

established in
2016



MAS JOURNAL of Applied Sciences

ISSN 2757-5675

DOI: <http://dx.doi.org/10.52520/masjaps.v7i2id194>

Araştırma Makalesi

Kimyasal Gübre ve Rizobakteri (PGPR) Kombinasyonlarının Arpa Çeşitlerinde Verim ve Verim Özellikleri Üzerine Etkileri

Fevzi ALTUNER^{1*} (Orcid ID: 0000-0002-2386-2450), Burak ÖZDEMİR² (Orcid ID: 0000-0002-7766-4909), Sana JAMAL SALİH² (Orcid ID: 0000-0001-9937-1001), Erol ORAL³ (Orcid ID: 0000-0001-9413-1092), Şadiye DEMİR ATMACA² (Orcid ID: 0000-0003-4174-3778), Mehmet ÜLKER³ (Orcid ID: 0000-0001-9419-2012)

¹Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Gevaş Meslek Yüksekokulu, Bitkisel ve Hayvansal Üretim, Organik Tarım Programı, Van

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van

³Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarla Bitkileri Bölümü, Van

*Sorumlu yazar: faltuner@yyu.edu.tr

Geliş Tarihi: 30.01.2022

Kabul Tarihi: 10.03.2022

Özet

Bu araştırma bazı kimyasal gübre ve bitki büyümesini teşvik eden bakteri (PGPR: *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Lactococcus* spp.) kombinasyonlarının beş arpa çeşidinde (Tarm, Beyşehir, Konevi, Karatay ve Kral) verim ve verim özellikleri üzerine etkilerini belirlemek üzere yürütülmüştür. Araştırma 2017-2018 vejetasyon döneminde tesadüf bloklarında bölünmüş parseller deneme desenine göre üç tekerrürlü olarak yürütülmüştür. Tarm çeşidi, tane verimi (423 kg/da), toplam verim (1748 kg/da), metrekarede başak sayısı (569.17 adet), başak boyu (17.01cm) ve bin tane ağırlığı (51.33 g) gibi verilerde en yüksek değerlere sahip olmuştur. Kral çeşidi tane verimi, toplam verim, başak erme süresi, metrekarede başak sayısı, bitki boyu, başak boyu ve bin tane ağırlığında en düşük değerlere sahip olmuştur. 100+B uygulaması (Ekimle birlikte 10 kg/da DAP; İlkbaharda sapa kalkmadan önce 6.2 kg N/da + PGPR) en yüksek tane verimi, toplam verim, başak erme süresi ve bitki boyu değerlerine sahip olmuştur. Kışlık ekim zamanının PGPR etkisi üzerinde kısıtlayıcı etkiye sahip olduğu, bu nedenle kışlık ekim periyodunda arpa ekilişlerinin daha erken dönemlerde yapılmasının PGPR etkisi üzerinde daha faydalı olacağı belirlenmiştir.

Anahtar Kelimeler: Tahıllar, bitki büyümesini teşvik edici rizobakteri (PGPR), kimyasal gübreleme

The Effects Of Chemical Fertilizer And Rhisobacterial (Pgpr) Combinations On Yield And Yield Properties In Barley Varieties

Abstract

This research was carried out to determine the effects of some chemical fertilizers and plant growth promoting bacteria (PGPR: *Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Lactococcus* spp.) combinations on yield and yield components of five barley cultivars (Tarm, Beyşehir, Konevi, Karatay and Kral). The research was carried out according to the randomized blocks in split plot design with three replications in the 2017-2018 vegetation period. Tarm cultivar had the highest values such as grain yield (423 kg/da), total yield (1748 kg/da), number of spikes per square meter (569.17), spike length (17.01) and 1000 grain weight (51.33 g). Kral cultivar had the lowest values in grain yield, total yield, spike maturation time, number of spike per square meter, plant height, spike length and 1000 grain weight. 100+B application (10 kg/da DAP with sowing; 6.2 kg N/da + PGPR before stepping in spring) had the highest grain yield, total yield, spike maturation time and plant height values. It has been determined that the winter sowing time has a restrictive effect on the PGPR effect, therefore, barley planting in the early winter sowing period will be more beneficial on the PGPR effect.

Keywords: Cereals, plant growth promoting rhizobacteria (PGPR), chemical fertilization

GİRİŞ

Arpa dünyada yetiştirilen en önemli tarla bitkilerinden biri olup üretim miktarı yönünden buğday, mısır ve pirinçten sonra dördüncü sırada gelmektedir (Payendeh ve ark. 2021). Hayvan yemi, gıda ve malt sanayiinde yaygın olarak kullanılan arpa, olumsuz iklim koşullarına dayanıklılığı nedeniyle dünyada çok geniş bir coğrafyaya yayılmıştır (Hierro ve ark. 2021). Dünyada 51.6 milyon ha ekiliş, 157 milyon ton üretim ve 3043.2 kg/ha verime karşılık, Türkiye’de 3.09 milyon ha ekiliş, 8.3 milyon üretim ve 2684 kg/ha verim elde edilmektedir (FAO, 2020). Arpa tanesi protein, karbonhidrat, diyetsel lif mineral ve antioksidanlar yönünden zengindir (Gubrelay ve ark., 2013; Sadeghi ve ark., 2016). Gübreleme tarımsal üretimde en önemli girdilerden biri olup, doğru yapıldığında %40’ın üzerinde ürün artışı sağlayabilmektedir (Eraslan ve ark., 2010; Erdem ve ark., 2020). Bitkisel verim artışı sağlamak için kullanılan kimyasal gübrelerin başında azotlu (N) ve fosforlu (P) gübreler gelmektedir. Ancak kimyasal gübreler bir taraftan verim artışı sağlarken diğer taraftan da önemli çevre ve toprak kirliliğine neden olmaktadır (Kumar ve ark., 2010). Bu durum ihtiyaç duyulan yeterli ve kaliteli bitkisel gıda üretimiyle birlikte sürdürülebilir çevre dostu tarım tekniklerine ilgiyi arttırmaktadır. Bu konudaki araştırmalar kimyasal gübre kullanımını azaltmaya veya kullanmadan tarım arazileri üzerinde oluşan kirliliği ortadan kaldırmaya yoğunlaşmış durumdadır (Savci, 2012). Bu kapsamda sürdürülebilir tarım uygulamaları giderek yaygınlaşmaktadır. Bununla birlikte sürdürülebilir tarımda verimi arttırmanın en önemli stratejisi biyogübrelemedir. Rizosferde bitkiler sürekli olarak

