uygulaması yapılmayan bitkilerde kuru ağırlık değerleri: 197.74-256.46 g, meyvede SÇKM değerleri: 3.73-4.50 arasında değişim göstermiştir.

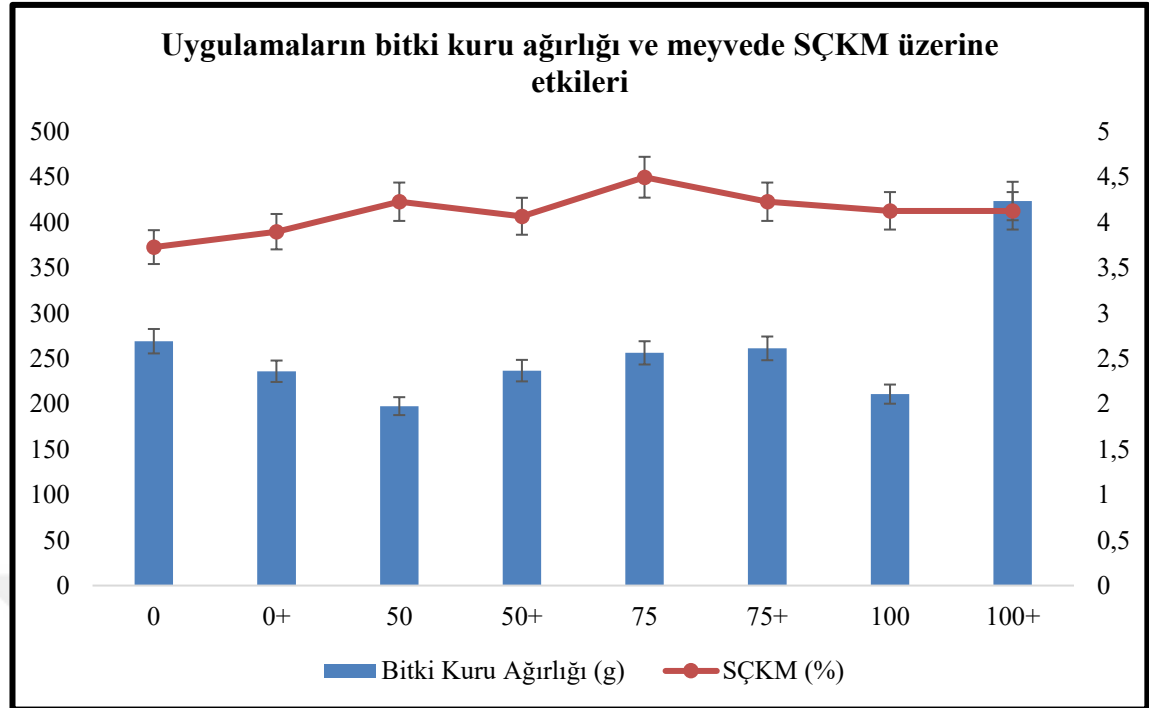
Çizelge 4.10. Uygulamaların bitki kuru ağırlığı ve meyvede SÇKM üzerine etkileri

Uygulama	Bitki kuru ağırlığı (g)	Meyvede SÇKM (%)
0	269.30 ab ¹	3.73 c
0+	236.18 ab	3.90 bc
50	197.74 b	4.23 ab
50+	236.88 ab	4.07 bc
75	256.46 ab	4.50 a
75+	261.41 ab	4.23 ab
100	210.98 ab	4.13 ab
100+	423.81 a	4.13 ab
ANOVA (LSD %5)	1.135 ²	3.976 [*]

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 *; %5 düzeyinde önemlidir.

Uygulamaların, dönem sonunda alınan bitki ve meyve örneklerinde, bitki kuru ağırlığı üzerine etkilerinin analiz sonuçlarına göre etkisi istatistiksel olarak önemli ($P<0.05$) olduğu belirlenmiştir. Bitki kuru ağırlığına en olumlu etkinin 100+ (423.81 g) uygulamasında ortaya çıktığı saptanmıştır. Benzer şekilde, uygulamaların meyvede SÇKM'ye olan etkisi de istatistiksel olarak $P<0.05$ düzeyinde önemli bulunmuştur. SÇKM'ye en fazla etki eden uygulama 75 (4.50) olmuştur.



Şekil 4.9. Bitki kuru ağırlığı ve meyvede SÇKM değerleri

Şekil 4.9'daki bulgulara mikrobiyal gübre uygulamalarının bitki gelişimi ve verim unsurları üzerindeki olumlu etkilerini açıkça ortaya koymaktadır. Özellikle 100+ uygulamasında gözlemlenen en yüksek bitki kuru ağırlığı değeri (423.81 g), mikrobiyal gübrelerin, kimyasal gübrelerde azaltmaya gidilmeksizin sinerjik etkileşim içinde çalışarak bitki biyokütlesini artırabileceğini göstermektedir. Bu etki, mikrobiyal gübrelerin kök bölgesinde (rizosferde) bitki gelişimini teşvik eden fitohormonlar üretmesi, besin elementlerinin bitki tarafından daha etkin alınmasını sağlaması ve bitkinin çevresel stres faktörlerine karşı direncini artırması gibi biyolojik mekanizmalarla açıklanabilir. Nitekim Bhattacharyya ve Jha (2012) ile Singh ve arkadaşlarının (2011) çalışmaları da bu yönde elde edilen bulguları desteklemektedir.

Mikrobiyal uygulamaların meyve kalitesi üzerine etkileri, özellikle suda çözünebilir kuru madde (SÇKM) parametresinde, daha düzensiz bir seyir izlemektedir. En yüksek SÇKM değeri mikrobiyal uygulama yapılmayan 75 doz uygulamasında (4.50) elde edilmiş olsa da mikrobiyal gübre uygulamaları genel anlamda kalite üzerinde homojen bir artış eğilimi göstermemiştir. Bu durum, kalite parametrelerinin yalnızca mikrobiyal uygulamalara değil, aynı zamanda çevresel koşullara, toprak yapısına, bitki besin dengelerine ve uygulama zamanlamasına bağlı olarak farklılaşabileceğini ortaya koymaktadır. Lugtenberg ve Kamilova (2009)'nın da belirttiği üzere, mikrobiyal gübrelerin bitki üzerinde yarattığı etki türü, çevresel faktörlerin doğrudan yönlendirmesi altındadır. Dolayısıyla, meyve kalitesine dair değişken sonuçlar bu etkileşimlerin bir yansıması olarak değerlendirilmelidir.

Ayrıca Malusá ve Vassilev (2014), mikrobiyal ürünlerin tarımsal verim artışında doğrudan rol oynarken, kalite parametreleri üzerinde daha hassas ve çevreye duyarlı etkileşimlere neden olabileceğini vurgulamıştır. Bu bağlamda, mikrobiyal

uygulamaların verimi artırıcı etkileri açık ve güçlü olmasına rağmen, meyve kalitesi üzerinde daha dikkatli ve kontrollü değerlendirmelere ihtiyaç duyulmaktadır.

Sonuç olarak, çalışma bulguları mikrobiyal gübrelerin özellikle bitki kuru ağırlığı gibi verim unsurları üzerinde belirgin ve istatistiksel olarak anlamlı etkiler yarattığını göstermekte; ancak kalite parametreleri açısından daha özenli doz ve çevresel fizibilite analizlerinin yapılmasının gerekliliğine işaret etmektedir. Bu durum, mikrobiyal uygulamaların modern tarım sistemlerinde verim ve kalite arasındaki dengeyi optimize etmek amacıyla stratejik olarak ele alınması gerektiğini ortaya koymaktadır.

