



**FARKLI SEVİYEDE AZOT VE BAKTERİ
UYGULAMALARININ LAHANADA BİTKİ
GELİŞİMİ, VERİM VE BESİN ELEMENTİ
İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Tuğrul ÖZLÜ

**Yüksek Lisans Tezi
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Sebze Yetiştirme ve Islahı Bilim Dalı
Prof. Dr. Ertan YILDIRIM
2016
Her Hakkı Saklıdır**

**ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

YÜKSEK LİSANS TEZİ

**FARKLI SEVİYEDE AZOT VE BAKTERİ UYGULAMALARININ
LAHANADA BİTKİ GELİŞİMİ, VERİM VE BESİN ELEMENTİ
İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Tuğrul ÖZLÜ

**BAHÇE BİTKİLERİ ANABİLİM DALI
Sebze Yetiştirme Islahı Bilim Dalı**

**ERZURUM
2016**

Her hakkı saklıdır



T.C.
ATATÜRK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ



TEZ ONAY FORMU

**FARKLI SEVİYEDE AZOT VE BAKTERİ UYGULAMALARININ LAHANADA
BİTKİ GELİŞİMİ, VERİM VE BESİN ELEMENTİ İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ**

Prof. Dr. Ertan YILDIRIM danışmanlığında, Tuğrul ÖZLÜ tarafından hazırlanan bu çalışma 18/05/2016 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı – Sebze Yetiştirme ve Islahı Bilim Dalı’nda Yüksek Lisans tezi olarak **oybirliği (3/3)** ile kabul edilmiştir.

Başkan : Prof.Dr. Metin TURAN

İmza :

Üye : Prof.Dr. Atilla DURSUN

İmza :

Üye : Prof.Dr. Ertan YILDIRIM

İmza :

Yukarıdaki sonuç;

Enstitü Yönetim Kurulu 26.../.../2016 tarih ve 22.../...20... nolu
kararı ile onaylanmıştır.

Prof. Dr. Ertan YILDIRIM
Enstitü Müdürü

Bu çalışma Tübitak projeleri kapsamında desteklenmiştir.
Proje No: 111 O 219

Not: Bu tezde kullanılan özgün ve başka kaynaklardan yapılan bildirişlerin, çizelge, şekil ve fotoğrafların kaynak olarak kullanımı, 5846 sayılı Fikir ve Sanat Eserleri Kanunundaki hükümlere tabidir.

ÖZET

Yüksek Lisans Tezi

FARKLI SEVİYEDE AZOT VE BAKTERİ UYGULAMALARININ LAHANADA BİTKİ GELİŞİMİ, VERİM VE BESİN ELEMENTİ İÇERİĞİ ÜZERİNE ETKİSİ

Tuğrul ÖZLÜ

Atatürk Üniversitesi
Fen Bilimleri Enstitüsü
Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı
Sebze Yetiştiriciliği ve Islahı Bilim Dalı

Danışman: Prof. Dr. Ertan YILDIRIM

Çalışma, tarla koşullarında Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal Araştırma ve Yayım Merkezine ait araştırma ve deneme alanında gerçekleştirilmiştir. Araştırmada, 6 azotlu gübre dozunda (0, 4, 8, 12, 16, 20 kg/da) *Paenibacillus polymyxa* tohum kaplama ve fide daldırma yöntemiyle uygulanmış ve lahanada bitki gelişimi, verim ve besin elementi içeriği üzerine etkisi incelenmiştir.

Çalışmadan elde edilen bulgulara göre artan azot seviyesine paralel olarak lahanada bitki gelişimi ve verim artmış, en iyi sonuçlar dekara 16-20 kg azot uygulamalarında belirlenmiştir. Tohum ve fide *Paenibacillus polymyxa* uygulamalarının lahanada, bitki gelişimini, verimi ve bitki besin maddesi içeriğini kontrole göre olumlu etkilediği, bununla birlikte özellikle yaprağı yenilen sebzelerde önemli bir kalite kriteri olan nitrat içeriğini azalttığı belirlenmiştir.

Çalışmada ayrıca özellikle fide *Paenibacillus polymyxa* uygulamalarının gübre kullanım etkinliğini artırarak daha düşük dozda azot kullanımında yüksek dozlardan elde edilen verimin elde edilebileceği ve buna ilaveten lahanada kalitenin artabileceği tespit edilmiştir.

2016, 45 sayfa

Anahtar Kelimeler: Azot, bakteri, lahana, bitki gelişimi, verim,

ABSTRACT

Master Thesis

EFFECT OF DIFFERENT NITROGEN LEVELS AND BACTERIA TREATMENTS ON PLANT GROWTH, YIELD AND NUTRIENT ELEMENT CONTENT OF CABBAGE

Tuğrul ÖZLÜ
Atatürk University
Graduate School of Natural and Applied Sciences
Department of Horticulture
Vegetable Growing and Breeding Department

Supervisor: Prof. Dr. Ertan YILDIRIM

The study was carried out in Agriculture Faculty Experimental Area in Atatürk University in 2013. To investigate effect of bacterial treatments, *Paenibacillus polymyxa* was applied via seed coating and seedling dipping, and investigated 6 doses of nitrogen fertilizer (0, 4, 8, 12, 16, 20 kg / ha) on plant growth, yield and plant nutrient element content.

According to the results of the study, it was determined that plant growth and yield were positively affected with increasing nitrogen doses. The best results were obtained from 16-20 kg/da nitrogen treatments. Seed and seedling *Paenibacillus polymyxa* treatments increased the plant growth, yield and plant nutrient, content compared to control while decreased nitrate content which is important quality criteria.

Furthermore, especially seedling PGPR treatments increased the fertilizer use efficiency and quality in cabbage, which means yields from high nitrogen doses can be obtained from lower doses.

2016, 45 pages

Keywords: Nitrogen, bacteria, plant growth, yield

TEŞEKKÜR

Tez yöneticiliğimi üstlenip, yürütülmesinde yardımlarını esirgemeyen danışman hocam Sayın Prof. Dr. Ertan YILDIRIM'a, tezimin çeşitli aşamalarında yardımlarını benden esirgemeyen Bahçe Bitkileri Bölümü öğretim üyelerinden Sayın Prof. Dr. Atilla DURSUN ve Sayın Doç.Dr. Melek EKİNCİ'ye, Arş. Gör. Raziye KUL'a ve Yeditepe Üniversitesi öğretim üyesi Sayın Prof. Dr. Metin TURAN'a teşekkürlerimi sunarım. Çalışmanın yürütülmesinde maddi olarak destek sunan TÜBİTAK'a teşekkürlerimi sunarım. Ayrıca, çalışmamın her aşamasında katkı ve desteklerinden dolayı bütün hocalarıma ve mesai arkadaşlarıma, Atatürk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Müdürlüğü'ne ve her zaman maddi ve manevi desteklerini esirgemeyen aileme teşekkür ederim.

Tuğrul ÖZLÜ

Mayıs, 2016

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	i
ABSTRACT	ii
TEŞEKKÜR.....	iii
SİMGELER DİZİNİ.....	vi
ŞEKİLLER DİZİNİ.....	vii
ÇİZELGELER DİZİNİ	viii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ÖZETLERİ	6
3. MATERYAL ve YÖNTEM.....	11
3.1. Materyal.....	11
3.2. Yöntem	11
3.2.1 Çalışmada kullanılan bakteri ırkı	11
3.2.2. Bakteriyel inokulumun hazırlanması.....	11
3.2.3. Tohum uygulaması	12
3.2.4. Fide uygulaması	12
3.2.5. Deneme alanı iklim ve toprak özellikleri	12
3.2.6. Tohum ekimi ve fide yetiştirme	15
3.2.6. Bitki gelişim parametreleri ve verimin belirlenmesi	16
3.3. Bitki Analizleri	19
3.3.1. Kuru madde miktarı.....	19
3.3.2. Toplam azot	19
3.3.3. Nitrat analizi	20
3.3.4. Bitkide diğer elementler (P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu)	20
3.4. Azot kullanım etkinliği.....	20
3.5. İstatistiksel Değerlendirme	21
4. ARAŞTIRMA BULGULARI	22
4.1. PGPR ve Azot Uygulamalarının Lahanada Verim, Bitki Gelişimi ve Klorofil Değeri Üzerine Etkisi	22

4.2. PGPR ve Azot Uygulamalarının Hasat Döneminde Lahana Başlarında	
Makro, Mikro Besin Elementi ve Nitrat İçeriği Üzerine Etkisi	25
4.3. PGPR ve Azot Uygulamalarının Azot Kullanım Etkinliği Parametreleri Üzerine	
Etkisi.....	28
5. TARTIŞMA ve SONUÇ.....	29
5.1. PGPR ve Azot Uygulamalarının Lahanada Verim, Bitki Gelişimi ve	
Klorofil Değeri Üzerine Etkisi	29
5.2. PGPR ve Azot Uygulamalarının Lahanada Besin Elementi İçeriği	
Üzerine Etkisi.....	33
5.3. Azot Kullanım Etkinliği	35
KAYNAKLAR	388
ÖZGEÇMİŞ	455

SİMGELER DİZİNİ

%	Yüzde
°	Derece
°C	Derece Santigrad
Ca	Kalsiyum
cm	Santimetre
Cu	Bakır
da	Dekar
Fe	Demir
g	Gram
ha	Hektar
K	Potasyum
kg	Kilogram
m ²	Metre kare
Mg	Magnezyum
mg	Miligram
mm	Milimetre
Mn	Mangan
N	Azot
Na	Sodyum
P	Fosfor
Zn	Çinko

ŞEKİLLER DİZİNİ

Şekil 3.1. Ekimden sonra fide tepsileri (Orijinal resim)	15
Şekil 3.2. Hasat döneminde sıkı baş oluşturmuş lahanâ bitkisi (Orijinal resim)	18
Şekil 3.3. Hasadı yapılmış lahanâ bitkileri (Orijinal resim)	18
Şekil 3.4. Ölçüm ve tartımlar için hazırlanan lahanâ başları (orijinal resim)	19



ÇİZELGELER DİZİNİ

Çizelge 3.1. Erzurum ilinin 2013 yılı ve uzun yıllara ait bazı iklim özellikleri	13
Çizelge 3.2. Deneme öncesi alınan toprak örneklerinin bazı kimyasal özellikleri (n=10)	14
Çizelge 3.3. Deneme öncesi alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel özellikleri (n=10)	15
Çizelge 4.1. PGPR ve azot uygulamalarının lahanada verim, baş ağırlığı, bitki ağırlığı, baş çapı ve baş yüksekliği üzerine etkisi.....	22
Çizelge 4.2. PGPR ve azot uygulamalarının lahanada gövde çapı, gövde yüksekliği, açık yaprak sayısı, açık yaprak ağırlığı ve baş indeksi üzerine etkisi	23
Çizelge 4.3. PGPR ve azot uygulamalarının lahanada kuru madde oranı ve klorofil değeri üzerine etkisi.....	24
Çizelge 4.4. PGPR ve azot uygulamalarının lahana başlarında N, Na, K, Ca, Mg ve P içeriğine etkisi	26
Çizelge 4.5. PGPR ve azot uygulamalarının lahana başlarında Fe, Cu, Mn, Zn ve NO ₃ içeriğine etkisi	27
Çizelge 4.6. PGPR ve azot uygulamalarının azot kullanım etkinliği üzerine etkisi	28

1. GİRİŞ

Ülkemizde sebze yetiştiriciliğinde karşılaştığımız en önemli sorunlardan birisi verim ve kalite düşüklüğüdür. Bitkisel üretimde verim ve kaliteyi artırmaya yönelik en etkin araçlardan biriside kimyasal ve organik gübre uygulamalarıdır. Ancak, ülkemizde tarımsal alanlar genellikle arazi kullanım kabiliyetlerine göre kullanılmadığı ve dengeli gübreleme programları uygulanmadığı için birim alandan maksimum ürün alınabilmesi için yoğun girdi kullanımını gerektirmektedir. Sebze üretiminin ve kalitesinin artırılması gübreleme, sulama, tarımsal mücadele ve kaliteli tohum gibi girdilerin zamanında, yeterli ve dengeli şekilde kullanılması ile mümkün olabilmektedir. Bu girdilerin yoğun kullanımı da birim maliyeti artıracak için yetiştiricinin karlılık düzeyini azaltmaktadır. Kimyasal gübrelerin aşırı derecede ve bilinçsizce kullanılması ekonomik kayıpların yanında önemli bazı olumsuz etkileri de beraberinde getirmektedir. Kimyasal gübreler toprağın fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini bozması yanında bitkinin kalite, depolama dayanıklılığı, hastalıklara mukavemeti, insan sağlığını etkileyen nitrat kapsamı gibi parametreleri de önemli derecede etkilemektedir.

Tüm canlı formlarının temeli olan protein ve nükleik asitlerin esas kısmını azot oluşturmaktadır. Azot diğer tarım ürünlerinin yetiştiriciliğinde olduğu gibi sebze yetiştiriciliğinde de en fazla kullanılan besin elementi olup, noksanlığında ürün ve kalite kayıpları ortaya çıkmaktadır (Mengel 1991). Buna karşın bitkiye uygulanan azot miktarının bitkinin gerçek ihtiyacı ve toprakta bulunan azot miktarı dikkate alınmadan belirlenmesi durumunda bazı bitkiler tarafından aşırı azot alımı sonucunda nitrat birikimi söz konusudur. Toprakta kalan azotun ise yıkanması sonucunda taban suyunda nitrat birikimine neden olabilmektedir.

Azot gübresi üretimi ve kullanımı ile birlikte artan çevre tahribi alternatif teknolojilerin geliştirilmesini zorunlu kılmakta, bu nedenle çevre dostu ve kabul edilebilir biyolojik azot kaynakların araştırılması, adaptasyonu, geliştirilmesi ve benimsenmesi önemli bir hedef haline getirilmelidir (Byrnes 1990).

Toprağa verilen organik madde toprakların verimlilik güçlerini iyileştirmenin yanında, toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini de olumlu etkilemektedir (Soyergin 2003). Toplumlarda çevre ve sağlığa ilişkin bilinç düzeyiyle birlikte organik tarıma ilgi artmakta ve dünyada organik tarım pazarı artan oranlarda genişlemektedir. Son yıllarda, ülkemizde ve dünyada kimyasal gübrelere alternatif sürdürülebilir tarımda kullanılabilecek girdi ve yöntemler üzerine yoğun araştırmalar yapılmakta olup, azot fiske eden, fosforun çözünürlüğünü artıran veya bitki gelişimini olumlu etkileyen çeşitli bakterilerin kullanılabilirliği tartışılmaktadır.