mikroskobik birtakım canlılarla etkileşime girer (Hardoim ve ark., 2015). Bunların arasında yer alan bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR), pek çok bitki türünde büyüme ve gelişmeyi arttırmanın yanı sıra stresi de azaltan etkilerde bulunurlar (Besset-Manzoni ve ark., 2018; Wang ve ark., 2021). Bu anlamda üzerinde en çok biyokontrol araştırması yapılanlar *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Azospirillum* ve *Streptomyces* cinsine ait mikroorganizmalardır (Bukhat ve ark., 2020; Barea ve ark., 2005). Grup halinde kök yüzeyi veya kök içinde yaşayan ve farklı bileşime sahip PGPR’lar bu haliyle bitkiler tarafından alınarak gerekli fayda elde edilmektedir (Rasool ve ark., 2021). PGPR’lar verim artışına yaptığı katkılar nedeniyle organik tahıl yetiştiriciliğinde de kullanımı yaygınlaşmaktadır (Turan ve ark. 2012). PGPR’lar etki mekanizmaları nedeniyle kimyasal gübreye alternatif olma potansiyeli taşımakta ve birlikte kullanıldıklarında kimyasal gübrelerin etkinliğini arttırarak kullanılan gübre miktarını azaltmaktadır (Xu ve ark., 2011; Turan ve ark., 2012). Bu araştırma bu etkileri gözetererek kimyasal gübre dozları (N ve P) ve PGPR kombinasyonlarının 5 arpa çeşidinin verim ve verim öğeleri üzerindeki etkilerini incelemek üzere gerçekleştirilmiştir. *Bacillus* spp. rizosferdeki en yaygın tür olduğundan (Sultana ve Pindi, 2013) araştırmada bu tür tercih edilmiştir.

MATERYAL ve YÖNTEM

Araştırma 2017-2018 vejetasyon döneminde Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Deneme ve Uygulama alanında yürütülmüştür. Bu sezona ait bazı iklim verileri Çizelge 1’de verilmektedir.

Çizelge 1. Araştırma yerinin 2017-2018 yıllarına ait bazı iklim değerleri ve uzun yıllar ortalamaları*

Aylar	Yağış (mm)		Sıcaklık (°C)		Nispi Nem (%)	
	2017-2018	UYO	2017-2018	UYO	2017-2018	UYO
Eylül	-	13.7	20.3	17.3	29.0	-
Ekim	27.4	48.7	11.5	10.5	44.2	58.9
Kasım	49.3	51.5	5.9	4.7	62.1	67.1
Aralık	16.9	42.0	2.8	-0.7	63.5	72.5
Ocak	27.4	46.2	0.7	-1.8	64.0	70.8
Şubat	21.2	82.0	2.7	-0.6	64.4	71.8
Mart	32.6	40.8	8.2	3.8	51.5	66.5
Nisan	33.4	51.5	10.2	9.9	51.7	52.7
Mayıs	73.5	35.0	14.3	14.6	58.7	53.6
Haziran	24.4	16.0	19.5	19.2	45.6	43.3
Temmuz	-	5.4	24.8	22.0	29.6	45.0
Toplam	306.1	419.1	-	-	-	-
Ortalama			10.98	8.99	51.30	60.22

UYO: Uzun Yıllar Ortalaması, * Van Meteoroloji 14. Bölge Müdürlüğü kayıtları

Çizelge 1'e göre araştırma sezonunda UYO'dan 100 mm civarında daha düşük yağış (306.1 mm) alınmıştır. Ancak Mayıs ve Haziran aylarında UYO'nun iki katı civarında daha fazla yağış alındığı görülmektedir. Sıcaklık ortalama

değerlerine göre sezonun UYO'dan daha sıcak geçtiği, sezon içi nispi nem değerlerinin ise UYO'dan daha düşük olduğu anlaşılmaktadır. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri Çizelge 2'de verilmektedir.

Çizelge 2. Deneme alanı topraklarının bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri

Derinlik (cm)	Tekstür	pH	Total Tuz (µS/cm)	Kireç (%)	Organik Madde (%)
0-20	Kumlu-tın	7.65	188.0	8.80	0.94
20-40	Kumlu-tın	7.73	152.1	9.10	0.63

Çizelge 2'ye göre deneme alanı toprakları hafif alkali reaksiyonlu, kumlu-tınlı tekstürde ve tuzsuz yapıya sahiptir. Toprakların organik madde içeriği düşük, kireç miktarı ise orta seviyededir. Araştırmada kullanılan bitkisel materyal ve

özellikleri ile temin yerleri Çizelge 3'te verilmektedir. Tarm arpa çeşidi Ankara Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsünden diğer materyal ise Konya Bahri Dağdaş Uluslararası Araştırma Enstitüsünden temin edilmiştir.

Çizelge 3. Araştırmada kullanılan tohumluklar ve özellikleri

Çeşit	Tescil Ettiren Kuruluş	Tescil Yılı	Genel Özellikler
Tarm	Tarla Bitkileri Merkez Araştırma Enstitüsü	1992	2 sıralı, yemlik, kılçıklı, uzun başaklı, kavuzlu-beyaz daneli, ince uzun yapraklı, bitki boyu 90-100 cm'dir.
Beyşehir	Bahri Dağdaş Uluslararası Tar. Ar. Enst.	1998	İki sıralı, yemlik beyaz kılçıklı, beyaz taneli, bitki boyu 90-110 cm
Konevi	Bahri Dağdaş Uluslararası Tar. Ar. Enst.	1998	İki sıralı yemlik, kılçıklı, beyaz taneli, bitki boyu 100-110cm
Karatay	Bahri Dağdaş Uluslararası Tar. Ar. Enst.	1994	İki sıralı yemlik ve maltlık, beyaz kılçıklı, beyaz taneli, bitki boyu 80-100 cm
Kral	Bahri Dağdaş Uluslararası Tar. Ar. Enst.	1992	6 Sıralı, beyaz, kılçıklı - Bitki Boyu 70-80 cm, yatmaya dayanıklı, beyaz, orta daneli, yemlik

Araştırma tesadüf Bloklarında Bölünmüş Parseller Deneme Desenine göre ana parsellere çeşitler, alt parsellere gübre uygulamaları olacak şekilde 3 tekerrürlü kurulmuştur. Parseller 5 sıra ve 4 m² (1m x 4m) alana sahip olacak şekilde oluşturulmuştur. Araştırmada faktör olarak 5 arpa çeşidi ve 6 gübre uygulaması kullanılmıştır. Kullanılan gübre uygulamaları ve kombinasyonları aşağıdaki gibidir.

-0 (kontrol): Gübre ve PGPR (Bitki gelişimini teşvik eden bakteri izolatları) uygulanmamıştır.

-0+B : Sadece PGPR uygulanmıştır.

-50 : Ekimle birlikte 5 kg/da DAP; İlkbaharda sapa kalkmadan önce 3.1 kg N/da.

-50+B : Ekimle birlikte 5 kg/da DAP; İlkbaharda sapa kalkmadan önce 3.1 kg N/da)

+ PGPR

-100 : Ekimle birlikte 10 kg/da DAP; İlkbaharda sapa kalkmadan önce 6.2 kg N/da.