4.3.3. Yaprakta toplam klorofil, meyve sapında toplam klorofil, meyvede renk tayini analizleri

Çizelge 4.11'e göre mikrobiyal uygulamaların etkisine bağlı olarak yaprakta toplam klorofil değerleri: 47-26-53.30, meyve sapından toplam klorofil değerleri: 40.68-50.92, meyvede renk doygunluğu-kroma (MR-C*) değerleri: 5.04-6.48, meyvede renk tonu açısı (MR- h°) değerleri: 41.73-51.06, meyve renk parlaklık (MR-L*) değerleri: 25.22-26.32 arasında ve mikrobiyal uygulaması yapılmayan bitkilerde yaprakta toplam klorofil değerleri: 47.79-52.82, meyve sapından toplam klorofil değerleri: 39.26-53.91, meyvede renk doygunluğu-kroma (MR-C*) değerleri: 4.57-6.67, meyvede renk tonu açısı (MR- h°) değerleri: 49.37-51.06, meyve renk parlaklık (MR-L*) değerleri: 25.36-26.25 arasında değişim göstermiştir.

Çizelge 4.11. Uygulamaların yaprakta toplam klorofil (YTK), meyve sapında toplam klorofil (MSTK) ve meyvede renk (MR-C*, MR-h°, MR-L*) üzerine etkileri

Uygulama	YTK	MSTK	MR-C*	MR-h°	MR-L*
0	47.79 b	39.97 c	6.67	50.40	25.96
0+	49.55 ab ¹	41.56 c	5.04	49.08	25.22
50	52.82 a	39.26 c	5.98	54.75	26.25
50+	53.30 a	40.68 c	6.28	44.31	25.88
75	48.37 b	40.59 c	5.11	49.37	25.36
75+	50.74 ab	47.44 b	6.48	41.73	26.03
100	49.69 ab	53.91 a	4.57	55.78	25.66
100+	47.26 b	50.92 ab	6.15	51.06	26.32
ANOVA (LSD %5)	2.874 ²	8.889 ^{***3}	Ö.D. ⁴	Ö.D.	Ö.D.

¹ Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

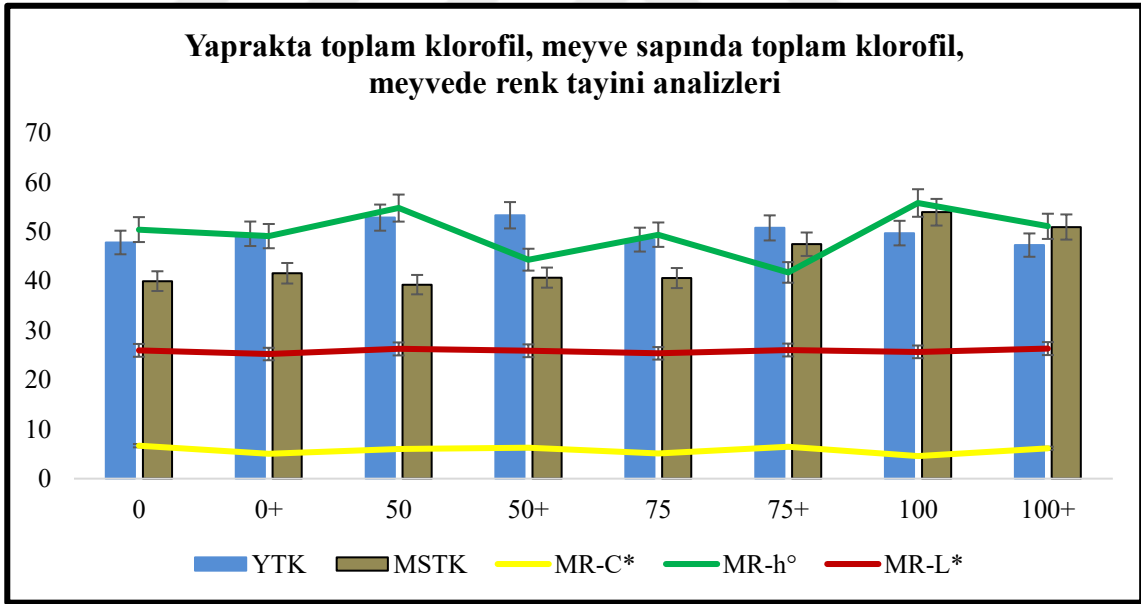
² *, %5 düzeyinde önemlidir.

³ ***, %0.1 düzeyinde önemlidir.

⁴ Ö.D.: önemli değil.

Çizelge 4.11’de de görüleceği üzere, yapılan uygulamaların yaprakta toplam klorofil (YTK) ve meyve sapında toplam klorofil (MSTK) üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkileri olduğu belirlenmiştir. Özellikle, 50 (52.82) ve 50+ (53.30) uygulamaları yaprakta en yüksek klorofil birikimini sağlamıştır, bu da orta düzey gübreleme ile mikrobiyal katkının birlikte yaprak fizyolojisine olumlu katkı sağladığını göstermektedir ($P<0.05$). Bu bulgu, yaprak klorofili üzerine organik veya biyolojik desteklerin olumlu etkisini ortaya koyan çalışmaları desteklemektedir (Çimrin vd. 2010; Adesemoye ve Kloepper, 2009). Meyve sapında klorofil birikimi açısından ise en yüksek değer 100 (53.91) uygulamasında elde edilmiş olup, bu fark %0,1 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur. Mikrobiyal destekli 100+ ve 75+ uygulamaları da yüksek MSTK değerleri göstermiştir. Bu durum, yüksek doz gübrelemenin klorofil metabolizması üzerinde güçlü etkiler yarattığını, mikrobiyal katkının ise bu etkiyi stabilize etme potansiyelinin olduğunu göstermektedir (Lucy vd. 2004; Vessey, 2003).

Renk parametreleri olan C* (renk doygunluğu), h° (ton açısı) ve L* (parlaklık) üzerine uygulamaların anlamlı etkisi bulunmamıştır. Ancak sayısal değerlere göre, özellikle 100 (55.78) uygulamasında h° açısı değerinin en yüksek değerde olduğu gözlenmiştir. Bu bağlamda, yüksek doz gübrelemenin renk pigmentlerinin sentezlenmesini etkileyerek ton farklılıkları oluşturabileceği bazı çalışmalarda da vurgulanmıştır (Krumbein vd. 2004).



Şekil 4.10. Yaprakta klorofil, meyve sapında klorofil, meyvede renk analizleri

Şekil 4.10'a göre mikrobiyal uygulamaların bitkisel fizyoloji ve meyve kalite parametreleri üzerindeki etkilerine dair birtakım bulgular öne çıkmıştır. Yaprak ve meyve sapında klorofil birikimi ile meyve renk özellikleri birlikte değerlendirildiğinde, mikrobiyal gübrelemenin bitki metabolizması üzerindeki etkisinin, klasik gübreleme uygulamalarıyla kıyaslandığında daha bütüncül ve dengeleyici bir rol üstlendiği görülmektedir. Özellikle yaprakta ve meyve sapında artan klorofil düzeyleri, mikrobiyal desteklerin yalnızca besin elementlerinin alımını kolaylaştırmakla kalmayıp, aynı zamanda fotosentetik kapasiteyi artırarak bitkinin fizyolojik performansını optimize ettiğini göstermektedir. Bu durum, bitkisel üretimde sürdürülebilirliğin ön koşulu olan verim ve kalite arasındaki dengeyi kurma çabalarına güçlü bir dayanak oluşturmaktadır.

Renk parametrelerinde istatistiksel farklılıklar gözlenmemekle birlikte, belirli uygulamalarda elde edilen sayısal artışlar, özellikle pigment sentezi gibi karmaşık fizyolojik süreçlerin gübre dozuna ve mikrobiyal etkileşimlere duyarlılığını ortaya koymaktadır. Yaprak ve meyve sapında elde edilen yüksek klorofil değerlerinin, meyve kalite özelliklerine dolaylı bir etki potansiyeline sahip olduğu dikkate alındığında, mikrobiyal uygulamaların bitkinin tüm organlarında fizyolojik iyileşmeler sağladığı ifade edilebilir. Nitekim, bu tür uygulamalarla elde edilen yaprak klorofili artışı hem daha etkin fotosentez hem de daha yüksek biyokütle üretimi için elverişli bir zemin hazırlamakta; bu da uzun vadede verim artışının yanı sıra kalite parametrelerinde de istikrar sağlayabilen bir üretim yapısını desteklemektedir.