Topraklarda bakteri, mantar, aktinomiset, protozoa ve alg olmak üzere yaygın birçok mikroorganizma grubu bulunmaktadır. Serbest yaşayan, bitkisel gelişimi teşvik eden, biyolojik savaş ajanı veya biyolojik gübre olarak kullanılan mikroorganizmalara bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler (PGPR-Plant Growth Promoting Rhizobacteria) adı verilmektedir (Kloepper and Schroth 1978). Bu bakteriler daha çok *Acetobacter*, *Actobacter*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Aereobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Artrobacter*, *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Burkholderia*, *Chromatium*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Herbaspirillum*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Rhodobacter*, *Rhodospirillum*, *Serratia* ve *Xanthomonas* cinslerine aittir. Dünyanın birçok bölgesinde, potansiyel kirleticiler olan endüstriyel gübre ve pestisit uygulamalarının azaltılması amacıyla, PGPR'in biyolojik gübre olarak kullanımı yaygınlaşmaktadır (Burdman *et al.* 2000). Bitki gelişimini teşvik eden mikrobiyal inokulant benzeri biyogübreler günümüzde artık özellikle azotlu gübrelere alternatif bir kaynak olabileceği kabul edilmektedir (Mia *et al.* 2010). PGPR'in sürdürülebilir tarımsal sistemler geliştirmeye katkı yapma potansiyeline sahip olduğu bildirilmektedir (Schippers *et al.* 1995).

Tarımda biyolojik nitrojen fiksasyonu bedeli kimyasal gübrelere kıyasla daha düşüktür ve enerji tasarrufu sağlamaktadır. Yapılan araştırmalar PGPR'in bazı bitkilerde gübre kullanım etkinliğini artırdığı ve kullanılan gübrenin miktarının azaltılabileceğini göstermiştir (Adesemoye *et al.* 2009). Konu ile ilgili daha önce yürütülen çalışmalarda domates, brokoli, marul gibi birçok sebze türünde PGPR uygulamalarının bitki gelişimi,

verim ve besin maddesi alımını artırdığı rapor edilmiştir (Turan *et al.* 2007; Yıldırım vd 2008a, 2011a, 2011b). Yine yapılan çalışmalarda, azot fışkeden bakterilerin bitki tarafından azot alımını artırdığı ve bitkideki azot muhtevastındaki artışın azot kullanım etkinliğindeki artıştan kaynaklandığı belirtilerek, söz konusu bakterilerin entegre besin yönetimi sistemlerinde kullanılabileceğı ileri sürülmüştür (Adesemoye *et al.* 2008).

Ülkemiz sebze yetiştiriciliğı bakımından oldukça elverişli ekolojik koşullara sahiptir. Ekolojik koşulların uygunluğu, Türkiye'nin sebze tarımında her geçen gün daha ileriye doğru gitmesini ve üretimde dünya ülkeleri arasında önemli bir yer almasını sağlamıştır. Nitekim, Türkiye sebze üretiminde yaklaşık 26-27 milyon ton üretimiyle dünyada önemli üretici ülkeler arasında 4. sırayı almaktadır. Ülkemizde toplam sebze üretimi içinde Brassicaceae familyasına ait sebze türlerinin büyük bir payı vardır. Ancak bu üretime rağmen, sebzeciliğinin yoğun yapıldığı diğer ülkelerle karşılaştırdığımızda birim alana düşen verim ve kalite değerlerimiz düşük kalmaktadır.

Beyaz baş lahana (*Brassicasica oleracea* var. *capitata* subvar. *alba*), besleyici değeri yüksek olan ve değişik şekillerde değerlendirilebilen serin iklim sebze türlerinden biridir. Genellikle sofralık (sarma, kapuska ve salata) ve turşu sanayi için üretimi yapılan beyaz baş lahana ülkemiz için büyük bir üretim potansiyeline sahiptir. Besin değeri ve antioksidan kapasitesi yüksek ve anti-kanserojen etkiye sahip organo-kükürtlü maddelerce zengindir (Bimova and Pokluda 2009). Lahana ayrıca iyi bir karbonhidrat, vitamin, mineral, amino asit ve diğer biyolojik aktif madde kaynağıdır (Atanasova 2008).

Ülkemiz yaklaşık 500 bin ton üretimi ile dünyada önemli lahana üreticisi ülkeler arasında yer almaktadır. Doğı Anadolu Bölgesinde de üretim miktarı bakımından en önemli sebzeler arasındadır. Kuzey-Doğı Anadolu Bölgesi'nde 9–10 bin ha alanda 250-260 bin ton, Erzurum'da ise yaklaşık 1.600 ha alanda 24-25 bin ton sebze üretilmektedir. Bu verilere göre, ülkemizde sebze üretiminden elde edilen ortalama verim dekara yaklaşık 3.300-3.400 kg iken, Kuzey-Doğı Anadolu Tarım Bölgesi ve Erzurum'da ise sırasıyla 2.800-2.900 kg ve 1.600-1.700 kg civarındadır (Anonim

2014a). Kış aylarının oldukça düşük sıcaklığa sahip olması ve uzun sürmesi; gece ve gündüz arasında sıcaklık farkının çok fazla olması ve vejetasyon süresinin kısa olması Erzurum’u da içine alan Kuzey-Doğu Anadolu Bölgesi’nde birçok sebze türünün yetiştiriciliğini sınırlamaktadır. Erzurum’da sebze tarımı, üretim miktarı ve verimliliğin düşük olması yanında, ürün desenince de zengin değildir. Toplam sebze üretiminde %35-40’lık bir pay ile lahana ilk sırada yer almaktadır (Anonim 2014a).

Lahananın gübre isteği diğer sebzelerle göre nispeten fazladır ve özellikle azotlu gübre uygulamalarına hassas bir sebze türüdür. Aşırı azot uygulamaları lahanada gevşek baş oluşumuna ve uç yanıklığı gibi bir takım fizyolojik bozuklara neden olmaktadır (McCollum 1992). Lahanalar orta seviyedeki verimlerde dekardan yaklaşık 20-22 kg saf azot kaldırmakta, kaldırılan bu miktarı karşılayabilmek için yaklaşık 25 kg a kadar azotlu gübre ilavesine gereksinim duyulabilmektedir. Bu nedenle yetiştiriciliğinin yapıldığı alanlarda yeterli verim alabilmek için fazla miktarda kimyasal gübre uygulanmaktadır. Ülkemiz lahana üretim alanlarında çiftlik gübresinin üretimi ve uygulanmasının kısıtlı olması ve yeşil gübrelemenin de gereği gibi yapılmaması bu alanlarda kimyasal gübrelerin yoğun kullanılmasını kaçınılmaz hale getirmektedir. Lahananın topraktan kaldırdığı gübre miktarının yüksek olması bu bitki için alternatif biyolojik gübre geliştirilmesini zorunlu kılmaktadır.

Son yıllarda sıklıkla telaffuz edilen ve kimyasal gübrelerinde içerisinde olduğu tarımsal kimyasalların toprak ve çevre sağlığı üzerindeki olumsuz etkilerin önüne geçebilmek ve daha sağlıklı gıdalar üretmek-tüketmek amacıyla uygulanır hale gelen organik tarımda, bitkisel üretimde gübreleme materyali olarak içerisinde azot fiksasyonu veya topraktaki fosforun çözünürlüğünü artıran mikroorganizmaları içeren biyolojik gübreler önerilmekte ve kullanılmaktadır. Bu biyolojik gübrelerin doğaya ve insan sağlığına herhangi bir olumsuz etkisi mevcut bilgiler ile henüz ortaya konulmamasına karşın, özellikle ülkemizde dahil olmak üzere bir çok ülkedeki biyolojik gübreleme materyalleri büyük ölçüde yurtdışından ithal edilerek üreticilerin kullanımına sunulmaktadır. Çalışmamızda kullandığımız, daha önceleri *Bacillus polmyxa* olarak isimlendirilen *Paenibacillus polmyxa* bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) grubunda yer

alıp (Ash *et al.* 1993), azot fiksettiği (Lindberg *et al.* 1985; Heulin *et al.* 1994), topraktaki fosforun çözünürlüğünü artırdığı (Singh and Singh 1993), antibiotik (Rosado and Seldin 1993), oksin (Lebuhn *et al.* 1997), chitinaz (Mavingui and Heulin 1994) ve hidrolik enzim ürettiği, toprak porozitesini artırdığı (Gouzou *et al.*1993) ve bir çok tarımsal üründe bitki gelişimi ve verimi artırdığı (Sudha *et al.* 1999; Timmusk *et al.* 1999; akmakı vd 2005; akmakı vd 2007a) belirlenmiştir. PGPR uygulamalarının özellikle sınırlı besin maddesi bulunan durumlarda etkili olduğu ve farklı seviyelerde azot kullanılan ortamlardaki etkinlikleri üzerine pek çalışma yapılmadığı bildirilmektedir (Adesemoye *et al.* 2010).

Bu alışma, Erzurum ekolojik koşullarında, yörede yoğun yetiştiriciliği yapılan, yöre ve ülke ekonomisine önemli katkıları olan lahanada bitkisinde azot fiskeyen bir rizobakteri ırkının (*Paenibacillus polymyxa* RC14) tohum kaplama ve fide uygulamasının, değişik azot dozlarıyla gübrelenen lahanada bitki gelişimi, pazarlanabilir verim ve mineral madde içeriği üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütölmüştür.

2. KAYNAK ÖZETLERİ

Çevre kirliliğinin önlenmesi ve tarımsal sürdürülebilirlik, kaynakların devamlılığının sağlanması, tarımsal maliyetin düşürülmesi ve organik tarım için azot fikseri, fosfat çözücü ve bitkisel hormon üretici bakteri kullanımını teşvik etmektedir. Bitki gelişmesini teşvik edici bakteriler tarla ve bahçe bitkileri yetiştiriciliği, ormancılık ve çevrenin yenilenmesi amaçlarıyla kullanılmaktadır. Bu nedenle bitki gelişimini teşvik eden rhizobakterilerin (PGPR) tarımda kullanılması, her geçen gün daha fazla önem taşımaktadır. PGPR'ler özellikle dünyanın temel besinleri olan pirinç, buğday ve mısır bitkilerinde denenmiş, organik ve sürdürülebilir tarımda kullanılabilecek önemli sonuçlar alınmıştır (Çakmakçı ve Erdoğan 2006).

Serbest yaşayan, bitki gelişimini teşvik eden, biyolojik mücadelede veya biyolojik gübre olarak kullanılan bakterilere bitki gelişimini teşvik edici rizobakteriler (PGPR) adı verilmektedir. PGPR'ler daha çok *Acetobacter*, *Actobacter*, *Acinetobacter*, *Achromobacter*, *Aereobacter*, *Agrobacterium*, *Alcaligenes*, *Artrobacter*, *Azoarcus*, *Azospirillum*, *Azotobacter*, *Bacillus*, *Beijerinckia*, *Burkholderia*, *Chromatium*, *Clostridium*, *Enterobacter*, *Erwinia*, *Flavobacterium*, *Herbaspirillum*, *Klebsiella*, *Micrococcus*, *Paenibacillus*, *Pseudomonas*, *Rhizobium*, *Rhodobacter*, *Rhodospirillum*, *Serratia* ve *Xanthomonas* cinslerine aittir (Burdman *et al.* 2000; Çakmakçı 2005a; Çakmakçı 2005b). PGPR uygulamaları ile kök gelişim (sayısı, uzunluğu, ağırlığı), yaprak alanı, gövde ağırlığı, çimlenme oranı, dane ve yumru verimi, besin elementi oranı ve alımı, stres şartlarına (kuraklık, tuzluluk, metal toksisitesi, oksidatif stres vb.) ve hastalıklara dayanıklılık ve yaprak yaşlılığının geciktirilmesi gibi olumlu sonuçlar elde edilmiştir (Stajner *et al.* 1997; Çakmakçı 2005b).

PGPR'ler bitkisel hormon sentezi, bitki hormon düzeylerinin ayarlanması, antioksidan enzim aktivitesinin artması, azot fiksasyonu, organik potasyum mineralizasyonu ve inorganik fosfat çözünürlük ve alımının artırılması, dolaylı olarak hastalık etmenlerinin önlenmesi gibi mekanizmalarla bitki gelişimini etkilediği belirlenmiştir (Çakmakçı vd 1999; Timmusk *et al.* 1999; Lucy *et al.* 2004; Şahin vd 2004; Zahir vd 2004; Çakmakçı

2005b; Çakmakçı *et al.* 2006a). Çeşitli çalışmalarda PGPR'lerin oksin hormonu üreterek hücrelerin uzama ve bölünmesini teşvik ettikleri, ürettikleri sitokininlerle hücre bölünmesini, kök gelişimini ve verimi etkiledikleri, gibberallin üretimiyle gövde uzamasını, etilen üretimini engellemek suretiyle bitkisel etilen düzeyini azalttıkları tespit edilmiştir (Glick *et al.* 1998; Gutierrez *et al.* 2001; Dobbelaere *et al.* 2003). Ayrıca, PGPR'lerin antibiyotik üretmeleri ve rizosferde gösterdikleri rekabet yetenekleri gibi dolaylı mekanizmalarla da bitki gelişimini teşvik ettikleri rapor edilmiştir (Çakmakçı ve Erdoğan 2006).

PGPR'lerin bitki gelişimini teşvik etmesinde temel mekanizmalardan birisi biyolojik nitrojen fiksasyonudur (Boddey *et al.* 1998). Yapılan bir çalışmada yılda hektara düşen azot katkısının serbest yaşayan bakteriler için 15-170, siyanobakteriler için 7-80, *Rhizobium*-baklagil ortaklığı içinse 24-584 kg olduğu tespit edilmiştir (Shanthaam and Mattoo 1997). Azot fikseri *Bacillus* ırklarının uygulaması çeltik, arpa ve mısır türlerinde bitkilerin verimini önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir (Sudha *et al.* 1999; De Freitas 2000; Canbolat vd 2006). Bir başka araştırmada ise *Pseudomonas* ve *Bacillus* ırkları buğday, şeker pancarı ve ıspanak bitkilerine uygulanmış yine yüksek oranda verim artışı elde edilmiştir (Çakmakçı vd 2001). Ayrıca PGPR inokulasyonunun buğday ve ıspanak yaprak alanını %6-47 ve %5-49, gövde ağırlığını ise %16-54 ve %2-23 oranında artırdığı belirlenmiştir (Çakmakçı vd 2006b).

PGPR'nin şeker pancarı yapraklarında oksidatif strese karşı bitkilerin savunma mekanizmasını uyardığı, katalaz ve peroksidaz aktivitesini artırdığı saptanmıştır (Stajner *et al.* 1997).

Bakteriyel IAA üretiminin buğday köklerindeki fosfat, magnezyum ve azot oranını artırdığı ve kök morfolojisini olumlu yönde etkilediği tespit edilmiştir (Pal 1999).

