



**T.C.
SELÇUK ÜNİVERSİTESİ
FEN BİLİMLERİ ENSTİTÜSÜ**

**BAZI BAKLAGİL BİTKİLERİNİN AZOT
FİKSASYONU ÜZERİNE RHIZOBIUM,
AZOTOBAKTER VE KOMBİNE AŞILAMANIN
ETKİSİ**

Sadık İNCEKARA

YÜKSEK LİSANS TEZİ

Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı

OCAK-2023

KONYA

Her Hakkı Saklıdır

TEZ KABUL VE ONAYI

Sadık İncekara tarafından hazırlanan “Bazı Baklagil Bitkilerinin Azot Fiksasyonu Üzerine Rhizobium, Azotobakter ve Kombine Aşılamanın Etkisi” adlı tez çalışması 20/01/2023 tarihinde aşağıdaki jüri tarafından oy birliği ile Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Anabilim Dalı’nda YÜKSEK LİSANS TEZİ olarak kabul edilmiştir.

Jüri Üyeleri

İmza

Başkan

Doç. Dr. Ummahan ÇETİN KARACA

Danışman

Doç. Dr. Ummahan ÇETİN KARACA

Üye

Doç. Dr. Ali KAHRAMAN

Üye

Doç. Dr. Çağdaş AKPINAR

Yukarıdaki sonucu onaylarım.

FBE Müdürü

Bu tez çalışması BAP tarafından 20201076 nolu proje ile desteklenmiştir.

TEZ BİLDİRİMİ

Bu tezdeki bütün bilgilerin etik davranış ve akademik kurallar çerçevesinde elde edildiğini ve tez yazım kurallarına uygun olarak hazırlanan bu çalışmada bana ait olmayan her türlü ifade ve bilginin kaynağına eksiksiz atıf yapıldığını bildiririm.

DECLARATION PAGE

I hereby declare that all information in this document has been obtained and presented in accordance with academic rules and ethical conduct. I also declare that, as required by these rules and conduct, I have fully cited and referenced all material and results that are not original to this work.

İmza

Öğrencinin Adı SOYADI
Sadık İNCEKARA

Tarih: 20/01/2023

ÖZET**YÜKSEK LİSANS TEZİ****BAZI BAKLAGİL BİTKİLERİNİN AZOT FİKSASYONU
ÜZERİNE RHIZOBIUM, AZOTOBAKTER
VE KOMBİNE AŞILAMANIN ETKİSİ****Sadık İNCEKARA****Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü
Toprak Bilimi ve Bitki Besleme
Anabilim Dalı****Danışman: Ummahan ÇETİN KARACA****2023, 63 Sayfa****Jüri****Doç. Dr. Ummahan ÇETİN KARACA
Doç. Dr. Ali KAHRAMAN
Doç. Dr. Çağdaş AKPINAR**

Kimyasal girdilerin yoğun kullanımı çevre üzerinde olumsuz bir etkiye sahip olduğundan, tarımın sürdürülebilirliği küresel kaygının önemli bir konusu haline gelmiştir. Rhizobium ve Azotobakter gibi mikrobiyal gübrelerin kullanımı, kimyasal gübrelere olan ihtiyacı ve olumsuz çevresel etkileri azaltabilir. Toprak azotunun kaynaklarından birisi de asimbiyotik olarak değişik bitkilerle azotobakter ve simbiyotik olarak özellikle baklagillerle karşılıklı yaşamaya dayanan ve havanın elementel azotunu fikse eden *Rhizobium* bakterileridir. Verimliliği arttırmak için kullanılan aşırı kimyasal gübrelemenin, maliyeti artırdığı, toprağın biyolojik aktivitesini olumsuz olarak etkilediği, ayrıca bitkilerde depolanarak ve içme sularına karışarak insan ve hayvan sağlığı açısından önemli sorunlara neden olduğu belirlenmiştir. Bu nedenle, bitkilerin azot gereksinimlerinin bir kısmını daha ekonomik olan biyolojik azot fiksasyonu ile karşılamak önem arz etmektedir. Bu amaçla tesadüf parselleri deneme desenine göre serada 4 tekerrürlü olarak 2021 yılında bir araştırma yürütülmüştür. Araştırmada; kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter ve rhizobium/azotobakter'in kombine uygulamaları ile kontrollü şartlarda sera denemesi kurulmuştur. Dezenfekte edilmiş saksılara, steril edilmiş kum ve perlit 1:1 oranında hacimsel olarak homojen bir şekilde karıştırılarak ilave edilmiştir. Nohut (Azkan) ve Yonca (Bilensoy-80) bitkilerinin

tohumları %0.5'lik sodyum hipoklorit (NaClO) çözeltisi ile yüzey sterilizasyonu yapıldıktan sonra, bakteri (rhizobium ve azotobakter) aşılama (1x10⁸ CFU) yapılmıştır. Bakterilerle aşılama tohumlar, steril kum+perlit içeren ortamlara ekilmiştir. Denemede kontrol ve azotlu kontrol gruplarına da nohut ve yonca tohumlarının yüzey sterilizasyonu yapıldıktan sonra ekilmiştir. Bitkiler çiçeklenmenin %50'sini geçtiği dönemde hasat edilmiş ve bazı ölçümler (üst aksam ve kök uzunluğu, üst aksam yaş ve kuru ağırlık, kök yaş ve kuru ağırlık, nodül sayısı ve ağırlığı, üst aksam ve kökte azot) yapılmıştır. Elde edilen verilere göre; Azkan nohut ve Bilensoy-80 yonca çeşidi bitkilerinin tohumlarına rhizobium, azotobakter ve rhizobium/azotobakter kombine bakterilerinin aşılama etkileri farklı olmuş ve bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli (p<0.01; p<0.05) bulunmuştur. Denemede; yonca bitkisinin, bitki üst aksam uzunluğu, bitki üst aksam kuru ağırlık, nodül sayısı, nodül ağırlığı, bitki üst aksam azot ve kökte azot içeriğine rhizobium/azotobakter kombine aşılama etkili olmuştur. Diğer taraftan kök uzunluğu, bitki üst aksam yaş ağırlık, kök yaş ve kuru ağırlık üzerine ise rhizobium aşılama etkili olduğu belirlenmiştir. Bazı verim unsurları ve nodülasyon verilerinin en düşük değerleri ise kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. Diğer taraftan nohut bitkisinin bitki üst aksam yaş ve kuru ağırlık, nodül sayısı, nodül ağırlığı, bitki üst aksam azot ve kökte azot içeriğine rhizobium/azotobakter kombine aşılama etkili olmuştur. Bunun yanı sıra bitki üst aksam ve kök uzunluğuna rhizobium aşılama, nohut bitkisinin kök yaş ve kuru ağırlığına ise azotobakter aşılama etkili olduğu belirlenmiştir. Yonca bitkisinde olduğu gibi, nohut bitkisinin de bazı verim unsurları ve nodülasyon verilerinin en düşük değerleri kontrol uygulamalarında tespit edilmiştir.

Anahtar kelimeler: Rhizobium, Azotobakter, Aşılama, Simbiyotik ve Asimbiyotik azot fiksasyonu

ABSTRACT**MS THESIS****THE EFFECT OF RHIZOBIUM, AZOTOBACTER, AND COMBINED
INOCULATION ON
NITROGEN FIXATION IN SOME LEGUME PLANTS****Sadık İNCEKARA****THE GRADUATE SCHOOL OF NATURAL AND APPLIED SCIENCE OF
SELÇUK UNIVERSITY****THE DEGREE OF MASTER OF SCIENCE / DOCTOR
IN AGRICULTURAL ENGINEERING****Advisor: Assoc. Prof. Dr. Ummahan ÇETİN KARACA****2023, 63 Pages****Jury****Assoc. Prof. Dr. Ummahan ÇETİN KARACA****Assoc. Prof. Dr. Ali KAHRAMAN****Assoc. Prof. Dr. Çağdaş AKPINAR**

As the intensive use of chemical inputs has a negative impact on the environment, the sustainability of agriculture has become a major issue of global concern. Using microbial fertilizers such as Rhizobium and Azotobacter can reduce the use of chemical fertilizers and their negative environmental effects. One of the sources of soil nitrogen is the azotobacter, which is asymbiotic with different plants, and the rhizobium bacteria, which base on mutual coexistence symbiotically, especially with legumes, and fixing air nitrogen element. It has been determined that excessive chemical fertilization used to increase productivity increases the cost, negatively affects the biological activity of the soil, and causes significant problems in terms of human and animal health by storing in plants and mixing with drinking water. Therefore, it is important to supply some of the nitrogen requirements of plants with biological nitrogen fixation, which is more economical. For this purpose, according to the randomized plots experimental design, research was carried out in the greenhouse with 4 replications in 2021. In research, a greenhouse experiment was established under controlled conditions with the co-inoculation of Rhizobium/azotobacter, control, nitrogenous control, Rhizobium, and azotobacter. Sterilized sand and perlite were added to the disinfected pots in a ratio of 1:1 by volume and mixed homogeneously. Rhizobium and azotobacter inoculations were applied to chickpea (Azkan) and alfalfa (Bilensoy-80) seeds after surface sterilization with a 0.5% sodium hypochlorite (NaClO) solution (1×10^8 CFU). Seeds

inoculated with bacteria were planted in a medium containing sterile sand + perlite. In the study, the control and nitrogenous control groups were also planted after surface sterilization of chickpea and alfalfa seeds. Plants were harvested when they reached 50% of flowering, and some plant parameters (upper part and root length, upper part wet and dry weight, root wet and dry weight, number and weight of nodules, nitrogen in the upper part and root) were obtained. According to the data obtained, the effects of inoculation with rhizobium, azotobacterium, and co-inoculation of rhizobium/azotobacter bacteria on the seeds of Azkan chickpea and Bilensoy-80 alfalfa variety plants were different, and these differences were found to be statistically significant ($p < 0.01$; $p < 0.05$). In the experiment, co-inoculation with Rhizobium/Azotobacter was effective on plant upper part length, plant upper part dry weight, number of nodules, nodule weight, plant upper part nitrogen, and nitrogen content in the roots of alfalfa plants. On the other hand, rhizobium inoculations were determined to be effective on root length, plant upper part wet weight, and root wet and dry weight. The lowest levels of nodulation values and some yield components were determined in the control application. As opposed to that, Rhizobium/Azotobacter co-inoculation was effective in the wet and dry weight of the upper part, nodule number, nodule weight, nitrogen in the upper part of the plant, and nitrogen content in the root of the chickpea plant. In addition, it was determined that rhizobium inoculation was effective on the upper part and root length of the plant, and azotobacter inoculation on the root wet and dry weight of the chickpea plant. As in the alfalfa plant, the lowest levels of nodulation values and some yield components of the chickpea were identified in the control application.

Keywords: Rhizobium, Azotobacter, Inoculation, Symbiotic and Asymbiotic nitrogen fixation

ÖNSÖZ

Tez çalışmamda, planlanmasında, araştırılmasında, yürütülmesinde ve oluşumunda ilgi ve desteğini hiç esirgemeyen, engin bilgi ve tecrübelerinden her zaman yararlandığım, yönlendirme ve bilgilendirmesiyle çalışmamı bilimsel temeller ışığında şekillendiren sayın hocam Doç. Dr. Ummahan ÇETİN KARACA'ya sonsuz teşekkürlerimi borç bilirim.

Tez yazımı ve deneme verilerinin işlenmesi sırasında bana verdikleri destek, yardım ve hoşgörülerinden dolayı aileme sonsuz teşekkürü bir borç bilirim.

Sadık İNCEKARA

KONYA-2023

İÇİNDEKİLER

ÖZET.....	iii
ABSTRACT.....	v
ÖNSÖZ.....	vii
İÇİNDEKİLER.....	viii
TABLO LİSTESİ.....	x
ŞEKİL LİSTESİ.....	xi
SİMGELER VE KISALTMALAR.....	xii
1. GİRİŞ.....	1
2. KAYNAK ARAŞTIRMASI.....	3
3. MATERYAL VE METOT.....	11
3.1. Denemede Kullanılan Materyaller.....	11
3.1.1. Denemede kullanılan ortam.....	11
3.1.2. Denemede kullanılan saksılar.....	11
3.1.3. Denemede kullanılan biyolojik gübreler.....	11
3.1.3.1. <i>Azotobakter sp.</i>	11
3.1.3.2. <i>Rhizobium cicer.</i>	11
3.1.3.3. <i>Rhizobium meliloti.</i>	11
3.1.4. Denemede kullanılan baklagil tohumları.....	11
3.1.4.1. Bilensoy-80.....	11
3.1.4.2. Azkan.....	12
3.2. Metot.....	12
3.2.1. Denemede yapılan analizler.....	12
3.2.1.1. Bitki üst aksam uzunluğu (cm).....	16
3.2.1.2. Bitki üst aksam yaş ağırlığı (g/bitki).....	16
3.2.1.3. Bitki üst aksam kuru ağırlığı (g/bitki).....	16
3.2.1.4. Bitki kök uzunluğu (cm).....	16
3.2.1.5. Bitki kök yaş ağırlığı (g/bitki).....	16
3.2.1.6. Bitki kök kuru ağırlığı (g/bitki).....	16
3.2.1.7. Nodül sayısı (adet/bitki).....	16
3.2.1.8. Nodül ağırlığı (g/bitki).....	16
3.2.1.9. Bitki üst aksam azot (N) (%) içeriği.....	16
3.2.1.10. Bitki kök azot (N) (%) içeriği.....	17
3.3. İstatistiksel analizler.....	17
4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI VE TARTIŞMA.....	18
4.1. Azkan Nohut Çeşidinin Bazı Verim Unsurları	18
4.1.1. Bitki üst aksam uzunluğu.....	18
4.1.2. Bitki kök uzunluğu.....	19
4.1.3. Bitki üst aksam yaş ağırlık.....	20
4.1.4. Bitki üst aksam kuru ağırlık.....	21

4.1.5. Bitki kök yaş ağırlık.....	22
4.1.6. Bitki kök kuru ağırlık.....	24
4.1.7. Nodül sayısı.....	25
4.1.8. Nodül ağırlığı.....	26
4.1.9. Bitki üst aksam azot (N) içeriği.....	27
4.1.10. Bitki kökünde azot (N) içeriği.....	28
4.2. Bilensoy-80 Yonca Çeşidinin Bazı Verim Unsurları.....	31
4.2.1. Bitki üst aksam uzunluğu.....	31
4.2.2. Bitki kök uzunluğu.....	32
4.2.3. Bitki üst aksam yaş ağırlık.....	33
4.2.4. Bitki üst aksam kuru ağırlık.....	34
4.2.5. Bitki kök yaş ağırlık.....	35
4.2.6. Bitki kök kuru ağırlık.....	36
4.2.7. Nodül sayısı.....	37
4.2.8. Nodül ağırlığı.....	38
4.2.9. Bitki üst aksam azot (N) içeriği.....	39
4.2.10. Bitki kökünde azot (N) içeriği.....	40
5. SONUÇLAR VE ÖNERİLER.....	43
KAYNAKLAR.....	46

TABLO LİSTESİ

- Tablo 4.1. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine uygulamalarının Nohut bitkisinde bazı verim unsurları ve nodülasyona etkisi.....30
- Tablo 4.2. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine uygulamalarının Yonca bitkisinde bazı verim unsurları ve nodülasyona etkisi.....42