Sonuç olarak, mikrobiyal gübreleme, bitkisel üretimde yalnızca bir verim artırma aracı değil; aynı zamanda bitkinin fizyolojik denge ve dayanıklılığını destekleyen, kaliteyi doğrudan ve dolaylı yoldan etkileyebilen çok boyutlu bir yönetim stratejisi olarak değerlendirilmektedir. Elde edilen bulgular, mikrobiyal uygulamaların geleneksel gübreleme yöntemleriyle entegre edildiğinde, bitki sağlığı ve ürün kalitesine yönelik kapsamlı iyileşmeler sağlayabileceğini ve bu sayede sürdürülebilir tarımın temel bileşenlerinden biri olabileceğini güçlü biçimde ortaya koymaktadır.

4.3.4. Bitkide fosfor etkinlik düzeyi ve toplam verim analizleri

Çizelge 4.12'ye göre mikrobiyal uygulamaların etkisine bağlı olarak bitkilerde fosfor etkinlik düzeyleri: 86.82-172.55, toplam verim: 6484-8850 kg/da arasında ve mikrobiyal uygulaması yapılmayan bitkilerde fosfor etkinlik düzeyleri: 77.16-108.08, toplam verim: 4533.3-9383.3 kg/da arasında değişim göstermiştir. Duncan çoklu karşılaştırma testine göre, 100+ uygulaması %172.55 değeriyle en yüksek fosfor etkinlik düzeyini sağlamış ve bu fark %5 düzeyinde istatistiksel olarak anlamlı bulunmuştur ($P<0.05$). Aynı uygulama, verim bakımından da ikinci sırada yer alarak 8850.0 kg/da değeriyle öne çıkmıştır. En yüksek verim ise 100 uygulamasında 9383.3 kg/da ile elde edilmiştir.

Çizelge 4.12. Uygulamaların bitkide fosfor etkinliğine ve toplam verime etkisi

Uygulama	Fosfor etkinlik düzeyi (%)	Toplam verim (kg/da)
0	100.00 d ¹	4533.3 c
0+	86.82 f	6675.0 bc
50	77.16 h	6483.3 bc
50+	94.59 e	6484.0 bc
75	108.08 c	7750.0 ab
75+	110.62 b	6583.3 bc
100	83.04 g	9383.3 a
100+	172.55 a	8850.0 ab
ANOVA (LSD %5)	39195.251 ^{***2}	3.335 ^{*3}

1 Aynı harfle gösterilmeyen değerler arasındaki fark %5 düzeyinde önemlidir.

2 *, %5 düzeyinde önemlidir.

3 ***, %0.1 düzeyinde önemlidir.

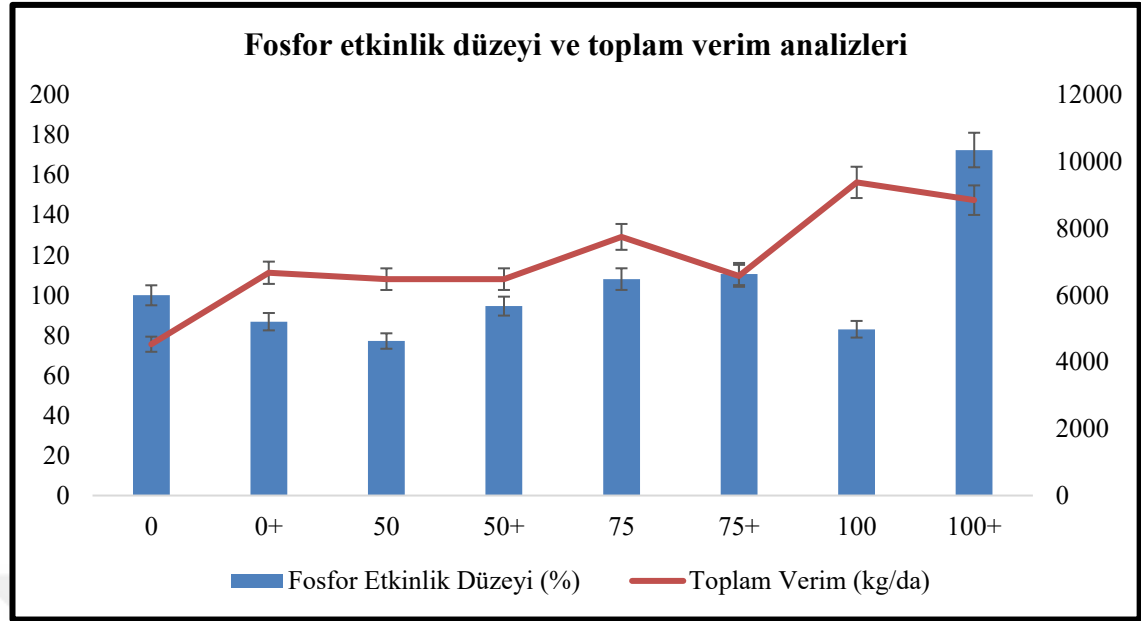
Çalışma sonuçları, mikrobiyal gübre uygulamalarının hem fosfor kullanım etkinliğini hem de toplam verim üzerinde anlamlı etkiler oluşturduğunu ortaya koymaktadır. Özellikle 100+ uygulamasında elde edilen en yüksek fosfor etkinlik düzeyi (%172.55) ve bu değer istatistiksel olarak anlamlı bulunması ($P<0.05$), mikrobiyal gübrelerin fosfor çözünürlüğünü ve bitki tarafından kullanılabilirliğini artırmadaki potansiyelini vurgulamaktadır. Fosfor çözücü mikroorganizmalar aracılığıyla sağlanan bu artış, bitkinin büyüme evrelerinde ihtiyaç duyduğu fosfora daha hızlı ve verimli bir şekilde ulaşmasına imkân tanımaktadır. Bu bulgu, Adnan vd. (2017) ile Rathore vd. (2020) tarafından raporlanan fosfor mobilizasyonuna dair literatürle de örtüşmektedir.

Toplam verim açısından ise en yüksek değerin (9383.3 kg/da) 100 uygulamasında elde edilmesi, 100+ uygulamasının da ikinci en yüksek verimi sağlaması, mikrobiyal gübrelerin kimyasal gübrelerle birlikte kullanımında üretim açısından güçlü bir sinerji ortaya çıkarabileceğine işaret etmektedir.

Torun (2015) tarafından yürütölen bir çalışmada, literatürde yaygın olarak bildirilen mikrobiyal uygulamaların tek başına verim artırıcı etkilerinin aksine, yüksek dozda ve tek başına uygulanan fosforlu gübrelemenin domates bitkisinde daha olumlu sonuçlar verdiği belirlenmiştir. Elde edilen bulgulara göre, fosforlu gübreleme, ortalama meyve sayısı, toplam verim ve bitki kuru madde miktarını, tek başına mikrobiyal uygulamalardan daha fazla artırmıştır. Bu durumun, denemenin yürütöldüğü toprağın düşük organik madde içeriğı ve sınırlı alınabilir fosfor düzeyinden kaynaklandığı düşünülmektedir. Topraktaki bu yetersizliklerin, mikrobiyal ürünlerin bitki gelişimi üzerindeki potansiyel olumlu etkilerinin tam olarak ortaya çıkmasını engellediğı ifade edilmektedir. Bu çalışmayla benzer şekilde izelge 4.12'deki verilere bakıldığında, tek başına mikrobiyal gübre uygulamaları ya da azaltılmış fosforlu gübre uygulamalarında bitkiler verim potansiyelini ortaya ıkartamamış; tek başına yüksek doz fosforlu gübreleme ve buna ilave olarak mikrobiyal uygulaması yapılıncaya en yüksek verim değeri sağlanmıştır.