Fluoresant ve *Pseudomonas* grubu bakteriler bitkilerin hem kök bölgesinde hem de toprak üstü grubunda epifitik olarak yaşayabilme, hızlı kolonize olabilme, siderefor

üretebilme ve aynı zamanda fungal ve bakteriyel patojenlere karşı antagonistik olabilme nitelikleriyle biyoajan olarak ön plana çıkmıştır (Leong 1986).

Paenibacillus polymyxa üzerinde yapılan araştırmalarda ise bakterinin azot fiksettiği, antibiyotik, sitokinin ve IAA ürettiği, bitkilerin kök ve gövde gelişimini teşvik ettiği belirlenmiştir (Sudha *et al.* 1999; Timmusk *et al.* 1999).

Tarla şartlarında yürütülen bir çalışmada, farklı azotlu gübre kaynak ve düzeylerinin lahanada bitki gelişimi, verim, nitrat ve besin elementi içeri ile toprak özelliği üzerine etkisi araştırılmıştır. Çalışma sonunda azotlu gübre doz ve çeşitlerinin incelenen kriterleri önemli seviyede etkilediği, gübre dozundaki artışa paralel olarak baş ağırlığı, baş çapı, baş yüksekliği ve açık yaprak sayısını artırdığı tespit edilmiştir. Araştırmada ayrıca özellikle nitratlı gübre dozundaki artışa paralel olarak bitkide nitrat birikiminin arttığı ve elde edilen ürün miktarı ve kalitesi dikkate alındığında en uygun gübre çeşidinin üre ve dozunun da 34 kg/da olduğu ileri sürülmüştür (Turan 2002).

Farklı dozlarda amonyum nitrat ve kalsiyum nitrat uygulamalarının lahanada toplam azot miktarı, protein yapısında olan yada olmayan azot miktarı ve amino asit kompozisyonu üzerine etkisini belirlemek amacıyla yürütülen bir araştırmada, amonyumlu gübrelemenin kalsiyumlu gübrelemeye göre lahanada daha fazla azot akümülyasyonuna neden olduğu fakat nitrat birikiminin kalsiyumlu gübrelemede daha fazla olduğu tespit edilmiştir. Çalışmada sonunda, amonyum nitrat dozunun artışına paralel olarak serbest amino asit miktarının arttığı fakat protein yapısında olan azot miktarının azaldığı belirlenmiştir (Atasonova 2008).

Mineral gübreler ile farklı organik kaynaklı gübre uygulamalarının lahanada toplam antioksidan içeriğine etkisinin araştırıldığı bir çalışmada, alternatif organik kaynaklı gübrelerin lahanada toplam antioksidan içeriğini olumlu etkileyebileceği besin değerini artırabileceği rapor edilmiştir (Bimova and Pokluda 2009).

Bitki besin elementlerinin bitki tarafından alınması temel olarak kök gelişimine ve ortamda besin maddesi bulunmasına bağlıdır. PGPR'lerin çoğunluğu kök gelişimini artırarak bitkilerin ortamda bulunan besin elementlerinden daha etkin yararlanmalarını sağlamaktadırlar. PGPR'in bitki gelişimi ile kök yüzey alanı yada genel kök yapısını artırarak kökler vasıtasıyla rizosfere daha fazla karbonlu bileşik salgıladığı, bu durumun daha fazla mikrobiyal aktiviteye sebep olarak bitkilerin kullanımı için daha fazla azot fiksedilmesine neden olduğu ileri sürülmektedir (Adesemoye *et al.* 2009).

Adesemoye *et al.* (2008) azot fikseden bakterilerin bitki tarafından azot alımını artırdığı ve bitkideki azot muhtevastaki artışın azot kullanım etkinliğindeki artıştan kaynaklandığını belirterek, söz konusu bakterilerin entegre besin yönetimi sistemlerinde kullanılabileceğini ileri sürmüştür. Yürütülen çalışmalar, PGPR uygulamalarının daha düşük azot, fosfor ve potasyumlu gübre dozlarında bile tavsiye edilen tam doz uygulamaları kadar bitki gelişimini ve verimi artırabildiğini, bu etkinin bakterilerin 1-aminocyclopropane-1-carboxylate (ACC)-deaminase sentezleyebilme kabiliyetlerinden kaynaklandığını bildirmiştir (Shaharoona *et al.* 2008).

Sera şartlarında yürütülen bir araştırmada, azot fikseden, IAA ve giberallin üretebilen *Azospirillum rugosum* rizobakterisi marulda tavsiye edilen dozun (100 kg/ha) yarısı kadar azot uygulaması ile en yüksek kuru madde miktarına ulaşıldığı, yine besin elementi alımını artırdığı rapor edilmiştir (Lai *et al.* 2008).

Sera koşullarında yürütülen başka bir çalışmada, *Acinetobacter calcoaceticus* SE370 ırkının çin lahanası ve hıyarda bitki gelişimini artırdığı ve bu artışın söz konusu bakteri ırkının giberallin salgılayarak ve ortamda bulunan çözünmez formdaki fosforu bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürerek yaptığı bildirilmiştir (Kang *et al.* 2009).

Domateste sera koşullarında yürütülen bir araştırmada, *Bacillus amyloliquefaciens* IN937a ve *Bacillus pumilus* T4 PGPR ırklarının bitki gelişimini artırdığı ve azot kullanım etkinliğini artırarak daha düşük dozda azot uygulamalarında bile etkili olduğu rapor edilmiştir. Çalışmadan elde edilen sonuçlara göre söz konusu bakteri ırklarının

birlikte kullanımının düşük azot dozlarında tam doz uygulamasına göre bitki gelişimini olumlu etkilediği saptanmıştır. Araştırmada ayrıca, bu uygulamaların entegre gübre idaresinde kullanılabileceği önerilmiştir (Adesemoye *et al.* 2010).

Tarla şartlarında yürütülen bir araştırmada azot fikseden ve fosfor çözen üç farklı PGPR ırkının (*Bacillus cereus*, *Brevibacillus reuszeri* ve *Rhizobium rubi*) organik gübre ile birlikte kullanımının brokolide bitki gelişimi, besin maddesi alımı verim üzerine etkisi çalışılmıştır. Araştırma sonunda, özellikle organik gübre ile birlikte kullanıldıklarında PGPR'lerin brokolide bitki gelişimi, verim ve besin maddesi alımını kontrol uygulamasına göre önemli düzeyde artırdığı tespit edilmiştir. Çalışmada ayrıca, organik madde ile birlikte kullanılması durumunda brokoli yetiştiriciliğinde PGPR kullanımının kimyasal gübre kullanımını kısmen azaltabileceği ileri sürülmüştür (Yıldırım *et al.* 2011a).

Fosfor çözen ve IAA üreten iki PGPR ırkının (*Bacillus pumilus* *Bacillus mycoides*) fasulyede tohum kaplamla şeklinde uygulandığı bir araştırmada, PGPR uygulamalarının kontrole göre fasulyede fotosentez etkinliğini, transpirasyonu su kullanım etkinliğini, klorofil miktarını, superoxide dismutase ve peroxidase aktivitesini artırdığı rapor edilmiştir. Çalışmada ayrıca PGPR uygulamalarının kontrole göre verimi %41.4, protein miktarını da %16.4 artırdığı tespit edilmiştir. Araştırma sonunda sürdürülebilir sebze üretiminde PGPR uygulamalarının biyogübre olarak kullanılabileceği önerilmiştir (Stefan *et al.* 2013)

Hektara 0, 25, 50 ve 75 kg üre uygulanan tarla şartlarında yürütülen bir araştırmada tohumdan uygulanan iki farklı PGPR ırkının (*Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas putida*) nohutta verim ve verim parametreleri üzerine etkisi incelenmiştir. Çalışmada azot dozları ve tohum inokulasyonunun nohutta bitki yüksekliği, tane verimi ve kökte nodulasyonunu önemli düzeyde etkilediği, artan azot dozlarının verimi artırdığı ancak kök nodulasyonunun 50 kg dan sonra azaldığı belirlenmiştir (Abbasi vd 2013).

3. MATERİYAL ve YÖNTEM

Bu çalışma, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri, Bitki Koruma, Toprak ve Bitki Besleme Bölümlerine ait sera, deneme alanı ve laboratuvarlarında yürütülmüştür.

3.1. Materyal

Çalışmada bitki materyali olarak yöreye adapte olmuş lahanı (Yalova 1) çeşidi kullanılmıştır. Arazi çalışmaları, Erzurum'da Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarımsal Araştırma ve Yayım Merkezine ait araştırma ve deneme alanında gerçekleştirilmiştir.

3.2. Yöntem

3.2.1 Çalışmada kullanılan bakteri ırkı

Projede PGPR olarak *Paenibacillus polymyxa* RC14 kodlu bakteri ırkı seçilmiştir. Bu bakteri, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü öğretim üyesi Prof. Dr. Ramazan ÇAKMAKÇI'ya ait Bakteri Kùltürleri Koleksiyonu'ndan temin edilmiştir. Söz konusu bakterinin azot fikseri olduğu, IAA ürettiği, aminosiklopropan karboksilat deaminaze (ACCD) (1-Aminocyclopropane-1-carboxylic asit (ACC) deaminase) aktivitesi gösterdiği ve diğer bazı ürünlerde bitki gelişimi ve verimi artırdığı için seçilmiştir (Çakmakçı vd 2007b).

3.2.2. Bakteriyel inokulumun hazırlanması

Projede kullanılan, -80°C'de, %30 gliserol ve sıvı besiyeri (Lauryl Broth) içerisinde muhafaza edilen bakteri ırkı nutrient agar katı besiyerine çizgi ekim yapılarak 27°C'ye ayarlı inkübatörde 48 saat inkübe edilmiştir. İnkübasyon sonrası gelişen her bir

bakteriden bir öze dolusu alınarak 250 ml nutrient broth içeren erlenlere aktarılmıştır. Bakteri bulaştırılan sıvı besiyerleri, 27°C'ye ayarlı çalkalayıcıda 95 rpm'de 24 saat inkübe edilmiştir. Hazırlanan bakteriyel süspansiyonlar steril saf su ile seyreltilerek son konsantrasyon spektrofotometre ile 10^8 CFU ml⁻¹'ye ayarlanmıştır. Bakteriyel konsantrasyonun 10^8 CFU ml⁻¹'den az olması durumunda popülasyonun zamanla 10^2 veya 10^3 CFU ml⁻¹'ye düştüğü ve daha önceden toprak veya fillosfer ortamına adapte olarak uyum sağlamış olan mikroorganizmalarla rekabetinin çok zayıf olduğu belirlenmiştir. Solüsyondaki bakteri konsantrasyonunun 10^8 CFU ml⁻¹'den büyük olması durumunda ise mikroorganizmaların birbirlerine olan antagonistik etkilerinin ön plana çıktığı ve arzu edilen sonucun alınmadığı görülmüştür.

3.2.3. Tohum uygulaması

Yüzeysel dezenfeksiyonu yapılmış tohumlar steril cam kavanozlara bırakılarak üzerlerini örtecek şekilde bakteriyel inokulumla kaplanmıştır. İnokulum içerisine bakterilerin tohum yüzeyine bağlanmasını kolaylaştırmak amacıyla %0.2 sukroz ilave edilmiştir. Bakteriyel süspansiyonla muamele edilen tohumlar 27°C'ye ayarlı çalkalayıcıda 90 rpm'de 2 saat karıştırıldıktan sonra süzülecek ve kurutma kağıtları üzerine serilerek kurutulmuştur (Çakmakçı vd 2007b).

3.2.4. Fide uygulaması

Asıl yerlerine dikim öncesinde fidelerin kök aksamı 60 dakika süreyle bakteri süspansiyonu (yoğunluk 10^8 CFU ml⁻¹) içerisine daldırılarak bekletildikten sonra dikim yapılmıştır (Yıldırım vd 2011a).

3.2.5. Deneme alanı iklim ve toprak özellikleri

Proje, Atatürk Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Tarımsal İşletmesine ait araştırma ve deneme alanında gerçekleştirilmiştir. Araştırmanın yürütüldüğü deneme alanının bulunduğu Erzurum ovası, 39° 55' kuzey enlem ve 41° 16' doğu boylam dereceleri

arasında yer alan, karasal iklimin hüküm sürdüğü, deniz seviyesinden yüksekliği 1850-1950 metre olan bir ovadır. Kış mevsimi oldukça uzun ve soğuk, yaz ayları ise serin ve kurak geçmektedir. Gece ile gündüz ve mevsimler arasındaki sıcaklık farkı oldukça fazladır. Araştırmanın yürütüldüğü, 2013 yılında Erzurum iline ait bazı iklim verileri Çizelge 3.1’de sunulmuştur. Çizelge incelendiğinde, 2013 yılına ait ortalama sıcaklık ve ortalama nispi nem değerlerinin uzun yıllar değerlerine yakın olduğu, en düşük sıcaklık değerlerinin Nisan ve Ekim aylarında, en yüksek değerlerin ise Temmuz ve Ağustos aylarında gerçekleştiği görülmektedir. Yağışlı gün sayısı da en fazla Mayıs ayında gerçekleşmiştir (Çizelge 3.1).

Çizelge 3.1. Erzurum ilinin 2013 yılı ve uzun yıllara ait bazı iklim özellikleri (Anonim 2014b)

Aylar	Ortalama Sıcaklık (°C)		Ortalama Nisbi Nem (%)		Toplam Yağış (kg/m ²)		Yağışlı Gün Sayısı	
	2013	1985-2010	2013	1985-2010	2013	1985-2010	2013	1985-2010
Nis.	7.2	5.4	64.4	66	36.3	53.9	13	15
May.	11.6	10.4	63.5	63.3	32.3	67.2	21	17
Haz.	15.0	14.8	57.2	58.3	25.1	45.1	8	11
Tem.	19.4	19.3	50.4	52.1	7.8	26.3	7	7
Ağus	19.5	19.2	45.7	50.1	5.2	16.8	7	6
Eylül	13.6	14.4	49.8	51.9	11.5	21.3	9	5
Ekim	6.0	7.7	59.6	64.7	17.2	47.1	6	10

Araştırmanın yürütüldüğü, Atatürk Üniversitesi Tarım İşletme alanı tamamen allüviyal karakterde olup, Karasu civarındaki topraklar hariç, arazinin büyük kısmının toprağı Halosen genç allüviyonlardan oluşmaktadır. Allüviyal materyalin bileşimi; aglomera, bazalt, volkanik tuf, konglomera ve kireç taşının parçalanma ayrışma ürünlerini içermektedir (Atalay 1978).