ŞEKİL LİSTESİ

Şekil 3.1. Tohumları aşılama ve ortama ekilmesi.....	13
Şekil 3.2. Yonca bitkisinin sera denemesinden görüntüler.....	13
Şekil 3.3. Nohut bitkisinin sera denemesinden görüntüler.....	14
Şekil 3.4. Deneme deseni.....	15
Şekil 4.1.Rhizobium, Azotobakter ve Rhizobium x Azotobakter kombine aşılamalarının bitki üst aksam uzunluğu üzerine etkisi.....	19
Şekil 4.2.Rhizobium, Azotobakter ve Rhizobium x Azotobakter kombine aşılamalarının bitki kök uzunluğu üzerine etkisi.....	20
Şekil 4.3.Rhizobium, Azotobakter ve Rhizobium x Azotobakter kombine aşılamalarının bitki üst aksam yaş ağırlığı (g/bitki) üzerine etkisi.....	21
Şekil 4.4.Rhizobium, Azotobakter ve Rhizobium x Azotobakter kombine aşılamalarının bitki üst aksam kuru ağırlık (g/bitki) üzerine etkisi	22
Şekil 4.5.Rhizobium, Azotobakter ve Rhizobium x Azotobakter kombine aşılamalarının bitki kök yaş ağırlık (g/bitki) üzerine etkisi	23
Şekil 4.6.Rhizobium, Azotobakter ve Rhizobium x Azotobakter kombine aşılamalarının bitki kök kuru ağırlık (g/bitki) üzerine etkisi	24
Şekil 4.7.Rhizobium, Azotobakter ve Rhizobium x Azotobakter kombine aşılamalarının bitki kökündeki nodül sayısına (adet/bitki) etkisi	25
Şekil 4.8.Rhizobium, Azotobakter ve Rhizobium x Azotobakter kombine aşılamalarının bitki kökündeki nodül ağırlığına (g/bitki) etkisi	26
Şekil 4.9.Rhizobium, Azotobakter ve Rhizobium x Azotobakter kombine aşılamalarının bitki üst aksam azot içeriğine etkisi	27
Şekil 4.10.Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki kökündeki azot içeriğine etkisi	29
Şekil 4.11.Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki üst aksam uzunluğu üzerine etkisi	31
Şekil 4.12.Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki kök uzunluğu üzerine etkisi	32
Şekil 4.13.Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki üst aksam yaş ağırlığı (g/bitki) üzerine etkisi.....	33
Şekil 4.14.Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki üst aksam kuru ağırlık (g/bitki) üzerine etkisi	34
Şekil 4.15.Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki kök yaş ağırlık (g/bitki) üzerine etkisi	35
Şekil 4.16.Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki kök kuru ağırlık (g/bitki) üzerine etkisi	36
Şekil 4.17.Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki kökündeki nodül sayısına (adet/bitki) etkisi	37
Şekil 4.18.Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki kökündeki nodül ağırlığına (g/bitki) etkisi	38
Şekil 4.19.Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki üst aksam azot içeriğine etkisi	39
Şekil 4.20.Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki kökündeki azot içeriğine etkisi	41

SİMGELER VE KISALTMALAR

N : Azot
P: Fosfor
K: Potasyum
C: Karbon
%: Yüzde
°C: Derece santigrat
µg: Mikrogram
g: Gram
kg: Kilogram
L: Litre
ml: Mililitre
da: dekar
ha: hektar
cm: Santimetre
CFU: Colony Forming Unit (Koloni oluşturan ünite)
NaClO: Sodyum hipoklorit

1. GİRİŞ

Bugüne kadar, azotlu (N) gübreler, bitkisel üretimin önemli bir parçasıdır ve tarımsal üretimi en üst düzeye çıkarmak için dış girdiler arasında ilk sırada yer almaktadır. Bununla birlikte, N gübreler çevre kirliliğine önemli ölçüde katkıda bulunur ve her türlü yaşamı büyük ölçüde bozma kabiliyetine sahiptir (Verma ve ark., 2014). Bu nedenle hem tarımsal hem de ekonomik olarak sürdürülebilir yeni üretim tekniklerinin geliştirilmesine önem verilmelidir. Rhizobium baklagil simbiyozu tarafından gerçekleştirilen biyolojik nitrojen fiksasyonu (BNF), yenilenebilir ve çevresel olarak sürdürülebilir bir N kaynağı olarak hareket edebilir ve mahsul üretimindeki gübre girdilerini tamamlayabilir. Şu anda tarımda kullanılan N'nin %65'ini oluşturmaktadır (Gopalakrishnan ve ark., 2014).

Çevre dostu üretim tekniklerinde gübreleme programlarında kullanılan alternatiflerden birisi de mikrobiyal gübrelemedir. Mikrobiyal gübreler bitkiler için gerekli olan bitki besin maddelerinin sağlanmasında ve biyolojik yolla yarayışlı hale gelmesinde rol oynayan canlı mikroorganizmaların ticari formülasyonları olarak tanımlanmaktadır (Anonim, 2004). Mikrobiyal gübreler zirai alanda birçok amaçla kullanılmaktadır. Bu çevre dostu gübreler bazı toprak kaynaklı hastalıkların kontrol edilmesi, hastalık ve zararlılara dayanıklılığın artırılması, bitkilerde bitki gelişimi ve veriminin artırılması, bitkilerin besin elementi alımının artırılması, organik artıkların ayrıştırılması, toprak yapısı ve verimliliğinin iyileştirilmesi gibi alanlarda kullanılmaktadır (Ozbay ve Newman, 2004; Brewer ve Larkin, 2005).

Bakteriler, bitki ile simbiyotik ilişki kurarak veya özgür canlı varlıklar olarak bitki büyümesini teşvik edebilirler. Rhizobium, inert elementel atmosferik azotu sabitleyen baklagillerin benzersiz bir bakteriyel ortak yaşam grubudur (Araujo ve ark., 2008). Başlıca protein kaynaklarımız; hayvansal ve bitkisel ürünlerdir. Bitkisel ürünlerden kuru taneleri cins, tür, çeşit, çevre koşulları ve yetiştirme yöntemlerine göre değişiklik göstermekle birlikte ortalama %18-37 protein içeren yemeklik tane baklagiller önemli bir yer tutar (Eser, 1981). İnsan beslenmesindeki bitkisel proteinlerin %22'si, karbonhidratların %7'si; hayvan beslemedeki proteinlerin %38'i, karbonhidratların %5'i baklagillerden sağlanmaktadır (Wery ve Grinac, 1983). Bu özelliklerin yanında Rhizobium spp. bakterileri yardımıyla havanın serbest azotunu toprağa bağlayarak yemeklik baklagiller, ekili buldukları her dekar alana 6.4-21.6 kg arasında değişen miktarlarda saf azot bağlayabilmektedirler (Şehirli, 1988). Bu yolla

toprakların fiziksel, kimyasal ve biyolojik özelliklerini iyileştirdiklerinden dolayı ekim nöbetinde önemli bir yer tutmaktadırlar. Aminoasit sentezinde temel element olan, bitki tarafından protein formuna dönüşümünde kullanılan azot, bitkiler için büyük önem taşımaktadır. Her yıl endüstride 40 milyon ton azot içeren gübre üretilmesine karşılık, 175 milyon ton azot bitkiler tarafından toprağa bağlanmakta olup, bunun 35 milyon tonu baklagil üretim alanları, 9 milyon tonu orman alanları, 10 milyon tonu üretim yapılmayan alanlar, 36 milyon tonu ise okyanuslarda gerçekleşmektedir (Anonymous, 1983). Tarım alanlarında toprağa bağlanan azotun önemli bir kaynağı Rhizobium-baklagil ortak yaşamlarıdır. Tarım sistemlerinde ortalama azot bağlamanın 100 kg N/ha/yıl olduğu, ancak iyi gelişme koşullarında, uygun konukçu bitki suşlarının seçimiyle bu miktarın 200 kg N/ha/yıl'a çıkarılabileceği belirtilmektedir (Drevon, 1983).

Toprakta bulunan azot miktarı bitkilerin sağlıklı olarak büyümesi, kaliteli ve yüksek oranda mahsul vermesi için yeterli olmadığından, bitkinin ihtiyacı olan azotun, azotlu gübrelerle toprağa verilmesi gereklidir. Yoğun azotlu gübre kullanımı sonucunda ortaya olumsuzluklar çıkmıştır. Azotlu gübrelerin imali ve kullanımı sırasında ortaya çıkan çevre sorunları, tarımsal üretimde girdi maliyetlerinin yükselmesi, kimyasallara bağımlı kalınması ve doğal kaynakların aşırı istismarı ile ortaya çıkan kaygılar nedeniyle bazı mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilen azot fiksasyonun önemi gün geçtikçe artmaktadır. Bu sebeplerden dolayı kontrollü şartlar altında farklı baklagil bitkilerine Rhizobium, Azotobakter ve bu bakterilerin kombine uygulamasının bitkilerde nodülasyona, azot fiksasyonuna ve bitkilerde (nohut ve yonca) bazı verim unsurlarına etkisi araştırılmıştır.

2. KAYNAK ARAŞTIRMASI

Pestisitler, herbisitler ve gübrelere dayalı tarımsal üretim, çevre için birçok sorun yaratmaktadır. Bitkisel üretimde bitkiler ve rizobakteriler arasındaki etkileşimin kullanılması, düzenlenmiş tarım sistemlerinin bir önceliğidir. Rizosferdeki fizyolojik olarak aktif maddelerin değişimini incelemek, mikrobiyal-bitki etkileşimlerinin mekanizmalarını anlamının önemli bir yönüdür, çünkü aralarındaki etkileşimleri optimize etmek tarım için büyük pratik öneme sahiptir (Agrahari ve ark., 2020; Jones ve ark., 2019).

Bitki besin elementlerinden önemli biri olan toprak azotunun kaynaklarından birisi de değişik bitkilerle ve özellikle baklagillerle karşılıklı yaşamaya dayanan ve havanın serbest azotunu tespit eden toprak mikroorganizmaları, yani Azotobakter ve Clostridium gibi bakterilerdir. Kültüre alınmış topraklarda bu yolla fikse edilen azotun en önemli kısmı Rhizobium-baklagil ortaklaşmasına dayanmaktadır (Hansen, 1994).

Verimini yükseltmek için kullanılan aşırı gübrelemenin, maliyetleri artırdığı, toprağın biyolojik verimliliğini olumsuz etkilediği, ayrıca bitkilerde depolanarak ve içme sularına karışarak insan ve hayvan sağlığı açısından önemli sorunlara neden olduğu belirlenmiştir. Bu nedenlerle, bitkilerin azot gereksinimlerinin bir kısmını daha az masraflı olan biyolojik azot fiksasyonu ile karşılamının önemi ortaya çıkmıştır (Graham ve Vance 2002).

Bitki büyümesini teşvik etme kabiliyeti nedeniyle PGPR, mineral ve organik gübreleme, böcek ilaçları ve diğer takviyeler için umut verici bir alternatif olan bakteriyel aşılama olarak ortaya çıkmıştır (Bhattacharyya ve Jha, 2012). Rhizobium suşları, baklagillerle simbiyozda azot sabitleyici nodüller oluşturan iyi bilinen N sabitleyicilerdir, ancak gerçek nodüller oluşturmadan baklagil olmayan köklerle birleşebilirler, bu da baklagillerin ve baklagil olmayanların farklı mekanizmalarla büyümesinin teşvik edilmesine neden olur (Avis ve ark., 2008; Mehboob ve ark., 2009).

Bu bakteriler, bitki büyüme düzenlemeleri olan fitohormonları eşit şekilde üretebilir ve bitki büyümesini teşvik edici aktivitelerinde rol oynayacak organik ve inorganik fosfatları çözebilir. Ayrıca rizobial suşların varlığı, üretim tesisi savunma bileşikleri aracılığıyla patojenle tehdit edildiğinde bitkiyi savunma mekanizmalarını aktif hale getirmesi için dolaylı olarak uyarır (Avis ve ark., 2008). Rhizobium'un çok çeşitli aktiviteleri vardır. Buna karşılık, bazı araştırmalar, rhizobium aşılamanın baklagil olmayan ve baklagillerin büyümesi ve verimi üzerinde zararlı etkisinin olabileceğini ve

yalnızca belirli rizobial suşların PGPR olarak kullanılma potansiyeline sahip olduğunu ortaya koymuştur (Antoun ve Prevost, 2000).

Bakla gibi baklagiller tarafından azot fiksasyonu, atmosferik azotu bitkinin mevcut formuna sabitlemenin ucuz bir yoludur. Baklagil bitkilerinin kök nodüllerindeki mikroorganizmalar tarafından atmosferik azotun amonyağa dönüştürülmesi olan biyolojik azot fiksasyonu, küresel azot döngüsünde ve dünya tarımında önemli bir rol oynamaktadır. Azotu fikse etme yeteneği yaygın olarak bulunur, ancak şu aileleri içeren Arkeler ve Bakteriler arasında düzensiz olarak dağılır (Proteobakteriler, Firmicutes, Siyanobakteriler, Aktinobakteriler ve Yeşil kükürt bakterileri) (Santos ve ark. 2012). Rhizobium, simbiyoz yaşadığı bitkilerin köklerinde kök nodülleri adı verilen simbiyotik organlar kurar ve konukçu bitkiden besinleri ekstrakte ederek çoğalır. Buna karşılık, konakçı bitkilerine azot gazı fiksasyonu ile üretilen azot kaynakları sağlarlar (Fujita ve ark. 2017). Baklagillerle rhizobium simbiyozu, dünya çapında yıllık toplam biyolojik N₂ fiksasyonunun 175 milyon tonunun %50'sini üretir (Yadav ve Verma 2014).

Herridge ve ark. (2008); bildirdiği gibi, rhizobium simbiyozu konukçu bitkinin köklerinde veya gövdelerinde nodüller oluşturur ve baklagil-rhizobium simbiyozu toplam biyolojik azot fiksasyonunun %60'ını oluşturur. Bu yüzden, etkili rhizobium ile baklagillerin aşılması, toprak sağlığını korurken, baklagillerin verim ve verim unsurlarını artırdığına inanılmaktadır. Ayrıca, azot fiksasyonunun iyileştirilmesi için kullanılan çevre dostu uygulamalar olması, artan sürgün büyümesi, bakla sayısı ve bakla tane verimi ile sonuçlanmıştır (Siczek ve Lipiec, 2016).

Yemeklik tane baklagillerin havanın serbest azotunu fikse edebilme özellikleri, çevrecilik ve sürdürülebilir tarımın popüleritesinin arttığı bugünlerde, önemlerini daha da arttırmaktadır. Rhizobium bakterileri konukçu baklagil bitkisi ile ortak yaşama sistemi oluşturmak suretiyle toprağı azot bakımından zenginleştirmektedirler. Bakteriler havadaki serbest azotu tespit ederek üzerinde yaşadığı bitkiye vermekte, buna karşılık bitkiden karbonhidratlı maddeleri almaktadırlar. Yalnız bu yolla dünyanın yıllık azot kazancının 14 milyon tonun üzerinde olduğu tahmin edilmektedir. Birim alandan elde edilecek verimin artırılması, üzerinde çalışılan bitkiye özgü yapılan araştırmalar ve yetiştirme tekniklerinin geliştirilmesi ile sağlanacaktır. Nohut bitkisi, ekim zamanı ve çevre koşullarına bağlı olarak azot ihtiyacının %42-70'ini simbiyotik yolla sağlayabilmektedir (Beck, 1988).

