



T.C.
ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

MİNERAL GÜBRE VE BİTKİ GELİŞMESİNİ TEŞVİK EDİCİ BAKTERİ
UYGULAMALARININ ARPA BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE VERİMİ
ÜZERİNE ETKİLERİ
YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKREM KARADAĞ

Tez Danışmanı
PROF. DR. RAMAZAN ÇAKMAKÇI

ÇANAKKALE – 2022



T.C.

ÇANAKKALE ONSEKİZ MART ÜNİVERSİTESİ
LİSANSÜSTÜ EĞİTİM ENSTİTÜSÜ

TARLA BİTKİLERİ ANABİLİM DALI

**MİNERAL GÜBRE VE BİTKİ GELİŞMESİNİ TEŞVİK EDİCİ BAKTERİ
UYGULAMALARININ ARPA BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE VERİMİ ÜZERİNE
ETKİLERİ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

EKREM KARADAĞ

Tez Danışmanı

PROF. DR. RAMAZAN ÇAKMAKÇI

ÇANAKKALE – 2022

JURİ ONAY SAYFASI

Ekrem KARADAĞ tarafından Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI yönetiminde hazırlanan ve **09/12/2022** tarihinde aşağıdaki jüri karşısında sunulan “**Mineral Gübre ve Bitki Gelişmesini Teşvik Edici Bakteri Aşulamalarının Arpa Bitkisinin Gelişimi ve Verimi Üzerine Etkileri**” başlıklı çalışma, Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü **Tarla Bitkileri Anabilim Dalı**’nda **YÜKSEK LİSANS TEZİ** olarak oy birliği ile kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI

(Danışman)

Prof. Dr. Mevlüt AKÇURA

Prof. Dr. Hail İbrahim ERKOVAN

.....

.....

.....

Tez No : 10514899

Tez Savunma Tarihi : 09/12/2022

.....

Doç. Dr. Yener PAZARCIK

Enstitü Müdürü

.././20..

ETİK BEYAN

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

Ekrem KARADAĞ

29/12/2022

TEŞEKKÜR

Bu tezin gerçekleŐtirilmesinde, çalıŐmalarımı adım adım takip eden, karŐılaŐtıđım tım zorluklarda tecrübeleri ve bilgi birikimi ile yardımcı olan, desteğini esirgemeyen sayđı değer kıymetli danışman hocam Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI'ya, yardım ve desteğini gördüğüm Tarla Bitkileri Anabilim Dalı BaŐkanı Prof. Dr. Mevlüt AKCURA'ya ve beni bu çalıŐmaya sevk ve teşvik eden Tarla Bitkileri öğretim üyesi hocam Prof. Dr. Ahmet GÖKKUŐ'a ve çalıŐmam boyunca seslerini çıkarmadan beni destekleyen aileme sonsuz teŐekkürlerimi sunarım.

Ekrem KARADAğ

29/12/2022

ÖZET

MİNERAL GÜBRE VE BİTKİ GELİŞMESİNİ TEŞVİK EDİCİ BAKTERİ UYGULAMALARININ ARPA BİTKİSİNİN GELİŞİMİ VE VERİMİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Ekrem KARADAĞ

Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi

Lisansüstü Eğitim Enstitüsü

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi

Danışman: Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI

29/12/2022, 46

Bakterilerle kök ve gövde gelişimi arasındaki ilişki önemli bir tarımsal araştırma alanıdır. Çevre dostu tarımsal uygulama gereksinimi bitki gelişmesini teşvik edici bakterilere dayalı gübrelerin kullanımını teşvik etmektedir. Bu araştırmalar mineral gübre NP (Tarla: 14 kg N + 7 kg P/dekar, Saksı: 40 mg N kg⁻¹ toprak + 20 mg P kg⁻¹ toprak), bir çiftlik gübresi ÇG (Tarla: 3 ton/da, Saksı: 20 g kg⁻¹ kuru toprak) ve azot fikseri, fosfat çözücü ve ACC deaminaze ve indol asetik asit üretici bakterilerden oluşturulan bir katı zeolit esaslı (ZF1: *Pseudomonas fluorescens* RC09 + *Bacillus megaterium* RC34 + *Bacillus subtilis* RC67) ve üç sıvı taşıyıcı esaslı (SF1: *P. fluorescens* RC09 + *B. megaterium* RC34 + *B. subtilis* RC67; SF2: *P. fluorescens* RC84 + *Pseudomonas putida* RC90 + *B. subtilis* RC631; SF3: *P. fluorescens* RC86 + *B. megaterium* RC33 + *B. subtilis* RC11) üçlü bakteri kombinasyonunun doğal koşullarda arpa (*Hordeum vulgare* L. cv. Güzelce) gelişmesi üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla saksı ve tarla koşullarında yürütülmüştür. Deneme tesadüf blokları deneme deseninde yedi uygulama ve dört tekerrürlü olarak kurulmuştur. Saksı denemeleri her bir tekerrürde beş saksı olmak üzere dört tekerrürlü olarak tesadüf parselleri deneme desenine göre iki set halinde kurulmuş, ilk set 20 gün sonra ve ikinci set 30 gün sonra hasat edilmiştir. Saksılarda yürütülen iki deneme seti ortalamasına göre arpa bitkisine, mineral gübre, hayvan gübresi, katı zeolit taşıyıcı esaslı mikrobiyal gübre formülasyonu ZF1, sıvı taşıyıcı esaslı SF1, SF2 ve SF2 uygulamaları ile yaş kök ağırlığında %23,4, 25,4,18,1, 24,3,

35,3 ve 30,4; kuru kök ağırlığında %22,4, 23,0, 15,2, 23,6, 30,7 ve 24,7; yaş gövde ağırlığında %26,8, 22,2, 14,7, 16,8, 24,5 ve 21,5; kuru gövde ağırlığında %22,4, 23,0, 11,9, 14,2, 21,9 ve 16,6 ve kuru bitki biomasında %22,6, 20,2, 13,2, 17,8, 25,3 ve 19,8 oranında artış sağladığı belirlenmiştir. Tarla denemesi sonuçlarına göre, arpaya NP, ÇG, ZF1, SF1, SF2 ve SF3 uygulamalarının kontrole kıyasla sırası ile bin dane ağırlığını %32,8, 31,4, 16,0, 17,6, 28,6 ve 27,0; hectolitre ağırlığını %25,7, 24,3, 23,2, 22,8 ve 12,8; dane verimini %30,3, 27,4, 14,3, 11,1, 24,1 ve 23,6 ve biyolojik verimi ise % 33,0, 27,4, 14,3, 11,1, 25,8 ve 24,5 oranında artırmıştır. Test edilen bakteri formülleri sürdürülebilir arpa üretiminde biyolojik gübre olarak kullanılabilir potansiyele sahiptir.

Anahtar Kelimeler: Arpa, Mikrobiyal Gübre, Kaba Yem, Organik Gübre, Verim, : Katı ve sıvı taşıyıcı, biyo-formülasyon, kök gelişmesi, bitki gelişmesini teşvik edici bakteri

ABSTRACT

EFFECTS OF MINERAL FERTILIZERS AND BACTERIYAL APPLICATIONS PROMOTING PLANT GROWTH ON THE GROWTH AND YIELD OF BARLEY PLANTS

Ekrem KARADAĞ

Canakkale Onsekiz Mart University

School of Graduate Studies

Master of Science Thesis in Field Crops

Advisor: Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI

29/12/2022, 46

Bacterial association with root and shoot growth is an important new field of agricultural research. The growing need for environmentally friendly agricultural practices encourages the use of fertilizers based on beneficial bacteria that promote plant growth. The objective of this study was to evaluate possible effects of mineral NP fertilizer (40 mg N kg⁻¹ soil+20 mg P kg⁻¹ soil), one farmyard manure (FM:cattle manures applied to soil at 20 g kg⁻¹ dry weight) and in triple strains combinations of N₂-fixing, P-solubilizing, and ACC-deaminase and IAA-producing bacteria-based formulations a solid zeolite-based biofertilizer (ZF1: *Pseudomonas fluorescens* RC09 + *Bacillus megaterium* RC34 + *Bacillus subtilis* RC67) and three liquid besed *bio*-formulations (LF1:*P. fluorescens* RC09 + *B. megaterium* RC34 + *B. subtilis* RC67; LF2: *P.s fluorescens* RC84 + *Pseudomonas putida* RC90 + *B. subtilis* RC631; LF3: *P. fluorescens* RC86 + *B. megaterium* RC33 + *B. subtilis* RC11) were evaluated for their growth of barley (*Hordeum vulgare* L. cv. Güzelce) pot and field soil conditions. The trial randomized blocks were set up with seven applications and four replications in a trial designs. Pot experiments were set up in two sets according to the randomized plot design with four replications (each having five pots), the first set was harvested after 20 days and the second set after 30 days. On average of two trial sets, inoculation of barley with barley with NP, FM, ZF1, LF1, LF2, and LF3 gave increases over control respectively of by 23.4, 25.4,18.1, 24.3, 35.3, and 30.4 in root fresh weight, by 22.4, 23.0, 15.2, 23.6, 30.7, and 24.7% in dry root weigh, by 26.8, 22.2, 14.7, 16.8, 24.5, and 21.5% in shoot fresh weight, by 22.4, 23.0, 11.9, 14.2, 21.9 ve 16.6% in dry shoot weight, and by %22.6, 20.2, 13.2, 17.8, 25.3 ve 19.8% in dry plant biomass. According to the results

of the field trial, the application of barley with NP, FM, ZF1, LF1, LF2, and LF3 gave increases over control respectively of by 32.8, 31.4, 16.0, 17.6, 28.6, and 27.0% in thousand grain weight, by 25.7, 24.3, 23.2, 22.8, and 12.8% in hectolitre weight, by 30.3, 27.4, 14.3, 11.1, 24.1, and 23.6% in grain weight, and by 33.0, 27.4, 14.3, 11.1, 25.8, and 24.5% in biological yield. Bacterial formulations tested have a potential to be used as a bio-fertilizers in the sustainable barley production.

Keywords: Barley, Microbial Fertilizer, Roughage, Organic Manure, Yield, Solid and Liquid Carriers, Bio Formulation, Root Growth, Plant Growth Promoting Bacteria



İÇİNDEKİLER

Sayfa No

JÜRİ ONAY SAYFASI.....	i
ETİK BEYAN.....	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
ÖZET.....	iv
ABSTRACT.....	vi
İÇİNDEKİLER.....	viii
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xi
TABLolar DİZİNİ.....	xii

BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

1

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

4

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL YÖNTEM

3.1. Araştırma Materyali.....	14
3.1.1. Araştırma Yerinin Tanımı ve Özellikleri.....	14
3.1.2. Toprak Özellikleri.....	14
3.1.3. Bitkisel Materyal.....	15
3.1.4. Bakteri Strainleri, İzolasyon Kaynağı ve Bazı Strain Özellikleri	15
3.2. Yöntem.....	16
3.2.1. Deneme Deseni ve Uygulamalar.....	16
3.2.2. Bakteri Süspansiyonlarının Hazırlığı ve Uygulama.....	17

3.2.3.	Bakım ve Hasat.....	18
3.2.4.	Gelişme ve Verim Parametreleri.....	19
3.2.5	İstatistik Analiz.....	20

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM ARAŞTIRMA BULGULARI

Arpa Gelişme ve Verim Parametreleri.....	21
4.1. Tarla Denemesi Sonuçları.....	21
4.1.1. Tohum Adedi	21
4.1.2. Tohum Ağırlığı.....	23
4.1.3. Bin Dane Ağırlığı.....	23
4.1.4. Hektolitre Ağırlığı.....	24
4.1.5. Dane Verimi.....	25
4.1.6. Yeşil Ot Verimi.....	26
4.1.7. Kuru Ot Verimi.....	26
4.2. Saksı Denemesi Sonuçları.....	27
4.2.1. Kök Uzunluğu (20 Gün).....	27
4.2.2. Kök Uzunluğu (30 Gün).....	29
4.2.3. Kök Yaş Ağırlığı (20 Gün).....	29
4.2.4. Kök Yaş Ağırlığı (30 Gün).....	30
4.2.5. Kök Kuru Ağırlığı (20 Gün).....	31
4.2.6. Kök Kuru Ağırlığı (30 Gün).....	31
4.2.7. Gövde Yaş Ağırlık (20 Gün).....	32
4.2.8. Gövde Yaş Ağırlık (30 Gün).....	33
4.2.9. Gövde Kuru Ağırlığı (20 Gün).....	34
4.2.10. Gövde Kuru Ağırlığı (30 Gün).....	35
4.2.11. Toplam Yaş Ağırlığı (30 Gün).....	35
4.2.12. Toplam Yaş Ağırlığı (30 Gün).....	37
4.2.13. Toplam Kuru Ağırlık (20 Gün).....	37
4.2.14. Toplam Kuru Ağırlık (30 Gün).....	38

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ ve ÖNERİLER	39
KAYNAKÇA	42
ÖZGEÇMİŞ	48



SİMGELER VE KISALTMALAR

da	Dekar
dk	Dakika
g	Gram
mg	Miligram
kg	Kilogram
m	Metre
cm	Santimetre
L	Litre
pH	Potansiyel hidrojen
ppm	Milyonda bir birim
sa	Saat
%	Yüzde oranı
ACC	Aminosiklopropan karboksilat
BBD	Bitki büyüme düzenleyici
Ca	Kalsiyum
Cu	Bakır
F	F değeri
FAO	Birleşmiş Milletler Gıda ve Tarım Örgütü
H	Hidrojen
He	Helyum
IAA	Indol-3-asetik asit
K	Potasyum
KO	Kareler Ortalaması
LT	L-tryptophan
Mg	Magnezyum
Mn	Mangan
N	Azot
Na	Sodyum
NPK	Azot-Fosfor-Potasyum
O	Oksijen
P	Fosfor
PGPR	Bitki gelişmesini teşvik edici rizobakteri
SD	Serbestlik derecesi
TSP	Triple süper fosfat
Zn	Çinko

TABLULAR DİZİNİ

<u>Tablo No</u>	<u>Tablo Adı</u>	<u>Sayfa No</u>
Tablo 1	Denemede kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri	29
Tablo 2	Denemelerde test edilen uygulamalar	32
Tablo 3	Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde tohum sayısı, tohum ağırlığı ve 1000 dane ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları	37
Tablo 4	Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde tohum adedi, tohum ağırlığı ve 1000 dane ağırlığı ve hektolitre ağırlığı üzerine etkisi	37
Tablo 5	Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde hektolitre ağırlığı ve dekara dane verimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları	39
Tablo 6	Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde hektolitre ağırlığı, dane verimi ve biyolojik verim üzerine etkisi	40
Tablo 7	Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde yeşil ot ağırlığı ve kuru ot değerlerine ait varyans analiz sonuçları	41
Tablo 8	Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde kök uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları (20 ve 30 günlük)	43
Tablo 9	Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde kök uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi	43
Tablo 10	Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde gövde yaş ağırlığı ve gövde kuru ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları (20 ve 30 günlük)	48
Tablo 11	Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde gövde yaş ağırlığı ve gövde kuru ağırlığı üzerine etkisi	48
Tablo 12	Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde toplam yaş biomas (kök + gövde ağırlığı) ve toplam kuru biomas ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları (20 ve 30 günlük)	51

Tablo 13 Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde yaş biomas (kök + gövde ağırlığı) ve toplam kuru biomas ağırlığı üzerine etkisi

51



BİRİNCİ BÖLÜM

GİRİŞ

Arpa (*Hordeum vulgare* L.), hızlı büyüyen bir yıllık tane bitkisi, önemli bir içecek ürünü ve aynı zamanda toprak verimliliğini artırmak için bir yem veya örtü mahsulü olarak kullanılabilen pirinç, mısır ve buğdaydan sonra dördüncü tahıldır. Ayrıca, hayvan veya insan tüketimi için bir protein kaynağı ve malt üretimi de dahil olmak üzere çoğu zaman birçok amaç için yetiştirilmektedir (Pontes vd. 2015). Düşük toprak verimliliği arpa verimini düşüren önemli bir neden olurken, kimyasal gübre ve çiftlik gübresi uygulamaları arpada kuru madde üretimini, kalitesini, protein oranını ve tane verimini artırmaktadır.

Tüm canlılar için toprak, hayatın varlığı ve devamlılığındaki ortak kaynaktır. Artan dünya nüfusuna karşılık bu kaynak hem kısıtlıdır ve hem de bu kısıtlı kaynak kullanılabilirliğini yitirmektedir. Bu bozulmanın ana nedeni topraktaki organik madde miktarının azalması ve topraktaki canlı katmanın derinliğinin sürekli olarak azalmasıdır. Bu azalma ya aşırı hırs, ya da yanlış uygulamalara dayalı tarımsal üretim uygulamalarından kaynaklanmaktadır. Miktarı yetersiz olan fakir toprak kaynaklarına sürekli ve aşırı kimyevi gübre kullanımı sonucunda toprak pH değerleri yükselmekte, toprak tuzluluğu artmakta ve organik madde miktarında düşüşler ortaya çıkmaktadır. Zamanla toprağın agregat yapısı bozulmakta, erozyon direnci azalmakta, toprak sağlığı, aktivitesi ve üretkenliği giderek bozulmaktadır.

Ülkemiz, hatta dünya genelinde toprakların organik madde miktarları umulanın çok altındadır ve bu miktar bile korunmamaktadır. Konvansiyonel tarım faaliyetleri ile bu miktarlar her geçen zaman daha da azalmaktadır. Bu duruma paralel olarak üretim periyotlarında kullanılan kimyevi gübre miktarları artmakta ama tersine orantılı olarak gübre etkinliği azalmaktadır. Kullanımı artan kimyevi gübreler ile tarımsal faktörler olan toprak, su, hava bütünü olan ekosisteme sert müdahaleler olmaktadır.