Denemenin yürütüldüğü araziye ait toprağın kimyasal ve fiziksel özellikleri Çizelge 3.2 ve Çizelge 3.3’de verilmiştir. Toprak örneklerinin bazı kimyasal özellikleri incelendiğinde, her iki yılda da toprak pH’sı nötr, kireç içeriği az, organik madde içeriği az, yarıyışlı azot miktarı az, potasyum, kalsiyum, magnezyum miktarı yeterli ve fazla, fosfor miktarı orta, bor çok az, demir orta, bakır, mangan ve çinko yeterli olarak belirlenmiştir (TOVEP 1991; Kacar 2009).

Çizelge 3.2. Deneme öncesi alınan toprak örneklerinin bazı kimyasal özellikleri (n=10)

Kimyasal Özellik	Ortalama
	2013
pH	7.50±0.122
CaCO₃ (%)	0.66±0.057
Organik Madde (%)	1.77±0.113
Toplam Azot (%)	0.0091±1.143
NH₄-N (mg /kg)	39.13±1.230
NO₃-N (mg /kg)	78.54±1.438
KDK (cmol_c/kg)	23.45±1.302
K (cmol_c/kg)	2.57±0.033
Ca (cmol_c/kg)	14.13±0.218
Mg (cmol_c/kg)	3.85±0.113
Na (cmol_c/kg)	0.79±0.099
P (mg /kg)	16.56±0.432
Fe (mg/kg)	4.13±0.065
Cu (mg/kg)	7.86±0.439
Mn (mg/kg)	4.56±0.178
Zn (mg/kg)	3.45±0.153
B (mg/kg)	0.48±0.065

Deneme öncesi alınan toprak örneklerinde yapılan fiziksel analizler sonucunda toprak örneğinin bazı fiziksel özellikleri incelendiğinde, toprağın tekstürü killi-tın, agregat stabilitesi orta ve elektrik iletkenlik değerine göre de tuzsuz sınıfında yer almaktadır.

Çizelge 3.3. Deneme öncesi alınan toprak örneklerinin bazı fiziksel özellikleri (n=10)

Deneme Alanı	Toprak Taneleri	Ortalama (%)
		2013
Tekstür	Kum (%)	28.81±0.987
	Silt (%)	50.39±0.612
	Kil (%)	20.80±0.487
Sınıfı	Killi tın	Killi tın
Agregat Stabilitesi (%)		45.26±0.144
EC. (µmhos/cm)		470.00±2.330

3.2.6. Tohum ekimi ve fide yetiştirme

Lahana tohumları 1:1 (v:v) oranında torf:perlite karışımı doldurulmuş 216 gözlü (20.48 cm³) insert yerleştirilmiş strafor fide tepsilerine, 22.04.2013 tarihinde yaklaşık 1 cm derinliğe ekilmişlerdir. Ekimi yapılan fide tepsileri Bahçe Bitkileri Bölümüne ait serada bulunan tezgâhların üzerine rastgele yerleştirilmişlerdir. Ekimden yaklaşık bir hafta sonra çıkış gözlenmiştir (Şekil 3.1).



Şekil 3.1. Ekimden sonra fide tepsileri (Orijinal resim)

Denemede fide dikiminden önce yapılan toprak analizlerine göre, azot, fosforlu ve potasyumlu gübreler verilmiştir. Azotlu gübreler analiz sonucunda topraktaki miktar dikkate alınarak, dekara 0, 4, 8, 12, 16 ve 20 kg gelecek şekilde üre (%44) formunda, yarısı dikimden önce, kalan yarısı ise dikimden 45 gün sonra toprağa karıştırılmıştır. Fosforlu ve potasyumlu gübreler sırasıyla dekara 10 ve 12 kg gelecek şekilde triple süper fosfat (%48 P_2O_5) ve potasyum sülfat (%50 K_2O) formunda dikimden önce parsellere uygulanmıştır (Şalk vd 2008). Bu şekilde yapılan düzenleme ile yapılan bakteri uygulamalarının etkinlikleri hem kontrol bitkileri ile hem de kimyasal gübre uygulaması yapılmış bitkilerle karşılaştırılabilmektedir.

Deneme Tesadüf blokları deneme desenine göre 6 azotlu gübre uygulaması (0, 4, 8, 12, 16 ve 20 kg/da), 2 bakteri uygulama şekli (kontrol ve tohum kaplama) ve 4 tekerrür olmak üzere toplam 72 parsel ve her tekerrürde 25 bitki olacak şekilde toplam 1800 bitki ile çalışılmıştır. Parseller hazırlandıktan sonra dikimden önce, araştırmanın yürütüldüğü deneme alanında bulunan havuzdan yararlanarak, su dinamosu kullanılarak damla sulama sistemi kurulmuştur.

3.2.6. Bitki gelişim parametreleri ve verimin belirlenmesi

Pazarlanabilir ebada gelmiş sıkı baş oluşturmuş lahanalar (Şekil 3.2) 10.10.2013 tarihinde bütün parsellerde kenar tesiri bırakıldıktan sonra ortada kalan bitkilerden tesadüfen 5 bitki alınarak (Şekil 3.3) Bahçe Bitkileri Bölümüne ait laboratuara getirilmiştir. Laboratuarda aşağıda belirtilen ölçüm ve tartımlar yapılmıştır (Şekil 3.4).

Bitki Ağırlığı: Toprak yüzeyinden sökülen bitki bütün olarak tartılarak g olarak belirlenmiştir.

Baş Ağırlığı: Başlar tartılarak g olarak belirlenmiştir.

Baş çapı: Dış yapraklardan temizlenen başın en geniş kısmı cetvel ile ölçülüp cm olarak tespit edilmiştir.

Baş yüksekliği: Dış yapraklardan temizlenen başın alt ve üst kısmı arasındaki mesafe cetvel ile ölçölüp cm olarak saptanmıştır.

Baş indeksi: Baş çapının baş yüksekliğine bölünmesi ile belirlenmiştir.

Gövde çapı: Gövdenin ortasından kumpas ile ölçölüp cm olarak tespit edilmiştir.

Gövde Yüksekliği: Gövdenin toprak yüzeyinden başın altına kadar olan kısmı cetvel yardımı ile ölçölüp cm olarak belirlenmiştir.

Açık yaprak sayısı: Hasat edilen bitkilerde baş sarmayan yapraklar sayılarak adet olarak saptanmıştır.

Açık yaprak ağırlığı: Hasat edilen bitkilerde baş sarmayan yapraklar tartılıp g olarak belirlenmiştir.

Klorofil miktarı: Bitki yapraklarının klorofil içeriği, hasattan bir gün önce (SPAD-502, Konica Minolta Sensing, Inc., Japan) marka SPAD-502 klorofil metre ile belirlenmiştir.

Lahana bitkileri baş bağlama döneminde tüm parsellerden bitki örnekleri (açık yaprak ve baştan) ve her parselde bitkilerin kök bölgesinden toprak örnekleri alınmıştır. Alınan yaprak ve baş numuneleri fırında 68°C’de kurutulmuştur. Daha sonra bitki örneklerine ait makro ve mikro element analizleri ve nitrat analizleri yapılmıştır.



Şekil 3.2. Hasat döneminde sıkı baş oluşturmuş lahana bitkisi (Orijinal resim)



Şekil 3.3. Hasadı yapılmış lahana bitkileri (Orijinal resim)



Şekil 3.4. Ölçüm ve tartımlar için hazırlanan lahana başları (orijinal resim)

3.3. Bitki Analizleri

3.3.1. Kuru madde miktarı

Bitkilerin kuru madde miktarları, 68°C’de 48 saat süreyle kurutulduktan sonra tartılarak Kacar (1972)’a göre belirlenmiştir.

3.3.2. Toplam azot

Bitki örneklerinin toplam azot içerikleri salisilik-sülfürik asit ile yaş yakmaya tabi tutulduktan sonra mikro kjheldahl yöntemiyle (AOAC 2005) belirlenmiştir.

3.3.3. Nitrat analizi

20 g örnek tartılıp havanda ezilmiş üzerine 100 ml saf su konarak karıştırılmıştır, berrak kısımdan 5 ml alınıp bir tüpe konarak üzerine rengini gidermek için bir spatül ucu aktif kömür eklenmiştir. 80°C’de suda 5 dk bekletilip, Vortex cihazında karıştırılmış ve santrifujlenerek üstteki berrak kısımdan 1 ml alınıp nitrat test kiti ile (Nitrat Testi, Merckoquant®/Metot: Analitik test şeridi) reflektrometrede okunarak belirlenmiştir (AOAC 2005).

3.3.4. Bitkide diğer elementler (P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu)

Bitki örneklerinin P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn ve Cu içerikleri nitrik asit-hidrojen peroksit (2:3) asit ile 3 farklı adımda (1. adım; 145°C’de %75 mikrodalga gücün de 5 dakika, 2. adım; 180°C’de %90 mikrodalga gücün de 10 dakika ve 3. adım 100°C’de %40 mikrodalga gücün de 10 dakika) 40 bar basınca dayanıklı mikrowave yaş yakma ünitesinde (speedwave MWS-2 Berghof productts + Instruments Harresstr.1. 72800 Enien Gernmany) tabi tutulduktan (Mertens 2005a) sonra (P, K, Ca, Mg, Na, Fe, Mn, Zn, Cu) ICP OES spektrofotometresinde (Inductively Couple Plasma spectrophotometer) (Perkin-Elmer, Optima 2100 DV, ICP/OES, Shelton, CT 06484-4794, USA) okunmak suretiyle belirlenmiştir (Mertens 2005b).

3.4. Azot kullanım etkinliği

Azot kullanım etkinliği (AKE), aşağıdaki şekilde hesaplanmıştır (Dobermann 2007);

$$AKE=(Y-Y_0)/F$$

Y=Uygulanan gübre miktarındaki verim,

Y₀= azotsuz verim

F=Uygulanan gübre miktarı

3.5. İstatistiksel Değerlendirme

Deneme Tesadüf blokları deneme desenine göre, 6 azotlu gübre uygulaması (0, 4, 8, 12, 16 ve 20 kg/da), 3 uygulama şekli (kontrol (uygulama yok), tohum kaplama, fide) (6x3 faktöriyel deneme deseni) ve 4 tekerrürlü yürütülmüştür. Denemeden elde edilen veriler SPSS 15 paket program kullanılarak varyans analizine tabi tutulmuş (ANOVA), ortalamalar Duncan çoklu karşılaştırma testi ile karşılaştırılmış, ayrıca bazı veriler regrasyon analizlerine tabi tutulmuştur.



4. ARAŞTIRMA BULGULARI

4.1. PGPR ve Azot Uygulamalarının Lahanada Verim, Bitki Gelişimi ve Klorofil Değeri Üzerine Etkisi

PGPR ve azot uygulamalarının lahanada verim, bitki gelişimi ve klorofil değeri üzerine etkisi Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3’de gösterilmiştir. Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2 incelendiğinde lahanada verim, baş ağırlığı, bitki ağırlığı, baş çapı, baş yüksekliği, gövde çapı, gövde yüksekliği, açık yaprak sayısı ve açık yaprak ağırlığının azot ve PGPR uygulamalarından istatistiksel olarak etkilendiği görülmektedir.

Çizelge 4.1. PGPR ve azot uygulamalarının lahanada verim, baş ağırlığı, bitki ağırlığı, baş çapı ve baş yüksekliği üzerine etkisi

PGPR	Azot Dozu kg/da	Toplam Verim kg/da	Baş Ağırlığı g	Bitki Ağırlığı kg/bitki	Baş Çapı cm	Baş Yüksekliği cm
	0	2597.25m***	865.75m***	1895.00n***	15.50h***	12.75g***
	4	3560.25k	1186.75k	2546.00k	17.43g	14.18f
	8	6090.75h	2030.25h	3795.50h	21.13f	15.58e
	12	7731.00f	2577.25f	4251.25f	23.30d	17.63d
	16	8608.50d	2869.50d	4686.00d	24.30c	20.15c
	20	7837.50f	2612.50f	4385.00e	21.13f	18.05d
Kont.	Ort	6070.88C***	2023.67C***	3593.13C***	20.46C***	16.39C***
	0	3098.25l	1032.75l	2219.50m	16.73g	14.23f
	4	4098.75j	1371.50j	2866.75j	22.00e	16.23e
	8	7168.50g	2389.50g	4054.25g	23.42d	17.83d
	12	8437.50d	2812.50d	4656.00d	24.43bc	20.10c
	16	9665.25b	3221.75b	5147.50b	25.13b	22.02b
	20	8163.75e	2721.25e	4421.75e	22.88d	18.28d
Toh.	Ort	6772.00B	2258.21B	3894.29B	22.43B	18.11B
	0	3391.50k	1130.50k	2451.25l	17.13g	14.15f
	4	4774.50i	1591.50i	3193.25i	22.03e	17.50d
	8	7740.00f	2580.00f	4355.00e	24.53bc	19.30c
	12	9242.25c	3080.75c	5051.25c	25.18b	21.43b
	16	10110.00a	3370.00a	5444.50a	25.95a	22.95a
	20	9777.75b	3259.25b	4726.75d	24.68bc	18.13d
Fide	Ort	7506.00A	2502.00A	4203.67A	23.25A	18.91A

***: p<0,001

Çizelge 4.2. PGPR ve azot uygulamalarının lahanada gövde çapı, gövde yüksekliği, açık yaprak sayısı, açık yaprak ağırlığı ve baş indeksi üzerine etkisi

PGPR	Azot Dozu	Gövde Çapı	Gövde Yüksekliği	Açık Yap. Sayısı	Açık Yaprak Ağırlığı	Baş indeksi
	kg/da	mm	cm	adet	g	
Kont.	0	30.69h***	47.32gh***	15.75 g***	851.00n***	1.22
	4	32.13gh	51.08fg	18.00ef	1158.50l	1.23
	8	34.72fg	56.83de	20.75abc	1306.75j	1.36
	12	37.23cd	57.52cd	20.75abc	1564.00g	1.32
	16	38.23bc	58.89bcd	20.50bcd	1651.00f	1.21
	20	34.63fg	58.88bcd	19.00c-f	1483.25h	1.18
	Ort.	34.60B***	55.09B**	19.13B**	1335.75C***	1.25^{NS}
Toh.	0	33.54fg	46.72h	17.25fg	1062.00m	1.18
	4	36.05ef	52.50f	18.50ef	1308.75j	1.36
	8	38.31bc	59.42bcd	21.75ab	1491.25h	1.32
	12	40.41a	58.79bcd	22.63a	1801.50d	1.22
	16	40.74a	60.33bcd	22.25ab	1871.75c	1.14
	20	36.95cd	64.78a	19.25cde	1635.50f	1.25
	Ort.	37.67A	57.09A	20.27A	1528.46B	1.24
Fide	0	34.64fg	50.66fg	18.00ef	1238.75k	1.21
	4	36.99cd	53.65ef	18.75def	1413.75i	1.26
	8	37.84cd	58.19bcd	21.50ab	1627.75f	1.27
	12	39.63ab	60.18bcd	22.25ab	1921.75b	1.18
	16	40.71a	61.68abc	21.75ab	2001.25a	1.13
	20	35.16fg	62.15ab	18.50ef	1699.75e	1.36
	Ort.	37.49A	57.75A	20.13A	1650.50A	1.24

***: p<0,001, *: p<0,05 ns: önemli değil

Tohumdan PGPR uygulamaları baş indeksi hariç incelenen tüm parametreleri kontrol uygulamasına göre istatistiksel olarak arttırdığı tespit edilmiştir. Azot dozları kendi arasında karşılaştırıldığında genellikle azot dozu dekara 16 kg a kadar arttıkça incelenen parametrelerinde arttığı görülmekte, 16 kg dan sonra bu değerler genellikle sabit kalmış yada azalma yönünde bir seyir izlemiştir.

