

T.C.
SİİRT ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ

MARDİN EKOLOJİK KOŞULLARINDA BİYOLOJİK GÜBRELEMENİN
MAKARNALIK BUĞDAYDA (*Triticum durum* L.) BİTKİ GELİŞİMİ, VERİM VE
VERİM KOMPONENTLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Menduh DİNLER
(223110010)

Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Tez Danışmanı: Prof. Dr. Fatih ÇİĞ

Nisan-2025
SİİRT

TEZ KABUL VE ONAYI

Menduh DİNLER tarafından hazırlanan “Mardin Ekolojik Koşullarında Biyolojik Gübrelemenin Makarnalık Buğdayda (*Triticum durum* L.) Bitki Gelişimi, Verim ve Verim Komponentleri Üzerine Etkileri” adlı tez çalışması 14/04/2025 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oybirliği ile Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Tarla Bitkileri Anabilim Dalı’ nda Yüksek Lisnas Tezi olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Prof. Dr. Murat ERMAN

.....

Danışman

Prof. Dr. Fatih ÇIĞ

.....

Üye

Dr. Öğr. Üyesi Özge UÇAR

.....

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

Doç. Dr. Harun BEKTAŞ
Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürü

ÖNSÖZ

Buğday (*Triticum* sp.) bitkisi, insanların beslenmesinde en temel gıda maddelerinden biri olup dünyada en fazla yetiştirilen yıllık bitkidir. Otsu bir tahıl olan buğday, un ve yem üretiminde kullanılan ana besin kaynağıdır. Buğday taneleri, kabuğu ile veya kabuğu ayrıldıktan sonra öğütülebilir. Ayrıca, buğdaydan elde edilen taneler, tavuk, inek, koyun gibi çiftlik hayvanları için yem olarak kullanılmaktadır. Hasat sonrasında ise buğday sapı, küçükbaş ve büyükbaş hayvanlar için yem olarak değerlendirilmektedir. Geçmişte olduğu gibi günümüzde de buğday, insanların beslenmesinde en önemli gıda maddelerinden biri olmayı sürdürmektedir. İçeriğinde bulundurduğu uygun orandaki nişasta ve protein, buğdayın en çok yetiştirilen tarım ürünü olmasının başlıca faktörler arasında gösterilmektedir. İnsanoğlunun temel besin kaynağı olması nedeniyle, hızla artan dünya nüfusunun gıda güvenliğini sağlamak amacıyla buğday üretiminin artırılması kadar, kalitesinin de yükseltilmesi büyük bir önem taşımaktadır. Buğday, hem dünya genelinde hem de ülkemizde insanların temel tüketim besin kaynağı olmasından dolayı, bitki besleme alanında kimyasal (inorganik) gübreler, daha yüksek verim elde edilmesi amacıyla tercih edilmektedir. Ancak kimyasal gübrelerin insan sağlığı üzerinde olumsuz etkileri ve toprak ile çevreye zararları göz önünde bulundurulduğunda, bu gübrelerin yerine insan sağlığına zararlı etkisi olmayan, toprak üzerinde olumlu etkiler yaratan ve çevre dostu sürdürülebilir özelliklere sahip organik gübrelerin araştırılması ve kullanılması önem kazanmaktadır. Organik gübrelerin, doğal ekosistem üzerinde olumlu etkiler yaratan Bitki Gelişimini Teşvik Edici Bakteriler (PGPB) ile birlikte kullanılması, buğday verimi ve kalitesinin artırılmasında önemli bir alternatif gübre kaynağı olarak ülkemizdeki araştırmalarda büyük bir öneme sahiptir.

Bu yönüyle tez konusunun belirlenmesinde ve çalışmalarında yaptığı katkılarından ötürü Danışman Hocam Sayın Prof. Dr. Fatih ÇİĞ' a teşekkür ederim. Arazi ve laboratuvar çalışmalarında bana yardımcı olan Ziraat Yüksek Mühendisi Erdal HOMAN' a, Ziraat Yüksek Mühendisi Cebail ERBEYİ' ne, Ziraat Mühendisi Mehmet GÖRGEN' e, Ziraat Mühendisi Abdulkadir GEZER'e, Ziraat Mühendisi Fırat ÖZTOPRAK' a, Ziraat Mühendisi Engin ÜŞEN' e ve Ziraat Teknikeri İrfan AKGÜL' e, saha çalışmalarında arazisinin kullanımına izin vermesi suretiyle katkıda bulunan Sayın Fahri YILDIZ ve oğlu Ozan YILDIZ' a teşekkür ederim.

İÇİNDEKİLER

ÖNSÖZ.....	ii
TABLolar LİSTESİ.....	v
ŞEKİLLER LİSTESİ.....	vii
KISALTMALAR VE SİMGELERLİSTESİ.....	viii
ÖZET.....	x
ABSTRACT.....	xi
1. GİRİŞ.....	1
2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI.....	15
3. MATERYAL VE METOT.....	25
3.1. Materyal	25
3.2. Metot.....	25
3.2.1. Deneme Sahasının İklim ve Toprak Özellikleri	27
3.2.2. Deneme deseni.....	27
3.2.3. Arazi Hazırlık Aşaması ve Deneme Düzeni	29
3.2.4. Laboratuvar Ortamında Gübre ve Bakteri Uygulamalarının Hazırlanması.....	38
3.2.5. Verilerin elde edilmesi.....	31
3.2.5.1.Bitki boyu (cm)	31
3.2.5.2.Başak boyu (cm)	31
3.2.5.3. Kardeş sayısı	31
3.2.5.4. Metrekaredeki başak sayısı (adet/m ²).....	31
3.2.5.5. Başakta başakçık sayısı (adet/başak).....	31
3.2.5.6.Başakta tane sayısı (adet/başak).....	31
3.2.5.7.Bin tane ağırlığı (g)	31
3.2.5.8.Tane verimi (kg/da)	32
3.2.5.9.Biyolojik verim (kg/da)	32
3.2.5.10.Hektolitre ağırlığı (kg/100 l)	32
3.2.5.11.On başak ağırlığı (g).....	32

3.2.5.12.Hasat indeksi (%)	32
3.2.5.13.Yaş gluten (%)	32
3.2.5.14.Sedimentasyon sayısı (ml).....	32
3.2.5.15. Protein oranı (%).....	32
3.2.5.16.Nişasta Oranı %	33
3.2.5.17.Alveo Oranı %	33
3.2.5.18 Sertlik %	33
3.2.6. İstatistik Analiz.....	33
4. BULGULAR VE TARTIŞMA	34
4.1. Başak Uzunluğu (cm)	34
4.2. Kardeş Sayısı.....	36
4.3. Metrekarede Başak Sayısı (adet/m ²)	39
4.4. Biyolojik Verim (kg/da).....	41
4.5. Tane Verimi (kg/da)	43
4.6. Hasat İndeksi (%)	44
4.7. Bitki Boyu (cm).....	46
4.8. Başakta Başakçık Sayısı (adet)	48
4.9. Başakta Tane Sayısı (adet).....	50
4.10. Rutubet (%)	52
4.11. Alveo (%).....	53
4.12. Sertlik (%).....	55
4.13. Bin Tane Ağırlığı (g)	57
4.14. Hektolitre Ağırlığı (g).....	59
4.15. Protein (%)	61
4.16. Yaş Gluten Oranı	62
4.17. Sedimentasyon sayısı (ml)	64
4.18. Nişasta (%).....	67
5. SONUÇ VE ÖNERİLER.....	69
6. KAYNAKLAR.....	71
ÖZGEÇMİŞ.....	78

TABLÖLER LİSTESİ

Sayfa

Tablo 1.1. 2023 – 2024 Türkiye Buğdayda Üretim Miktarı	5
Tablo 1.2. 2022 – 2023 Türkiye İllere Göre Üretim Miktarı	5
Tablo 1.3. 2023 100 gram ekmekte bulunan besin maddeleri yaklaşık değerleri.....	6
Tablo 3.1. Mardin ilinde ortalamasına ait bazı iklim verileri.....	27
Tablo 4.1. Farklı bakteri suşları ile aşıl原因an makarnalık buğdayda başak uzunluğuna ait varyans analizi sonuçları.....	34
Tablo 4.2. Farklı bakteri suşları ile aşıl原因an makarnalık buğdayda başak uzunluğuna ait ortalamalar ve LSD test analizi sonuçları.....	35
Tablo 4.3. Farklı bakteri suşları ile aşıl原因an makarnalık buğdayda kardeş sayısına ait varyans analizi sonuçları.....	36
Tablo 4.4. Farklı bakteri suşları ile aşıl原因an makarnalık buğdayda kardeş sayısına ait ortalamalar ve LSD test analizi sonuçları.....	37
Tablo 4.5. Farklı bakteri suşları ile aşıl原因an makarnalık buğdayda metrekaresindeki başak sayısına ait varyans analizi sonuçları	55
Tablo 4.6. Farklı bakteri suşları ile aşıl原因an makarnalık buğdayda metrekaresindeki başak sayısına ait varyans analizi sonuçları ortalamalar ve LSD test analizi sonuçları	39
Tablo 4.7. Farklı bakteri suşları ile aşıl原因an makarnalık buğdayda biyolojik verimlerine ait varyans analizi sonuçları.....	39
Tablo 4.8. Farklı bakteri suşları ile aşıl原因an makarnalık buğdayda biyolojik verimlerine ait ortalamalar ve LSD test analizi sonuçları	41
Tablo 4.9. Farklı bakteri suşları ile aşıl原因an makarnalık buğdayda tane verimlerine ait varyans analizi sonuçları.....	43
Tablo 4.10. Farklı bakteri suşları ile aşıl原因an makarnalık buğdayda tane verimlerine ait ortalamalar ve LSD test analizi sonuçları.....	43
Tablo 4.11. Farklı bakteri suşları ile aşıl原因an makarnalık buğdayda hasat indeksine ait varyans analizi sonuçları	45
Tablo 4.12. Farklı bakteri suşları ile aşıl原因an makarnalık buğdayda hasat indeksine ait ortalamalar ve LSD test analizi sonuçları.....	45
Tablo 4.13. Farklı bakteri suşları ile aşıl原因an makarnalık buğdayda bitki boyuna ait varyans analizi sonuçları	46
Tablo 4.14. Farklı bakteri suşları ile aşıl原因an makarnalık buğdayda bitki boyuna ait ortalamalar ve LSD test analizi sonuçları.....	47

Tablo 4.15.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda başakta başakçık sayısına ait varyans analizi sonuçları.....	48
Tablo 4.16.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda başakta başakçık sayısına ait ortalamalar ve LSD test analizi sonuçları	49
Tablo 4.17.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda başakta tane sayısına ait varyans analizi sonuçları.....	50
Tablo 4.18.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda başakta tane sayısına ait ortalamalar ve Tukey's HSD test analizi sonuçları	51
Tablo 4.19.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda rutubet oranına ait varyans analizi sonuçları	52
Tablo 4.20.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda rutubet oranına ait ortalamalar ve LSD test analizisunuçları	52
Tablo 4.21.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda alveo oranına ait varyans analizi sonuçları	54
Tablo 4.22.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda alveo oranına ait ortalamalar ve LSD test analizi sonuçları	54
Tablo 4.23.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda sertlik oranına ait varyans analizi sonuçları	56
Tablo 4.24.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda sertlik oranına ait ortalamalar ve LSD test analizi sonuçları	56
Tablo 4.25.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda bin tane ağırlığına ait varyans analizi sonuçları.....	57
Tablo 4.26.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda bin tane ağırlığına ait ortalamalar ve LSD test analizi sonuçları.....	58
Tablo 4.27.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda hektolitre ağırlığına ait varyans analizi sonuçları.....	59
Tablo 4.28.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda hektolitre ağırlığına ait ortalamalar ve LSD test analizi sonuçları.....	59
Tablo 4.29.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda protein oranına ait varyans analizi sonuçları	61
Tablo 4.30.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda protein oranına ait ortalamalar ve LSD test analizi sonuçları.....	61
Tablo 4.31.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda yaş gluten oranına ait varyans analizi sonuçları.....	63
Tablo 4.32.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda yaş gluten oranına ait ortalamalar ve LSD test analizi sonuçları	63
Tablo 4.33.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda sedimantasyon oranına ait varyans analizi sonuçları.....	64
Tablo 4.34.	Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda sedimantasyon oranına ait ortalamalar ve LSD test analizi sonuçlar.....	65

Tablo 4.35. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda nişasta oranına ait varyans analizi sonuçları	67
Tablo 4.36. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğdayda nişasta oranına ait ortalamalar ve LSD test analizi sonuçları.....	67



ŞEKİLLER LİSTESİ

Sayfa

Şekil 1.1. Verimli (Bereketli) Hilal	3
Şekil 1.2. Dünya buğday ekim alanında önemli ülkelerin payları	4
Şekil 1.3. Türkiye Buğday Ekim Alanı	5
Şekil 1.4. Yıllar itibariyle bitki besin maddesi bazında toplam gübre tüketimi.....	10
Şekil 3.1. Denemenin yürütüldüğü lokasyonun kuş bakışı görüntüsü.....	26
Şekil 3.2. Arazi parselasyonu ve ekim	28
Şekil 3.3. Parsellerden görüntüler	28
Şekil 3.4. Bakterilere ait özellikler.....	29
Şekil 3.5. Laboratuvar ortamındaki bakteri görselleri.....	30



KISALTMALAR VE SİMGELER LİSTESİ

<u>Kısaltma</u>	<u>Açıklama</u>
PGPB	:Bitki Gelişimini Teşvik Edici Bakteriler
ACC	:1-aminosiklopropan
FAO	:Dünya Gıda ve Tarım Örgütü
TÜİK	:Türkiye İstatistik Kurumu
S.D	:Serbestlik derecesi
V.K.	:Varyasyon kaynakları
CV	:Değişim katsayısı
K.T.	:Kareler toplamı
K.O.	:Kareler ortalaması
POX	:Peroxidaz
HCN	:Hidrosiyanik asit
Kob	:Koloni oluşturan bakteri
IAA	:İndol asetik asit
MIS	:Mikrobiyal tanılama sistemi
U.Y.O.	:Uzun yıllar ortalaması
TÜBİTAK:	:Türkiye Bilimsel ve Teknolojik Araştırma Kurumu
BAKTERİ 1 (B1):	KF36B (Azot Bağlayıcı)
BAKTERİ 2 (B2):	KF3A (Azot bağlayıcı), ve)
BAKTERİ 3 (B3):	KF58C (Azot Bağlayıcı ve Fosfat Çözücü)
BAKTERİ 4	:BMİX (Üçlü Karışım)

<u>Simge</u>	<u>Açıklama</u>
M	: Metre
cm	: Santimetre
l	: Litre
mg	: Miligram
ml	: Mililitre
ppm	: Milyonda bir birim (Parts per million)
°C	: Santigrat
da	: Dekar
ha	: Hektar
N	: Azot
C	: Karbon
P	: Fosfor
Cu	: Bakır
Fe	: Demir
K	: Potasyum

ÖZET

YÜKSEK LİSANS TEZİ

MARDİN EKOLOJİK KOŞULLARINDA BİYOLOJİK GÜBRELEMENİN MAKARNALIK BUĞDAYDA (*Triticum durum* L.) BİTKİ GELİŞİMİ, VERİM VE VERİM KOMPONENTLERİ ÜZERİNE ETKİLERİ

Menduh DİNLER

Siirt Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Tarla Bitkileri Anabilim Dalı

Danışman :Prof. Dr. Fatih ÇİĞ

2025, 78+XII Sayfa

Bu çalışma 2022-2023 yılında Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü Laboratuvarlarında hazırlanan aşılı makarnalık buğday tohumlarının, Mardin İli Artuklu İlçesi Küçükköy mahallesinde bulunan 109/1 nolu parselde tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü ve 18 parsel olacak şekilde uygulanmıştır. Daha önceden tanısı yapılan B1: KF36B (Azot Bağlayıcı), B2: KF3A (Azot bağlayıcı), B3: KF58C (Azot Bağlayıcı ve Fosfat Çözücü) ve BMİX (Üçlü Karışım) Edessa makarnalık buğday çeşidinin gelişimi üzerine olan etkilerini belirlemek amaçlanmıştır. Yapılan testlerle bitki boyu (cm), başak boyu (cm), kardeş sayısı (adet), metrekarede başak sayısı (adet/m²), başakta başakçık sayısı (adet/başak), başakta tane sayısı (adet/başak), bin tane ağırlığı (gram), tane verimi (kg/da), biyolojik verim (kg/da), hektolitreye ağırlığı (kg/100 l), on başak ağırlığı (gram), protein (%), sedimentasyon (ml), yaş gluten (%) ve hasat indeksi (%) belirlenmiştir. Yürütülen çalışmada; Edessa makarnalık buğday çeşidinde yapılan uygulamalarla ortalama olarak bitki boyunun 63,85-74,98 cm, başak boyunun 6,63-7,77 cm, kardeş sayısının 4,37-5,97 adet, metrekarede başak sayısının 359-577 adet/m², başakta başakçık sayısının 16,67-18,67 adet/başak, başakta tane sayısının 45,30-65,30 adet/başak, tane veriminin 216-303 kg/da, biyolojik veriminin 522-662 kg/da, hektolitreye ağırlığının 79,60-80,80 (kg/100 l), protein (%) 13,77-16,47, sedimentasyonunun (ml) 55,33-76,33, yaş glutenin (%) 29,70-35,93 ve hasat indeksinin ise % 35,97-50,27 arasında değiştiği belirlenmiştir. Sonuç olarak makarnalık ekmeklik buğday çeşidinde tane verimi en düşük 216 kg/da ile Kontrol grubundan ile elde edilmiş olup, aşısız ve tam doz gübreleme uygulamasında tane verimi 230 kg/da olurken, en yüksek tane verimi 303 kg/da ile BMİX (üçlü karışım) ile inokule edilmiş uygulamadan ve 297 kg/da ile KF58C (B3: Azot Bağlayıcı ve Fosfat Çözücü) elde edildiği ve bu iki bakteri uygulamasının tane verimini önemli ölçüde artırması sebebiyle mikrobiyal gübre materyali olarak kimyasal gübrelemeye alternatif olabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: PGPB, buğday, verim, verim öğeleri, edessa makarnalık buğday

ABSTRACT

MS THESIS

THE EFFECTS OF BIOLOGICAL FERTILIZATION ON PLANT DEVELOPMENT, Yield AND YIELD COMPONENTS OF WHEAT (*Triticum durum* L.) IN MARDIN ECOLOGICAL CONDITIONS Menduh DİNLER

Siirt University Graduate School of Natural and Applied Sciences
The Degree of Master of Science
Field Crops Program

Supervisor : Prof. Dr. Fatih ÇİĞ

2025, 78+XII Sayfa

This study was carried out in 2022-2023, using grafted durum wheat seeds prepared in Siirt University Faculty of Agriculture Field Crops Department Laboratories, in parcel number 109/1 located in Küçükköy neighborhood of Mardin Province Artuklu District, according to the randomized block trial design, with 3 replications and 18 parcels. It was aimed to determine the effects of previously diagnosed KF36B (Nitrogen Fixer), B2: KF3A (Nitrogen Fixer), B3: KF58C (Nitrogen Fixer and Phosphate Solvent) and BMIX (Triple Mixture) on the development of Edessa durum wheat variety. According to the tests performed, plant height (cm), spike height (cm), number of tillers (pcs), number of spikes per square meter (pcs/m²), number of spikelets per spike (pcs/spike), number of grains per spike (pcs/spike), thousand grain weight. (gram), grain yield (kg/da), biological yield (kg/da), hectoliter weight (kg/100 l), ten-ear weight (gram), protein (%), sedimentation (ml), wet gluten (%) and harvest index (%) were determined. In the study carried out; With the applications made on Edessa durum wheat variety, average plant height was 63.85-74.98 cm, spike length was 6.63-7.77 cm, tiller number was 4.37-5.97, spike number per square meter was 359-577 pieces/m², spikelet number per spike was 16.67-18.67 pieces/spike, grain number per spike was 45.30-65.30 pieces/spike, grain yield was 216-303 kg/da, biological yield was 522-662 kg/da, hectolitre weight was 79.60-80.80 (kg/100 l), protein (%) was 13.77-16.47, sedimentation (ml) was 55.33-76.33, wet gluten (%) was 29.70-35.93 and harvest index was %. It was determined that it varied between 35.97-50.27. As a result, the lowest grain yield in the durum bread wheat variety was obtained from the Control group with 216 kg/da, while the grain yield was 230 kg/da in the uninoculated and full dose fertilization application, the highest grain yield was obtained from the application inoculated with BMIX (triple mixture) with 303 kg/da and from KF58C (B3: Nitrogen Fixer and Phosphate Solvent) with 297 kg/da, and it is thought that these two bacterial applications can be an alternative to chemical fertilization as microbial fertilizer material since they significantly increase grain yield.

Keywords: PGPB, wheat, yield, yield elements, edessa durum wheat

1. GİRİŞ

Yeryüzünde insanoğlunun beslenmesinde temel tüketim maddelerinden biri olan buğday, tarih boyunca önemini koruyan stratejik bir tarım ürünüdür. *Triticum* cinsine ait olan bu bitki, *Gramineae (Poaceae)* familyasında yer almakta olup, morfolojik olarak kök, sap ve başak olmak üzere üç ana bölümden oluşmaktadır. Kök sistemi, buğday bitkisinin topraktan su ve besin maddelerini almasını sağlarken; bu maddeler sap aracılığıyla başaklara taşınmaktadır. Bu yapısal düzen, başakların dik durmasına da katkı sağlar. Başakların uzunluğu ise genellikle 5 ila 10 cm arasında değişmektedir (Koç ve Bilgin, 2020). Buğdayın kökenine ilişkin yapılan araştırmalar, bitkinin tarihsel olarak Yeni Taş (Neolitik) Çağ'ında ilk kez kültüre alındığını ortaya koymaktadır. Arkeobotanik bulgulara göre, buğdayın anavatanı Mezopotamya olarak kabul edilmekte ve bu bölgede yer alan çeşitli arkeolojik eserlerde tahıl motiflerine sıklıkla rastlanmıştır (Anonim, 2024). Bu durum, buğdayın yalnızca bir besin maddesi olarak değil, aynı zamanda kültürel bir unsur olarak da kadim medeniyetlerde önemli bir yer tuttuğunu göstermiştir.

Arkeolojik ve yazılı kaynaklara göre buğday, Mezopotamya uygarlıklarında yalnızca temel bir besin maddesi değil, aynı zamanda önemli bir ticaret aracı olarak da kullanılmıştır. Özellikle Sümerler dönemine ait tabletlerde ve Gılgamış Destanı gibi edebi eserlerde buğdaya sıkça atıfta bulunulmuştur. Buğday, Mezopotamya'dan hem doğu hem de batı yönlerinde yer alan medeniyetlere ihraç edilen değerli bir üründü (Postgate, 1992). Nil Deltası'nda yerleşik olan Mısır uygarlığında ise buğday, vergilendirme sisteminin temelini oluşturan başlıca tarım ürünü olmuştur (Kemp, 2006). Ayrıca, ilk uygarlıklarda dini otoriteler ile askeri yapılar tarafından stratejik bir ihtiyaç malzemesi olarak kabul edildiği, çeşitli kaynaklarda belirtilmiştir (Crawford, 2004).

İlk tahılların doğadan toplanması M.Ö. 16.000-17.000 yıl öncesine dayanmaktadır (Tanno ve Willcox, 2006). Diyarbakır-Karacadağ'da 10.000 yıl önce buğday bitkisi kültüre alınmış ve bu bölgede 400 den fazla çeşidin ve aynı şelide 23 yabancı çeşidin kültüre alındığı belirtilmiştir (Özberk ve ark., 2016). Vavilov'un (1987) çalışmalarında; Türkiye'de belirlediği 8 gen merkezi bulunduğu kaydedilmiştir.

Çatalhöyük yöresinde yaklaşık 9-10 bin yıl öncesinde bulunan barınma yerlerinde bulunan buğdayın varlığını ilk kez tespit eden filogenetik çalışmaları ODTÜ, Biyokimya, Kimya Bölümü ve Biyoteknoloji Enstitüsü Öğretim Görevlisi Prof. Dr. Mahinur Akkaya ve arkadaşlarıdır. Çalışmalar neticesinde o döneme ait bölgede yaşayan toplumların iyi

Buğday yalnızca ekonomik ve beslenme açısından değil, aynı zamanda kültürel ve estetik bağlamda da önemli bir yere sahiptir. Doğada baharın gelişini simgeleyen buğday bitkisi, özellikle kış aylarında yağmur ve kar sularıyla beslenip, nisan yağmurları ile birlikte sapa kalkarak büyüme sürecine girer. Bu dönemde rüzgârla birlikte tarlada oluşan dalgalanma, buğdayın doğaya kattığı görsel güzelliği ifade eder (Erkan, 2018). Başaklanma evresine ulaşan buğday, bolluğun ve bereketin sembolü haline gelir. Sararma evresi ise hasat zamanının ve yaz mevsiminin habercisi olarak görülmektedir. Buğdayın olgunlaşmasıyla birlikte yeşil sapların yerini sararan başaklar alır ve bu süreçte biçim işlemi başlatılır (Özkan, 2020). Kırsal bölgelerde sıklıkla dile getirilen “Buğday ile koyun, gerisi oyun” şeklindeki atasözü, buğdayın tarımla uğraşan üretici ve çiftçiler için hayati önemde bir geçim kaynağı olduğunu yansıtmaktadır (Köksal, 2015).

Bereketli Hilal'in, Türkiye'nin güneydoğusunda, Güneydoğu Toroslar'dan başlayıp, güneyde Suriye, Lübnan ve Ürdün'ü kapsayarak, güneydoğuda Irak'ın Fırat ve Dicle nehirlerinin döküldüğü Basra Körfezi'ne kadar uzanan, dağlık alanlar ve batıda Zağros Dağları'nı da içine alan geniş bir bölgeyi kapsadığı belirtilmiştir (Gölbaş, 2016).

Bu bölge, adını şekli itibarıyla bir hilale benzemesinden almıştır. Milattan önceki çağlarda, Bereketli Hilal'in yer aldığı Yakın Doğu ve Doğu Akdeniz bölgesinde iklim, sıcak ve nemli hava koşullarının hâkim olduğu bir dönemden geçmiştir. Bu iklim, yaklaşık 15.000 yıl önce değişmeye başlamış ve 11.500 yıl önce değişimini tamamlamıştır. Günümüzde ise bu bölgenin iklimi, kışları soğuk ve yazları kurak olan, yağışın ve sıcaklığın hem yıllık hem de mevsimsel olarak büyük değişiklikler gösterdiği bir karakter kazanmıştır (Feldman, 2001; MacKey, 2005). İklim değişikliklerine adapte olabilen mekanizmalara sahip bitkiler, geçiş dönemi ve sonrasında doğada çoğalmaya başlamış, diğer bitki türlerinin yerini almaya başlamıştır. Bu türler arasında, tek yıllık, kendine döllen ve dormant tohumlu bitkiler ön plana çıkmıştır. Bu bitkiler arasında yer alan buğday ve yabani ataları, cılız, iğne şeklinde, kırılğan başaklı ve zayıf saplı, düşük tohumlu ve kavuzlu daneli bir yapı sergilediği kaydedilmiştir. Bu yapının, danelerin kavuzdan ayrılmasını oldukça zorlaştırdığı rapor edilmiştir (Takebayashi ve Morrell, 2001; MacKey, 2005).