-100+B : Ekimle birlikte 10 kg/da DAP; İlkbaharda sapa kalkmadan önce 6.2 kg N/da)

+ PGPR

Biyolojik gübre uygulaması LIFEBACK NP (içerdiği suşlar *Bacillus megaterium*,

Bacillus subtilis, *Lactococcus* spp.) ticari biyolojik gübrenin üzerinde belirtilen dozda (500 ml Lifeback/800 ml su/1 da alan) olacak şekilde karanlık bir ortamda tohumların üzerine püskürtülerek kuruması beklenilmiş ve hızlıca kışık olarak ekim yapılmıştır. Kimyasal gübre uygulaması içinde her bir uygulama için parselde uygulanacak DAP gübresi miktarı belirlenmiş, ekimle beraber ve ilkbaharda uygulanmıştır. İncelenen özelliklerle ilgili gözlemler her parselde ortalama boyutlara sahip 20 örnek bitki üzerinden, tane verimi ve toplam verim değerleri ise her parselde yanlardan birer sıra ve başlardan 50 cm kenar tesiri olarak atıldıktan sonra geriye kalan alandaki (60cm x 300cm= 1.8 m²) bitkiler hasat edilerek ölçülmüştür. Verilerin analizi CoStat (version 6.303 CoHort Software) istatistik programıyla, ortalamaların gruplandırılması LSD (0.05) çoklu karşılaştırma testi yardımıyla gerçekleştirilmiştir.

BULGULAR ve TARTIŞMA

Varyans Analizleri

Araştırmada incelenen özelliklere ait varyans analiz sonuçları Çizelge 4 ve 5'te verilmektedir.

Çizelge 4. Tane verimi, toplam verim, hasat indeksi, başaklanma süresi, başak erme süresi ve metrekarede başak sayısı varyans analiz tablosu

Varyasyon kaynakları	Özellikler						
	Tane Verimi		Toplam Verim	Hasat İndeksi	Başaklanma Süresi	Başak Erme Süresi	Metrekarede Başak Sayısı
	S.D.	K.O.	K.O.	K.O.	K.O.	K.O.	K.O.
Çeşit	4	19320.2**	662229.0**	46.2**	94.9**	37.46**	19994.9*
Uygulama	5	31659.8**	457506.06**	6.2	3.06**	1.37	1683.8
Çeşit*Uygulama	20	8907.1**	205242.5*	8.97**	2.83**	1.66**	1400

S.D.: Serbestlik derecesi, K.O: Kareler ortalaması,

** : Ortalamalar arasındaki fark çok önemli (p<0.01), * : Ortalamalar arasındaki fark önemli (p<0.05)

Çizelge 4 ve 5'e göre çeşitlerin metrekarede başak sayısı üzerindeki etkileri önemli (p<0.05), geriye kalan tüm özellikler üzerindeki etkileri ise çok önemli (p<0.01) olmuştur (p<0.01). Kimyasal gübre ve bakteri uygulamalarının başakta

tane sayısı üzerindeki etkileri önemli (p<0.05), tane verimi, toplam verim, başaklanma süresi, bitki boyu ve başakta başakçık sayısı üzerindeki etkileri çok önemli (p<0.01), geriye kalan diğer özellikler üzerindeki etkileri ise önemsiz

($p>0.05$) olmuştur. Çeşit ve uygulama interaksyonlarının tane verimi, toplam verim, hasat indeksi, başaklanma süresi ve başak erme süresi üzerindeki etkileri çok

önemli ($p<0.01$), geriye kalan diğer özellikler üzerindeki etkileri ise önemsiz ($p>0.05$) olmuştur.

Çizelge 5. Bitki boyu, başak boyu, başakta başakçık sayısı, başakta tane sayısı ve bin tane ağırlığı varyans analiz tablosu

Varyasyon Kaynakları	Özellikler						
	Bitki Boyu		Başak Boyu		Başakta Başakçık Sayısı	Başakta Tane Sayısı	Bin Tane Ağırlığı
	S.D.	K.O.	K.O.	K.O.	K.O.	K.O.	
Çeşit	4	2580.8**	37.5**	101.1**	349.5**	940.4**	
Uygulama	5	87.8**	0.7	5.3**	12.7*	3.2	
Çeşit*Uygulama	20	23.6	1	1.6	7.5	2.5	

S.D.: Serbestlik derecesi, K.O: Kareler ortalaması.

** : Ortalamalar arasındaki fark çok önemli ($p<0.01$), * : Ortalamalar arasındaki fark önemli ($p<0.05$)

Çeşitlerin İncelenen Özellikler Üzerindeki Etkileri

Varyans analiz sonuçlarına göre sonuçları önemli ve çok önemli çıkan özelliklerin çeşit ortalama tabloları Çizelge

6'da verilmektedir. Buna göre çeşitlerin metrekarede başak sayıları arasında oluşan farklar önemli ($p<0.05$), geriye kalan diğer özellikler arasındaki farklar ise çok önemli ($p<0.01$) seviyede oluşmuştur.

Çizelge 6. Çeşitlere göre incelenen özelliklerin ortalamaları arasında oluşan gruplar*

Çeşit	Tane Verimi (kg/da)	Toplam Verim (kg/da)	Hasat İndeksi %	Başaklanma Süresi (gün)	Başak Erme Süresi (gün)	Metrekarede Başak Sayısı (adet/m ²)
Tarm	423 A	1748 A	24.7 BC	141.05 D	35 B	569.17 A
Beyşehir	419 AB	1540 C	27.4 A	147.17 A	37.28 A	501.39 BC
Karatay	394 C	1640 C	24.0 C	145.94 B	36.78 A	515.55 BC
Konevi	402 BC	1568 C	25.8 B	145.22 C	35.11 B	525.55 B
Kral	341 D	1235 D	27.6 A	144.83 C	33.72 C	479.44 C
C.V. (%)	8.36	9.77	6.67	0.6	2.32	7.53

Çeşit	Bitki Boyu (cm)	Başak Boyu (cm)	Başakta Başakçık Sayısı (adet)	Başakta Tane Sayısı (adet)	Bin Tane Ağırlığı (g)
Tarm	105.1 B	17.01 A	13.11 B	23.89 B	51.33 A
Beyşehir	98.59 C	16.58 A	12.77 B	23.72 B	49.33 AB
Karatay	109.44 A	17.59 A	12.83 B	24.22 B	50.66 AB
Konevi	96.64 C	17.13 A	13 B	24.67 B	48.09 B
Kral	78.23 D	13.95 B	18.22 A	33.94 A	34.54 C
C.V. (%)	4.92	6.06	7.15	8.64	3.2
LSD (0.05)	3.04	1.06	0.86	1.89	0.88

*Aynı sütun ve aynı büyük harf ile gösterilen değerler arasında istatistiki bir fark yoktur.