Tüm bu olumsuzluklara karşılık çözüm olan doğal, organik gübre kullanımındaki sorun ise, bu türdeki gübrelerin homojen, tam net bir özellik taşınamalarıdır. Elde edildikleri kaynaklarına bağlı bu farklılıklar, topraktaki ayrışma sürelerini de farklı kılmaktadır. Organomineral gübrelerde ise organik maddelerin azot, fosfor, potasyum, kükürt, çinko ile karışımı ile standardizasyon ve etkinlik homojen edilmeye çalışılır. Üretici, günlük hayatta

toprakta umulan % 3 organik madde düzeyi, bu düzeyin korunması için ihtiyaç duyulan organik gübre miktarı için yeterli kaynak temininde ve bu kaynakların kullanımında karşılaşılan sorunların aşılmasında birçok zorluklarla karşılaşmaktadır.

Verimli bir toprakta aranılan özellikler olan biyolojik çeşitlilik ve bu çeşitliliğin sayısal yeterliliği için gerekli olan organik madde; bu biyolojik çeşitliliğin ihtiyacı olan enerji için karbon, yapısalılık için azot bakımından ana kaynaktır. Böylelikle toprakta umulan fiziksel, kimyasal, biyolojik denge ve faaliyet sağlanır. Toprak enzim aktivitesi, mikroorganizmaların topraktaki organik maddeyi sentezlemeleri işidir. Bu aktivite karbon, azot, fosfor döngülerinde aktif rol alır. Yüksek verimlilik ve ürün miktarındaki artış için kimyasal gübreler mutlaka önemli yer tutar. Ancak kontrolsüz bir kimyasal gübre kullanımı elbette sürdürülebilir değildir. Bununla birlikte organik gübreler ise C/N oranları nedeni ile kök ile toprak bakterileri arasında yüksek rekabet oluşturur. Yüksek mineral azot, tanede protein miktarını artırır ancak tanenin biyolojik değeri azalır.

Kimyasal gübrelerin üretimi ve uygulanması yüksek enerji kullanımını gerektirmekte, azot döngüsünü etkilemekte, tarımsal maliyetleri arttırmakta ve su kaynaklarını kirletmektedir. Bununla birlikte, çalışmalar, bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin (PGPR) biyogübre olarak kullanımının kimyasal kullanımın olumsuz etkilerini azalttığını ve sürdürülebilir çiftçiliğin ayrılmaz bir parçası olarak tarım için umut verici olduğunu göstermektedir. Genel olarak, yararlı serbest yaşayan N₂-sabitleyici ve P-çözücü bakterilere genellikle bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) denir.

Biyolojik gübre araştırma çalışmalarında, lokal şartlarda, kişilere bağlı karışımlarla, daha yeterli aşamada ve yoğunlukta olmasa da, yenilenebilir, sürdürülebilir bir tarım için çalışmalar yapıldığını, elde edilen sonuçların toprak sağlığı, bitki verimi ve kalitesi yönünden iyi sonuçlar alındığını görülmektedir.

Yürütülen araştırmalarda, kötü toprak koşullarında bitki büyümesini teşvik etme yeteneği muhtemelen düşük olsa da, sera denemelerinde arpa ve yulafın doğal bakteri suşları ile aşılmasının, eksojen suşlara kıyasla daha yüksek biyokütle üretimi ile sonuçlandığı bildirilmiştir (Chang vd. 2014). Benzer çalışmalarda, tuzluluk düzeyi arttıkça sürgün ve kök kuru ağırlığı, bitki boyu, klorofil ve arpa besin içerikleri azalırken, *Azotobacter* ve *Azospirillum* gibi tuza dayanıklı bakteri streinlerinin aşılmasını ile tuzluluğun büyüme ve fizyolojik özellikler üzerindeki olumsuz etkilerinin azaltılabildiği beklirlenmiştir (Khodadadi vd. 2020). Öte yandan, siderofor üreten ve P-çözücü *Pseudomonas* sp. suşların

besin noksanlığı koşullarında arpa gelişme ve verimini arttırdığı ve sera ve tarla deneylerinde bitki büyümesini, verimi ve saman ağırlığını arttırdığı bildirilmiştir (Fröhlich vd. 2012).

Arpa üzerine yürütülen araştırmalarda, arpa köklerinin PGPR ile inokule edilmesiyle arpa fidelerinde artmış stres tepkisi, sinyal iletimi, besin alımı ve metabolizması ile ilişkili gen ifadesini uyarmak gibi faydalı bitki-bakteri etkileşimleri bildirmiştir (Li vd. 2021). Araştırmacılar arpa çeşitlerinin farklı suşlarla yapılan aşılama farklı tepki vermesine rağmen, ACC deaminaz içeren PGPR ile aşılamanın tuzluluk stresinde önemli bir azalma sağladığı ve dolayısıyla tuzluluk stres koşulları altında arpa çeşitlerinin büyümesini arttırdığı sonucuna varmışlardır.

Arpa üzerinde farklı rizobakterilerle yapılan aşılama olumlu etkisi daha önceki çalışmalarda sunulmuştur (Canbolat vd. 2006 a,b; Çakmakçı vd. 1999, 2001, 2007a, 2014; Şahin vd. 2004; Turan vd. 2013). Öte yandan, önümüzdeki yıllarda bitki büyümesini teşvik eden bakterilerin kullanımına yönelik büyük bir eğilim olacağını vurgulanmıştır (Zhang vd. 2016). Karmaşık bir süreç olarak rizobakterilerin bitki büyümesi ve aşılama bitki tepkisi üzerindeki etkisi, uygulanan bakteri suşları ve popülasyonu, bitki-bakteri suş kombinasyonu, incelenen bitki türleri ve genotipi, değerlendirilen büyüme parametreleri ve çevre koşulları gibi birçok faktöre bağlıdır. (Şahin ve diğerleri, 2004; Çakmakçı vd. 2007b; Stajkovic ve diğerleri, 2014).

Mikroorganizmalar, bitki besin maddelerinin dolaşımını teşvik etmek ve kimyasal gübre ihtiyacını mümkün olduğunca azaltmak için tarımda giderek daha da önemli hale gelmektedir. Bu nedenle, bu araştırma mineral gübre (NP), çiftlik gübresi, N₂-sabitleyici, P-çözücü ve ACC-deaminaz ve IAA üreten bakteri bazlı üçlü suş kombinasyonları halinde zeolit esaslı ve üç sıvı esaslı taşıyıcıda geliştirilen mikrobiyal gübre formülasyonunun doğal toprak koşullarda tarla ve saksı denemelerinde arpa (*Hordeum vulgare* L. cv. Güzelce) gelişmesi üzerine etkisinin belirlenmesi için planlanmış ve yürütülmüştür.

Bu çalışmada; Balıkesir ekolojik koşullarında arpa bitkisinde farklı mikrobiyal gübre formülleri, kimyevi gübre ve çiftlik gübresi kullanılmaları neticesinde verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi ve çalışma sonrası hangi gübre kullanımının verim ve kalitede etkili olduğu tespit edilmiştir. Tamamlanan bu denememde, elde edilen çalışma sonuçlarının benzer araştırmaların planlanmasında, farklı ürünlerde çalışmalar yapılmasında ve bölgeye uygun organomineral gübreler tespit edilmesinde yetiştiriciler için yararlı bir kaynak olacaktır.

İKİNCİ BÖLÜM

ÖNCEKİ ÇALIŞMALAR

Ozturk vd. (2003), tarafından yürütülen araştırmada, tarla koşullarında üç farklı azot uygulaması ve *Azospirillum brasilense* Sp246 ve *Bacillus* sp. OSU-142 aşılamaalarının arpa ve buğday verim ve verim komponentlerini önemli ölçüde etkilediği belirlenmiştir. Bakteri aşılamaalarında dane verimi ve verim komponentlerinin azot uygulamalarından daha yüksek olduğu ve özellikle *A. brasilense* Sp246 bakterisinin buğday ve arpa üretiminde biyolojik gübre olma potansiyelinin bulunduğu rapor edilmiştir.

Zengin ve Gökmen (2010) tarafından Konya şartlarında farklı hümik asit (0, 10, 20, 30 ve 40 kg/da) uygulamalarının Bezostaja buğday çeşidinde verim ve verim unsurlarına etkilerini araştırmışlardır. Araştırma sonuçlarına göre, dekara buğday verimi kontrol uygulamasında 344 kg olurken, optimum kimyasal gübre + 10 kg hümik asit uygulamasında 1108 kg olmuştur.

Fröhlich vd, 2012) tarafından yürütülen sera ve tarla denelerinde siderofor üreten ve P-çözücü *Pseudomonas* sp. suşunun besin besin noksanlığı olan koşullarda arpa gelişme, verim ve sap ağırlığını artırdığı belirlenmiştir. Araştırmacılar *Pseudomonas* cinsine bağlı streinlerin bitki gelişmesi ve biyolojik kontrolü amacıyla yıllardır araştırmalarda kullanıldığını, bu bakteriden oluşan ticari biyogübrenin tarla koşullarında arpa nişasta ve protein içeriğini etkilemezken verimi %20'ye kadar artırdığını vurgulamışlardır.

Barıs vd. (2014) tarla koşullarında üç farklı bakteri streininin tekli kombine aşılamaalarının yazlık buğday ve arpa gelişimi üzerine etkilerini belirlemek amacıyla yürüttükleri araştırma sonuçlarına göre, bakteri streinlerinin tohum aşılamaasında tane verimi, sap verimi, toplam verim ve bitki besin element içeriğini artırdığı belirlenmiştir. Araştırmacılar karışım halinde PGPR aşılamaalarının arpa azot gereksinimini karşılayabildiği, *Bacillus megaterium* M3 ve karışım (*Bacillus subtilis* OSU142, *B. megaterium* M3, *Azospirillum brasilense* Sp245) aşılamaalarının arpa ve buğday için tarla koşullarında mineral gübre uygulamasından daha yüksek bitki besin element konsantrasyonu sağlayabildiğini vurgulamışlardır.

Stajkovic vd. (2014) tarafında sera koşullarında yazlık yulaf ve arpa üzerine rizosfer bakterilerinin gelişme ve besin alımı üzerine etkilerini belirlemek için yürüttükleri araştırmada, test ettikleri bütün bakteri streinlerinin (*Sinorhizobium meliloti* L3Si, *Bacillus megaterium* SNji, *Pseudomonas* sp. L2Cr ve LG, *Enterobacter* sp. E1 ve *Azotobacter chroococcum* AV ve 7310-22V) fosfat çözme, indol asetik asit üretimi ve siderofor üretimi gibi bitki büyümesini teşvik edici özellikleri gösterdiği belirlenmiştir. Araştırmacılar rizobakteriyel aşılama karşı bitki yanıtının aşılama suşu ve test edilen bitki türüne bağlı olarak değiştiği, bakteri streinleri tekli ve karışım halinde aşılamanın çoğunluğunun bakteri ve gübresiz kontrole kıyasla yulafta gövde ağırlığı ve sürgün N, P ve K içeriğini önemli düzeyde artırdığını vurgulamışlardır. Araştırmada sadece *Pseudomonas* sp. L2Cr ve *A. chroococcum* AV streinlerinin arpa gövde kuru ağırlığını ve bitki N ve K içeriğini artırdığı görülmüştür. Çalışmada kontrole kıyasla bitki gövde kuru ağırlığı yulafta %11'den %36'ya ve arpa bitkilerinde ise %16'ya kadar artmıştır.

Chang vd. (2014), fakir toprak koşullarında bitki büyümesini teşvik etme yeteneğinin düşük olma ihtimali olmakla birlikte, sera denemelerinde arpa ve yulafin yerli bakteri suşları ile aşılamanın eksojen suşlara kıyasla daha fazla biyokütle üretimine yol açtığı bildirilmiştir

İmamoğlu vd. (2014) Ege Bölgesi Sahil Kuşağına uyumlu arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşit ve genotiplerinin verim ve bazı kalite özelliklerinin belirlenmesi amacıyla yaptıkları çalışmalarda; hat ve çeşitlerde tane verimi, 1000 tane ve hektolitre ağırlığı, tane irilik oranı ve protein oranı özellikleri belirlenmiştir. Araştırmada deneme ortalamaları 395 kg/da olarak gerçekleşmiştir. Protein yüzdeleri bakımından Karacabey lokasyonu ilk sırayı almış, hektolitre ve 1000 tane ağırlıkları bakımında lokasyonlar birbirlerine yakın değerler vermişlerdir. Sonuçlara göre, Ege Bölgesi sahil kuşağına uyumlu ümitvar arpa hatlarında; tane verimi ve bazı kalite kriterlerine göre 506, 523, 509, 522, 519, 512 ve 519 numaralı hatlar ümitvar olarak bulunmuştur.

Cardinale vd. (2015), tuzlu çayrlardan tuza dayanıklı *Hordeum secalinum* ve *Plantago winteri* bitki rizosferinden ACC deaminaze aktivitesi, oksin sentezi, kalsiyum fosfat çözücü ve azot fiksasyon özellikleri dikkate alınarak izole edilmiş, 22 farklı izolat saksı denemelerinde arpa gelişmesine etkisini test etmişlerdir. Çalışmada laboratuvar da birden fazla bitki gelişme özelliği gösteren *Microbacterium natoriense* E38 ve *Pseudomonas brassicacearum* E8 streinlerinin bitki gelişmesini teşvik etmediği, oysa altı bitki gelişme

teşvik edici aktiviteden sadece ikisine sahip olan *Curtobacterium flaccumfaciens* E108 suşunun en iyi gelişmeyi sağladığı belirlenmiştir. Araştırmacılar saf kültürler taramalarının en iyi en iyi bitki gelişmesini teşvik edici adayların tanınması için uygun olmadığı ve hem yeni PGPR'lerin hemde yeni bitki gelişmesini teşvik mekanizmalarının saptanmasını engelleyebileceğini vurgulamışlardır.

Kızılgeçi vd. (2016) bazı arpa genotiplerinin Diyarbakır ve Mardin koşullarında verim ve kalite parametrelerinin incelenmesi konulu yaptıkları çalışmalarda; tane verimi, SPAD değeri, 1000 tane ağırlığı, nişasta miktarı, hektolitre ağırlığı, protein oranı, yaprak alan indeksi (YAI), vejetasyon indeksi (NDVI) ve bitki sıcaklığı özellikleri incelenmiştir. Yapılan birleşik varyans analiz sonucuna göre, tane verimi, SPAD, Nişasta oranı, YAI ve bitki sıcaklığı özellikleri lokasyona göre değişim göstermiştir. Genotip etkisi incelendiğinde, SPAD değeri hariç incelenen özelliklerin tümünde genotipik farklılıkların etkili olduğu görülmüştür. Tane verimi ve vejetasyon indeksi hariç incelenen özelliklerin tümünde genotip x lokasyon interaksiyonunun etkili olduğu belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarının toplu değerlendirilmesine göre IBYT-W-6 genotipinden elde edilen değerlere bakıldığında çeşit adayı olarak öne çıktığı görülmektedir.

Santos vd. (2017), yüzeyi sterilize edilmiş arpa tohumlarını kağıt metoduyla çimlendirmiş, bakterilerle inkübe etmiş, histokimyasal analizler için fideleri steril polipropilen boncuklar ve azotsuz Hoagland çözeltilisi içeren tüplere transfer etmiş ve *Azospirillum brasilense* ile aşılamaştır. Bitki gelişme analizleri için ise fideler steril vermikülit içeren plastik saksılara transfer edilmiş ve 16 saat fotoperyotta kontrollü koşullarda yetiştirilmiştir. Vermikülit azotlu (pozitif kontrol) ve azotsuz (negatif kontrol ve *A. brasilense* aşılamaştır) Hoagland çözeltilisi kullanılarak ıslak tutulmuştur. Daha sonra 14, 21 ve 35 günlük gelişme sonunda en uzun kök uzunluğu, toplam kök uzunluğu ortalaması ve 35. günde toplam yaş kök ağırlıklarını ölçmüşlerdir. Araştırmada, *Azospirillum brasilense* FP2 ve HM053 streinlerinin arpa kök yüzeyine ve kılcal köklere kolonize olduğu, arpa biyometrik parametrelerini artırdığı, arpa verimini artırmak için kullanılan diğer uygulamalarla birlikte kullanılabilirliği ve bakterilerce bitki büyümesini teşvik edilmesinde biyolojik azot fiksasyonunun önemli olduğu vurgulanmıştır.

Akça ve Kapur (2017), yürüttüğü araştırmada tarımın yol açtığı kirlilik ve besin kalitesinde ki azalmaların önüne geçebilmek için bütünleşik tarım anlayışının gelişmesi ve geleneksel tarım yöntemlerinin yeniden gözden geçirilmesi ve güncel yaklaşımların dikkate

alınması gerektiği vurgulanmıştır. Araştırmacılar doğal kaynakların sonsuz olmadığını, ilaveten beslenme alışkanlıklarının değiştirilmesi ve su ve gübre ihtiyacı yüksek bitkiler yerine daha az su ve gübre isteyen bitki deseni dikkate alınması gerektiğini belirtmişlerdir.

Gezgin (2018) tarafından yapılan araştırmada tarım topraklarının erozyonla kayıpları, verimlilik potansiyellerini oluşturan fiziksel, kimyasal ve biyolojik özellikleri bakımından organik madde içeriklerinin önemli bulunduğu, topraklarımızın %99'u organik madde bakımından fakir olduğu, organik madde kaynaklarının doğru yönlendirilmesi gerektiği ve ilaveten anızın yakılmaması ve hatalı toprak işleme yöntemlerinin değiştirilmesi gerektiği vurgulanmıştır.

İrget ve Cengiz (2018), ülkemizde organik madde kullanım durumu, gübre ve pestisit önerilerinde organik maddenin dikkate alınışı ve organik maddenin tarımda sürdürülebilirlik açısından önemi örnekler üzerinden incelenmiştir.

Farklı iki *Pseudomonas putida* (UW3 and UW4) suşunun farklı tuzluluk koşullarında arpa, yanca ve kirpi darı bitkilerinde fotosentetik aktivitenin test edildiği araştırmada, bakteri aşılamaının tuzlu su koşullarında her üç bitkide de biyokütle verimini önemli miktarda artırdığı ve bitkilerin fotosentetik aktivitelerinin gelişimini yansıtacak şekilde bitki kök ve sürgün sistemlerinin uzunluk ve ağırlık artışı belirlenmiştir (Alkowni vd., 2019).