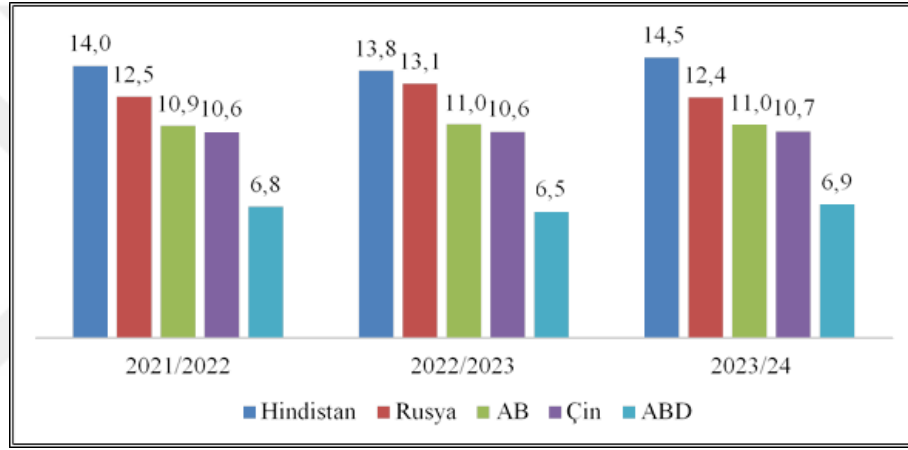
Dünya üzerinde tüm tahıl üretiminin %82,5'ini oluşturan buğday bitkisi, mısır ve çeltik bitkilerinin arasında çeltik ve buğday genellikle insanlar tarafından gıda ürünü olarak tüketilmektedir. Türkiye'de iklim ve coğrafi koşulların etkisi nedeniyle daha çok buğday ve arpa üzerinde üretim yapıldığı bilinmektedir.

Birleşmiş Milletler raporuna göre, dünyanın 2030 yılında 8 milyarı, 2050 yılında 9,5 milyarı, 2100 yılında ise 10,5 milyar nüfusa ulaşacağı öngörülmektedir. Dünya genelinde nüfus artışı hızı yavaşlarken, nüfusun 2100 yılına kadar bu nüfusun artacağı dile getirilmektedir. Bu nedenle dünya nüfusunun artması ile beraber insanoğlunun gıdasal olarak beslenebilmesinde önemli bir gıdave tüketim kaynağı olan buğday ihtiyacı her geçen gün daha büyük bir öneme sahip olmaktadır.

Dünya Gıda ve Tarım Örgütü'nün (FAO) verilerine ışığında, 2022 yılında Dünya nüfusunun yüzde 30'una yakın (2,5 milyar kişi) çoğu sebepten yeterli gıdaya erişemediği rapor edilmiştir (Doğan ve Öztürk, 2022). Bunların başında da genel olarak buğday ihtiyacı sıkıntısı baş göstermiştir. Küresel düzeyde buğdayın yüzde 70'ini ABD, AB, Hindistan, Çin, Rusya ve Avustralya üretmektedir. Yine aynı şekilde küresel buğday ticaretinin buğday ihracatında sırasıyla ABD, Rusya, Avustralya, AB, Ukrayna ve Kanada ilk sıralarda yer almakta olup Çin ise kendi iç tüketimini karşıladığından ihraç yerine ithal etmektedir. Dünya genelinde Covid-19 hastalığının yayılması ve devam eden Rusya-Ukrayna savaşı ile küresel iklim değişiklikleri gibi nedenlerle Afrika kıtasındaki yoksul ülkelerin coğrafi koşullardan dolayı ürün yetiştiriciliğinin yetersiz ve yeterli tahıl

yetiştiriciliğinden yoksun olması ile gelişmiş ülkelere muhtaç kalmaları bunun göstergelerindendir.

2020/21 pazarlama yılında 776 milyon ton olan dünya buğday üretimi, 2021/22 pazarlama yılında Çin, AB, Avusturalya, Hindistan ve Ukrayna'daki üretim artışına bağlı olarak %0,7 artmış ve 781 milyon tona çıkmıştır. Bir önceki yılın aksine savaş halinde olan Rusya'nın buğday üretimi azalırken, Ukrayna'nın buğday üretiminin ciddi oranda artmıştır. Dünya buğday üretim artışının yanında ithalatta da artış olmasına rağmen temel ithalatçı ülkelerde (Çin, Orta Doğu, Kuzey Afrika) başlangıç stoklarındaki azalma 2021/22 pazarlama yılı buğday arzının önceki yıllara göre azalmasına sebebiyet vermiştir (Anonim, 2022).

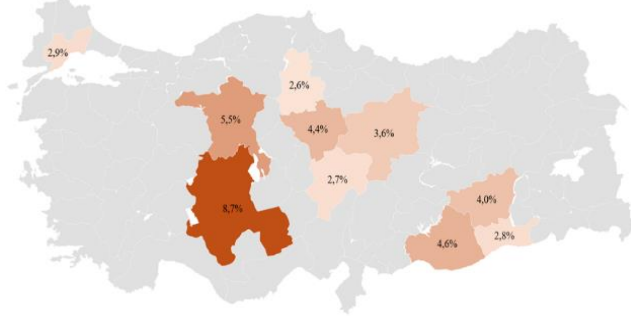


Şekil 1.2. Dünya buğday ekim alanında önemli ülkelerin payları (%-USDA,2024)

Dünya buğday üretiminde 2022/23 pazarlama yılında başlıca üretici ülkeler içerisinde yer alan Çin, Rusya, Avustralya ve Kanada'da artış öngörülmektedir. Bu nedenle dünya genelinde buğday üretimi önceki yıla göre %1,5 artarak 790 milyon tona yükselmiştir. Dünya buğday üretimi sıralamasında Çin, AB ve Hindistan ilk sıralarda yer almakta olup bu ülkelerden sonra Rusya ve Avustralya öncü ilk beş ülkeler arasında gösterilmiştir. Ekiliş alanı bakımından 7. sırada yer alan Kazakistan, verim düşüklüğü nedeni ile buğday üretiminde ilk on ülke arasına girememiştir. Buğday ekim alanı içerisinde %3'lük, buğday üretiminde ise %2'lik paya sahip olan Türkiye'nin dünya buğday üretiminde 10. sırada yer aldığı belirtilmiştir (Anonim, 2024a).

Türkiye'de yaklaşık 6,8 milyon hektar alanda buğday üretimi yapılmaktadır. 2022/23 üretim yılında bu alan içerisinde %8,7'lik pay alan Konya, ülkemizde buğday ekim sıralamasında birinci sırada yer alırken, %5,5'lik pay ile Ankara ikinci sırada, %4,6'lik pay ile Şanlıurfa üçüncü sırada yer almaktadır. Türkiye buğday ekiliş alanı

bakımından ilk 10’da yer alan diğer illerin sırasıyla Yozgat, Diyarbakır, Sivas, Tekirdağ, Mardin, Kayseri, Çorum olduğu kaydedilmiştir (Anonim, 2024a).



Şekil 1.3. Türkiye Buğday Ekim Alanı (Anonim, 2024)

Tablo 1.1. Türkiye Buğday Üretimi Miktarı (Anonim, 2024)

Ülke/Bölge	Üretim Miktarı (milyon ton)			
	2023/2024	2022/23	2021/22	2020/21
Türkiye	19,5	22,3	17,6	20,5

2022/23 yetiştirme sezonunda Türkiye buğday üretim yılı ele alındığında bir önceki yıla göre %12,6 artarak 22,3 milyon ton seviyelerine gelmiştir. Buğday üretim miktarında ilk on sırada olan illerimiz ülkemizdeki üretimimizin hemen hemen yarısını karşılamaktadır (Tablo 1.1.).

Tablo 1.2. Türkiye İllere Göre Üretim Miktarı (Anonim, 2024)

Üretim Miktarı			Üretim Miktarı		
Sıra No	İl	(10000-ton)	Sıra No	İl	(10000-ton)
1.	Konya	2,24	6	Mardin	758
2.	Şanlıurfa	1,718	7	Edirne	728
3.	Ankara	1,102	8	Tekirdağ	697
4.	Diyarbakır	982	9	Eskişehir	612
5.	Yozgat	952	10	Sivas	604

2022/23 üretim yılında %10’luk paya sahip olan Konya üretimde ilk sırada yer alırken, %7,7’lik pay ile Şanlıurfa ikinci sırada, %4,9’luk pay ile Ankara üçüncü sırada yer almıştır. Türkiye buğday üretim miktarı bakımından sırasıyla diğer iller Diyarbakır, Yozgat, Mardin, Edirne, Tekirdağ, Eskişehir ve Sivas’tır (Tablo 1.2).

Tablo 1.3. 100 gram ekmekte bulunan besin maddeleri yaklaşık değerleri (Anonim, 2023)

Besin Değeri	100 gramda	100 gram için günlük % değer	1 Dilim (25 g)
Kalori	256 kcal	% 12,8	64 kcal
Karbonhidrat	52,8 g	% 17,6	1,3 g
Lif	3,4 g	% 13,7	0,9 g
Protein	8,1 g	% 16,2	2,0 g
Potasyum	125,0 mg	% 3,6	31,3 mg
Kalsiyum	18,0 mg	% 1,8	4,5 mg
Demir	1,3 mg	% 7,3	0,3 mg

Buğday, hem küresel çapta hem de Türkiye'de insanların temel gıda maddelerinden biri olarak, önemli bir tarla bitkisidir. Ekonomik, sosyal, kültürel ve biyolojik açıdan stratejik bir ürün olan buğday, hem insanlar hem de hayvanlar için besin kaynağıdır. Tanesinin besin değeri, dengeli amino asit profili ve taşınma, depolama ve işlenmesindeki kolaylıklar, buğdayı birçok toplum için temel kalori kaynağı yapmaktadır. Buğday üretimi, dünya genelinde ekonomik ve stratejik öneme sahiptir. Buğday; binlerce yıldır beslenmenin temelini oluşturmuş ve toplumda öz güven ve istikrarın temeli olmuştur (Çığ ve ark., 2024).

Türkiye, buğdayın genetik merkezi olma özelliği taşımaktadır. Bu nedenle, ülkemiz buğday türleri bakımından son derece zengin bir çeşitliliğe sahiptir. Yabani buğday türleri, buğday akraba türleri, yerel buğday köy çeşitleri ve modern buğday ıslah çeşitleri bir arada bulunmaktadır. Bu çeşitlilik, buğdayın gelecekteki üretiminde biyolojik çeşitliliği korumayı ve geliştirmeyi gerektirir. Bu genetik çeşitliliğin korunması, özellikle gelecekteki gıda güvenliği için son derece önemlidir. Çünkü buğday gibi stratejik bir ürünün biyolojik çeşitliliği, sadece gıda üretimini değil, aynı zamanda toplumların kültürel ve geleneksel değerlerinin korunmasını da sağlar.

Ülkemizdeki buğday çeşitleri, buğdaya dair binlerce yıllık birikimi ve deneyimi barındırmaktadır. Bu çeşitlerin, yerel üreticiler ve toplumlar için çok önemli bir kültürel mirastır ve bu mirasın korunması, gelecek nesillerin güvenli gıda teminini sağlaması beklenmektedir (Atak, 2017).

Beyaz ekmeğin 100 gramında 256 kalori bulunmaktadır. Ekmek, dünya genelinde yaygın olarak tüketilen bir besin kaynağıdır ve tarih boyunca insanlar için önemli bir tüketim kaynağı olmuştur. Türkiye'de ekmek tüketimi oldukça yüksektir ve kişi başı

tüketim, Avrupa ortalamasının üç katıdır. Bu, ekmeğin halk arasında ne kadar yaygın ve önemli bir gıda maddesi olduğunu göstermektedir. Ekmek, buğday gibi tahıllardan yapılan ve karbonhidratlar açısından zengin olan bir besindir. 25 gramlık bir dilimi yaklaşık 64 kalori içerirken, bir somun ekmek (yaklaşık 250 gram) yaklaşık 595 kaloriye sahiptir. Ekmek, genellikle ucuz ve kolay ulaşılabilir bir gıda olduğu için özellikle düşük gelirli gruplar için önemli bir enerji kaynağıdır. Araştırmalar, ekmeğin bazı sağlık faydalarını da ortaya koymuştur. Özellikle tam buğday ekmeği gibi çeşitleri, lif, vitamin ve mineral açısından zengindir ve sindirim sistemini destekler. Ayrıca ekmek, kan şekerinin dengelenmesine yardımcı olabilir ve uzun süre tok tutma özelliği ile özellikle gün boyunca enerjik kalmayı sağlayabilir. Ancak, ekmek tüketimi konusunda dikkat edilmesi gereken bazı noktalar da vardır. Aşırı ekmek tüketimi, özellikle beyaz ekmek gibi rafine karbonhidratlar içeren türleri, kilo alımına ile bazı sağlık sorunlarına yol açabilir. Bu nedenle, dengeli bir diyet içinde ekmeğin doğru porsiyonlarla ve sağlıklı çeşitleriyle tüketilmesi önemlidir (Anonim 2023a).

Vücudun karbonhidrat ihtiyacını ekmek dışında birçok farklı gıda maddesinden karşılamak mümkündür. Bu gıdalar genellikle sindirimi daha yavaş olan, daha fazla lif içeren ve dolayısıyla daha uzun süre tokluk hissi veren besinlerdir. Bunun yanı sıra, buğday, fasulye, mercimek, sebzeler, kuruyemişler ve esmer bulgur gibi gıdalar da ekmeğe alternatif olabilecek karbonhidrat kaynaklarıdır. Bu besinler, vücuda sadece enerji sağlamaz, aynı zamanda vitamin, mineral ve lif gibi önemli besin öğelerini de içerir. Gluten hassasiyeti olan bireyler için bu alternatifler oldukça faydalıdır.

Ekmek, özellikle B vitaminleri açısından zengin bir besindir. Tiamin (B1 vitamini), riboflavin (B2 vitamini), niasin (B3 vitamini) ve folik asit gibi besin maddeleri, vücudun enerji üretiminde kritik bir rol oynar. Bu B vitaminleri, karbonhidratların enerjiye dönüştürülmesinde önemli görevler üstlenirken, folik asit kalp sağlığını destekler ve hücre bölünmesini düzenler. Ekmek türlerinin içeriği, kalp sağlığını iyileştiren doymamış yağ oranlarıyla çeşitlenebilir. Özellikle badem ve keten tohumu eklenen ekmekler, Omega-3 yağ asitleri açısından zengindir. Omega-3, kalp sağlığına faydalı olduğu bilinen temel yağ asitlerindendir. Ekmek, yüksek karbonhidrat içeriğiyle dikkat çeker; bir dilim ekmek, genellikle büyük oranda karbonhidrattan oluşur. Bu da ekmeği iyi bir tokluk kaynağı yapar. Ancak, aşırı ekmek tüketimi, özellikle beyaz ekmeğin fazla miktarda yenmesi, kilo alımına ve kan şekeri seviyelerinin yükselmesine yol açabilir. Bu nedenle, dengeli bir şekilde ekmek tüketimi önemlidir (Anonim, 2023a).

Kimyevi gübreler, bitkilerin büyümesi için gerekli olan besin maddelerini içeren ve toprak verimliliğini artırmaya yardımcı olan kimyasal bileşiklerdir. Bu gübreler, genellikle azotlu, fosforlu, potasyumlu ve kompoze gübreler olarak dört ana gruba ayrılır (Anonim, 2003). Azotlu, fosforlu, potasyumlu ve kompoze gübreler, bitki besleme açısından tarımsal üretim temel girdileri arasında yer almaktadır. Bu gübre türleri, bitkilerin gelişimi için gerekli olan makro besin elementlerinin sağlanması kritik rol oynamaktadır.

Azotlu gübreler, bitkilerin vejetatif büyümesi için gerekli olan azot elementini temin eder. Bu grup gübreler arasında amonyum sülfat, amonyum nitrat ve kireçli amonyum nitrat yer almaktadır. Amonyum sülfat yaklaşık %21 oranında azot içermekte olup, uzun süreli ve yoğun kullanımı toprak pH'sını düşürerek asidik özelliklerin artmasına ve dolayısıyla toprak verimliliğinde azalmaya neden olabilmektedir. Amonyum nitrat formları ise %26 ile %33 arasında değişen oranlarda saf azot içermekte olup, toprakta yüksek hareketlilik gösterirler. Bu durum, özellikle yağışlı iklim koşullarında veya sulama yapılan alanlarda azot kayıplarının artmasına yol açmaktadır. Bu nedenle azotlu gübrelerin, bitkilerin gelişim dönemlerine uygun şekilde bölünerek uygulanması önerilmektedir (Kaçar ve Katkat, 2010).

Fosforlu gübreler, özellikle kök gelişimi ve generatif evreler (ieklenme ve meyve oluşumu) zerinde etkili olup, bitkinin yaşam döngüsü açısından kritik roller üstlenir. En yaygın kullanılan fosforlu gübre türü triplesperfosfat (TSP) olup, genellikle ekim öncesinde ya da ekim esnasında taban gübresi olarak toprak altına uygulanması gerekmektedir. Fosforun toprakta hareketliliği sınırlı olduğundan, bu uygulama yöntemi gübrenin bitki tarafından etkin kullanımını artırmaktadır (Mengel ve Kirkby, 2001).

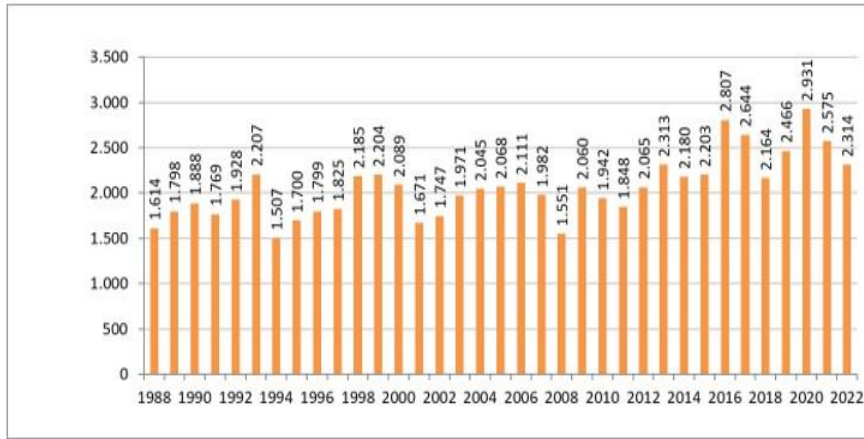
Potasyumlu gübreler ise bitkilerde su dengesinin düzenlenmesi, fotosentez etkinliğinin artırılması ve hastalıklara karşı direnç gelişiminin desteklenmesi gibi önemli işlevlere sahiptir. Bu gübreler genellikle iki formda bulunmaktadır: potasyum sülfat (%50 potasyum) ve potasyum klorür (%60 potasyum). Özellikle azot ve fosfor bakımından eksik olan topraklarda potasyumlu gübreleme daha büyük önem taşıtmaktadır. Potasyum eksikliği, toprak analizleri ile belirlenmeli ve gübre uygulamaları ekim ya da dikim döneminde gerçekleştirilmelidir (Brady ve Weil, 2008).

Kompoze gübreler, birden fazla bitki besin maddesini içeren özel formülasyonlara sahiptir. Örneğin, diamonyum fosfat (DAP) gübresi, 100 kg'da 18 kg azot ve 46 kg fosfor içeriğiyle dengeli bir besin kaynağı sunmaktadır. Bu zellikleri nedeniyle, çoklu besin gereksinimi olan tarım uygulamalarında yaygın biçimde tercih edilmektedir (Tisdale ve

ark., 1993). Bu doğrultuda, kimyevi gübrelerin etkin ve sürdürülebilir kullanımı; öncelikle toprak analiz sonuçları, bitkinin besin madde gereksinimleri ve uygun uygulama zamanları dikkate alınarak planlanmalıdır. Bu yaklaşım, hem toprak sağlığının korunmasına hem de bitkisel üretimde verimliliğin artırılmasına katkı sağlayacaktır.

Gübre üretimi ve tüketimi, küresel tarım politikaları ve gıda güvenliği açısından stratejik bir öneme sahiptir. Günümüzde artan gübre talebinin yaklaşık %63,5'i gelişmekte olan ülkeler tarafından karşılanmakta olup, bu durum tarım sektörünün bu ülkelerdeki önemine işaret etmektedir (Anonymous, 2004). Dünya genelinde gübre üretiminde önde gelen ülkeler sırasıyla; %20,6 ile Çin, %11,6 ile ABD, %10,3 ile Hindistan, %9,2 ile Kanada ve %8,1 ile Rusya'dır (Anonymous, 2002). Gübre kullanımındaki artışa bakıldığında, 1960–2001 yılları arasında gelişmekte olan ülkelerde gübre kullanımı 2,5 kat artarken, gelişmiş ülkelerde bu artış yalnızca 0,9 kat olarak gerçekleşmiştir (FAO, 2004). Bu durum, gelişmekte olan ülkelerde tarımsal üretimin gübreye olan bağımlılığını ve modern tarım tekniklerine yönelişi ortaya koymaktadır. Gübre talebi açısından bakıldığında, Çin %25,4'lük pay ile dünya genelinde en büyük gübre talebine sahip ülke konumundadır. Çin'i sırasıyla ABD (%13,6), Hindistan (%12,3), Brezilya (%5,5), Fransa (%3) ve Pakistan (%2,2) izlemektedir (Anonymous, 2002). Tarihsel tüketim verilerine göre, dünya gübre tüketimi 1920 yılında 14 milyon ton iken, bu miktar 1989 yılında 143 milyon tona ulaşmıştır. Ancak, 1989–1994 yılları arasında, özellikle Orta Avrupa ve eski Sovyetler Birliği ülkelerinde yaşanan ekonomik ve yapısal dönüşümler nedeniyle 23 milyon tonluk bir gerileme meydana gelmiş; 2001 yılı itibarıyla ise tüketim yeniden artış göstererek 138 milyon tona yükselmiştir (Anonymous, 2004).

Türkiye, dünya gübre ithalatında %2'lik pay ile dokuzuncu sırada yer almakta ve bu durum ülkenin dışa bağımlı gübre tedarik zinciri açısından dikkate değer bir göstergedir (Anonymous, 2002). Dünya gübre ihracatında ise Kanada %17 ile ilk sırada yer alırken, Rusya %16, ABD %12, Almanya ve Beyaz Rusya %5'er payla önemli ihracatçılar arasında bulunmaktadır. Ayrıca İsrail, Ukrayna, Belçika ve Ürdün gibi ülkeler de %3'lük paylarla öne çıkmaktadır (Anonymous, 2004). Bu ülkelerde doğal kaynakların bulunması, gübre üretimi ve ihracatında rekabet avantajı sağlamaktadır (Anonim, 2023b)



Şekil 1.4. Yıllar İtibariyle Bitki Besin Maddesi Bazında Toplam Kimyevi Gübre Tüketimi (Bin Ton)

Gübre kullanımı, tarımsal üretkenliğin artırılması, bitki besleme stratejilerinin optimize edilmesi ve sürdürülebilir tarım uygulamalarının geliştirilmesi açısından temel bir göstergedir. FAO kriterlerine göre gübre uygulamasının gerçekleştirildiği kabul edilen toplam işlenen tarım alanı; ekili alanlar, bitkisel ürün nadas alanı, süs bitkileri ve sebze bahçelerinin toplamından oluşmaktadır. Ancak Türkiye’de, bu tanımın dışında kalan uzun ömürlü bitkiler alanında da önemli düzeyde gübre kullanımı söz konusudur. Bu bağlamda, 2022 yılı toplam işlenen tarım alanı FAO kriterlerine göre 20,17 milyon hektar olarak hesaplanırken, Türkiye’ye özgü koşullarda bu alan 23,845 milyon hektar olarak kabul edilmiştir (Anonim, 2021).

Türkiye’de 2022 yılı sonu itibarıyla kullanılan toplam saf bitki besin maddesi (N, P_2O_5 , K_2O) miktarı, 2021 yılına kıyasla %10,15 oranında azalarak 2.313.689 tona gerilemiştir. Aynı yıl itibarıyla hektar başına düşen saf bitki besin maddesi kullanımı ise 97 kg olarak belirlenmiştir. Aşırı gübre kullanımının yaygın olarak kuru tarım alanlarında görülmediği; ancak bazı lokal ve sulu alanlarda bu durumun daha belirgin olduğu ifade edilmektedir (Anonim, 2021). Gübre kullanımı, yalnızca tarımsal verimliliği artırmakla kalmamakta, aynı zamanda toprak sağlığının sürdürülebilirliği açısından da önem arz etmektedir. FAO’nun 2020 yılı verilerine göre, dünya genelinde hektar başına ortalama gübre kullanımı 145 kg iken, Avrupa Birliği (AB) ülkelerinde bu değer 157 kg/ha, Türkiye’de ise 150 kg/ha düzeyinde gerçekleşmiştir (Anonymous, 2020).

Türkiye, bu değerlerle dünya ortalamasının üzerinde bir kullanım düzeyine sahip olmakla birlikte, AB ülkelerinin yoğun ve yüksek verimli üretim sistemlerinin gerisinde kalmaktadır. Gübre kullanımında belirlenen hedefler, tarımsal verimliliğin sürdürülebilir şekilde artırılması ve çevresel etkilerin en aza indirilmesi bakımından stratejik bir rol üstlenmektedir. Özellikle gübrelerin doğru zamanda, doğru miktarda ve uygun

yöntemlerle uygulanması, hem toprak verimliliğini desteklemekte hem de su kirliliği gibi çevresel risklerin azaltılmasına katkı sağlamaktadır. Bu kapsamda, toprak analizlerine dayalı gübreleme, ihtiyaç duyulan besin elementlerinin optimal düzeyde karşılanmasını sağlamakta ve aşırı gübre kullanımının önüne geçmektedir (Tisdale ve ark., 1993).

Sürdürülebilir tarım uygulamalarında kimyasal gübrelerin yanı sıra, organik ve organomineral gübrelerin kullanımı da giderek önem kazanmaktadır. Organik gübreler, toprak yapısının iyileştirilmesine, biyolojik çeşitliliğin artırılmasına ve su tutma kapasitesinin geliştirilmesine katkı sunmaktadır (Brady ve Weil, 2008). Organomineral gübreler ise organik madde ile kimyasal bileşenlerin sinerjik etkisinden faydalanarak daha dengeli ve çevre dostu bir gübreleme imkânı sunmaktadır (Anonim, 2021).

Son 30 yılda Türkiye’de ticari gübre kullanımı belirgin bir artış göstermiştir. Bu artışın temelinde tarımsal verimliliği artırma amacı yatmakta olup, bu doğrultuda özellikle tahıl üretiminde gübre kullanımına ağırlık verilmiştir. Nitekim 2013 yılı verilerine göre, Türkiye’deki toplam gübre tüketiminin %55,2’si tahıl üretiminde kullanılmıştır. Aynı yıl, tahıl tarımı yapılan alanların %90’ından fazlasında gübreleme yapılması, bu uygulamanın yaygınlığını ve verimlilik artışındaki etkisini ortaya koymaktadır (Güven, 2016).