Yarşı ve Rad (2004) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, Faselis F1 patlıcan eşidi Vigomax F1 anacı üzerine aşılanmış ve bu uygulamanın verim üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. Araştırma bulgularına göre, aşısız kontrol Faselis F1 patlıcan çeşidinden elde edilen verim 3350 kg/da olurken; aşıllı Faselis F1 patlıcan çeşidinden elde edilen verim yaklaşık 5930 kg/da olarak kaydedilmiştir. Faselis F1 patlıcan çeşidinin aşılınmasıyla elde edilen verim artışı dikkat çekici olmakla birlikte, bu çalışmada kullanılan aynı çeşit üzerinde gerçekleştirilen mikrobiyal gübreleme uygulamaları sonucunda daha yüksek verim değeri ulaşılmış olması, biyolojik girdi çeşitliliğinin tarımsal üretime katkısını açıkça ortaya koymaktadır. Söz konusu çalışmada aşıllı Faselis F1 çeşidinden 5930 kg/da verim elde edilirken, bu araştırmada aynı çeşit üzerinde kimyasal gübre dozunda azaltmaya gitmeden ilave olarak yapılan mikrobiyal gübre uygulamalarıyla daha yüksek verim (100+: 8850 kg/da) değeri ulaşılmış, mikrobiyal gübrelemenin yalnızca alternatif değil, aynı zamanda güçlü bir tamamlayıcı çözüm olarak değerlendirilebileceğini göstermektedir.

Bu durum, mikrobiyal gübrelerin kök bölgesinde biyolojik aktiviteyi artırarak besin elementi kullanılabilirliğini yükseltmesi, stres koşullarına karşı bitkinin fizyolojik sistemlerini düzenlemesi ve büyümeyi teşvik eden metabolitlerin üretimini desteklemesi gibi mekanizmalarla açıklanabilir. Dolayısıyla, aynı genetik materyal üzerinde uygulanan iki farklı yetiştiricilik yönteminin karşılaştırılmal sonuçları, mikrobiyal gübrelerin modern tarımda etkinliğini ortaya koymakla kalmayıp, bu ürünlerin ileriye dönük tarımsal yönetim stratejilerinde daha geniş bir yer edinmesi gerektiğini de açıkça göstermektedir. Şekil 4.11'de de göröleceğı üzere bu bulgular, mikrobiyal ürünlerin fosfor kullanım verimliliğini artırabileceğini ve fosforun bitki tarafından daha etkili şekilde kullanılmasını sağlayarak tarımsal üretimi destekleyebileceğini göstermektedir (Adnan vd. 2017; Rathore vd. 2020).



Şekil 4.11. Fosfor etkinlik düzeyi ve toplam verim analizleri

Fosfor çözücü bakteriler üzerine yapılan bir çalışmada, fosfor alımındaki iyileşmenin bitki biyokütlesini veya verimi her zaman artırmadığını; çevresel ya da toprak koşullarının bu sonucu değiştirdiğini göstermiştir. Bu bulgular, en yüksek fosfor etkinlik düzeyinin 100+ uygulamasında görülmesine rağmen; en yüksek verimin 100 uygulamasından alınmasını açıklayabilir. Fosfor çözücü bakterilerin fosfor erişilebilirliğini artırdığı koşullarda dahi verimi sınırlayan başka faktörler var ise verim artışı olmayabilir (De Zutter vd. 2022). Bununla birlikte mikrobiyal gübreleme, bitkisel üretimde fosfor kullanım etkinliğini artıran çevreyle uyumlu ve sürdürülebilir bir tarımsal uygulama olarak dikkat çekmektedir. Özellikle fosfor çözücü mikroorganizmalar, toprakta doğal olarak bulunan ancak bitkiler tarafından doğrudan alınamayan fosfor bileşiklerini çözünür hale getirerek bitki beslenmesini iyileştirmektedir. Bu biyolojik süreçler sonucunda bitkiler ihtiyaç duydukları fosfora daha kolay erişim sağlarken, büyüme ve verim gibi temel üretim parametreleri olumlu yönde etkilenmektedir. Mikrobiyal kökenli gübrelerin kullanımı, kimyasal gübrelere kıyasla toprak ekosistemine daha az zarar vermekte ve doğal dengeyi koruyucu etki göstermektedir. Bu yönüyle, mikrobiyal gübreleme teknikleri yalnızca verim artışı sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda toprak sağlığının uzun vadede korunmasına katkıda bulunarak sürdürülebilir tarım yaklaşımlarına önemli destek sunmaktadır (Sharma vd. 2013; Singh vd. 2011).

4.3.5. Toprak kimyasal özellikleri ile bitki gelişim parametreleri arasındaki ilişkiler

Pearson korelasyon analizine göre toprak kimyasal özellikleri ile bitki gelişim parametreleri arasındaki önemli ilişkiler Çizelge 4.13'te görülmektedir.

Çizelge 4.13. Analiz yapılan parametreler arasındaki önemli korelasyonlar

Parametre 1	Parametre 2	<i>r</i>	<i>P</i>
Organik madde (OM)	Toplam azot (Toplam N)	0.996	<0.001
Organik madde (OM)	Değişebilir magnezyum (Mg)	0.604	<0.01
Organik madde (OM)	Değişebilir kalsiyum (Ca)	0.602	<0.01
Toplam azot (Toplam N)	Değişebilir magnezyum (Mg)	0.580	<0.01
Toplam Azot (Toplam N)	Değişebilir kalsiyum (Ca)	0.587	<0.01
Alınabilir fosfor (P)	Değişebilir potasyum (K)	0.549	0.005
Yaprakta toplam klorofil	Bitkide fosfor (P) etkinlik düzeyi	-0.509	0.011
Yaprakta toplam klorofil	Toplam verim	-0.413	0.045
Yaprakta toplam klorofil	pH	-0.427	0.037
Meyve sapında toplam klorofil	Organik madde (OM)	0.568	0.004
Meyve sapında toplam klorofil	Toplam azot (Toplam N)	0.565	0.004
Meyve sapında toplam klorofil	Değişebilir kalsiyum (Ca)	0.494	0.014
Meyve sapında toplam klorofil	Toplam verim	0.526	0.008
Meyve renk C*	Meyve renk h°	-0.626	0.001
Meyve renk C*	Meyve renk L*	0.649	0.001
Meyve renk h°	Meyve renk L*	0.001	0.995
Meyvede SÇKM	Alınabilir fosfor (P)	0.568	0.004

Toprak özellikleri arasında organik madde (OM) ile toplam azot (Toplam N) arasında çok yüksek ve pozitif bir ilişki ($r=0.996$, $P<0.001$) bulunmaktadır. Organik madde arttıkça toplam azot miktarı da artmaktadır, bu durum toprak verimliliği açısından önemli bir göstergedir. Benzer şekilde, organik madde ile değişebilir magnezyum (Mg) ve kalsiyum (Ca) arasında orta düzeyde pozitif korelasyonlar ($r=0.60$, $P<0.01$) saptanmıştır. Toplam azotun da değişebilir Mg ve Ca ile pozitif ve anlamlı ilişkileri ($r=0.58$, $P<0.01$) bulunmuştur; bu, toprak besin elementlerinin birlikte artış gösterdiğini ve dengeli bir besin döngüsünün varlığını işaret eder.

Topraktaki alınabilir fosfor (P) ile değişebilir potasyum (K) arasında da pozitif ve anlamlı bir ilişki ($r=0.549$, $P=0.005$) gözlenmiştir; bu iki makro besin elementi birbirini destekleyen bir etkileşim içindedir.