Azadikhah vd. (2019) tarafından yürütülen araştırmada, arpa rizosferinden izole edilen dört farklı *Pseudomonas fluorescens* streini (B10, B2-10, B2-11 and B4-6) aşılamaında, arpa çeşitlerinin farklı suşlarla yapılan aşılamaaya farklı tepki vermesine rağmen, ACC deaminaz içeren PGPR ile aşılamanın tuzluluk stresinde önemli bir azalma sağladığı ve dolayısıyla tuzluluk stresi koşulları altında arpa çeşitlerinin büyümesini arttırdığı sonucuna varılmıştır. Araştırmacılar farklı tuzluluk seviyelerinde (50, 100 ve 150 mM NaCl) bakteri aşılamaının bitki boyu, başak uzunluğu, ağırlığı ve sayısı, çiçek sapı uzunluğu, başak başına tane sayısı, 1000 tane ağırlığı ve tane verimi dahil olmak üzere arpa çeşitlerinin büyüme parametreleri ve verimi üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu göstermiştir.

Akgöl ve Ortaş (2020), tarafından Çukurova Üniversitesi Araştırma ve Uygulama Çiftliği'nde 1996 yılında 3 tekerrürlü ve 5 uygulamalı (organik ve mineral gübreleme) olarak tesadüf blokları deneme desenine göre kurulan denemede organik ve mineral gübrelemelerin atmosfere karbon salınımı ve toprakta organik karbon fraksiyonları üzerine olan etkileri araştırılmıştır. Organik gübre uygulamaları yapılan parsellerde toplam ve organik karbon

konsantrasyonları ile karbon fraksiyonları içeriği en yüksek ölçülürken inorganik gübreleme yapılan parsellerde ve kontrol parsellerinde en düşük ölçülmüştür. Bununla birlikte karbondioksit salınımı, organik gübre uygulaması yapılan parsellerde inorganik gübre uygulaması yapılan parsellere göre daha yüksek olmasına karşın yapılan karbon bütçesi hesaplamalarında organik gübreleme uygulanan alanlarda inorganik gübreleme yapılan alanlara göre atmosferden toprağa daha fazla karbon bağlandığı saptanmıştır. Bu durum uzun yıllar boyunca, özellikle hayvan gübresi ile gübrelenen alanlarda toprakta karbonun daha uzun sürelerde ve daha fazla miktarda tutulduğunu göstermektedir.

Khiabani ve Çelen (2020), tarafından yaygın fiğ+arpa karışımına uygulanan kentsel arıtma çamurunun etkilerinin ele alındığı araştırmada üretim yapılacak tarım arazisinin toprak analiz sonuçlarına göre ve arıtma çamurunun toprakta bırakabileceği ağır metaller göz önünde bulundurularak 2 ton/da arıtma çamurunun yaygın fiğ+arpa karışımında kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Khodadadi vd. (2020) tarafından yürütülen araştırmada, tuzluk seviyesi arttıkça, arpanın sürgün ve kök kuru ağırlığını, bitki boyunu, klorofil ve besin maddesi içeriğini azaltırken, *Azotobacter* ve *Azospirillum* dahil tuza toleranslı bakteri aşılamalarının tuzluluğun büyüme ve fizyolojik özellikler üzerindeki olumsuz etkilerini azalttığı ve bakterilerin köklerde etilen biyosentezini baskılayarak arpa fide kök gelişmesini teşvik ettiği görülmüştür.

Chouyia vd. (2020) saksılarda steril olmayan toprağa, tohum kaplama yöntemi ile steril arpa tohumlarına bakteri inokule ederek 2 cm derinliğe ekmişlerdir. Araştırmada sera koşullarında fosfat çözücü, siderofor üretici, ACC deaminaze aktivitesine sahip *Streptomyces roseocinereus* and *Streptomyces natalensis* izolatlarının arpa bitkisi sürgün ve başak uzunluğu yanı sıra yaprak fosfor içeriğini ve topraktaki N ve P içeriğini önemli miktarda artırdığı ve *S. roseocinereus* MS1B15 streininin bitki büyümesinin yanı sıra P alımını artırması dolayısıyla biyogübre olarak önemli bir potansiyele sahip olduğu vurgulanmıştır.

García vd (2020), arpa doku-kolonizasyon etkinliği (*Hordeum vulgare* L.) *Paraburkholderia tropica* MTo-293 ile tohum aşılması uygulanan iki bitki yetiştirme sisteminde araştırmışlardır. Çalışmada bitki-bakteri etkileşimini incelemek ve ayrıca moleküler biyoloji tekniklerini optimize etmek için uygun bir ortam olarak yarı katı agar içeren steril ortam içeren şişelerde ve) biyogirdi olarak potansiyel davranışlarını anlamak

için bir yaklaşım olarak bir potsubstrat sistemi kullanılmıştır. Bitki dokularındaki yüzey ve endofitik bakteri popülasyonlarını ölçmek için kültüre bağlı teknikler uygulanmış, doku örneklerinde aşılınmış bakterileri saptamak ve lokalize etmek için kültürden bağımsız teknikler, epifloresan, konfokallazer tarama ve taramalı elektron mikroskobu ile biyofilm oluşturma kapasitesi değerlendirilmiştir. Araştırmada *Paraburkholderia tropica* bakterisinin hem abiyotik hem de biyotik yüzeylerde bir biyofilm olarak büyüdü ve diğer mikroorganizmaların varlığında şişelerde yetiştirilen bitkilerde arpa köklerini ve gövdelerini etkin ve verimli bir şekilde kolonize ettiği belirlenmiştir. Bakterilerin kök yüzeylerinde, kılcal köklerde ve merkezi silindir bölgelerinde lokalize olduğu, *Paraburkholderia tropica* nın saksı-substrat sisteminde yetiştirilen bitkilerde kökleri ve gövdeleri kolonize ettiği belirlenmiştir. Araştırmacılar arpa bitkilerinin gelişimi üzerine aşılınan bakterilerin etkilerini değerlendirmek için bitki büyüme parametreleri ölçmüş ve bakter aşılınması durumunda bitkilerde ust akzaminin ağırlığının arttığı görülmüştür. Sonuç olarak *Paraburkholderia tropica* MTo-293 diğer mikroorganizmaların varlığına rağmen verimli bir biyofilm oluşturan ve arpa dokusunu kolonize eden bir bakteri olarak karakterize edilirken, kök endofitik kolonizasyonunun bitki büyüme sistemine bağlı olduğu vurgulanmıştır.

Abdel-Latif vd. (2021), arpa bitkisinde tuzluluğun bazı bitki gelişme parametreleri üzerindeki etkisinin ve özellikle azot metabolizması ile ilişkili değişiklikleri belirlemek ve ayrıca bitki gelişmesini teşvik edici *Bacillus subtilis* suşunun tuzun bitki büyümesi ve gelişimi üzerindeki inhibitör etkisini hafifletmek niteliğinin belirlenmesi için yürüttükleri araştırmada, hidrofonik yetiştirme kültürüne 100 nM NaCl eklenmedi durumunda arpa gelişmesinin önemli ölçüde baskılandığı ve buna sukroz, sakaroz, trehaloz ve prolin ozmoregülatör bileşenlerinde önemli bir artışın eşlik ettiği belirlenmiştir. Çalışmada tuzluluk stresinin nitrat içeriği ve nitrat asimile edici enzim aktivitesinde, nitrat redüktaz (NR) ve glutamin sentetaz (GS) gibi, önemli bir düşüşe neden olduğu oysa köklerdeki amonyak içeriğini önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir. Bitkilerin *Bacillus subtilis* ile aşılınması durumunda, hücre zarlarının bütünlüğünü koruyarak ve NR ve GS aktivitelerini artırarak ve ayrıca kültürlerde büyüme hormonu indol-3-asetik asit/indol asetik asit (IAA) sağlayarak ve bitki besin alımı ve gelişmesini teşvik edici 1-aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz enziminin salgılanması yoluyla tuz stresi altında etilen oluşumunun engellenmesi yoluyla tuz stresi altında arpa gelişmesini teşvik ettiği belirlenmiştir. Araştırmacılar *Bacillus subtilis* aşılmasının ekstra IAA salgılayarak tuzlu koşullarda arpa büyümesini teşvik ettiğini vurgulamışlardır.

Li vd. (2021) PGPR ile birlikte inkübasyon tabii tutulan arpa köklerinde faydalı bitki bakteri etkileşimlerini, arpa fidelerinin gelişmiş stres tepkileri, sinyal iletimi ve besin alımı ve metabolizması ile ilişkili gen ekspresyonunu indüklediğini bildirdiler. Araştırmacılar, etilen biyosentezinin baskılanmasının kök gelişmesini teşvik ettiğini vurgulanmıştır.

Kaur vd. (2022) tarafından kök rizosferinden ve farklı tahıl kök iç dokularından azot bağlayıcı fosfor ve potasyum çözücü bakteri izolasyonu ve bunların konsorsiyum halinde uygulanması ile ilgili yürütülen araştırmada, toplam 152 rizosferik ve endofitik bakteri izole edilmiş, bunların dokuzunun azot fiksettiği, on beşinin fosfor ve on bir adedinin ise potasyum çözme aktivitesi gösterdiği belirlenmiştir. BU bakterilerden üç adedinin tekli ve karışım halinde aşılama kontrolle kıyasla kök/sürgün uzunluğu ve biyokütle, klorofil, karotenoidler, fenolikler, flavonoidler ve çözünen şeker içeriği dahil büyüme ve fizyolojik parametreleri iyileştirici belirlenmiştir.

Cengiz ve Irget (2017) Dünyada organomineral gübrelere ilgili karşılaştırma, farklı materyallerden üretim, doz, uygulama, azot ve fosfor mineralize olma durumu ve azot yıkanması konularını ele aldıkları çalışmada, organomineral gübrelerin toprak organik maddesi ve toprağın biyolojik dinamiklerine önemli katkı sağladığını rapor etmişlerdir.

Altuner (2017) tarafından 2009-2010 ve 2014-2015 yılları vejetasyon döneminde Van ekolojik koşullarında farklı yulaf çeşitlerinin farklı ekim sıklıkları (350, 450 ve 550 tohum/m²) ve azot dozlarının (0, 4, 8 ve 12 kg N/ da) verim ve bazı verim parametreleri üzerine etkisinin test edildiği araştırma sonuçlarına göre, en yüksek tane verimi dekara 8 ve 12 kg azot uygulamasıyla (267.8 ve 270.8 kg/da) en düşük verim ise azotun uygulanmadığı kontrol konusuna alınmıştır.

Kashyap vd. (2017) yeşil yem, saman ve silaj olarak kullanılan yulaf üzerinde yürütülen araştırmada kontrol, NPK (80:40:40 kg ha⁻¹), 1/2 NPK + Çiftlik gübresi (10 tha), 1/2 NPK 4 Çiftlik gübresi (10 t/ ha)+ Trichoderma, 1/2 NPK + FYM (10 t/ ha) + fosfat çözücü bakteri PSB), ve 1/2 NPK + FYM (10 t/ha) + Trichoderma + PSB olmak üzere kimyasal ve azaltılmış kimyasal gübre dozlarına ilave olarak organik ve farklı mikrobiyal gübre uygulamalarını test etmişlerdir. Araştırmada 120 günlük en yüksek bitki boyu (157,7 cm) ve başak uzunluğunun mineral gübre uygulaması ile alındığı, yarım doz NPK ile hayvansal gübre ve fosfat çözücü bakteri kombinasyonunun kontrole kıyasla bütün parametreleri etkilediği ve tam doz mineral gübre ile benzer sonuç verdiği ortaya konulmuştur. Sonuç olarak dane verimi ve diğer tüm parametreler bakımından en yüksek etkinliği yarım doz

NPK,+10 t/ha hayvansal gübre+ PSB + Trichoderma uygulamasını gösterdiği bildirilmiştir.

Akçura ve diğerleri (2018), tarafından Çanakkale koşullarında 56 yulaf genotipinin verim ve verim unsurlarını belirlemek amacıyla yürüttükleri araştırmada tane verimi, biyolojik verim, salkımda tane sayısı, salkımda tane ağırlığı, bayrak yaprak eni ve boyu, salkımlanma gün sayısı, hasat indeksi, salkım boyu ve bitki boyu gibi parametreleri test etmiş ve sonuç yulafta salkımda tane sayıları ve ağırlıklarının tane verimi ile en yakından ilişkili olduğunu ve Çanakkale koşullarında Sarı çeşidi ile 26, 29 ve 30 nolu genotiplerin etkin olduğu tespit edilmiştir

Al-Freeh vd. (2019) tarafından mineral, biyolojik gübre ve organik kombinasyonlarının bitki besin içeriği, fizyolojik büyüme parametreleri ve yulaf verimi üzerine etkisini araştırmışlardır. Araştırmada azot fiksasyon, fosfat ve potasyum çözücü bakteriler test edilmiştir. Denemelerde kontrol, mineral NPK gübresi, NPK biyolojik gübresi, N fkseri biyolojik gübre + mineral PK gübresi, NP biyolojik gübresi + mineral K gübresi, NK biyolojik gübresi + mineral P gübresi ve PK biyolojik gübresi + mineral N gübresi uygulamaları karşılaştırılmıştır. Bu uygulamalara ilaveten 2 organik gübre (0 ve 20 t/ha) uygulanmıştır. Araştırma sonuçlarına göre NPK biyolojik gübresi ile organik gübre kombinasyonlarının test edilen parametrelerin çoğunu etkilediği, vurgulanmıştır. Organik gübrelemenin, biyolojik gübrede bulunan mikroorganizmaların aktiviteleri için besin, enerji kaynakları ve uygun ortamı sağlayarak gelişme, çoğalma, aktivitelerinde ve etkililiklerinde artışa neden olduğu ve atmosferik nitrojeni sabitleme veya fosfat ve potasyum çözme yeteneklerini artırdığı bu durumun verimde artışa neden olduğu bildirilmiştir. Bu araştırma sonucunda, yüksek verimlilik elde etmek için bilinen bir besin kaynağından organik ve mikrobiyal gübreler veya kombinasyonlar kullanılarak, mineral gübrelemenin kısmen veya tamamen telafi edilebileceği olasılığını ortaya koyduğu vurgulanmıştır.

Çiçek (2019) tarafından 5 yulaf çeşidi ve 10 adet yulaf genotipi kullanılarak yürütülen bir araştırmada yulafta bitki boyu, metre karedeki salkım sayısı, salkımdaki tane sayısı, salkımdaki tane ağırlığı, bin tane ağırlığı, tane verimi, protein, nişasta, kül ve tane yağ içeriği gibi parametreler belirlenmiştir. Araştırmada yulaf çeşit ve genotiplerinde bitki boyunun 105.0-158.7 cm, salkım sayısının 61.1-209.3 adet/m², salkımdaki tane sayısı 50.3-140.6 adet ve tane ağırlığının ise 12.17-38,39 g olduğunu belirlemiştir. Araştırmada sulama

yapılmaması durumunda bazı çeşitlerin yüksek dane verimine ulaşabildiği ve bazı genotiplerin değerlendirilebileceği ortaya konulmuştur.

Hocaoğlu (2020) Çanakkale koşullarında yulaf çeşitlerinin azot kullanım etkinliklerinin belirlenmesi amacıyla yürütmüş olduğu araştırmada Çhekota, Kahraman, Sebat, Seydişehir ve Yeniçeri yulaf çeşitlerinin 0, 5, 10, 15 ve 20 kg N/da azotlu gübre uygulamaları altında azot kullanım etkinliği, tane verimi ve verim unsurlarının incelemiştir. Araştırmada en yüksek tane verimi ve biyolojik verimin 15 kg N/da görüldüğü, azot kullanım etkinliğinin uygulanan saf azot miktarına bağlı olarak azaldığı gözlenmiş ve yüksek azot dozlarını daha iyi kullanabilen yulaf çeşitlerinin tercih edilmesinin daha uygun olacağı ifade edilmiştir.

Bitki gelişmesini teşvik eden rhizobakterilerin (PGPR), doğrudan ve dolaylı olarak bitki büyümesini teşvik ettiği bilinmektedir. Rhizosferik PGPR, biyolojik azot fiksasyonu, mineral fosfatların çözünmesi ve organik fosfatların mineralizasyonu, siderofor üretimi, çinko ve demir çözülmesi, oksinler, indol asetik asit, sitokininler, giberellinler, etilen, bazı uçucu maddeler ve benzeri bitki gelişmesini teşvik edici metabolit salgıları, düşük moleküllü uçucu organik bileşik salgılama, atmosferik hava ve topraktan temel besin alımının (N, P, Fe, Zn) kolaylaştırılması, su ve besin alımının artırılması, kök geçirgenliğinin artırılması, organik maddenin mineralizasyonu, sülfür oksidasyonu, rhizosferin düzenlenmesi, 1-aminosiklopropan-1-karboksilat (ACC) deaminaz enzim üretimi, bitki etilen seviyesinin düşmesi, zararlı sinyallerine karşı topluluk algısı, antifungal aktivite gösterme, uçucu bileşiklerin üretimi, bitki dayanıklılığının uyarılması, yararlı bitki-mikroorganizma birlikteliğini teşvik etme; siderofor, 1,3-glukanaz kitin, antibiyotikler, floresan pigment ve siyanid üreterek fitopatojenik mikroorganizmalara karşı antagonistik aktivite sergileme ve patojenlerin toksin ve benzeri madde üretimini engelleme gibi birçok mekanizma ile bitki gelişmesini doğrudan veya dolaylı olarak teşvik edebilmektedir (Dobbelaere vd., 2003; Lucy vd., 2004; Şahin vd., 2004; Çakmakçı vd., 2006, 2007a,b, 2017; Narula vd., 2006; Niranjan vd., 2006; Hayat vd., 2010; Santoro vd., 2011; Bhattacharyya ve Jha, 2012; Pérez-Montaño vd., 2014; Chauhan vd., 2015; Çakmakçı 2014, 2015).