Kimyasal gübrelerin kısa vadede verim artışı sağlamasına rağmen, uzun vadede çevresel ve yapısal sorunlara yol açabileceği bilinmektedir. Aşırı ve düzensiz gübre kullanımı, toprağın pH dengesinin bozulmasına, asidikleşmeye, su tutma kapasitesinin azalmasına ve erozyon riskinin artmasına neden olabilmektedir. Ayrıca, kimyasal gübrelerde bulunan ağır metallerin toprakta birikmesi, bu metallerin bitkiler aracılığıyla insan beslenme zincirine girmesi sonucunu doğurarak, halk sağlığı açısından risk teşkil etmektedir. Özellikle yer altı sularında nitrat birikimi, içme suyu kaynakları için ciddi bir tehdit oluşturmakta ve bu durum methemoglobinemi gibi sağlık sorunlarına neden olabilmektedir (Kaçar ve Katkat, 2010; Brady ve Weil, 2008). Alternatif olarak, mikroorganizmalara dayalı organik gübrelerin kullanımı sürdürülebilir tarım için önemli bir çözüm sunmaktadır. Bitki, hayvan ve insan kaynaklı atıklardan elde edilen organik gübreler, toprak yapısını ve mikrobiyal yaşamı destekleyerek verimliliği uzun vadede artırmaktadır. Ayrıca, rizosfer bölgesinde bulunan bazı bakteriler, bitkilerin gelişimini doğrudan veya dolaylı yollarla teşvik ederek biyolojik gübre olarak işlev görebilmektedir (Glick, 1995; Kaymak, 2011). *Azospirillum* ve *Azotobacter* gibi bakteriler atmosferik azotu bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürmekte, *Pseudomonas* ve *Bacillus* türleri ise hastalık etmenlerine karşı bitkiyi koruma ve büyüme hormonu üretimi gibi işlevler

üstlenmektedir. *Rhizobium* türleri, özellikle baklagillerin kök nodüllerinde simbiyotik azot fiksasyonu gerçekleştirirken; *Serratia*, *Xanthomonas* ve *Enterobacter* gibi diğer türler, çevresel stres koşullarında bitkilerin direncini artırarak gelişimlerini desteklemektedir (Andrews ve Harris, 2000). Bu doğrultuda, kimyasal gübrelerin etkin ve bilinçli kullanımı ile birlikte, organik ve mikrobiyal gübrelerin tarımsal üretim sistemlerine entegre edilmesi, sürdürülebilir tarım hedeflerinin başarılması açısından vazgeçilmezdir.

Bitki gelişimini teşvik edici bakteriler (BGTB), bitkilerin büyüme ve gelişim süreçlerini destekleyen mikroorganizmalardır. Bu bakteriler, bitkilerle simbiyotik veya parazitik olmayan ilişkiler kurarak, bitkilerin besin maddelerini daha verimli bir şekilde almasını, kök gelişimini artırmasını, strese karşı direnç kazandırmasını ve bazı hastalıklarla mücadele etmesini sağlarlar. Bitki Gelişimini Teşvik Edici Bakteriler (PGPB), bitkiler için faydalı olan ve onların büyümelerini teşvik eden mikroorganizmalardır. Bu tür bakteriler, azot fiksasyonu, fosfor çözünürlük, hormon üretimi (örneğin indol asetik asit - IAA) ve siderofor üretimi gibi biyolojik aktivitelerle bitki gelişimini artırabilir. Ayrıca, bazı PGPB'ler, bitkilerin hastalıklara karşı daha dirençli olmasına yardımcı olabilecek patojenlere karşı koruma sağlama yeteneğine sahiptir (Dowling ve Doty, 2009). Çakmakçı ve ark. (2005) ve Persello-Cartieaux ve ark. (2003) gibi çalışmalarda da bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin bu tür yararlı etkileri ayrıntılı bir şekilde incelenmiştir. Bu bakteriler, tarımda doğal gübreleme ve pestisit kullanımını azaltma gibi sürdürülebilir tarım uygulamalarında önemli bir rol oynamaktadır.

Bitki gelişimini teşvik eden bakteriler, toprakta ağır metallerin yüksek ve potansiyel olarak zararlı seviyelere ulaşması durumunda, *Bacillus*, *Pseudomonas* ve *Methanobacteria* gibi bakteri türleri aracılığıyla biyoremediasyon yöntemini kullanarak bu metalleri topraktan uzaklaştırmada etkili olabilmektedir (Milton, 2007). Bu tür bakteriler, çeşitli enzimler (pox, fosfataz gibi) salgılayarak, toprak kirliliğine yol açan zararlı maddeleri (pestisitler, toksik metaller) farklı bileşiklere dönüştürerek, bitkiler üzerinde olumsuz etkilerin oluşmasını engellemektedirler (Zhang ve ark., 2003; Dowling ve Doty, 2009; Gerhardt ve ark., 2009).

Bitki gelişimini teşvik edici bakteriler (PGPB), bitkilerin büyümesini doğrudan veya dolaylı olarak etkileyen çok sayıda biyolojik mekanizma aracılığıyla tarımsal üretimde önemli bir rol oynamaktadır. Bu mikroorganizmalar; fosfatların çözünmesini sağlayarak bitkiler için alınımını kolaylaştırmakta, siderofor üretimi yoluyla topraktaki

demirin biyoyararlılığını artırmakta, polisakkarit üretimiyle toprak yapısını iyileştirmekte ve iz elementlerin bitkiler tarafından daha verimli kullanılmasını sağlamaktadır (Staley ve Drahos, 1994; Naveed ve ark., 2014a; Hussain ve ark. 2016). Ayrıca, bu bakteriler pestisit ve toksinlerin biyolojik olarak parçalanmasına katkı sunarak çevresel temizlik sağlamakta, organik maddelerin ayrışmasını hızlandırarak toprak verimliliğini artırmakta ve bazı patojen mikroorganizmalara karşı antimikrobiyal bileşikler üretmektedir (Dasveark ve ark., 2013; Shahzad ve ark., 2017). PGPB'ler aynı zamanda bitkilerin bağışıklık sistemini güçlendiren ve sistemik dayanıklılığı artıran maddeler sentezlemekte, çeşitli vitaminler ve bitkisel hormonlar üreterek (auksin, sitokinin ve gibberellinler) bitki büyümesini ve meyve gelişimini desteklemektedir (Berendsen ve ark., 2012; Gonzalez ve ark., 2015).

Azot fiksasyonu gerçekleştiren mikroorganizmalar ise atmosferik azotu bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürerek bitki beslenmesini doğrudan desteklemektedir (Zaheer ve ark., 2016). Bu kapsamda, *Klebsiella*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Serratia*, *Azospirillum*, *Gluconacetobacter*, *Azotobacter*, *Rhizobium*, *Arthrobacter*, *Clostridium*, *Bacillus*, *Burkholderia* ve *Azoarcus* gibi bakteriler PGPB sınıfında yer almakta olup, rizosferden izole edilerek tanımlanmış ve çeşitli bitkisel sistemlerde olumlu etkileri kanıtlanmıştır (Hussain ve ark., 2017; Naveed ve ark., 2014b). Özellikle *Bacillus*, *Azospirillum*, *Enterobacter*, *Serratia*, *Burkholderia* ve *Pseudomonas* türleri, azot fiksasyonu, besin çözünürlüğünün artırılması ve patojen baskılaması gibi mekanizmalarla tarım uygulamalarında geniş bir potansiyel taşımaktadır.

Organik gübre uygulamaları içerisinde giderek daha fazla dikkat çeken Bitki Gelişimini Teşvik Edici Bakteriler (BGTB), kimyasal gübrelerle sürdürülebilir bir alternatif olarak önemli bir potansiyel sunmaktadır. BGTB'ler, doğal mikrobiyal kaynaklar olup, bitki gelişimini doğrudan (fitohormon üretimi) veya dolaylı (patojen baskılaması) yollarla teşvik edebilmektedir (Vessey, 2003). Bu bakteriler, toprak mikroflorası ile bitki kökleri arasında simbiyotik veya serbest yaşayan ilişkiler kurarak bitki besin maddelerinin biyoyararlanabilirliğini artırmakta; aynı zamanda bitkilerin stres koşullarına ve hastalıklara karşı direncini geliştirebilmektedir (Glick, 2012). BGTB'lerin tarımsal üretime entegre edilmesi, yalnızca verimlilik artışı sağlamakla kalmamakta, aynı zamanda çevresel etkileri azaltarak sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkı sunmaktadır. Ancak bu biyolojik ajanların etkinliği, çevresel koşullara, toprak tipine ve bitki türüne bağlı olarak değişkenlik gösterebildiğinden, uygulamada başarı için daha fazla bilimsel araştırmaya ihtiyaç duyulmaktadır (Compant ve ark., 2005). Özellikle,

farklı bakteri türlerinin hangi bitki çeşitlerinde daha etkili olduğu, saha koşullarında uygulama yöntemlerinin nasıl optimize edilebileceği ve ticari kullanım olanaklarının geliştirilmesi gibi konular, güncel araştırmaların odak noktasıdır. PGPB'ler, bitki verimini artırma ve çevre dostu tarım uygulamalarında önemli rol oynayan doğal mikroorganizmalardır. Bitkilerin büyümesini teşvik eder, streslere karşı direncini artırarak verimliliği yükseltirler. Ayrıca, toprak sağlığını destekleyerek doğal yapının korunmasına katkı sağlarlar.



2. LİTERATÜR ARAŞTIRMASI

Oral ve ark. (2006), tarafından Erzurum’da gerçekleştirilen bir çalışmada, farklı bitkilerden (domates, ahududu, biber, buğday ve arpa) izole edilen 9 farklı bakteri suşu kullanılarak buğday ve ıspanak tohumları sera koşullarında ve saksılarda aşılınmış ve bu bitkilerin gelişimleri incelenmiştir. Çalışmada, domates rizosferinden *Bacillus* OSU-142, ahududu rizosferinden *Bacillus cereus* RC18, *Bacillus subtilis* RC11 ve *Paenibacillus polymyxa* RC14, biber rizosferinden *Bacillus* M-13 ve buğday ile arpa rizosferinden *Bacillus licheniformis* RC08, *Bacillus megaterium* RC07, *Pseudomonas putida* RC06 ve *Paenibacillus polymyxa* RC05 bakterileri kullanılmıştır. Beş hafta süren denemenin ardından, her iki bitkinin morfolojik özellikleri değerlendirilmiş ve genç yapraklardan elde edilen homojenatlar üzerinde enzim aktiviteleri test edilmiştir. Bu testlerde glukoz 6-fosfat dehidrogenaz (G6PD), 6-fosfoglukonat dehidrogenaz (6PGD), glutatyon redüktaz (GR) ve glutatyon S-transferaz (GST) enzimlerinin aktiviteleri analiz edilmiştir. Sonuçlar, bakteri aşılamaalarının her iki bitki türünün gelişimi ve enzim aktiviteleri üzerinde önemli olumlu etkiler yarattığını göstermiştir. Özellikle *Pseudomonas putida* RC06 ve *Paenibacillus polymyxa* RC14 ile RC05 bakterileri, GR ve GST enzim aktivitelerinde belirgin artışlar sağlarken, G6PD ve 6PGD aktivitelerinde en yüksek değerler *Paenibacillus polymyxa* RC05 ile yapılan uygulamalarda gözlemlenmiştir.

Egemberdieva (2007), çalışmasında, iki farklı toprak tipi (besin değeri yüksek kumlu-tınlı ve düşük besin değeri olan kalkerli kalcisol) kullanılarak, üç bakteri suşu (*Pseudomonas alcaligenes* PsA15, *Bacillus polymyxa* BcP26 ve *Mycobacterium phlei* MbP18) uygulanmıştır. Çalışma sonucunda, besin eksikliği yaşayan topraklarda, besin değeri yüksek topraklara göre bakterilerin mısırın azot, fosfor ve potasyum alımını daha etkili bir şekilde artırdığı gözlemlenmiştir.

Turan (2008), araştırmasında elde ettiği sonuçlara göre buğdayın tane azot içeriği %14,94 (N0BS0) ile %18,96 (N15BS1) arasında, sap azot içeriği ise %3,45 (N0BS0) ile %6,34 (N20BS0) arasında değişmiştir. *Bacillus subtilis* uygulaması sap azot içeriği üzerinde istatistiksel olarak önemli etki yapmış, ancak tane azot içeriğinde artışlar önemsiz olmuştur. *Bacillus subtilis*, Pehlivan çeşidi buğdayının tane fosfor içeriğini artırmış, ancak sap fosforu ve potasyum içeriklerine etkisi olmamıştır.

Zahir ve ark. (2009), Batı Pakistan'da bulunan Faisalabad'da tarafından yapılan bir çalışmada buğdayın rizosferinden elde edilen 10 farklı bakteri türünün yüksek tuz seviyelerinin saksı koşullarındaki bitki gelişimi ve verimi üzerindeki etkileri

araştırılmıştır. Araştırma sonuçları, *Serratia proteamaculans* (M35), *Pseudomonas aeruginosa* (N39) ve *Pseudomonas putida* (N21) gibi üç bakteri suşunun tuz içeren ortamlarda en iyi sonuçları verdiğini ortaya koymuştur. Özellikle 15 dS m⁻¹ düzeyinde bulunan *Pseudomonas putida*'nın diğerlerine göre daha fazla etki sağladığı gözlemlenmiştir. Kontrol grubuyla karşılaştırıldığında tane veriminde %60, kök uzunluğunda %19, bitki boyunda %52, bin tane ağırlığında %76 ve sap veriminde ise yüzde 67 artışlar kaydedilmiştir; bunun yanında bakterilerin ACC deaminaz aktivitelerinin bu başarıda önemli rol oynadığı anlaşılmıştır.

Karakurt ve ark. (2010), şekerpare kayısı çeşidine ait bitki çoğullarında toprak üstü ve kök gelişimini değerlendirmek amacıyla kullanılan 5 bakteri suşunun (*P. agglomerans* RK79, RK-80 ve RK-92, *S. liquefaciens* RK-102 ve *P. putida* RK-142), incelenen tüm parametrelerde genel olarak kontrol grubuna kıyasla belirgin artış ve farklılık sağladığı belirlenmiştir. Özellikle *P. agglomerans* RK-79 ve RK-80 suşları ile *S. liquefaciens* RK-102 suşunun, bitkinin toprak üstü ve kök gelişimi üzerinde en yüksek gelişim aktivitesini gösterdiği tespit edilmiştir.

Rana ve ark. (2011), Milan Üniversitesi'nde yürüttükleri araştırmada, buğday rizosferinden elde edilen 10 farklı bakteri suşunun (AW1–AW10) Indol Asetik Asit (IAA) üretimi, ACC deaminaz aktiviteleri ve siderefor üretimi incelenmiştir. Bu bakterilerin buğday gelişimi ve çimlenme üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar, bu bakteri suşları arasında AW-5 suşunun, *Providencia* sp. olarak tanımlanarak siderefor aktivitesine sahip olduğunu ve kontrol grubuna göre en yüksek çimlenme hızı ve oranını sağladığını ortaya koymuştur.

Bangash ve ark., (2013), buğdayın kök rizosferinden elde edilen PGPR suşlarının buğdayın gelişimi ve verim parametreleri üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Azot bağlama, indol asetik asit (IAA) üretimi ve fosfat çözme gibi özelliklere sahip olan WPR-32, WPR-51 ve WPR-42 bakterilerinin kombinasyonlarının buğdaya uygulanması sonucunda, bitkilerin kök uzunluğu, bitki boyu ve tane veriminde sırasıyla %25, %27 ve %59 oranında artış sağlandığı gözlemlenmiştir. Ayrıca, %50 azotlu gübre uygulamasına kıyasla, bakterilerle aşıl原因an bitkilerin daha yüksek verim elde ettiği tespit edilmiştir. Bu bulgular, söz konusu PGPR suşlarının buğdayın verimliliğini artıran etkilerini ortaya koymuştur. Pakistan'ın Rawalpindi bölgesinde kurak bir alanda yapılan bir çalışmada, ACC deaminaz üretimi yapan bakterilerin kuraklık stresini azaltma üzerindeki etkisi araştırılmıştır. Farklı su stresi koşullarında, bu bakterilerin buğdayın gelişimi üzerindeki etkileri incelenmiş ve *Serratia* ve *Aerococcus* cinsine ait bakterilerin, kontrol grubuna

kıyasla önemli ölçüde büyüme artışı sağladığı belirlenmiştir. Sonuçlar, bakteri uygulamalarının, özellikle farklı sulama koşullarında, bitki boyunu %80,2, kök uzunluğunu %54,6 ve kuru kök ağırlığını %54,2 oranında artırdığına işaret etmiştir.

Zhao ve ark. (2014), Çin'de gerçekleştirdikleri bir çalışmada, *Fusarium graminearum* fungal etmenine karşı *Bacillus subtilis* SG6 bakteri suşunun buğday ve arpa bitkilerine inokülasyonu ile sağladığı engelleyici etkiler araştırılmıştır. Sonuçlar, bu bakteri suşunun ürettiği chitinase, fengycins ve surfactins gibi antibiyotiklerin, patojenin miselyum gelişimini %87,9 oranında, sporulasyonunu ise %95,6 oranında azalttığını göstermiştir.

Duran ve ark. (2014), Şili' de yapılan bir çalışmada, selenyum gübrelemesi uygulanan buğday bitkisi üzerinde, rizosferden izole edilen bakterilerin etkileri araştırılmıştır. Bu bakterilerin fosfat çözme, siderofor üretimi ve oksin üretme gibi özelliklerinin yanı sıra, *Gaeumannomyces graminis* (çökerten hastalığına yol açan patojen) üzerine etkileri de değerlendirilmiştir. Sonuçlar, *Acinetobacter* sp. (strain E6.2)'nin hastalık etkenini %100 oranında baskıladığını, *Bacillus* sp. (strain E8.1)'in etkisinin %50 oranında, *Klebsiella* sp. (strains E5 ve E1) ise %30 oranında azalma sağladığını ortaya koymuştur.

Ekici ve ark. (2015), çalışmalarında brokkoli fidelerine bakteri uygulanmasının bitki gelişimine olan etkilerini araştırmıştır. Elde edilen bulgular, bu tür bakteriyel müdahalelerin fide boyunu kontrol grubu ile karşılaştırıldığında önemli ölçüde artırdığını ortaya koymaktadır. *P. agglomerans* RK-92'nin uygulanmasıyla fide boyunda % 7,85 oranında bir büyüme gözlemlenmiştir; ayrıca gövde çapındaki artış ise PGPR uygulamaları sayesinde % 21,49 ila % 42,56 arasında değişiklik göstermiştir

Kuan ve ark. (2016), tarafından Malezya'da gerçekleştirilen bir çalışmada, iki farklı mısır rizosferinden izole edilen çok sayıda bakteri suşu, in vitro koşullarda bitki büyümesini destekleme özellikleri açısından test edilmiştir. Fosfat çözme, azot fikse etme ve oksin üretme gibi özellikler sergileyen 4 bakteri suşu (*Klebsiella* sp. Br1, *Klebsiella pneumoniae* Fr1, *Bacillus pumilus* S1r1 ve *Acinetobacter* sp. S3r2) seçilerek, bunların etkileri *Bacillus subtilis* UPMB10 kontrol suşuyla karşılaştırılmıştır. Sera ortamında yapılan denemelerde, mısır bitkisine uygulanan bakteriler, azot uygulamasının azaltıldığı koşullarda, kök kuru ağırlığı, bitki biyokütlesi ve toplam azot içeriği açısından kontrollere göre önemli ölçüde daha iyi sonuçlar vermiştir. Ayrıca, mısır köklerinde bu bakterilerin kolonizasyonu, bitkinin gelişimini olumlu yönde etkilemiş, en yüksek performansı ise *Bacillus pumilus* S1r1 suşunun gösterdiği belirlenmiştir.

Toumatia ve ark. (2016), Cezayir’de yapılan başka bir çalışmada, *Streptomyces mutabilis* IA1 bakteri suşunun *Fusarium culmorum* patojenine karşı buğday bitkilerindeki etkileri incelenmiştir. Bu bakterinin inokülasyonu, hastalığın gelişmesini %64,7 oranında engellemiş ve hastalık şiddetini %79,6 oranında düşürmüştür. Ayrıca, çimlenme oranlarında artış gözlemlenmiştir.

Sezen ve ark. (2016), tarafından yapılan çalışmada, Erzurum ve Kırşehir’deki çeşitli yabancı bitkilerin rizosferinden izole edilen 180 bakteri suşu arasından, azot sabitleyici ve fosfat çözücü özellikleri tespit edilen 16 bakteri suşu seçilmiş ve karakterize edilmiştir. Ayrıca, bu suşların IAA ve ACC deaminaz aktiviteleri de analiz edilmiştir. Seçilen bu 16 bakteri suşuna sırasıyla AS1, AS2, ... AS16 kodları verilmiştir. Bu bakterilerle yapılan saksı denemelerinde, bitki gelişimi (kök uzunluğu, sürgün uzunluğu ve kuru ağırlık) açısından en başarılı 6 bakteri suşu (AS1: *Cellulomonas turbata*, AS3: *Pseudomonas putida*, AS4: *Bacillus cereus*, AS6: *Enterobacter cloacae*, AS8: *Bacillus megaterium*, AS15: *Bacillus megaterium*) seçilerek arazi koşullarında test edilmiştir. Arazi deneylerinde, AS8: *Bacillus megaterium* suşunun, hem kontrol grubuna hem de diğer bakteri suşlarına göre buğdayda tane verimi, biyokütle ve protein içeriği açısından üstünlük sağladığı gözlemlenmiş ve bu suşun kimyasal gübreler yerine biyogübre olarak kullanılabileceği belirlenmiştir.

Kamran ve ark. (2017), tarafından şeker kamışı rizosferinden 10, buğday rizosferinden ise 14 olmak üzere toplam 24 bakteri izolatu incelenmiş ve çinko çözünürleştirme ve PGPB (bitki gelişimini destekleyen bakteriler) özellikleri yüksek olan 5 bakteri izolatu seçilerek buğday bitkisi üzerinde denemeler yapılmıştır. Bu izolatlar; *Pseudomonas fragi* EPS1, *Pantoea dispersa* EPS6, *Pantoea agglomerans* EPS13, *Enterobacter cloacae* PBS2, ve *Rhizobium* sp. LHRW1 olarak belirlenmiştir. Saksı koşullarında yapılan çalışmada, en yüksek çinko içeriği *E. cloacae* (PBS2) ile inoküle edilmiş bitkilerin sürgünlerinde ve *P. agglomerans* (EPS13) ile inoküle edilmiş bitkilerin köklerinde tespit edilmiştir. Ayrıca, *Rhizobium* sp. (LHRW1) bakterisi ile aşılanan bitkilerde en yüksek sürgün ve kök kuru ağırlığı ile sürgün uzunlukları elde edilmiştir.

Singh ve Jha (2017), *Stenotrophomonas maltophilia* (SBP-9) bakteriyel izolatının gibberellik asit, ACC deaminaz, IAA, siderofor ve fosfat çözme özellikleri ile sorgum rizosferinden izole edilip buğday bitkisine aşılansak tuz stresi ve *Fusarium graminearum* patojeninin yol açtığı başak yanıklığına karşı etkisi incelemiştir. Sonuçlar, tuz stresi altındaki bitkilerin kontrol grubuna göre kök uzunluğunda %20-39, kuru ağırlıkta %28-42 ve klorofil içeriğinde %24-56 arasında artış gösterdiğini ortaya koymuştur. Ayrıca,

bakteri inokulasyonunun savunma mekanizmalarına dahil olan fenilalanin amonyalak, glukana, peroksida ve polifenol oksida gibi enzimlerin aktivitelerini artırarak patojen enfeksiyonlarına karşı koruma sağladığı belirtilmiştir.

Vaid ve ark. (2017) tarafından Hindistan’da yapılan çalışmada, saksı koşullarında iki farklı buğday çeşidinde Burkholderia ve Acinetobacter türlerine ait 3 bakteri izolatının demir (Fe) alımı üzerindeki etkisi incelenmiştir. Çalışma, bu 3 bakteri izolatının tek başına ve belirli kombinasyonlar halinde kullanıldığında, demir alımını önemli ölçüde artırdığını ve bu izolatların buğday tanesinde %34, saptan ise %52 oranında Fe içeriğini artırdığını göstermiştir.

Mukhtar ve ark. (2017), buğday, şeker kamışı ve *Atriplex amnicola* köklerinden izole edilen 6 fosfat çözücü bakteri suşunun, buğdaya inokulasyon yapılarak bitki gelişimi üzerindeki etkileri araştırılmıştır. Çalışma, kaya fosfatı ve biyogaz atık çamuru gibi gübrelerin kullanıldığı topraklarda gerçekleştirilmiştir. Saksı deneylerinde, *Bacillus* PSB12 ve *Enterobacter* 77-N55 bakterilerinin, kök bölgesindeki kuru madde ağırlığı, gövde kısmındaki kuru madde ağırlığı, bitki boyu ve bin tane ağırlığı üzerinde anlamlı bir artış sağladığı tespit edilmiştir. Özellikle *Bacillus* PSB12 suşu, kök uzunluğu ve gövde kısmındaki kuru madde ağırlığı üzerinde belirgin bir iyileşme göstermiştir. Sonuçlar, bu bakterilerin kaya fosfatını biyolojik olarak çözünür hale getirdiğini ve kullanılan bakteri suşlarının biyogübre olarak faydalı olabileceğini göstermektedir.

Adam ve ark. (2017), araştırmalarında *Pyrenophora graminea* adlı fungal etmenin neden olduğu çizgili yaprak lekesi hastalığını kontrol altına almak amacıyla PGPB bakteri suşları kullanmışlardır. *Bacillus subtilis* (Bs2500, Bs2504, Bs2508) ve *Pseudomonas putida* (BTP1) bakterileri, üç farklı arpa çeşidinde tarla koşullarında test edilmiştir. Araştırma sonuçlarına göre, *P. putida* BTP1 ve Bs2508 bakteri suşları, her üç arpa çeşidinde de hastalık yoğunluğunu önemli ölçüde düşürmüştür. Özellikle *Pseudomonas putida* BTP1 ile inoküle edilen arpalarda hastalıkta %66’lık bir azalma gözlemlenmiştir.

Laloo ve ark. (2017), araştırmalarında 14 farklı ekmeklik buğday çeşidinin çimlenme performansı, 5 PGPB bakteri suşu altında pH stres koşulları altında incelenmiştir. Sonuçlar, SHIATS DW3 ekmeklik buğday çeşidinde, 3AAB1 bakteri suşu ile yapılan inokulasyonun pH stres koşullarında kontrol grubuna göre pozitif etkiler sağladığını göstermiştir. Özellikle, pH 5 ortamında kontrol bitkisinin çimlenme oranı %40 iken, bakteri ile inoküle edilen bitkilerde bu oran %96’ya ulaşmıştır. Ayrıca, pH 9’da, kontrol bitkisinde çimlenme oranı %64 iken, bakteri inokulasyonu yapılan bitkilerde bu

oran %92 olarak gözlemlenmiştir. Bu bulgular, bakterilerin stres koşullarında çimlenme oranını artırma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymaktadır.

Lin ve ark. (2018), tarafından Amerika'da sera koşullarında yapılan bir araştırmada, farklı PGPR bakteri türlerinin mısır bitkisi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Çalışmada, PGPR ile inokule edilen mısır tohumlarının, ekim sonrası kısa sürede önemli büyüme artışları gösterdiği gözlemlenmiştir. Özellikle, yaprak biyokütlesi %36,4, kök biyokütlesi %56,4 oranında artmış, bitki boyunda ise %9,5'lik bir artış sağlanmıştır. Ekimden 72 gün sonra ise aşılınmış mısır bitkilerinde yaprak biyokütlesi %39,6 oranında daha fazla olmuştur.

Çelikten ve Bozkurt (2018), buğday kök bitkileri üzerinde yapılan incelemede, 73 PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) izolatı, buğday tohumlarına uygulanarak kök ve sürgün gelişimine olan etkileri incelenmiştir. Bakteri uygulanan tohumlar, in vitro koşullarda, kontrol grubuna göre kök gelişiminde %7,1 ile %70,6 arasında, sürgün gelişiminde ise %6,6 ile %108,6 arasında artış göstermiştir. Kök gelişiminde en etkili izolat *Bacillus pumilis* 10ASO2 (%70,6 artış) olurken, sürgün gelişiminde en yüksek artış gösteren izolat ise *Acinetobacter lwoffii* 4ZLF10 (%108,6 artış) olmuştur. Ancak, bazı izolatlar tohum çimlenme testinde kök gelişimini olumsuz yönde etkilemiştir. Bu olumsuz etkiler, *Pseudomonas libanensis* 1KRK10, *Pseudomonas kilonensis* 3KRK7, *Corynebacterium urealyticum* 6ALD5 ve *Bacillus pumilis* 10ASO1 izolatları tarafından gözlemlenmiştir. Araştırmada ayrıca PGPR izolatlarının fosfat çözme kapasiteleri ve siderofor üretim kapasiteleri de belirlenmiştir. Fosfat çözünürlüğü açısından en etkili izolat *Pseudomonas kilonensis* 6ALD13 bulunurken, siderofor üretiminde en etkili izolat *Bacillus mojavensis* 5DRC4 olmuştur. Bu bulgular, PGPR izolatlarının buğday tohumlarının kök ve sürgün gelişimi üzerinde önemli etkiler yapabileceğini ve fosfat çözme ile siderofor üretme gibi özelliklerinin bitki büyümesini teşvik edebileceğini göstermiştir.