Bitkide yapraktaki toplam klorofil seviyesi ile fosfor (P) etkinlik düzeyi, toplam verim ve toprak pH arasında negatif korelasyonlar gözlenmiştir (sırasıyla $r= -0.509$, -0.413 , -0.427 , $P<0.05$). Klorofil içeriği ile verim arasındaki negatif korelasyon, klorofil artışının, generatif organlara yönlenecek kaynakları sınırlayabildiğini düşündürür. Vejetatif büyümenin aşırı teşviki, karbonhidrat ve besin akışının meyve/tane oluşumundan sapmasına, ayrıca yoğun yapraklanmaya bağlı gölgeleme ve fotosentetik etkinlikte azalmaya yol açabilir. Bitkilerde azot elementinin dinamikleri, fotosentez kapasitesi ve bitkinin vejetatif süreci üzerindeki belirleyici rolü uzun süredir vurgulanmaktadır (Taiz vd. 2015). Özellikle yüksek azotlu gübreleme bazı sistemlerde verim artışı elde etmek yerine sınırlayıcı başka faktörleri ön plana çıkarabilir; dolayısıyla yüksek klorofil her zaman yüksek verimle sonuçlanmaz (Sinclair ve Rufty, 2012). Bu nedenle klorofil düzeyi, verim tahmininde tek başına yeterli olmayıp dengeli azot yönetimi gerektirir.

Meyve sapındaki toplam klorofil seviyesi ise toprak organik madde ($r=0.568$, $P=0.004$), toplam azot ($r=0.565$, $P=0.004$), değişebilir kalsiyum ($r=0.494$, $P=0.014$) ve toplam verim ($r=0.526$, $P=0.008$) ile pozitif ve anlamlı ilişkiler içindedir. Bu, meyve klorofil içeriğinin bitki besin durumu ve verimle yakın ilişkili olduğunu ortaya koymaktadır.

Meyve renk parametreleri arasında ise renk C* (kroma-doygunluk) bileşeni ile h° (renk açısı) bileşeni arasında güçlü negatif ($r= -0.626$, $P=0.001$), C* ile L* (parlaklık) bileşeni arasında ise güçlü pozitif ilişki ($r=0.649$, $p=0.001$) bulunmuştur. Meyve renk bileşenleri arasında karmaşık ama anlamlı ilişkiler mevcuttur. Buna karşılık, h° ile L* arasında anlamlı bir ilişki yoktur ($r=0.001$, $P=0.995$).

Son olarak, meyvede SÇKM, alınabilir fosfor ile pozitif korelasyon göstermiştir ($r=0.568$, $P=0.004$), bu da fosforun meyve aroması üzerinde olumlu bir etkisi olabileceğini düşündürmektedir.

5. SONUÇLAR

Bu çalışmada serada kireçli toprak koşullarında yapılan tek sezon patlıcan (*Solanum melongena* L.) yetiştiriciliğinde, azaltılmış fosfor gübrelemesi ile uygulanan *Bacillus megaterium*, *Pantoea agglomerans* ve *Pseudomonas fluorescens* bakterilerini içeren toz formdaki ticari mikrobiyal gübrenin, toprak biyolojik, toprak kimyasal, bitki pomolojik ve bitki fizyolojik özelliklerine tekil ve çoğul etkisi istatistiksel olarak değerlendirilmiştir.

Çalışmada bitkinin gelişim dönemi boyunca, hedeflenen bitki verimi için topraktan kaldıracağı fosforun %70'i fertigasyon ile, kalan %30'u ise organomineral taban gübrelemesi ile sağlanmıştır. Bu bağlamda, organomineral fosfor gübrelemesinin toprağa uygulanması esnasında %0-%25-%50-%100 şeklinde azaltmaya gidilmiştir. Çalışmada, azaltılmış gübreleme ile yapılan mikrobiyal gübrelemenin etkilerini izleyebilmek için farklı dönemlerde (fide dikimi öncesi, fide dikimini takiben 1.ay, 3.ay, 7.ay ve hasat sonu dönem) toprak örnekleri alınmıştır. Çalışma kapsamında bahsi geçen dönemlerde alınan toprak örneklerinde fiziksel (tekstür), kimyasal (pH, EC, kireç, organik madde, toplam azot, alınabilir fosfor ve değişebilir potasyum, kalsiyum, magnezyum, sodyum) ve biyolojik (üreaz, alkali fosfataz, β -glukosidaz, toplam bakteri sayısı) analizler yapılmıştır. Öte yandan, deneme kapsamında 7.ay örnekleme döneminde elde edilen bitki ve meyve örneklerinde pomolojik (meyve çapı, meyve uzunluğu, meyve sap uzunluğu) ve fizyolojik özellikler (meyvede suda çözünür kuru madde, yaprakta toplam klorofil miktarı, meyve sapında toplam klorofil miktarı, meyvede renk tayini) belirlenmiştir. Ayrıca, deneme sonunda uygulamaların bitki üzerindeki fosfor etkinlik düzeyleri ve toplam verimleri de belirlenmiştir.

İstatistiksel analiz sonuçları referans alınarak elde edilen bulgulara göre uygulanan gübrelerin toprak biyolojik özellikleri üzerine etkileri incelendiğinde; üreaz 100+ uygulamasından, alkali fosfataz 100+, 0+, 100 uygulamalarından, β -glukosidaz 0+ uygulamasından, toplam bakteri sayısı 100+ uygulamasından olumlu etkilenmiştir. Uygulamaların toprak kimyasal özelliklerine etkileri incelendiğinde; pH 0+ ve 75 uygulamasından, EC 50+, 100, 100+ uygulamalarından, toplam organik madde 100+ uygulamasından, toplam azot 100 ve 100+ uygulamasından, alınabilir fosfor 100+ uygulamasından olumlu etkilenmiştir. Bitki gelişim parametreleri üzerine uygulamaların etkileri incelendiğinde ise; meyve uzunluğu 100 uygulamasından, meyve sap uzunluğu 50 uygulamasından, bitki kuru ağırlığı 100+ uygulamasından, SÇKM 75 uygulamasından, yaprakta toplam klorofil 50 ve 50+ uygulamalarından, meyve sapında toplam klorofil 100 uygulamasından, fosfor etkinlik düzeyi 100+ uygulamasından ve toplam verim 100 uygulamasından olumlu etkilenmiştir.

Bu çalışma, kireçli toprak koşullarında yürütülen patlıcan yetiştiriciliğinde, mikrobiyal gübrelerin toprak sağlığı, bitki gelişimi ve verim üzerine olan etkilerini kapsamlı biçimde ortaya koymuştur. *Bacillus megaterium*, *Pantoea agglomerans* ve *Pseudomonas fluorescens* türlerini içeren toz formdaki ticari mikrobiyal gübre, özellikle fosfor gübrelemesinde herhangi bir azaltma olmaksızın uygulandığında, toprak biyolojik aktivitesinde dikkate değer artışlara yol açmıştır.

Üreaz, alkali fosfataz ve β -glikosidaz enzim aktivitelerinde ve toplam bakteri sayısında anlamlı düzeyde yükselmeler gözlemlenmiş; buna paralel olarak toprak EC'si, organik madde içeriği, toplam azot ve alınabilir fosfor düzeylerinde belirgin artışlar elde edilmiştir.

Pomolojik ve fizyolojik parametreler açısından değerlendirildiğinde, mikrobiyal gübrelere desteklenen azaltılmış fosfor uygulamalarının da bazı özellikler üzerinde pozitif etkiler sağladığı görülmüştür. Meyve uzunluğu, sap uzunluğu, bitki kuru ağırlığı, meyvede SÇKM ve yaprak-sap klorofil içerikleri gibi parametreler, mikrobiyal uygulamaların bitki performansını artırıcı etkisini yansıtmaktadır.