Çizelge 6'ya göre çeşitlerin tane verimi ortalamaları 341-423 kg/da arasında değişmiş, en yüksek Tarm ve en düşük Kral çeşidinden alınmıştır. Çeşitlerin toplam verimleri 1235-1748 kg/da arasında oluşmuş, en yüksek Tarm ve en düşük Kral çeşidinden elde edilmiştir. Hasat indeksleri

% 24.0-% 27.6 arasında değişmiş en yüksek aynı grupta yer alan Kral ve Beyşehir, en düşük ise aynı grupta yer alan Karatay ve Tarm çeşitlerinden alınmıştır. Başak erme süreleri 33.72-35 gün arasında yer almış, en yüksek Beyşehir ve Karatay ve en düşük Kral çeşitlerinden elde edilmiştir.

Metrekarede başak sayıları 479.44-569.17 adet/m² arasında değişmiş, en yüksek Tarm ve en düşük Kral çeşitlerinden alınmıştır. Bitki boyları 78.23-109.44 cm arasında yer almış, en yüksek Karatay ve en düşük Kral çeşidinden elde edilmiştir. Başak boyları 13.95-17.13 cm arasında değişmiş, en düşük Kral ve en yüksek aynı grupta yer alan diğer çeşitlerde oluşmuştur. Başakta başakçık sayıları 13-18.22 cm arasında yer almış, en yüksek Kral ve en düşük aynı grupta yer alan diğer çeşitlerden elde edilmiştir. Başakta tane sayıları 23.72-33.94 adet arasında değişmiş, en yüksek Kral ve en düşük aynı grupta yer alan diğer çeşitlerden alınmıştır. Bin tane ağırlıkları 34.54-51.33 g arasında değişmiş, en yüksek Tarm ve en düşük Kral çeşidinden sağlanmıştır. Bu durumda Tarm çeşidi tane verimi, toplam verim, metrekarede başak sayısı, başak boyu (Kral dışında diğer çeşitlerle birlikte) ve bin tane ağırlığı verilerinde en yüksek değerlere sahip

olmuştur. Kral çeşidi de tane verimi, toplam verim, başaklanma süresi, metrekarede başak sayısı, bitki boyu, başak boyu ve bin tane ağırlığında en düşük değerlere, başakta tane sayısı ve hasat indeksinde (Konevi çeşidi ile birlikte) ise en yüksek değerlere sahip olmuştur.

Uygulamaların İncelenen Özellikler Üzerindeki Etkileri

Uygulamalara göre ortalamaları arasında oluşan farkları önemli ve çok önemli seviyede olan özellikler Çizelge 7’de verilmektedir. Buna göre uygulamaların tane verimi, toplam verim başaklanma süresi, bitki boyu ve başakta başakçık sayılarında oluşan ortalama değerler arasındaki farklar çok önemli ($p<0.01$), başakta tane sayıları ortalamaları arasında oluşan farklar ise önemli ($p<0.05$) seviyede gerçekleşmiştir. Uygulamalara göre geriye kalan diğer özellikler arasında oluşan farklar önemsiz olduğundan tabloda verilmemiştir (Çizelge 4 ve 5).

Çizelge 7. Uygulamalara göre incelenen özelliklerin ortalamaları arasında oluşan gruplar*

Uygulama**	Tane Verimi (kg/da)	Toplam Verim (kg/da)	Başaklanma Süresi (gün)	Bitki Boyu (cm)	Başakta Başakçık Sayısı (adet)	Başakta Tane Sayısı (adet)
0	350 D	1352 D	144.27 B	95.87 BC	14.27 AB	26.4 AB
0+B	340 D	1361 D	145.47 A	93.87 C	14.13 AB	26 ABC
50	418 B	1648 B	144.6 B	100.37 A	14.8 A	27.33 A
50+B	422 B	1580 BC	144.6 B	97.81 AB	14.07 AB	26.53 AB
100	459 A	1808 A	144.87 AB	99.72 A	13.6 BC	25.67 BC
100+B	387 C	1526 C	145.27 A	97.98 AB	13.07 C	24.6 C
C.V. (%)	8.36	9.77	0.6	4.92	7.15	8.64
LSD (0.05)	24.3	110.8	0.64	3.52	0.73	1.65

* Aynı sütun ve aynı büyük harf ile gösterilen değerler arasında istatistiki bir fark yoktur.

** **0 (kontrol):** hiçbir gübre ve PGPR yok. **0+B:** Sadece PGPR. **50:** Ekimle 5kg/da DAP sapa kalkmadan önce 3.1 kg/da N. **50+B:** Ekimle 5 kg/da DAP, sapa kalkmadan önce 3.1 kg/da N ve PGPR. **100:** Ekimle 10 kg/da DAP ve sapa kalkmadan önce 6.2 kg/da N. **100+B:** Ekimle 10 kg/da DAP, sapa kalkmadan önce 6.2 kg/da N ve PGPR.

Çizelge 7’ye göre uygulamaların tane verimleri 340-459 kg/da arasında oluşmuş, en yüksek 100 uygulamasından ve en düşük aynı grupta yer alan 0 (kontrol) ve 0+B uygulamalarından elde edilmiştir. Toplam verimler 1352-1808 kg/da arasında değişmiş, en yüksek 100 uygulamasından ve en düşük aynı grupta yer alan 0 ve 0+B

uygulamalarından alınmıştır. Başaklanma süreleri 144.27-145.47 gün arasında değişmiş, en yüksek aynı grupta yer alan 0+B, 100 ve 100+B uygulamalarından ve en düşük geriye kalan diğer uygulamalardan elde edilmiştir. Bitki boyları 93.87-99.72 cm arasında yer almış, en yüksek aynı grupta yer alan 50, 50+B, 100 ve 100

uygulamalarından ve en düşük ise 0+B uygulamasından alınmıştır. Başakta başakçık sayıları 13.07-14.8 adet arasında yer almış, en yüksek aynı grupta yer alan 50, 0, 0+B ve 50+B uygulamalarından ve en düşük aynı grupta yer alan 100+B ve 100 uygulamalarından elde edilmiştir. Başakta tane sayıları 24.6-27.33 adet arasında değişmiş, en yüksek aynı grupta yer alan 50,

50+B, 0 ve 0+B uygulamalarından ve en düşük aynı grupta yer alan 100+B ve 100 uygulamalarından elde edilmiştir. Bu durumda en yüksek tane verimi, toplam verim, başaklanma süresi ve bitki boyu 100 uygulamasından alınmıştır. En düşük tane verimi ve toplam verim ise 0 (kontrol) ve 0+B uygulamalarından elde edilmiştir.