Çizelge 4.3 incelendiğinde, tarla denemelerinde PGPR ve azot dozlarının lahanada, kuru madde oranı ve klorofil değerini istatistiksel olarak etkilediği görülecektir. Çalışmanın

yapıldığı yılda tohum PGPR uygulamaları kontrol uygulamasına göre kuru madde oranı ve klorofil değerlerini önemli düzeyde artırdığı belirlenmiştir.

Azot dozları kendi arasında karşılaştırıldığında lahanada, kuru madde oranı ve klorofil değeri bakımından en etkili dozların genellikle dekara 8, 12 veya 16 kg uygulamalarında meydana geldiği saptanmıştır.

Çizelge 4.3. PGPR ve azot uygulamalarının lahanada kuru madde oranı ve klorofil değeri üzerine etkisi üzerine etkisi

PGPR	Azot Dozu kg/da	Kuru madde %	Klorofil (SPAD)
Kontrol	0	8.62d***	34.03k***
	4	9.37bc	42.95ij
	8	9.41bc	46.13fgh
	12	9.67ab	49.98b-e
	16	8.98cd	49.25cde
	20	8.54d	48.78c-f
	Ort.	9.10C***	45.18C***
Tohum	0	8.90d	44.13j
	4	9.62ab	44.33hi
	8	9.65ab	47.05e-h
	12	9.74ab	51.83bc
	16	9.44bc	51.35bc
	20	8.57d	50.00b-e
	Ort.	9.32B	47.61B
Fide	0	9.58ab	45.05ghi
	4	9.66ab	48.03d-g
	8	9.63ab	52.50ab
	12	9.97a	54.73a
	16	9.63ab	51.63bc
	20	8.61d	50.48bcd
	Ort.	9.51A	50.40A

***: p<0,001

4.2. PGPR ve Azot Uygulamalarının Hasat Döneminde Lahana Başlarında Makro, Mikro Besin Elementi ve Nitrat İçeriği Üzerine Etkisi

Farklı azot dozu ve bakteri uygulamalarının hasat döneminde lahana başlarında makro ve mikro besin elementi içeriği üzerine etkisi Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5’de gösterilmiştir. Çizelgeler incelendiğinde tohum PGPR ve farklı azot dozu uygulamalarının hasat döneminde lahana başlarında N, Na, K, Ca, Zn, Mg, P, Fe, Cu, Mn ve NO₃ içeriğini istatistiksel anlamda önemli düzeyde etkilediği görülmektedir.

Yürütülen denemelerde PGPR uygulamalarının kontrol uygulamasına göre hasat dönemi lahana başlarında NO₃ ve Na içeriği hariç N, K, Ca, Zn, Mg, P, Fe, Cu ve Mn içeriklerini istatistiksel olarak artırdığı tespit edilmiştir. Araştırmada ayrıca, PGPR uygulamalarının kontrol uygulamasına göre lahana başlarında NO₃ ve Na içeriğini önemli derecede azalttığı saptanmıştır (Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5).

Yürütülen denemede elde edilen verilerde azot dozları kendi aralarında karşılaştırıldığında, uygulanan azot dozlarının artışına paralel olarak lahana başlarında N içeriğinin de arttığı tespit edilmiştir. Çalışmada hasat döneminde lahana başlarında K, Ca, Zn, Fe, Mg, P ve Cu ve Mn içeriklerinin genellikle uygulanan azot dozunun 16-20 kg a kadar artması ile artış gösterdiği ve (Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5) hasat döneminde lahana başlarında NO₃ içeriğinin artan azot dozuna paralel olarak arttığı belirlenmiştir.

Yapılan denemede en fazla N içeriği %3.34 ile tohum PGPR-16 kg/da azot uygulamasında meydana gelmiştir. Lahana başlarında en düşük N içeriği ise %2.77 ile kontrol 0 kg/da uygulamasında tespit edilmiştir. En fazla K içeriği 22568.71 mg/kg ile tohum PGPR-12 kg/da, en fazla Ca içeriği 19461.54 mg/kg ile tohum PGPR-16 kg/da, en fazla Mg içeriği 1145.9 mg/kg ile tohum PGPR-16 kg/da ve en fazla P içeriği ise 2450.13 mg/kg ile tohum PGPR-16 kg/da uygulamasında meydana geldiği saptanmıştır (Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5).

Çizelge 4.4. PGPR ve azot uygulamalarının lahanada başlarında N, Na, K, Ca, Mg ve P içeriğine etkisi

PGPR	Azot Dozu	N	Na	K	Ca	Mg	P
	Kg/da	%					
	0	2.77g***	460.98bg***	16583.29f***	15836.3cd***	795.1b*	1992.06i***
	4	2.80fg	472.46b-g	18068.05def	15045.64d	753.9b	2148.04gh
	8	2.86efg	454.66b-g	17376.21ef	15691.10cd	915.3ab	2213.10d-h
Kont.	12	2.98d-g	571.76a	18374.36b-e	16923.50bcd	799.5b	2147.35gh
	16	2.99d-g	534.09ab	18723.43b-e	16594.58bcd	801.7b	2271.20c-g
	20	3.06b-e	518.31a-d	18641.83b-e	18297.68ab	804.7b	2273.02c-g
	Ort.	2.91B***	502.04A***	17961.2B***	16398.14B***	811.7C***	2174.13B***
	0	2.99d-g	432.18d-g	18492.86b-e	16836.66bcd	842.9b	2177.79fgh
	4	3.03c-f	422.39fg	19076.21bcd	17000.18bc	843.8b	2253.14c-g
	8	3.07b-e	425.76fg	19653.98bcd	17405.24bc	798.8b	2344.21b-e
Toh.	12	3.05b-e	413.58fg	22568.71a	17500.51bc	888.3b	2356.76b
	16	3.34a	514.57a-e	19591.93bcd	19461.54a	1145.9ab	2450.13ab
	20	3.15a-d	403.31g	19963.71b	18265.06ab	963.7ab	2306.23c-f
	Ort.	3.10A	435.30C	19891.23A	17744.87A	913.9B	2314.71A
	0	3.05 b-e	494.10 a-f	17375.44ef	15778.11 cd	1341.3a	2094.20h1
	4	2.95 d-g	427.78 e-g	18264.12cde	16140.89 cd	1012.2ab	2227.25d-g
	8	3.09 b-e	467.82 b-g	18723.23 b-e	17273.00 bc	1204.3ab	2375.30bc
Fide	12	3.15 a-d	451.47 b-g	19802.36 bc	18361.40ab	1124.3ab	2267.85c-g
	16	3.27 ab	441.85 c-g	18405.04 b-e	18537.05ab	980.0ab	2510.93a
	20	3.26 abc	524.10 abc	18597.42 b-e	16666.76bcd	1349.5a	2334.02b-e
	Ort.	3.13 A	467.85 B	18527.93 A	17126.20A	1168.6A	2301.59A

***: p<0,001

Çizelge 4.5. PGPR ve azot uygulamalarının lahanada Fe, Cu, Mn, Zn ve NO₃ içeriğine etkisi

PGPR	Azot Dozu Kg/da	Fe	Cu	Mn	Zn	NO ₃
mg/kg						
Kont.	0	65.60j***	11.03i***	15.81g***	11.19h***	2077.96fgh***
	4	74.04i	12.10gh ₁	17.26fg	14.83ef	2159.26d-g
	8	85.14gh	11.49h ₁	19.54bcd	13.34fg	2287.69cd
	12	104.50d	12.65e-h	18.83c-f	15.33e	2389.66bc
	16	114.17b	12.71e-h	21.43a	18.50b	2537.95b
	20	92.86ef	12.60fgh	18.40c-f	16.36cde	2695.11a
	Ort.	89.38C***	12.10C***	18.55B**	14.93C***	2357.94A***
Toh.	0	75.88i	13.89b-f	18.47c-f	17.73bc	1808.28jk
	4	82.48h	15.13b	19.47cd	18.82b	1746.28k
	8	90.42f	14.50bcd	20.11abc	18.81b	1902.65ijk
	12	111.71bc	14.96bc	18.87c-f	18.76b	2024.89gh ₁
	16	109.72c	13.63c-f	21.31ab	22.36a	2262.47cde
	20	90.17f	16.95a	18.04def	18.95b	2092.60e-h
	Ort.	93.40B	14.84A	19.38A	19.24A	1972.95C
Fide	0	76.56i	11.50h ₁	17.45efg	12.45gh	1956.36hij
	4	86.58g	13.32d-g	19.11c-f	16.15cde	2059.97f- ₁
	8	95.60e	13.33d-g	20.02abc	16.35cde	2168.45d-g
	12	112.72bc	14.07b-e	19.29cde	17.48bcd	2195.69d-g
	16	120.96a	14.46bcd	21.59a	18.63b	2215.84def
	20	104.28d	11.89h ₁	19.55bcd	15.64de	2201.66d-g
	Ort.	99.45A	13.10B	19.50A	16.12B	2132.99B

***: p<0,001, **: p<0,01

4.3. PGPR ve Azot Uygulamalarının Azot Kullanım Etkinliği Parametreleri Üzerine Etkisi

Çalışmada PGPR ve farklı azot dozu uygulamalarının azot kullanım etkinliği üzerine etkisi Çizelge 4.6 da sunulmuştur. Çizelge 4.6 incelendiğinde tohum PGPR ve farklı azot dozu uygulamalarının projede incelenen azot kullanım ve geri dönüşüm etkinliği üzerine etkisinin istatistiksel anlamda önemli olduğu görülmektedir. Çalışmada, PGPR uygulamaları lahanada azot kullanım etkinliğini kontrol uygulamasına göre istatistiksel olarak artırdığı belirlenmiştir (Çizelge 4.6).

Azot dozları kendi arasında karşılaştırıldığında, azot kullanım ve geri dönüşüm etkinliği değerlerinin kullanılan azot dozunun artışına ters orantılı olarak azaldığı görülmektedir. En yüksek azot kullanım ve geri dönüşüm etkinliği değerlerinin dekara 4 yada 8 kg azot kullanılan uygulamalardan elde edildiği tespit edilmiştir (Çizelge 4.6).

Çizelge 4.6. PGPR ve azot uygulamalarının azot kullanım etkinliği üzerine etkisi

PGPR	Azot Dozu (kg/da)	Azot Kullanım Etkinliği
Kontrol	4	240.75h***
	8	436.69de
	12	427.81de
	16	375.67e
	20	262.01g
	Ortalama	348.59C***
Tohum	4	375.38e
	8	571.34b
	12	486.65c
	16	441.75d
	20	278.33fg
	Ortalama	430.69B
Fide	4	544.31bc
	8	642.84a
	12	553.73bc
	16	469.55cd
	20	359.03ef
	Ortalama	513.89A

***: p<0,001

5. TARTIŞMA ve SONUÇ

Azot diğer tarım ürünlerinin yetiştiriciliğinde olduğu gibi sebze yetiştiriciliğinde de en fazla kullanılan besin elementi olup, noksanlığında ürün ve kalite kayıpları ortaya çıkmaktadır (Mengel 1991). Buna karşın bitkiye uygulanan azot miktarının bitkinin gerçek ihtiyacı ve toprakta bulunan azot miktarı dikkate alınmadan belirlenmesi durumunda bazı bitkiler tarafından aşırı azot alımı sonucunda nitrat birikimi söz konusu olmaktadır. Toprakta kalan azotun ise yıkanması sonucunda taban suyunda nitrat birikimine neden olabilmektedir. Azot gübresi üretimi ve kullanımı ile birlikte artan çevre tahribi alternatif teknolojilerin geliştirilmesini zorunlu kılmakta, gübre azotuna çevresel olarak kabul edilebilir biyolojik kaynakların araştırılması, adaptasyonu, geliştirilmesi ve benimsenmesini önemli bir hedef haline getirmektedir

Azot dünyanın hemen hemen tamamında noksanlığı duyulan ve üretimi etkileyen temel bitki besin maddesidir. Lahananın gübre isteği diğer sebzelere göre nispeten fazladır ve özellikle azotlu gübre uygulamalarına hassastır. Aşırı azot uygulamaları gevşek baş oluşumuna uç yanıklığı gibi bir takım fizyolojik bozuklara neden olmaktadır (McCollum 1992).

5.1. PGPR ve Azot Uygulamalarının Lahanada Verim, Bitki Gelişimi ve Klorofil Değeri Üzerine Etkisi

Araştırmada baş indeksi hariç lahanada verim, baş ağırlığı, bitki ağırlığı, baş çapı, baş yüksekliği, gövde çapı, gövde yüksekliği, açık yaprak sayısı ve açık yaprak ağırlığının azot ve PGPR uygulamalarından istatistiksel olarak etkilendiği görülmektedir (Çizelge 4.1 ve Çizelge 4.2). Çalışmada, PGPR uygulamalarının lahanada bitki büyümesini ve verimi PGPR uygulanmayan kontrol uygulamasına göre istatistiksel anlamda artırdığı saptanmıştır.