Tahir ve ark. (2018), Pakistan'da yapılan bir çalışmada, *Bacillus* sp. MWT-14 bakterisinin, farklı dozlarda kimyasal gübre (tam ve yarım doz) ile birlikte Galaxy-2013 ve Punjab-2011 ekmeklik buğday çeşitleri üzerindeki etkisi tarla koşullarında incelenmiştir. Çalışma sonucunda, her iki gübre dozunda ve her iki buğday çeşidinde *Bacillus* sp. MWT-14 bakterisinin kullanılması, aşılınmamış kontrollere göre büyüme ve verim parametrelerinde olumlu gelişmeler sağlamıştır. Ayrıca, gübre ve bakteri uygulamalarının birlikte kullanılması, kurak iklim bölgelerinde toprak fosfor içeriğini,

organik maddeyi artırabileceği ve kimyasal gübre maliyetlerini azaltabileceği kaydedilmiştir.

Sood ve ark. (2018), tarafından Hindistan'da yapılan çalışmada, buğday rizosferinden izole edilen 10 bakteri izolatı arasından PGPB aktivitesi en yüksek olan 3 izolat (B2, SIR1 ve B152) seçilerek farklı gübre dozlarının (%80, %60 ve %40) buğday gelişimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Sonuçlar, %80 NP gübresi ile B2 (*Serratia* sp.) bakterisinin kombinasyonunun, kontrol grubuna kıyasla başakta tane sayısını %19,61, buğday verimini %9,4, kardeş sayısını %28,03, bin tane ağırlığını %10,5 ve biyokütleli %9,2 oranında artırdığını göstermiştir. Bu bulgular, NP gübre uygulamaları ve bakteri kullanımının kimyasal gübre tüketimini azaltabileceğini ortaya koymuştur.

Ullah ve ark. (2019), tarafından Pakistan'da yapılan bir çalışmada, su kıtlığı, anormal hava koşulları ve ekilebilir arazi kaynaklarının bozulması gibi olumsuz çevresel faktörlerin etkilerini azaltmak için bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin kullanımının faydalı olduğu vurgulanmıştır. Araştırmada, bu bakterilerin ozmotik stres ve kuraklık koşullarında buğday verimini %18 oranında artırdığı ve bitkilerin hayatta kalma yeteneklerini güçlendirdiği gözlemlenmiştir. Bu sonuçlar, bakterilerin çevresel streslere karşı dayanıklılığı artırıcı rolünü ortaya koymuştur.

Sonkurt ve Çığ (2019), tarafından Siirt Üniversitesi deneme alanlarında yapılan çalışmada, ekmeklik ve makarnalık buğday çeşitleri üzerine farklı bakteri izolatlarının etkileri incelenmiştir. Bu araştırmada *Stenotrophomonas maltophilia* TV14B (fosfat çözücü), *Bacillus-GC group* TV119E (fosfat çözücü), *Bacillus atrophaeus* TV83D (azot bağlayıcı), *Cellulomonas turbata* TV54A (azot bağlayıcı) ve *Bacillus GC group* ile *Bacillus atrophaeus* TV83D TV119E bakterileri kullanılmıştır. Arazi koşullarında yapılan deneylerde, *Bacillus atrophaeus* TV83D bakterisinin, makarnalık buğday çeşidi Fırat-93'te (283,33 kg/da) ve ekmeklik buğday çeşidi Ceyhan-99'da (319,45 kg/da) tane verimini önemli ölçüde artırdığı gözlemlenmiş ve bu izolatın mikrobiyal gübre olarak kullanılabileceği sonucuna varılmıştır.

Danish ve Zafar-ul-Hye (2019), tarafından yapılan bir çalışmada, ACC-deaminaz üreten PGPR bakterilerinin, biochar ile kombinasyonu, buğday tohumlarına uygulanarak kuraklık koşullarındaki etkileri araştırılmıştır. Sonuçlar, *Bacillus amyloliquefaciens* ve 2 biochar dozu kombinasyonunun, klorofil a ve klorofil b miktarlarını sırasıyla %114 ve %123 oranında artırırken, fotosentez hızı, terleme oranı, 100 tane ağırlığı, ve N, P, K içeriğini sırasıyla %118, %73, %59, %58, %18 ve %23 oranlarında artırdığı bildirilmiştir.

Bu bulgular, PGPR ve biochar uygulamalarının kuraklık stresini azaltmada etkili bir yöntem olduğunu göstermiştir.

Hafez ve ark. (2019), tarafından yapılan bir çalışmada, çeltik (*Oryza sativa* L.) bitkilerinde su eksikliği ve tuzlu toprak koşullarının olumsuz etkilerini azaltmak amacıyla PGPR (*Pseudomonas koreensis* ve *Bacillus coagulans*) ve biyokömür (biochar) kombinasyonunun etkisi incelenmiştir. 2017 ve 2018 yıllarında gerçekleştirilen saha çalışmasında, farklı sulama aralıkları (her 6 günde bir: I1, 8 günde bir: I2, ve 10 günde bir: I3) ile dört toprak uygulaması (kontrol, PGPR, biyokömür, ve kombinasyonu) kullanılarak 12 farklı kombinasyon denenmiştir. Araştırma bulguları, biyokömür ve PGPR'nin sinerjik bir şekilde kullanımının, bu stres faktörlerinin olumsuz etkilerini azaltmada etkili olduğunu göstermiştir. Çalışma sonucunda, biyokömür ve PGPR'nin birleşik kullanımının toprak nem içeriği ve fizikokimyasal özelliklerinde artışa yol açtığı belirlenmiştir. Ayrıca, prolin içeriği ve Na⁺ içeriği düşerken, klorofil içeriği, bağıl su içeriği, stoma iletkenliği ve K⁺/Na⁺ oranı gibi parametrelerde önemli artışlar gözlemlenmiştir. En yüksek verim ve ilgili büyüme özellikleri, I2 sulama aralığına eşdeğer olan I1 sulama aralığında elde edilmiştir. Bu sonuçlar, biyokömür ve PGPR kombinasyonunun, toprak besin maddelerini (N, P, ve K) artırarak, çeltik üretkenliğini önemli ölçüde artırdığını ortaya koymuştur. Sonuç olarak, bu çalışma biyokömür ve PGPR'nin sinerjik kullanımının, stres koşulları altında bitki büyümesini ve verimliliğini artırmak için etkili bir strateji olduğunu vurgulamaktadır.

Kadıoğlu ve Canpolat (2019), farklı ortamlarda bitki büyümesini destekleyen rizobakterilerin (PGPR) buğday ve mısır bitkilerinin gelişimi üzerindeki etkilerini inceleyen bir araştırma sonucunda, %100 pomza içeren ortamlarda bitkilerin kuru kök ve gövde ağırlığının arttığı, %100 torf içeren ortamlarda ise bakteri sayısının daha fazla olduğu gözlemlenmiştir. Toprak ve materyal karışımlarında toprak oranı arttıkça, kuru kök ve gövde ağırlığının ve bitkilerdeki bakteri sayısının azaldığı; ancak azot, fosfor ve potasyum içeriklerinin yükseldiği tespit edilmiştir. *P. agglomerans* ve *A. agilis* suşlarının daha yüksek etkinliğe sahip olduğu bulunmuştur.

Javed ve ark. (2020), Pakistan'da yapılan bir çalışmada, Pind Dadan Han bölgesindeki tuzlu topraklardan alınan toprak numunelerine 20 farklı bakteri izolatu uygulanmıştır. Bu izolatların 10'u, büyüme odasında yapılan saksı kutusu deneylerinde bitki gelişimi üzerine etkileri incelenmiş ve 3 tuza toleranslı bakteri izolatu (T1: Kontrol, T2: KH-1, T3: KH-2 ve T4: KH-3) tarla çalışması için seçilmiştir. Arazi çalışmasında, tuza toleranslı bakterilerin yanı sıra daha önce üstünlüğü kanıtlanmış *Pseudomonas* (T5:

PGPR-1) ve *Azotobacter* (T6: PGPR-2) bakterileri de kullanılmıştır. Sonuç olarak, çeltik ekili arazi çalışmasında tüm parametrelerde bakteri uygulamalarının kontrollere üstünlük sağladığı belirlenmiş ve KH-1 izolatu ile maksimum sürgün uzunluğu (40,7 cm), KH-2 izolatu ile ise en yüksek bitki boyu (132,7 cm) ve çeltik verimi (4267 kg/ha) elde edilmiştir.

Raza ve ark., (2020), Pakistan'daki Bahawalpur İslamia Üniversitesi Araştırma Enstitüsü'nde yürütülen araştırmada, iki yıl boyunca sürdürülen deneylerle buğday bitkisinde kuraklığa karşı direnç geliştirmek için üç farklı stratejinin etkinliği incelenmiştir. 2017-2018 ve 2018-2019 yıllarında gerçekleştirilen çalışmalarda dört ayrı kuraklık durumu (kontrol grubuyla birlikte çiçeklenme dönemindeki kuru koşullar, kardeşlenme aşamasındaki kuru koşullar ve tane doldurma evresindeki kuru koşullar) ile birlikte kontrol dışında PGPR ve silikon biochar gibi yöntemler de test edilmiştir. Tesadüfi blok kullanılarak uygulanan bu yöntemlerin sonucu olarak kurulmuş sistemin dikkat çekici biçimde buğday büyümesi üzerinde olumsuz etkilere neden olduğu gözlemlenmiş; ancak tüm tekniklerin uygulanmasıyla elde edilen sonuçların genel olarak olumlu olduğu belirlenmiş olup özellikle PGPR'nin yaprak su dengesi üzerinde sağladığı iyileşmelerle klorofil düzeylerini artırarak en yüksek başarıyı gösterdiği anlaşılmıştır.

Aktan ve Soylu (2020), *Enterobacter cloacae* izolatlarının, yüksek miktarda indol asetik asit (IAA) ve siderofor üretimi ile dikkat çektiğini bildirmiştir. IAA, bitkilerin büyümesini teşvik eden bir bitki hormonu olduğundan, bu bakterilerin kök gelişimine olumlu katkı sağlaması beklenmektedir. Sideroforlar ise, bitkilerin demir alımını artırarak besin maddelerine erişimini kolaylaştırmaktadır. Ayrıca, *Serratia marcescens* izolatları, yüksek oranda siderofor üretimi ve fosfat çözme kapasitesi göstermektedir. Fosfatın çözülmesi, toprağın fosfor kaynağının biyoyararlı hale gelmesiyle bitkiler için kritik bir öneme sahiptir ve bu durum bitki büyümesini destekleyebilir. Diğer taraftan, *Bacillus* türleri, antagonistik etkilere sahip olup amonyak üretiminde yüksek seviyelerde etki gösterir. Amonyak üreten bakteriler, patojenik mikroorganizmaların baskılanmasına yardımcı olarak bitkileri zararlılara karşı koruyabilir. Bu bakteri suşlarının yalnızca bitki gelişimini desteklemekle kalmayıp, aynı zamanda fungal hastalıklar ve zararlılara karşı biyoetkinlik gösterme potansiyeline sahip olmaları büyük önem taşımaktadır. Bu nedenle, söz konusu bakterilerin etki mekanizmalarının daha ayrıntılı bir şekilde incelenmesi, hem tarımsal uygulamalar hem de sürdürülebilir tarım yöntemlerinin geliştirilmesi açısından büyük önem arz etmektedir. Bu tür araştırmalar, doğal biyokontrol stratejilerinin

geliştirilmesine olanak sağlayarak, kimyasal ilaç kullanımının azaltılmasına katkıda bulunabileceği belirtilmiştir.

Şelem ve ark. (2021), tarafından yürütülen bir çalışmada, farklı bakteri uygulamalarının (B0: Bakterisiz ortam kontrol grubu, B1: *Azospirillum lipoferum*, B2: *Bacillus megaterium*, B3: *Chlorella saccharophila*) kuraklık stresi altında *C. officinalis* bitkisi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Bitkiler, normal sulama (K1), yarı azaltılmış sulama (K2) ve üçte iki oranında azaltılmış sulama (K3) koşullarında yetiştirilmiş ve deney 8 saat karanlık ile 16 saat aydınlık döngüsü altında, 25 °C sıcaklık ve % 65 nem seviyesinde kontrollü bir iklim odasında gerçekleştirilmiştir. Sonuçlar doğrultusunda kuraklık koşullarının gövde uzunluğu (K1'de 11,1 cm), kök yaş ağırlığı (K1'de 1,06 g), kuru ağırlık (K1'de 0,17 g), gövde yaş ağırlığı (K1'de 7,26 g), yaprak alanı (K1'de 7,81 cm²), bitki sıcaklığı (K3'te 27,7 °C), epidermal hücre sayısı (K1'de ortalama 593,16 adet/mm²) ve stomal özellikler üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkiler olduğu gözlemlenmiştir. Ayrıca bakteri uygulamalarıyla ilgili olarak da istatistiksel olarak önemli sonuçlar elde edilmiştir; bunlar arasında gövde uzunluğu için B1 grubunda ortalama değerler sırasıyla gövde uzunluğu (11,0 cm), kök yaş ağırlığı (0,89 g), gövde yaş ağırlığı (6,09 g), epidermal hücre sayısı (672,88 adet/mm²), stomaların boyu (32,71 µm) ve yoğunluğu ise (11,06 adet/mm²) olarak kaydedilmiştir.

Yıldırım ve ark. (2023), fasulye çeşitleri üzerinde yapılan in vitro koşullarında bakteri denemelerinin bitki gelişimi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Elde edilen bulgulara göre, Seyman fasulye çeşidi daha kısa bir çıkış süresine (ortalama 4,83 gün) ve genel olarak daha düşük büyüme parametrelerine sahipken, Sarıkız fasulye çeşidinde tohumların çıkış süresi (5,83 gün) ve kök uzunluğu (16,09 cm) gibi değerler daha yüksek bulunmuştur. Özellikle Sarıkız fasulyesinde yaprak sayısının artması (4,17 adet) dikkat çekici bulunmuştur. Deneme sonuçları *Stenotrophomonas maltophilia* strain SY55 bakterisinin bitki gelişimini teşvik etmede önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

3. MATERYAL VE METOT

3.1. Materyal

Araştırma; ülkemizde yeni yakın geçmişte ıslah edilen Edessa makarnalık buğday çeşidine, Siirt yöresinden izole edilen özgün bakteri strainlerinin tohumla kodlanarak bitkide gelişme büyüme ve verim öğeleri üzerine olan etkisinin incelenmesi ve kullanılan materyallerin orijinallliği bakımından özgün bir değere sahiptir. Çeşidin genel özellikleri ele alındığında Edessa, tescil yılı 2017 yılı olup; kılçıklı, soğuğa ve sıcaklığa dayanıklılığı iyi, sap sağlam ve yatmaya dayanıklıdır. Tane rengi beyaz ve bin dane ağırlığı 38-44 gram arasındadır. Sarı pas (*Puccinia striiformis*) ve kara pas (*Puccinia recondita*) gibi hastalıklara karşı toleranslı olduğunu ve Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde, yağışlı ve sululu koşullarda ekiminin önerildiğini bilinmektedir.

Makarnalık buğday çeşidi, 3 farklı bakteri straini ve bunların 3'lü kombinasyonu materyal olarak kullanılmıştır. Tohumlar özel bir üretici firmadan temin edilmiştir. Kullanılan makarnalık buğday çeşidi Edessa olup, kullanılacak bakteri strainleri ise B1: KF36B (Azot Bağlayıcı), B2: KF3A (Azot bağlayıcı) ve B3: KF58C (Azot Bağlayıcı ve Fosfat Çözücü) olarak belirlenmiştir. Bunlar dışında 3'lü kombinasyon olarak BMIX uygulaması yer almıştır. Deneme kurulumu işlemi Ocak ayının ilk haftası yapılmıştır.

3.2. Metod

3.2.1. Deneme Sahasının İklim ve Toprak Özellikleri

Araştırma 2022-2023 döneminde Siirt Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü laboratuvarında bakteri strainleri buğday tohumlarına izole edilmiş ve Mardin İli Artuklu İlçesi Küçükköy mevkiinde bulunan 37°07'51.03"K ve 40°51'16.41"D koordinat noktasına sahip ve 580 m rakımda bulunan arazide kuru tarım koşullarında yapılmıştır (Şekil 3.1.).



Şekil 3.1. Denemenin yürütüldüğü lokasyonun kuş bakışı görüntüsü

Mardin ili, Türkiye'nin Güneydoğu Anadolu Bölgesi'nde yer almakta olup, dört mevsimin belirgin şekilde yaşandığı ve karasal iklimin etkili olduğu bir tarımsal üretim alanıdır. Bu iklimsel özellikler doğrultusunda yaz mevsimi sıcak ve kurak, kış mevsimi ise soğuk ve yağışlı geçmektedir. Bölgede bugüne kadar kaydedilen en yüksek sıcaklık $42,5^{\circ}\text{C}$, en düşük sıcaklık ise $-14,0^{\circ}\text{C}$ olarak rapor edilmiştir. Uzun yıllar ortalaması olarak kabul edilen 1999–2020 yılları arasındaki buğday yetiştirme periyodu (Ekim-Haziran) dikkate alındığında, ortalama sıcaklık $12,9^{\circ}\text{C}$, toplam yağış miktarı 524,0 mm, nispi nem oranı %50,0 ve güneşlenme süresi aylık ortalama 216,8 saat olarak tespit edilmiştir. Bu değerler, 2019–2020 buğday üretim sezonu ile karşılaştırıldığında bazı farklılıklar göstermektedir. Söz konusu sezonda, Ekim-Haziran dönemi için ortalama sıcaklık $13,3^{\circ}\text{C}$, toplam yağış 661,8 mm, nispi nem %54,2 ve güneşlenme süresi 224,3 saat olarak ölçülmüştür. Özellikle Aralık, Şubat ve Mart aylarında son on yılın ortalamasının üzerinde gerçekleşen yağış miktarı, buğday yetiştiriciliği açısından olumlu bir üretim sezonunu işaret etmiştir (Anonim, 2021a; Anonim, 2021b).

Araştırmanın yürütüldüğü tarımsal alana ait toprak özellikleri de buğday üretimini etkileyen önemli çevresel faktörler arasında yer almaktadır. Arazi, killi bünyeli toprak yapısına sahiptir; bu durum, su tutma kapasitesinin yüksek, hava geçirgenliğinin ise düşük olduğunu göstermektedir. Toprak pH değeri hafif alkali düzeyde olup (pH 7–8), bazı kültür bitkileri için elverişli bir ortam sunmaktadır. Toprağın tuz oranı oldukça düşük olup, bu durum bitki gelişimini engelleyen tuz birikimi riskini azaltmaktadır. Bununla birlikte, organik madde miktarı düşük olduğundan, toprak besin maddeleri bakımından sınırlı bir yapıya sahiptir. Toprakta potasyum düzeyi yeterli bulunurken, azot ve fosfor gibi temel makro besin elementleri bakımından yetersizlik gözlenmiştir. Bu özellikler, gübreleme stratejilerinin dikkatli planlanması gerektiğini ortaya koymaktadır (Kacar ve Katkat, 2010). Mardin iline ait ortalama iklim verileri Tablo 3.1.' de belirtilmiştir.

Tablo 3.1. Mardin ilinde ortalamasına ait bazı iklim verileri

	Ortalama Sıcaklık (C)	Yağış (mm)	Nispi Nem (%)
Aylar	U.Y.O	U.Y.O	U.Y.O
Ocak	31	116,7	70
Şubat	4,2	103,7	66
Mart	9	96,4	61
Nisan	13,5	82	56
Mayıs	19,5	45,8	45
Haziran	25,7	4,5	34
Toplam	73,9	449,1	332
Ortalama	12,3		55,3

3.2.2. Deneme Deseni

Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekerrürlü, tek makarnalık buğday çeşidinin yer aldığı toplamda 18 parselden oluşturulmuştur. Deneme alanı bloklar arası uzaklık 1,5 metre, parseller arası uzaklık ise 1 m olarak belirlenmiştir. Her parsel 5 m*1m olacak şekilde oluşturulmuştur. Deneme alanının toplam uzunluğu 18 metre, genişliği ise 10 metre olarak parselasyon edilmiştir.

3.2.3. Arazi Hazırlık Aşaması ve Deneme Düzeni

Araştırma, 2022–2023 üretim sezonunda, Mardin ili Artuklu ilçesine bağlı Küçükköy mevkiinde bulunan tarla koşullarında yürütülmüştür. Deneme, tesadüf blokları deneme desenine göre üç tekerrürlü ve toplam 18 parsel olacak şekilde kurulmuştur. Her bir parselin boyu 5 metre, eni 1 metre olup, parsel alanı 5 m² olarak belirlenmiştir. Her

parselde beş sıra olacak şekilde ekim planlanmış; sıralar arası mesafe 20 cm olarak düzenlenmiştir. Ekim normu olarak metrekare başına 500 adet tohum kullanılmıştır. Deneme alanında tohum yatağı hazırlığı 4 Ocak 2023 tarihinde tamamlanmış; ekim işlemleri ise 5 Ocak 2023 tarihinde gerçekleştirilmiştir.



Şekil 3.2. Arazi parselasyonu ve ekim

Ekim esnasında ekilecek tohumların bakteri aşılınmış ve kontrol parsellerinde (aşısız) olması sebebiyle her parselde bakterilerin diğer parsellere bulaşmaması için elle ekim esnasında farklı eldivenler kullanılmıştır. Buğday tohumlarının çimlenerek 02 Şubat 2023 tarihinde çıkış yaptığı görülmüştür. Yabancı ot mücadelesi el ile yapılmıştır. Deneme alanında herhangi bir hastalık ve zararlıya rastlanılmamıştır.



Şekil 3.3. Parsellerden görüntüler

Hasat işlemi; parsel kenarlarından 1'er sıra ve parsel başından ve sonundan 50 cm bırakılarak kalan 2,4 m² lik alandaki bitkiler orakla 17 Haziran 2024 tarihinde hasat edilmiştir. Daha sonra harman işlemleri gerçekleştirilmiştir.

3.2.4. Laboratuvar Ortamında Gübre ve Bakteri Uygulamalarının Hazırlanması

Kontrol parsellerine herhangi bir biyolojik veya kimyasal gübre uygulaması yapılmamış olup bir de kimyasal gübre uygulanan ve PGPB uygulaması yapılmayan bir gruba yer verilmiştir. Bakterilere ait özellikler Şekil 3.4.' te belirtilmiştir.

Bakteri Kodu	Azot Bağlama	Fosfat Çözme	ACC Deaminaz	Siderofor Üretimi
KF3A Bacillus licheniformis	+	-	++	+
KF6B Terribacillus goriensis	+	-	+	-
KF5B Brevibacterium frigoritolerans	+	Z ⁻	+++	++

Şekil 3.4. Bakterilere ait özellikler

Denemede PGPB etkeninin sera ve tarla koşullarında ortaya çıkan B1: KF36B (Azot Bağlayıcı), B2: KF3A (Azot bağlayıcı), B3: KF58C (Azot Bağlayıcı ve Fosfat Çözücü) ve BMIX (Üçlü karışım) kullanılmıştır. Bakteriler B1, B2, B3 ve BMIX olarak tanımlanmıştır. Katı besiyeri olarak nutrient agar (Merck-VM71680604) kullanılmıştır. 1 litre saf suya 20 gram nutrient agar eklenmiş ve karışımın pH'ı 7,0'a ayarlanmıştır. Karışım, otoklav yöntemiyle 121°C'de 15 dakika sterilize edilmiştir. Sterilizasyon sonrasında, besi yerleri 50°C'ye kadar soğutulmuş ve sonra petri plakalarına aktarılmıştır. Karışımın katılaşması için bir süre beklenmiştir. Bakterilerin stok kültürleri, öze (muhtemelen saf bakteri kültürü) eklenerek nutrient agar besi yerine aktarılmıştır. Bakteriler, 26 ± 2°C sıcaklıkta 24 saat süreyle inkübe edilmiştir.

Bir litre saf suya 8 gram Nutrient Broth eklenmiş. Bu oran, genellikle laboratuvar ortamlarında mikroorganizmaların yetişmesi için yaygın bir besi ortamıdır. Nutrient Broth, mikroorganizmaların büyümesini destekleyen temel bileşenleri içerir (karbon, azot, mineraller vb. Karışımın pH değeri 7,0 olarak ayarlanmıştır Karışım otoklav yardımıyla 121°C'de 15 dakika süreyle sterilize edilmiştir. Otoklav, yüksek sıcaklık ve basınç kullanarak mikroorganizmaların öldürülmesini sağlar. Sterilize edilen karışımdan, nutrient agar besi yerinde büyüyen bakterilerden tek bir koloni alınmıştır. Bu koloni, saf bir bakteri kültürü elde etmek için kullanılır. İzolanan koloni aseptik koşullarda (mikroorganizmaların kontamine olmasını engellemek için steril tekniklerin kullanıldığı

bir ortamda) nutrient broth (sıvı besi yeri) içerisine aktarılmıştır. Bakteriler, $26\pm 2^{\circ}\text{C}$ 'de 24 saat süreyle, 120 rpm hızında bir yatay çalkalayıcıda inkübe edilmiştir. Bu, bakterilerin büyümesini ve çoğalmasını sağlamak amacıyla uygun sıcaklık ve çalkalama ile bir ortam yaratır. Çalkalama, bakterilerin daha iyi oksijen almasını sağlar, bu da çoğalmalarını destekler. İlk olarak, bakteriler inkübasyon aşamasının ardından, yaklaşık 108 koloni oluşturan birim (kob)/ml yoğunluğuna getirilmiştir. Sonraki adımda, bu bakteriler tohumlara inoküle edilmiştir. Tohumların yüzey sterilizasyonu için %5 (v/v) sodyum hipoklorit kullanılarak 20 dakika süreyle sterilizasyon yapılmış, ardından tohumlar saf su ile 3 kez yıkanmıştır. Bu sterilizasyon işlemi, tohumların yüzeyindeki mikroorganizmaların temizlenmesini sağlamaktadır. Sterilize edilen tohumlara bakteriler 3 saat süreyle uygulanarak tohumların şişmesi sağlanmıştır (Clarck, 1965). Sonrasında tohumlar, kuruma sürecine girmeleri için kurutma kâğıtlarına serilmiş ve bu işlemle tohumlar kurutulmuştur. Kuruyan tohumlar, bir gün sonra araziye ekilmiştir. Kontrol grubunda ise, bakteriyel uygulama yerine steril bir besiyeri olan nutrient broth kullanılmıştır.

Araştırmada taban gübresi olarak DAP gübresi kullanılmıştır. DAP (18.46.0) gübre ürün içeriği bileşiminde %18 azot (N) ve %46 fosfor (P_2O_5) ihtiva etmektedir. İçeriğindeki fosforun büyük kısmının suda eriyebilmesi ve azotunda amonyum formunda bulunmasından dolayı toprağa atıldıktan sonra, uygun koşullar (sıcaklık, nem) olduğu anda, fosfor ve azot kullanıma hazır olduğu bilinmektedir. Üst gübre olarak üre gübresi ise kardeşlenme ve sapa kalkma dönemlerinde uygulanmıştır. 6 kg/da saf fosfor 8 kg/da saf azot gübreli kontrol parsellerine uygulanmıştır.