Çizelge 8. İnteraksiyonların etkileri ve oluşan gruplar*

Çeşit	Uygulama	Özellikler						
		Tane Verimi (kg/da)	Toplam Verim (kg/da)	Hasat İndeksi (%)	Başaklanma Süresi (gün)	Başak Erme Süresi (gün)		
Tarm	0	443 abcde	1780 bcde	24.9 cde	139.67 g	35.67 cde		
	0+B	325 fgh	1362 fg	23.9 cde	143.67 e	35 de		
	50	488 ab	2183 a	22.4 e	139.67 g	34.67 def		
	50+B	367 efg	1294 fgh	28.4 bc	141.67 f	35.33 de		
	100	494 a	2199 a	22.5 e	140 g	34.67 def		
	100+B	421 de	1670 cde	25.2 cde	141.67 f	34.67 def		
Beyşehir	0	394 def	1387 efg	28.4 abc	147 abc	35.67 cde		
	0+B	376 efg	1403 efg	26.8 bc	148.33 a	38 ab		
	50	374 efg	1225 ghi	30.5 a	146.33 cd	37.33 bc		
	50+B	421 de	1668 cde	25.2 cde	145.67 cde	36.67 bc		
	100	473 abc	1745 cde	27.1 bc	148 a	38.67 a		
	100+B	477 ab	1813 bcd	26.3 cd	147.67 ab	37.33 bc		
Karatay	0	295 ghi	1252 fgghi	23.6 cde	145.67 cde	37.33 abc		
	0+B	307 gh	1296 fgh	23.7 cde	145.67 cde	36 cd		
	50	442 bcde	1876 bc	23.6 cde	146.67 bc	37.33 abc		
	50+B	476 abc	1852 bcd	25.7 cd	144.67 de	36.67 bc		
	100	472 abc	1957 bc	24.1 cde	146.33 cd	36 cd		
	100+B	370 efg	1610 e	23.0 e	146.67 bc	37.33 abc		
Konevi	0	353 efgh	1403 efg	25.2 cde	144.67 cde	34.33 def		
	0+B	455 abcd	1859 bcd	24.5 cde	144.33 e	34.76 def		
	50	428 cde	1694 cde	25.3 cde	146 cd	35.76 cde		
	50+B	411 de	1661 cde	24.7 cde	145.67 cde	34.67 def		
	100	415 de	1495 ef	27.8 bc	145 cde	36 cd		
	100+B	334 bcd	1295 fgh	25.8 c	145.67 cde	35.33 de		
Kral	0	264 hi	941 hi	28.1 abc	144.33 de	32.76 f		
	0+B	235 i	888 i	26.5 cd	145.33 cde	33.33 f		
	50	358 efg	1264 fgh	28.3 abc	144.33 e	34 ef		
	50+B	432 cde	1424 efg	30.3 ab	145.33 cde	34.33 ef		
	100	443 bcde	1646 de	26.9 c	145 cde	34.67 def		
	100+B	316 efg	1243 ghi	25.4 cde	144.67 de	33.33 f		
LSD (0.05)		94.04	429.06	4.91	2.47	2.35		
C.V. %		8.36	9.77	6.67	0.6	2.32		

*Aynı sütun ve aynı büyük harf ile gösterilen değerler arasında istatistiksel bir fark yoktur.

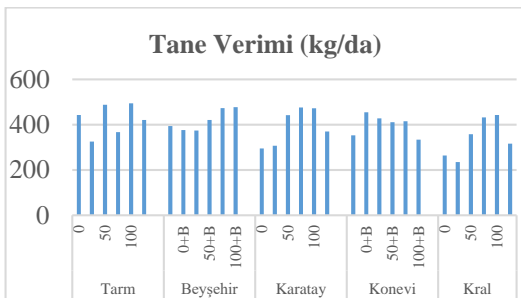
**0 (kontrol): Hiçbir gübre ve PGPR yok. 0+B: Sadece PGPR. 50: Ekimle 5kg/da DAP sapa kalkmadan önce 3.1 kg/da N. 50+B: Ekimle 5 kg/da DAP, sapa kalkmadan önce 3.1 kg/da N ve PGPR. 100: Ekimle 10 kg/da DAP ve sapa kalkmadan önce 6.2 kg/da N. 100+B: Ekimle 10 kg/da DAP, sapa kalkmadan önce 6.2 kg/da N ve PGPR.

İnteraksiyonların İncelenen Özellikler Üzerindeki Etkileri

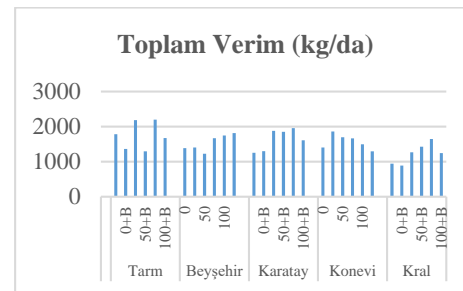
Araştırmada kullanılan arpa çeşitleri ve uygulamaların interaksiyonlarının incelenen özellikler üzerindeki etkileri ve oluşan gruplar Çizelge 8’de verilmektedir. İnteraksiyonların tane verimi, toplam Çizelge 8'e göre tane verimleri 235-494 kg/da arasında değişmiş, en yüksek aynı grupta yer alan Tarm x (0, 50 ve 100), Beyşehir x (100 ve 100+B), Karatay x (50+B ve 100) ile Konevi x 100+B ve en düşük yine aynı grupta bulunan Kral x (0 ve 0+B) ve Karatay x 0 interaksiyonlardan alınmıştır. Toplam verimler 888-2199 kg/da arasında yer almış, en yüksek aynı grupta yer alan Tarm x (50 ve 100) ve en düşük yine aynı grupta yer alan Kral x (0, 0+B ve 100+B), Karatay x 0 ve Beyşehir x 50 interaksiyonlarından elde edilmiştir. Hasat indeksleri % 22.5-%30.5 arasında değişmiş, en yüksek aynı grupta yer alan Beyşehir x 50 ve Kral x (0, 50 ve 50+B), en düşük ise yine aynı grupta yer alan Tarm x (0, 0+B, 50, 100 ve 100+B), Beyşehir x 50+B, Karatay x (0, 0+B, 50, 100 ve 100+B), Konevi x (0, 0+B, 50 ve 50+B) ve Kral x 100+B interaksiyonlarından alınmıştır. Başaklanma süreleri 139.67-148 gün arasında değişmiş, en yüksek aynı grupta yer alan Beyşehir x (0, 0+B, 100 ve 100+B), en düşük ise yine aynı grupta bulunan Tarm x (0, 50 ve 100) interaksiyonlarından elde edilmiştir. Başak erme süreleri 33.33-38.67 gün arasında değişmiş, en yüksek aynı grupta yer alan Beyşehir x (0+B ve 100) ile Karatay x (0, 50 ve 100+B) ve en düşük ise

verim, hasat indeksi, başaklanma süresi ve başak erme süresi üzerindeki etkileri çok önemli ($p<0.01$) seviyede oluşmuştur. İnteraksiyonların bunların dışındaki diğer özellikler üzerinde etkileri önemsiz olduğundan Çizelgede verilmemiştir (Çizelge 4 ve 5).