Yapılan araştırmalarda bazı PGPR strainlerinin antioksidan, oksidatif pentoz fosfat yolu, hidrolitik, katalitik ve oksidatif enzim aktivitesini artırdığı (Çakmakçı vd., 2007b, 2009, 2015a, b); ACC deaminaze aktivitesi yoluyla bitki stres etileni seviyesini düşürerek

stres koşullarına dayanıklılığı artırdığı (Glick vd., 2007; Çakmakçı, 2009; Çakmakçı vd., 2009; Sun vd., 2009) belirlenmiştir.

IAA, kök uzama ve gelişmesinde rol oynayan ve doğada en yaygın bulunan oksin çeşitidir. Oksin üretimi, rizosferik bakterilerin doğrudan bitki gelişmesini teşvik edebilme yeteneklerinde önemli bir faktör olarak kabul edilmektedir (Egamberdieva, 2011). IAA, birçok mikroorganizma tarafından L-tryptophan (LT) metabolizmasının yaygın bir ürünüdür (Frankenberger ve Brunner 1983; Lynch 1985; Ahmad vd., 2005). Özellikle rhizosfer bakterilerinin, rhizosfer dışında yaşayan yani bitki köklerinin temas etmediği diğer toprak kısımlarında yaşayan bakterilerden daha fazla indolik bileşik ürettiği belirlenmiştir (Khalid vd., 2004; Souza vd., 2013; Costa vd., 2004). Bakteriyel indolik bileşiklerin sentezi bitkinin kök salgılarındaki öncül maddelere bağlıdır. Değişik kök salgıları arasında L-tryptophan amino asiti bakterinin indolik bileşiklerin sentezlemesinin temel öncül maddesi olarak bilinmektedir (Souza vd., 2015).

Son yıllarda tek bir formülasyonda çoklu faydalı suşların kullanımı giderek önem kazanmaktadır. Araştırmada tekli aşılamalara kıyasla karışım uygulamasının daha etkili olduğu ve azot bağlayıcı ve mineral çözücü mikroorganizmalarda oluşan konsorsiyumun bitki gelişmesi ve toprak sağlığı bakımından biyo gübre olarak kullanılabileceği vurgulanmıştır. Bakteri aşılamaı genellikle ekolojik tarım uygulamaları için bitki gelişme ve verimliliğini iyileştirme bakımından bir çok önemli fırsatlar sunmaktadır. Tarımsal sürdürülebilirlik için farklı tip biyoinokulantlarda teki ve çoklu mikrobiyal streinler tek bir formülasyonda kullanılabilir.

ÜÇÜNCÜ BÖLÜM

MATERYAL VE YÖNTEM

3.1. Araştırma Materyali

3.1.1. Araştırma Yerinin Tanımı ve Özellikleri

Bu araştırma 2020 ve 2021 yıllarında Balıkesir İli Aynaoğlu Köyü tarla şartlarında ve Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yerleşkesi seralarında saksı şartlarında olmak üzere 2 farklı deneme seti olarak yürütülmüştür.

3.1.2. Toprak Özellikleri

Araştırmada iki yıl üzerinde herhangi bir tarımsal işlem yapılmamış tarla toprağı kullanılmıştır. Tarla şartlarında çiftlik gübresi ile deneme yapılan deneme parsellerinde iki yıllık sürede dinlenmiş ve tam kompost hale geldiği görülmüştür. Kontrol denemesi yapılan parseller ise sadece nadasa bırakılmış ve dinlendirilmiş haldedir. Analizi yapılan toprak numunelerinin alınmasında bu parseller dikkate alınmıştır. Deneme sahasında kullanılan toprağın organik madde içeriği bakımından orta, kireç bakımından fazla kireçli, tuzluluğunun az, fosfor miktarının yeterli, potasyum bakımından yeterli durumda olduğu görülmektedir. Tarla şartlarında deneme sahasında kullanılan toprağa ait bazı fiziksel ve kimyasal özellikler Tablo 1’de verilmiştir.

Tablo 1

Tarla şartlarında denemede kullanılan toprakların bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Toprak Özelliği	Yöntem	Sonuç	Açıklama
İşba (%)	Saturasyon	51,70	Killi-Tınlı
pH	Saturasyon	7,21	Nötr
Toplam Tuz (%)	Saturasyon	0,02	Tuzsuz
Kireç (%)	Kalsimetrik	40,98	Çok Fazla Kireçli
Organik madde (%)	Walkley Black	2,03	Orta
Alınabilir P (mg/kg)	Olsen	7,10	Orta
Alınabilir K (mg/kg)	0,17A Asetal AAA	168,64	Yeterli

3.1.3. Bitkisel Materyal

Araştırmada bitki materyali olarak Güzelce Arpa (*Hordeum vulgare* cv Güzelce) çeşidi kullanılmıştır. Tohumlarının ekimi 2020 yılında tarla şartlarında gerçekleştirilmiş, üretim periyodu sürecinde vegetatif ve generatif gelişimleri gözlemlenmiş ve elde edilen veriler kayıt altına alınmıştır. 2021 yılında ise Çanakkale Onsekiz Mart Ziraat Fakültesi sera ortamında saksı şartlarında özellikle kök gelişimi ve kök ve gövde arasındaki dengeleşimine bakılmıştır. Tarla şartlarında yetiştirilen arpa bitkilerinden her bir deneme parselinden 100 cm² alandan 20 adet bitki hesaplaması ile analiz sonuçları alınmıştır.

Kılçıklı olan başak yapısı ile diğer tahıllardan kolayca ayırt edilebilen arpa, bitkisinde başakçıklar, başak eksenine üzerine otururlar ve bir çiçeklidirler. Tohumların kendileri iç kavuz ile başakçık ise dış kavuz ve başakçık eksenine kalıntısı ile örtülmüş haldedir. Kök yapısı itibarı ile kuvvetli kök sistemine sahip buğdaygil bitkisidir. Bu yüzden yeterli nemde, fakir topraklarda rahatlıkla yetiştiriciliği yapılabilmekte ve kısa zamanda olgunlaşabilmektedir. Hayvancılığın yaygın olduğu bölgelerde kaliteli kaba yem ihtiyacı için, yeri dolduramaz bir kaliteli kaba yem kaynağıdır. Bu nedenle verim artışı için; kuru tarım alanlarında yeterli yeri bulması, sulu tarım alanlarında ekim nöbetlerinde öncelikli olması gerekmektedir. Kök sistemi güçlü olduğundan, topraktaki stabil haldeki fosfor ve potaslı bileşikler çözer ve bunlardan en iyi şekilde yararlanır. Bu güçlü kök sistemi ile toprağa bol miktarda organik madde bırakır. Sıcaklık ve nem isteklerine bağlı olarak kıyı bölgelerimizde ekim alanlarının genişletilmesi ve verimin artırılması için üzerinde çalışılması gerekmektedir. Bu araştırmada mikrobiyal, organik ve kimyasal gübre kullanılarak birim alanda arpa üretim artışı sağlanması bakımından kimyasal yerine biyolojik ve organik gübrelerin ne derece ikame edilebileceği ve böylelikle optimum girdi kullanılarak, kimyasal kullanımının azaltılabilme, toprakta pestisit kirliliği veya birikiminin azaltılabilme olanakları araştırılmıştır.

3.1.4. Bakteri Strainleri, İzolasyon Kaynağı ve Bazı Strain Özellikleri

Yapılan araştırmada birinci deneme, tarla koşullarında arpa bitkisinde mineral NP gübrelemesi (14 kg N + 7 kg P/dekar, kompoze 20.20.0 ve Üre formunda), organik çiftlik gübresi (3 ton /da), bir katı zeolit esaslı üçlü mikrobiyal gübre formülü ve üç sıvı taşıyıcı

esaslı üçlü mikrobiyal gübre formülasyonunun bakteri ve gübre uygulanmamış kontrole kıyasla test edilmesi amacıyla kurulmuştur.

Yapılan ikinci deneme çalışmasında ise, saksı koşullarında mineral gübre (40 mg N kg⁻¹ toprak+20 mg P kg⁻¹ toprak), bir hayvan gübresi (20 g sığır gübresi kg⁻¹ toprak) ve azot fikseri, fosfat çözücü ve ACC deaminaze ve indol asetik asit üretici bakterilerden oluşturulan bir katı zeolit esaslı (ZF1: *Pseudomonas fluorescens* RC09 + *Bacillus megaterium* RC34 + *Bacillus subtilis* RC67) ve üç sıvı taşıyıcı esaslı (SF1: *P. fluorescens* RC09 + *B. megaterium* RC34 + *B. subtilis* RC67; SF2: *P. fluorescens* RC84 + *Pseudomonas putida* RC90 + *B. subtilis* RC631; SF3: *P. fluorescens* RC86 + *B. megaterium* RC33 + *B. subtilis* RC11) üçlü bakteri kombinasyonunun doğal koşullarda arpa (*Hordeum vulgare* L. cv. Güzelce) gelişmesi üzerine etkisinin belirlenmesi amacıyla yürütülmüştür.

3.2. Yöntem

3.2.1. Deneme Deseni ve Uygulamalar

Araştırma 2 farklı deneme seti halinde tesadüf parselleri deneme deseninde 4 tekerrürlü olacak şekilde kurulmuştur. Araştırmada kimyasal NP, çiftlik gübresi, bir zeolit taşıyıcı esaslı mikrobiyal gübre, üç sıvı taşıyıcı esaslı mikrobiyal gübre ve kontrol (bakterisiz ve gübresiz) toplam 7 uygulama parsel ve saksılara tesadüfi olarak dağıtılmıştır. Tarla denemesinde parsel boyutları 3 x 4 m (12 m²) parseller arası 0,5 m ve bloklar arası mesafe ise 1 m olarak alınmıştır. Uygulamalar Tablo 2’de aşağıda verilmiştir.

Tablo 2

Denemelerde test edilen uygulamalar

Uygulama	Açıklama	Miktar
Kontrol	Bakteri ve gübre uygulanmamış	
NP	Tarla:Kompoze 20.20.0+ Üre %46 Saksı: TSP %42-44+Üre%46	Tarla: 14 kg N + 7 kg P/dekar Saksı: 40 mg N kg ⁻¹ toprak +20 mg P kg ⁻¹ toprak)
Çiftlik Gübresi	Büyükbaş ahır gübresi	Tarla: 3 ton/da Saksı: 20 g kg ⁻¹ kuru toprak
Katı zeolit esaslı mikrobiyal gübre (ZF1)	ZF1: <i>Pseudomonas fluorescens</i> RC09 + <i>Bacillus megaterium</i> RC34 + <i>Bacillus subtilis</i> RC67)	Tohum inokülasyonu (10 ⁸ kob mL ⁻¹)
Sıvı taşıyıcı esaslı mikrobiyal gübre (SF1)	SF1: <i>P. fluorescens</i> RC09 + <i>B. megaterium</i> RC34 + <i>B. subtilis</i> RC67	Tohum inokülasyonu (10 ⁸ kob mL ⁻¹)
Sıvı taşıyıcı esaslı mikrobiyal gübre (SF2)	SF2: <i>P. fluorescens</i> RC84 + <i>Pseudomonas putida</i> RC90 + <i>B. subtilis</i> RC631	Tohum inokülasyonu (10 ⁸ kob mL ⁻¹)
Sıvı taşıyıcı esaslı mikrobiyal gübre (SF3)	SF3: <i>P. fluorescens</i> RC86 + <i>B. megaterium</i> RC33 + <i>B. subtilis</i> RC11	Tohum inokülasyonu(10 ⁸ kob mL ⁻¹)

Tarla denemelerinde çiftlik gübresi ekim öncesi tarla hazırlığı döneminde ve azot uygulamasının yarısı ve fosfor uygulamasının tamamı ekimle birlikte taban gübresi olarak (kompoze 20.20.0 formunda), azot uygulamasının kalan yarısı ise başaklanma öncesinde üst gübre olarak uygulanmıştır.

Saksı denemelerinde mineral gübre uygulanması uzun yıllar tarım yapılmamış tarla toprağının elenerek saksılara doldurulması aşamasında gerçekleştirilmiştir. Her iki deneme setinde de 4 farklı uygulamayla yürütülmüştür. Saksı denemeleri 4 tekerrürlü olmak üzere elenmiş tarla toprağı doldurulmuş 16 L kapasiteli saksılarda kurulmuştur. İki yinelemeli saksı denemelerine ilaveten bir yıl önce tarla denemeleri kurulmuş, tarla denemelerinde bir çiftlik gübresi, üç biyolojik gübre, bir zeolit taşıyıcı esaslı biyoojik gübre, bir kimyevi gübre ve bir kontrol deseninde olmak üzere 7 deneme deseni dört tekerrürlü olmak üzere tarla şartlarında çalışma yürütülmüştür.

3.2.2. Bakteri Süspansiyonlarının Hazırlığı ve Uygulama

Sıvı kombinasyon ve biyolojik gübre hazırlanırken öncelikle suşlar saf kültür olarak NB ortamında yatay çalkalayıcıda 28 °C de 24 saat geliştirilmiş ve 10⁸ kob/mL konsantrasyonda sıvı taşıyıcı içinde formülasyon için kullanılmıştır. Saf bakteri kolonileri

alınarak önceden fermentörde hazırlanan ve yatay çalkalayıcıda 121 °C 'de 20 dakika otoklavlanarak sterilize edilen NB besiyerine aktarılmıştır (Çakmakçı vd. 2013). Bakteriler, 24 saat süresince optimum pH, oksijen ve sıcaklık sağlanarak geliştirilmiş daha sonra tamamen buharla sterilize edilen sıvı taşıyıcı karışıma 1:10 oranında aşılanmıştır. Bakteri aşılanmış organik sıvı taşıyıcı, optimum büyüme koşulları altında biyoreaktörde inkübe edilmiş, 48 saat sonunda mililitredeki canlı bakteri sayısı 1×10^8 kob hücreyi aştığında ürün steril koşullarda paketlenerek kullanıma kadar 5°C'de soğuk bir odada saklanmıştır. Uygulama esnasında toprak ile bakteri inokülasyonunun gerçekleşmesine itina edilmiş ve bakteri aktivasyonunun bitkide hızlı bir şekilde etki etmesi sağlanmıştır.

Araştırmada kullanılan üç farklı bakteri suşu içeren katı toz halinde zeolit esaslı taşıyıcı formülasyonun hazırlanmasında öncelikle taşıyıcı materyal sterilize edilmiş, Nutrient Agar (NA) besiyeri içeren petri kabına ekilen bakteri kültürü, 27°C'de 24 saat inkübe edilmiş, izolatlar NB broth içine inoküle edilmiş ve bir çalkalayıcı inkübatörde 150 rpm'de 48 saat inkübe edilmiş, inkübasyondan sonra, zeolit bazlı formülasyon için 10^9 cfu ml-1 içeren süspansiyon kullanılmıştır. Biyo formülasyonların hazırlanması için Çakmakçı vd. (2017) tarafından açıklanmış olduğu gibi, bakteri süspansiyonu, saflaştırılmış zeolit karışımı, pH 7'ye ayarlanmış ve karboksil metil selüloz (CMC yapıştırıcı) eklenerek hazırlanmıştır (Ardakani vd. 2010; Jorjani vd. 2011; Çakmakçı vd. 2017). Ekimde bir saksı için 150 mg formüle edilmiş ürün oranında karıştırılmış katı bazlı formülasyonun toprağa uygulanmıştır.

İlk olarak, inokülasyon için arpa tohumları %0,5 sodyum hipoklorit ile 15 dakika yüzey sterilizasyonuna tabi tutulmuş ve steril distile su ile 5 kez durulanmıştır. Zeolit bazlı bakteri formülasyonu için, %30 nem içeren 20 ug taşıyıcıya on mililitre bakteri süspansiyonu ilave edilmiştir. Tohumlar bakteri kültürü (100 g kg^{-1}) ile muamele edilmiş, doğrudan güneş ışığından korunacak şekilde kurutulmuş ve saksılara ekilmiştir. Yirmi saksı için yüz gram sıvı taşıyıcı bazlı formülasyon kullanılmıştır. Arpa tohumu aşılması için tohumlar aseptik bir teknik kullanılarak 30 dakika boyunca 10^8 CFU ml-1 konsantrasyonda bakteri süspansiyonları ile muamele edilmiş gölgede kurutulmuş ve ekilmiştir.

3.2.3. Bakım ve Hasat

Tarla ve saksı denemeleri süresince herhangi bir kimyasal ilaç uygulaması yapılmamıştır. Yabani hardal, yabani yulaf vb. uzun boylu yabancı ot mücadelesi elle

yapılmıştır. Sadece tohum adedi ve tohum ağırlığı için tarla parsellerin uç kımından toprak seviyesinde kök boğazının üzerinden ilk boğumdan 100 cm² alandan ortalama 20 adet bitki hesabı ile makas ile kesilerek elle yapılmıştır. Diğer parametreler parsellerde kenar tesiri atıldıktan sonra yapılan parsel hasatları sonucunda belirlenmiştir. Saksı deneme hasatları ayrı ayrı 20 ve 30 günlük olmak üzere iki deneme seti üzerinden yapılmıştır.

3.2.4. Gelişme ve Verim Parametreleri

3.2.4.1. Tohum adedi (adet): Hasatla birlikte 100 cm² alandaki 20 adet bitkiden elde edilen danenin adet cinsinden miktarları kaydedilmiştir.

3.2.4.2. Tohum ağırlığı (gram): Hasatla birlikte 100 cm² alandaki 20 adet bitkiden elde edilen danenin tartılarak gram cinsinden ağırlıkları kaydedilmiştir.

3.2.4.3. Bin dane ağırlığı (gram): Hasat parsellerinin elde edilen dane ürününden her bir parsel için 4 kez 100 adet sayılmış ve hassas terazide tartılarak, bu tartımların ortalaması alınmış ve onla çarpılarak bin dane ağırlığı hesaplanmıştır.

3.2.4.4. Biyolojik verim (kg/da): Her bir parselde hasat edilen bitkiler tarlada 3 günlük süre kurutulduktan sonra tartılmış ve parsel verimleri değerleri dikkate alınarak biyolojik verim kg/da olacak şekilde hesaplanmıştır.