Şekil 3.5. Laboratuvar ortamındaki bakteri görselleri

3.2.5. Verilerin Elde Edilmesi

Deneme çalışması bir üretim sezonu boyunca devam etmiş, Tosun ve ark.(1971) ile Ünver (1995)' in çalışmalarında uygulanan metot ve yöntemler dikkate alınarak gözlem ve ölçümler yapılmıştır.

3.2.5. 1. Bitki boyu(cm)

Parsellerden rastgele 10 bitki örneği alınmış. Elde edilen 10 bitkinin her birinin kök boğazından, başakçık ucuna kadar ölçülen uzunluğu alındıktan sonra bu değerlerin ortalaması hesaplanmıştır.

3.2.5.2.Başak boyu (cm)

Parsellerden hasat öncesi 10 başak alınmış ve başak uzunlukları (kılçıklar hariç) metre cinsinden ölçülmüş ve ölçülen başakların uzunluklarının ortalaması hesaplanmıştır.

3.2.5.3 Kardeş sayısı(adet)

Deneme parsellerinin fertil (başaklı) 10 adet bitkinin kardeşleri alınarak ortalamaları hesaplanmıştır.

3.2.5.4. Metrekaredeki başak sayısı (adet/m²)

Hasattan Önce her parselin orta kısmındaki sıralarda bulunan rasgele seçilmiş başaklar sayılarak, metrekaredeki başak sayısına çevrilmiştir.

3.2.5.5. Başakta başakçık sayısı (adet/başak)

Hasat öncesi parsellerden rastgele alınan 10 adet başaktaki başakçıklar sayılarak ortalamaları alınmıştır.

3.2.5.6. Başakta tane sayısı (adet/başak)

Parsellerden hasattan önce seçilen rastgele alınan 10 adet başakların taneleri sayılmıştır.

3.2.5.7. Bin tane ağırlığı (gram)

Hasat sonrası her parselden alınan buğdaylar, bin tane sayım cihazında sayıldıktan sonra tartımı yapılmıştır.

3.2.5.8. Tane verimi (kg/da)

Her parseldeki buğdayın hasat ve harman işlemleri tamamlandıktan sonra, elde edilen ürünün kilogram cinsinden ağırlığı ölçülmüş ve bu ağırlık, her dekarda elde edilen verimi (kg/da) belirlemek amacıyla dekara oranlanmıştır.

3.2.5.9. Biyolojik verim (kg/da)

Hasat edilen ürünler, harman işleminden önce tartılmıştır. Bu, ürünün toplam miktarını ölçmek için yapılır. Hasat edilen ürünlerin tartımından elde edilen miktar, biyolojik verim olarak adlandırılır. Bu verim, ürünlerin toplam olarak ne kadar elde edildiğini gösterir.

3.2.5.10. Hektolitre ağırlığı (kg/100 l)

Parsellerden elde edilen taneler hektolitre cihazında yapılan ölçüm değerlerine göre hektolitre ağırlığı elde edilmiştir.

3.2.5.11. On Başak Ağırlığı (gram)

Hasat döneminde her parselin ortada bulunan sıralarından rastgele alınan on başağın hassas terazi ile ölçümleri sonucunda on başak ağırlıkları belirlenmiştir.

3.2.5.12. Hasat indeksi (%)

Parsellerden alınan tane verimi sap verimine bölünerek saptanmıştır.

3.2.5.13. Yaş gluten oranı (%)

Her parselden elde edilen tanelerin tohum analizi ölçüm cihazında yaş gluten değerleri ölçülerek belirlenmiştir.

3.2.5.14. Sedimentasyon (ml)

Her parselden elde edilen tanelerin tohum analizi ölçüm cihazında sedimentasyon değerleri ölçülerek belirlenmiştir.

3.2.5.15. Protein (%)

Her parselden elde edilen taneler tohum analizi protein ölçüm cihazında protein değerleri ölçülerek belirlenmiştir.

3.2.5.16. Nişasta (%)

Her parselden elde edilen taneler tohum analizi ölçüm cihazında nişasta değerleri ölçülerek belirlenmiştir.

3.2.5.17. Alveo (%)

Her parselden elde edilen taneler tohum analizi ölçüm cihazında alveo değerleri ölçülerek belirlenmiştir.

3.2.5.18. Sertlik (%)

Her parselden elde edilen taneler tohum analizi ölçüm cihazında sertlik değerleri ölçülerek belirlenmiştir.

3.2.5.19 İstatistik Analiz

Statix10 paket programı kullanılarak deneme desenine göre analizler yapılmıştır. Ortalamaların gruplandırılması, Tukey's LSD testi ile gerçekleştirilmiştir.

4. BULGULAR VE TARTIŞMA

Edessa makarnalık buğday çeşidine ait tohumlardan izole edilen bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin (PGPB) buğday bitkisi üzerindeki etkileri, çok yönlü agronomik ve teknolojik özellikler dikkate alınarak değerlendirilmiştir. Araştırmada, bakteriyel uygulamaların bin tane ağırlığı (g), başak boyu (cm), bitki boyu (cm), başakta başakçık sayısı (adet/başak), metrekaresindeki başak sayısı (adet/m²), başakta tane sayısı (adet/başak), tane verimi (kg/da), biyolojik verim (kg/da), hektolitre ağırlığı (kg/100 l), tane ağırlığı (g), rutubet oranı (%), protein oranı (%), sedimentasyon değeri (ml), nişasta içeriği (%), alveografik değerler (%), sertlik (%), yaş gluten miktarı (%) gibi önemli morfolojik, fizyolojik ve kalite parametreleri üzerine etkileri analiz edilmiştir. Elde edilen veriler istatistiksel yöntemlerle değerlendirilmiş ve her bir parametre ayrı ayrı analiz edilerek sonuçlar bilimsel olarak yorumlanmıştır. Bu kapsamlı değerlendirme, Makarnalık buğday çeşidinde PGPB uygulamalarının verim ve kalite özellikleri üzerindeki potansiyel katkılarını ortaya koymuştur.

4.1. Başak Uzunluğu

Başak uzunluğuna ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.1.'de, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.2.'de verilmiştir.

Tablo 4.1. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde başak uzunluğuna ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	5,057778	1,01156	22,3686**
Tekerrür	2	0,054444	0,02722	0,602
Hata	10	0,452222	0,04522	
Genel	17	5,564444		

Makarnalık buğday çeşidinde bakteri ve gübre uygulamalarında başak uzunluğu açısından buğdayın başak uzunluğuna etkisi istatistiki açıdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Tablo 4.2. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde başak uzunluğuna ait ortalamalar ve Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	Başak Uzunluğu
Kontrol	6,63 D
Gübre kontrol	7,40 AB
KF36B	7,10 B
KF3A	7,77 A
KF58C	6,67 C
BMIX	6,63 C
LSD	1,83**

Başak uzunluğu 6,63-7,77 cm aralığında bulunmuştur. En yüksek başak uzunluğu KF3A uygulamasından elde edilirken, en düşük başak uzunluğu kontrol uygulamasından alınmıştır. Yapılan uygulamalar başak uzunluğunu kontrole göre artırmıştır.

Başak uzunluğu, buğday bitkisinin genel gelişimi ve verim potansiyeli için önemli bir parametre olup, bitkinin doğrudan fotosentez kapasitesini ve dolaylı olarak da tane verimini etkilediği çeşitli araştırmacılar tarafından kaydedilmiştir. KF3A uygulamasından, 7,77 cm ile başak boyu bakımından en yüksek değer elde edilmiştir. Söz konusu bakteri suşunun buğdayın büyüme ve gelişimini iyileştirdiğini ve bitkilerde başak oluşumunu artırdığını düşünülmektedir. Bakterilerin bitki büyümesi üzerinde olumlu etkiler oluşturabileceği literatürdeki bulgularla desteklenmektedir (Bashan ve ark., 2014). Güb. Kont. bakteri suşu 7,40 cm ile başak boyu açısından oldukça yüksek bir değer göstererek, başak gelişimini en fazla teşvik eden suşlardan biri olarak öne çıkmıştır. Diğer bakteri suşları ile karşılaştırıldığında bu suşun başak boyunu daha belirgin şekilde artırdığı düşünülmektedir. KF58C, BMIX ve kontrol suşları, yaklaşık 6,6 cm ile daha düşük başak boyları göstermiştir. Ancak bu uygulamalar ile kontrol grubuyla benzer sonuçlar elde edilmiştir. Söz konusu uygulamalar başak boyu bakımından fark oluşturamamıştır.

Başak boyu, bitkinin genel gelişimi ve verim potansiyeli üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğu bilinmektedir. Aydın ve ark. (2020), PGPR'lerin buğday gibi tarım bitkilerinin gelişimini olumlu etkileyebileceğini ve başak boyunu artırabileceğini belirtmiştir. Bu bağlamda, KF3A suşunun başak boyu üzerindeki olumlu etkisi literatürle uyumluluk göstermektedir. Bashan ve ark. (2014), PGPR'lerin bitkilerdeki başak boyu gibi morfolojik özellikler üzerinde belirgin etkiler oluşturabileceğini rapor etmiştir. Araştırmacılar çalışmalarında bakterilerin bitkilerde büyüme düzenleyici etkiler gösterdiğini vurgulamaktadır. Bu bulgu, Güb. Kont. suşunun başak boyunu artıran etkisi olduğunu düşündürmektedir. Chung ve ark. (2013), PGPR'lerin çevresel streslere karşı

bitkilerin direncini artırabileceğini ve bu tür bakterilerin başak gelişimi üzerinde de olumlu etkilere neden olduğunu ileri sürmüştür. Bu araştırma, başak boyunda farklılıklar gösteren suşların, toprak koşullarına uyum sağlama yetenekleri ile ilişkili olabileceğini düşündürmektedir.

Çalışmanın bulguları, bakteriyel suşların başak boyu üzerindeki etkilerinin önemli derecede değişkenlik gösterdiğini ortaya koymaktadır. KF3A bakteri suşu başak boyu üzerinde en yüksek etkiyi sağlarken, KF58C, KF36B gibi diğer suşlar daha düşük etkiler göstermektedir. Bakteriyel inokülasyonlar, buğdayın başak gelişimini olumlu yönde etkileyebilir ve bu süreç, çeşitli bakteriyel etkileşimlere ve toprak koşullarına bağlı olarak değişkenlik gösterebildiği düşünülmüştür.

4.2. Kardeş Sayısı

Kardeş sayısına ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.3.'te, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.4.'te verilmiştir.

Tablo 4.3. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde kardeş sayısına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	4,651111	0,930222	4,9863*
Tekerrür	2	1,067778	0,533889	2,8618
Hata	10	1,865556	0,186556	
Genel	17	7,584444		

Makarnalık buğday çeşidinde bakteri ve gübre uygulamalarında kardeş sayısı açısından buğdayın kardeş sayısına etkisi istatistiki açıdan %5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Tablo 4.4. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde kardeş sayısına ve Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	Kardeş Sayısı
Kontrol	5,97 A
Gübre kontrol	4,90 BC
KF36B	5,43 AB
KF3A	5,57 AB
KF58C	5,23 AB
BMIX	4,37 C
LSD	1,75*

Kardeş sayısı 4,37-5,97 adet arasında değişim göstermiştir. En yüksek kardeş sayısı kontrol uygulamasında belirlenirken, en düşük kardeş sayısı BMIX uygulamasında saptanmıştır.

Kardeş sayısı, buğdayın gelişiminde önemli bir morfolojik parametre olup, bitkilerin verim potansiyelini gösteren önemli bir göstergedir. Bir bitkinin kardeşlenme kapasitesi, onun daha fazla başak üretmesini sağlayarak verimini artırabileceği düşünülmüştür. Kontrol uygulamasının, 5,97 adet ile en yüksek kardeş sayısına sahip bakteri suşu olduğu gözlenmiştir. Bu durum, bu suşun buğdayın gelişimini ve kardeşlenmesini en fazla teşvik ettiğini göstermektedir. Bitki büyümesini artıran bakteriler, özellikle azot fiksasyonu ve büyüme düzenleyici bileşiklerin üretimi gibi mekanizmalarla bu tür olumlu etkilere sahip olduğu kaydedilmiştir (Bashan ve ark., 2014). KF3A uygulaması ile 5,57 adet kardeş sayısı ile yüksek oranda kardeş sayısı elde edilmiştir. Bu da, KF3A bakterisinin bitkilerin büyümesini desteklediğini ve daha fazla kardeşlenme sağladığını göstermiştir. Benzer şekilde, farklı araştırmalarda PGPR'lerin bitki büyümesini destekleyerek daha fazla kardeşlenme sağladığı kaydedilmiştir (Chung ve ark., 2013).

KF36B uygulaması ile 5,43 adet oldukça yüksek bir kardeş sayısına sahip olup, bu da bu bakteriyel suşun da gelişim üzerinde olumlu etkiler sağladığı belirlenmiştir. Ancak, BMIX suşu kadar yüksek etki göstermediği tespit edilmiştir.

Kardeşlenmenin, buğday gibi tahılların veriminde önemli bir rol oynadığı bilinmektedir. Bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler ve azot bağlama özelliklerine sahip bakteriler, kardeşlenme kapasitesini artırarak buğdayın verimini iyileştirdiğini kaydedilmiştir. Bashan ve ark. (2014), PGPR'lerin azot fiksasyonu ve büyüme hormonları üretme yetenekleriyle bitki büyümesini önemli ölçüde artırabileceğini ve böylece daha fazla kardeşlenme sağladığını vurgulamaktadır. Chung ve ark. (2013), faydalı bakterilerin

bitki büyümesine ve stres toleransına katkı sağladığını belirtmiş ve bu bakterilerin kardeş sayısını artırmada etkili olabileceğini öne sürmüştür. Bu araştırmalar, KF36B ve KF58C gibi bakteriyel suşların kardeşlenmeyi artırma potansiyeline sahip olduğunu destekler niteliktedir. Mishra ve ark. (2015), azot fiksasyonu ve büyüme düzenleyici etkilere sahip bakterilerin buğdayın kardeş sayısını artırmada önemli bir rol oynadığını belirtmiştir.

Kloepper ve ark. (1980), bakteriyel suşların bitki büyümesini teşvik edici etkilerini incelemiş ve bazı PGPR'lerin (bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler) kardeşlenme sayısını artırarak buğday ve diğer tarım bitkilerinin verim kapasitesini iyileştirebileceğini bulmuşlardır. Çalışmada, bakteriyel etkileşimlerin bitki gelişimi üzerindeki olumlu etkilerini vurgulanmıştır. Zaidi ve ark. (2006), azot fiksasyonu yapan bakterilerin buğdayda kardeş sayısını artırmada önemli bir rol oynadığını belirtmiştir. Bakteriyel suşların azot bağlama kapasiteleri, buğday gibi tarım bitkilerinin büyümesini doğrudan etkileyebileceği ve böylece daha fazla kardeşlenmeye yol açabileceğini belirtmişlerdir. Bu bulgular, KF58C ve KF36B gibi azot fiksasyonuna sahip suşların kardeş sayısını artırma potansiyelini göstermiştir. Glick (2012), PGPR'lerin büyüme hormonları (gibberellin ve auxin) üreterek bitkilerde büyüme ve gelişimi teşvik ettiğini belirtmiştir. Bu hormonlar, buğday bitkisinin kök gelişimini ve kardeşlenme kapasitesini artırabileceğini düşündürmüştür. KF36B ve KF58C gibi suşlar, büyüme düzenleyici hormonları üretme potansiyeline sahip olduğundan kardeş sayısını etkileyebileceği düşünülmektedir. Santos ve ark. (2019), PGPR'lerin bitkilerdeki stresle mücadele yeteneklerini ve gelişim üzerindeki etkilerini araştırmış ve bu bakterilerin kardeş sayısını artırmada önemli bir rol oynayabileceğini bulmuşlardır. Söz konusu araştırmacılar, çevresel streslere karşı direnç sağlayan bakterilerin, bitkilerin gelişimini iyileştirerek daha fazla kardeşlenmeye yol açabileceğini rapor etmişlerdir. Imran ve ark. (2016), buğdayda bakteriyel inokülasyonların bitki büyümesi ve verimi üzerinde etkilerini araştırmış ve azot bağlama ve büyüme düzenleyici etkiler sayesinde kardeş sayısının arttığını raporlamıştır. Bu bulgular, Güb. Kont. uygulamasıyla karşılaştırıldığında bakteriyel uygulamanın etkilerini daha net ortaya koymaktadır. Vessey (2003), bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin toprakta azot ve fosfor alımını artırarak bitki gelişimini iyileştirdiğini ve bu şekilde kardeş sayısının artırılabilceğini açıklamıştır. Bakteriyel suşların bu mekanizmaları sayesinde KF36B ve KF58C gibi suşların kardeşlenmeyi artırabileceğini düşündürmektedir. Bashan ve ark. (2013), PGPR'lerin buğdayda büyüme düzenleyici etkileri artırarak, kök gelişimini hızlandırarak ve bitki biyokütlesini artırarak daha fazla başak üretimi sağladığını ve dolayısıyla kardeş sayısının artırıldığını

bulmuşlardır. Bu bulgular, özellikle KF3A gibi bakteriyel suşların etkilerini açıklamaktadır (Alves ve ark., 2018),

Çalışmanın bulguları, bakteriyel suşların buğdayın kardeş sayısı üzerinde belirgin bir etkisi olduğunu ortaya koymaktadır. KF3A bakteri suşu, kardeş sayısını artırmada en etkili olan suş olarak öne çıkmaktadır. Bununla birlikte, KF58C ve KF36B gibi diğer bakteriyel suşlar da olumlu etkiler gösterirken, kimyasal gübre ve kontrol grubuna kıyasla daha fazla kardeşlenme sağlanmıştır. Bu sonuçlar, bakteriyel inokülasyonların buğdayın gelişimini teşvik ederek verim potansiyelini artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir.

4.3. Metrekaredeki Başak Sayısı

Metrekarede başak sayısına ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.5.'te, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.6.'da verilmiştir.

Tablo 4.5. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde metrekaredeki başak sayısına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	78108,94	15621,8	26,8129**
Tekerrür	2	45,778	22,9	0,0393
Hata	10	5826,222	582,6	
Genel	17	83980,94		

Makarnalık buğday çeşidinde bakteri ve gübre uygulamaları ile metrekaredeki başak sayısı açısından etkisi istatistiki açıdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Tablo 4.6. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde metrekaredeki başak sayısı ve Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	M ² ' deki Başak Sayısı
Kontrol	498 BC
Gübre kontrol	506 BC
KF36B	359 D
KF3A	577 A
KF58C	510 B
BMIX	466 C
LSD	227**

Metrekaredeki başak sayısı 359-577 adet aralığında değişim göstermiştir. En yüksek metrekaredeki başak sayısı KF3A uygulamasında belirlenirken, en düşük metrekaredeki başak sayısı KF36B' de saptanmıştır.

Başak sayısının artması, buğdayın üretkenliğinin arttığı ve dolayısıyla verimin yükseldiği anlamına gelir. Bu nedenle, bakteriyel suşların buğday başak sayısı üzerindeki etkisi, bu suşların verim artışı sağlama potansiyeli açısından önemlidir. KF3A uygulamasıyla, 577 başak/m² ile en yüksek başak sayısını elde etmiştir. Bu, KF3A bakteri suşunun buğdayın başak üretimini en fazla teşvik ettiğini ve bu suşun bitkinin verimini artıran bir etkiye sahip olduğunu göstermektedir. PGPR uygulamaları, bitkilerin büyümesini ve verimini iyileştirdiği belirtilmiştir (Bashan ve ark, 2013). KF58C uygulaması ile 510 başak/m² ile en yüksek başak sayısını gösteren ikinci en etkili uygulama olmuştur. Kimyasal gübrelerin, buğday bitkilerinin başak üretiminde belirgin bir artışa yol açtığı anlaşılmaktadır. Ancak, bakteriyel uygulamalarla karşılaştırıldığında, KF3A gibi bazı bakteri suşlarının daha yüksek başak sayısı sağladığı görülmektedir.

BMIX ve KF36B suşları, sırasıyla 466 adet ve 359 adet başak/m² ile daha düşük başak sayıları göstermektedir. Bu suşlar, başak üretimini diğer suşlar kadar artırmamış olsa da, yine de kontrol grubundan daha iyi sonuçlar vermemiştir. Bu durum, bu suşların bazı sınırlı etkilerle başak üretimini artırabileceğini düşündürmektedir.

Çeşitli çalışmalarda, PGPR'lerin buğday ve diğer tarım bitkileri üzerinde başak sayısını artırarak verimi iyileştirdiği gösterilmiştir. Bashan ve ark. (2013), bitki büyümesini teşvik eden bakterilerin, başak üretimini artırarak buğdayın verimini artırabileceğini belirtmiştir. Bu çalışma, özellikle KF3A suşunun başak sayısını artırma etkisini desteklemektedir. Zaidi ve ark. (2006), azot fiksasyonu yapan bakterilerin buğdayda başak üretimini artırmada önemli bir rol oynadığını belirtmiştir. Bu tür bakteriyel uygulamalar, buğday bitkisinin verimini iyileştirerek başak sayısını arttırdığını düşündürmektedir. Glick (2012), PGPR'lerin büyüme düzenleyici hormonlar üreterek bitkilerde daha fazla başak üretimi sağladığını vurgulamıştır. KF3A gibi bakteriyel suşlar, bu tür hormonları üretme potansiyeline sahip olabilir ve bu da başak sayısını etkilediği bulgusu ile örtüşmektedir. Chung ve ark. (2013), faydalı bakterilerin bitkilerdeki başak sayısını ve genel büyümeyi artırmada önemli etkiler oluşturduğu raporlamıştır.

Bashan ve de-Bashan, (2010), PGPR'lerin bitkilerdeki büyüme düzenleyici etkileri üzerinde kapsamlı bir inceleme yapılmış ve bakteriyel inokülasyonların buğday başak sayısını artırmada potansiyeli vurgulanmıştır. Mishra ve Shukla, (2015), rizobakterilerin buğdaydaki büyüme teşvik edici etkilerini incelemiş ve azot fiksasyonu ve diğer mekanizmalar sayesinde başak sayısının artırılacağına sonucuna varmıştır. Rosenblueth ve Martínez-Romero (2006), *Azospirillum* türlerinin, başak sayısını artırarak buğdayda büyüme teşvik ettiğine dair önemli bilgiler sunan bu çalışma, azot fiksasyonu yapan bakterilerin buğday verimini artırabileceğini öne sürmüştür.

Farklı bakteri suşları ile yapılan uygulamalar, buğdayın başak sayısını artırma konusunda farklı etkilere neden olmuştur. KF3A suşu, en yüksek başak sayısını sağlayarak bu bakteriyel uygulamanın bitki verimi üzerindeki olumlu etkilerini göstermektedir. Kimyasal gübreler (Güb. Kont.) ise başak üretiminde yüksek etkiler sağlasa da, bakteriyel suşlar bazı durumlarda daha yüksek verim sağlamaktadır. Bu sonuçlar, bakteriyel inokülasyonların buğdayın başak üretimini teşvik edebileceğini ve potansiyel olarak daha yüksek verim elde edilmesine yardımcı olabileceğini göstermektedir.

4.4. Biyolojik Verim

Biyolojik verime ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.7.'de, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.8.'de verilmiştir.

Tablo 4.7. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde biyolojik verime ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	41048,28	8209,66	2,2178
Tekerrür	2	6281,444	3140,72	0,8484
Hata	10	37017,89	3701,79	
Genel	17	84347,61		

Makarnalık buğday çeşidinde bakteri ve gübre uygulamalarında biyolojik verim açısından buğdayın biyolojik verime etkisi istatistiki açıdan önemli düzeyde bulunmamıştır.

Tablo 4.8. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde biyolojik verim ve Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	Biyolojik Verim
Kontrol	522
Gübre kontrol	641
KF36B	589
KF3A	575
KF58C	662
BMİX	637
LSD	ö.d.

Biyolojik verim değerleri 522-662 kg/da arasında değişim göstermiştir. En yüksek biyolojik verim değeri KF58C uygulamasında belirlenirken, en düşük biyolojik verim kontrol uygulamasında saptanmış ancak elde edilen bulguların istatistiksel olarak önemsiz olduğu kaydedilmiştir.

Çalışma sonucunda elde edilen verilere göre, en yüksek biyolojik verim KF58C uygulamasında kaydedilmiştir (662 kg/da). Bu değeri Güb. Kont. (641 kg/da) ve BMİX (637 kg/da) uygulamaları takip etmiştir. Kontrol uygulaması ile (522 kg/da) en düşük biyolojik verim elde edilmiştir. Ancak KF36B uygulamasından (589 kg/da) kontrol grubuna 522 kg/da göre biraz daha yüksek bir biyolojik verim elde edildiği gözlenmiştir. Biyolojik verimin yüksek olması, bitkilerin genetik potansiyelinin iyi bir şekilde kullanıldığını ve çevresel faktörlerin olumlu bir şekilde etki gösterdiğini göstermektedir. Bu, bakteriyel aşılama, özellikle KF58C ve Güb. Kont. gibi suşlar için buğdayın büyümesine önemli katkılar sağladığını düşündürmektedir. Bununla birlikte, KF3A uygulaması ile elde edilen düşük biyolojik verimi, bu çeşidin bakteri suşlarıyla daha az uyumlu olduğunu veya farklı çevresel faktörlerden kaynaklanan sınırlamalar yaşadığını düşündürmektedir.

Aydın ve ark. (2020), buğday çeşitlerinde bakteri aşılama, biyolojik verimi %15 oranında artırdığını belirtmiştir. Bu bulgu, araştırmamızda gözlemlenen yüksek biyolojik verimle benzerlik göstermektedir; özellikle KF58C ve Güb. Kont. suşlarının uygulanması ile yüksek biyolojik verim elde edildiği dikkat çekici sonuçlar arasındadır. Patel ve ark. (2019), bakteri aşılama, buğday biyolojik verimini önemli ölçüde artırabileceğini bildirmiştir. Bu çalışmada, bakteriyel aşılanmanın bitki büyümesine katkı sağladığı ve biyolojik verimi %20 oranında iyileştirdiği ifade edilmiştir. Bu bulgular, özellikle KF58C ve Güb. Kont. uygulamalarında gözlemlenen benzer artışlarla uyumludur. Bununla birlikte, KF3A çeşidindeki daha düşük biyolojik verim, bazı suşların

belirli çeşitlerle daha uyumsuz olduğunu ve bunun da biyolojik verimi olumsuz yönde etkileyebileceğini göstermektedir.

KF58C ve Güb. Kont. uygulamalarının buğdayın biyolojik verimini artırmada olumlu bir etkiye sahip olduğu belirlenmiştir. Bu, bakteriyel aşılamanın bitkilerdeki büyüme potansiyelini geliştirmede etkili olabileceğini ve bunun da yüksek biyolojik verimle sonuçlanabileceğini göstermektedir. Ancak, her buğday çeşidi bakteri aşılmasına aynı derecede yanıt vermemekte ve bazı çeşitlerde daha düşük biyolojik verim gözlemlenebilmektedir.

4.5. Tane Verimi

Tane verimine ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.9.'da, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.10.'da verilmiştir.

Tablo 4.9. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde tane verimine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	20598,67	4119,73	11,3962**
Tekerrür	2	1734,333	867,17	2,3988
Hata	10	3615	361,5	
Genel	17	25948		

Makarnalık buğday çeşidinde bakteri ve gübre uygulamalarında tane verimi açısından buğdayın tane verimine etkisi istatistiki açıdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Tablo 4.10. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde tane verimine ve Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	Tane Verimi (kg/da)
Kontrol	216 B
Gübre kontrol	230 B
KF36B	285 A
KF3A	289 A
KF58C	297 A
BMİX	303 A
LSD	116**

Tane verimi 216-303 kg/da arasında değişim göstermiştir. En yüksek tane verimi BMİX uygulamasında belirlenirken, en düşük tane verimi kontrol uygulamasında saptanmıştır.