yine aynı grupta yer alan Tarm x (50, 100 ve 100+B), Konevi x (0, 0+B ve 50+B) ile Kral çeşidinin tüm interaksiyonlarından alınmıştır. İnteraksiyonların tane verimi üzerindeki etkilerine ilişkin grafik Şekil 1’de verilmektedir. Buna göre 50+B uygulamasının Beyşehir, Karatay ve Konevi çeşitlerinde tane verimini bariz şekilde arttırdığı görülmektedir. Konevi çeşidinde 0+B uygulamasının da tane verimini bariz biçimde arttırdığı anlaşılmaktadır. Bunun dışında PGPR uygulamalarının kimyasal gübre uygulamalarına göre genel olarak tane verimini düşürdüğü ya da çok fazla etkilemediği görülmektedir. İnteraksiyonların toplam verim üzerindeki etkilerine ilişkin grafik Şekil 2’de verilmektedir. Buna göre PGPR uygulamalarının Beyşehir çeşidinde toplam verimi düzenli şekilde arttırdığı, Tarm çeşidinde ise bariz şekilde düşürdüğü anlaşılmaktadır. Karatay çeşidinde 0+B uygulamasının nispi olarak, Konevi çeşidinde 0+B ve Kral çeşidinde ise 50+B uygulamalarının bariz şekilde toplam verimi arttırdığı, bunların dışındaki diğer uygulamaların ise toplam verim üzerinde kimyasal gübre uygulamalarına göre azaltıcı etki oluşturduğu gözlenmektedir.

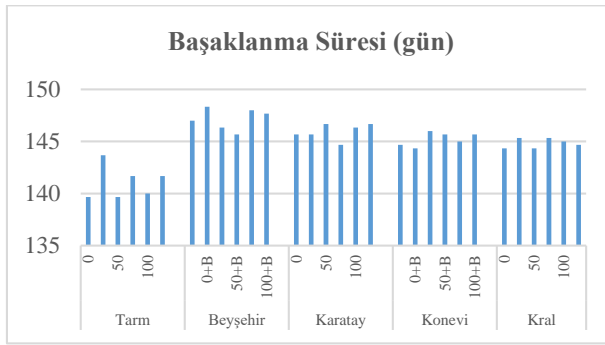


Şekil 1. İnteraksiyonların tane verimine etkileri



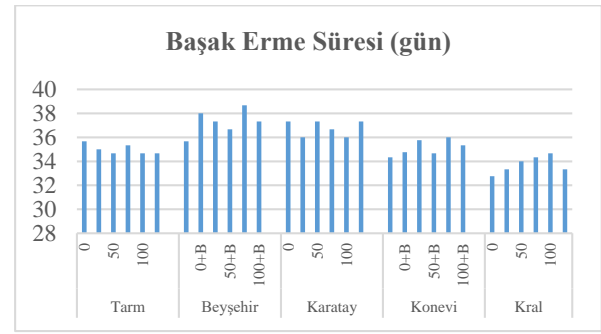
Şekil 2. İnteraksiyonların toplam verime etkileri

İnteraksiyonların başaklanma süresi üzerindeki etkilerine ilişkin grafik Şekil 3'te verilmektedir. Buna göre Tarm çeşidinde bütün PGPR uygulamalarının başaklanma süresini arttırdığı, Beyşehir çeşidinde 0+B, Karatay ve Konevi çeşidinde 100+B süreyi arttırırken diğer PGPR uygulamalarının düşürdüğü, Kral çeşidinde ise 100+B uygulaması düşürürken diğer PGPR uygulamalarının



Şekil 3. İnteraksiyonların başaklanma süresi üzerindeki etkileri

süreyi arttırdığı görülmektedir. İnteraksiyonların başaklanma süresi üzerindeki etkilerine ilişkin grafik Şekil 4'te verilmektedir. Buna göre Tarm çeşidinde 50+B, Karatay çeşidinde 100+B, Konevi çeşidinde 0+B ve Kral çeşidinde ise 100+B dışındaki diğer PGPR uygulamalarının süreyi arttırırken, Beyşehir çeşidinde tüm PGPR uygulamalarının başaklanma süresini azalttığı anlaşılmaktadır.



Şekil 4. İnteraksiyonların başaklanma süresi üzerindeki etkileri

TARTIŞMA

PGPR uygulamalarının bitkilerin verim ve verim özelliklerinde önemli artışlar oluşturduğu pek çok araştırmayla ortaya konulmuştur. Bakteri aşılmasıyla tahıllarda verim ve verim özelliklerinde meydana gelen artışlarda bitkinin genotipi (Murty ve Ladha, 1988), bakteri türü, toprak yapısı ve içeriği (Baldani ve ark., 1987) ile çevre koşullarının (Bhattarai ve Hess, 1993) etkili olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde düşük ve yüksek sıcaklıkların da PGPR aktivitesini olumsuz etkilediği saptanmıştır (Meena ve ark., 2015). Bu yönüyle ekim zamanının da PGPR uygulamaları üzerinde etkili olduğu anlaşılmaktadır. Araştırmada olduğu gibi toprak sıcaklığının düştüğü kışlık ekim dönemlerinde ekilen denemelerde (Mazlum ve ark., 2020) PGPR etkisinin kimyasal gübre gibi diğer uygulamalardan düşük kaldığı

görülmektedir. Bunun aksine toprak sıcaklığının nispeten daha yükseldiği yazlık ekim dönemlerinde yürütülen araştırmalarda ise (Ozturk ve ark., 2003; Baris ve ark., 2014) PGPR uygulamalarının verimi diğer alternatif uygulamalardan daha olumlu etkilediği anlaşılmaktadır. Ancak araştırmada olduğu gibi toprak organik madde miktarının düşük olmasının da PGPR uygulamalarının etkisini azalttığı anlaşılmaktadır. Araştırmada çeşitlerin, uygulamaların ve interaksiyonların tane verimi üzerindeki etkileri çok önemli olmuştur. En yüksek tane verimi çeşitlere göre Tarm ve uygulamalara göre 100+B PGPR uygulamasından elde edilmiştir. En düşük tane verimleri ise çeşitlere göre Kral ve uygulamalara göre 0 (kontrol) uygulamasından alınmıştır. Bazı interaksiyonlarda sadece kimyasal gübre uygulanan çeşitlerin PGPR uygulanan çeşitlere göre daha yüksek