3.2.4.5. Dekara verim (kg/da): Her parselin kenar sıraları ve parsel başlarından 0,5 m kenar tesiri çıkarılmış, arta kalan kısımlardaki bitkiler hasat edilmiş, harman edilmiş ve elde edilen değerler kg/da'a çevrilerek belirlenmiştir.

3.2.4.6. Hektolitre ağırlığı (kg/hl): Her parselden elde edilen üründen 250 ml'lik hektolitre ölçme aletinde tanelerin ağırlığı ölçülmüş ve 400 ile çarpılarak kg cinsinden belirlenmiştir (Ergün ve Geçit, 2008).

3.2.4.7. Saksı denemelerinde gelişme parametreleri

Kök uzunluğu (cm): Saksı şartlarında yetiştirilen bitkilerin 20 gün ve 30 gün büyüme periyodu sonunda sökülerek elde edilen kök bölgesi uzunluklarının ölçülerek cm cinsinden uzunlukları kaydedilmiştir.

Kök yaş ağırlığı (gram): Saksı şartlarında yetiştirilen bitkilerin 20 gün ve 30 gün büyüme periyodu sonunda sökülerek elde edilen yaş haldeki kök bölgesi ağırlıklarının tartılarak gram cinsinden ağırlıkları kaydedilmiştir.

Kök kuru ağırlığı (gram): Saksı şartlarında yetiştirilen bitkilerin 20 gün ve 30 gün büyüme periyodu sonunda sökülerek elde edilen kurutulmuş haldeki kök bölgesi ağırlıklarının tartılarak gram cinsinden ağırlıkları kaydedilmiştir.

Gövde yaş ağırlığı (gram): Saksı şartlarında yetiştirilen bitkilerin 20 gün ve 30 gün büyüme periyodu sonunda sökülerek elde edilen yaş haldeki gövde bölgesi ağırlıklarının tartılarak gram cinsinden ağırlıkları kaydedilmiştir.

Gövde kuru ağırlığı (gram): Saksı şartlarında yetiştirilen bitkilerin 20 gün ve 30 gün büyüme periyodu sonunda sökülerek elde edilen kurutulmuş haldeki gövde bölgesi ağırlıklarının tartılarak gram cinsinden ağırlıkları kaydedilmiştir.

Toplam bitki yaş ağırlığı (gram): Saksı şartlarında yetiştirilen bitkilerin 20 gün ve 30 gün büyüme periyodu sonunda sökülerek elde edilen yaş haldeki kök ve gövde bölgesi ağırlıklarının tartılarak gram cinsinden toplam ağırlıkları kaydedilmiştir.

Toplam bitki kuru ağırlığı (gram): Saksı şartlarında yetiştirilen bitkilerin 20 gün ve 30 gün büyüme periyodu sonunda sökülerek elde edilen kurutulmuş haldeki kök ve gövde bölgesi ağırlıklarının tartılarak gram cinsinden toplam ağırlıkları kaydedilmiştir.

3.2.5. İstatistikî Analiz

Saksı ve tarla denemelerinde belirlenen tüm veriler STATISTICA (StatSoft-2003) ve SPSS (IBM SPSS Statistics 20) programları kullanılarak (özellikle varyans ve çoklu karşılaştırma testleri yapılarak) istatistikî olarak analiz edildikten sonra, uygulamalar arasındaki farklılıklar ortaya konulmuştur.

DÖRDÜNCÜ BÖLÜM ARAŞTIRMA BULGULARI

Arpa (*Hordeum Vulgare*) Gelişme ve Verim Parametreleri

4.1. Tarla Denemesi Sonuçları

4.1.1. Tohum Adedi

Arpa bitkisinin tohum adedi değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 3 ve Tablo 4’de verilmiştir. Arpa bitki 100 cm² alanda tohum adedi bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En yüksek tohum sayısı çiftlik gübresi uygulamasında elde edilmiş ve bu uygulamayı aynı gruba giren NP mineral gübre uygulaması ve SF2 bakteri formülasyonu aşılması izlemiştir. Tohum adedi bakımından çiftlik gübresi uygulamalarla kontrol uygulaması arasında ortaya çıkan farklılıklar istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır; bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla 100 cm² alandaki tohum sayısı mineral gübre (NP) uygulaması ile %10,2; çiftlik gübresi uygulaması ile %18,2; zeolit taşıyıcı esaslı biyolojik gübre uygulaması ile %0,89 ve sıvı taşıyıcı esaslı SF1, SF2, ve SF3 bakteri formülasyonlarında ise %6,3-9,1 arasında değişen oranlarda artmıştır.

Tablo 3

Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde tohum sayısı, tohum ağırlığı ve 1000 dane ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Tohum Adedi		Tohum Ağırlığı		1000 Dane Ağırlığı	
		KO	F	KO	F	KO	F
Uygulamalar	6	10303	3,38*	60,57	3,49*	4,86	2,88*
Hata	21	3050		17,33		1,69	

*:p<0,05 ; **: p<0,01

SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Tablo 4

Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde tohum adedi, tohum ağırlığı ve 1000 dane ağırlığı ve hektolitre ağırlığı üzerine etkisi

Uygulamalar *	Tohum Adedi (adet/100 cm ²)**	Tohum ağırlığı (g/100 cm ²)	1000 dane ağırlığı (g)
Kontrol	95,4 ± 5,9 b	4,18 ± 0,33 c	36,49 ± 3,51 c
NP	105,1 ± 6,9 ab	5,09 ± 0,47 ab	48,46 ± 1,89 a
ÇG	112,7 ± 6,9 a	5,40 ± 0,50 a	47,97 ± 1,71 b
ZF1	96,2 ± 6,6 b	4,22 ± 0,45 c	42,32 ± 0,89 b
SF1	101,4 ± 6,7 b	4,35 ± 0,32 c	42,94 ± 2,42 b
SF2	104,1 ± 4,8 ab	4,88 ± 0,42 b	46,91 ± 2,37 ab
SF3	102,9 ± 7,1 b	4,76 ± 0,29 b	46,35 ± 1,32 ab
Ortalama	102,6 ± 8,1	4,70 ± 0,51	44,49 ± 4,94

* Kontrol: Bakteri ve gübre uygulanmamış; ÇG: Çiftlik gübresi (3 ton/da); ZF1: Katı zeolit esaslı mikrobiyal gübre (*Pseudomonas fluorescens* RC09 + *Bacillus megaterium* RC34 + *Bacillus subtilis* RC67); SF1, SF2 ve SF3: Sıvı taşıyıcı esaslı mikrobiyal gübreler (SF1:*P. fluorescens* RC09 + *B. megaterium* RC34 + *B. subtilis* RC67, SF2: *P. fluorescens* RC84 + *Pseudomonas putida* RC90 + *B. subtilis* RC631, SF3: *P. fluorescens* RC86 + *B. megaterium* RC33 + *B. subtilis* RC11).

**Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar kendi grubunda önemli (p≤0,05) değildir, ±: standart hata

Yapılan çalışmanın sonucunda tohum adedi bakımından çiftlik gübresi, (NP) uygulaması, SF2 formülasyonu uygulamalarının uygun olabileceği ortaya çıkmıştır (Tablo 4).

4.1.2. Tohum Ağırlığı

Arpa bitkisinin tohum ağırlığı değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 3 ve Tablo 4’de verilmiştir. Arpa bitkisinde 100 cm² alandaki tohum ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En yüksek tohum ağırlığı çiftlik gübresi uygulamasında elde edilmiştir bu uygulamayı mineral gübre uygulaması takip etmiştir. Tohum ağırlığı bakımından katı zeolit esaslı taşıyıcı ZF1 ve sıvı esaslı ZF1 bakteri aşılama kontrol arasında ortaya çıkan farklılıklar istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır. Kontrole kıyasla 100 cm² alandaki tohum ağırlığı mineral gübre (NP) uygulaması ile %21,9; çiftlik gübresi (ÇG) uygulaması ile %29,3; zeolit taşıyıcı esaslı biyolojik gübre uygulaması ile %0,9 ve F1, F2 ve F3 bakteri formülasyonlarında ise % 4,2-16,8 arasında değişen oranlarda artmıştır (Tablo 4).

Yapılan çalışmanın sonucunda tohum ağırlığı bakımından başta çiftlik gübresi olmak üzere mineral gübre ve SF2 uygulamalarının uygun olduğu ortaya çıkmıştır.

4.1.3. Bin Dane Ağırlığı

Arpa bitkisinin bin dane ağırlığı değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 3 ve Tablo 4’de verilmiştir. Arpa bitkisinde bin dane ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En yüksek bin dane ağırlığı mineral gübre ve çiftlik gübresi uygulamalarından elde edilmiş ve bu uygulamaları aynı gruba giren SF2 formülasyonu uygulaması, SF3 formülasyonu uygulaması, SF1 ve zeolit taşıyıcı esaslı biyolojik gübre izlemiştir. Bin dane ağırlığı bakımından bütün uygulamalar kontrole kıyasla ortaya çıkan farklılıklar önemli bulunmuş istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır; bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla bin dane ağırlığı mineral gübre (NP) uygulaması ile %32,8; çiftlik gübresi uygulaması ile %31,4; zeolit taşıyıcı esaslı biyolojik gübre uygulaması ile %16,0, sıvı taşıyıcı esaslı SF1 bakteri aşılması ile %17,6, SF2 formülasyonu ile % 28,6 ve SF3 bakteri formülasyonu aşılması ile ise %27,0 oranında artmıştır. (Tablo 4).

Yapılan çalışmanın sonucunda bin dane ağırlığı bakımından mineral gübre, çiftlik gübresi, SF2 ve SF2 bakteri formülasyonlarının etkin olduğu belirlenmiştir.

4.1.4. Hektolitre Ağırlığı

Arpa bitkisinin hektolitre ağırlığı değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir. Arpa bitkisinde hektolitre ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistikî bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En yüksek hektolitre ağırlığı mineral ve çiftlik gübresi uygulamalarından elde edilmiş, bu uygulamaları aynı gruba giren sıvı bakteri esaslı SF1 ve SF2 formülasyonları izlemiştir. Arpa bitkisi tohumlarında ölçülen hektolitre ağırlığı bakımından zeolit esaslı bakteri formülasyonu ve SF3 formülasyonunda ölçülen hektolitre ağırlığı kontrol uygulamasına kıyasla artmış ve artış oranları istatistiksel olarak önemli bulunmuş, ancak bu iki uygulama mineral gübre, hayvan gübresi, SF1 ve SF2 formülasyonlarına kıyasla düşük bulunmuştur. Kontrol uygulamasına kıyasla mineral gübre, hayvan gübresi, ZF1, SF1, SF2 ve SF3 bakteri formülasyonlarında sırası ile %25,8, %24,4, %14,8, %23,3, %22,6 ve %12,7 oranında artış olduğu belirlenmiştir (Tablo 4).

Tablo 5

Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde hektolitre ağırlığı ve dekara dane verimi değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Hektolitre Ağırlığı		Dane Verimi	
		KO	F	KO	F
Uygulamalar	6	65,84	47,56**	6098,8	12,97**
Hata	21	1,38		470,2	

p<0,05 ; **: p<0,01

Tablo 6

Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde hektolitre ağırlığı, dane verimi ve biyolojik verim üzerine etkisi

Uygulamalar	Hektolitre Ağırlığı (g)	Dane Verimi (kg/da)	Biyolojik Verim (kg/da)
Kontrol	43,9 ± 0,9 c	320,8 ± 32,0 e	930 ± 51 e
NP	55,2 ± 0,7 a	418,2 ± 17,9 a	1237 ± 59 a
ÇG	54,6 ± 1,3 a	408,8 ± 15,7 ab	1185 ± 58 ab
ZF1	50,4 ± 1,8 b	366,7 ± 8,6 c	1063 ± 57 c
SF1	54,1 ± 1,5 a	356,2 ± 22,6 d	1033 ± 56 d
SF2	53,9 ± 0,5 a	398,0 ± 21,4 b	1170 ± 40 b
SF3	49,5 ± 0,9 b	396,7 ± 12,0 b	1158 ± 61 b
Ortalama	51,68 ± 3,9	380,8 ± 34,9	1104 ± 68

*Aynı harfle gösterilen ortalamalar arasındaki farklar kendi grubunda önemli ($p \leq 0,05$) değildir, ±: standart hata

Yapılan çalışmanın sonucunda hektolitre ağırlığı bakımından mineral gübre, çiftlik gübresi, F1 ve F2 formülasyonu uygulamasının en yüksek aktivite gösterdiği ortaya çıkmıştır.

4.1.5. Dane verimi

Arpa bitkisinin dane ağırlığı değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 5 ve Tablo 6'da verilmiştir. Arpa bitkinde dekara dane verimi bakımından uygulamaların etkisi istatistikî bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En yüksek dane verimi mineral gübre uygulamasından elde edilmiş ve bu uygulamayı aynı gruba giren çiftlik gübresi izlemiştir. Bu uygulamaları çiftlik gübresi ile aynı gruba giren sıvı esaslı SF2 ve SF3 bakteri formülasyonları izlemiştir. Dane verimi bakımından bu üç uygulamalar arasında ortaya çıkan farklılıklar istatistikî bakımdan önemli bulunmamıştır. Bakteri ve gübre uygulanmamış kontrole kıyasla dekara dane verimi; mineral gübre uygulamasıyla %30,3, çiftlik gübresi uygulaması ile %27,4; SF2 formülasyonu ile %24,1, SF3 formülasyonu ile %23,6, zeolit taşıyıcı esaslı ZF1 biyolojik gübre uygulaması ile %14,3 ve sıvı taşıyıcı esaslı SF1 bakteri formülasyonunda %11,1 oranlarında artmıştır (Tablo 6).

Yapılan çalışmanın sonucunda dane verimi bakımından çiftlik gübresi, F2 formülasyonu, F3 formülasyonu uygulaması ile yapılacak üretimin ekonomik olacağı, kontrol grubu ile bu gruba dahil olan F1 bakteri formülasyonlu, zeolit taşıyıcı esaslı bakteri uygulaması, mineral gübre (NP) uygulamalı üretim süreçlerinde de üretim yapılabileceği, ancak bakım ve beslemede daha dikkatli davranılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

4.1.6. Biyolojik Verim

Arpa bitkisinin biyolojik verimi ağırlığı değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 7 ve Tablo 6'da verilmiştir. Arpa bitkisinde dekara biyolojik verimi bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En yüksek biyolojik verimi ağırlığı mineral gübre (NP) uygulamasında elde edilmiş ve bu uygulamayı çiftlik gübresi uygulaması, SF2 ve SF3 formülasyonları izlemiştir. Bütün uygulamalar kontrole kıyasla biyolojik verim değerini artırmış ve artış oranları istatistiksel bakımdan önemli bulunmuştur. Kontrole kıyasla arpa bitkisinde biyolojik verim değerleri mineral gübre (NP) uygulaması ile %33,0; çiftlik gübresi uygulaması ile %27,4; zeolit taşıyıcı esaslı ZF1 biyolojik gübre uygulaması ile %14,3, SF1 bakteri formülasyonu ile %11,1, ZF2 bakteri formülasyonu ile %25,8 ve SF3 bakteri formülasyonu ile %24,5 oranlarında artmıştır (Tablo 6).

Tablo 7

Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde yeşil ot ağırlığı ve kuru ot değerlerine ait varyans analiz sonuçları

Varyasyon Kaynakları	SD	Biyolojik Verim	
		KO	F
Uygulamalar	6	31558	6,69**
Hata	21	47013	

p<0,05 ; **: p<0,01

Yapılan çalışmanın sonucunda arpa bitkisinde biyolojik verim bakımından başta mineral ve hayvan gübresi olmak üzere SF2 ve SF3 bakteri aşılması uygulamalarının en uygun sonucu verdiği ve bu uygulamaların arpa yetiştiriciliğinde istenilen düzeyde verim artışı sağlayabildiği ortaya çıkmıştır.

Bitki gelişmesini teşvik edici bakterilerin bitki büyümesi üzerindeki olumlu etkileri, kök büyümesi ve morfolojisindeki dikkate değer değişiklikler, yani yanal kök ve kılcal kök sayısı ve uzunluğunun artmasıyla ilişkili olduğu belirlenmiştir. Azot fiksedan ve fosfat çözücü bakteri aşılama çalışmalarının; saksı denemelerinde toprakta toplam kültüre alınabilir bakteri popülasyonu, fosfat çözücü bakteri sayısını, besin alınabilirliğini ve alımını, fidelerin kök ve sürgün ağırlığını ve arpa gelişmesini teşvik ettiği (Canbolat vd., 2006 a,b; Cakmakci vd., 2001); sera ve tarla koşullarında arpada tane verimi, verim bileşenleri, biyokütle verimleri ve kalite parametrelerini artırdığı (Çakmakçı vd., 1999, 2001; Şahin vd., 2004); saksı denemelerinde kök ve sürgün ağırlığın ile birlikte toprak N₂- bağlayıcı ve P-çözücü bakteri içeriğini ve arpada N, P, Fe, Mn ve Zn alımını artırdığı (Çakmakçı ve diğerleri, 2007b), pot-substrat sisteminde yetiştirilen bitkilerde arpa köklerine kolonize olarak arpa gelişmesini teşvik ettiği (Garcia ve diğerleri, 2020); arpanın kök yüzeyinde ve kılcal köklerin iç kısmında kolonize olabildikleri (Santos vd., 2017) ve sürgün ve başak uzunluğunu, başaklarda ve yapraklarda mevcut P'yi ve toprakta P ve N içeriğini ve verimi arttırdığı (Chouyia vd., 2020) belirlenmiştir.