Çalışmadan elde edilen verilere paralel olarak azot fiske eden yada fosfor çözünürlüğünü sağlayan farklı PGPR ırklarının kullanıldığı çalışmalarda buğday, arpa, şeker pancarı ve mısır gibi bitkilerde bitki gelişimi ve verimin olumlu olarak etkilendiği rapor edilmiştir (Çakmakçı vd 2001; Öztürk vd 2003). Çakmakçı vd (2007a) arpa bitkisine 5 farklı azot fikseden (*Bacillus licheniformis* RC02, *Rhodobacter capsulatus* RC04, *Paenibacillus polymyxa* RC05, *Pseudomonas putida* RC06 ve *Bacillus* OSU-142) ve 2 farklı fosfor çözünürlüğünü sağlayan (*Bacillus megaterium* RC01 ve *Bacillus* M-13) bakterinin tohum uygulamalarının kontrol ve mineral gübre uygulamaları ile karşılaştırdıkları çalışmada, söz konusu bakteri uygulamalarının kontrole göre toprak altı ve toprak üstü bitki gelişimini önemli oranda artırdığı, bu artışta mikroorganizmalar tarafından sentezlenen hormonların (IAA) önemli etkiye sahip olabileceği ve bu bakterilerin tarımda kullanılabileceği ileri sürülmüştür. Sera koşullarında yürütülen bir araştırmada, tohumdan PGPR uygulamasının şeker pancarı kök ağırlığını kontrol uygulamasına göre %2.8-46.7 oranında artırdığı rapor edilmiştir (Çakmakçı vd 2005). Bir başka araştırmada ise *Pseudomonas* ve *Bacillus* PGPR ırkları buğday, şeker pancarı ve ıspanak bitkilerine uygulanmış yine yüksek oranda verim artışı elde edilmiştir (Çakmakçı vd 2001). Ayrıca, PGPR inokulasyonunun buğday ve ıspanak yaprak alanını %6-47 ve %5-49, gövde ağırlığını ise %16-54 ve %2-23 oranında artırdığı belirlenmiştir (Çakmakçı vd 2006b). PGPR uygulamalarının fasulyede kök ve gövde kuru ağırlığını (Vedder-Weiss *et al.* 1999), soğanda kök ve yaprak kuru ağırlığını (Reddy and Rahe, 1989), marul, hıyar ve domateste kök ve gövde ağırlığını (Van Peer and Schippers 1998), domates ve hıyarda meyve sayısını ve verimi (Gagné *et al.* 1993; McCullough vd 1996), reyhanda taze ve kuru ağırlığı ve yaprak alanını (Golpayegani and Tilebeni 2011) artırdığı ileri sürülmüştür. Yapılan diğer bir araştırmada da, buğdayda *Azotobacter* uygulamasıyla verimde %30, *Bacillus* uygulamasıyla %43 verimde artış sağlandığı tespit edilmiştir (Kloepper and Beauchamp 1992).

Çalışmamızdan elde edilen sonuçlara paralel olarak tarla şartlarında yürütülen bir araştırmada azot fikseden ve fosfor çözen üç farklı PGPR ırkının brokolide bitki gelişimi ve verimi kontrol uygulamasına göre önemli düzeyde artırdığı tespit edilmiştir (Yıldırım vd 2011a).

Bacillus cereus, *Bacillus subtilis* ve *Paenibacillus polymyxa* gibi bazı PGPR ırklarının tohum uygulamasının buğday ve ıspanakta kök ve sürgün ağırlığını, bitki boyunu ve yaprak alanını artırdığı ve bu artışın bakterilerin azot fiksetme, fitohormon üretme ve fosfor çözünürlüğünü artırma özelliklerinden kaynaklandığı ileri sürülmüştür (Çakmakçı vd 2007b). Kannahi and Kowsalya (2013) IAA üreten ve katalaz aktivitesi gösteren *Pseudomonas fluorescens* ve *Bacillus subtilis* bakteri uygulamalarının kara fasulyede (*Vigna mungo*) bitki yüksekliği, yaprak sayısını, sürgün uzunluğunu, kök uzunluğunu, kök sayısını ve kök uzunluğunu artırdığını tespit etmiştir. Yine PGPR uygulamalarının kontrole göre fasulyede verimi %41.4 protein miktarını da %16.4 artırdığı tespit edilmiştir (Stefan *et al.* 2013).

Sera koşullarında yürütülen başka bir çalışmada, *Acinetobacter calcoaceticus* bakteri uygulamasının çin lahanası ve hiyarda bitki gelişimini artırdığı ve bu artışın söz konusu bakteri ırkının giberallin salgılayarak ve ortamda bulunan çözünmez formdaki fosforu bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürerek yaptığı bildirilmiştir (Kang *et al.* 2009). Tuzlu şartlarda yetiştirilen turp ve marulda (Yıldırım *et al.* 2008a, 2008b; Yıldırım vd 2011b) PGPR uygulamalarının tuz stresinin etkisini azalttığı, bitki gelişimi ve verimi uygulama yapılmayan kontrole göre önemli düzeyde artırdığı rapor edilmiştir.

Paenibacillus polymyxa üzerinde yapılan bir araştırmada ise bakterinin azot fiske ettiği, antibiyotik, sitokinin ve IAA ürettiği, bitkilerin kök ve gövde gelişimini teşvik ettiği belirlenmiştir (Sudha *et al.* 1999; Timmusk *et al.* 1999). Çalışmamızda kullanılan *Paenibacillus polymyxa* RC14 ırkının da benzer şekilde azot fiksettiği ve IAA ürettiği, tespit edilmiş ve lahanada bitki gelişimi ve verimdeki artışın bu özelliklerden kaynaklanabileceği düşünülmektedir.

Bitki gelişimi üzerine PGPR uygulamalarının pozitif etkisinin genellikle kök morfolojisindeki önemli değişikliklere yol açmasından kaynaklandığı bu değişimlerin daha çok saçak kök sayısı ve uzunluğu ile yan kök oluşumunu teşvik etmesiyle ortaya çıktığı ve bütün bunların bitkide toprak üstü aksam gelişimini de olumlu etkilediği bir

çok araştırmacı tarafından vurgulanmıştır (Okon and Vanderleyden 1997; Tien *et al.* 1979; de Freitas and Germida 1990; Pacovsky 1990; Bertrand *et al.* 2000).

Çalışmamızda azot uygulamalarının lahanada verim, bitki gelişimi ve klorofil değerini önemli düzeyde etkilediği ve genellikle azot dozundaki artışa paralel olarak bu değerlerinde arttığı görülmektedir (Çizelge 4.1, Çizelge 4.2 ve Çizelge 4.3). Tüm canlı formlarının temeli olan protein ve nükleik asitlerin esas kısmını azot oluşturmaktadır. Azot sebze yetiştiriciliğinde en fazla kullanılan besin elementi olup, noksanlığında ürün ve kalite kayıpları ortaya çıkmaktadır (Mengel 1991). Lahananın azotlu gübre uygulamalarına hassas olan bir sebze türü olarak kabul edilmektedir (McCollum 1992). Nitekim, yapılan araştırmalar azot uygulamalarının lahanada verim ve kaliteyi önemli ölçüde etkilediği ve genellikle azot dozundaki artışa paralel olarak bitki büyümesi ve verimin arttığı, bununla birlikte aşırı azot uygulamalarında lahanada nitrat birikimi gibi bazı olumsuzluklara yol açabildiği bildirilmiştir (Turan 2002; Atasonova 2008; Bimova and Pokluda 2009).

Çalışmamızda, PGPR uygulamalarının lahanada klorofil değerini kontrol uygulamasına göre artırdığı tespit edilmiştir. Azot dozları bakımından en etkili dozların genellikle dekara 8, 12 veya 16 kg uygulamalarında meydana geldiği saptanmıştır (Çizelge 4.3). Fosfor çözen ve IAA üreten iki PGPR ırkının fasulyede tohum kaplamla şeklinde uygulandığı bir araştırmada, PGPR uygulamalarının kontrole göre fasulyede fotosentez etkinliğini, transpirasyonu, su kullanım etkinliğini ve klorofil miktarını önemli ölçüde artırdığı belirlenmiştir (Stefan *et al.* 2013). Tuzlu şartlarda yetiştirilen turp ve marulda PGPR uygulamalarının klorofil miktarını artırdığı ileri sürülmüştür (Yıldırım vd 2008a; 2008b; Yıldırım vd 2011b).

5.2. PGPR ve Azot Uygulamalarının Lahanada Besin Elementi İçeriği Üzerine Etkisi

Araştırmada, PGPR ve farklı azot dozu uygulamalarının hasat döneminde lahanada başlarında makro ve mikro besin elementi içeriğini istatistiksel olarak önemli düzeyde etkilediği belirlenmiştir (Çizelge 4.4 ve Çizelge 4.5). PGPR uygulamalarının lahanada başlarında besin elementi içeriğini genellikle önemli düzeyde artırdığı saptanmıştır. Denemelerde ayrıca, PGPR uygulamalarının lahanada Na ve nitrat içeriğini kontrol uygulamasına göre azalttığı tespit edilmiştir. Çalışmadan elde edilen bulgulara paralel olarak PGPR uygulamalarının mısırdaki (Egamberdiyeva 2007), lahanada fidelerinde (Turan vd 2014), çilekte (Karlıdağ vd 2011), brokolide (Yıldırım vd 2011a), turpta (Yıldırım vd 2008a), fasulyede (Stefan *et al.* 2013) ve yine tuz stresi altında yetiştirilen turp ve marulda (Yıldırım vd 2008a, 2008b; Yıldırım vd 2011b) besin maddesi alımını artırdığı rapor edilmiştir. Tohumdan azot fikseden ve fosfor çözünürlüğünü artıran farklı PGPR uygulamalarının arpada (Çakmakçı vd 2007a) mineral madde alımını artırdığı belirlenmiştir. PGPR uygulamalarının bir çok bitkide azot fiksasyonunun yanında bitkinin P, K, S, Fe, Cu gibi makro ve mikro besin maddesi alımını artırdığını ileri sürülmüştür (Saharan and Nehra 2011; Vacheron *et al.* 2013). Benzer şekilde daha önce yürütülen araştırmalarda azot fikseden ve fosfor çözünürlüğünü artıran PGPR uygulamalarının nohutta (Elkoca vd 2010), domateste (Adesemoye *et al.* 2010), marulda (Lai *et al.* 2008) ve çilekte (Güneş vd 2009) N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn, Zn ve Cu gibi besin element içeriklerini artırdığı gösterilmiştir. Golpayegani ve Tilebeni (2011) reyhanda *Pseudomonades* sp. ve *Bacillus lentus* PGPR ırklarının tohum uygulamasının bitkide N, P, K, Ca gibi besin elementi içeriğini artırdığını ileri sürmüşlerdir.

Bitki besin elementlerinin bitki tarafından alınması temel olarak kök gelişimine ve ortamda besin maddesi bulunmasına bağlıdır. Yine yapılan bir çok çalışma farklı şekilde uygulanan PGPR uygulamalarının farklı bitkilerde besin maddesi alımını artırdığını tespit etmişlerdir (Grichko and Glick 2001; Egamberdiyeva and Hoflich 2003; Mayak *et al.* 2004). Adesemoye *et al.* (2008) azot fikseden bakterilerin bitki tarafından azot alımını artırdığı ve bitkideki azot muhtevastaki artışın azot kullanım

etkinliğindeki artıştan kaynaklanıldığını belirtmiştir. Saubidet and (2002) *Azospirillum brasilense* uygulamasının buğdayda azot alımını artırdığını belirlemiştir.

PGPR'lerin çoğunluğu kök gelişimini artırarak bitkilerin ortamda bulunan besin elementlerinden daha etkin yararlanmalarını sağlamaktadırlar (Adesemoye *et al.* 2009). Araştırmalar, oksin sentezleyen PGPR'lerin kök gelişmesini teşvik ederek mineral madde alımını artırdığını göstermiştir (Vikram 2007). PGPR'lerin sitokinin ve giberallin sentezlemesi de kök morfolojisini ve gelişimini olumlu etkileyebileceğini bu durumda besin elementi alımını artırabileceği bildirilmektedir (Steenhoudt and Vanderleyden 2000).

Bazı PGPR ırklarının siderophore üretilmelerinden dolayı bitkiler için Fe, Ca, Mg ve K gibi besin elementi alınabilirliğini artırdıkları ileri sürülmüştür (Glick 1995; Lucy *et al.* 2004; Khan 2005). Vacheron *et al.* (2013) bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin azot fiske ederek yada fosforun çözünürlüğünü artırarak rizosferdeki besin maddesi miktarını artırabileceğini veya köklerdeki iyon taşınımını uyartabileceğini kaydetmişlerdir.

Araştırmamızda PGPR uygulamalarının lahanada başlarında NO_3 ve Na içeriğini azalttığı belirlenmiştir (Çizelge 4.5). PGPR uygulamalarının kabak ve turpta K ve Ca alımını artırdığı ve Na alımını azalttığı bildirilmiştir (Yıldırım vd 2006, 2008a). Bununla birlikte *Achromobacter* sp. U80417 ırkı ile inokulasyonun kanolada $\text{NO}_3\text{-N}$ formunda azot alımını artırdığı ancak nitrat birikimi yönünde bir değişimin olmadığı belirlenmiştir (Bertrand *et al.* 2000). Ashraf *et al.* (2004) eksopolisakkarit üreten bakterilerin Na alımını sınırladığını ileri sürmüştür. Mantelin *et al.* (2006) *Phyllobacterium brassicacearum* STM196 uygulamalarının belli bir süre sonra bitkide nitrat içeriğini azalttığını ileri sürmüştür. Çalışmamızda elde edilen bulgular diğer çalışmalardan elde edilen sonuçları destekler niteliktedir. Araştırmamızda azot dozundaki artışa paralel olarak lahanada nitrat içeriğinin arttığı fakat PGPR uygulamalarının nitrat içeriğini azalttığı saptanmıştır.

5.3. Azot Kullanım Etkinliği

Çalışmada, tohum PGPR uygulamalarının lahanada azot kullanım etkinliğini kontrol uygulamasına göre artırdığı belirlenmiştir. (Çizelge 4.6) Araştırmadan elde edilen bulgulara paralel şekilde sera koşullarında yürütülen bir araştırmada *Bacillus amyloliquefaciens* IN937a ve *Bacillus pumilus* T4 ırklarının domateste bitki gelişimi ve azot kullanım etkinliğini artırarak daha düşük dozda azot uygulamalarında bile etkili olduğu rapor edilmiştir. Araştırmada ayrıca, bu uygulamaların entegre gübre idaresinde kullanılabileceği önerilmiştir (Adesemoye *et al.* 2010).

Azotobacter chroococcum ve *Pseudomona putida* uygulamalarının 100, 150 ve 200 kg/ha azot dozlarında kanola yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, verim, yağ içeriği ve protein oranı üzerine etkilerinin incelendiği diğer bir çalışmada PGPR uygulamalarının verim ve bitki gelişimini kontrol uygulamasına göre sırasıyla %15.8 ve %13.7 oranlarında artırdığı tespit edilmiştir. En fazla verim *Azotobacter chroococcum* ile 200 kg/ha azot dozundan elde edilmiş, ancak PGPR uygulandığında 150 ve 200 kg azot dozları arasında verim bakımından istatistiksel anlamda önemli bir farklılık olmadığı saptanmıştır.