Yemelik baklagiller bünyelerinde yüksek miktarda protein bulundurdıkları için beslenmede büyük önem taşırlar ve bu yüzden taneleri insan beslenmesinde önemli ölçüde kullanılmaktadır. Biyolojik azot fiksasyonu, toprak verimliliği ve ekim münavebesindeki önemli bakımından da tarla bitkileri yetiştiriciliğinin olmazsa olmaz bitkileridir.

Türkiye, baklagillerin gen merkezi olarak kabul edilen verimli hilal'in en önemli parçasıdır (Adak ve ark. 2010). Besin içerikleri yönünden zengin oldukları gibi yetiştirildikleri toprağa da pozitif etkileri olmaktadır. Havanın serbest azotunu toprağa bağlama özelliklerinden dolayı hem çevre açısından hem de sürdürülebilirliğin açısından baklagil bitkilerinin önemleri artmaktadır. Baklagiller ile simbiyoz yaşayan rhizobium türü bakteriler, havada serbest halde bulunan azotu yaşadıkları ortama bağlayarak toprağı organik azotça zenginleştirirler ve ihtiyaçlarını bu azottan sağlarlar. Yemelik baklagillerin toprağa bağladıkları azot miktarı çeşide ve çevre koşullarına göre, yılda 5-20 kg/da arasında değişmektedir (Şehirli, 1988).

Rizosferdeki mikrobiyal sinerji, bitki ve toprak verimliliğinin sürdürülmesinde önemli bir faktördür. Toprak bakterileri, bitkide mevcut besinlerin rezervini iyileştiren faaliyetler olan topraktaki aktivitelere müdahale ederek bitki büyümesini uyarır (Glick, 1995). Kimyasal gübre kullanımından kaynaklanan olumsuz etkileri azaltmak için rizobakteriler gereklidir (Malusa ve ark., 2012). Tohum kaplama, biyotik ve abiyotik stresleri azaltmak için tarımda etkili bir araç olarak yaygın olarak kullanılmaktadır. Bu sayede bitkilerin büyümesi, verimi ve sağlığını artırmaktadır (Ma, 2019).

Kimyasal gübrelere bağımlılığı azaltmak için alternatif yöntemler bitkilere besin sağlayacak şekilde geliştirilmelidir. Kimyasal gübrelerin sürekli kullanımı sadece çevreyi kirletmez ama aynı zamanda mikrobiyal aktiviteyi ve topraktaki organik maddeyi azaltır (Pahalvi ve ark., 2021). Biyogübreler özellikle azot ve fosfor besin arzı ile ilgili olarak tarımsal üretime faydalı mikroorganizmalar içerir; bu yüzden, genel bitki büyümesi için faydalıdır ve bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) olarak bilinirler (Affy ve ark., 2019). PGPR ile aşılama yoluyla bitki büyümesinin desteklenmesi, temel metabolik süreçleri içeren azot fiksasyonu, fosfat çözünürlüğü ve bitki büyüme hormonlarının üretimi etkilerine aracılık eder (Sheteiwy ve ark., 2021a; Gao ve ark. 2020). Rhizobium ile aşılama azot fiksasyonu ve büyüme teşvikinde sadece konukçu baklagillere fayda sağlamaz aynı zamanda özellikle mantar hastalıklarına karşı bitkinin biyotik stres toleransını artırır (Das ve ark., 2017). Azotobakter kaynaklı kolza ve hardalda tohum veriminde artış rapor edilmiştir. Azotobakter spp. esas olarak nötr

veya alkali topraklarda yaşayan PGPR'nin fosfat çözücü üyesi, serbest azot fiksasyonu yapan bir heterotroftur (Sartaj ve ark., 2013). *Azotobakter* spp. ve *Azospirillum* spp. farklı ürünlerde en yaygın kullanılan biyogübrelerdir (Vessey, 2003). Rana ve ark. (2012); göre, bir biyogübre olarak azotobakterin kullanılması bitkilerin ve toprağın besin profilinin iyileştirilmesinde, ürünlerin artışında ve çevrenin korunmasında büyük öneme sahiptir. Ayrıca, azotobakteri ile aşılama, aşılanmayan bitkilere göre mısırdan dane verimini %35'lere kadar artırmıştır (Bandhu ve Parbati, 2013).

İşler ve Çoşkan (2009); Isparta ilinde *Bradyrhizobium japonicum* bakterisi 1809 nolu suşu ile 6 farklı bakteri aşılama yöntemini (kontrol, tohum aşılaması, üst aşılama, iki defa üst aşılaması, tohum yatağına pulverize aşılama ve peat ile aşılama) soyaya uygulamışlardır. Deneme sonuçlarına göre, soyada uygulanan bakteri aşılama yöntemlerinin azot fiksasyonunu arttırdığı ve bu yöntemlerin pratiğe aktarılabilir olduğu belirlenmiştir. En yüksek bitki tane sayısı (9.08 adet/bitki) ve bitki tane verimi (3.36 g/bitki) tohum yatağına aşılama uygulamasından elde edilmiştir.

Rodelas ve ark. 1999a; Z25 *Rhizobium leguminosarium* ve 5 farklı *Azotobakter chroococcum* veya *Azobakter vinelandii* suşları ile bakla tohumlarının mix aşılanması, nodülasyon, bitki gelişimi ve çiçeklenme aşamasında nodüllü köklerin nitrogenaz aktivitesi üzerine etkileri önemli bulunmuştur. *Azotobakter. chroococcum* H23 suşu ve *Azotobakter vinelandii* ATCC 12837 ve Dv42 suşları, nodülleri içeren tüm bitki parçalarında kuru madde birikimini ilaveten total N içeriğini önemli derecede artırırken bitki büyümesini teşvik etmiştir. *Azotobakter chroococcum* DR23 suşu, yalnızca rhizobium ile aşılanmış kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında, nodüllü köklerin nitrogenaz aktivitesini %100'ün üzerinde artırdığını belirlemişlerdir. Sadece *Azotobakter chroococcum* DR25 suşu bitki büyümesini azalttığı tespit edilmiştir. Her azotobakter suşunun etkileri önemli derecede aşı olarak uygulanan canlı hücre sayıları ile ilişkili olduğunu bildirmişlerdir.

Andjelkovic ve ark. 2014; yaptıkları bir çalışmada rhizobium (*Rhizobium meliloti*), azotobakter (*Azotobakter chroococcum*) ve aktinomiset (*Streptomyces* spp.) kültürlerinin bireysel ve kombine kültürleri ile ekim öncesi aşılamının yonca bitkilerinin büyüme parametreleri (boy, gövde sayısı ve bitki ağırlığı) üzerine etkileri araştırılmıştır. Aynı zamanda bitki kökünün kütlesi de tespit edilmiştir. Analizler çiçeklenme başlangıcında yapılmıştır. Araştırma 2 yonca çeşidi (K-28, Synteza 1) ve 7 mikrobiyal inokulant ile planlanmıştır. Bu çalışma için bitkiler pH'sı 4.7 olan asitli

topraklara ekilmiştir. Test edilen parametreler için çeşit ve aşılama arasındaki interaksiyon kontrolle karşılaştırıldığında pozitif bir etkiyle sonuçlanmıştır. Mikroorganizmaların tüm çeşitlerini içeren bir inokulum kullanılan Synteza 1 çeşidinde en yüksek bitki yüksekliği elde edilmiştir. Bu mikrobiyal inokulum kullanılan K-28 çeşidinde ise bitki başına kök ve yeşil kütle için en yüksek değerler elde edilmiştir. Rhizobium ve aktinomisetlerin kombine kültürleri kullanılan bu çeşitte (K-28) kök kütlesi için en yüksek değerler tespit edilmiştir.

Rodelas ve ark. 1999b; Rhizobium/Azospirillum ve Rhizobium/Azotobakter 4 farklı kombinasyonu ile aşılamanın bakla bitkileri, sadece rhizobium ile aşılamanın bitkilerle karşılaştırıldığında makro ve mikro elementlerin (K, P, Ca, Mg, Fe, B, Mn, Zn ve Cu) dağılımı, konsantrasyonu ve total içeriklerinde değişikliklere yol açtığı belirlenmiştir. Etkiler, kombine aşılama için seçilen Azotobakter ve Azospirillum suşları arasında büyük ölçüde farklılık göstermiştir.

Gharib ve ark. (2015); *Rhizobium leguminosarum* (Rh), *Azotobacter chroococcum* (AZ1) ve *Bacillus megaterium* var *phosphaticum* (BM3) ile inokülasyonun iki çeşit kuru fasulyede (Bronco ve Paulista) NPK kimyasal gübrelerin tavsiye edilen dozunun %25 altında nodülasyon, N fiksasyonu, rizosfer mikroorganizmaların popülasyonu, NPK içeriği, verim ve kabuk kalitesi üzerine etkilerini çalışmak için 2007-2008 yıllarında Kahire Üniversitesi, Ziraat Fakültesinde bir araştırma yürütmüşlerdir. Sonuçlar, kombine biyogübrelerle aşılamanın, kuru fasulyenin büyüme parametreleri, nodülasyon ve N₂-fiksasyonu üzerine önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir. En yüksek değerler NPK gübrelerin tavsiye edilen dozunun %25'inin varlığında Rh+AZ1+BM3 ile kaydedilmiştir. Tavsiye edilen NPK dozunun %25'i ile Rhizobium (Rh) + *Bacillus megaterium* (BM3) vejetatif büyüme, verim ve unsurlarının ve bakla özelliklerinin kontrol uygulaması ile karşılaştırıldığında tüm özelliklerini önemli ölçüde artırmıştır. Bitki büyümesi ve yaprak klorofil içeriği ile ilgili en iyi interaksiyon Rh + BM3 + %25 NPK ile Paulista çeşidinde tespit edilmiştir. Bu arada aynı uygulama ile verim ve unsurları ilaveten bakla özelliklerinde Bronco çeşidi en iyisi olarak belirlenmiştir.

Iruthayathas ve ark. (1983); yaptıkları bir çalışmada rhizobium'un farklı suşları, kanatlı fasulye ve soya fasulyesinin kombine inokülasyonu için sıcak ve tropikal koşullar altında Azospirillum'un birkaç suşları ile test edilmiştir. Bu bakterilerin bazı

kombinasyonlarından elde edilen mix inokülasyon sebebiyle nodülasyon, N₂ fiksasyonu, sürgün kuru madde üretimi ve N kazancında önemli artışlar belirlenmiştir. Kombine inokülasyona verilen tepki, başlıca bu suşların genotiplerine bağlı olduğu ifade edilmiştir. İlişkisel etkiyi ifade ederken *Rhizobium* genotipinin etkisi *Azospirillum*'dan daha belirleyici olduğu gözlemlenmiştir. *Azospirillum*'un hücre içermeyen ekstraktı, organizmanın kendisiyle aynı etkiyi üretirken, kültür süpernatantı da bazı durumlarda aynı şeyi göstermiştir.

Dashadi ve ark. (2011); yürüttükleri bir çalışmada doğal *Rhizobium leguminosarum* F46 ve *Azotobacter chroococcom* AGO11 suşu ile aşılama ve azotlu gübrenin su stresi koşullarında bakla bitkisinin büyüme ve büyüme indekslerine etkilerini çalışmışlardır. Sonuçlar, rhizobium ve azotobacter'in birlikte aşılmasının nodül sayısı, nodülasyon, total azot içeriği, bağıl su içeriği, kök kuru ağırlık, ortalama gün çimlenme ve gün çimlenme hızı gibi büyüme indekslerinin çoğunu artırdığını göstermiştir. *Rhizobium* ve azotobacter'in birlikte aşılması su stresi koşulları altında su ve besin alımını artırmış, dolayısıyla su kıtlığının etkisini hafifletmiştir. Biyogübrelerin, kimyasal gübre kullanımını azaltması beklenebilir. *Rhizobium Leguminosarum* ve *Azotobacter chroococcom*'un birlikte aşılmasının, su stresi koşulları altında bakla büyüme indekslerinin bazılarını iyileştirebileceği ifade edilmiştir.

Öztekin ve ark. (2015); *Azospirillum*, *Rhizobium*, *Azotobacter* ve *Acetobacter* gibi azot tutucu bakteri içeren Symbion-N biyogübresinin sera domates yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesi üzerine etkisini belirlemek amacıyla bir çalışma yürütmüşlerdir. Naram F1 domates çeşidi ile ısıtılmalı serada üretici koşullarında, 2014 yılı kış-yaz döneminde yürütülen çalışmada, deneme konularını Symbion-N'in üç dozu [önerilen doz (D, 300 ml da⁻¹); önerilen dozun yarısı (D/2, 150 ml da⁻¹) ve önerilen dozun iki katı (Dx2, 600 ml da⁻¹)] ile biyogübre uygulanmayan (0 ml da⁻¹) kontrol grubu oluşturmuştur. Araştırmadan elde edilen verilere göre; biyogübre uygulaması ile bitki gelişimi ve verimin artış gösterdiğini ve dekara 300 ml'lik dozun (D) uygun olduğunu belirlemişlerdir.

Yadegari ve Rahmani, (2010); bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) ve *Rhizobium* ile birlikte aşılamanın etkisini, fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinin verim ve verim unsurları üzerine tarla koşullarında iki yıl üst üste araştırmalar yapmışlardır. Bu çalışmada oldukça etkili iki *Rhizobium* suşuna ilaveten PGPR suşları

olan *Pseudomonas fluorescens* P-93 ve *Azospirillum lipoferum* S-21 kullanılmıştır. Üç çeşidin fasulye tohumları, büyüme karakterlerini değerlendirmek için rhizobium ile tek başına ve PGPR ile kombinasyon halinde aşılanmıştır. Rhizobium suşu ile aşılanmanın tepkisi olarak bitki gelişiminde önemli bir varyasyon gözlemlenmiştir. PGPR ile aşılama bitki başına bakla sayısı, bakladaki tohum sayısı, 100 tane ağırlığı, bitki başına tohumların ağırlığı, tohum verimi ve protein içeriğinin yanı sıra R6'daki toplam kuru madde miktarını önemli derecede artırmıştır. Rhizobium ve PGPR ile birlikte aşılama verim ve verim unsurlarında önemli bir artış göstermiştir. Sonuçlar tüm bakteri uygulamalarının verimi arttırdığını; bununla birlikte, *P. fluorescens* P-93 ile Rb-133 suşları tohum verimi, bitki başına bakla sayısı, 100 tohum ağırlığı, tohum proteini verimi, bitki sayısı bakla başına tohum ve tohum protein veriminde en yüksek değerleri vermiştir.

Naderifar ve Daneshian, (2012); farklı seviyelerde azot ve biyogübrelerin kanola verimine etkisini araştırmak amacıyla İran, Kazvin'deki tesislerde bir araştırma yapmışlardır. Uygulamalar azotun 3 farklı dozu (0, 75 ve 150 kg ha^{-1}) ve 4 farklı biyolojik gübreleri (kontrol, azotobakter, azospirillum ve azotobakter/azospirillum kombinasyonu) içermektedir. Sonuçlar, azot uygulamasının verim ve verim bileşenleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Önemli artışlar biyogübre uygulanması ile tüm özelliklerde gözlemlenmiştir. Tohum veriminde, azot ve biyogübre uygulamalarının etkisinin interaksyonu azotlu gübre kullanılmadığı zaman göstermiştir ve en yüksek tohum verimi biyogübrelerin kombine kullanımından elde edilmiştir. Ancak biyogübre uygulanmadığında 150 N kg ha^{-1} uygulaması ile de en yüksek tohum verimi elde edilmiştir. Aynı zamanda biyogübrelerin kombine kullanımı diğer uygulamalardan istatistiksel olarak önemli bulunmuştur.