tane verimine sahip oldukları görülmüştür. Bu durum bazı çeşitlerin PGPR ile daha iyi bir simbiyotik ilişki geliştirebilmesine bağlanmıştır. Benzer sonuçlar, Mazlum ve ark. 2020 tarafından da tespit edilmiştir. Üç arpa çeşidinde dört PGPR uygulamasının etkilerinin incelendiği bir çalışmada (Shirinzadeh ve ark., 2013) araştırmamızla benzer sonuçlar elde edilmiş ve en düşük tane verimi (276.3 kg/da) kontrol uygulamasından ve en yüksek tane verimi (360.3 kg/da) ise Azospirillum türü PGPR uygulamasından elde edilmiştir, bu çalışmada sonuçlarımızın aksine interaksiyonların tane verimini etkilemediği tespit edilmiştir. PGPR aşılamaının tane verimlerini arttırdığı benzer araştırmalarda (Abou-Aly, 2009; Poureidi ve ark., 2015) tespit edilmiştir. Araştırmaya göre toplam verim üzerinde çeşitlerin, uygulamaların ve interaksiyonların etkileri çok önemli bulunmuştur. En yüksek toplam verim çeşitlere göre Tarm ve uygulamalara göre 100 uygulamasından elde edilmiştir. İnteraksiyonlara göre Tarm dışındaki diğer çeşitlerin PGPR ile daha iyi toplam verime sahip oldukları anlaşılmıştır. Buna benzer şekilde Mazlum ve ark. 2020 tarafından çeşit, uygulama ve interaksiyonların toplam verimi üzerindeki etkileri çok önemli bulunmuş ve bazı çeşitlerin PGPR uygulamasına tepkilerinin daha iyi olduğu ve daha yüksek toplam verim sağlandığı ifade edilmiştir. Aynı doğrultuda başka bir araştırmada (Baris ve ark., 2014) PGPR inokulasyonunun toplam verimi arttırdığı belirlenmiştir. Çalışmada hasat indeksi üzerinde çeşitlerin ve interaksiyonların etkileri çok önemli bulunmuştur. Prouiridi ve ark. 2015, bunun aksine kimyasal gübre, bakteri uygulamaları ve interaksiyonların hasat indeksi üzerindeki etkilerinin önemsiz olduğunu

belirlemişlerdir. Araştırmada metrekarede başak sayıları üzerinde çeşitlerin etkileri önemli, uygulamaların ve interaksiyonların etkileri ise önemsiz bulunmuştur. Buna ilave olarak benzer araştırmalarda uygulamalar (Shirinzadeh ve ark., 2013) ile interaksiyonların da (Mazlum ve ark., 2020) metrekarede başak sayıları üzerindeki etkileri çok önemli tespit edilmiştir. Diğer bir araştırmada (Ozturk ve ark., 2003) Tokak 157/37 arpa çeşidinde en yüksek metrekarede başak sayısının Bacillus ve Azospirillum ile birlikte 8 kg/da N uygulamasından sağlandığı tespit edilmiştir. Çalışmada çeşit ve uygulamaların bitki boyu üzerindeki etkileri çok önemli bulunmuştur. Bunun dışında bitki boyuna interaksiyonların da etkisinin çok önemli olduğu benzer çalışmalarda (Shirinzadeh ve ark. 2015; Mazlum ve ark., 2020; Soysal ve Erman, 2020) vurgulanmıştır. Bitki boyu üzerinde genotip, ekim dönemi, sıklık, gübreleme, yağış ve sulama durumu ile toprak özellikleri etkili olmaktadır (Doğan ve Yürür, 1992; Yıldırım ve ark. 2021). Araştırmada çeşitlerin başak boyu üzerindeki etkileri çok önemli bulunmuştur. Buna ilave olarak uygulamaların da başak boyu üzerinde önemli etkisi olduğu (Shirinzadeh ve ark. 2015) açıklanmıştır. Araştırmada başakta tane sayısı üzerinde çeşit ve uygulamaların etkisi önemli bulunmuştur. Bunlarla birlikte interaksiyonların da başakta tane sayısı üzerinde önemli etkisi olduğu (Shirinzadeh ve ark. 2015; Mazlum ve ark. 2020) vurgulanmıştır. Bunun aksine Ozturk ve ark. (2003) başakta tane sayısı üzerinde interaksiyonların etkisinin önemli olmadığını ifade etmişlerdir. Çalışmada başaklanma süresi üzerinde tüm faktörlerinin etkisinin çok önemli, başak erme süresi üzerinde uygulamaların etkisinin ve başakta başakçık sayısı üzerinde ise

interaksiyonların etkilerinin önemsiz olduğu tespit edilmiştir. PGPR aşılmasının başakta başakçık sayısını kontrole göre % 5.88 oranında arttırdığı belirlenmiştir (Akhtar ve ark. 2009). Araştırmada çeşitlerin bin tane ağırlığı üzerindeki etkileri çok önemli bulunmuştur. Benzer araştırmalarda (Shirinzadeh ve ark. 201; Mazlum ve ark. (2020) ilave olarak uygulamaların da bin tane ağırlığı üzerinde önemli etkisinin olduğu ifade edilmiştir. PGPR aşılmasının bin dane ağırlığı üzerinde önemli bir etkisi olmadığı başka bir araştırmayla (Ozturk ve ark. 2003) belirlenmiştir.

SONUÇ

Araştırmada tane verimi, toplam verim, metrekarede başak sayısı, başak boyu ve bin tane ağırlığı gibi verilerde en yüksek değerlere Tarm çeşidi sahip olmuştur. Tane verimi, toplam verim, başak erme süresi, metrekarede başak sayısı, bitki boyu, başak boyu ve bin tane ağırlığında en düşük değerlere Kral çeşidi sahip olmuştur. Uygulamalara göre en yüksek tane verimi, toplam verim, başaklanma süresi ve bitki boyu En yüksek kimyasal gübre dozu ve PGPR uygulaması olan 100+B uygulamasından elde edilmiştir. En düşük tane verimi, toplam verim, başaklanma süresi 0 uygulamasından elde edilmiştir. Kışlık ekim ve deneme topraklarının organik madde miktarının düşüklüğü PGPR etkisinin kimyasal gübre uygulamalarına göre etkisinin düşmesinde etkili olmuştur. Bu nedenle arpa gibi tahıllarda PGPR uygulamaları için kışlık ekimin toprak sıcaklığının çok düşmediği erken dönemlerde yapılmasının gerektiği ortaya çıkmıştır.

KAYNAKLAR

Abou-Aly, H.E., Mady, M.A., 2009. Effect of humic acid and boifertilizers on wheat (*Triticum*

- aestivum* L.) productivity. Annals of Agric. Sci. Moshtohor, 47(1): 112.
- Adedeji, A.A., Häggblom, M.M., Babalola, O.O. 2020. Sustainable agriculture in Africa: Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) to the rescue. Sci. Afr., 9: e00492.
- Akhtar, M.J., Asghar, H.N., Shahzad, K., Arshad, M. 2009. Role of plant growth promoting rhizobacteria applied in combination with compost and mineral fertilizers to improve growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). Pakistan Journal of Botany, 41(1): 381-390.
- Baldani, V.L.D., Baldani, J.I., Döbereiner, J. 1987. Inoculation of field-grown wheat (*Triticum aestivum*) with *Azospirillum* spp. in Brazil. Biol. Fertil. Soils 4: 37-40.
- Barea, J.M., Pozo, M.J., Azcón, R., Azcón-Aguilar, C. 2005. Microbial cooperation in the rhizosphere. J. Exp. Bot. 56: 1761–1778.
- Baris, O., Sahin, F., Turan, M., Orhan, F., Gulluce, M. 2014. Use of plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR) seed inoculation as alternative fertilizer inputs in wheat and barley production. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 45(18): 2457-2467.
- Besset-Manzoni, Y.; Rieusset, L.; Joly, P.; Comte, G.; Prigent-Combaret, C. (2018). Exploiting rhizosphere microbial cooperation for developing sustainable agriculture strategies. Environ. Sci. Pollut. Res. 25: 29953–29970
- Bhattarai, T., Hess, D. (1993). Yield response of Nepalese spring wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars to inoculation with *Azospirillum* spp. of Nepalese origin. Plant and Soil 151: 67-76.