Çalışmadan elde edilen sonuçlar doğrultusunda PGPR kullanılması ile azotlu gübre kullanımını azaltarak evre kirliliğinin azaltılması ve sürdürülebilir tarımının geliştirilmesine katkıda bulunulabileceği ileri sürülmüştür (Naseri *et al.* 2013). Tohumdan uygulanan *Azospirillum lipoferum*, *Pseudomonas putida* ırklarının 0, 25, 50 ve 75 kg/ha azot dozlarında yetiştirilen nohutta bitki yüksekliği, tane verimi ve kökte nodulasyonu önemli düzeyde etkilediği, artan azot dozlarının verimi artırdığı ancak kök nodulasyonunun 50 kg dan sonra azaldığı belirlenmiştir (Abbasi vd 2013).

Hosam *et al.* (2013) *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis*, *Saccharomyces cerevisiae* ve *Trichoderma viride* uygulamalarının ayeğinde PGPR kullanılmamış tam gübre dozu uygulamasına göre gübre kullanım etkinliğini artırdığını belirlemiştir.

Araştırma sonunda bu bakterilerin biyogübre olarak kullanılabilmesi ve kullanılan gübre miktarını azaltılabileceği bildirilmiştir.

Tarla koşullarında yürütülen bir araştırmada, organik madde ile birlikte kullanılması durumunda brokoli yetiştiriciliğinde PGPR kullanımının kimyasal gübre kullanımını kısmen azaltılabileceği ileri sürülmüştür (Yıldırım vd 2011a).

Azot dozları kendi arasında karşılaştırıldığında, azot kullanım ve geri dönüşüm etkinliği değerlerinin kullanılan azot dozunun artışına ters orantılı olarak azaldığı görülmektedir. Gübre kullanım etkinliği birim gübreye karşı elde edilen ürün miktarındaki artışın bir göstergesi olup üstsel bir değişim (exponential) göstermesi nedeniyle belli bir doza kadar linear (bu denemede 0-8 kg/da kadar) belli bir dozdan sonra ise üstsel yada exponential olarak devam etmektedir. Elde edilen sonuca göre sürdürülebilir bir lahana yetiştiriciliğinde mikrobiyal gübre uygulamasına bağlı olarak %25 düzeyinde daha az azotlu gübre tüketimi ile %20 daha fazla verim sağlamıştır. PGPR uygulamaları ile azotlu gübre kullanımının azaltılarak çevre kirliliğinin azaltılması ve sürdürülebilir tarımının geliştirilmesine katkıda bulunulabileceği düşünülmektedir.

5.4. Sonuç

Son 10-15 yıl içinde, çevresel riskleri azaltma adına tarım ve bahçe bitkileri yetiştiriciliğinde PGPR'lerden yararlanma olasılığı artan bir ilgi olmuştur. Günümüzde PGPR'lerin bitki gelişimini teşvik mekanizmalarını anlamaya yönelik oldukça yoğun çalışmalar yapılmaktadır. İnsan sağlığı ve çevresel risklerden dolayı artan endişe büyük çapta kimyasal kullanımını sınırlandırma gerekliliğini vurgulamaktadır. Nitekim, gıda ve çevresel kirliliğe artan ilgi tarımda yoğun kullanılan sentetik kimyasalları azaltmada PGPR'leri potansiyel olarak "yeşil" alternatif olarak sunmaktadır (Kannahi and Kowsalya 2013; Carvalhais *et al.* 2013). Son yıllarda PGPR'ler sürdürülebilir ve çevre dostu tarımsal üretim teknikleri için kimyasal gübrelerle en iyi alternatif olabilecekleri bildirilmekte, onların sadece bitkilere besin maddesi sağlamakla kalmayıp aynı zamanda

hem çeşitli patojenlere dayanaklık sağladığı hem de toprak verimliliğini artırdığı görülmüştür (Das *et al.* 2013).

Çalışmamızda PGPR uygulamalarının lahanada, bitki gelişimini, verimi ve bitki besin maddesi içeriğini kontrole göre artırdığı bununla birlikte özellikle yaprağı yenilen sebzelerde önemli bir kalite kriteri olan nitrat içeriğini azalttığı belirlenmiştir. Avrupa’da olduğu gibi ülkemizde de özellikle yaprağı yenen bitkilerde bitki nitrat içeriği oldukça kritik bir öneme sahip olup, insan sağlığı ve bitki nitrat içeriği arasındaki yakın ilişkiler son zamanlarda önem verilen ve farklı teknolojilerle araştırma konusu olan güncel bir konu haline gelmiştir. Çalışmada ayrıca, PGPR uygulamalarının gübre kullanım etkinliğini artırarak daha düşük dozda azot kullanımında yüksek dozlardan elde edilen verimin elde edilebileceği ve buna ilaveten lahanada kalitenin artabileceği tespit edilmiştir.

Araştırma sonuçlarına göre, aşırı kimyasal gübre kullanımının neden olduğu çevre kirliliği ve yüksek maliyet dikkate alındığında bu çalışmada kullanılan bakteri ırkı çevre dostu tarım için oldukça ümitvar bulunmuştur.

KAYNAKLAR

- Abbasi, A., Jafari, D., Sharifi S.R. 2013. "Nitrogen rates effects and seed inoculation with *Rhizobium leguminosarum* and plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) on yield and total dry matter of Chickpea (*Cicer arietinum* L.)" Technical Journal of Engineering and Applied Sciences, 3 (23), 3275-3280.
- Adesemoye, A.O., Torbert, H.A., Kloepper J.W. 2009. "Plant Growth-Promoting Rhizobacteria Allow Reduced Application Rates of Chemical Fertilizers", Microb Ecol., 58, 921–929.
- Adesemoye, A.O., Torbert, H.A., Kloepper J.W. 2010. "Increased plantuptakeofnitrogenfrom 15N-depleted fertilizer using plant growth-promoting rhizobacteria", Applied Soil Ecology, 46, 54–58.
- Adesemoye, A.O., Torbert, H.A., Kloepper J.W. 2008. "Enhanced plant nutrient use efficiency with PGPR and AMF in an integrated nutrient management system", Can. J. Microbiol., 54, 876–886.
- Anonim, 2014a. <http://www.tuik.gov.tr> Erişim tarihi: 30.05.2014
- Anonim, 2014b. Meteoroloji Genel Müdürlüğü, Erzurum Bölge Müdürlüğü, Erzurum.
- AOAC, 2005. Official Methods of Analysis of the Association of Official Analytical Chemists. Editor: Helrich, K, Washington, DC.
- Ash, C., Priest, F.G., Collins M.D. 1993. "Molecular identification of rRNA group 3 bacilli using a PCR probe test. Proposal for the creation of a new genus *Paenibacillus*", Antonie van Leeuwenhoek, 64, 253-260.
- Ashraf, M., Berge, S.H., Mahmood O.T. 2004. "Inoculating wheat seedlings with exopolysaccharide producing bacteria restricts sodium uptake and stimulates plant growth under salt stress." Biology and Fertility of Soils, 40, 157–162.
- Atalay, İ. 1978. "Erzurum ovası ve çevresinin jeolojisi ve jeomorfolojisi" Atatürk Üni. Yayınları No:91.
- Atanasova, E. 2008. "Effect of nitrogen sources on the nitrogenous forms and accumulation of amino acid in head cabbage." Plant Soil Environ., 54, 2, 66–71 .
- Bertrand, H., Plassard, C., Pinochet, X., Touraine, B., Normand, P., Cleyet-Marel J.C. 2000. "Stimulation of the ionic transport system in Brassica napus by a plant growth-promoting rhizobacterium (*Achromobacter* sp.)", Can. J. Microbiol., 46, 229–236.
- Bimova, P., Pokluda R. 2009. "Impact of organic fertilizers on total antioxidant capacity in head cabbage", Hort. Sci. (Prague), 36, 1, 21–25.
- Boddey, R.M., Giller K.E., Cadisch, G., Alves B.J.R., Urquiaga S. 1998. pp. 599-604. Contribution of biological nitrogen fixation to tropical agriculture: in actual and potential. In Biological Nitrogen Fixation for the 21st Century. Editors: Elmerich C. et al. Kluwer Academic Pub., The Netherlands.
- Burdman, S., Jurkevitch, E. Okon Y. 2000. 10 pp 29-250. Recent advances i the use of plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) in agriculture. In Microbiol Interactions in Agriculture and Forestry, Vol II. Editors: Subba Rao N and Dommergues Y.R. Chapter Pub. Inc. UK.
- Byrnes, B.H. 1990. "Environmental effects of N fertilizer use- An Overview", Fert. Res. 26, 209-215.

- Canbolat, M., Bilen, S., Çakmakçı, R., Şahin, F., Aydın A. 2006. "Effect of plant growth promoting rhizobacteria and soil compaction on barley seedling growth, nutrient uptake, soil properties and rhizosphere microflora", *Biol Fertil Soils*, 42, 350-357.
- Carvalhais, L.C., Dennis, P.G., Fan, B., Fedoseyenko, D., Kierul, K., Becker, A., Wiren, N., Borriss R. 2013. "Linking Plant Nutritional Status to Plant-Microbe Interactions", *Plos One*, 8 (7), 1-13.
- Çakmakçı, R. 2005a. "Bitki gelişiminde fosfat çözücü bakterilerin önemi", *S. Ü. Ziraat Fak. Derg.*, 35, 93-108.
- Çakmakçı, R. 2005b. "Bitki gelişimini teşvik eden rizobakterilerin tarımda kullanımı", *Atatürk Üniv. Ziraat Fak. Derg.*, 36, 97-107.
- Çakmakçı, R., Dönmez M.F. Erdoğan G. 2007a. "The Effect of Plant Growth Rhizobacteria on Barley Seedling Growth, Nutrient Uptake, Some Soil Properties and Bacterial Counts" *Turkish Journal Agriculture and Forestry*, 31, 189-199.
- Çakmakçı, R., Dönmez, F., Aydın, A., Şahin F. 2006a. "Growth promotion of plants by plant growth-promoting rhizobacteria under greenhouse and two different field soil conditions", *Soil Biology & Biochemistry*, 38 (6), 1482-1487.
- Çakmakçı, R., Erat, M., Erdogan, Ü., Dönmez F. 2007b. "The influence of plant growth-promoting rhizobacteria on growth and enzyme activities in wheat and spinach plants", *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 170, 288-295.
- Çakmakçı, R., Erat, M., Erdoğan, Ü., Dönmez M.F. 2006b. "The influence of plant growth-promoting rhizobacteria on growth and enzyme activities in wheat and spinach plants", *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 170, 288-295.
- Çakmakçı, R., Erdoğan Ü. 2006. "Bitki gelişme promotörü Rhizobakteri kullanımındaki son gelişmeler: Organik tarım perspektif ve uygulamaları", *Türkiye 3. Organik tarım Sempozyumu*, 1-4 Kasım, Yalova.
- Çakmakçı, R., Kantar, F., Algur Ö.F. 1999. "Sugar beet and barley yield in relation to *Bacillus polymyxa* and *Bacillus megaterium* var. *phosphaticum* inoculation", *J. Plant Nutr. Soil Sci.*, 162, 437-442.
- Çakmakçı, R., Kantar, F., Şahin F. 2001. "Effect of N₂-fixing bacterial inoculations on yield of sugar beet and barley", *J. Plant Nutr., Soil Sci.*, 164, 527-531.
- Das, A.J., Kumar, M., Kumar, R., 2013. "Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR): An Alternative of Chemical Fertilizer for Sustainable, Environment Friendly Agriculture", *Research Journal of Agriculture and Forestry Sciences*, 1(4), 21-23.
- De Freitas, J.R., Germida J.J. 1990. "Plant growth-promoting rhizobacteria for winter wheat", *Canadian Journal of Microbiology* 36, 265-272.
- Dobbelaere, S., Vanderleyden, J., Yaacov Okon Y. 2003. "Plant growth-promoting effects of diazotrophs in the rhizosphere", *Critical Rev.Plant Sci.*, 22, 107-149.
- Dobermann, A., 2007. Nutrient use efficiency-measurement and management: In proceedings of IFA International Workshop on Fertilizer Best Management Practices, Brussels, Belgium.
- Egamberdiyeva, D. 2007. "The effect of plant growth promoting bacteria on growth and nutrient uptake of maize in two different soils", *Applied soil ecology*, 36: 184 – 189.

- Egamberdiyeva, D., Hoflich G. 2003. "Influence of growth-promoting bacteria on the growth of wheat in different soils and temperatures." *Soil Biol. Biochem.*, 35, 973-978.
- Elkoca, E., Turan, M., Donmez M.F. 2010. "Effects of Single, dual and triple Inoculations with *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* and *Rhizobium leguminosarum* Bv. Phaseoli on nodulation, nutrient uptake, yield and yield parameters of common bean (*Phaseolus vulgaris* L. cv. 'Elkoca-05')." *J. Plant Nutr.*, 33, 2104–2119.
- Gagné, S., Dehbi, L., Le Quéré, D., Cayer, F., Morin, J., Lemay, R., Fournier N. 1993. "Increase of greenhouse tomato fruit yields by plant growth-promoting rhizobacteria PGPR inoculated into the peat-based growing media", *Soil Biol. Biochem.*, 25, 269–272.
- Glick, B.R, Penrose, D.M., Li J. 1998. "A model for the lowering of plant ethylene concentrations by plant growth-promoting bacteria", *J. Theor. Biol.*, **190**, 63–68.
- Glick, B.R. 1995. "The enhancement of plant growth by free living bacteria", *Can. J. Microbiol.*, 41, 109-117.
- Golpayegani, A., Tilebeni H.G. 2011. "Effect of Biological Fertilizers on Biochemical and Physiological Parameters of Basil (*Ocimum basilicum* L.) Medicine Plant", *American-Eurasian J. Agric. & Environ. Sci.*, 11 (3), 445-450.
- Gouzou, L., Burtin, R., Philippy, R., Bartoly, F., Heulin T. 1993. "Effect of inoculation with *Bacillus polymyxa* on soil aggregation in the wheat rhizosphere: preliminary examination", *Geoderma*, 56, 479-491.
- Grichko, V.P., Glick B.R. 2001. "Amelioration of flooding stress by ACC deaminase-containing plant growth-promoting bacteria." *Plant Physiol Biochem*, 39, 11–17.
- Gutierrez Mañero, F.J., Ramos, B., Probanza, A., Mehouchi, J., Tadeo, F.R., Talón M. 2001. "The plant-growth promoting rhizobacteria *Bacillus pumilus* and *Bacillus licheniformis* produce high amounts of physiologically active gibberellins", *Physiol. Plantarum*, 111, 206–211.
- Güneş, A., Ataoglu, N., Turan, M., Esitken, A., Ketterings, Q.M. 2009. Effects of phosphate-solubilizing microorganisms on strawberry yield and nutrient concentrations. *J Plant Nutr Soil Sci.*, 172, 385– 392.
- Heulin, T., Berge, O., Mavingui, P., Gouzou, L., Hebbar, K.P., Balandreau J. 1994. "*Bacillus polymyxa* and *Rahnella aquatilis*, the dominant N-2-fixing bacteria associated with wheat rhizosphere in French soils", *Eur. J. Soil Biol.*, 30, 35-42.
- Hosam E.A.F., Hamuda, B., Patkó I. 2013. pp44-50. PGPR strains selection to improve plant productivity and soil quality. Agricultural Academy Food Research&Development Institute International Scientific-Practical Conference "Food, Technologies & Health", 2013 Proceedings Book.
- Kacar, B. 1972. Bitki ve Toprağın Kimyasal Analizleri. II. Bitki Analizleri. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları 453, Ankara.
- Kacar, B. 2009. Toprak Analizleri (Genişletilmiş 2. Baskı). Nobel Yayın Dağıtım. Nobel yayın No: 1387, Feb Bilimleri: 90, Nobel Bilim ve Araştırma Merkezi Yayın No: 44.
- Kang, Sang-Mo., Gil-Jae, J., Hamayun, M., Chae-In, N., Dong-Hyun, S., Kim, Y.H, H., Jin-Kyu, H., In-Jung L. 2009. "Gibberellin production and phosphate solubilization by newly isolated strain of *Acinetobacter calcoaceticus* and its