Ibrahim ve ark. (2022); yaptıkları bir araştırmada, bezelye bitkisinin büyüme, verim ve kalite özellikleri üzerine *Azotobacter chroococcum* ve *Rhizobium leguminosarum* ile birlikte aşılanmanın etkisini değerlendirmek için ekim öncesi ve çıkış sonrası gerçekleştirilmiştir. Bezelye bitkileri, her zamanki gibi ortaya çıkma öncesi veya sonrası *Azotobacter chroococcum* ile rhizobium'un kombinasyonu halinde aşılanmıştır. Çıkış öncesi birlikte aşılama, kuru veya önceden ıslatılmış tohumların, *A. chroococcum* süspansiyonunun eklendiği peat bazlı rhizobium ile karıştırılmasıyla gerçekleştirilmiştir. Çıkış sonrası aşılama yaklaşımında, ekimden sonra saksı toprağına *Azotobacter chroococcum* süspansiyonu enjekte edilmiştir. *Azotobacter chroococcum* ve *Rhizobium*

leguminosarum, yalnızca rhizobium ile aşılansmış ilgili kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında, bitki biyokütlesini, besin alımını ve yaprak fotosentetik pigmentlerini önemli ölçüde iyileştirmiştir. Ayrıca, kontrol bitkilerine kıyasla *Azotobakter chroococcum* ile aşılama nodülasyon verilerini (nodül sayısı, nodül çapı ve nodül kuru ağırlığı) ve nitrojenaz enziminin aktivitesini arttırmıştır. Üstelik, *Azotobakter chroococcum* ile birlikte aşılama, tohum veriminde bariz bir artışa neden olmuş ve tohumlardaki askorbik asit, protein ve karbonhidrat içeriğini iyileştirmiştir. İlâveten, sonuçlarımız ekim öncesi veya ekim sonrası uygulamalar arasında önemli bir fark olmadığını ortaya koymuştur. *Azotobakter chroococcum*'un önceden ıslatılmış tohumlara rhizobium ile birlikte verilmesi, bezelye bitkilerinin büyüme, verim, besin elementlerinin alımı ve verim kalitesi özelliklerine ek faydalar elde etmek için kolay, uygun maliyetli ve verimli bir aşılama yaklaşımı olduğu ifade edilmiştir.

Mikroorganizma içeren gübrelerin sürdürülebilir tarımda olumlu yönde çok önemli katkıları bulunmaktadır. Özellikle atmosferdeki elementel azotu toprağa bağlayarak ve/veya toprakta çözünmez halde bulunan makro ve mikro besinleri bitkinin kullanabileceği formlara dönüştürerek uzun vadede toprağın verimliliğini arttırmaktadırlar. Kimyasal gübrelerin doğaya olan olumsuz etkileri göz önünde bulundurulduğunda mikrobiyal gübreler tarımsal verimliliği arttırıcı ve sürdürülebilir tarım için bir alternatif olarak düşünülmesi gerektiği bildirilmiştir (Mahdi ve ark. 2010).

3. MATERYAL ve METOT

3.1. Denemede Kullanılan Materyaller

3.1.1. Denemede kullanılan ortam

Çalışmada ortam olarak 1:1 oranında kum + perlit karışımı kullanılmıştır. Deneme için temin edilen kum yıkanmış ve otoklavda 121°C'de 1 atm basınç altında 120 dakika steril edildikten sonra kullanılmıştır. Aynı şekilde ortamda kullanılan perlitte kullanılmadan önce steril edilmiştir.

3.1.2. Denemede kullanılan saksılar

Denemede 2 L kapasiteye sahip kahverengi saksılar kullanılmıştır. Saksılar kullanılmadan önce dezenfeksiyonu yapılmıştır.

3.1.4. Denemede kullanılan biyolojik gübreler

3.1.4.1. *Azotobakter spp.*

Biyolojik gübre üreten bir firmadan temin edilmiştir.

3.1.4.2. *Rhizobium cicer*

Çalışmada kullanılan olan *Rhizobium cicer*, Ankara Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü biyolojik laboratuvarlarından temin edilmiştir.

3.1.4.3. *Rhizobium meliloti*

Çalışmada kullanılan olan *Rhizobium meliloti*, Ankara Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Merkez Araştırma Enstitüsü Müdürlüğü biyolojik laboratuvarlarından temin edilmiştir.

3.1.5. Denemede kullanılan baklagil tohumları

3.1.5.1. Bilensoy-80

Çalışmada, Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsünce 1984 yılında tescil ettirilmiş olan çeşit kullanılmıştır. Ülkemizde tescil ettirilen ilk sentetik çeşittir. Sulu

koşullarda yetiştirilmek üzere ıslah edilmiştir. Kısa, kurağa ve yatmaya dayanıklıdır. Bitki boyu 85-95 cm'dir. Çiçek rengi erguvani menekşeden menekşe moruna doğru değişiklik gösterir. Çiçekleri salkım şeklindedir. Salkım boyu 4.70 cm'dir. Bir salkımda 7-10 adet bakla olup 4-7 tanesi tohum bağlar. Meyve 2-3 bazen de 4 kıvrımlıdır. Tohumların şekli böbrek, yumurta, eldiven, kalp ve yarım kalp olarak çeşitlilik gösterir. Tohum rengi ise koyu ve açık taba ile koyu ve açık sarıdır. 1000 tane ağırlığı 2.09-2.47 g arasında değişmektedir. Çiçeklenme evresinde biçildiğinde kuru otunda, %16-18 ham protein, %1-1.5 ham yağ, %9-11 kül, %25-30 ham selüloz, %34-36 azotsuz öz maddeler ve %5-6 su bulunur.

3.1.5.2. Azkan

Çalışmada, Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsünce 2009 yılında tescil ettirilmiş olan çeşit kullanılmıştır. 100-105 günde olgunlaşan, bitki boyu 42-46.3 cm arasında değişen dik nohut çeşididir. Çiçek rengi beyaz, bitkide bakla sayısı 24-30 adet olup tane tipi koçbaşı, tane rengi bej'dir. Bin tane ağırlığı 425-499 g arasında olup, tane verimi 131-210 kg/da arasında değişmektedir. Tanede protein oranı %23.4-25.3 arasında değişmektedir. Antraknoz hastalığına toleranslıdır.

3.2. Metot

Araştırma, bilgisayar kontrollü serada (deneme süresince sıcaklığın $25\pm 3^{\circ}\text{C}$, solar radyasyonun $1750\pm 50 \text{ kcal.m}^{-2}$ ve nispi nemin $\%60\pm 10$ olması sağlanmış) tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü olarak yürütülmüştür. 2 bitki (Nohut ve Yonca) x 5 uygulama (kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter ve bu bakterilerin kombinesi) x 4 tekerrür olmak üzere toplamda 40 saksıda (2 kg'lık) deneme kurulmuştur. Dezenfekte edilmiş saksılara, steril edilmiş kum ve perlit 1:1 oranında hacimsel olarak karıştırılarak ilave edilmiştir. Bakterilerin konsantrasyonu 1×10^8 CFU/mL'ye ayarlandıktan sonra baklagil tohumlarına yüzey sterilizasyonu yapıldıktan sonra aşılama işlemi yapılmıştır.

Araştırmada Bilensoy-80 ve Azkan Nohut çeşidi tohumlarının %0.5'lik sodyum hipoklorit (NaClO) ile yüzey sterilizasyonu yapıldıktan sonra, sıvı formülasyonda hazırlanmış olan rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotobakter suşları ile aşılama yapılmış tohumlar ekilerek, kontrollü şartlarda sera denemesi

kurulmuştur. Saksılar bitkilerin makro ve mikro besin element ihtiyacına göre hazırlanmış olan besin solüsyonu ile bitkinin ihtiyacı göz önüne alınarak deneme sonuna kadar sulanmıştır.











































Şekil 3.1. Tohumları aşılama ve ortama ekilmesi



Şekil 3.2. Yonca bitkisinin sera denemesinden görüntüler



Şekil 3.3. Nohut bitkisinin sera denemesinden görüntüler

	Yonca (Bilensoy-80)				Nohut (Azkan)			
Uygulamalar	Tekerrürler							
Kontrol	 1	 2	 3	 4	 1	 2	 3	 4
Azotlu kontrol	 5	 6	 7	 8	 5	 6	 7	 8
Rhizobium	 9	 10	 11	 12	 9	 10	 11	 12
Azotobakter	 13	 14	 15	 16	 13	 14	 15	 16
Rhizo x Azoto	 17	 18	 19	 20	 17	 18	 19	 20

Şekil 3.4. Deneme deseni

Besin Solüsyonu (L)		Mikro Element Çözeltileri	
KNO₃	0.5 g	500 ppm B	H ₃ BO
CaHPO₄	1.0 g	500 ppm Mn	MnSO ₄
K₂HPO₄	0.2 g	50 ppm Zn	ZnCl ₂
MgSO₄.7H₂O	0.2 g	50 ppm Mo	MoO ₃
NaCl	0.2 g	20 ppm Cu	CuSO ₄ .5H ₂ O
FeCl₃	0.1 g		

Besin solüsyonu hazırlandıktan sonra, litresine mikro element çözeltilerinin her birinden 1 ml ilave edilmiştir. Saksılar 1/5 oranında sulandırılmış besin solüsyonu ile sulanmıştır.

Bitkiler çiçeklenme döneminin %50'sini geçtikten sonra hasat edilmiş ve bitkilerde bazı ölçümler (üst aksam ve kök uzunluğu, üst aksam yaş ve kuru ağırlık, kök yaş ve kuru ağırlık, nodül sayısı ve ağırlığı, üst aksam ve kökte azot) yapılmıştır.

3.2.1. Denemede yapılan analizler

3.2.1.1. Bitki üst aksam uzunluğu (cm): Her saksıdan sökülen bitkilerin boyu ölçülüp ortalaması alınarak tespit edilmiştir.

3.2.1.2. Bitki üst aksam yaş ağırlığı (g/bitki): Her saksıdan sökülen bitkilerin ağırlığı tartılıp ortalaması alınarak tespit edilmiştir.

3.2.1.3. Bitki üst aksam kuru ağırlığı (g/bitki): Bitkiler 70°C'de 48 saat süreyle kurutulduktan sonra tartılmış ve ortalaması alınarak hesap edilmiştir.

3.2.1.4. Bitki kök uzunluğu (cm): Her saksıdan sökülen bitkilerin köklerinin uzunluğu ölçülüp ortalaması alınarak tespit edilmiştir.

3.2.1.5. Bitki kök yaş ağırlığı (g/bitki): Her saksıdan sökülen bitkilerin köklerinin ağırlığı tartılıp ortalaması alınarak tespit edilmiştir.

3.2.1.6. Bitki kök kuru ağırlığı (g/bitki): Her saksıdan sökülen bitkilere ait kökler 70°C'de 48 saat süreyle kurutulduktan sonra tartılmış ve ortalaması alınarak tespit edilmiştir.

3.2.1.7. Nodül sayısı (adet/bitki): Her saksıdan sökülen bitkilerdeki nodüller sayılıp ortalaması alınarak tespit edilmiştir.

3.2.1.8. Nodül ağırlığı (g/bitki): Her saksıdan sökülen bitkilerdeki nodüllerin ağırlıkları alınarak tespit edilmiştir.

3.2.1.9. Bitki üst aksam azot (N) içeriği (%): Kurutulan ve öğütülen bitki örneklerinden yaklaşık 0.2 g tartılarak kalay kaplara konulmuş ve 950 °C'de ısıtılan helyum, oksijen ve kuru hava ile çalışan LECO C/N analizatöründe AACC Metot 46-

30'da verilen Dumas Combustion Metoduna göre (AACC 2004) azot miktarları tespit edilmiştir.

3.2.1.10. Bitki kök azot içeriği (N) (%): Kurutulan ve öğütülen bitki kök örneklerinden yaklaşık 0.2 g tartılarak kalay kaplara konulmuş ve 950 °C'de ısıtılan helyum, oksijen ve kuru hava ile çalışan LECO C/N analizatöründe AACC Metot 46-30'da verilen Dumas Combustion Metoduna göre (AACC 2004) azot miktarları tespit edilmiştir.

3.3. İstatistiksel Analizler

Tesadüf parselleri deneme desenine göre 4 tekerrürlü kurulmuş olan sera denemesinden elde edilen veriler Minitab 16 istatistik programına göre varyans analizine tabii tutulmuş ve yapılan F testine göre önemli çıkan muameleler Duncan çoklu karşılaştırma testinde gruplandırılmıştır (Düzgüneş ve ark, 1987).

4. ARAŞTIRMA SONUÇLARI ve TARTIŞMA

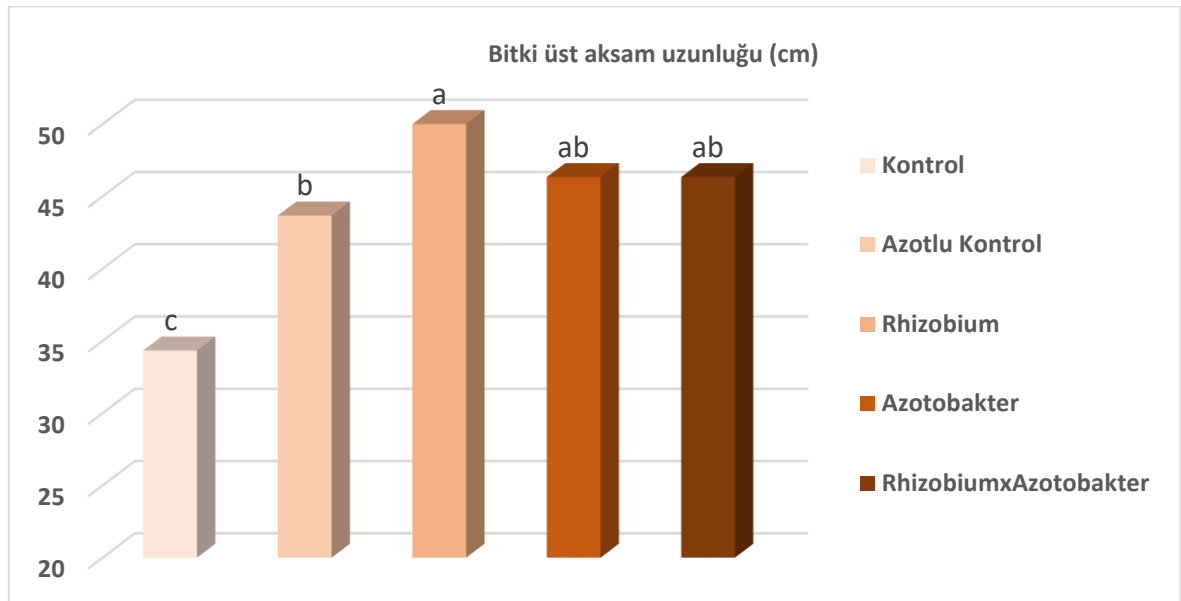
Araştırmada, bazı baklagil bitkilerine (Azkan ve Bilensoy-80) kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotokter kombine uygulamalarının bazı verim unsurları ve nodülasyon verileri üzerine etkileri araştırılmıştır. Bu amaçla kontrollü sera koşullarında yürütülen denemelerde, çiçeklenmenin %50'sini geçtiği dönemde hasat edilen bitkilerde bazı verim unsurları ve nodülasyon verileri (bitki üst aksam ve kök uzunluğu, üst aksam yaş ve kuru ağırlık, kök yaş ve kuru ağırlık, nodül sayısı ve ağırlığı, bitki üst aksam ve kökte azot) ölçülmüştür. Bilensoy-80 Yonca ve Azkan nohut bitkilerinde ölçülen parametrelere ilişkin verilerle yapılan varyans analiz sonuçlarına göre, yapılan kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotokter kombine uygulamalarının arasında farklılıklar olduğu belirlenmiş olup, bu farklılıkların genellikle istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) olduğu tespit edilmiştir (Tablo 4.1.; Tablo 4.2.).