En dikkat çekici bulgu ise, fosfor gübrelemesinde azaltmaya gitmeden birlikte uygulanan mikrobiyal gübrenin, fosfor etkinlik düzeyi ve toplam verime beraber bakıldığında en yüksek değerleri sağlamış olmasıdır. Bu çalışmayla fosfor çözücü mikrobiyal gübrelere, sanılan aksine kimyasal fosfor gübrelemesinden olumsuz etkilenmediği, aksine birlikte uygulandıklarında verimi artırdığı görülmektedir. Bu çalışma, bu iki uygulamanın sinerjik bir etki yaratarak fosforun bitkiler tarafından daha etkin kullanılmasını sağladığını göstermektedir. Mikrobiyal faaliyetler, toprakta sabitlenerek bitkiler tarafından alımı kısıtlanan fosforun çözünmesini sağlayarak, kimyasal gübrelere etkinliğini belirgin şekilde artırmaktadır. Bu tamamlayıcı etkileşim, yalnızca fosforun biyoyararlılığını artırmakla kalmamakta, aynı zamanda toplam besin kullanım etkinliğini de yükseltmektedir. Bu nedenle, fosfor yönetiminde mikrobiyal ve kimyasal gübrelere birlikte, tamamlayıcı şekilde kullanılması akılcı ve sürdürülebilir bir strateji olarak öne çıkmaktadır.

Sonuç olarak, mikrobiyal gübrelere yalnızca gübreleme etkinliğini artıran değil, aynı zamanda toprak sağlığını güçlendiren ve kalite unsurlarını etkileyen çok yönlü etkileri olduğu ortaya konmuştur. Gelecek çalışmalarda farklı toprak ve iklim koşullarında, uzun dönemli izleme çalışmalarıyla farklı mikrobiyal tür ve doz düzeylerinin optimize edilmesi; ayrıca bu uygulamaların ekonomik fizibilitesinin değerlendirilmesi büyük önem taşımaktadır. Bu doğrultuda, mikrobiyal gübrelere sürdürülebilir tarım sistemleri içerisinde yerini sağlamlaştıracak daha kapsamlı saha araştırmalarına ihtiyaç duyulmaktadır.

6. KAYNAKLAR

- Abada, K. A. M., Attia, A. M. F., & El-Fiki, I. A. M. (2018). Bacterial bioagents and compost as two tools for management of eggplant Fusarium wilt. *Front Environ Microbiol*, 4(1), 1-10.
- Adesemoye, A. O., & Kloepper, J. W. 2009. Plant-microbes interactions in enhanced fertilizer-use efficiency. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 85(1), 1-12.
- Adesemoye, A. O., Torbert, H. A., & Kloepper, J. W. 2009. Plant growth-promoting rhizobacteria allow reduced application rates of chemical fertilizers. *Microbial Ecology*, 58(4), 921-929.
- Adnan, M., Fahad, S., Zamin, M., Shah, S., Mian, I. A., Danish, S. and Saud, S. 2017. Coupling phosphate-solubilizing bacteria with phosphorus supplements improves wheat yield and phosphorus uptake. *AMB Express*, 7(1), p 44.
- Altinok, H. H., Dikilitas, M. and Yildiz, H. N. 2013. Potential of Pseudomonas and Bacillus isolates as biocontrol agents against fusarium wilt of eggplant. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*, 27(4), 3952-3958.
- Amao, I. 2018. Health Benefits of Fruits and Vegetables: Review from Sub-Saharan Africa. Editör Md Asaduzzaman, T. Asao, Vegetables:Importance of Quality Vegetables to Human Health, p. 323.
- Aminifard, M., et al. 2010. Agronomic efficiency and growth of eggplant crop under different potassium and nitrogen doses. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 14(4), pp. 391-396.
- Anonim1:<https://istanbul.tarimorman.gov.tr/Belgeler/KutuMenu/Brosurler/Sebzecilik/patlcan.pdf> [Son erişim tarihi: 05.09.2023].
- Anonymous. 1982. Methods of Soil Analysis, Number 9, Part 2, Madison, Wisconsin, USA, pp. 11-59.
- Azarpour, E., et al. 2012. Effects of nitrogen fertilizer on growth and yield of eggplant (*Solanum melongena* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 4(7), 397-401.
- Balkaya A. 2014. Aşılı sebze üretiminde kullanılan anaçlar. *TÜRKTOB Türkiye Tohumcular Birliği Dergisi*, 3 (106): 4-7
- Bashan, Y., De-Bashan, L. E., Prabhu, S. R. and Hernandez, J. P. 2014. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: Formulations and practical perspectives (1998-2013). *Plant and Soil*, 378, pp. 1-33.
- Bhattacharyya, P. N., and Jha, D. K. 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28(4), pp. 1327-1350.
- Bisht, N., and Chauhan, P. S. 2020. Excessive and disproportionate use of chemicals cause soil contamination and nutritional stress. *Soil contamination-threats and sustainable solutions*, pp. 1-10.
- Black, C.A. 1965. Methods of Soil Analysis Part 2, Amer. Society of Agronomy Inc., Publisher Madisson, Wilconsin, U.S.A., pp. 1372-1376.

- Bouyoucos, G. J. 1955. A Recalibration of the Hydrometer Method for Making Mechanical Analysis of the Soils, *Agronomy Journal* 4 (9): 434 p.
- Chen, J. H. 2006. The combined use of chemical and organic fertilizers and/or biofertilizer for crop growth and soil fertility. *In International workshop on sustained management of the soil-rhizosphere system for efficient crop production and fertilizer use* (Vol. 16, No. 20, pp. 1-11).
- Chen, Y. 2006. Synergistic effects of mineral fertilizers and microbial fertilizers in sustainable agriculture. *Soil Science and Plant Nutrition*, 52(6), pp. 713-720.
- Cheng, Y., Narayanan, M., Shi, X., Chen, X., Li, Z., and Ma, Y. 2023. Phosphate-solubilizing bacteria: Their agroecological function and optimistic application for enhancing agro-productivity. *Science of The Total Environment*, 166468.
- Çağlar, K.Ö. 1949. Toprak Bilgisi. Ankara Üniv. Ziraat Fak. Yayınları, Sayı:10.
- Çakmakçı, R. 2005. Bitki gelişiminde fosfat çözücü bakterilerin önemi. *Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences*, 19(35), 93-108.
- Çimrin, K. M., Türkmen, Ö. ve Tuncer, S. 2010. Mikrobiyal gübrelerin bazı sebzelerde verim ve kalite üzerine etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi*, 16(1), 1-9.
- Daniels, C., Michan, C., Ramos, J.L. 2009. New molecular tools for enhancing methane production, explaining thermodynamically limited life styles and other important biotechnological issues. *Microb. Biotechnol.*, 2: 533-536.
- De Zutter, N., Ameye, M., Bekaert, B., Verwaeren, J., De Gelder, L., and Audenaert, K. (2022). Uncovering new insights and misconceptions on the effectiveness of phosphate solubilizing rhizobacteria in plants: a meta-analysis. *Frontiers in plant science*, 13, 858804.
- Dick, R. P., Gregorich, E. G. and Anderson, D. W. 1994. Biological and biochemical indicators of soil quality. *Soil Science Society of America Journal*, 58(1), 28-35.
- Egamberdieva, D., Wirth, S. J., Alqarawi, A. A., Abd-Allah, E. F., and Hashem, A. 2017. Phytohormones and beneficial microbes: essential components for plants to balance stress and fitness. *Frontiers in Microbiology*, 8, 2104.
- Eivazi, F. and Tabatabai, M.A. 1988. Assay of the β -glukosidase activity., in: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*, Alef, K. and Nannipieri, P. Ed., pp. 350-351, Academic Press INC. San Diego.
- Fageria, N. K., Santos, A. B. 2002. Lowland rice genotypes evaluation for phosphorus use efficiency. *Journal of Plant Nutrition* 25(12), 2793-2802.
- Fawzy, Z. F., El-Nemr, M. A. and Saleh, M. A. 2007. Effect of potassium fertilization on growth, yield and fruit quality of eggplant. *Journal of Applied Sciences Research*, 3(12), 1715-1720.
- Fayetörbay D., Çomaklı B., Daşçı M. 2010. Fosfor çözücü bakteri, fosforlu gübre ve tavuk gübresi uygulamalarının macar fiğinde (*Vicia Pannonica Roth*) tohum verimi ve verim unsurları üzerine etkileri. *Tarım Bilimleri Dergisi* 20:345-357.
- Gamst, G., Meyers, L. S. and Guarino, A. J. 2008. Analysis of variance designs: A conceptual and computational approach with SPSS and SAS. Cambridge University Press.