Bacillus subtilis ile aşılama çalışmasının, hücre zarlarının bütünlüğünü koruyarak ve nitrat redüktaz ve glutamin sentetaz ile indol asetik asidi (IAA) artırarak ve 1-aminosiklopropan - 1-karboksilat (ACC) deaminaz enziminin salgılanması yoluyla stres kaynaklı etilen üretimini azaltarak tuz stresi altındaki arpa bitkilerinin büyümesini arttırdığı bildirilmiştir (Abdel-Latif vd., 2021). Öte yandan, PGPR suşları, arpa bitkilerinin çözünmeyen fosfat koşulları altında büyümesini teşvik etmiş ve bu bakteriler, arpa bitkilerine uygulanan gübre miktarının azaltılmasına katkıda bulunmuştur (Pontes vd., 2015).

4.2. Saksı Denemesi Sonuçları

4.2.1. Kök Uzunluğu (20 Gün)

Yirmi günlük saksı denemesi sonuçlarına göre arpa bitkisinin kök uzunluğu değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 8 ve Tablo 9'da verilmiştir. Arpa bitkisinde 20 günlük saksı denemesinde kök uzunluğu bakımından uygulamaların etkisi istatistiksel bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En uzun kök uzunluğu F2 bakteri formülasyonu uygulamasında elde edilmiş ve bu uygulamayı aynı gruba giren F3 bakteri formülasyonu uygulaması ve F1 bakteri formülasyonu

uygulamasını izlemiştir. 20 günlük kök uzunluğu bakımından uygulamalar arasında ortaya çıkan farklılıklar istatistikî bakımdan önemli bulunmamıştır; bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrolle kıyasla saksı denemesinde 20 günlük kök uzunluğu F2 bakteri formülasyonu uygulaması ile %6,90, F3 bakteri formülasyonu uygulaması ile %4,84, F1 bakteri formülasyonu uygulaması ile %3,28, mineral gübre (NP) uygulaması ile -%1,11; çiftlik gübresi uygulaması ile %2,34; zeolit taşıyıcı esaslı biyolojik gübre uygulaması ile -%3,73 oranlarında artmıştır (Tablo 9).

Tablo 8

Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde kök uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları (20 ve 30 günlük)

Varyasyon Kaynakları	SD	Kök Uzunluğu		Kök Yaş Ağırlığı		Kök Kuru Ağırlığı	
		KO	F	KO	F	KO	F
Birinci Hasat (20 Günlük)							
Uygulamalar	6	1,72	6,06**	0,059	9,93**	0,002	8,38**
Hata	21	0,28		0,006		0,001	
Birinci Hasat (30 Günlük)							
Uygulamalar	6	4,43	5,85**	0,081	9,22**	0,003	12,17**
Hata	21	0,76		0,009		0,001	

*:p<0,05 ; **: p<0,01

SD. Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Tablo 9

Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde kök uzunluğu, kök yaş ve kuru ağırlığı üzerine etkisi

Uygulamalar	Kök Uzunluğu (cm)		Kök Yaş Ağırlığı (g)		Kök Kuru Ağırlığı (g)	
	20 Günlük	30 Günlük	20 Günlük	30 Günlük	20 Günlük	30 Günlük
Kontrol	17,97±0,35 bc	21,1±0,1 a	0,86±0,089 d	1,42±0,08 c	0,18±0,03 c	0,31±0,02c
NP	17,77±0,69 bc	18,7±0,4 c	1,05±0,04 bc	1,77±0,07 ab	0,23±0,02 ab	0,37±0,01 ab
ÇG	18,39±0,67 ab	20,6±0,8 ab	1,14±0,02 a-c	1,73±0,10 ab	0,23±0,01 ab	0,37±0,01 b
ZF1	17,30±0,62 c	19,7±0,7 bc	1,04±0,07 c	1,66±0,14 b	0,22±0,01 b	0,35±0,01 b
SF1	18,56±0,28 ab	21,0±0,8 ab	1,09±0,10 bc	1,76±0,09 ab	0,23±0,01 ab	0,37±0,01 ab
SF2	19,20±0,47 a	21,8±1,1 a	1,25±0,09 a	1,84±0,06 a	0,24±0,01 a	0,40±0,02 a
SF3	18,84±0,51 a	21,3±1,0 a	1,17±0,13 ab	1,81±0,88 a	0,23±0,01 ab	0,38±0,02 ab
Ortalama	18,29±0,78	20,6±1,3	1,08 ± 0,13	1,71 ± 0,16	0,22 ± 0,02	0,36 ± 0,03

Yapılan çalışmanın sonucunda 20 günlük saksı denemesinde kök uzunluğu bakımından F2, F3, F1 bakteri formülasyonları ve çiftlik gübresi uygulaması ile yapılacak

üretimlerin ekonomik olacağı, kontrol grubu ile bu gruba dahil olan üretim süreçlerinde de üretim yapılabileceği, ancak bakım ve beslemede daha dikkatli davranılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

4.2.2. Kök Uzunluğu (30 Gün)

Otuz günlük saksı denemesi sonuçlarına göre arpa bitkisinin kök uzunluğu değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 8 ve Tablo 9'da verilmiştir. Arpa bitkisinde 30 günlük saksı denemesinde kök uzunluğu bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En uzun kök uzunluğu F2 bakteri formülasyonu uygulamasında elde edilmiş ve bu uygulamayı aynı gruba giren F3 bakteri formülasyonu uygulaması, kontrol deneme parseli, F1 bakteri formülasyonu ve çiftlik gübresi uygulaması izlemiştir. 30 günlük kök uzunluğu bakımından uygulamalar arasında ortaya çıkan farklılıklar istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır; bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla saksı denemesinde 30 günlük kök uzunluğu F2 bakteri formülasyonu uygulaması ile %03,08, F3 bakteri formülasyonu uygulaması ile %1,04, F1 bakteri formülasyonu uygulaması ile -%0,66, mineral gübre (NP) uygulaması ile -%1,12; çiftlik gübresi uygulaması ile -%2,65; zeolit taşıyıcı esaslı biyolojik gübre uygulaması ile -%6,92 oranlarında artmıştır, (Tablo 9).

Yapılan çalışmanın sonucunda 30 günlük saksı denemesinde kök uzunluğu bakımından F2, F3, F1 bakteri formülasyonları ve çiftlik gübresi uygulaması ile yapılacak üretimlerin ekonomik olacağı, kontrol grubunun altında kalan ve bu gruba dahil olan üretim süreçlerinde de üretim yapılabileceği, ancak bakım ve beslemede daha dikkatli davranılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

4.2.3. Kök Yaş Ağırlığı (20 Gün)

Yirmi günlük saksı denemesi sonuçlarına göre arpa bitkisinin kök yaş ağırlığı değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 8 ve Tablo 9'da verilmiştir. Arpa bitkisinde 20 günlük saksı denemesinde kök yaş ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En ağır kök yaş ağırlığı F2 bakteri formülasyonu uygulamasında elde edilmiş ve bu uygulamayı aynı gruba giren F3 bakteri formülasyonu uygulaması ve çiftlik gübresi uygulaması izlemiştir. 20 günlük kök yaş ağırlığı bakımından uygulamalar arasında ortaya

çıkan farklılıklar istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır; bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla saksı denemesinde 20 günlük kök yaş ağırlığı F2 bakteri formülasyonu uygulaması ile %44,51, F3 bakteri formülasyonu uygulaması ile %35,14, çiftlik gübresi uygulaması ile %31,59, mineral gübre (NP) uygulaması ile %21,26; F1 bakteri formülasyonu uygulaması ile %25,75; zeolit taşıyıcı esaslı biyolojik gübre uygulaması ile %20,50 oranlarında artmıştır (Tablo 9).

Yapılan çalışmanın sonucunda 20 günlük saksı denemesinde kök uzunluğu bakımından F2, F3 bakteri formülasyonları ve çiftlik gübresi uygulaması ile yapılacak üretimlerin ekonomik olacağı, kontrol grubu ile bu gruba dahil olan üretim süreçlerinde de üretim yapılabileceği, ancak bakım ve beslemede daha dikkatli davranılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

4.2.4. Kök Yaş Ağırlığı (30 Gün)

Otuz günlük saksı denemesi sonuçlarına göre arpa bitkisinin kök yaş ağırlığı değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 8 ve Tablo 9’da verilmiştir. Arpa bitkisinde 30 günlük saksı denemesinde kök yaş ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En ağır kök yaş ağırlığı F2 bakteri formülasyonu uygulamasında elde edilmiş ve bu uygulamayı aynı gruba giren F3 bakteri formülasyonu uygulaması, mineral gübre (NP) uygulaması, F1 bakteri formülasyonu ve çiftlik gübresi uygulaması izlemiştir. 30 günlük kök yaş ağırlığı bakımından uygulamalar arasında ortaya çıkan farklılıklar istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır; bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla saksı denemesinde 30 günlük kök yaş ağırlığı F2 bakteri formülasyonu uygulaması ile %29,73, F3 bakteri formülasyonu uygulaması ile %27,57, çiftlik gübresi uygulaması ile %21,60, mineral gübre (NP) uygulaması ile %24,64; F1 bakteri formülasyonu uygulaması ile %23,57; zeolit taşıyıcı esaslı biyolojik gübre uygulaması ile %16,56 oranlarında artmıştır, Tablo 9).

Yapılan çalışmanın sonucunda 30 günlük saksı denemesinde kök uzunluğu bakımından F2, F3, F1 bakteri formülasyonları uygulamaları, mineral gübre (NP) uygulaması, çiftlik gübresi uygulaması ile yapılacak üretimlerin ekonomik olacağı, kontrol grubu ile bu gruba dahil olan üretim süreçlerinde de üretim yapılabileceği, ancak bakım ve beslemede daha dikkatli davranılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

4.2.5. Kök Kuru Ağırlığı (20 Gün)

Yirmi günlük saksı denemesi sonuçlarına göre arpa bitkisinin kök kuru ağırlığı değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 8 ve Tablo 9’da verilmiştir. Arpa bitkisinde 20 günlük saksı denemesinde kök kuru ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En ağır kök kuru ağırlığı F2 bakteri formülasyonu uygulamasında elde edilmiş ve bu uygulamayı aynı gruba giren F3, F1 bakteri formülasyonu uygulaması, çiftlik gübresi ve mineral gübre (NP) uygulaması izlemiştir. 20 günlük kök kuru ağırlığı bakımından uygulamalar arasında ortaya çıkan farklılıklar istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır; bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla saksı denemesinde 20 günlük kök kuru ağırlığı F2 bakteri formülasyonu uygulaması ile %32,88, F3 bakteri formülasyonu uygulaması ile %30,14, çiftlik gübresi uygulaması ile %27,40, F1 bakteri formülasyonu ile %27,40, mineral gübre (NP) uygulaması ile %24,66; zeolit taşıyıcı esaslı biyolojik gübre uygulaması ile %17,81 oranlarında artmıştır, (Tablo 9).

Yapılan çalışmanın sonucunda 20 günlük saksı denemesinde kök kuru ağırlığı bakımından F2, F3, F1 bakteri formülasyonları, çiftlik gübresi uygulaması ve mineral gübre (NP) uygulaması ile yapılacak üretimlerin ekonomik olacağı, kontrol grubu ile bu gruba dahil olan üretim süreçlerinde de üretim yapılabileceği, ancak bakım ve beslemede daha dikkatli davranılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

4.2.6. Kök Kuru Ağırlığı (30 Gün)

Otuz günlük saksı denemesi sonuçlarına göre arpa bitkisinin kök kuru ağırlığı değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 8 ve Tablo 9’da verilmiştir. Arpa bitkisinde 30 günlük saksı denemesinde kök kuru ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En ağır kök kuru ağırlığı F2 bakteri formülasyonu uygulamasında elde edilmiş ve bu uygulamayı aynı gruba giren F3, F1 bakteri formülasyonu uygulaması ve mineral gübre (NP) uygulaması izlemiştir. 30 günlük kök kuru ağırlığı bakımından uygulamalar arasında ortaya çıkan farklılıklar istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır; bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla saksı denemesinde 30 günlük kök kuru ağırlığı F2 bakteri formülasyonu uygulaması ile %29,32, F3 bakteri formülasyonu uygulaması ile %21,51, çiftlik gübresi uygulaması ile %20,44, F1 bakteri formülasyonu ile %21,32, mineral gübre

(NP) uygulaması ile %21,00; zeolit taşıyıcı esaslı biyolojik gübre uygulaması ile %19,58 oranlarında artmıştır (Tablo 9).

Yapılan çalışmanın sonucunda 30 günlük saksı denemesinde kök kuru ağırlığı bakımından F2, F3, F1 bakteri formülasyonları ve mineral gübre (NP) uygulaması ile yapılacak üretimlerin ekonomik olacağı, kontrol grubu ile bu gruba dahil olan üretim süreçlerinde de üretim yapılabileceği, ancak bakım ve beslemede daha dikkatli davranılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

4.2.7. Gövde Yaş Ağırlığı (20 Gün)

Yirmi günlük saksı denemesi sonuçlarına göre arpa bitkisinin gövde yaş ağırlığı değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 10 ve Tablo 11’de verilmiştir. Arpa bitkisinde 20 günlük saksı denemesinde gövde yaş ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En ağır gövde yaş ağırlığı mineral gübre (NP) uygulamasında elde edilmiş ve bu uygulamayı aynı gruba giren çiftlik gübresi, F2, F1, F3 bakteri formülasyonu uygulamaları izlemiştir. 20 günlük gövde yaş ağırlığı bakımından uygulamalar arasında ortaya çıkan farklılıklar istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır; bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla saksı denemesinde 20 günlük gövde yaş ağırlığı F2 bakteri formülasyonu uygulaması ile %25,05, F3 bakteri formülasyonu uygulaması ile %22,06, çiftlik gübresi uygulaması ile %25,52, F1 bakteri formülasyonu ile %22,43, mineral gübre (NP) uygulaması ile %30,56; zeolit taşıyıcı esaslı biyolojik gübre uygulaması ile %19,03 oranlarında artmıştır (Tablo 11).

Tablo 10

Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde gövde yaş ağırlığı ve gövde kuru ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları (20 ve 30 günlük)

Varyasyon Kaynakları	SD	Gövde Yaş Ağırlığı		Gövde Kuru Ağırlığı	
		KO	F	KO	F
Birinci Hasat (20 Günlük)					
Uygulamalar	6	0,130	8,17**	0,004	10,25**
Hata	21	0,016		0,001	
İkinci Hasat (30 Günlük)					
Uygulamalar	6	0,154	6,51**	0,003	11,78**
Hata	21	0,024		0,000	
*:p<0,05 ; **: p<0,01					

SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Tablo 11

Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde gövde yaş ağırlığı ve gövde kuru ağırlığı üzerine etkisi

Uygulamalar	Gövde Yaş Ağırlığı		Gövde Kuru Ağırlığı	
	20 Günlük	30 Günlük	20 Günlük	30 Günlük
Kontrol	1,837 ± 0,070 c	2,25 ± 0,14 c	0,341 ± 0,022 c	0,442 ± 0,01 d
NP	2,399 ± 0,103 a	2,78 ± 0,15 a	0,439 ± 0,026 a	0,522 ± 0,027 ab
ÇG	2,306 ± 0,132 ab	2,69 ± 0,12 ab	0,420 ± 0,019 ab	0,506 ± 0,008 a-c
ZF1	2,187 ± 0,104 b	2,50 ± 0,16 b	0,393 ± 0,014 b	0,483 ± 0,009 c
SF1	2,249 ± 0,192 ab	2,53 ± 0,13 b	0,408 ± 0,018 ab	0,486 ± 0,023 c
SF2	2,298 ± 0,881 ab	2,79 ± 0,16 a	0,422 ± 0,022 ab	0,532 ± 0,018 a
SF3	2,243 ± 0,151 ab	2,72 ± 0,19 a	0,413 ± 0,015 ab	0,499 ± 0,014 bc
Ortalama	2,217 ± 0,203	2,61 ± 0,23	0,405 ± 0,035	0,495 ± 0,032

Yapılan çalışmanın sonucunda 20 günlük saksı denemesinde kök kuru ağırlığı bakımından F2, F3, F1 bakteri formülasyonları, çiftlik gübresi uygulaması ve mineral gübre (NP) uygulaması ile yapılacak üretimlerin ekonomik olacağı, kontrol grubu ile bu gruba dahil olan üretim süreçlerinde de üretim yapılabileceği, ancak bakım ve beslemede daha dikkatli davranılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

4.2.8. Gövde Yaş Ağırlığı (30 Gün)

Otuz günlük saksı denemesi sonuçlarına göre arpa bitkisinin gövde yaş ağırlığı değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler

Tablo 10 ve Tablo 11’de verilmiştir. Arpa bitkisinde 30 günlük saksı denemesinde gövde yaş ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En ağır gövde yaş ağırlığı F2 bakteri formülasyonunda elde edilmiş, mineral gübre (NP) uygulamasında elde edilmiş ve bu uygulamayı aynı gruba giren mineral gübre (NP) uygulaması, F3 bakteri formülasyonu uygulaması ve çiftlik gübresi uygulaması izlemiştir. 30 günlük gövde yaş ağırlığı bakımından uygulamalar arasında ortaya çıkan farklılıklar istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır; bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla saksı denemesinde 30 günlük gövde yaş ağırlığı F2 bakteri formülasyonu uygulaması ile %24,10, F3 bakteri formülasyonu uygulaması ile %21,06, çiftlik gübresi uygulaması ile %19,58, F1 bakteri formülasyonu ile %12,25, mineral gübre (NP) uygulaması ile %23,70; zeolit taşıyıcı esaslı biyolojik gübre uygulaması ile %11,11 oranlarında artmıştır (Tablo 11).