4.1. Azkan Nohut Çeşidinin Bazı Verim Unsurları

4.1.1. Bitki üst aksam uzunluğu

Araştırmada, kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter, rhizobium x azotobakter kombine uygulamalarının Azkan Nohut çeşidi bitkisinde bazı verim unsurları ve nodülasyon verileri ölçülmüştür. Araştırmadan elde edilen verilere göre; yapılan uygulamalar arasında bitkinin üst aksam uzunluklarında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Nohut bitkisinin üst aksam uzunluğuna ait veriler şekil 4.1.'de verilmiştir. Şekil 4.1.'nin incelenmesinden de görülebileceği gibi en yüksek bitki üst aksam uzunluğu 50 cm ile rhizobium uygulamasında belirlenmiştir. En düşük bitki üst aksam uzunluğu ise kontrol uygulamasında tespit edilmiştir (Tablo 4.1; Şekil 4.1.). Bitki üst aksam uzunluklarının değerleri incelendiğinde bireysel ve kombine bakteri uygulamalarının kontrol ve azotlu kontrol uygulamalarına göre daha yüksek değerler olduğu tespit edilmiştir (Şekil 4.1.). Rhizobium ve rhizobium x azotobakter kombine uygulamalarının nohut bitkisinin üst aksam uzunluğuna azotlu kontrol uygulamasından elde edilen değerlerden daha yüksek değerler elde edildiği belirlenmiştir. Herridge ve ark. (2008) bildirdiği gibi, rhizobium simbiyozu konukçu bitkinin köklerinde veya gövdelerinde nodüller oluşturur ve

baklagil-rhizobium simbiyozu toplam biyolojik azot fiksasyonunun %60'ını oluşturur. Bu yüzden, etkili rhizobium ile baklagillerin aşılması, toprak sağlığını korurken, baklagillerin verim ve verim unsurlarını artırdığına inanılmaktadır. Ayrıca, N fiksasyonunun iyileştirilmesi için kullanılan çevre dostu uygulamalar olması, artan sürgün büyümesi, bakla sayısı ve bakla tane verimi ile sonuçlanmıştır (Siczek ve Lipiec, 2016).

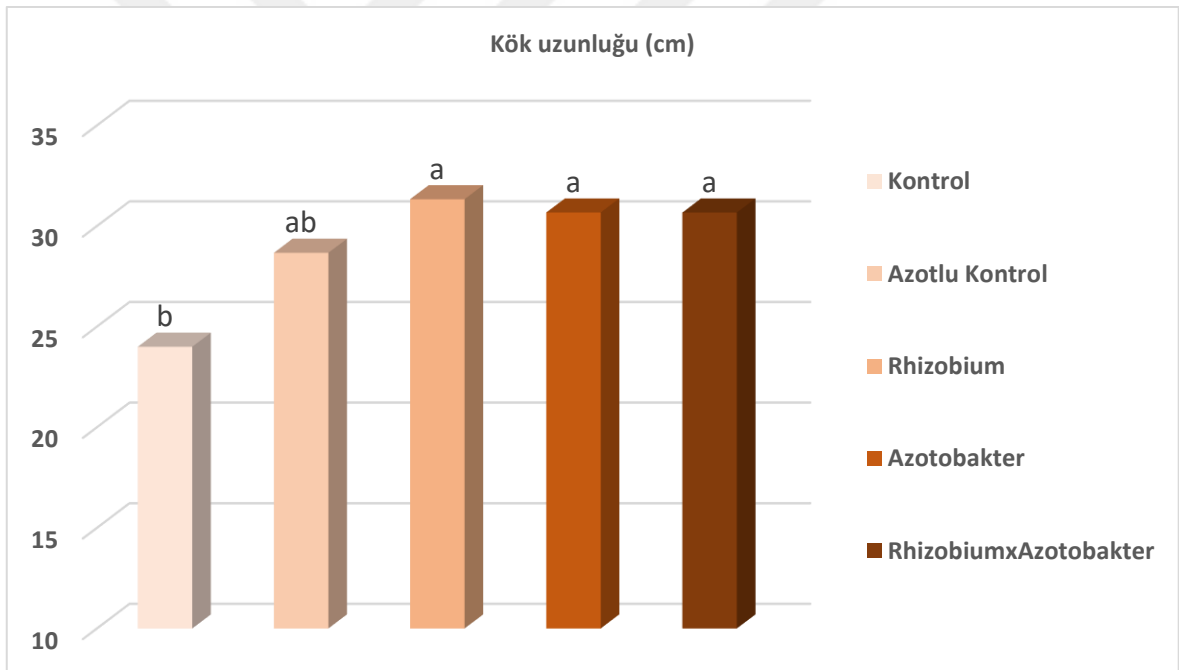


Şekil 4.1. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki üst aksam uzunluğu üzerine etkisi ($p<0.01$)

4.1.2. Bitki kök uzunluğu

Araştırmadan elde edilen verilere göre; yapılan uygulamalar arasında bitkinin kök uzunluklarında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Nohut bitkisinin kök uzunluğuna ait veriler şekil 4.2.'de verilmiştir. Şekil 4.2.'nin incelenmesinden de görülebileceği gibi en yüksek bitki kök uzunluğu 31.33 cm ile rhizobium ile aşılana tohumlardan elde edilen bitkilerde belirlenmiştir. En düşük bitki kök uzunluğu ise kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. Azkan nohut bitkisinin kök uzunluklarının 24-31.33 cm arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 4.1.). Meral ve ark. (1998); bakteri aşılması ve değişik azot dozlarının nohudun verim ve verim öğelerine etkilerini araştırmışlardır. Çalışmada materyal olarak Akçin-91 nohut çeşidi ve inokulant olarak da *Rhizobium ciceri* kullanmışlardır. Bakteri aşılması yapılmayan uygulamalarda nodüllerin oluşmadığını, kök ağırlığının, bitki

boyunun, bitki ağırlığının, bitkide meyve sayısının, tane ağırlığının arttığını tespit etmişlerdir. Andjelkovic ve ark. (2014); yaptıkları bir çalışmada rhizobium (*Rhizobium meliloti*), azotobakter (*Azotobakter chroococcum*) ve aktinomiset (*Streptomyces spp.*) kültürlerinin bireysel ve kombine kültürleri ile ekim öncesi aşılamanın yonca bitkilerinin büyüme parametreleri (boy, gövde sayısı ve bitki ağırlığı) üzerine etkileri araştırılmıştır. Aynı zamanda bitki kökünün kütlesi de tespit edilmiştir. Test edilen parametreler için çeşit ve aşılama arasındaki interaksiyon kontrolle karşılaştırıldığında pozitif bir etkiyle sonuçlanmıştır. Mikroorganizmaların tüm çeşitlerini içeren bir inokulum kullanılan Synteza 1 çeşidinde en yüksek bitki yüksekliği elde edilmiştir. Bu mikrobiyal inokulum kullanılan K-28 çeşidinde ise bitki başına kök ve yeşil kütle için en yüksek değerler elde edilmiştir. Rhizobium ve aktinomisetlerin kombine kültürleri kullanılan bu çeşitte (K-28) kök kütlesi için en yüksek değerler tespit edilmiştir.

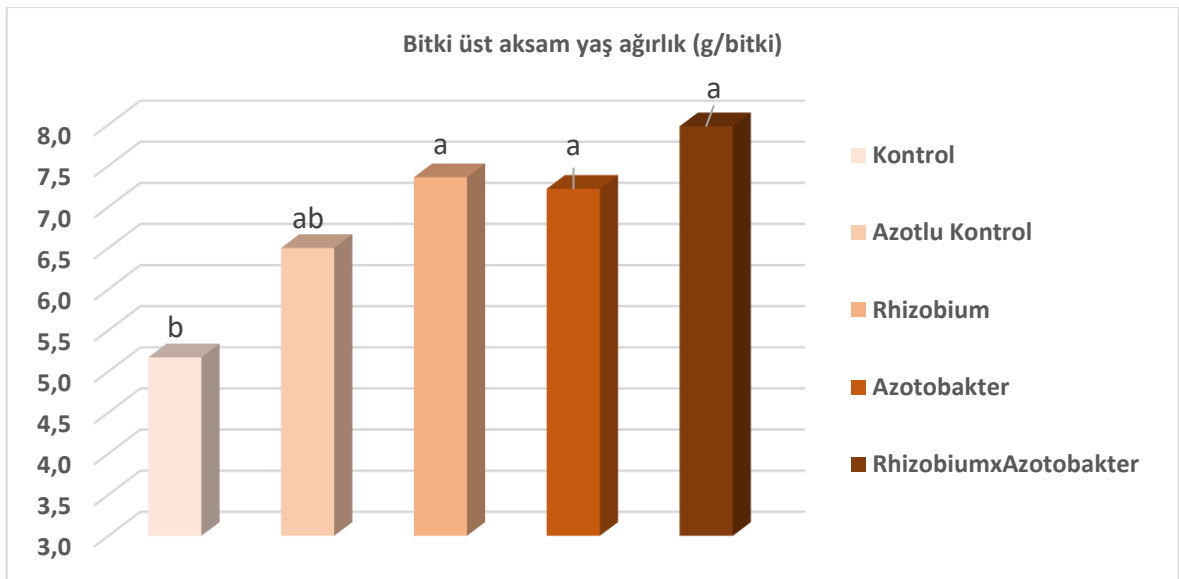


Şekil 4.2. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamaalarının bitki kök uzunluğu üzerine etkisi ($p<0.05$)

4.1.3. Bitki üst aksam yaş ağırlık

Rhizobium ve rhizobium x azotobakter kombine aşılamaalarının kontrol uygulamaları ile kıyaslandığında bitki üst aksam yaş ağırlığı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Nohut bitkisinin üst aksam yaş ağırlıklarına ait

veriler şekil 4.3.'de verilmiştir. Şekil 4.3.'ün incelenmesinden de görülebileceği gibi nohut bitkisinin üst aksam yaş ağırlıklarının 5.17-7.98 g arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek bitki üst aksam yaş ağırlığı 7.98 g olarak rhizobium x azotobakter kombine bakteriler ile aşılanan bitkilerden elde edilmiş olup en düşük yaş ağırlık ise 5.17 g ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir (Tablo 4.1.). Rhizobium ve rhizobium x azotobakter kombine bakterilerle aşılanan tohumlardan elde edilen bitkilerin yaş ağırlıklarında azotlu kontrol grubundan daha yüksek değerler tespit edilmiştir (Şekil 4.3.).



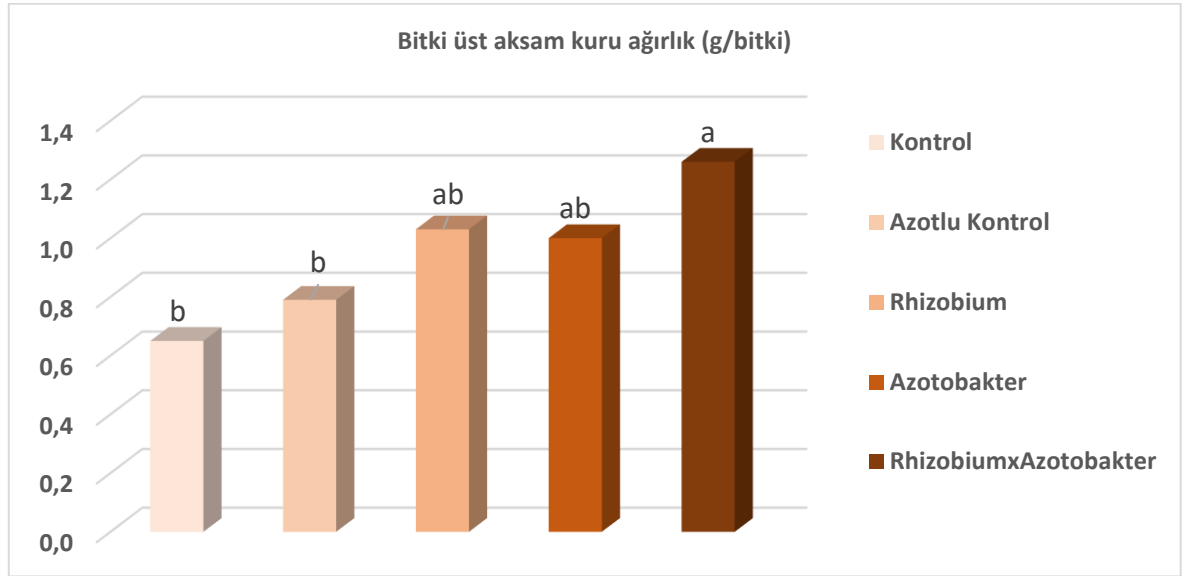
Şekil 4.3. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki üst aksam yaş ağırlığı (g/bitki) üzerine etkisi ($p < 0.01$).

Bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) ve rhizobium ile birlikte aşılamının etkisi, fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinin verim ve verim unsurları üzerine tarla koşullarında iki yıl üst üste araştırmalar yapılmıştır. Rhizobium suşu ile aşılamının tepkisi olarak bitki gelişiminde önemli bir varyasyon gözlemlenmiştir. PGPR ile aşılama bitki başına bakla sayısı, bakladaki tohum sayısı, 100 tane ağırlığı, bitki başına tohumların ağırlığı, tohum verimi ve protein içeriğinin yanı sıra R6'daki toplam kuru madde miktarını önemli derecede artırmıştır (Yadegari ve Rahmani, 2010).

4.1.4. Bitki üst aksam kuru ağırlık

Kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotobakter kombine bakteriler ile aşılamaların bitki üst aksam kuru ağırlığı üzerine etkileri

istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Nohut bitkisinin üst aksam kuru ağırlığa ait veriler şekil 4.4.'de verilmiştir. Şekil 4.4.'nin incelenmesinden de görülebileceği gibi nohut bitkisinin üst aksam kuru ağırlıklarının 0.65-1.26 g arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek bitki üst aksam kuru ağırlığı 1.26 g olarak rhizobium x azotobakter kombine bakterileri ile aşılana bitkilerden elde edilmiş olup en düşük yaş ağırlık ise 0.65 g ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir (Şekil 4.4.; Tablo 4.1.).