- effect on plant growth”, *Biotechnol Lett.*, 31, 277–281.
- Kannahi, M., Kowsalya M. 2013. “Efficiency of plant growth promoting rhizobacteria for the enhancement of *Vigna mungo* growth.” *Journal of Chemical and Pharmaceutical Research*, 5 (5), 46-52.
- Karlıdağ, H., EŞitken, A., Yıldırım, E., Donmez, M.F., Turan M. 2011. “Effects Of Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) On Yield, Growth, Leaf Water Content, Membrane Permeability And Ionic Composition Of Strawberry Under Saline Conditions.” *Journal of Plant Nutrition*. 34, 34-45.
- Khan, A.G. 2005. “Role of soil microbes in the rhizosphere of plants growing on the trace metal contaminated soils in the phytoremediation”, *J., Trace Elem. Med. Bio.*, 18, 355-364.
- Kloepper, J.W., Beauchamp C.J. 1992. “A review of issues related to measuring of plant roots by bacteria”, *Can. J. Microbiol.*, 38, 1219-1232.
- Kloepper, J.W., Schroth M.N. 1978. “Plant growth promoting rhizobacteria on radishes”, *Proceedings of the 4th international conference on plant pathogenic bacteria*, Angers, France, 879–882.
- Lai, Wei-An., Rekha, P.D., Arun, A.B., Chiu-Chung Y. 2008. “Effect of mineral fertilizer, pig manure, and *Azospirillum rugosum* on growth and nutrient contents of *Lactuca sativa* L.”, *Biol Fertil Soils*, 45, 155–164.
- Lebuhn, M., Heulin, T., Hartmann A. 1997. “Production of auxin and other indolic and phenolic compounds by *Paenibacillus polymyxa* strains isolated from different proximity to plant roots”, *FEMS Microbiol Ecol.*, 22, 325–334.
- Leong, J. 1986. “Siderophores: Their biochemistry and possible role in the biocontrol of plant pathogens.” *Annu. Rev. Phytopathology*, 24, 187-209.
- Lindberg, L., Granhall, U., Tomenius K. 1985. “Infectivity and acetylene reduction of diazotrophic rhizosphere bacteria in wheat (*Triticum aestivum*) seedlings under gnotobiotic conditions”, *Biol Fert Soils*, 1, 123-129.
- Lucy, M., Reed, E. Glick B.R. 2004. “Applications of free living plant growth-promoting rhizobacteria”, *Antonie van Leeuwenhoek*, 86, 1-25.
- Mantelin, S., Desbrosses, G., Larcher, M., Tranbarger, T.J., Cleyet-Marel, J.C., Touraine B. 2006. “Nitrate-dependent control of root architecture and N nutrition are altered by a plant growth-promoting *Phyllobacterium* sp.”, *Planta*, 223, 591–603.
- Mavingui, P., Heulin T. 1994. “In vitro chitinase and antifungal activity of a soil rhizosphere population of *Bacillus polymyxa*”, *Soil Biol. Biochem.*, 26, 801-803.
- Mayak, S., Tirosh, T., Glick B.R. 2004. “Plant growth-promoting bacteria that confer resistance to water stress in tomatoes and pepper. *Plant Sci.*, 166, 525-530.
- McCollum, J.P. 1992. “Producing vegetable crops”. Interstate Publishers, Inc. 41-42.
- McCullough, M., Utkhede, R., Menzies, J.G., Punja, Z.K., Paulits T.C. 1996. “Evaluation of plant growth promoting rhizobacteria for biological control of Pythium root rot of cucumbers grown in rockwool and effects on yield”, *Europ. J. Plant Pathol.*, 102, 747–755.
- Mengel, K. 1991. “Available nitrogen in soils and its determination by the Nmin-method and by electro ultrafiltration (EUF)”, *Fert. Res.*, 28, 251-262.
- Mertens, D. 2005a. pp 20877-2417. AOAC Official Method 922.02. Plants Preparation of Laboratory Sample. Official Methods of Analysis, 18th edn. Editors:

- Horwitz, W., and G.W. Latimer. Chapter 3, pp1-2, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Mertens, D. 2005b. pp 20877-2417. AOAC Official Method 975.03. Metal in Plants and Pet Foods. Official Methods of Analysis, 18th edn. Editors: Horwitz, W., and G.W. Latimer. Chapter 3, pp 3-4, AOAC-International Suite 500, 481. North Frederick Avenue, Gaithersburg, Maryland, USA.
- Mia, M.A.B. Shamsuddin, Z.H., Wahab, Z., Marziah, M., 2010. "Effect of plant growth promoting rhizobacterial (PGPR) inoculation on growth and nitrogen incorporation of tissue-cultured Musa plantlets under nitrogen-free hydroponics condition", Australian Journal of Crop Science. 4(2), 85-90.
- Naseri, R., Maleki, A., Naserirad, H., Shebib, S., Omidian A. 2013. "Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) on Reduction Nitrogen Fertilizer Application in Rapeseed (*Brassica napus* L.)", Middle-East Journal of Scientific Research 14 (2), 213-220.
- Okon, Y., Vanderleyden, J., 1997. "Root-associated *Azospirillum* species can stimulate plants", ASM News, 63, 366-370.
- Öztürk, 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", J. Plant Nutr. Soil Sci., 166, 262-266.
- Pacovsky, R.S. 1990. "Development and growth effects in the Sorghum-*Azospirillum* association", Journal of Applied Bacteriology, 68, 555-563.
- Pal, S.S. 1999. "Interaction of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a few acid tolerant crops." Plant Soil, 213, 221-230.
- Reddy, M.S., Rahe J.E. 1989. "Growth effects associated with seed bacterization not correlated with populations of *Bacillus subtilis* inoculant in onion seedling rhizospheres", Soil Biol. Biochem., 21, 373-378.
- Rosado, A.S., Seldin L. 1993. "Production of a potentially novel antimicrobial substance by *Bacillus polymyxa*", World J Microbial Biotechnology, 9, 21-528.
- Saharan, B.S., Nehra V. 2011. "Plant Growth Promoting Rhizobacteria: A Critical Review", Life Sciences and Medicine Research, 21: 1-31.
- Saubidet, M.I., Fatta, N., Barneix A.J. 2002. "The effect of inoculation with *Azospirillum brasilense* on growth and nitrogen utilization by wheat plants", Plant Soil, 245, 215-222.
- Schippers, B., Scheffer, R.J., Lugtenberg, J.J., Weisbek P.J. 1995. "Biocoating of seed with plant growth promoting rhizobacteria to improve plant establishment", Outlook Agriculture, 24, 179-185.
- Shaharoona, B., Naveed, M., Arshad, M., Zahir Z.A. 2008. "Fertilizer-dependent efficiency of Pseudomonads for improving growth, yield, and nutrient use efficiency of wheat (*Triticum aestivum* L.)", Appl Microbiol Biotechnology, 79, 147-155.
- Shantharam, S., Mattoo A.K. 1997. "Enhancing biological nitrogen fixation: An appraisal of current and alternative Technologies for N input into plants", Plant Soil, 194, 205-216.
- Singh, H.P., Singh T.A. 1993. "The interaction of rockphosphate, Bradyrhizobium, vesicular-arbuscular mycorrhizae and phosphate solubilizing microbes on soybean grown in a sub-Himalayan mollisol", Mycorrhiza, 4, 37-43.

- Soyergin, S. 2003. "Organik Tarımda Toprak Verimliliğinin Korunması, Gübreler ve Organik Toprak İyileştiricileri". Gübreler ve Organik Toprak.
- Stajner, D., Kevresan, S., Gasic, O., Mimica-Dukic, N. Zongli H. 1997. "Nitrogen and *Azotobacter chroococcum* enhance oxidative stress tolerance in sugar beet", Biol. Plant., 39, 441-445.
- Steenhoudt, O., Vanderleyden J. 2000. "Azospirillum, a free-living nitrogen-fixing bacterium closely associated with grasses: genetic, biochemical and ecological aspects", FEMS Microbiology Reviews, 24, 487-506.
- Stefan, M., Munteanu, N., Stoleru, V., Mihasan M. 2013. "Effects of inoculation with plant growth promoting rhizobacteria on photosynthesis, antioxidant status and yield of runner bean." Romanian Biotechnological Letters, 18, 2, 8132-8143.
- Sudha, S. N., Jayakumar R., Sekar V. 1999. "Introduction and expression of the *cry1Ac* gene of *Bacillus thuringiensis* in a cereal-associated bacterium, *Bacillus polymyxa*", Curr. Microbiology, 38, 163-167.
- Şahin, F., Çakmakçı, R., Kantar F. 2004. "Sugar beet and barley yields in relation to inoculation with N₂-fixing and phosphate solubilizing bacteria", Plant and Soil, 265 (1-2), 123- 129.
- Şalk, A., Arın, L., Deveci M., Polat S. 2008. "Özel Sebzecilik". Tekirdağ, 485s
- Tien, T.M., Gaskins, M.H., Hubbell D.H. 1979. "Plant growth substances produced by *Azospirillum brasilense* and their effect on the growth of pearl millet (*Pennisetum americanum*)", Applied and Environmental Microbiology, 37, 1016-1024.
- Timmusk, S., Nicande, B., Granhall, U., Tillberg E. 1999. "Cytokinin production by *Paenibacillus polymyxa*", Soil Biol. Biochem., 31, 1847-1852.
- Tovep., 1991. Türkiye toprakları verimlilik envanteri . T.C.Tarım Orman Ve Köy İşleri Bakanlığı Köy Hizmetleri Genel Müdürlüğü.
- Turan, M. 2002. "Farklı azotlu gübrelerin Erzurum yöresinde yetiştirilen beyaz lahana (*Brassica oleracea* var. *Capitata*)'nın verim nitrat birikimi, toprak ve bitkisel özelliklerine etkisi", Doktora tezi, Atatürk Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, 183 s.
- Turan, M., Ataoglu, N., Şahin F. 2007. "Effects of *Bacillus* FS-3 on growth of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.) plants and availability of phosphorus in soil." Plant Soil Environ., 53, 58–64.
- Turan, M., Ekinci, M., Yıldırım, E., Güneş, A., Karagöz, K., Kotan, R., Dursun A. 2014. "Plant growth promoting rhizobacteria improved growth, nutrient and hormone content of cabbage (*Brassica oleracea*) seedlings", Turkish Journal of Agriculture and Forestry. 38, (3), 327-333.
- Vacheron, J., Desbrosses, G., Bouffaud, M.L., Touraine, B., Moënné-Loccoz, Y., Muller, D., Legendre, L., Wisniewski-Dyé, F., Prigent-Combaret C. 2013. "Plant growth-promoting rhizobacteria and root system functioning", Frontiers in Plant Sciences, 4, 1-19.
- Van Peer, R., Schippers B. 1988. "Plant growth responses to bacterization with selected *Pseudomonas* spp. strains and rhizosphere microbial development in hydroponic cultures", Can. J. Microbiol., 35, 456–463.
- Vedder-Weiss, D., Jurkevitch, E., Burdman, S., Weiss, D., Okon Y. 1999. "Root growth, respiration and beta-glucosidase activity in maize (*Zea mays*) and common bean (*Phaseolus vulgaris*) inoculated with *Azospirillum brasilense*",

- Symbiosis, 26, 363–377.
- Vikram, A. 2007. “Efficacy of phosphate solubilizing bacteria isolated from vertisols on growth and yield parameters of sorghum.” *Res J Microbiol.*, 2, 550–559.
- Yıldırım E, Karlidag H, Turan M., Dursun, A., Goktepe F. 2011a. “Growth, nutrient uptake and yield promotion of broccoli by Plant Growth Promoting Rhizobacteria with manure”, *HortScience*, 46 (6), 932-936.
- Yıldırım E, Turan M., Ekinci, M., Dursun, A., Çakmakçı R. 2011b. “Plant growth promoting rhizobacteria ameliorate deleterious effect of salt stress on lettuce”, *Scientific Research and Essays*, 6 (20), 4389-4396.
- Yıldırım, E., Donmez., M.F., Turan M. 2008a. “Use of bioinoculants in ameliorative effects on radish (*Raphanus sativus* L.) plants under salinity stress,” *Journal of Plant Nutrition*, 31, (12), 2059-2074.
- Yıldırım, E., Taylor, A.G., Spittler T.D. 2006. “Ameliorative Effects of Biological Treatments on Growth of Squash Plants Under Salt Stress.” *Scientia Horticulturae*, 111, 1-6.
- Yıldırım, E., Turan, M., Donmez M.F. 2008b. “Mitigation of salt stress in radish (*Raphanus Sativus* l.) by plant growth promoting rhizobacteria”, *Roumanian Biotechnological Letters*, 13 (5), 3933- 3943.
- Zahir, A.Z., Arshad, M., Frankenberger, W.T., 2004. “Plant growth promoting rhizobacteria: Applications and perspectives in agriculture”, *Adv. Agron.*, 81, 97-168.

ÖZGEÇMİŞ

1981 Yılında İstanbul'da doğdu. İlk ve orta öğrenimini Erzincan İli Tercan İlçesinde tamamladıktan sonra Lise öğrenimine Çankırı Ziraat Meslek Lisesinde devam etti. 2001 yılında Ondokuz Mayıs Üniversitesi Samsun Meslek Yüksekokulu Seracılık Programını, 2006 yılında da Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümünden mezun oldu. Halen Gıda Tarım ve Hayvancılık Bakanlığında Ziraat Mühendisi olarak görev yapmaktadır. Evli ve 2 çocuk babasıdır.