Yapılan çalışmanın sonucunda 30 günlük saksı denemesinde kök kuru ağırlığı bakımından F2, F3, F1 bakteri formülasyonları, çiftlik gübresi uygulaması ve mineral gübre (NP) uygulaması ile yapılacak üretimlerin ekonomik olacağı, kontrol grubu ile bu gruba dahil olan üretim süreçlerinde de üretim yapılabileceği, ancak bakım ve beslemede daha dikkatli davranılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

4.2.9. Gövde Kuru Ağırlığı (20 Gün)

Yirmi günlük saksı denemesi sonuçlarına göre arpa bitkisinin gövde kuru ağırlığı değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 10 ve Tablo 11’de verilmiştir. Arpa bitkisinde 20 günlük saksı denemesinde gövde kuru ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En ağır gövde kuru ağırlığı mineral gübre (NP) uygulamasında elde edilmiş ve bu uygulamayı aynı gruba giren çiftlik gübresi, F2, F1, F3 bakteri formülasyonu uygulamaları izlemiştir. 20 günlük gövde kuru ağırlığı bakımından uygulamalar arasında ortaya çıkan farklılıklar istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır; bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla saksı denemesinde 20 günlük gövde kuru ağırlığı F2 bakteri formülasyonu uygulaması ile %23,90, F3 bakteri formülasyonu uygulaması ile %21,11, çiftlik gübresi uygulaması ile %23,17, F1 bakteri formülasyonu ile %19,68, mineral gübre (NP) uygulaması ile %28,74; zeolit taşıyıcı esaslı biyolojik gübre uygulaması ile %15,13 oranlarında artmıştır (Tablo 11).

Yapılan çalışmanın sonucunda 20 günlük saksı denemesinde gövde kuru ağırlığı bakımından F2, F3, F1 bakteri formülasyonları, çiftlik gübresi uygulaması ve mineral gübre (NP) uygulaması ile yapılacak üretimlerin ekonomik olacağı, kontrol grubu ile bu gruba dahil olan üretim süreçlerinde de üretim yapılabileceği, ancak bakım ve beslemede daha dikkatli davranılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

4.2.10. Gövde Kuru Ağırlığı (30 Gün)

Yirmi günlük saksı denemesi sonuçlarına göre arpa bitkisinin gövde kuru ağırlığı değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 10 ve Tablo 11’de verilmiştir. Arpa bitkisinde 30 günlük saksı denemesinde gövde kuru ağırlığı bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En ağır gövde kuru ağırlığı mineral gübre (NP) uygulamasında elde edilmiş ve bu uygulamayı aynı gruba giren çiftlik gübresi, F2, F1, F3 bakteri formülasyonu uygulamaları izlemiştir. 20 günlük gövde kuru ağırlığı bakımından uygulamalar arasında ortaya çıkan farklılıklar istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır; bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla saksı denemesinde 30 günlük gövde kuru ağırlığı F2 bakteri formülasyonu uygulaması ile %23,90, F3 bakteri formülasyonu uygulaması ile %21,11, çiftlik gübresi uygulaması ile %23,17, F1 bakteri formülasyonu ile %19,68, mineral gübre (NP) uygulaması ile %28,74; zeolit taşıyıcı esaslı biyolojik gübre uygulaması ile %15,13 oranlarında artmıştır (Tablo 11).

Yapılan çalışmanın sonucunda 30 günlük saksı denemesinde gövde kuru ağırlığı bakımından F2, F3, F1 bakteri formülasyonları, çiftlik gübresi uygulaması ve mineral gübre (NP) uygulaması ile yapılacak üretimlerin ekonomik olacağı, kontrol grubu ile bu gruba dahil olan üretim süreçlerinde de üretim yapılabileceği, ancak bakım ve beslemede daha dikkatli davranılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

4.2.11. Toplam Yaş Ağırlık (20 Gün)

Yirmi günlük saksı denemesi sonuçlarına göre arpa bitkisinin toplam yaş ağırlığı değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 12 ve Tablo 13’de verilmiştir. Arpa bitkisinde 20 günlük saksı denemesinde toplam yaş ağırlık bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En ağır toplam yaş ağırlık F2 bakteri formülasyonu uygulamasında elde edilmiş ve bu uygulamayı aynı gruba giren çiftlik gübresi, F1, F3 bakteri formülasyonu

uygulamaları ve mineral gübre (NP) uygulaması izlemiştir. 20 günlük toplam yaş ağırlık bakımından uygulamalar arasında ortaya çıkan farklılıklar istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır; bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla saksı denemesinde 20 günlük gövde kuru ağırlığı F2 bakteri formülasyonu uygulaması ile %31,10, F3 bakteri formülasyonu uygulaması ile %26,20, çiftlik gübresi uygulaması ile %27,40, F1 bakteri formülasyonu ile %23,48, mineral gübre (NP) uygulaması ile %27,62; zeolit taşıyıcı easlı biyolojik gübre uygulaması ile %19,42 oranlarında artmıştır (Tablo 13).

Tablo 12

Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde toplam yaş biomas (kök + gövde ağırlığı) ve toplam kuru biomas ağırlığı değerlerine ait varyans analiz sonuçları (20 ve 30 günlük)

Varyasyon Kaynakları	SD	Toplam Yaş Ağırlık		Toplam Kuru Ağırlık	
		KO	F	KO	F
Birinci Hasat (20 Günlük)					
Uygulamalar	6	0,318	15,07**	0,010	11,48**
Hata	21	0,021		0,001	
İkinci Hasat (30 Günlük)					
Uygulamalar	6	0,440	15,57**	0,013	22,38**
Hata	21	0,028		0,001	
p<0,05 ; **: p<0,01					

SD: Serbestlik derecesi; KO: Kareler ortalaması

Tablo 13

Gübre ve bakteri uygulamalarının arpa bitkisinde yaş biomas (kök + gövde ağırlığı) ve toplam kuru biomas ağırlığı üzerine etkisi

Uygulamalar	Toplam Yaş Ağırlık		Toplam Kuru Ağırlık	
	20 Günlük	30 Günlük	20 Günlük	30 Günlük
Kontrol	2,702 ± 0,140 c	3,67 ± 0,18 d	0,524 ± 0,045 c	0,75 ± 0,03 d
NP	3,449 ± 0,111 ab	4,56 ± 0,20 a	0,667 ± 0,031 a	0,90 ± 0,03 b
ÇG	3,444 ± 0,126 ab	4,42 ± 0,16 ab	0,653 ± 0,029 ab	0,88 ± 0,01 b
ZF1	3,227 ± 0,074 b	4,16 ± 0,09 c	0,608 ± 0,014 b	0,83 ± 0,02 c
SF1	3,337 ± 0,249 ab	4,28 ± 0,11 bc	0,641 ± 0,026 ab	0,86 ± 0,02 bc
SF2	3,543 ± 0,010 a	4,64 ± 0,20 a	0,665 ± 0,030 a	0,94 ± 0,02 a
SF3	3,410 ± 0,180 ab	4,54 ± 0,20 ab	0,651 ± 0,025 ab	0,87 ± 0,02 b
Ortalama	3,302 ± 0,295	4,32 ± 0,35	0,629 ± 0,0546	0,86 ± 0,06

Yapılan çalışmanın sonucunda 20 günlük saksı denemesinde toplam yaş ağırlık bakımından F2, F3, F1 bakteri formülasyonları, çiftlik gübresi uygulaması ve mineral gübre (NP) uygulaması ile yapılacak üretimlerin ekonomik olacağı, kontrol grubu ile bu gruba dahil olan üretim süreçlerinde de üretim yapılabileceği, ancak bakım ve beslemede daha dikkatli davranılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

4.2.12. Toplam Yaş Ağırlık (30 Gün)

Yirmi günlük saksı denemesi sonuçlarına göre arpa bitkisinin toplam yaş ağırlığı değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 12 ve Tablo 13’de verilmiştir. Arpa bitkisinde 30 günlük saksı denemesinde toplam yaş ağırlık bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En ağır toplam yaş ağırlık F2 bakteri formülasyonu uygulamasında elde edilmiş ve bu uygulamayı aynı gruba giren çiftlik gübresi, F1, F3 bakteri formülasyonu uygulamaları ve mineral gübre (NP) uygulaması izlemiştir. 30 günlük toplam yaş ağırlık bakımından uygulamalar arasında ortaya çıkan farklılıklar istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır; bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla saksı denemesinde 30 günlük gövde kuru ağırlığı F2 bakteri formülasyonu uygulaması ile %31,10, F3 bakteri formülasyonu uygulaması ile %26,20, çiftlik gübresi uygulaması ile %27,40, F1 bakteri formülasyonu ile %23,48, mineral gübre (NP) uygulaması ile %27,62; zeolit taşıyıcı esaslı biyolojik gübre uygulaması ile %19,42 oranlarında artmıştır (Tablo 13).

Yapılan çalışmanın sonucunda 30 günlük saksı denemesinde toplam yaş ağırlık bakımından F2, F3, F1 bakteri formülasyonları, çiftlik gübresi uygulaması ve mineral gübre (NP) uygulaması ile yapılacak üretimlerin ekonomik olacağı, kontrol grubu ile bu gruba dahil olan üretim süreçlerinde de üretim yapılabileceği, ancak bakım ve beslemede daha dikkatli davranılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

4.2.13. Toplam Kuru Ağırlık (20 Gün)

Yirmi günlük saksı denemesi sonuçlarına göre arpa bitkisinin toplam kuru ağırlık değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 12 ve Tablo 13’de verilmiştir. Arpa bitkisinde 20 günlük saksı denemesinde toplam kuru ağırlık bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En ağır toplam kuru ağırlık mineral gübre (NP) uygulamasında elde edilmiş ve bu uygulamayı aynı gruba giren çiftlik gübresi, F2, F3, F1 bakteri formülasyonu

uygulamaları ve mineral gübre (NP) uygulaması izlemiştir. 20 günlük toplam kuru ağırlık bakımından uygulamalar arasında ortaya çıkan farklılıklar istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır; bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla saksı denemesinde 20 günlük toplam kuru ağırlık F2 bakteri formülasyonu uygulaması ile %27,03, F3 bakteri formülasyonu uygulaması ile %24,26, çiftlik gübresi uygulaması ile %24,63, F1 bakteri formülasyonu ile %22,36, mineral gübre (NP) uygulaması ile %27,32; zeolit taşıyıcı esaslı biyolojik gübre uygulaması ile %16,05 oranlarında artmıştır (Tablo 13).

Yapılan çalışmanın sonucunda 20 günlük saksı denemesinde toplam kuru ağırlık bakımından F2, F3, F1 bakteri formülasyonları, çiftlik gübresi uygulaması ve mineral gübre (NP) uygulaması ile yapılacak üretimlerin ekonomik olacağı, kontrol grubu ile bu gruba dahil olan üretim süreçlerinde de üretim yapılabileceği, ancak bakım ve beslemede daha dikkatli davranılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

4.2.14. Toplam Kuru Ağırlık (30 Gün)

Yirmi günlük saksı denemesi sonuçlarına göre arpa bitkisinin toplam kuru ağırlık değerleri ile ilgili verilere ait varyans analiz sonuçları ve uygulamalara ait ortalama veriler Tablo 12 ve Tablo 13'de verilmiştir. Arpa bitkisinde 30 günlük saksı denemesinde toplam kuru ağırlık bakımından uygulamaların etkisi istatistiki bakımdan önemli ($p \leq 0,05$) bulunmuştur. En ağır toplam kuru ağırlık mineral gübre (NP) uygulamasında elde edilmiş ve bu uygulamayı aynı gruba giren çiftlik gübresi, F2, F3, F1 bakteri formülasyonu uygulamaları ve mineral gübre (NP) uygulaması izlemiştir. 30 günlük toplam kuru ağırlık bakımından uygulamalar arasında ortaya çıkan farklılıklar istatistiki bakımdan önemli bulunmamıştır; bu uygulamalar kontrolle aynı gruba girmiştir. Kontrole kıyasla saksı denemesinde 30 günlük toplam kuru ağırlık F2 bakteri formülasyonu uygulaması ile %27,03, F3 bakteri formülasyonu uygulaması ile %24,26, çiftlik gübresi uygulaması ile %24,63, F1 bakteri formülasyonu ile %22,36, mineral gübre (NP) uygulaması ile %27,32; zeolit taşıyıcı esaslı biyolojik gübre uygulaması ile %16,05 oranlarında artmıştır, (Tablo 13).

Yapılan çalışmanın sonucunda 30 günlük saksı denemesinde toplam kuru ağırlık bakımından F2, F3, F1 bakteri formülasyonları, çiftlik gübresi uygulaması ve mineral gübre (NP) uygulaması ile yapılacak üretimlerin ekonomik olacağı, kontrol grubu ile bu gruba dahil olan üretim süreçlerinde de üretim yapılabileceği, ancak bakım ve beslemede daha dikkatli davranılması gerektiği kanaatine varılmıştır.

BEŞİNCİ BÖLÜM

SONUÇ VE ÖNERİLER

Arpa (*Hordeum vulgare*) Buğdaygiller (Poaceae) familyasına ait, ağırlıklı hayvan yemi olarak, malt üretiminde ve kısmen insan beslenmesinde kullanılan bir tahıldır. Arpa, bir buğdaygil yem bitkisidir. Büyüme döneminde yeşil olarak biçildiğinde kaliteli yeşil kaba yem olarak, hasat edildikten sonra taneleri kullanıldığında kuru kesif kaba yem olarak hayvan beslenmesinde önemli bir yem bitkisidir. Miktar ve hacim olarak artan hayvancılık işletmelerinin kaba ve kesif yem ihtiyacının giderilmesinde popüler bir yem bitkisidir. Bu araştırmada arpa üretiminde kimyasal gübre hayvansal gübre ve katı ve sıvı farklı özelliklere sahip mikrobiyal gübre uygulamalarının kullanım olanakları ortaya konulmuştur. Çalışmada, özellikle organik hayvancılık için arpa üretiminde mikrobiyal ve organik kaynakların kimyasal gübreler yerine kullanılabilmesi belirlenmiştir. Çeşitli bitkilerde, farklı karışımlarda, farklı dozlarda üzerinde sürekli çalışılmakta olan mikrobiyal ve organik gübrelerin toprak sağlığı ile beraber verim ve kalitede üzerine de etki gösterdiği ve arpa bitkisinin tarımsal performansını ölçülen parametreler bakımından mineral gübrelemeye yakın oranda etkilediği ortaya konulmuştur.

Saksılarda yürütülen iki deneme seti ortalamasına göre arpa bitkisine, mineral gübre, hayvan gübresi, katı zeolit taşıyıcı esaslı mikrobiyal gübre formülasyonu ZF1, sıvı taşıyıcı esaslı SF1, SF2 ve SF2 uygulamaları ile yaş kök ağırlığında %23,4, 25,4, 18,1, 24,3, 35,3 ve 30,4; kuru kök ağırlığında %22,4, 23,0, 15,2, 23,6, 30,7 ve 24,7; yaş gövde ağırlığında %26,8, 22,2, 14,7, 16,8, 24,5 ve 21,5; kuru gövde ağırlığında %22,4, 23,0, 11,9, 14,2, 21,9 ve 16,6 ve kuru bitki biomasında %22,6, 20,2, 13,2, 17,8, 25,3 ve 19,8 oranında artış sağladığı belirlenmiştir. Bakteri esaslı biyoformüllerin etkinliği aşılana strein, taşıyıcı ve ele alınan parametrelere göre değişmiştir. Araştırmada kullanılan bakteri formüllerinin özellikle arpa kök sistemini mineral ve organik gübre uygulamalarına kıyasla önemli ölçüde artırdığı, kök sisteminin gelişiminin, bakteri bazlı biyoformülasyonlar tarafından bitki büyümesini teşvik ettiği mekanizmalardan biri olduğu belirlenmiştir.

Tarla denemesi sonuçlarına göre arpaya NP, ÇG, ZF1, SF1, SF2 ve SF3 uygulamalarının kontrole kıyasla sırası ile bin dane ağırlığını %32,8, 31,4, 16,0, 17,6, 28,6 ve 27,0; hektolitre ağırlığını %25,7, 24,3, 23,2, 22,8 ve 12,8; dane verimini %30,3, 27,4, 14,3, 11,1, 24,1 ve 23,6 ve biyolojik verimi ise % 33,0, 27,4, 14,3, 11,1, 25,8 ve 24,5 oranında artırmıştır. Bakteri esaslı

biyoformüllerin etkinliği aşılana strein, taşıyıcı ve ele alınan parametrelere göre değişmiştir. Kök sisteminin gelişiminin, bakteri bazlı biyoformülasyonlar tarafından bitki büyümesini teşvik ettiği mekanizmalardan biri olduğu belirlenmiştir.

Arpa ağırlıklı olarak hayvan yemi olmak üzere, kısmen insan gıdası, ayrıca malt üretiminde kullanılmaktadır. Hayvan beslemesine ek olarak özellikle son yıllarda arpa unu, ezmesi ve kepeği farklı şekillerde kahvaltılık ürünlere katılmaktadır. Ülkemizde özellikle hayvancılıkta kaba yem ve protein açığının kapatılmasındaki önemi, özellikle baklagillerle karışık ekime uygun olması, tahıllar içinde yüksek protein ve yağ oranına sahip olması, yeşil gübre olarak kullanıma uygun olması, marjinal alanlarda yetiştirilmesi uygun bir bitki olması, gittikçe azalan ve bozulan mera alanlarının alternatif yem bitkileri ekimini zorunlu hale getirmesi gibi nedenlerle arpanın önemi her zaman yerini korumaktadır. Bununla birlikte arpa bitkisi olumsuz tarla şartlarında ve verimsiz koşullarda diğer tahıllardan daha iyi performans göstermekte, toprak istekleri bakımından çok fazla seçicilik göstermemekte, en hafif topraklardan en ağır topraklara kadar her türlü toprak şartlarında yetiştiriciliği yapılabilmektedir. Son yıllarda arpa yetiştiriciliğindeki en büyük sorun diğer tarla bitkileri ile ekonomik rekabete girememesidir. Bu araştırmada geliştirilen mikrobiyal gübre formüllerinin yetiştiricilik bakımından arpaya belli bir rekabet üstünlüğü sağlayabileceği ve gerek kimyasal ve gerek hayvansal gübreler gibi arpa üretiminde kullanılabileceği ortaya konulmuştur.