- Geisseler, D. and Scow, K. M. 2014. Long-term effects of mineral fertilizers on soil microorganisms—A review. *Soil Biology and Biochemistry*, 75, 54–63.
- Gianfreda, L., Rao, M. A. and Ricca, G. 2005. Enzyme activities in soil. *Soil Biology & Biochemistry*, 37(6), 1079-1098.
- Glick, B. R. 2012. Plant growth-promoting bacteria: Mechanisms and applications. *Scientifica*, 2012, Article ID 963401.
- Gupta, P., Verma, S., and Sharma, A. 2023. Role of microbial inoculants in disease management and growth promotion of *Solanum melongena* L. *Microbial Ecology*, 85(1), 215-230.
- Hayat, R., Ali, S., Amara, U., Khalid, R. and Ahmed, I. 2010. Soil beneficial bacteria and their role in plant growth promotion: a review. *Annals of Microbiology*, 60, 579–598.
- Hoffman, G. and Teicher, K. 1961. Ein kolorimetrisches Verfahren zur Bestimmung der Ureaseaktivitat in Boden. *Z. PflZermihr. Dung. Bodenk*, 95, 55-63.
- Jackson, M.L. 1967. Soil Chemical Analysis. Prentice Hall of India Private Limited, New Delhi.
- Kacar, B. 1995. Bitki ve Toprağın Kimyasal analizler: III. Toprak Analizleri. *A. Ü. Ziraat Fakültesi Geliştirme Vakfı Yayınları* No: 3.
- Kandemir D, Sarıbaş H.Ş. ve Balkaya A. 2016. Aşılı patlıcan üretiminde kullanılan anaçların verim ve kalite üzerine etkileri. *Tarım Gündem Dergisi*, 6(33): 24-28.
- Khan, M. S., Zaidi, A., and Wani, P. A. 2009. Role of phosphate-solubilizing microorganisms in sustainable agriculture — A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 27(1), 29–43.
- Khourchi, S., Elhaissofi, W., Loum, M., Ibyasser, A., Haddine, M., Ghani, R. and Bargaz, A. 2022. Phosphate solubilizing bacteria can significantly contribute to enhance P availability from polyphosphates and their use efficiency in wheat. *Microbiological Research*, 262, 127094.
- Krumbein, A., Schwarz, D., and Kläring, H.-P. 2004. Influence of environmental factors on carotenoid content in tomato (*Lycopersicon esculentum*). *Journal of Applied Botany and Food Quality*, 78(2), 45–49.
- Lucy, M., Reed, E. and Glick, B. R. 2004. Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek*, 86(1), 1–25.
- Lugtenberg, B. and Kamilova, F. 2009. Plant-growth-promoting rhizobacteria. *Annual Review of Microbiology*, 63, 541–556.
- M. Tahat, M., M. Alananbeh, K., A. Othman, Y. and I. Leskovar, D. 2020. Soil health and sustainable agriculture. *Sustainability*, 12(12), 4859.
- Mahanty, T., Bhattacharjee, S., Goswami, M., Bhattacharyya, P., Das, B., and Ghosh, A. 2017. Biofertilizers: potential approach for sustainable agriculture development. *Environmental Science and Pollution Research*, 24, 3315–3335.
- Malusá, E. and Vassilev, N. 2014. A contribution to set a legal framework for biofertilisers. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 98(15), 6599–6607.

- Meena, K. K., Sorty, A. M., Bitla, U. M., Choudhary, K., Gupta, P., Pareek, A. and Singh, D. P. 2021. Abiotic stress responses and microbe-mediated mitigation in plants: The omics strategies. *Frontiers in Plant Science*, 12, 646274.
- Meena, V. S., Maurya, B. R., Verma, J. P. and Meena, R. S. 2016. Potassium solubilizing microorganisms for sustainable agriculture. *SpringerBriefs in Plant Science*.
- Miller, S. H., Browne, P., Prigent-Cambaret, C., Combes-Meynet, E., Morrissey, J. P. and O'Gara, F. 2010. Biochemical and genomic comparison of inorganic phosphate solubilisation in *Pseudomonas* species. *Environ. Microbiol. Rep.*, 2: 403–411.
- Narayanan, Z. and Glick, B. R. 2022. Secondary metabolites produced by plant growth-promoting bacterial endophytes. *Microorganisms*, 10(10), 2008.
- Oliveira, D. P., de Camargo, R., Lemes, E. M., Quintã, R. M., Matos, A. L. A. and Magela, M. L. M. 2017. Organic matter sources in the composition of pelletized organomineral fertilizers used in sorghum crops. *African Journal of Agricultural Research*, 12(32), 2574-2581.
- Olsen, S.R. and Sommers, L.E. 1982. Phosphorus. Methods of soil analysis, part 2. chemical and microbiological properties agronomy monograph no:9 (2nd ed.) ASASSSA. Madison, Wisconsin. USA, p. 403-427.
- Osborne, L. D. And Rengel, Z. 2002. Screening cereals for genotypic variation in efficiency of phosphorus uptake and utilisation. *Australian journal of agricultural research*, 53(3), 295-303.
- Özbay N., Ergun M. ve Demirkıran A.R. 2018, Ticari Mikrobiyal Gübre Sim Derma® (*Trichoderma harzianum*, Kuen 1585) Uygulamasının Ispanakta Çimlenme, Gelişme ve Verim Üzerine Etkisi, *Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi* 5(4): 482–491, 2018
- Özyılmaz, Ü. And Benlioğlu, K. 2012. Fosfat çözen bakterilerin pamuk bitkisinin gelişimine ve *Verticillium* Solgunluğuna etkileri. *Türkiye Biyolojik Mücadele Dergisi*, 3(1), 47-62.
- Parkinson, D., Gray, T.R.C. and Williams, S.T. 1971. Methods for studying the ecology of soil microorganisms. *International Biological Programme Handbook* 19. Blackwell Scientific Publications, Oxford.
- Rathore, D., Sharma, V. and Chauhan, R. 2020. Biofertilizers and their role in phosphorus use efficiency: A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(7), 3199–3210. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.907.368>
- Rodríguez, H. And Fraga, R. 1999. Phosphate solubilizing bacteria and their role in plant growth promotion. *Biotechnology Advances*, 17(4–5), 319–339.
- Seenivasagan, R. and Babalola, O. O. 2021. Utilization of microbial consortia as biofertilizers and biopesticides for the production of feasible agricultural product. *Biology*, 10(11), 1111.