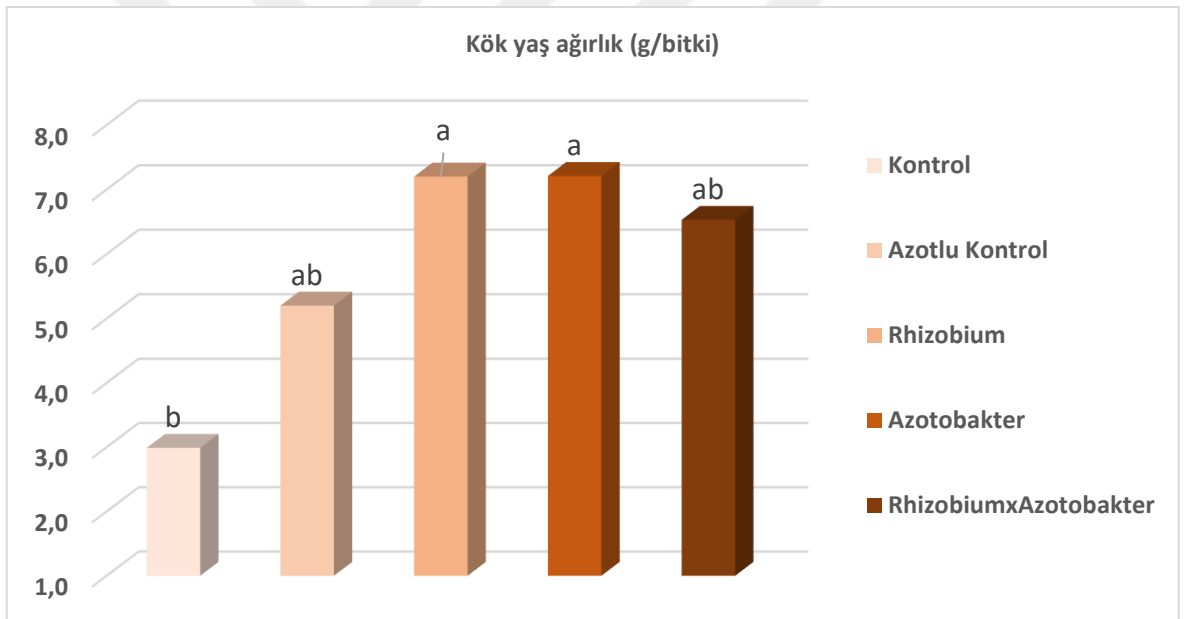
Şekil 4.4. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamaalarının bitki üst aksam kuru ağırlık (g/bitki) üzerine etkisi ($p<0.05$)

Karasu ve ark (2009); 1999-2000 yılları arasında Bursa Mustafa Kemalpaşa'da yürütülmüş olan çalışmada 3 farklı genotip ile (Yerel populasyon, Canitez 87 çeşidi ve ILC-114 hattı) 5 farklı azot dozu (0, 30, 60, 90 ve 120 kg ha^{-1}) ve rhizobium bakterisi kullanılmıştır. Araştırma sonucunda bakteri aşılması tohum verimini, bitki boyunu, ilk bakla yüksekliğini, bakladaki tane sayısını, bitkideki tane sayısını, hasat indeksini ve 1000 tane ağırlığını önemli ölçüde etkilerken, azot uygulamalarının hiçbir verim ve verim özellikleri üzerine etkisi olmadığı saptanmıştır. 2 yılın ortalaması olarak en yüksek tohum veriminin yerel populasyonda ($2149.1 \text{ kg ha}^{-1}$) olduğu saptanmıştır.

4.1.5. Bitki kök yaş ağırlık

Araştırmadan elde edilen verilere göre; kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotobakter kombine aşılamaalarının nohut bitkisinin kök yaş ağırlığı üzerine etkilerinin istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) olduğu belirlenmiştir.

Azkan nohut çeşidi bitkisinin kök yaş ağırlıklarının 2.99-7.21 g arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 4.1.). Bitkinin en yüksek kök yaş ağırlığı 7.21 g olarak azotobakter bakterileri ile aşılana bitkilerden elde edilmiş olup en düşük yaş ağırlık ise 2.99 g ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir (Şekil 4.5.). Rhizobium ve rhizobium x azotobakter kombine bakterilerle aşılana tohumlardan elde edilen bitkilerin kuru ağırlıklarından elde edilen değerler incelendiğinde azotlu kontrol grubundan daha yüksek değerler tespit edilmiştir. İşler ve Çoşkan (2009); Isparta ilinde *Bradyrhizobium japonicum* bakterisi 1809 nolu suşu ile 6 farklı bakteri aşılama yöntemini (kontrol, tohum aşılması, üst aşılama, iki defa üst aşılması, tohum yatağına pulverize aşılama ve peat ile aşılama) soyaya uygulanmıştır. Deneme sonuçlarına göre, soyada uygulanan bakteri aşılama yöntemlerinin azot fiksasyonunu arttırdığı ve bu yöntemlerin pratiğe aktarılabilir olduğu belirlenmiştir.

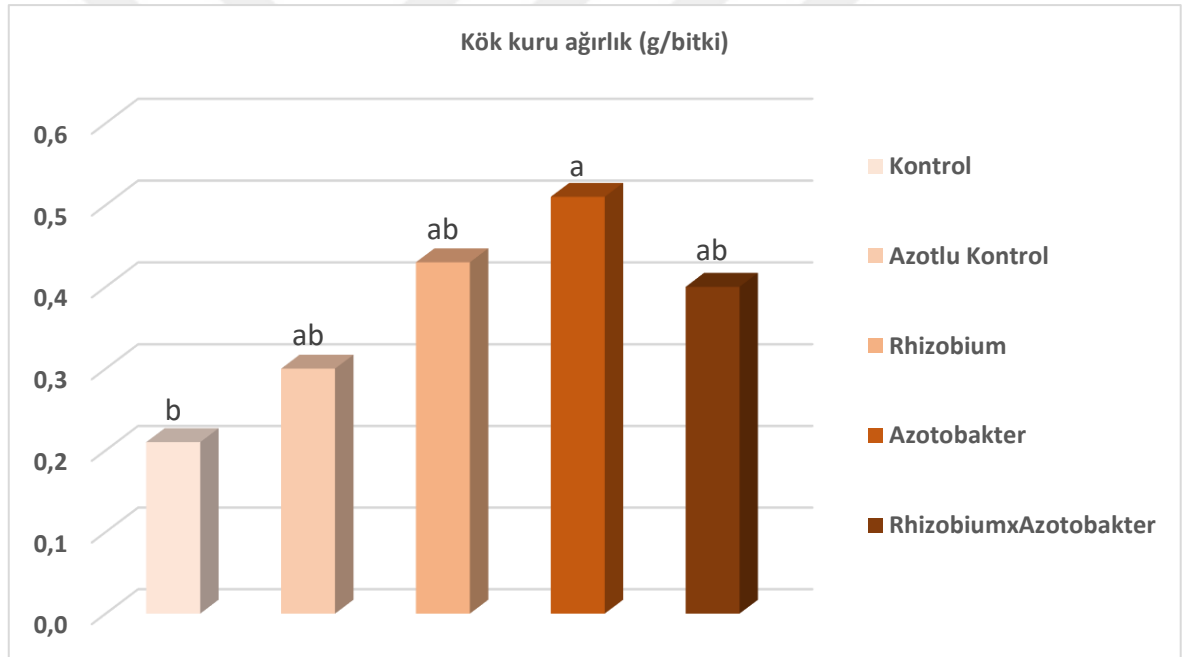


Şekil 4.5. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki kök yaş ağırlık (g/bitki) üzerine etkisi ($p < 0.01$)

Andjelkovic ve ark. 2014; yaptıkları bir çalışmada rhizobium (*Rhizobium meliloti*), azotobakter (*Azotobakter chroococcum*) ve aktinomiset (*Streptomyces spp.*) kültürlerinin bireysel ve kombine kültürleri ile ekim öncesi aşılamanın yonca bitkilerinin büyüme parametreleri (boy, gövde sayısı ve bitki ağırlığı) üzerine etkileri araştırılmıştır. Test edilen parametreler için çeşit ve aşılama arasındaki interaksiyon kontrolle karşılaştırıldığında pozitif bir etkiyle sonuçlanmıştır.

4.1.6. Bitki kök kuru ağırlık

Nohut bitkisinin kök kuru ağırlığı üzerine; kontrol, azotlu kontrol uygulamaları ile rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotobakter kombine bakterilerle aşılamanın etkileri istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Nohut bitkisinin kök kuru ağırlığına ait veriler şekil 4.6.'da verilmiştir. Şekil 4.6.'nın incelenmesinden de görülebileceği gibi uygulamalar arasında Azkan nohut çeşidi bitkisinin kök kuru ağırlıklarının 0.21-0.51 g arasında değiştiği belirlenmiştir. Nohut bitkisinin en yüksek kök kuru ağırlığı 0.51 g olarak Azotobakter bakterileri ile aşılamanın elde edilmiş olup en düşük kök kuru ağırlık ise 0.21g ile kontrol uygulamalarında tespit edilmiştir (Şekil 4.6.). En yüksek kök kuru ağırlığını (0.43 g) rhizobium bakterilerle aşılamanın elde edilen bitkilerin kök kuru ağırlıkları takip etmiştir (Şekil 4.6.).



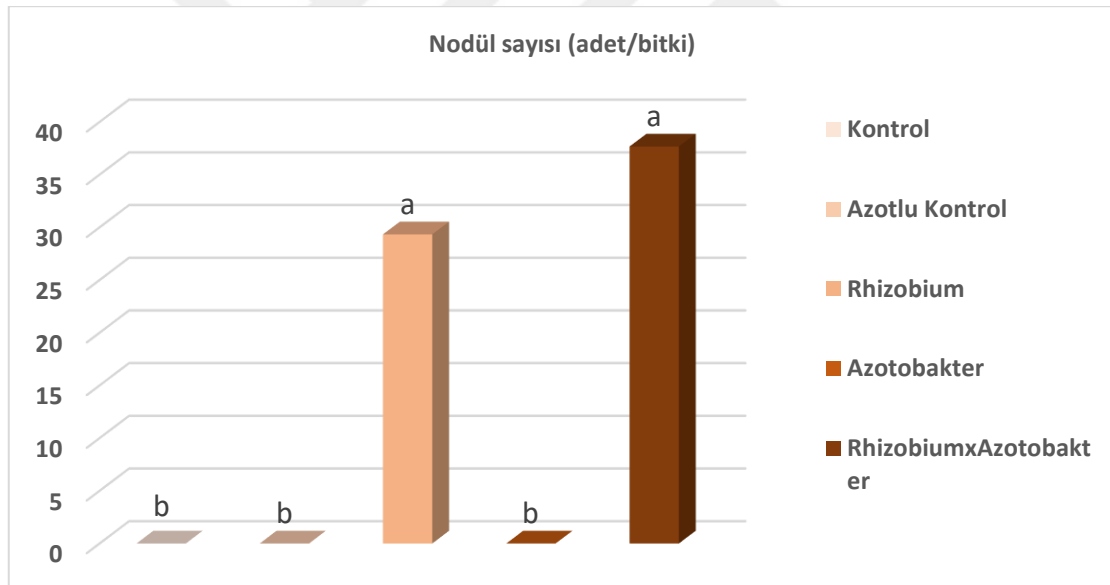
Şekil 4.6. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamanın bitki kök kuru ağırlık (g/bitki) üzerine etkisi ($p<0.05$)

Doğal *Rhizobium leguminosarum* F46 ve *Azotobacter chroococcom* AGO11 suşu ile aşılama ve azotlu gübrenin su stresi koşullarında bakla bitkisinin büyüme ve büyüme indekslerine etkileri çalışılmıştır. Sonuçlar, tek başına aşılamanın ve Rhizobium ve Azotobakter'in birlikte aşılamanın nodül sayısı, nodülasyon, total azot içeriği, bağıl su içeriği, kök kuru ağırlık, ortalama gün çimlenme ve gün çimlenme hızı gibi büyüme indekslerinin çoğunu artırdığını göstermiştir. Rhizobium ve Azotobakter'in

birlikte aşılınması su stresi koşulları altında su ve besin alımını artırmış, dolayısıyla su kıtlığının etkisini hafifletmiştir (Dashadi ve ark. 2011).

4.1.7. Nodül sayısı

Farklı uygulamaların (kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter, rhizobium x azotobakter) kontrollü sera şartlarında yetiştirilen nohut bitkisinin nodül sayısı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Elde edilen verilere göre, uygulamalar arasındaki nodül sayılarına ait veriler şekil 4.7.'de verilmiştir. Şekil 4.7.'nin incelenmesinden de görülebileceği gibi nodül sayılarının 0-38 adet arasında değiştiği belirlenmiş olup, en yüksek nodül sayısının 38 adet ile rhizobium x azotobakter kombine bakterilerle aşılanan bitkilerde belirlenmiştir. En düşük nodül sayısı ise 0 adet olarak kontrol, azotlu kontrol ve azotobakter uygulamalarında tespit edilmiştir (Şekil 4.7.).



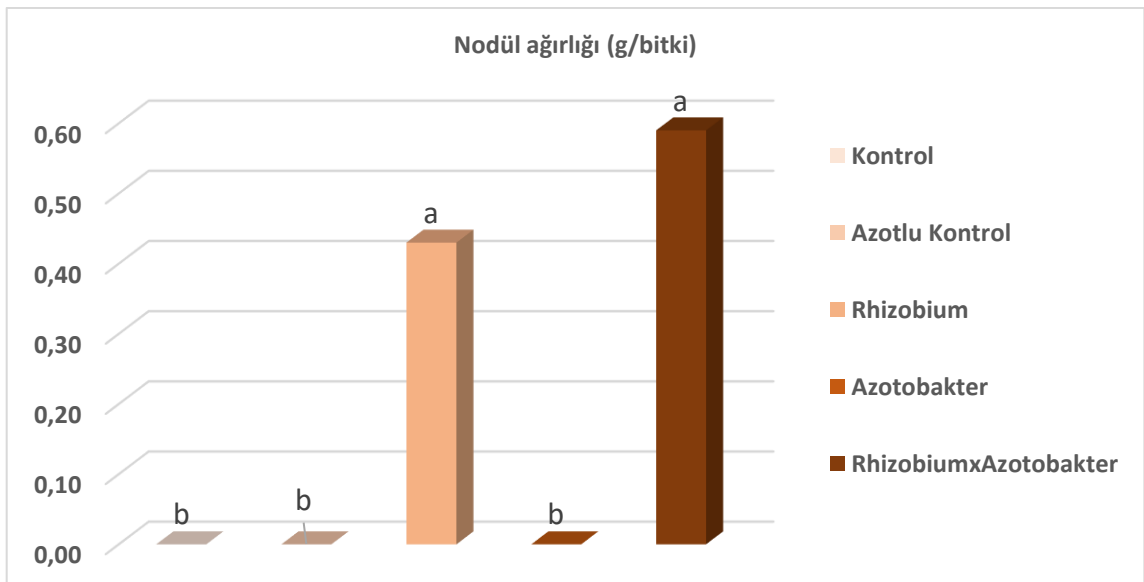
Şekil 4.7. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki kökündeki nodül sayısına (adet/bitki) etkisi ($p<0.01$)

Rodelas ve ark. 1999a; Z25 *Rhizobium leguminosarium* ve 5 farklı *Azotobacter chroococcum* veya *A. vinelandii* suşları ile bakla tohumlarının mix aşılınması, nodülasyon, bitki gelişimi ve çiçeklenme aşamasında nodüllü köklerin nitrojenaz aktivitesi üzerine etkileri önemli bulunmuştur. *Rhizobium leguminosarium* (Rh), *Azotobacter chroococcum* (AZ1) ve *Bacillus megaterium* var *phosphaticum* (BM3) ile

inokülasyonun iki çeşit kuru fasulyede (Bronco and Paulista) NPK kimyasal gübrelerin tavsiye edilen dozunun %25 altında nodülasyon, N fiksasyonu, rizosfer mikroorganizmaların popülasyonu, NPK içeriği, verim ve kabuk kalitesi üzerine etkilerini çalışmak için 2007-2008 yıllarında Kahire Üniversitesi, Ziraat Fakültesinde bir araştırma yürütülmüştür. Sonuçlar, kombine biyogübrelerle aşılamanın, kuru fasulyenin büyüme parametreleri, nodülasyon ve N₂-fiksasyonu üzerine önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir. Bu arada aynı uygulama ile verim ve unsurları ilaveten bakla özelliklerinde Bronco çeşidi en iyisi olarak belirlenmiştir (Gharib ve ark. 2015).