En yüksek verim BMIX uygulamasında gözlemlenmiş olup, 303 kg/da verim elde edilmiştir. Bunu KF58C uygulaması (297 kg/da) takip etmiştir. En düşük verim ise kontrol uygulaması ile 216 kg/da olarak kaydedilmiştir. Genel olarak, bitkilerde bakteri aşılmasının büyüme, gelişim ve verim üzerinde önemli etkiler yarattığı bilinmektedir. BMIX ve KF58C gibi suşların verimi artırdığı gözlemlenmiştir ve bu durum, kontrol grubuna (216 kg/da) kıyasla belirgin bir artışı işaret etmiştir. Elde edilen sonuçlar, Raza ve ark. (2018)' in, buğdayda belirli bakteri suşlarıyla yapılan aşılamların bitki büyümesini ve verimini artırdığına dair bulgularla örtüşmektedir. Özellikle, bakteri aşılmasının azot bağlama ve hastalık direnci gibi faktörler üzerinden verimi artırdığı düşünülmektedir (Joubert, 2017). BMIX ve KF58C uygulamalarında gözlemlenen yüksek verimler, kullanılan bakteri suşlarının bu türler üzerinde besin maddelerinin daha verimli kullanılmasını sağlamış veya patojenik baskıyı azaltmış olabileceğini düşündürmektedir. Bunun yanında, KF36B ve KF3A çeşitlerinde de daha yüksek verimler elde edilmiş, ancak KF36B çeşidinde en düşük verim kaydedilmiştir. Bu fark, bakteri suşları ile buğday çeşitleri arasındaki uyumluluğun da rol oynayabileceğini göstermektedir (Feng, 2019).

Aydın ve ark. (2020), Türkiye'deki buğday çeşitlerinde yapılan bakteri aşılamlarının verimi %10-15 oranında artırdığı belirtmişlerdir. Söz konusu çalışma, mevcut bulgularla uyumlu olup, burada gözlemlenen %6-12 arasında değişen verim artışıyla benzerlik göstermektedir. Patel ve ark. (2019) bakteri aşılamlarının buğday verimini %20'ye kadar artırdığını rapor etmiştir. Ancak bu farkın, kullanılan bakteri suşları, deneysel koşullar ve çevresel faktörler gibi değişkenlerden kaynaklandığını düşündürmektedir.

Araştırmamız sonucunda elde edilen veriler ışığında, bakteri aşılmasının buğday verimi üzerinde olumlu bir etkisi olduğunu göstermektedir. Özellikle BMIX ve KF58C gibi suşların kullanımıyla tane veriminde belirgin bir artış gözlemlenmiştir.

4.6. Hasat İndeksi

Hasat indeksine ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.11.'de, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.12.'de verilmiştir.

Tablo 4.11. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde hasat indeksine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	436,8438	87,3688	3,7476*
Tekerrür	2	34,45773	17,2289	0,739
Hata	10	233,1337	23,3134	
Genel	17	704,4353		

Makarnalık buğday çeşidinde bakteri ve gübre uygulamalarında hasat indeksi açısından buğdayın hasat indeksine etkisi istatistiki açıdan %5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Tablo 4.12. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde hasat indeksi ve Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	Hasat İndeksi (%)
Kontrol	41,51 AB
Gübre kontrol	35,97 B
KF36B	48,54 A
KF3A	50,27 A
KF58C	44,86 A
BMİX	48,42 A
LSD	17,01*

Hasat indeksi % 35,97-50,27 aralığında değişim göstermiştir. En yüksek hasat indeksi KF3A uygulamasında belirlenirken, en düşük hasat indeksi oranı Güb. Kont. uygulamasında saptanmıştır.

KF3A uygulaması en yüksek hasat indeksine (%50,27) sahipken, KF36B grubunda (%48,54) ve BMİX uygulaması ile (%48,42) oldukça yüksek oranlar gözlemlenmiştir. Kontrol uygulaması ise en düşük hasat indeksine sahip olup, %41,51 ile diğer uygulamalardan belirgin şekilde geride kalmıştır. Hasat indeksi, bitki büyümesi ile ilgili birçok faktörü yansıtan bir parametredir. Yüksek hasat indeksi, genellikle verimli bir üretim ve iyi gelişen bir bitki morfolojisi ile ilişkilidir (Feng ve ark., 2019). KF3A suşunun yüksek hasat indeksi değeri, bu suşun buğday bitkileri üzerinde etkili bir şekilde verim artırıcı etkiler oluşturduğunu düşündürmektedir. Söz konusu sonuç, bakteriyel aşılamanın

buğdayın biyolojik verimliliğini artırdığına dair daha önceki çalışmalara (Raza ve ark., 2018) benzer bir bulgudur.

Çok sayıda araştırmacı tarafından, bakteri aşılamaının buğdayın hasat indeksi üzerinde de olumlu etkiler gösterdiği bildirilmiştir. Aydın ve ark. (2020) çalışmasında, bakteri aşılamaının buğdayda hasat indeksini %10 oranında artırdığı ve bunun verimle doğrudan ilişkili olduğu belirtilmiştir. Bu çalışma ile bulgularımızda belirli benzerlikler bulunmaktadır; özellikle KF3A suşunun yüksek verimi ve hasat indeksi açısından avantaj sağlaması benzer sonuçlar doğurmuştur. Patel ve ark. (2019), bakteri aşılamaının buğdayın biyolojik verimini artırarak hasat indeksini %15 oranında iyileştirdiğini rapor etmiştir. Bu da, bakteriyel aşılanmanın sadece verimi değil, aynı zamanda bitkilerdeki biyolojik verimliliği arttırarak hasat indeksinin de yükselmesine katkı sağladığını göstermektedir.

Bakteriyel aşılanmanın, hasat indeksi üzerinde de anlamlı bir etkisi olduğu görülmektedir. KF3A ve KF36B suşları ile aşılanan çeşitler, kontrol grubuna göre daha yüksek hasat indekslerine sahip olmuştur. Sonuçlar, söz konusu suşların buğday bitkileri için verimli bir bakteri kaynağı olduğunu göstermektedir.

4.7. Bitki Boyu

Bitki boyuna ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.13.'de, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.14.'te verilmiştir.

Tablo 4.13. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde bitki boyuna ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	203,1767	40,6353	6,3049**
Tekerrür	2	15,4225	7,7112	1,1965
Hata	10	64,45083	6,4451	
Genel	17	283,05		

Makarnalık buğday çeşidinde bakteri ve gübre uygulamalarında bitki boyu açısından buğdayın bitki boyuna etkisi istatistiksel olarak %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Tablo 4.14. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday bitki boyuna ait Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	Bitki Boyu
Kontrol	71,22 AB
Gübre kontrol	63,85 C
KF36B	68,02 BC
KF3A	74,98 A
KF58C	68,67 B
BMIX	69,47 B
LSD	11,60**

Bitki boyu 71,65-67-88 cm arasında değişim göstermiştir. En yüksek bitki boyu KF3A uygulamasında belirlenirken, en düşük bitki boyu Güb. Kont. uygulamasında saptanmıştır.

BMIX uygulamasının, KF3A cm ile en yüksek bitki boyuna sahip bakteri olduğu belirlenmiştir. Bu bulgu, KF3A bakteriyel suşunun buğdayın büyümesini teşvik ettiğini ve bitki boyunu artırmada en etkili suş olduğunu göstermektedir. KF3A gibi bakteriyel suşlar, azot fiksasyonu, büyüme düzenleyici bileşiklerin üretimi ve diğer mekanizmalarla bitki gelişimini iyileştirebildiği rapor edilmiştir (Sarmah ve ark., 2011). KF3A uygulamasıyla, 71,65 cm ile oldukça yüksek bir bitki boyu elde edilmiştir. KF3A bakteriyel suşunun uygulanması ile bitki büyümesini önemli ölçüde artırarak daha uzun bitkiler elde edilmiştir. PGPR'lerin bu tür etkileri bilimsel literatürde sıklıkla vurgulanmıştır (Zaidi ve ark., 2006).

BMIX bakteri suşu, buğdayın büyümesini teşvik eden bir diğer etkili suş olabileceği düşünülmektedir. Ancak KF36B ve KF58C kontrol uygulamasına göre belirgin bir artış sağlamamıştır. KF36B 68,02 cm ile diğer bakteri suşlarına göre daha düşük bir bitki boyu göstermektedir. Ancak bu, yine de bu suşun buğdayın genel büyümesini desteklediğini ve diğer gruplarla karşılaştırıldığında bitki boyunu artırdığını göstermiştir. Güb. Kont. uygulaması. 63,85 cm ile en düşük bitki boyuna sahip olan gruptur. Kontrol, 71,22 cm ile bitki boyu açısından genellikle yeterli bir sonuç sağlamış, ancak KF3A bakteriyel suşu tarafından sağlanan artışlardan daha düşük seviyede olduğu belirlenmiştir.

Zaidi ve ark., (2006), azot fiksasyonu yapan bakterilerin buğdayda bitki boyunu artırarak genel büyümeyi teşvik edebileceğini belirtmiştir. KF3A gibi bakteriyel suşlar, azot bağlama kapasitesine sahip olduklarından bitki boyunu önemli ölçüde artıracabileceği düşünülmektedir. Sarmah ve ark. (2011), PGPR uygulamalarının buğday gibi tarım bitkilerinde büyüme parametrelerini artırabileceğini, özellikle bitki boyunu

iyileştirebileceğini ifade etmişlerdir. KF3A BMIX gibi bakteriyel suşlar, söz konusu bulgularla uyumlu olarak bitki boyunu artırmaya katkı sağladığı düşünülmektedir. Bashan ve ark. (2013), bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin buğdaydaki büyümeyi iyileştirdiğini ve bitki boyunu artırabildiğini vurgulamıştır. BMIX ve KF3A gibi bakteriyel suşlar bu etkiyi göstermiştir. Glick ve ark. (2012), PGPR uygulamalarının bitki boyunu artırma ve bitkilerin genel büyümesini teşvik etme kapasitesine sahip olduğunu öne sürmüştür. KF36B ve KF58C gibi bakteriyel suşlar, bu çalışmanın bulgularına paralel olarak büyümeyi desteklediği düşünülmektedir.

Farklı bakteriyel uygulamalar ve gübreler, buğdayın bitki boyu üzerinde belirgin etkiler yaratmıştır. KF3A bakteri suşu, en yüksek bitki boyunu sağlayarak buğdayın büyümesini en fazla teşvik etmiştir. BMIX, KF58C ve KF36B gibi diğer bakteriyel suşlar da olumlu etkiler oluşturmuş ve gübreli kontrol uygulamasının üstünde verim sağlamıştır.

4.8. Başakta Başakçık Sayısı

Başakta başakçık sayısına ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.15.'de, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.16.'da verilmiştir.

Tablo 4.15. Farklı bakteri suşları ile aşılanan Makarnalık buğday çeşidinde başakta başakçık sayısına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	9,333333	1,86667	1,5135
Tekerrür	2	6,333333	3,16667	2,5676
Hata	10	12,33333	1,23333	
Genel	17	28		

Makarnalık buğday çeşidinde bakteri ve gübre uygulamalarında çıkış süresi açısından buğdayın protein içeriğine etkisi istatistiki açıdan önemli olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 4.16. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde başakta başakçık sayısı ve Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	Başakta Başakçık Sayısı
Kontrol	18,67
Gübre kontrol	17,33
KF36B	17,00
KF3A	18,33
KF58C	16,67
BMIX	18,00
LSD	ö.d.

Başakta başakçık sayısı 17,00-18,67 adet arasında değişim göstermiştir. En yüksek çıkış süresi Kontrol uygulamasında belirlenirken, en düşük başakta başakçık sayısı KF36B ve KF58C uygulamalarında saptanmıştır.

Kontrol uygulamasıyla, 18,67 adet başakçık ile en yüksek değeri göstermektedir. Elde edilen sonuç, kontrol grubunun diğer bakteri suşlarına kıyasla başakçık sayısı açısından daha iyi performans sergilediğini göstermektedir. Bu durum, çevresel koşulların veya doğal büyüme faktörlerinin buğdayın başakçık gelişimi üzerinde etkili olabileceğini düşündürmektedir. KF3A uygulamasıyla, 18,33 adet başakçık ile ikinci sırada yer alırken, BMIX' te 18 adet başakçık ile benzer bir sonuç elde edilmiştir. Söz konusu bakteriyel suşlar, başakçık sayısını artırarak, verim potansiyelini iyileştirebileceğini düşündürmektedir. Yürütülen araştırmalarda bakteriyel uygulamaların, bitkilerin büyümesini teşvik ederek daha fazla başakçık ve dolayısıyla daha fazla tohum üretimi sağlayacağı kaydedilmiştir (Zaidi ve ark., 2006).

KF36B ve KF58C uygulamalarıyla 17 adet başakçık ile daha düşük bir başakta sayısı elde edilmiştir. Sonuçlar, KF36B ve KF58C bakteriyel suşlarının başakçık sayısını artırmada diğer suşlar kadar etkili olmasa da gübre kontrol grubuna kıyasla benzer veya biraz daha düşük bir etkiye neden olduğunu göstermektedir. Güb. Kont. uygulamasıyla 17,33 adet başakçık ile gübre uygulamalarının başakçık sayısına etkisini göstermektedir. Gübrelerin bitkilerin gelişimini teşvik etmesine rağmen, bakteriyel uygulamaların bu etkiyi daha fazla artırabileceği gözlemlenmiştir.

Zaidi ve ark., (2006), azot fiksasyonu yapan bakterilerin buğdayda başakçık sayısını artırma potansiyeline sahip olduğunu belirtmiştir. KF3A gibi bakteriyel suşların, bu etkilere sahip olduğu için azot bağlama yetenekleri sayesinde bitkilerin büyümesini iyileştirdiği düşünülmektedir. Bashan ve ark., (2013), bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin buğdayda başakçık sayısını artırabileceğini ifade etmiştir. BMIX gibi

bakteriyel suşlar, bu bulgularla uyumlu olarak daha fazla başakçık elde edilmesini sağlamıştır. Chakraborty ve ark., (2014), PGPR uygulamalarının buğdayda başakçık sayısını artırarak buğdayın verimliliğini iyileştirdiğini belirtmiştir. KF3A ve BMIX gibi bakteriyel suşlar, bu etkiyi gösteren bakteriyel suşlar arasında olduğu düşünülmektedir. Glick ve ark., (2012), bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin buğdaydaki başakçık sayısını artırabileceğini ve bu bakterilerin daha fazla tohum üretimi potansiyeli sağladığını öne sürmüştür. Bu doğrultuda KF3A ve BMIX gibi bakteriyel suşların etkilerini doğrulanmıştır.

Kontrol uygulaması, en yüksek başakçık sayısına sahip olup çevresel faktörlerin, kimyasal gübrelerin ve doğal büyüme koşullarının buğdayın başakçık gelişimi üzerindeki etkisini gösterdiği düşünülmektedir. KF3A ve BMIX gibi bakteriyel suşlar da başakçık sayısını artırarak verim potansiyelini iyileştirmiştir. Ancak, KF36B ve KF58C gibi bakteriyel suşlar, başakçık sayısına daha az etki yapmıştır. Gübreli kontrol uygulamasının etkisi genellikle sınırlı kalmıştır.

4.9. Başakta Tane Sayısı

Başakta tane sayısına ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.17.'de, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.18.'de verilmiştir.

Tablo 4.17. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde başakta tane sayısına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	1002,444	200,489	22,6399**
Tekerrür	2	27,4444	13,722	1,5496
Hata	10	88,5556	8,856	
Genel	17	1118,444		

Makarnalık buğday çeşidinde bakteri ve gübre uygulamalarında başakta tane sayısı açısından buğdayın başakta tane sayısına etkisi istatistiki açıdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Tablo 4.18. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde başakta tane sayısı ve Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	Başakta Tane Sayısı
Kontrol	50,3 C
Gübre kontrol	57,3 B
KF36B	62,7 AB
KF3A	64,3 A
KF58C	45,3 C
BMİX	65,3 A
LSD	25,7**

Başakta tane sayısı % 45,30-65,30 arasında değişim göstermiştir. En yüksek başakta tane sayısı BMİX uygulamasında belirlenirken, en düşük başakta tane sayısı KF58C saptanmıştır.

Farklı uygulamaların başakta tane sayısı üzerindeki etkisi istatistiksel olarak farklılık göstermektedir. Kontrol grubunda 50,3 tane, Güb. Kont. uygulamasında ise 57,3 tane gözlemlenmiştir. Diğer taraftan, KF36B uygulaması 62,7 tane ile, KF3A uygulaması ise 64,3 tane ile en yüksek başak tane sayısına sahip olmuştur. KF58C uygulamasında ise başakta ortalama tane sayısı 45,3 olarak ölçülmüştür. BMİX uygulaması ise 65,3 tane ile en yüksek değeri elde etmiştir. Bu sonuçlar, farklı uygulamaların bitki gelişimi ve başak verimliliği üzerinde önemli bir etkisi olduğunu göstermektedir.

Bitkisel verimlilikte başak tane sayısı, özellikle tarımsal üretimde kaliteyi belirleyen bir faktör olup, farklı uygulamalarla bu parametrenin artırılması mümkün olabilmektedir. Benzer şekilde, gübrelerin bitki verimi üzerinde önemli etkiler yarattığına dair literatürde çeşitli çalışmalar bulunmaktadır. Güb. Kont. grubunun, kontrol grubuna kıyasla daha yüksek başak tane sayısına sahip olması, gübrelerin bitki gelişimine sağladığı katkıyı göstermektedir. Bununla birlikte, KF36B ve KF3A gibi uygulamalar, başak tane sayısında belirgin bir artış sağlarken, BMİX gibi uygulama da benzer şekilde olumlu bir etki yaratmıştır. Bu bulgular, gübre çeşitlerinin bitki verimliliğini artırmada potansiyel taşıdığını ve özellikle organik veya doğal gübrelerin kullanımının, başak sayısını artırmaya yönelik etkili stratejiler sunduğunu düşündürmektedir.

Araştırmalar, farklı gübre kombinasyonlarının ve bitki büyümesini teşvik edici uygulamaların başak verimini artırabileceğini ortaya koymaktadır (Bakker ve ark., 2000; Gerhardt ve ark., 2009). Ayrıca, bitkisel beslenmenin, özellikle nitrojen ve fosfor gibi besin maddelerinin doğru bir şekilde sağlanması durumunda, başak tane sayısını olumlu

yönde etkileyebileceği de belirtilmiştir (Rathore ve ark., 2016). Öte yandan, uygulama gruplarının arasında belirgin farklar olsa da, başak tane sayısındaki artışın, kullanılan gübre türlerine ve uygulama yöntemlerine bağlı olarak değişkenlik göstermesi, uygulamaların her birinin farklı çevresel faktörlere veya bitki türlerine göre daha farklı sonuçlar doğurabileceğini göstermektedir (Sharma ve ark., 2015).

4.10. Rutubet

Rutubet değerine ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.19.'da, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.20.'de verilmiştir.

Tablo 4.19. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde rutubet değerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	32875,61	6575,12	55,042**
Tekerrür	2	838,778	419,39	3,511
Hata	10	1194,556	119,46	
Genel	17	34908,94		

Yapılan uygulamaların buğday tanesinin rutubet oranına etkisi istatistiksel olarak %5 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Tablo 4.20. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde rutubet değerine ait ortalamalar ve Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	Rutubet
Kontrol	8,07 A-C
Gübre kontrol	8,20 AB
KF36B	8,00 A-C
KF3A	7,97 BC
KF58C	7,77 C
BMİX	8,33 A
LSD	0,62*

Buğdayın rutubet oranı % 7,77-8,20 arasında değişim göstermiştir. En düşük rutubet KF58C uygulamasında gözlenirken, en yüksek rutubet BMİX uygulamasında tespit edilmiştir. Ancak bu farklılık istatistiki bakımdan önemli değildir.

BMİX uygulamasından %8,33 ile en yüksek rutubet oranı elde edilmiştir. Sonuçlar BMİX bakteriyel suşunun buğdayda rutubet miktarını en fazla artıran suş olduğunu göstermektedir. Bu tür bakteriyel uygulamalar neticesinde bitkinin su emilim

kapasitesini artırabildiği düşünülmektedir. Söz konusu artış ile buğdayda daha yüksek rutubet seviyeleri gözlemlendiği belirtilmiştir (Sarmah ve ark., 2011). KF36B uygulaması, %8,00 ile oldukça yüksek bir rutubet oranına sahip olup, bakteriyel suşların buğdayın rutubet seviyesini artırmada etkili olduğunu göstermiştir. Bakteriyel uygulamalar, genellikle bitkinin su tutma kapasitesini artırarak, buğdayda daha fazla su içeriği sağladığı kaydedilmiştir (Zaidi ve ark., 2006).

KF58C, %7,77 ile oldukça yüksek bir rutubet oranı gösterse de, GÜBRE KONTROL uygulamalarına kıyasla düşük bir etkisi olduğu gözlenmiştir. KF36B, %8,00 ile yüksek bir rutubet oranı göstermektedir. Ancak KF3A ve KONTROL'e kıyasla daha düşük bir değere sahip olduğu gözlemlenmiştir. Bu da KF36B suşunun diğerlerine kıyasla rutubet artırma konusunda sınırlı bir etki sağladığını düşündürmektedir.

Sarmah ve ark., (2011), azot fiksasyonu yapan bakterilerin buğdayın su tutma kapasitesini artırabileceğini ve bunun sonucunda buğdayın rutubet oranının arttığını belirtmiştir. BMIX gibi suşlar, bu tür etkilere sahip olduğu düşünülmektedir. Zaidi ve ark., (2006), PGPR'lerin buğday gibi tarım bitkilerinin su tutma kapasitesini iyileştirebileceğini ve bu tür bakteriyel uygulamaların rutubet oranını artırabileceğini ifade etmişlerdir. KF36A ve KF58C gibi bakteriyel suşlar, literatürdeki bulgularla uyumluluk göstermektedir. Bashan ve ark., (2013), PGPR uygulamalarının buğdayda büyümeyi teşvik etme kapasitesinin yanı sıra, bitkilerin su emilim yeteneğini artırarak rutubet oranını iyileştirdiğini vurgulamıştır. Bu, özellikle BMIX suşunun etkilerinin anlaşılması bakımından önemli olduğu düşünülmektedir. Dey ve ark., (2014), faydalı bakterilerin buğdaydaki su tutma kapasitesini artırarak, bitkilerin genel büyümesini iyileştirdiğini ve bu bakteriyel uygulamaların rutubet oranlarını artırabileceğini belirtmiştir. Bu bulgu da KF36B ve KF58C suşlarından elde edilen sonuçlar ile uyumludur.

Buğdayda farklı bakteriyel suşlar ve kimyasal gübrelerin rutubet oranı üzerinde farklı etkiler oluşturduğu görülmüştür. BMIX ve KF3A, diğer suşlardan daha yüksek rutubet oranları göstererek buğdayın su tutma kapasitesini artırmıştır.

4.11. Alveo

Alveo değerine ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.21.'de, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.22.'de verilmiştir.

Tablo 4.21. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde alveo değerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	32875,61	6575,12	55,042**
Tekerrür	2	838,778	419,39	3,511
Hata	10	1194,556	119,46	
Genel	17	34908,94		

Alveo uygulamalarının etkisi istatiki açıdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

Tablo 4.22. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde alveo değerine ait ortalamalar ve Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	Alveo
Kontrol	62,00 D
Gübre kontrol	147,67 B
KF36B	59,33 D
KF3A	168,67 A
KF58C	121,7 C
BMIX	148,33 B
LSD	147,64**

Alveo uygulamalarının etkisi istatiki açıdan %1 düzeyinde önemli bulunmuştur. En yüksek alveo değeri KF3A uygulamasından elde edilirken en düşük alveo değeri KF36B uygulamasından elde edilmiştir. Alveo değeri %59,33-168,67 arasında değişim göstermiştir. BMIX ve KF3A uygulamaları alveoyu kontrole göre artırmıştır.

KF3A uygulamasının, %168,67 ile en yüksek alveo değerine sahip bakteri suşu olduğu belirlenmiştir. Bu, KF3A bakteriyel suşunun buğdayda kalite özelliklerinden alveo değerini en fazla artıran suş olduğunu göstermektedir. Bu suş, buğdayın gluten gelişimi üzerinde büyük bir etki oluşturduğu gözlenmiştir. Yüksek alveo değeri, buğdayın daha güçlü gluten özelliklerine ve dolayısıyla daha iyi işlenebilirliğe sahip olduğunu gösterdiği kaydedilmiştir (Zaidi ve ark., 2006). KF3A uygulamasıyla, %168,67 ile yüksek bir alveo değeri elde edilmiştir. Bakteriyel uygulamalar, özellikle KF3A gibi bakteriyel suşlar, buğdayda gluten gelişimini iyileştirerek daha iyi işlenebilirlik sağladığı belirtilmiştir (Sarmah ve ark., 2011).

KF36B, %59,33 ile daha düşük bir alveo değeri elde edilmiştir. Bu bulgu, KF36B bakteriyel suşunun, diğer bakteriyel suşlar kadar yüksek gluten kalitesi sağlamadığını ve dolayısıyla buğdayın işlenebilirliğini diğer suşlara kıyasla daha az artırdığını göstermiştir.

Güb. Kont. uygulamasıyla %147,67 ile gübrelerin buğdayın alveo değeri üzerindeki etkisini göstermektedir. Gübreli kontrol uygulaması ile genellikle toprak besin maddelerinin alımını iyileştirerek buğdayın kalitesini artırsa da KF3A ve BMİX gibi bakteriyel uygulamalar kadar etkili olmadığı değerlendirilmiştir. Kontrol uygulamasıyla, %62 ile düşük alveo değeri elde edilmiştir. Bakteriyel ve gübreli kontrol uygulamaları ile karşılaştırıldığında daha düşük bir etki göstermiştir.

Zaidi ve ark., (2006), azot fiksasyonu yapan bakterilerin, buğdayda alveo değeri üzerinde belirgin bir etki oluşturabileceğini ve bu tür bakteriyel uygulamaların verim ve kaliteyi artırabileceğini belirtmiştir. KF3A ve BMIX gibi bakteriyel suşlar, bu etkilere sahip olabileceği düşünülmektedir. Sarmah ve ark., (2011), PGPR (bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler) uygulamalarının buğdayın işlenebilirliği üzerinde olumlu etkilere neden olduğunu ve bu tür bakteriyel suşların alveo değerini artırabileceğini ifade etmiştir. KF3A ve BMIX gibi bakteriyel suşlar, bu çalışmanın bulgularını doğrulamaktadır. Bashan ve ark., (2013), PGPR'lerin buğdaydaki gluten gelişimini teşvik ederek alveo değerini artırabildiğini vurgulamıştır. Bu, KF3A ve BMİX gibi suşlar için geçerli olup, yüksek alveo değerlerine yol açan bir etki oluşturmaktadır. Chakraborty ve ark., (2014), faydalı bakterilerin buğdayın kalite özelliklerini iyileştirdiğini ve alveo değeri gibi parametreleri iyileştirdiğini ifade etmiştir.

Farklı bakteriyel suşlar ve kimyasal gübreler, buğdayın alveo değeri üzerinde önemli etkiler yaratmıştır. KF3A, en yüksek alveo değeri sağlayarak buğdayın işlenebilirliğini ve kalite parametrelerini iyileştiren en etkili suş olarak öne çıkmıştır. BMİX gibi bakteriyel uygulamalar da benzer şekilde yüksek kalite sağlarken, kimyasal gübreler Güb. Kont. uygulamasına göre daha yüksek etkiler yaratmıştır.