- Bukhat, S., Imran, A., Javaid, S., Shahid, M., Majeed, A., Naqqash, T. 2020. Communication of plants with microbial world: Exploring the regulatory networks for PGPR mediated defense signaling. *Microbiol. Res*, 238: 126486.
- Doğan, R., Yürür, N. 1992. Bursa yöresinde yetiştirilen buğday çeşitlerinin verim komponentleri yönünden değerlendirilmesi. Uludağ Üniversitesi. Ziraat Fak. Drg, 9:4.
- Eraslan, F., İnal, A., Güneş, A., Erdal, İ., Coşkan, A. 2010. Türkiye’de kimyasal gübre üretim ve tüketim durumu, sorunlar, çözüm önerileri ve yenilikler. Tmmob ziraat mühendisleri odası, ziraat mühendisliği vii. Teknik kongresi, 11, 15.
- FAO, 2020. Dünya ve Türkiye arpa ekiliş, üretim ve verim bilgileri <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (giriş: 24.02.2022).
- Gubrelay, U., Agnihotri, R.K., Singh, G., Kaur, R., Sharma, R. 2013. Effect of heavy metal Cd on some physiological and biochemical parameters of barley (*Hordeum vulgare* L.). *Int. J. Agric. Crop Sci.* 5: 2743–2751.
- Hardoim, P.R., van Overbeek, L.S., Berg, G., Pirttilä, A.M., Compant, S., Campisano, A., Döring, M., Sessitsch, A. 2015. The hidden world within plants: Ecological and evolutionary considerations for defining functioning of microbial endophytes. *Microbiol. Mol. Biol. Rev.* 79: 293–320.
- Hierro, Ó.D., Gallejones, P., Besga, G., Artetxe, A., Garbisu, C. 2021. A Comparison of IPCC Guidelines and Allocation Methods to Estimate the Environmental Impact of Barley Production in the Basque Country through Life Cycle Assessment (LCA). *Agriculture*, 11(10): 1005.
- Kumar, J.I.N., A. Bora, M.K. Amb. 2010. Chronic toxicity of the triazole fungicide tebuconazole on a heterocystous, nitrogen-fixing rice paddy field cyanobacterium, *Westiellopsis prolifica* Janet. *Journal of Microbiology and Biotechnology* 20:1134–1139.
- Meena, R.K., Singh, R.K., Singh, N.P., Meena, S.K., Meena, V.S. 2015. Isolation of low temperature surviving plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) from pea (*Pisum sativum* L.) and documentation of their plant growth promoting traits. *Biocatalysis and agricultural biotechnology*, 4(4): 806-811.
- Murty, M.G., Ladha, J.K. 1988. Influence of *Azospirillum* inoculation on the mineral uptake and growth of rice under hydroponic conditions. *Plant and Soil* 108, 281-285.
- Ozturk, A., Caglar, O., Sahin, F. 2003. Yield response of wheat and barley to inoculation of plant growth promoting rhizobacteria at various levels of nitrogen fertilization. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 166(2): 262-266.
- Payandeh, Z., Jahanbakhshi, A., Mesri-Gundoshmian, T., Clark, S. 2021. Improving Energy Efficiency of Barley Production Using Joint Data Envelopment Analysis (DEA) and Life Cycle Assessment (LCA): Evaluation of Greenhouse Gas Emissions and Optimization Approach. *Sustainability*, 13(11): 6082.

- Poureidi, S., Yazdanpanah, M., Rokhzadi, A., Amiri, M., Fayazi, H. 2015. Effect of Plant growth Promoting Bacteria (Azospirillum, Azotobacter, Pseudomonas), Humic acid and Nitrogen Fertilizer on Growth and Yield of Wheat. Bull. Env. Pharmacol. Life Sci, 4(11): 82-87.
- Rasool, A., Imran Mir, M., Zulfajri, M., Hanafiah, M.M., Azeem Unnisa, S., Mahboob, M. 2021. Plant growth promoting and antifungal asset of indigenous rhizobacteria secluded from saffron (*Crocus sativus* L.) rhizosphere. Microb. Pathog. 150: 104734.
- Sadeghi, N., Oveisi, M.R., Reza, O.M., Jannat, B., Hjimahmoodi, M., Malayeri, N., Behzad, M. 2016. Assessment of some heavy metals concentration and antioxidant activity in barley grain cultivars and their malts from Iran. J. Agric. Chem. Environ. 5: 121–131.
- Savci, S. 2012. An agricultural pollutant: Chemical fertilizer. International Journal of Environmental Science and Development 3:77–80.
- Sultana, T., Pindi, P.K., 2013. Assesment of PGPR bacteria of cotton fields, International Journal of Agricultural Science and Research 3(1): 207-216.
- Soysal, S., Erman, M. 2020. Siirt Ekolojik Koşullarında Mikrobiyolojik ve İnorganik Gübrelemenin Nohut (*Cicer arietinum* L.)’un Kalite Özellikleri Üzerine Etkileri. ISPEC Journal of Agricultural Sciences 4 (4): 923-939
- Turan, M., Gulluce, M., Şahin, F. 2012. Effects of plant-growth-promoting rhizobacteria on yield, growth, and some physiological characteristics of wheat and barley plants. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 43(12): 1658-1673.
- Wang, Hao, Runjin Liu, Ming P. You, Martin J. Barbetti, and Yinglong Chen. 2021. "Pathogen Biocontrol Using Plant Growth-Promoting Bacteria (PGPR): Role of Bacterial Diversity" Microorganisms 9, no. 9: 1988.
- Xu, J., Kloepper, J. W., McInroy J., Hu, C. H., Bonilla, R. 2011. Isolation and characterization of nitrogen-fixing and phosphate-solubilizing bacteria from *Arundo donax* L. (giant reed). Proceedings of the 2nd Asian PGPR Conference, Beijing, China, pp:409-415.
- Yıldırım, T., Yakışır, E., Eser, C., Şahin, M., Türköz, M., Yaşar, M., Çeri, S., Özer, E., Kara, İ., Cerit, Ş. 2021. Erken ve Geç Kuraklık İle Doğal Koşullar Uygulamalarının, Kuraklık Yönünden Öne Çıkan Bazı Ekmeklik Buğday Genotiplerinde Bitki Boyu, Başakta Tane Ağırlığı ve Protein Oranına Etkisinin Belirlenmesi. Bahri Dağdaş Bitkisel Araştırma Dergisi, 10(2): 112-123.