4.1.8. Nodül ağırlığı

Sera koşullarında yetiştirilen nohut bitkisinin nodül ağırlığı üzerine farklı uygulamaların (kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter, rhizobium x azotobakter) etkileri istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Nodül ağırlığına ait veriler şekil 4.8.'de verilmiştir. Şekil 4.8.'nin incelenmesinden de görülebileceği gibi uygulamalar arasındaki nodül ağırlıklarının 0-0.59 g arasında değiştiği belirlenmiş olup, en yüksek nodül ağırlığının 0.59 g ile rhizobium x azotobakter kombine bakteriler ile aşılama yapılan bitkilerin kökündeki nodüllerde belirlenmiştir (Tablo 4.1.; Şekil 4.8.). En düşük nodül ağırlığı ise 0 g olarak kontrol, azotlu kontrol ve azotobakter uygulamalarında tespit edilmiştir.

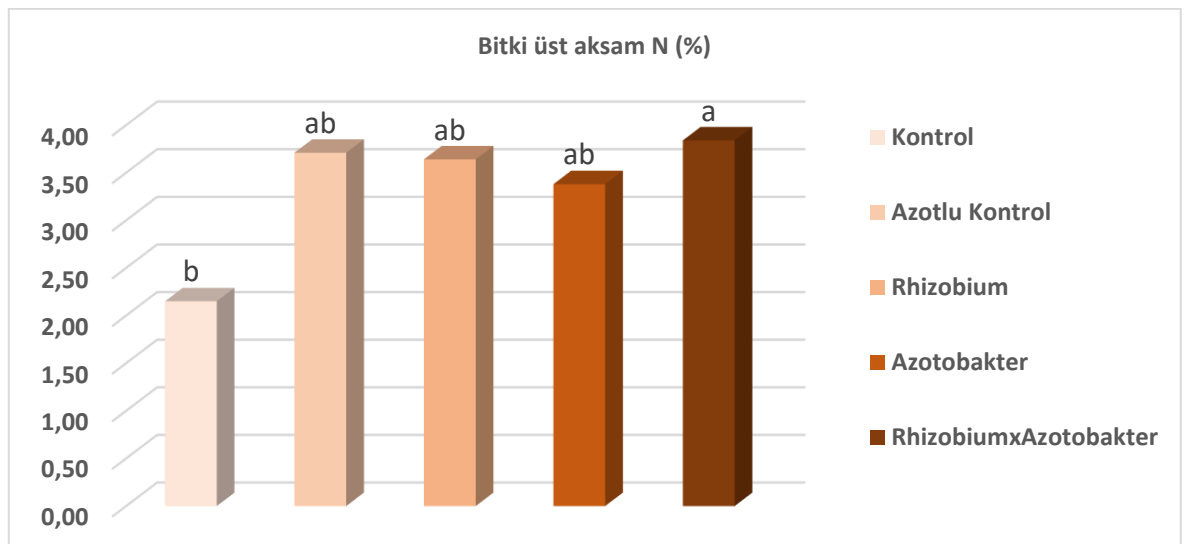


Şekil 4.8. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılama uygulamalarının bitki kökündeki nodül ağırlığına (g/bitki) etkisi ($p<0.01$)

Siddiqui ve ark., (2014); rhizobium ve azotobakterin kombine etkisinin nohut bitkisinin (*Cicer arietinum*) nodülasyonuna, azot fiksasyonuna ve verime etkisini görmek için araştırmalar yapılmıştır. Tohumun *Azotobacter chroococcum* ile birlikte etkili bir rhizobium türü suşu ile aşılanması nodülasyonda, kökteki azot içeriğinde ve tane veriminde aşılanmamış kontrollere göre önemli artışlarla sonuçlanmıştır. Mikrobiyal aşılamanın bitkiye yararlı etkisinin, bazı gelişmeyi teşvik edici maddelerin sentezine bağlanabildiğini ifade etmişlerdir.

4.1.9. Bitki üst aksam N

Nohut bitkisinin üst aksam azot içeriğine, kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotobakter kombine uygulamalarının etkileri istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) olduğu tespit edilmiştir. Bitki üst aksam azot içeriğine ait veriler Şekil 4.9.'da verilmiştir. Şekil 4.9.'un incelenmesinden de görülebileceği gibi uygulamalar arasında Azkan nohut çeşidi bitkisinin üst aksam azot içeriklerinin %2.15-3.84 arasında değiştiği belirlenmiştir. Nohut bitkisinin en yüksek üst aksam azot içeriği %3.84 olarak kombine bakteriler (rhizobium x azotobakter) ile aşılanan bitkilerden elde edilmiş olup en düşük üst aksam azot içeriği ise % 2.15 ile kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. En yüksek üst aksam azot içeriğini %3.71 ile azotlu kontrol uygulaması yapılan bitkilerdeki azot içeriği takip etmiştir (Tablo 4.1.; Şekil 4.9.).

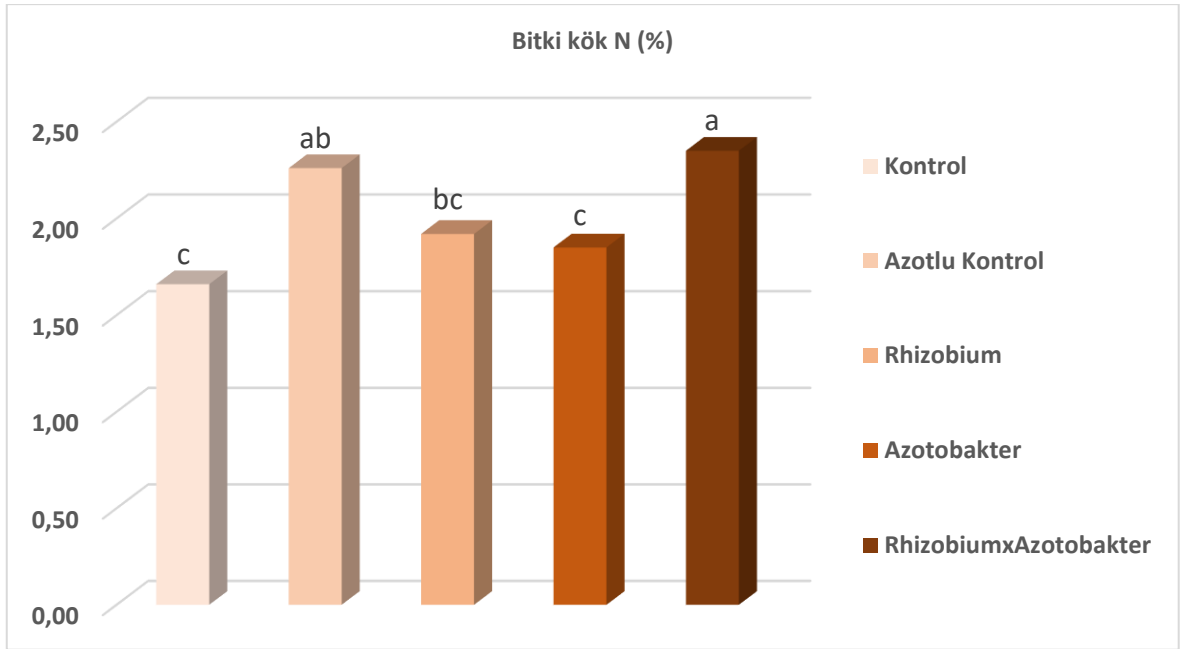


Şekil 4.9. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki üst aksam azot içeriğine etkisi ($p<0.01$)

Rana ve ark. (2012), göre, bir biyogübre olarak Azotobakterin kullanılması bitkilerin ve toprağın besin profilinin iyileştirilmesinde, ürünlerin artışında ve çevrenin korunmasında büyük öneme sahiptir. Ayrıca, azotobakteri ile aşılama aşılınmayan bitkilere göre mısırdan dane verimini %35 lere kadar artırmıştır (Bandhu ve Parbati 2013). Rodelas ve ark. 1999a; Z25 *Rhizobium leguminosarium* ve 5 farklı *Azotobakter chroococcum* veya *A. Vinelandii* suşları ile bakla tohumlarının mix aşılama, nodülasyon, bitki gelişimi ve çiçeklenme aşamasında nodüllü köklerin nitrojenaz aktivitesi üzerine etkileri önemli bulunmuştur.

4.1.10. Bitki kökünde N

Kontrol, azotlu kontrol uygulamaları ile rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotobakter kombine bakteriler ile aşılama nohut bitkisinin kökündeki azot içeriğine etkileri istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) olduğu tespit edilmiştir. Uygulamalar arasındaki değerler incelendiğinde Azkan nohut çeşidi bitkisinin kökündeki azot içeriklerinin %1.66-2.35 arasında değiştiği belirlenmiştir. Bitki kökünün azot içeriğine ait veriler şekil 4.10.'da verilmiştir. Şekil 4.10.'un incelenmesinden de görülebileceği gibi bitki kökündeki en yüksek azot içeriği %2.35 olarak rhizobium x azotobakter kombine bakterileri ile aşılama bitkilerden elde edilmiş olup en düşük azot içeriği ise % 1.66 ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Bir araştırmada, bezelye bitkisinin büyüme, verim ve kalite özellikleri üzerine *Azotobakter chroococcum* ve *Rhizobium leguminosarum* ile birlikte aşılamanın etkisini değerlendirmek için ekim öncesi ve çıkış sonrası gerçekleştirilmiştir. *A. chroococcum* ve *R. leguminosarum*, yalnızca rhizobium ile aşılama ilgili kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında, bitki biyokütlesini, besin alımını ve yaprak fotosentetik pigmentlerini önemli ölçüde iyileştirmiştir. Ayrıca, kontrol bitkilerine kıyasla *Azotobakter chroococcum* ile aşılama nodülasyon verilerini (nodül sayısı, nodül çapı ve nodül kuru ağırlığı) ve nitrojenaz enziminin aktivitesini arttırmıştır. İlâveten, sonuçlarımız ekim öncesi veya ekim sonrası uygulamalar arasında önemli bir fark olmadığını ortaya koymuştur (İbrahim ve ark. 2022).



Şekil 4.10. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki kökündeki azot içeriğine etkisi ($p < 0.01$)

Rhizobium'un farklı suşları, kanatlı fasulye ve soya fasulyesinin kombine inokülasyonu için sıcak ve tropikal koşullar altında Azospirillum'un birkaç suşları ile test edildi. Bu bakterilerin bazı kombinasyonlarından elde edilen mix inokülasyon sebebiyle nodülasyon, N_2 fiksasyonu, sürgün kuru madde üretimi ve N kazancında önemli artışlar belirlenmiştir. Kombine inokülasyona verilen tepki, başlıca bu suşların genotiplerine bağlıydı. İlişkisel etkiyi ifade ederken Rhizobium genotipinin etkisi Azospirillum dan daha belirleyiciydi. Azospirillum'un hücre içermeyen ekstraktı, organizmanın kendisiyle aynı etkiyi üretirken, kültür süpernatantı da bazı durumlarda aynı şeyi göstermiştir (Iruthayathas ve ark. 1983).

Tablo 4. 1. Rhizobium, Azotobakter ve Rhizobium x Azotobakter kombine uygulamalarının Nohut bitkisinde bazı verim unsurları ve nodülasyona etkisi

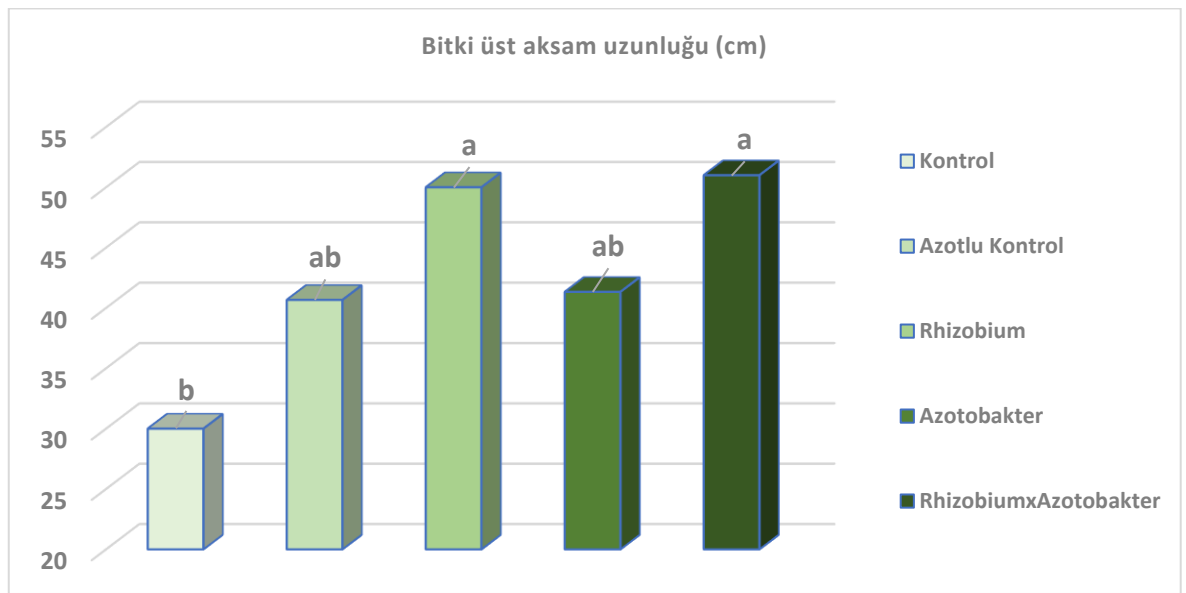
Uygulamalar	B.U. (cm)	K.U. (cm)	B.Y.A. (g)	B.K.A. (g)	K.Y.A. (g)	K.K.A. (g)	N.S. (adet)	N.A. (g)	B.N. (%)	K.N. (%)
Kontrol	34.33 C	24.00 B	5.17 B	0.65 B	2.99 B	0.21 B	0.00 B	0.00 B	2.15 B	1.66 C
Azotlu kontrol	43.67 B	28.67 AB	6.50 AB	0.79 B	5.20 AB	0.30 AB	0.00 B	0.00 B	3.71 AB	2.26 AB
Rhizobium	50.00 A	31.33 A	7.36 A	1.03 AB	7.20 A	0.43 AB	29.33 A	0.43 A	3.64 AB	1.92 BC
Azotobakter	46.33 AB	30.67 A	7.22 A	1.00 AB	7.21 A	0.51 A	0.00 B	0.00 B	3.38 AB	1.85 C
RhizobiumxAzotobakter	46.33 AB	30.67 A	7.98 A	1.26 A	6.53 AB	0.40 AB	37.67 A	0.59 A	3.84 A	2.35 A
LSD	*	*	*	*	*	**	*	*	*	*
CV (%)	3.39	4.84	7.89	11.29	15.46	20.13	5.23	6.81	11.06	5.10

BU: Bitki uzunluğu, KU: Kök uzunluğu, BYA: Bitki üst aksam yaş ağırlık, BKA: Bitki üst aksam kuru ağırlık KYA: Kök yaş ağırlık, KKA: Kök kuru ağırlık, NS: Nodül sayısı, NA: Nodül ağırlığı, BN: Bitki üst aksam N, KN: Kökte N, Ö.D.: Önemli Değil *: p<0.01 **: p<0.05

4.2. Bilensoy-80 Yonca Çeşidinin Bazı Verim Unsurları

4.2.1. Bitki üst aksam uzunluğu

Araştırmada, kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter, rhizobium x azotobakter kombine uygulamalarının Bilensoy-80 Yonca çeşidi bitkisinde bazı verim unsurları ve nodülasyon verileri ölçülmüştür. Araştırmadan elde edilen verilere göre; yapılan uygulamalar arasında bitkinin üst aksam uzunluklarında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar istatistik olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur (Tablo 4.2.).