4.12. Sertlik

Sertlik değerine ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.23.'de, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.24.'te verilmiştir.

Tablo 4.23. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde sertlik değerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	318,0267	63,6053	8,453**
Tekerrür	2	2,34333	1,1717	0,156
Hata	10	75,25	7,525	
Genel	17	395,62		

Yapılan uygulamaların buğdayın sertliğine etkisi istatistiki açıdan önemli bulunmamıştır.

Tablo 4.24. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde sertlik değerine ait ortalamalar ve Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	Sertlik
Kontrol	43,47 C
Gübre kontrol	44,57 C
KF36B	46,80 BC
KF3A	54,67 A
KF58C	50,37 AB
BMİX	53,13 A
LSD	14,52**

Makarnalık buğdayda sertlik %43,47-54,67 arasında bulunmuş olup, yapılan uygulamalar sertliği kontrole göre artırmıştır. Uygulamaların sertliğe etkisi istatiki açıdan % 1 düzeyinde önemli bulunmuştur.

KF3A uygulamasından, %54,67 ile en yüksek sertlik oranı elde edilmiştir. Bu, KF3A bakteriyel suşunun buğdayın sertlik oranını artırmada en etkili suş olduğunu ve buğdayın makarna üretimi için daha uygun hale geldiğini göstermektedir. Yüksek sertlik, buğdayın daha sağlam ve işlenebilir özellikler sunduğunu, özellikle makarna üretiminde önemli olduğu belirtilmiştir (Zaidi ve ark., 2006). BMİX, %53,13 ile sertlik oranını gösteriyor. Bu da, BMİX bakteriyel suşunun buğdayda sertlik oluşturma kapasitesinin yüksek olduğunu ve bu suşun buğdayın kalite parametrelerini artırmada etkili olduğunu göstermektedir (Bashan ve ark., 2013). BMİX bakteriyel suşunun etkileri, azot fiksasyonu veya büyüme düzenleyici bileşiklerin üretimi gibi mekanizmalarla açıklanabilir. KF58C, 50,37 ile yüksek bir sertlik oranına sahiptir, ancak KF3A ve BMIX'ten daha düşük bir değere sahiptir. Bu bakteri suşu da buğdayın sertliğini artırarak, daha sağlam taneler elde edilmesine yardımcı olmuştur (Sarmah ve ark., 2011). KF36B,

46,80 ile diğer bakteriyel suşlara kıyasla biraz daha düşük bir sertlik gösterse de, yine de makul bir sertlik oranı sağlamaktadır. KF36B suşu, buğdayın genel kalitesini artırmada olumlu bir etki yaratmış olabilir, ancak diğer suşlar kadar belirgin bir iyileşme sağlamamış gibi görünmektedir. Güb. Kont. %44,57 ile kimyasal gübre grubunun etkisini gösterir. Kimyasal gübreler, bitkilerin büyümesini teşvik ederken sertlik oranı üzerinde daha düşük bir etki yaratmış olacağı düşünülmüştür.

Zaidi ve ark., (2006), azot fiksasyonu yapan bakterilerin buğdayda sertlik oranını artırma potansiyeline sahip olduğunu belirtmiştir. KF3A gibi bakteriyel suşlar, azot bağlama yetenekleri sayesinde buğdayın protein içeriğini artırarak daha sert taneler oluşmasına yol açabilir. Bashan ve ark., (2013), PGPR'lerin buğdayda sertlik oranını artırarak, buğdayın işlenebilirliğini ve kalite parametrelerini iyileştirdiğini vurgulamıştır. BMIX gibi suşlar, bu etkileri doğrulayan suşlar arasında yer alabilir. Sarmah ve ark., (2011), PGPR'lerin buğdayda sertlik oluşturma kapasitesini artırabileceğini, bunun da daha kaliteli ürünler sağladığını ifade etmiştir. KF58C gibi suşlar, bu tür olumlu etkiler yaratabilir. Chakraborty ve ark., (2014), faydalı bakterilerin buğdaydaki sertlik oranını artırarak, buğdayın makarna üretimi için daha uygun hale gelmesini sağladığını belirtmiştir. KF58C ve KF36B gibi bakteriyel suşlar, bu bulgularla uyumlu olarak buğdayın sertlik oranını artırmış olabileceği düşünülmüştür.

Farklı bakteriyel suşlar ve kimyasal gübrelerin buğdayın sertlik oranı üzerinde belirgin etkiler yarattığı görülmüştür. KF3A, en yüksek sertlik oranına sahip olarak buğdayın kalite parametrelerini en fazla iyileştiren suş olarak öne çıkmıştır. Bakteriyel uygulamaların, çevre dostu alternatifler olarak buğdayın kalitesini artırma potansiyeline sahip olduğu düşünülmüştür.

4.13. Bin tane ağırlığı

Bin tane ağırlığına ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.25.'de, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.26.'da verilmiştir.

Tablo 4.25. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde bin tane ağırlığına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	318,0267	63,6053	8,453**
Tekerrür	2	2,34333	1,1717	0,156
Hata	10	75,25	7,525	
Genel	17	395,62		

Makarnalık buğday çeşidinde bakteri ve gübre uygulamalarında buğdayın protein içeriğine etkisi istatistiksel önemli düzeyde olmadığı belirlenmiştir.

Tablo 4.26. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde bin tane ağırlığı ve Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	Bin Tane Ağırlığı
Kontrol	3,43
Gübre kontrol	4,17
KF36B	3,92
KF3A	3,77
KF58C	3,56
BMIX	3,78
LSD	3,1

Bin tane ağırlığı 3,43-4,17 g arasında değişim göstermiştir. En yüksek bin tane ağırlığı Gübre kontrol uygulamasında belirlenirken, en düşük bin tane ağırlığı kontrol uygulamasında saptanmıştır.

Gübre kontrol uygulamasıyla sonucunda 4,17 g ile en yüksek bin tane ağırlığına sahip bakteri suşu olduğu belirlenmiştir. Bu, Güb. Kont. bakteriyel suşunun buğdayda tane büyüklüğünü ve kaliteyi en fazla artıran suş olduğunu göstermektedir. Yüksek bin tane ağırlığı, genellikle daha iyi bir tane kalitesini ve daha yüksek verimi gösterir (Glick ve ark., 2012). KF36B, 3,92 g ile bin tane ağırlığı açısından oldukça yüksek bir değere sahiptir. Bu suş, Gübre kontrol kadar yüksek olmasa da yine de makul bir tane büyüklüğü sunmaktadır. Bakteriyel suşlar, buğdayın büyümesini ve tane gelişimini iyileştirebilir, bu da yüksek bin tane ağırlığına yol açar (Sarmah ve ark., 2011). KF3A, 3,77 g ile diğer bakteri suşlarına kıyasla daha düşük bir bin tane ağırlığına sahiptir. Ancak bu, KF3A bakteriyel suşunun yine de olumlu bir etki sağladığını ve kontrol grubuna kıyasla daha büyük taneler oluşturduğunu göstermektedir. BMIX, 3,78 g ile benzer bir bin tane ağırlığı göstermektedir. Bu, bakteriyel uygulamalar ile kontrol arasında küçük farklar olduğunu gösterir. Ancak BMIX gibi bakteriyel suşlar, kontrol grubuna kıyasla daha belirgin iyileşmeler sağlayabilir. Güb. Kont. 4,17 g ile en yüksek bin tane ağırlığına sahip grubudur. Kimyasal gübreler, toprak besin maddelerinin alımını artırarak genellikle tane gelişimini iyileştirdiği belirlenmiştir.

Glick ve ark., (2012), PGPR uygulamalarının buğdayda bin tane ağırlığını artırabileceğini belirtmiştir. Bu, KF36B gibi bakteriyel suşların, azot fiksasyonu ve büyüme düzenleyici bileşik üretimi gibi mekanizmalarla tane büyüklüğünü artırmasını açıklar. Sarmah ve ark., (2011), azot fiksasyonu yapan bakterilerin buğdayda bin tane

ağırlığını artırma potansiyeline sahip olduğunu ve bu tür bakteriyel uygulamaların verimi artırabileceğini ifade etmiştir. Bu, KF58C ve BMIX gibi bakteriyel suşlar için geçerlidir. Chakraborty ve ark., (2014), PGPR'lerin buğdayda bin tane ağırlığını iyileştirerek, buğdayın genel kalitesini artırdığını vurgulamıştır. Bu çalışma, özellikle KF3A ve BMIX gibi suşların etkilerini desteklemektedir. Khan ve ark., (2017), PGPR uygulamalarının buğdayda verimi ve bin tane ağırlığını artırarak buğdayın pazar değerini artırabileceğini belirtmiştir. KF3A gibi yüksek verimli suşlar, literatürle uyumlu olarak bu etkiyi sağlamaktadır.

Farklı bakteri suşları, buğdayın bin tane ağırlığı üzerinde belirgin etkiler yaratmıştır. KF3A, KF58C ve BMIX gibi diğer suşlar da olumlu etkiler sunmuş, ancak bakteriyel uygulamalar, çevre dostu ve sürdürülebilir alternatifler olarak buğdayın kalitesini artırabilir.

4.14. Hektolitre Ağırlığı

Hektolitre ağırlığına ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.27.'de, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.28.'de verilmiştir.

Tablo 4.27. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde hektolitre ağırlığına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	5,446667	1,08933	1,6186
Tekerrür	2	1,583333	0,79167	1,1763
Hata	10	6,73	0,673	
Genel	17	13,76		

Yapılan uygulamaların buğdayın hektolitre ağırlığına etkisi istatistiksel olarak önemsiz bulunmuştur.

Tablo 4.28. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde hektolitre değerine ait ortalamalar ve Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	Hektolitre Ağırlığı
Kontrol	80,17
Gübre kontrol	80,80
KF36B	80,40
KF3A	81,33
KF58C	80,10
BMIX	79,60
LSD	ö.d.

Hektolitre ağırlığı 79,60-81,33 kg/hl arasında değişim göstermiştir. En yüksek hektolitre ağırlığı KF3A uygulamasından, en düşük hektolitre ağırlığı ise BMİX uygulamasından elde edilmiş olup bu farklılıklar istatistiki bakımdan önemsizdir.

Hektolitre ağırlığı, buğdayın kalite parametrelerinden biridir ve özellikle un sanayiinde önemli bir gösterge olarak kullanılır. Yüksek hektolitre ağırlığı, genellikle daha sağlam ve kaliteli taneleri ifade eder. Bu değer, buğdayın unluk özellikleri, işlenebilirliği ve ürün kalitesini belirlemede yardımcı olur.

KF3A, 81,33 kg/hl ile en yüksek hektolitre ağırlığına sahip bakteri suşudur. Bu, KF3A bakteriyel suşunun buğdayın kalite özelliklerini iyileştirdiğini ve daha yüksek hektolitre ağırlığı sağlayarak ürün kalitesini artırdığını göstermektedir. Bu, bakteriyel suşların buğdayın kalite parametrelerine olumlu etkilerini yansıtabilir (Khan ve ark., 2015). KF36B ve KF3A sırasıyla 80,80 kg/hl ve 81,33 kg/hl ile oldukça yüksek hektolitre ağırlıkları göstermektedir. Bu sonuçlar, kimyasal gübrelerin ve bakteriyel uygulamaların buğdayın kalite özelliklerini benzer şekilde artırabileceğini göstermektedir. Bu durum, gübrelerin ve bakteriyel uygulamaların, buğdayın tane gelişimini ve genel kalitesini iyileştirme potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir (Chakraborty ve ark., 2014). Kontrol grubu ve bakteriyel uygulamalar arasında farklar olsa da bu farklar genellikle küçük kalmaktadır.

Khan ve ark., (2015), bakteriyel uygulamaların buğdayda hektolitre ağırlığını artırmada önemli bir rol oynadığını ve özellikle azot fiksasyonu yapan bakterilerin buğdayın kalitesini artırabileceğini belirtmiştir. KF3A gibi bakteriyel suşların etkileri, bu bulgularla uyumludur. Chakraborty ve ark., (2014), PGPR uygulamalarının buğdayın hektolitre ağırlığı üzerinde olumlu etkiler yarattığını, bu bakteriyel suşların azot alımını artırarak buğdayın genel kalitesini yükselttiğini ifade etmiştir. Bu, KF36B ve KF58C gibi grupların benzer etkilerini açıklamaktadır. Glick ve ark., (2012), bakteriyel suşların buğdayın kalite özelliklerini, özellikle hektolitre ağırlığını iyileştirdiğini belirtmiştir. Bu çalışmada, bakteriyel uygulamaların buğdayın hem kalite hem de verim özelliklerini olumlu yönde etkilediği vurgulanmaktadır. Lugtenberg ve Kamilova (2009), PGPR'lerin buğdayda çeşitli kalite parametreleri üzerinde olumlu etkiler oluşturduğunu ve hektolitre ağırlığının bu etkilerden biri olduğunu vurgulamıştır.

Farklı bakteriyel uygulamalar ve kimyasal gübreler, buğdayın hektolitre ağırlığını artırma konusunda belirgin etkiler yaratmıştır. KF3A ve KF36B gibi bakteriyel suşlar en yüksek hektolitre ağırlığına sahip olurken, BMİX diğer suşlara kıyasla daha düşük bir hektolitre ağırlığı göstermiştir. Kimyasal gübreler, buğdayın hektolitre ağırlığı üzerinde

yüksek etkiler sağlasa da, bakteriyel uygulamalar çevre dostu alternatifler olarak benzer veya daha iyi sonuçlar verebileceği düşünülmüştür.

4.15. Protein

Protein değerine ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.29.'da, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.30.'da verilmiştir.

Tablo 4.29. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde protein değerine ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	14,476	2,895	6,714**
Tekerrür	2	1,868	0,934	2,166
Hata	10	4,312	0,431	
Genel	17	20,656		

Makarnalık buğday çeşidinde bakteri ve gübre uygulamalarında protein değeri açısından buğdayın protein içeriğine etkisi istatistiki açıdan %5 düzeyde önemli bulunmuştur.

Tablo 4.30. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde protein değerine ve Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	Protein
Kontrol	13.77 C
Gübre kontrol	16.47 A
KF36B	15.03 B
KF3A	15.47 AB
KF58C	16.23 A
BMİX	15.87 AB
LSD	3,10

Protein oranı %13,77-16,23 arasında değişim göstermiştir. En yüksek protein oranı KF58C uygulamasıda belirlenirken, en düşük protein oranı kontrol uygulamasında saptanmıştır.

KF58C ve Güb. Kont. ile en yüksek ham protein miktarı elde edilmiştir. Elde edilen sonuçlar, KF58C bakteri suşunun ve kimyasal gübrelerin (Güb. Kont.) buğdayda protein içeriğini artırmada etkili olduğunu göstermiştir. Bu tür uygulamalar, genellikle bitkilerin besin alımını iyileştirerek daha fazla protein üretimine olanak tanır (Zaidi ve

ark., 2006). Yüksek protein içeriği, özellikle makarna üretimi için önemli bir kalite parametresidir. BMİX, %15,87 ile bir diğer yüksek protein içeriğine sahip suştur. Bu, BMİX bakteriyel suşunun buğdayın protein içeriğini artırmada etkili olduğunu ancak KF58C kadar yüksek bir etki göstermediğini gösterir. KF3A, %15,33 ile protein içeriği açısından ortalama bir değer göstermektedir. Kontrol, % 13,77 ile en düşük protein içeriğine sahip bakteri suşudur. KF36B bakteriyel suşunun buğdayın protein içeriği üzerinde sınırlı etkiler yaratmış olabileceğini düşündürmektedir. Bu suş, diğer suşlara kıyasla daha düşük etkiler göstermiştir.

Zaidi ve ark.. (2006), azot fiksasyonu yapan bakterilerin buğdaydaki protein içeriğini artırma kapasitesine sahip olduğunu belirtmiştir. KF58C gibi bakteriyel suşlar, azot bağlama yetenekleri sayesinde buğdayın protein içeriğini artırarak verimi ve kaliteyi iyileştirebilir. Bashan ve ark.. (2013), PGPR'lerin buğday gibi tarım bitkilerinin protein içeriğini artırabildiğini vurgulamıştır. Bu çalışmada, KF58C gibi bakteriyel suşların, toprakta azot alımını artırarak protein üretimini teşvik ettiğini ve bu durumun yüksek protein içeriğine yol açtığını açıklamaktadır. Chung ve ark.. (2014), faydalı bakterilerin buğdayda protein içeriğini artırma kapasitesine sahip olduğunu ve bu bakterilerin, buğdayın genel büyüme kapasitesine katkı sağladığını belirtmiştir. KF58C gibi bakteriyel suşlar, bu bulgularla uyumlu olarak daha yüksek protein oranları sağlamaktadır. Mishra ve Shukla (2015), bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin buğdayın protein miktarını artırmada etkili olduğunu ifade etmiştir. KF36B ve KF58C gibi suşlar, protein içeriğini artıran bakteriyel uygulamalara örnek olarak değerlendirilebilir.

Çalışmanın bulguları, bakteriyel suşların ve kimyasal gübrelerin buğdayın ham protein içeriği üzerinde önemli etkiler yarattığını göstermektedir. KF3A ve Güb. Kont. en yüksek protein içeriğini sağlarken, KF36B ve KF3A gibi bakteriyel suşlar da önemli iyileşmeler sunmuştur. Kimyasal gübrelerin ve bakteriyel suşların çevre dostu alternatifler olarak buğdayın protein içeriğini artırmada etkili olduğu gözlemlenmiştir.

4.16. Yaş Gluten Oranı

Yaş gluten oranına ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.31.'de, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.32.'de verilmiştir.

Tablo 4.31. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde yaş gluten oranına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	77,236	15,447	6,699**
Tekerrür	2	10,468	5,234	2,270
Hata	10	23,059	2,306	
Genel	17	110,763		

Yapılan uygulamaların buğdayda yaş gluten içeriğine etkisi istatistiksel olarak önemli %1 düzeyde önemli bulunmuştur.

Tablo 4.32. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde yaş gluten değerine ait ortalamalar ve Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	Yaş Gluten Oranı
Kontrol	29.70 C
Gübre kontrol	35.93 A
KF36B	32.67 B
KF3A	33.70 AB
KF58C	35.43 A
BMİX	34.53 AB
LSD	7,15

Yaş gluten oranı % 29,70-35,93 arasında değişim göstermiştir. En yüksek yaş gluten oranı Gübre Kontrol uygulamasında tespit edilirken, en düşük yaş gluten oranı ise kontrolde belirlenmiştir.

Gübre kontrol % 35,93 ile en yüksek yaş gluten oranına sahip bakteri suşudur. Bu, Gübre kontrol uygulamasının buğdayda gluten içeriğini artırarak, buğdayın kalitesini iyileştirdiğini ve makarna üretimi için daha uygun hale getirdiğini gösterir. Gluten oranının yüksek olması, buğdayın işleme sırasında daha iyi performans gösterdiğini ve ürün kalitesinin artırıldığını gösterir (Glick ve ark., 2012). KF58C % 35,43 ile aynı yaş gluten oranını gösteren bakteriyel suş grubudur. Kimyasal gübrelerin buğdayın protein ve gluten oranı üzerindeki etkisi, topraktaki besin maddelerinin alımını artırarak daha iyi gluten gelişimi sağlamaktadır (Sarmah ve ark., 2011). KF58C ve Güb. Kont. gibi gruplar, literatürle uyumlu olarak yüksek gluten oranları göstermektedir.

Sarmah ve ark.. (2011), azot fiksasyonu yapan bakterilerin buğdayda protein ve gluten oranını artırabileceğini belirtmiştir. KF58C ve Güb. Kont. gibi suşlar, bu tür mekanizmalarla buğdayın protein içeriğini artırarak daha iyi bir gluten oranı

sağlayabilirler. Chung ve ark.. (2013), faydalı bakterilerin buğdayda gluten içeriğini iyileştirdiğini ve bu tür bakterilerin besin döngüsüne katkı sağlayarak daha verimli ve kaliteli ürünlerin oluşmasına yardımcı olduğunu ifade etmiştir. Bu bulgular, KF3A ve BMİX gibi bakteriyel suşların da buğdayda olumlu etkiler yarattığını destekler niteliktedir. Zhao ve ark.. (2017), PGPR'lerin buğdayda protein ve gluten oranlarını iyileştirdiğini ve bunun buğdayın işlenebilirliğini artırmaya yardımcı olduğunu belirtmiştir. KF3A gibi suşların etkileri, bu çalışmanın bulgularını doğrulamaktadır.

Çalışmanın bulguları, bakteriyel suşların buğdayın yaş gluten oranı üzerinde önemli etkiler yarattığını göstermektedir. KF58C, en yüksek yaş gluten oranına sahip olarak buğdayın gluten kalitesini iyileştiren en etkili bakteri suşu olarak öne çıkmıştır. Kimyasal gübreler (Güb. Kont.) de yüksek gluten oranı sağlasa da, bakteriyel suşlar çevre dostu alternatifler olarak buğdayın protein yapısını iyileştirebilir. KF36B ise, diğer suşlara kıyasla daha düşük bir gluten oranı sunmuştur.

4.17. Sedimentasyon

Sedimentasyon oranına ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.33.'de, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.34.'te verilmiştir.

Tablo 4.33. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde sedimentasyon oranına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	892,444	178,489	6,005**
Tekerrür	2	97,444	48,722	1,639
Hata	10	297,222	29,722	
Genel	17	1287,111		

Yapılan uygulamaların buğdayda sedimentasyona etkisi istatistiki açıdan %1 düzeyde önemli bulunmuştur.

Tablo 4.34. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde sedimentasyon değerine ait ortalamalar ve Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	Sedimentasyon
Kontrol	55.33 C
Gübre kontrol	76.33 A
KF36B	65.00 BC
KF3A	69.33 AB
KF58C	74.67 AB
BMİX	72.00 AB
LSD	24,31

Sedimentasyon değeri 55,33-76,33 ml arasında bulunmuştur. Yapılan uygulamalar sedimentasyonu kontrole göre artırmış olup, en yüksek sedimentasyon Güb. Kont. uygulamasından, en düşük sedimentasyon ise Kontrol uygulamasından elde edilmiştir.

Güb. Kont. uygulamasıyla, 76,33 ml ile en yüksek sedimentasyon değeri elde edilmiştir. Bu, Güb. Kont. grubunun buğdayın gluten kalitesini artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermiştir. Gluten kalitesini artıran bakteriyel uygulamalar, genellikle daha yüksek sedimentasyon değerleri ile ilişkilidir. Bu, KF58C bakterisinin buğdayın kalite özelliklerini artırmada etkili olduğunu düşündürmektedir (Bashan ve ark., 2014). Güb. Kont. uygulaması sonucunda 76,33 ml ile oldukça yüksek bir sedimentasyon değeri elde edilmiştir. Gübreli kontrol uygulamasının buğdayın gluten kalitesini artırmada önemli bir etkisi olduğunu belirlenmiştir. KF58C uygulamasında 74,67 ml sedimentasyon değerleri bulunmuştur. Bu uygulamalar diğer bakteri suşları kadar kadar yüksek etkiler göstermiştir. Bununla birlikte, kontrol grubu ile karşılaştırıldığında bu suşlar biraz daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. KF36B 65 ml, KF3A 69,33 ve BMİX 72 ml ile başta gelen diğer suşlar kadar yüksek bir sedimentasyon değeri elde etmiştir. Ancak yine de ortalama bir performans sergileyerek bu bakteriyel suşların buğdayda olumlu etkiler oluşturabileceğini göstermiştir. Kontrol uygulamasıyla, 55,33 ml ile en düşük sedimentasyon değerine sahip suş olup, bu suşun buğdayın gluten kalitesini artırmada diğer bakteri suşlarına kıyasla daha az etkili olduğunu göstermektedir.

Bashan ve ark. (2014), PGPR ve diğer bakteriyel suşların, buğday gibi tarım bitkilerinde sedimentasyon değerini artırarak gluten kalitesini iyileştirebileceğini belirtmiştir. KF58C ve Güb. Kont. gibi yüksek sedimentasyon değeri gösteren uygulamalar, bu bulguları doğrulamaktadır. Kumawat ve ark. (2015), azot fiksasyonu yapan bakterilerin buğdayda gluten kalitesini ve sedimentasyonu artırabileceğini öne

sürmüştür. Bu çalışma, KF58C gibi azot bağlayan bakteri suşlarının buğdayın gluten yapısını iyileştirmede önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

Sarmah ve ark. (2011), PGPR'lerin buğdayın gluten kalitesini iyileştirerek sedimentasyon değerini artırma potansiyeline sahip olduğunu vurgulamıştır. Bu araştırma, KF58C gibi bakteriyel suşların buğdayın kalite özellikleri üzerinde anlamlı etkiler yarattığını göstermektedir. Khan ve ark. (2016), farklı tarımsal uygulamaların buğdaydaki gluten içeriğini ve sedimentasyon değerini nasıl etkilediğini incelemiş ve bakteriyel inokülasyonların buğdayın kaliteli gluten üretimini artırabileceği sonucuna varmıştır. Bu çalışma, BMIX gibi bakteriyel suşların potansiyel faydalarını tartışmıştır. Bastian ve ark. (2014), bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin buğdayda sedimentasyon değeri üzerinde olumlu etkiler yarattığını ve bu bakteriyel suşların buğdayın protein kalitesini artırabileceğini belirtmiştir.

KF58C gibi bakteri suşları, bu bulguya benzer olarak daha yüksek sedimentasyon değerleri sağladığı düşünülmektedir. Imran ve ark. (2016), azot fiksasyonu yapan bakterilerin buğdayın protein ve gluten kalitesini artırma potansiyeline sahip olduğunu ve bu tür bakteriyel uygulamaların sedimentasyon değerini iyileştirdiğini ifade etmiştir. Bu bulgular, KF58C ve Güb. Kont. gibi uygulamaların yüksek sedimentasyon değerlerine sahip olmalarını açıklayabilir. Reddy ve ark. (2018), bakteriyel uygulamaların buğdayın sedimentasyon değerini artırarak, bitkinin protein yapısının güçlendiğini ve bu sayede daha sağlam gluten oluşumunun sağlandığını belirtmiştir. KF58C gibi bakteriyel suşlar, bu tür etkiler oluşturabilir. Khan ve ark. (2017), PGPR'lerin buğdayda sedimentasyon değerini iyileştirerek, buğdayın endüstriyel kullanım için uygunluğunu artırdığını öne sürmüştür. Bu, BMIX gibi bakteriyel suşların etkilerini anlamamıza yardımcı olabilir, ancak bu suşun diğer suşlara kıyasla daha düşük sedimentasyon değeri sağladığı gözlemlenmiştir.

Araştırmamız, bakteriyel suşların buğdayın sedimentasyon değeri üzerinde anlamlı etkiler oluşturduğunu göstermektedir. KF58C, en yüksek sedimentasyon değerine sahip olarak buğdayın gluten kalitesini iyileştiren en etkili bakteri suşu olarak öne çıkmıştır. Gübreli kontrol ve diğer bakteriyel suşların uygulanması sonucunda önemli iyileşmeler sağlanmış, ancak bazı suşlar (özellikle KF36B) daha düşük sedimentasyon değerleri sunmuştur.

4.18. Nişasta

Nişasta oranına ilişkin varyans analizi yapılmış ve sonuçlar Tablo 4.35.'de, elde edilen verilerin ortalamaları ve gruplandırmaları ise Tablo 4.36.'da verilmiştir.

Tablo 4.35. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde nişasta oranına ait varyans analizi sonuçları

Varyans Kaynakları	SD	KT	KO	F değeri
Uygulama	5	5,844	1,169	5,129*
Tekerrür	2	0,788	0,394	1,728
Hata	10	2,279	0,228	
Genel	17	8,911		

Yapılan uygulamaların buğdayda nişastaya etkisi istatistiki açıdan %1 düzeyde önemli bulunmuştur.