Bu çalışma ile bölgemizde genellikle hayvancılık bakımından özellikle yeşil aksamı itibarı ile ilkbahar ve yaz döneminde oldukça kaliteli bir yeşil kaba yem kaynağı olan ve ekiliş alanı giderek artan arpa bitkisinin üretim aşamasında organik, mikrobiyal ve mineral gübre kullanılması sonucunda, bazı verimi ve kalitesi parametrelerinin ne derece etkilendiği ortaya konulmuştur.

Özellikle yem bitkisi olan arpa, toprak özellikleri bakımından çok fazla seçici olmamasına rağmen, topraklarımızda düşük olan ve giderek azalan organik madde içeriğinden dolayı, ülkemiz hayvancılığı bakımından en önemli girdi sorunu olan kaliteli, bol ve ucuz, kaba ve kesif yem temini edilmesi bakımından istenilen verim düzeyine ulaşamamaktadır. Ayrıca ülkemizde arpa üzerine yürütölen araştırmaların çoğunluğunun yörelere uygun çeşit ve hatların belirlenmesi ve adaptasyon çalışmaları olması nedeniyle, arpa üzerinde organik ve mikrobiyal gübre çalışmaları yetersizdir. Ayrıca, pratikte arpa üretiminde hayvansal gübre kullanımının yetersiz, mikrobiyal gübre kullanımının ise

olmadığı görülmektedir. Bu araştırma arpa yetiştiriciliğinde hayvansal ve mikrobiyal gübrelerin hangi bir verim ve kalite kaybına yol açmadan, ekonomik ve kabul edilebilir miktarda arpa üretiminde kullanılabileceğini ve ülkemizdeki kaliteli kaba yem açığının kapatılmasına katkı sağlayacağını göstermesi bakımından önemli bulunmuştur.

Tarımın sürdürülebilirliği, toprak organik madde ve besin element içeriği, mikrobiyal aktivite ve toprak sağlığının korunması ve geliştirilmesine bağlı olmaktadır. Ülkemiz topraklarının organik madde miktarı bakımından fakir, toprak derinliğinin az ve genel olarak mikrobiyal aktivitenin düşük olması nedeniyle, biyolojik ve hayvansal gübrelerin kullanımı ekonomik bir bitkisel üretim için giderek daha da zorlu hale gelmektedir. Özellikle organik ve mikrobiyal gübre kaynakları etkin kullanılarak mineral gübre ve besin kullanım etkinliğinin artırılması ve optimum kimyasal gübre yerine ikame edilebilecek azaltılmış kimyasal gübre dozlarının mikrobiyal veya organik gübrelerle kombine kullanımının araştırılması ve uygulanması büyük önem taşımaktadır. Bu araştırma sonuçları biyolojik gübrenin gerek tek başına ve özellikle optimum kimyasal gübre dozunun %50 oranında azaltılmış dozunun, optimum kimyasal gübre uygulamasına benzer üretim artışı sağladığını ortaya koymasından dolayı önemlidir. Tam doz kimyasal gübre uygulamasının yarısı oranında mikrobiyal gübre ile birlikte kullanılması durumunda, optimum kimyasal gübreyle eş üretim artışı sağlanabileceği gibi, uzun vadede toprak, verimliliği, mikrobiyal aktivitesi ve sağlığında olumlu etkilenecek ve kimyasal gübre kullanımının çevre üzerine olan olumsuz etkisi belli oranda azaltılabilecektir. Mevcuttaki kıt kaynaklar ile tarımsal faaliyette bulunmak, bu kıt kaynaklar ile sonraki üretim periyotlarındaki verimliliği sağlamak için tarımda verimlilik, yenilenebilirlik, sürdürülebilirlik temelinde sonraki kuşaklara sağlıklı üretim kaynakları devredebilmemiz için organik, mineral ve mikrobiyal kaynakları birlikte kullanacak bu tür çalışmaların artırılması, enformasyonunun sağlanması, teşvik edilmesi, sağlıklı sonuçlar alınabilmesi kapsamlı denemelere devam edilmesi ve pratiğe aktarılması gerekmektedir.

KAYNAKÇA

- Abdel-Latif, S.A., Mohamed, A.G., Sueyoshi, K., Mohamed, H.E., and El-sayed Saber, N., (2021). "Effect of *Bacillus subtilis* on some physiological and biochemical processes in barley (*Hordeum vulgare* L.) plant grown under salt stress". *Egyptian Journal of Botany*, 61(1), 141-153.
- Alkowni, R., Jodeh, S., Hamed, R., Samhan, S., and Daraghmeh, H. (2019). "The impact of *Pseudomonas putida* UW3 and UW4 strains on photosynthetic activities of selected field crops under saline conditions". *International Journal of Phytoremediation*, 21 (10),944-952.
- Ardakani, S.S., Haydari, A., Tayebi, L., and Mohammadi, M., (2010). "Promotion of cotton seedlings growth characteristics by development and use of new bioformulations". *International Journal of Botany*. 6, 95-100.
- Azadikhah, M., Jamali, F., Nooryazdan, H.R., Bayat, F. (2019). Growth promotion and yield enhancement of barley cultivars using ACC deaminase producing *Pseudomonas fluorescens* strains under salt stress. *Spanish Journal of Agricultural Research* 17 (1), e0801.
- Baris, O., Sahin, F., Turan, M., Orhan, F., Gulluce, M., 2014. Use of Plant-Growth-Promoting *Rhizobacteria* (PGPR) Seed Inoculation as Alternative Fertilizer Inputs in Wheat and Barley Production. *Communication in Soil Science and Plant Analysis*, 45 (18),
- Canbolat, M., Bilen, S, Çakmakçı, R., Şahin, F. & Aydın, A. (2006a). Effect of plant growth-promoting bacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora. *Biology and Fertility of Soils*, 42 (4), 350-357.
- Canbolat, M.Y., Barik, K., Çakmakçı, R. & Şahin, F. (2006b). Effects of mineral and biofertilizers on barley growth on compacted soil. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B-Plant Soil Science*, 56, (4), 324-332.
- Cardinale, M., Ratering, S., Suarez, C., Montoya, A.M.Z., Geissler-Plaum, R., Schne, S. (2015). Paradox of plant growth promotion potential of rhizobacteria and their actual promotion effect on growth of barley (*Hordeum vulgare* L.) under salt stress. *Microbiological Research*, 181, 22–32.
- Chang, P., Gerhardt, K.E., Huang, X.D., Yu, X.M., Glick, B.R., Gerwing, P.D. & Greenberg, B.M. (2014). Plant growth-promoting bacteria facilitate the growth of barley and oats in salt-impacted soil: implications for phytoremediation of saline soils. *International Journal of Phytoremediation*, 16:1133–1147, 2014.
- Chouyia, F.E., Romano, I., Fechtali, T., Fagnano, M., Fiorentino, N., Visconti, D., Idbella, M., Ventrino, V. & Pepe, O. (2020). P-Solubilizing *Streptomyces roseocinereus* MS1B15 with multiple plant growth-promoting traits enhance barley development and regulate rhizosphere microbial population. *Frontiers in Plant Science*, 11, 1137.

- Çakmakçı, R., Kantar, F. & Algur, Ö.F. (1999). Sugar beet and barley yields in relation to *Bacillus polymyxa* and *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* Inoculation. *Journal of Plant Nutrition & Soil Science*, 162 (4), 437-442
- Çakmakçı, R., Kantar, F. & Şahin, F. (2001). Effect of N₂- fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 164 (5), 527-531.
- Çakmakçı, R., Atasever, A., Kotan, R., Çoban, F., Erat, M., Türkyılmaz, K., Haznedar A., Sekban, R., 2017. Research on multi-trait bacteria-based biofertilizer formulations for tea cultivation. International Symposium on Medicinal, Aromatic and Dye Plants (REYHAN 2017), 5-7 October 2017, Malatya/TURKEY, 87-96.
- Çakmakçı, R., Erat, M., Erdoğan, Ü., . & Dönmez F. (2007a). The influence of plant growth-promoting *rhizobacteria* on growth and enzyme activities in wheat and spinach plants. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170 (2), 288-295
- Çakmakçı, R., Dönmez, M.F. & Erdoğan, Ü. (2007b). The effect of plant growth promoting *rhizobacteria* on barley seedling growth, nutrient uptake, some soil properties, and bacterial counts. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 31 (3), 189-199.
- Çakmakçı, R., Ertürk, Y., Sekban, R., Haznedar, A., & Varmazyari, A. (2013b). The effect of single and mixed cultures of plant growth promoting bacteria and mineral fertilizers on tea (*Camellia sinensis*) growth, yield and nutrient uptake. *Soil Water Journal*, 2 (2), 653-662.
- Çakmakçı, R., Turan, M., Güllüce, M., & Şahin, F. (2014). Rhizobacteria for reduced fertilizer inputs in wheat (*Triticum aestivum* spp. *vulgare*) and barley (*Hordeum vulgare*) on Aridisols in Turkey. *International Journal of Plant Production*, 8 (2), 163-181.
- Fröhlich, A., Buddrus-Schiemann, K., Durner, J., Hartmann, A., von Rad, U. (2012). Response of barley to root colonization by *Pseudomonas* sp. DSMZ 13134 under laboratory, greenhouse, and field conditions. *Journal of Plant Interactions*, 7 (1), 1-9.43.
- García, S.S., Bernabeu, P.R., Vio, S.A., Cattelan, N., García, J.E., Puente, M.L., Galar, M.L., Prieto, C.I., & Luna, M.F. (2020). *Paraburkholderia tropica* as a plant-growth-promoting bacterium in barley: characterization of tissues colonization by culture-dependent and -independent techniques for use as an agronomic bioinput. *Plant and Soil*, 451,89–106.
- Jorjani, M., Heydari, A., Zamanizadeh, H.R., Rezaee, S. & Naraghi, K. (2011). Development of *Pseudomonas fluorescens* and *Bacillus coagulans* based bioformulations using organic and inorganic carriers and evaluation of their influence on growth parameters of sugar beet. *Journal of Biopesticides*, 4, 180-185.
- Kaur, T., Devi, R., Kumar, S., Sheikh, I., Kour, D., Yadav, A.N. (2022). Microbial consortium with nitrogen fixing and mineral solubilizing attributes for growth of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Heliyon*, 8 (4), e09326.
- Khodadadi, R., Nasrabadi, R.G., Olamaee, M. & Movahedi-Naini, S.A. (2020). Effect of Azotobacter and Azospirillum on Growth and Physiological Characteristics of Barley (*Hordeum vulgare*) under Salinity Stress. *Journal of Water and Soil*, 34, 3,649-660.

- Li, T., Mann, R., Kaur, J., Spangenberg, G., & Sawbridge, T. (2021). Transcriptome analyses of barley roots inoculated with novel *Paenibacillus* sp. and *Erwinia gerundensis* strains reveal beneficial early-stage plant–bacteria interactions. *Plants* 2021, 10, 1802.
- Ozturk, A., Caglar, O., Sahin, F. (2003). Yield response of wheat and barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 166 (2), 262-266.
- Pontes, A. P., de Souza, R., Granada, C.E., & Passaglia, L.M.P. (2015). Screening of plant growth promoting bacteria associated with barley plants (*Hordeum vulgare* L.) cultivated in South Brazil. *Biota Neotropica* 15(2), e20140105.
- Santos, A.R.S., Etto, R.M., Furmam, R.W., de Freitas, D.L., Santos, K.F.E.N., de Souza, E.M., Pedrosa, F.O., Ayub, R.A., Steffens, M.B.R. & Galvao, C.W. (2017). Labeled *Azospirillum brasilense* wild type and excretion-ammonium strains in association with barley roots. *Plant Physiology and Biochemistry*, 118, 422-426.
- Stajkovic, O., Delic, D., Kuzmanovic, D., Protic, N., Rasulic, N., & Knezevic-Vukcevic, J. (2014). Growth and nutrient uptake in oat and barley plants as affected by rhizobacteria. *Romanian Biotechnological Letters*. 19 (3),9429-9436.
- Şahin, F., Çakmakçı, R., & Kantar, F. (2004). Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria. *Plant and Soil*, 265 (1-2), 123-129.
- Turan, M., Gulluce, M., Cakmakçı R., Sahin, F., 2013. Effect of plant growth-promoting rhizobacteria strain on freezing injury and antioxidant enzyme activity of wheat and barley. *Journal of Plant Nutrition* 36 (5),731-748.
- Zhang, Y., Luan, H., Wei, Z., Hao, Z., Xi, R., & Liao, X. (2016). Exploiting of honey-associated *Bacillus* strains as plant-growth promoting bacteria for enhancing barley growth in rare earth tailings. *Annals of Microbiology*, 66, 559–568.
- Zhang, Y., Luan, H., Wei, Z., Hao, Z., Xi, R., Liao, X. (2016). Exploiting of honey-associated *Bacillus* strains as plant-growth promoting bacteria for enhancing barley growth in rare earth tailings. *Ann Microbiol*, 66:559–568.
- Akça E., KAPUR S., 2017. Kimyasal gübre yerine kullanılabilir doğal toprak materyalleri ile tarımsal üretim olasılıkları. Çukurova Üniversitesi, Toprak ve Bitki Besleme Bölümü Adana.
- Akçura, M., Sabandüzen, B., Hocaoğlu, O. (2018). Using GGE Biplot analysis to evaluate interrelationships between yield and yield components of oat genotypes in different growing seasons. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 21(5), 483–490.
- Akgöl H., Ortaş İ., 2020. Organik ve inorganik gübre uygulamalarının atmosfere karbon salımı ve toprakta organik karbon fraksiyonları üzerine etkileri, Ç.Ü Fen ve Mühendislik Bilimleri Dergisi Yıl 2020 Cilt: 39-3.

- Al-Freeh, L.M.S., Al-Abdullah, S.A.M., Huthi, K.H. 2019. Contribution of combinations of mineral and biofertilizer and organic fertilizer in the concentration of n p k on some physiological characteristics and yield of oats (*Avena sativa* L.). *Plant Archives*, 19 (2), 3767-3776.
- Altuner, f. 2017. Yulaf (*Avena sativa*)’ta farklı ekim sıklıkları ve azotlu gübre dozlarının verim ve verim öğelerine etkisi. Vanyüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Doktora Tezi, Van.
- Aydın İ., 2017, Türkiye’de organo mineral gübrelerin kullanıldığı araştırma çalışmaları ve elde edilen sonuçları. Süleyman Demirel Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü, Isparta
- Cengiz A., İrget M. E., 2017, Dünyada organo mineral gübrelerin tarımda kullanımına ilişkin çalışmalar, sonuçları ve değerlendirme. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak ve Bitki Besleme Bölümü Bornova/İzmir .
- Çakmakçı, R. (2014). Mikrobiyal gübre olarak kullanılabilecek mikroorganizmaların etki mekanizmaları ve özellikleri. Mikrobiyal Gübre Çalıştay1, Ankara. 5-17.
- Çakmakçı, R. (2015). Some plant spicies traditionally consumed as tea in Anatolia, The Third International Symposium on Traditional Foods from Adriatic to Caucasus, 1-4 October 2015, Sarajevo, Bosna and Herzegovina.
- Çiçek, N. 2019. Aydın Ekolojik Koşullarında Farklı Yulaf (*Avena Sativa* L.) Genotiplerinin Verim Ve Kalite Bakımından Karşılaştırılması. Aydın Adnan Menderes Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı Yüksek Lisans Tezi.
- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J. and Okon, Y. (2003). Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere. *Critical Reviews in Plant Sciences*, 22, 107-149.
- Egamberdieva, D. (2011). Indole-acetic acid production by root associated bacteria and its role in plant growth and development. A. H. Keller and M. D. Michelle (eds.) in: Auxins, Structure, Biosynthesis and Functions. (s. 1-14). *Nova Science Publishers*, USA. 1-14.

- Ergün, N., Geçit H.H. 2008. İleri kademe arpa hatlarında verim ve verime etkili bazı karakterlerin incelenmesi. Ülkesel Tahıl Sempozyumu. 2-5 Haziran 2008. Konya, 14– 23.
- Hocaoğlu, O. 2020. Çanakkale koşullarında bazı yulaf çeşitlerinin azot kullanım etkinliklerinin belirlenmesi. Çanakkale Onsekiz Mart Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Doktora Tezi, Çanakkale.
- İmamoğlu A., Pelit S., 2014. Ege Bölgesi Sahil Kuşağına Uyumlu Arpa (*Hordeum vulgare L.*) Çeşit ve Genotiplerinin Verim ve Bazı Kalite Özelliklerinin Belirlenmesi., Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü Dergisi, 2016, 25 (Özel sayı-1):141-145.
- İrget E. İ., Cengiz A., 2018. Organik maddenin toprak kalitesi ve üretime etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak ve Bitki Besleme Bölümü Bornova/İzmir.
- Kashyap, A.K., Bahadur, L., Tewari, S.K. 2017. Integrated nutrient management in oat (*Avena sativa L.*) under reclaimed sodic soil. *Indian J. Agric. Res.*, 51 (1) 2017 : 78-81
- Kaydan D., Yağmur M., (2007). Van ekolojik koşullarında bazı iki sıralı arpa çeşitlerinin (*Hordeum vulgare L. conv. distichon*) verim ve verim öğeleri üzerine bir araştırma., Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Van
- Khiabani S. R., Çelen A. E., 2020. Yaygın Fiğ+Arpa karışımına uygulanan kentsel nitelikli arıtma çamurun toprağın bazı bitki besin maddeleri kapsamına etkisi. Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi 7(3): 337-344
- Kızılgeçi ve ark., (2016). Bazı Arpa Genotiplerinin Diyarbakır ve Mardin Koşullarında Verim ve Kalite Parametrelerinin İncelenmesi. Iğdır Üni. Fen Bilimleri Enst. Der. / Iğdır Univ. *J. Inst. Sci. & Tech.* 6(3): 161-169, 2016
- Sezgin S., 2018. Türkiye topraklarının organik madde durumu, organik madde kaynaklarımız ve kullanımı, Selçuk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Bölümü Konya
- Zengin M., Gökmen F., 2010, Hüyük asit uygulamalarının ekmeklik buğdayın verim ve verim unsurlarına etkileri, Selçuk Üniv. Ziraat Fak. Toprak Bil. ve Bitki Besleme Böl., Konya.