- Shahwar, D., Mushtaq, Z., Mushtaq, H., Alqarawi, A. A., Park, Y., Alshahrani, T. S. and Faizan, S. 2023. Role of microbial inoculants as bio fertilizers for improving crop productivity: A review. *Heliyon*.
- Sharma, S. B., Sayyed, R. Z., Trivedi, M. H. and Gobi, T. A. 2013. Phosphate solubilizing microbes: Sustainable approach for managing phosphorus deficiency in agricultural soils. *SpringerPlus*, 2, 587.
- Sinclair, T. R., and Rufty, T. W. (2012). Nitrogen and water resources commonly limit crop yield increases, not necessarily plant genetics. *Global Food Security*, 1(2), 94–98.
- Singh, J. S., Pandey, V. C. and Singh, D. P. 2011. Efficient soil microorganisms: a new dimension for sustainable agriculture and environmental development. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 140(3-4), 339–353.
- Singh, R., Kaur, P. and Sharma, N. 2021. Microbial consortia mediated improvement in fruit quality and yield of *Solanum melongena* under reduced fertilization regimes. *Scientia Horticulturae*, 278, 109835.
- Smith, J. H., Allison, F. E. and Soulides, D. A. 1962. Phosphobacteri as a soil inoculant: Laboratory, greenhouse and field evaluation (No. 1263). US Department of Agriculture.
- Sommerfieldt, T.G. and Chang, C. 1985. Changes in Soil Properties Under Annual Applications of Feedlot Manure and Different Tillage Practices. *Soil Science Society of America Journal*. 49: 983-987.
- Şahin, F., Çakmakçı, R. and Kantar, F. 2004. Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant and soil*, 265, 123-129.
- Tabatabai, M.A. and Bremner, J.M. 1969. Phosphomonoesterase activity., in: *Methods in Applied Soil Microbiology and Biochemistry*, K., Alef and P., Nannipieri Ed., pp. 338-339, Academic Press INC. San Diego.
- Tabatabai, M.A. and Bremner, J.M. 1972. *Assay of urease activity in soils*. *Soil Biology and Biochemistry*, 4(4), 479–487.
- Taiz, L., Zeiger, E., Møller, I. M., & Murphy, A. 2015. *Plant physiology and development* (6th ed.). Sunderland, MA: Sinauer Associates.
- Tavali, İ.E. 2011. Farklı dozlarda uygulanan vermikompostun toprağın enzim aktivitesi ve bakteriyel varlığı üzerine etkisi. Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Yüksek Lisans Tezi, Antalya.
- Torun, S.Ç. 2015. Fosfor çözücü bakteri içeren mikrobiyal gübre uygulamalarının toprağın bazı biyolojik özellikleri ile domates bitkisinin gelişimi ve besin maddesi alımı üzerine etkisinin araştırılması. Yüksek lisans tezi, Akdeniz Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Antalya.
- Vassilev, N., Vassileva, M. and Nikolaeva, I. 2006. Simultaneous P-solubilizing and biocontrol activity of microorganisms: potentials and future trends. *Applied microbiology and biotechnology*, 71, 137-144.

- Verma, J. P., Yadav, J., Tiwari, K. and Kumar, S. 2020. Microbial inoculants for sustainable crop production: present status and future prospects. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(7), 3021-3035.
- Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant and Soil*, 255(2), 571–586.
- Vorontsova M.S. and Knapp S. 2012. A new species of *Solanum* (Solanaceae) from South Africa related to the cultivated eggplant. *PhytoKeys* 8: 1-11.
- Yadav, K. S. and Dadarwal, K. R. 1997. Phosphate solubilization and mobilization through soil microorganisms. Biotechnological approaches in soil microorganisms for sustainable crop production., 293-308.
- Yarşı G, Rad S 2004. Cam Serada Aşılı Fide Kullanımının Faselis F1 Patlıcan Çeşidinde Verim, Meyve Kalitesi ve Bitki Büyümesine Etkisi. *Alata Bahçe Kültürleri Araştırma Enstitüsü Dergisi* 3: 16-22
- Yolcu H, Güneş A, Güllap MK, Çakmakçı R. 2012. Effects of plant growth-promoting rhizobacteria on some morphologic characteristics, yield and quality contents of hungarian vetch. *Turkish Journal of Field Crops* 17(2):208-214.
- Zahir, Z. A., Arshad, M. and Frankenberger, W. T. 2004. Plant growth promoting rhizobacteria: applications and perspectives in agriculture. *Advances in Agronomy*, 81, 97–168.
- Zhang, X., Li, J. and Chen, H. 2022. Effects of microbial fertilizers on soil microbial diversity and eggplant growth under calcareous soil conditions. *Applied Soil Ecology*, 171, 104276.
- Zhao, Y. and Zhu, Y.-G. 2019. Soil bacterial diversity and its relationship to soil properties and environmental factors. *Applied Soil Ecology*, 136, 184-193.

7. EKLER

Ek 1. Uygulamaların deneme toprağının enzim aktiviteleri ve bakteri sayısı üzerine etkisini gösteren tekrarlı ölçüm çizelgesi

Üreaz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	12086300.41	3	4028766.804	150.733	.000
Uygulamalar	1216368.279	7	173766.897	6.501	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	1208967.445	21	57569.878	2.154	.010
Hata	1710581.426	64	26727.835		
Toplam	56599552.69	96			
Alkali fosfataz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	17126.845	3	5708.948	39.171	.000
Uygulamalar	2294.549	7	327.793	2.249	.041
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	1772.195	21	84.390	.579	.918
Hata	9327.605	64			
Toplam	485815.256	96			
β-glikosidaz	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	103.160	3	34.387	58.058	.000
Uygulamalar	18.259	7	2.608	4.404	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	10.541	21	.502	.848	.654
Hata	37.906	64			
Toplam	1802.212	96			
Bakteri sayısı	K.T.	S.D.	K.O.	F	P
Ölçüm zamanı	1.335	3	.445	17.138	.000
Uygulamalar	.900	7	.129	4.950	.000
Ölçüm zamanı x Uygulamalar	1.081	21	.051	1.982	.019
Hata	1.662	64	.026		
Toplam	194.879	96			

ÖZGEÇMİŞ

Ahmet Cemil EKEN

ÖĞRENİM BİLGİLERİ

Yüksek Lisans 2022-2025	Akdeniz Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı Antalya
Lisans 2017-2020	Akdeniz Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Antalya
Ön Lisans 2014-2016	Akdeniz Üniversitesi Bitkisel ve Hayvansal Üretim Programı Organik Tarım Bölümü Antalya

MESLEKİ VE İDARİ GÖREVLER

Ziraat Mühendisi - ARGE Sorumlusu 2022-Devam Ediyor	Merkez Anadolu Kimya A.Ş. AOSB, Döşemealtı, Antalya
Ziraat Mühendisi - Üretim Sorumlusu 2020-2021	Antmek Tarım LTD. ŞTİ. Tekke Mahallesi, Serik, Antalya

ESERLER

Ulusal ve uluslararası bilimsel toplantılarda sunulan ve bildiri kitaplarında basılan bildiriler ve makaleler

- 1- Görgülü, B., Tekin, Y.S., Eser, H., Kaçar, S., Benli, S., Eken, A.C., 2025. *Environmentally Sustainable Pest Management Strategies Against Frankliniella Occidentalis (Western Flower Thrips)*. Ispac 17th International Conference On Agriculture, Animal Sciences And Rural Development, Kırşehir Ahi Evran University, Faculty of Agriculture, Kırşehir, Türkiye, p.p. 202-204 (Proceedings book)
- 2- Eken, A. C., Tavalı, İ. E., and Ok, H., 2024. *Approaches To Obtaining Optimum Benefit From Microbial Products Used In Plant Production* . VI. International Agricultural, Biological and Life Sciences Conference (AGBIOL 2024), Edirne, Türkiye (Derleme makalesi)
- 3- Eken, A. C., 2024. Meyve yetiştiriciliğinde önlem alınması gereken bir tehdit: Akdeniz meyve sineği (*Ceratitis capitata* L.), *Harman Time Dergisi*, Haziran 2024, Yıl: 12, Sayı:137, s:54-57
- 4- Eken, A. C. 2024,. Zeytin sineği (*Bactrocera oleae* L.) biyolojisi, zararı ve alternatif mücadele yöntemleri, *Harman Time Dergisi*, Haziran 2024, Yıl: 12, Sayı:136, s:72-74