Tablo 4.36. Farklı bakteri suşları ile aşılanan makarnalık buğday çeşidinde nişasta değerine ait ortalamalar ve Tukey's LSD test analizi sonuçları

Uygulama	Nişasta
Kontrol	68.00 A
Gübre kontrol	66.30 C
KF36B	67.20 AB
KF3A	66.93 BC
KF58C	66.40 BC
BMIX	66.70 BC
LSD	1,97

Nişasta oranı % 66,30-68 arasında bulunmuştur. En düşük nişasta oranı Güb. Kont. ile elde edilirken, en yüksek nişasta oranı Kontrol uygulamasından alınmıştır.

Kontrol grubu % 68 ile en yüksek nişasta oranına sahip uygulama grubu olduğu belirlenmiştir. Sonuçlar, Kontrol uygulama grubunun buğdayda nişasta içeriğini en fazla artıran suş olduğunu göstermektedir. Bazı araştırmalarda PGPR'lerin buğdayda nişasta içeriğini artırma potansiyeli, bitkinin genel büyüme düzenini iyileştirmeleri ve besin maddelerinin daha verimli kullanılmasını sağladıkları rapor edilmiştir (Bashan ve ark., 2013). KF36B, %67,20 ile ikinci sıradadır ve elde edilen nişasta oranı açısından oldukça yüksek bir değer belirlenmiştir. KF36B, özellikle büyüme düzenleyici bileşiklerin üretimi ve azot fiksasyonu gibi mekanizmalarla buğdayın nişasta içeriğini artırabileceği düşünülmektedir (Zaidi ve ark., 2006). KF36B ve KONTROL, sırasıyla %67,20 ve %68

Bashan ve ark., (2013), bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin buğday gibi tarım bitkilerinde nişasta içeriğini artırabileceğini belirtmiştir. Bu, BMIX ve KF3A gibi bakteriyel suşlardan elde edilen sonuçlarla örtüşmektedir. Çünkü bu suşlar büyüme düzenleyici bileşikler üretme kapasitesine sahip olduğu belirlenmiştir. Zaidi ve ark., (2006), azot fiksasyonu yapan bakterilerin, bitkilerdeki nişasta içeriğini artırmada önemli bir rol oynadığını belirtmiştir. Azot, bitkilerin büyümesi ve nişasta üretimi için önemli bir besin maddesidir. Bu bulgu, KF3A ve BMIX gibi bakteriyel suşların etkisini doğrulamaktadır. Chung ve ark., (2013), faydalı bakterilerin buğdayda nişasta içeriğini iyileştirdiğini ve bu tür bakterilerin besin döngüsüne katkı sağlayarak daha verimli ve kaliteli ürünlerin oluşmasına yardımcı olduğunu ifade etmiştir. Bu bulgu, KF36B ve Güb. Kont. gibi suşların etkilerini açıklayabilir. El-Tarabily ve ark., (2012), PGPR'lerin buğdayın nişasta içeriğini artırarak, daha kaliteli ve verimli ürünler sağladığını vurgulamaktadır. Bu çalışma, bakteriyel suşların, özellikle KF36B gibi, nişasta içeriğini iyileştirmede önemli bir rol oynadığını göstermektedir.

68

5. SONUÇ VE ÖNERİLER

Bu çalışma, farklı bakteriyel suşların (KF3A, KF36B, KF58C, BMIX) ve kimyasal gübre uygulamalarının buğday bitkisi üzerindeki morfolojik, verim ve kalite parametrelerine etkilerini ortaya koymak amacıyla yürütülmüştür. Elde edilen bulgular, bitki gelişimi ve ürün kalitesi açısından bakteriyel uygulamaların önemli düzeyde etkili olabileceğini göstermektedir. Başak uzunluğu açısından en yüksek değer KF3A suşu ile elde edilmiş olup, bu durum söz konusu bakterinin buğdayın generatif gelişimini olumlu yönde etkileyebileceğini ortaya koymuştur. Kardeş sayısı bakımından kontrol uygulaması en yüksek değeri göstermişse de, KF3A uygulaması ile de önemli düzeyde kardeşlenme sağlanmıştır. Bu sonuç, bakterilerin özellikle büyüme düzenleyici hormon üretimi ve azot fiksasyonu gibi mekanizmalarla buğdayın vejetatif gelişimini destekleyebileceğini göstermektedir. Başak sayısı, özellikle KF3A ve KF58C uygulamaları ile yüksek düzeyde artmış, bu da buğday verim potansiyelinin bakteriyel suşlar yoluyla artırılabilirliğini desteklemiştir. Biyolojik verim açısından en yüksek değer KF58C ile elde edilmiş, ardından Gübre Kontrol ve BMIX uygulamaları gelmiştir. Bu bulgu, bazı bakteriyel suşların kimyasal gübrelerle benzer ya da daha üstün performans gösterebileceğini ortaya koymuştur. Tane verimi, BMIX ve KF58C uygulamaları ile kontrol grubuna kıyasla önemli ölçüde artış göstermiştir. Bu suşların, besin maddelerinin daha verimli kullanımını sağladığı ya da toprak mikroflorasını olumlu yönde etkileyerek verimi artırdığı değerlendirilmektedir. Hasat indeksi en yüksek KF3A uygulamasında gözlenmiş olup, bu suşun bitki morfolojisi ve üretkenliği üzerinde doğrudan olumlu bir etkisi olduğu sonucuna varılmıştır. Bitki boyu açısından da KF3A suşu öne çıkmış, bu bakterinin buğdayın genel büyümesini artırdığı belirlenmiştir. Başakçık sayısı kontrol grubunda en yüksek düzeyde gözlenmiş olsa da, KF3A ve BMIX suşları da benzer ve tatmin edici sonuçlar elde edilmiştir.

Rutubet oranı bakımından en yüksek değer BMIX uygulamasında kaydedilmiştir. Bu durum, söz konusu bakteriyel suşun bitkinin su tutma kapasitesini artırma potansiyeline sahip olduğunu göstermektedir. Alveo değeri, sertlik oranı, bin tane ağırlığı, hektolitre ağırlığı, protein içeriği, yaş gluten oranı, sedimentasyon ve nişasta oranı gibi kalite parametrelerinde de bakteriyel uygulamaların olumlu etkileri saptanmıştır. Özellikle KF3A, KF58C ve BMIX suşları kalite açısından dikkat çekici

sonuçlar üretmiş, bu da bu suşların buğdayın işlenebilirlik ve endüstriyel kalitesi üzerindeki katkılarını ortaya koymuştur.

Bakteriyel suşların tarımsal uygulamalarda kullanımı, özellikle azot fiksasyonu, fosfat çözünürlüğü ve büyüme düzenleyici hormon üretimi gibi biyolojik mekanizmaları ile buğday gibi stratejik öneme sahip ürünlerde önemli verim ve kalite artışları sağlamaktadır. Bu nedenle, evre dostu ve sürdürülebilir tarım yaklaşımlarına uygun olarak, bu tür suşların kullanımının yaygınlaştırılması önerilmektedir.

Çalışmada ne çıkan KF3A, KF58C ve BMIX suşlarının, farklı buğday eşitleri ve agroekolojik koşullarda da test edilmesi, bu suşların geniş çevresel koşullarda performanslarının değerlendirilmesi açısından önem arz etmektedir. Bakteriyel uygulamalar ile kimyasal gübre uygulamaları karşılaştırıldığında, bazı suşların verim ve kalite parametrelerinde daha üstün sonuçlar verdiği göz önünde bulundurularak, entegrasyon stratejileri geliştirilerek bu iki uygulamanın bir arada kullanımının verimliliği artırıp artırmadığı araştırılmalıdır. Bakteri-bitki etkileşimi üzerine yapılacak ileri moleküler ve fizyolojik çalışmalarla, etki mekanizmalarının daha ayrıntılı biçimde anlaşılması, bu suşların biyogübre olarak ticarileştirilmesine yönelik bilimsel alt yapıyı güçlendirecektir. Sonuç olarak, çalışmada değerlendirilen bakteriyel suşların, sürdürülebilir tarım uygulamaları kapsamında, kimyasal gübre kullanımını azaltacak alternatif biyolojik girdiler olarak kullanılabilereği ve bu uygulamaların hem ekonomik hem çevresel açıdan olumlu sonuçlar doğurabileereği kanaatine varılmıştır.

6. KAYNAKLAR

- Adam, A., Arabi, M. I. E., Idris, I., Al-Shehadah, E. 2017. Effect of several rhizobacteria strains on barley resistance against *Pyrenophora graminea* under field conditions, *Hellenic Plant Protection Journal*, 101, 35–45.
- Andrews, J. H., Harris, R. F. 2000. The ecology and biogeography of microorganisms on plant surfaces, *Annual Reviews of Phytopathology*, 38, 145–180.
- Anonim, 2003. Ankara Ticaret Borsası Türkiye ve Dünya’da Gübre Sanayinin Durumu, https://ankaratb.org.tr/lib_upload/7_G%C3%BCbre%20Raporu_15_07_2005.pdf [Ziyaret Tarihi: 26 Aralık 2024].
- Anonim, 2021a. *Bitkisel Üretim İstatistikleri*, Türkiye İstatistik Kurumu. <https://tuik.gov.tr>
- Anonim, 2021b. Ekolojik Tarım ve Gübre Kullanım Rehberi, <https://www.ekolojiktarim.com.tr/2024/10/04/tarimda-surdurulebilirlik-icin-gubre-secimi/> [Ziyaret Tarihi: 26 Aralık 2024].
- Anonim, 2022. T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Tarımsal Ekonomi ve Politika Geliştirme Enstitüsü Müdürlüğü Faaliyet Raporu, <https://arastirma.tarimorman.gov.tr/tepge/Belgeler> [Ziyaret Tarihi: 26 Aralık 2024].
- Anonim, 2023a. Ekmek Besin Değeri, <https://www.fitekran.com/besin-degeri/ekmek/> [Ziyaret Tarihi: 26 Aralık 2024].
- Anonim, 2023b. Beyaz Ekmek Kalori Verileri, <https://www.diyetkolik.com/kac-kalori/beyaz-ekmek> [Ziyaret Tarihi: 26 Aralık 2024].
- Anonim, 2023c. Çevre ve Şehircilik Bakanlığı Çevresel Göstergeler, <https://cevreselgostergeler.csb.gov.tr/kimyevi-gubre-kullanimi85833> [Ziyaret Tarihi: 26 Aralık 2024].
- Anonim, 2024a. Ankara Ticaret Borsası Buğday Bülteni, https://www.ankaratb.org.tr/lib_upload/apelasyon.pdf [Ziyaret Tarihi: 26 Aralık 2024].
- Anonim. 2024b. İzmir Ticaret Borsası Buğday Sektör Raporu, <https://itb.org.tr/makale/13-bugday-sektor-raporu> [Ziyaret Tarihi: 26 Aralık 2024].
- Anonymous, 2002. *International Fertilizer Industry Association Annual Report*, Paris: International Fertilizer Association.
- Anonymous, 2004. *Fertilizer use by crop*, Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Anonymous, 2020. *FAOSTAT Fertilizer Use Statistics*, <https://www.fao.org/faostat/>, [Ziyaret Tarihi: 26 Aralık 2024].

- Atak, M. 2017. Buğday ve Türkiye buğday köy çeşitleri, *Mustafa Kemal Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 222, 71–88.
- Bakker, A. W., Vejan, P., Abdullah, R., Khadiran, T., Ismail, S., 2000. Plant growth-promoting rhizobacteria in agriculture: A review, *Journal of Applied Microbiology*, 89(4), 823-839.
- Bangash, N., Khalid, A., Mahmood, T., Siddique, M. T. 2013. Screening rhizobacteria containing ACC-deaminase for growth promoting of wheat under water stress, *Pakistan Journal of Botany*, 451, 91–96.
- Berendsen, R. L., Pieterse, C. M. J., Bakker, P. A. H. M. 2012. The rhizosphere microbiome and plant health, *Trends in Plant Science*, 17, 478–486.
- Berendsen, R. L., Pieterse, C. M., Bakker, P. A. 2012. The rhizosphere microbiome and plant health, *Trends in Plant Science*, 178, 478-486.
- Brady, N. C., Weil, R. R. 2008. *The Nature and Properties of Soils* 14th ed., Pearson Prentice Hall.
- Çakmakçı, R., Dönmez, M. F., Canbolat, M., Şahin, F. 2005. Sera ve farklı tarla koşullarında bitki gelişimini teşvik edici bakterilerin bitki gelişimi ve toprak özelliklerine etkisi, *Türkiye VI. Tarla Bitkileri Kongresi*, 5–9 Eylül 2005, Antalya, Cilt I, ss. 45–50.
- Çelikten, M. 2018. Buğday Kök Bölgesinden İzole Edilen Bakterilerin Buğday Gelişimine Olan Etkilerinin Belirlenmesi, *Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Hatay.
- Çığ, F. 2011. Mikrobiyolojik ve İnorganik Gübrelemenin Bazı Arpa *Hordeum vulgare* L. Çeşitlerinde Verim Ve Verim İle İlgili Karakterlere Etkilerinin Araştırılması, Doktora Tezi, *Yüzüncüyıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, Van.
- Çığ, F., Toprak, Ç. C., Erden, Z. 2024. Nanotechnology and the use of nanoparticles and its effect on wheat growing, *Muş Alparslan Üniversitesi Tarım Ve Doğa Dergisi*, 4(1), 23-29.
- Compant, S., Duffy, B., Nowak, J., Clément, C., Barka, E. A. 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: Principles, mechanisms of action, and future prospects, *Applied and Environmental Microbiology*, 719, 4951–4959.
- Crawford, H. 2004. *Sumer and the Sumerians* 2nd ed.. Cambridge University Press.
- Dasveark, N., Dey, P., Naskar, A. 2013. Plant growth promoting rhizobacteria and their potential for biocontrol of phytopathogens, *African Journal of Microbiology Research*, 740, 4725-4733.

- Doğan, M. ve Özaltın, E. 2022. Birleşmiş Milletler'in küresel beslenme ve gıda güvencesi politikalarının değerlendirilmesi, *Tourism and Recreation*, 42, 81–88.
- Dowling, D. N., and Doty, S. L. 2009. *Plant growth-promoting bacteria*, In *Microbial interactions* (pp.145-168), Springer.
- Durán, P., Acuña, J. J., Jorquera, M. A., Azcón, R., Paredes, C., Rengel, Z., Mora, M. de la L. 2014. Endophytic bacteria from selenium-supplemented wheat plants could be useful for plant-growth promotion, biofortification, and *Gaeumannomyces graminis* biocontrol in wheat production, *Biology and Fertility of Soils*, 506, 983–990.
- Egemberdieva, D. 2007. The effect of plant growth-promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils, *Applied Soil Ecology*, 184-189.
- Ergun, M. 2008. Çatalhöyük İST alanı bitki kalıntılarının yerleşme genelinde değerlendirilmesi, Yüksek Lisans Tezi, *İstanbul Üniversitesi Sosyal Bilimler Enstitüsü*, İstanbul.
- Erkan, M. 2018. *Tarla Bitkileri Yetiştiriciliği*, Ankara: Akademik Tarım Yayınları.
- Feldman, M. 2001. Origin of cultivated wheat. In P. Bonjean W. J. Angus Eds., *The world wheat book: A history of wheat breeding* pp. 3–56. Paris.
- Gerhardt, K. E., Huang, X. D., Glick, B. R., Greenberg, B. M. 2009. Phytoremediation and rhizoremediation of organic soil contaminants: Potential and challenges, *Plant Science*, 176, 20–30.
- Glick, B. R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria, *Canadian Journal of Microbiology*, 41, 109–117.
- Glick, B. R. 2010. Using soil bacteria to facilitate phytoremediation, *Biotechnology Advances*, 28, 367–374.
- Glick, B. R. 2012. Plant growth-promoting bacteria: Mechanisms and applications, *Scientifica*, 2012, 963401.
- Glick, B. R., Karaturovic, D. M., Newell, P. C. 1995. A novel procedure for rapid isolation of plant growth-promoting pseudomonads, *Canadian Journal of Microbiology*, 41, 533–536.
- Gölbaş, A. 2016. Yerleşim Yerlerinin Seçiliş Biçimleri: Neolitik Kıyı Yerleşmelerine Bir Bakış, *Journal of International Social Research*, 946.
- Gonzalez, A. J., Larraburu, E. E., Llorente, B. E. 2015. *Azospirillum brasilense* increased salt tolerance of jojoba during in vitro rooting, *Indian Crop Production*, 76, 41–48.
- Gonzalez, M. F., Jofré, E., Mori, G. B. 2015. Plant growth-promoting bacteria improve growth, yield and fruit quality of strawberry plants, *Scientia Horticulturae*, 193, 94–101.

- Güven, Ş. 2016. Türkiye'de gübre kullanım durumu ve gübreleme konusunda yaşanan problemler, *Turkish Journal of Agricultural Economics*, 221.
- Hussain, A., Hasnain, S., Afzal, M. 2016. Phytostimulation and biofertilization in rhizoremediation: Influence of bacterial inoculation, *Ecotoxicology and Environmental Safety*, 126, 314–320.
- Hussain, A., Khan, M. S., Zaidi, A., Wani, P. A., Oves, M. 2017. Role of PGPR in improving plant growth and remediation of contaminated soils, *Environmental Technology Innovation*, 8, 291–302.
- Hussain, M., Asgher, Z., Tahir, M., Ijaz, M., Shahid, M., Ali, H., Sattar, A. 2016. Bacteria in combination with fertilizers improve growth, productivity, and net returns of wheat *Triticum durum* L.. *Pakistan Journal of Agricultural Sciences*, 533.
- Javed, H., Riaz, A., Qureshi, A., Javed, K., Mujeed, F., Ijaz, F. 2019. Isolation, characterization, and screening of PGPR capable of providing relief in salinity stress, *Eurasian Journal of Soil Science*, 92, 85–91.
- Kacar, B. ve Katkat, A. V. 2010. *Gübreler ve Gübreleme Tekniği*, Nobel Yayıncılık.
- Kamran, S., Shahid, I., Baig, D. N., Rizwan, M., Malik, K. A., Mehnaz, S. 2017. Contribution of zinc solubilizing bacteria in growth promotion and zinc content of wheat, *Frontiers in Microbiology*, 8DEC.
- Kaymak, H. C. 2011. Potential of PGPR in agricultural innovations, In D. K. Maheshwari Ed., *Plant growth and health promoting bacteria*, Vol. 18, pp. 45–79. Springer, Berlin.
- Kemp, B. J. 2006. *Ancient Egypt: Anatomy of a Civilization* 2nd ed., Routledge.
- Koç, M. ve Bilgin, R. 2020. *Tahıl Bilimi ve Teknolojisi*. Ankara: Tarım Yayınları.
- Köksal, A. 2015. *Kırsal Kültürde Tarımsal Üretimin Sosyoekonomik Yeri*. İstanbul: Kültür Bilimleri Yayınları.
- Kuan, K. B., Othman, R., Rahim, K. A., Shamsuddin, Z. H. 2016. Plant growth-promoting rhizobacteria inoculation to enhance vegetative growth, nitrogen fixation, and nitrogen remobilisation of maize under greenhouse conditions, *PLoS One*, 113, e0152478.
- MacKey, J. 2005. Wheat: Its concept, evolution, and taxonomy, In C. Royo et al. Eds., *Durum wheat breeding: Current approaches and future strategies* pp. 3–61. Haworth Press, New York.
- Mengel, K. and Kirkby, E. A. 2001. *Principles of Plant Nutrition* 5th ed., Springer.

- Mukhtar, S., Shahid, I., Mehnaz, S., Malik, K. A. 2017. Assessment of two carrier materials for phosphate-solubilizing biofertilizers and their effect on growth of wheat *Triticum durum* L.. *Microbiological Research*, 205, 107–117.
- Naveed, M., Hussain, M. B., Zahir, Z. A. 2014a. L-Tryptophan application enhances the effectiveness of rhizobacteria in improving maize growth and yield, *International Journal of Agriculture Biology*, 163, 577–583.
- Naveed, M., Zahir, Z. A., Asghar, H. N. 2014b. Plant–microbe interactions for sustainable agriculture, In *Microbial Strategies for Vegetable Production* pp. 27–47.
- Özkan, H. 2020. *Buğdayın Tarımsal ve Kültürel Önemi*, İzmir: Ege Üniversitesi Yayınları.
- Persello-Cartieaux, F., David, P., Sarrobert, C., Thibaud, M. C., Achouak, W., Robaglia, C., Nussaume, L. 2001. Utilization of mutants to analyze the interaction between *Arabidopsis thaliana* and its naturally root-associated *Pseudomonas*, *Planta*, 212, 190–198.
- Persello-Cartieaux, F., Nussaume, L., Robaglia, C. 2003. Tales from the underground: Molecular plant–rhizobacteria interactions, *Plant, Cell and Environment*, 26, 189–199.
- Postgate, J. N. 1992. *Early Mesopotamia: Society and Economy at the Dawn of History*. Routledge.
- Rana, A., Saharan, B., Joshi, M., Prasanna, R., Kumar, K., Nain, L. 2011. Identification of multi-trait PGPR isolates and evaluating their potential as inoculants for wheat, *Annals of Microbiology*, 614, 893–900.
- Raza, M. A. S., Haider, I., Farrukh Saleem, M., Iqbal, R., Usman Aslam, M., Ahmad, S., Abbasi, S. H. 2020. Integrating biochar, rhizobacteria, and silicon for strenuous productivity of drought-stressed wheat. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 1–15.
- Sezen, A., Ozdal, M., Koc, K., Algur, Ö. F. 2016. Isolation and characterization of plant growth-promoting rhizobacteria PGPR and their effects on improving growth of wheat, *Journal of Applied Biological Science*, 101, 41–46.
- Shahzad, R., Waqas, M., Khan, A. L., Lee, I. J. 2017. PGPR-mediated plant growth and protection against pathogens: Mechanisms and applications, *Plant Biosystems*, 1513, 479–488.
- Shahzad, S., Khan, M. Y., Zahir, Z. A., Asghar, H. N., Chaudhry, U. K. 2017. Comparative effectiveness of different carriers to improve the efficacy of bacterial consortium for enhancing wheat production under salt-affected field conditions, *Pakistan Journal of Botany*, 49, 1523–1530.

- Singh, R. P., and Jha, P. N. 2017. The PGPR *Stenotrophomonas maltophilia* SBP-9 augments resistance against biotic and abiotic stress in wheat plants, *Frontiers in Microbiology*, 8OCT.
- Sood, G., Kaushal, R., Chauhan, A., Gupta, S. 2018. Indigenous plant-growth-promoting rhizobacteria and chemical fertilizers: Impact on wheat *Triticum durum* productivity and soil properties in the North Western Himalayan region, *Crop and Pasture Science*, 695, 460–468.
- Staley, T. E., and Drahos, D. J. 1994. Marking soil bacteria with lacZ-Y. In R. W. Weaver, J. S. Angel, P. J. Bottomley Eds., *Methods of Soil Analysis, Part 2: Microbiological and Biochemical Properties* pp. 689–706. Soil Science Society of America, Madison, WI.
- Staley, T. E. and Drahos, D. J. 1994. Mechanisms for microbial promotion of plant growth: A review, *Soil Biology and Biochemistry*, 266, 851–858.
- Takebayashi, N., and Morrell, P. L. 2001. Is self-fertilization an evolutionary dead end? Revisiting an old hypothesis with genetic theories and a macroevolutionary approach, *American Journal of Botany*, 88, 1143–1150.
- Tanno, K., and Willcox, G. 2006. How fast was wild wheat domesticated?, *Science*, 311, 1886–1889.
- Tahir, M., Kalid, U., Ijaz, M., Shah, G. Mustafa, Naeem, M. Asif, Shahid, M., Mahmood, K., Ahmad, N., Kareem, F. 2018. Combined application of bio-organic phosphate and phosphorus-solubilizing bacteria *Bacillus* strain MWT 14 improve the performance of bread wheat with low fertilizer input under an arid climate, *Brazilian Journal of Microbiology*, 49S, 15–24.
- Tisdale, S. L., Nelson, W. L., Beaton, J. D., Havlin, J. L. 1993. *Soil Fertility and Fertilizers* 5th ed., Macmillan.
- Tunç, N. 2017. Avrupa Birliği'nde kullanılan biyolojik gübreler ve biyolojik gübre kullanım potansiyelinin belirlenmesi, AB Uzmanlık Tezi, Gıda, Tarım ve Hayvancılık Bakanlığı, 32–33.
- Ullah, S., Ashraf, M., Asghar, H. N., Iqbal, Z., Ali, R. 2019. Plant growth-promoting rhizobacteria-mediated amelioration of drought in crop plants, *Soil Science Society of Pakistan*, 381, 1–20.
- Vaid, S. K., Kumar, A., Sharma, A., Srivastava, P. C., Shukla, A. K. 2017. Role of some plant growth promotory bacteria on enhanced Fe uptake of wheat, *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 487, 756–768.
- Vessey, J. K. 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers, *Plant and Soil*, 2552, 571–586.

- Yıldırım, B., Dönmez, M. F., Sunyar, B., Çoruh, İ. 2023. Bitki gelişimini teşvik eden bakteriler: Bazı fasulye çeşitlerinin tarımsal karakterleri üzerine etkileri, *Iğdır Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bitki Koruma Bölümü*, 1–2.
- Zaheer, A., Mehmood, T., Mirza, M. S. 2016. Growth promotion and enhanced yield of wheat by plant growth promoting bacteria, *Journal of Basic Microbiology*, 564, 275–285.
- Zaheer, A., Mirza, B. S., McLean, J. E., Yasmin, S., Shah, T. M., Malik, K. A., Mirza, M. S. 2016. Association of plant growth-promoting *Serratia* spp. with the root nodules of chickpea, *Research in Microbiology*, 167, 510–520.
- Zahir, Z. A., Ghani, U., Naveed, M., Nadeem, S. M., Asghar, H. N. 2009. Comparative effectiveness of *Pseudomonas* and *Serratia* sp. containing ACC-deaminase for improving growth and yield of wheat *Triticum durum* under salt-stressed conditions, *Archives of Microbiology*, 1915, 415–424.
- Zhang, H., Sekiguchi, Y., Hanada, S., Hugenholtz, P., Kim, H., Kamagata, Y., Nakamura, K. 2003. *Gemmatimonas aurantiaca* gen. nov., sp. nov., a Gram-negative, aerobic, polyphosphate-accumulating microorganism, the first cultured representative of the new bacterial phylum *Gemmatimonadetes* phyl. nov., *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*, 53, 1155–1163.
- Zhao, Y., Selvaraj, J. N., Xing, F., Zhou, L., Wang, Y., Song, H., Liu, Y. 2014. Antagonistic action of *Bacillus subtilis* strain SG6 on *Fusarium graminearum*. *PLoS One*, 93, e92486.

ÖZGEÇMİŞ

KİŞİSEL

BİLGİLER

Adı Soyadı : MENDUH DİNLER

EĞİTİM

DERECE	ÜNİVERSİTE	ÖĞRENİM ALANI	MEZUNİYET TARİHİ
Lisans	19 Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi	Tarla Bitkileri Bölümü	2005

ÇALIŞMA HAYATI

1998-2001 Kızıltepe Ziraat Bankası Memur
2001-2006 19 Mayıs Üniversitesi eğitim bilimler Fakültesi Memur
2006-2010 Kızıltepe Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü Mühendis
2010-2014 Güçlükönak Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü Müdür
2014-2018 Ceylanpınar Gıda Tarım ve Hayvancılık Müdürlüğü Müdür
2018-2018 Bitkisel Üretim ve Bitki Sağlığı Şube Müdürlüğü Şube müdürü
2018- 2018 Mardin İl Tarım ve Orman Müdür Yardımcısı
2019- Halen Mardin İl Tarım ve Orman Müdürü