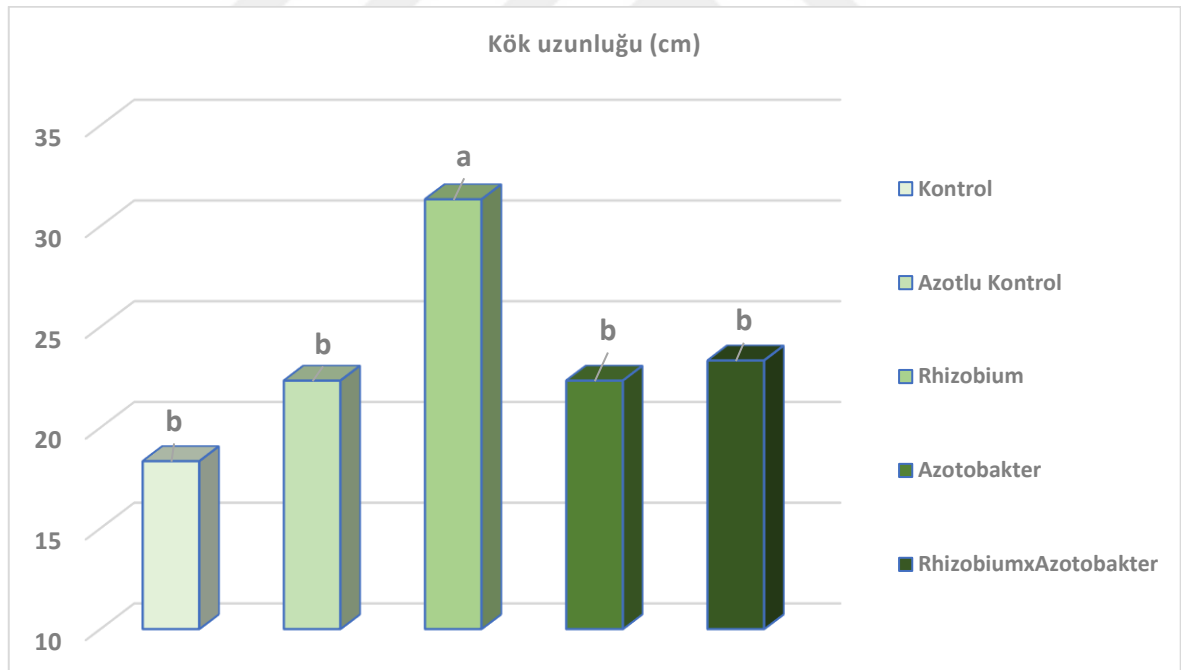
Şekil 4.11. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine uygulamalarının bitki üst aksam uzunluğu üzerine etkisi ($p < 0.01$)

Bitki üst aksam uzunluğuna ait veriler şekil 4.11.'de verilmiştir. Şekil 4.11.'ün incelenmesinden de görülebileceği gibi en yüksek bitki üst aksam uzunluğu 51 cm ile rhizobium x azotobakterin kombine uygulamasında belirlenmiştir. En düşük bitki üst aksam uzunluğu ise kontrol uygulamasında tespit edilmiştir (Şekil 4.11.). Bitki üst aksam uzunlukları incelendiğinde bireysel ve kombine bakteri uygulamalarının kontrol ve azotlu kontrol uygulamalarına göre daha yüksek değerler olduğu tespit edilmiştir. Rhizobium ve rhizobium x azotobakter kombine bakteriler ile uygulamalarının yonca bitkisinin üst aksam uzunluğuna azotlu kontrol uygulamasından daha yüksek değerler elde edildiği belirlenmiştir (Tablo 4.2.; Şekil 4.11.). Herridge ve ark. (2008) bildirdiği gibi, rhizobium simbiyozu konukçu bitkinin köklerinde veya gövdelerinde nodüller

oluşturur ve baklagil-rhizobium simbiyozu toplam biyolojik azot fiksasyonunun %60'ını oluşturur. Bu yüzden, etkili rhizobium ile baklagillerin aşılması, toprak sağlığını korurken, baklagillerin verim ve verim unsurlarını artırdığı tespit edilmiştir. Ayrıca, N fiksasyonunun iyileştirilmesi için kullanılan çevre dostu uygulamalar olması, artan sürgün büyümesi, bakla sayısı ve bakla tane verimi ile sonuçlanmıştır (Siczek ve Lipiec, 2016).

4.2.2. Bitki kök uzunluğu

Araştırmadan elde edilen verilere göre; yapılan uygulamalar arasında bitkinin kök uzunluklarında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Bitki kök uzunluğuna ait veriler şekil 4.12.'de verilmiştir. Şekil 4.12.'nin incelenmesinden de görülebileceği gibi en yüksek bitki kök uzunluğu 31.3 cm ile rhizobium ile aşılardan elde edilen bitkilerde belirlenmiştir. En düşük bitki kök uzunluğu ise kontrol uygulamasında tespit edilmiştir (Şekil 4.12.).



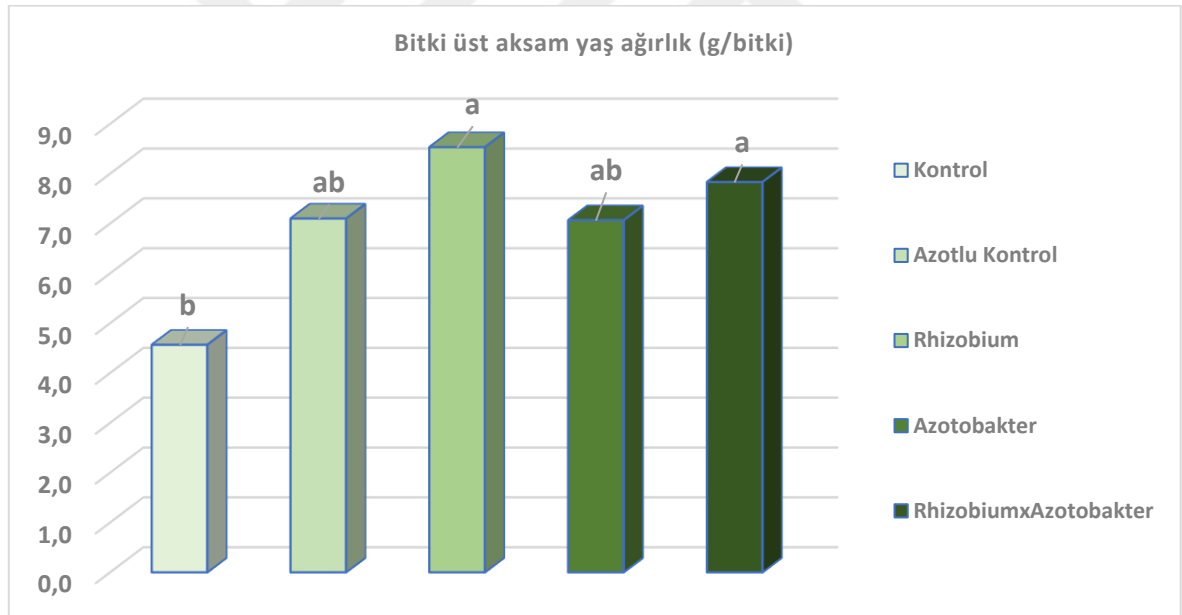
Şekil 4.12. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki kök uzunluğu üzerine etkisi ($p<0.05$)

Bilensoy-80 yonca bitkisinin kök uzunluklarının 18.3-31.3 cm arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 4.2.). Rhizobium'un farklı suşları, kanatlı fasulye ve soya fasulyesinin kombine inokülasyonu için sıcak ve tropikal koşullar altında

Azospirillum'un birkaç suşları ile test edilmiştir. Bu bakterilerin bazı kombinasyonlarından elde edilen mix inokülasyon sebebiyle nodülasyon, N₂ fiksasyonu, sürgün kuru madde üretimi ve N kazancında önemli artışlar belirlenmiştir. Azospirillum'un hücre içermeyen ekstraktı, organizmanın kendisiyle aynı etkiyi üretirken, kültür süpernatantı da bazı durumlarda aynı şeyi göstermiştir (Iruthayathas ve ark. 1983).

4.2.3. Bitki üst aksam yaş ağırlık

Rhizobium ve rhizobium x azotobakter kombine bakteriler ile aşılamanın kontrol uygulamaları ile kıyaslandığında bitki üst aksam yaş ağırlığı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ($p < 0.01$) bulunmuştur. Bitki üst aksam yaş ağırlığına ait veriler şekil 4.13.'de verilmiştir. Şekil 4.13.'nin incelenmesinden de görülebileceği gibi yonca bitkisinin üst aksam yaş ağırlıklarının 4.57-8.53 g arasında değiştiği belirlenmiştir.



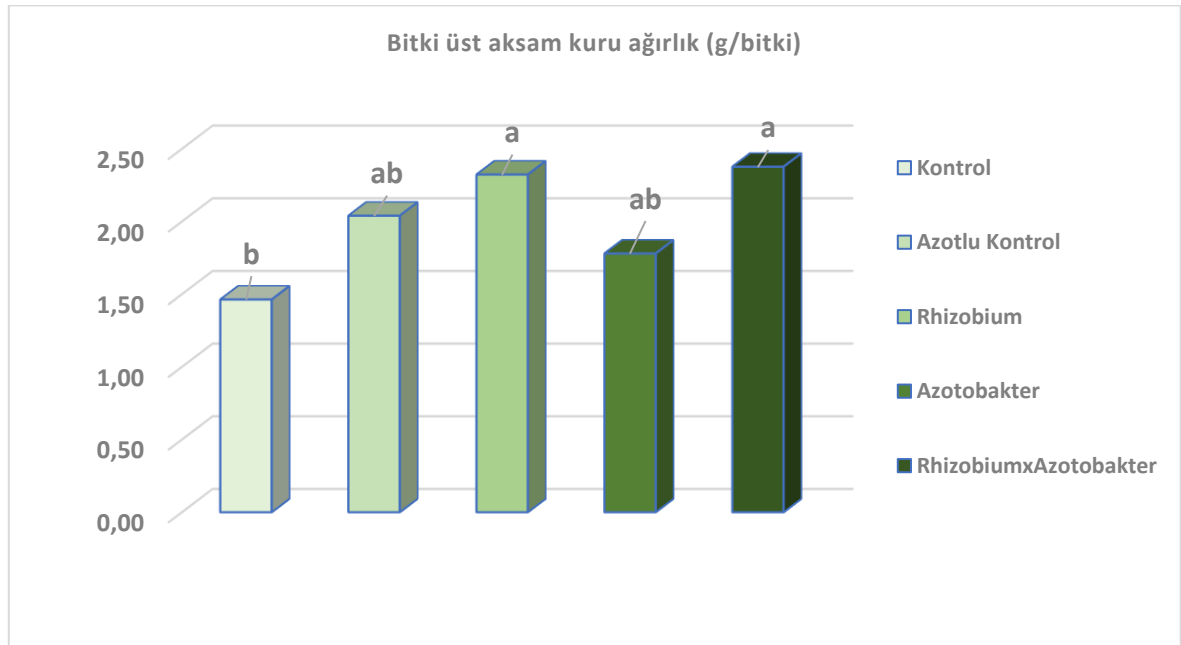
Şekil 4.13. Rhizobium, Azotobakter ve Rhizobium x Azotobakter kombine aşılamalarının bitki üst aksam yaş ağırlığı (g/bitki) üzerine etkisi ($p < 0.01$)

En yüksek bitki üst aksam yaş ağırlığı 8.53 g olarak rhizobium bakterisi ile aşılamanın bitkilerden elde edilmiş olup en düşük yaş ağırlık ise 4.57 g ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir (Şekil 4.13.). Rhizobium ve rhizobium x azotobakter kombine bakterilerle aşılamanın tohumlardan elde edilen bitkilerin yaş ağırlıklarında azotlu kontrol grubundan daha yüksek değerler tespit edilmiştir (Tablo 4.2.). Bitki

gelişimini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) ve rhizobium ile birlikte aşılamanın etkisi, fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinin verim ve verim unsurları üzerine tarla koşullarında iki yıl üst üste araştırmalar yapılmıştır. Rhizobium suşu ile aşılamanın tepkisi olarak bitki gelişiminde önemli bir varyasyon gözlemlenmiştir. PGPR ile aşılama bitki başına bakla sayısı, bakladaki tohum sayısı, 100 tane ağırlığı, bitki başına tohumların ağırlığı, tohum verimi ve protein içeriğinin yanı sıra R6'daki toplam kuru madde miktarını önemli derecede artırmıştır (Yadegari ve Rahmani, 2010).

4.2.4. Bitki üst aksam kuru ağırlık

Kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotobakter kombine uygulamalarının bitki üst aksam kuru ağırlığı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ($p < 0.05$) bulunmuştur. Bitki üst aksam kuru ağırlıklarına ait veriler şekil 4.14.'de verilmiştir. Şekil 4.14.'ün incelenmesinden de görülebileceği gibi bitkinin üst aksam kuru ağırlıklarının 1.46-2.38 g arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek bitki üst aksam kuru ağırlığı 2.38 g olarak rhizobium x azotobakter kombine bakterileri ile aşılamanın bitkilerden elde edilmiş olup en düşük yaş ağırlık ise 1.46 g ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir (Şekil 4.14.).



Şekil 4.14. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki üst aksam kuru ağırlık (g/bitki) üzerine etkisi ($p < 0.05$)

Rhizobium ve rhizobium x azotobakter kombine bakterilerle aşılamanın tohumlardan elde edilen bitkilerin kuru ağırlıklarında azotlu kontrol grubundan daha yüksek değerler tespit edilmiştir (Tablo 4.2.). Farklı seviyelerde azot ve biyogübrelerin kanola verimine etkisini araştırmak amacıyla İran, Kazvin'deki tesislerde bir araştırma yapılmıştır. Uygulamalar azotun 3 farklı dozu (0, 75 ve 150 kg ha^{-1}) ve 4 farklı biyolojik gübreleri (kontrol, azotobakter, azospirillum ve azotobakter x azospirillum kombinasyonu) içermektedir. Sonuçlar, azot uygulamasının verim ve verim bileşenleri üzerinde önemli bir etkiye sahip olduğunu göstermiştir. Önemli artışlar biyo-gübre uygulanması ile tüm özelliklerde gözlemlenmiştir. Aynı zamanda biyogübrelerin kombine kullanımı diğer uygulamalardan istatistiksel olarak önemli bulunmuştur (Naderifar ve Daneshian, 2012).

4.2.5. Bitki kök yaş ağırlık

Araştırmadan elde edilen verilere göre; kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotobakter kombine bakteriler ile aşılamanın yonca bitkisinin kök yaş ağırlığı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) olduğu belirlenmiştir.

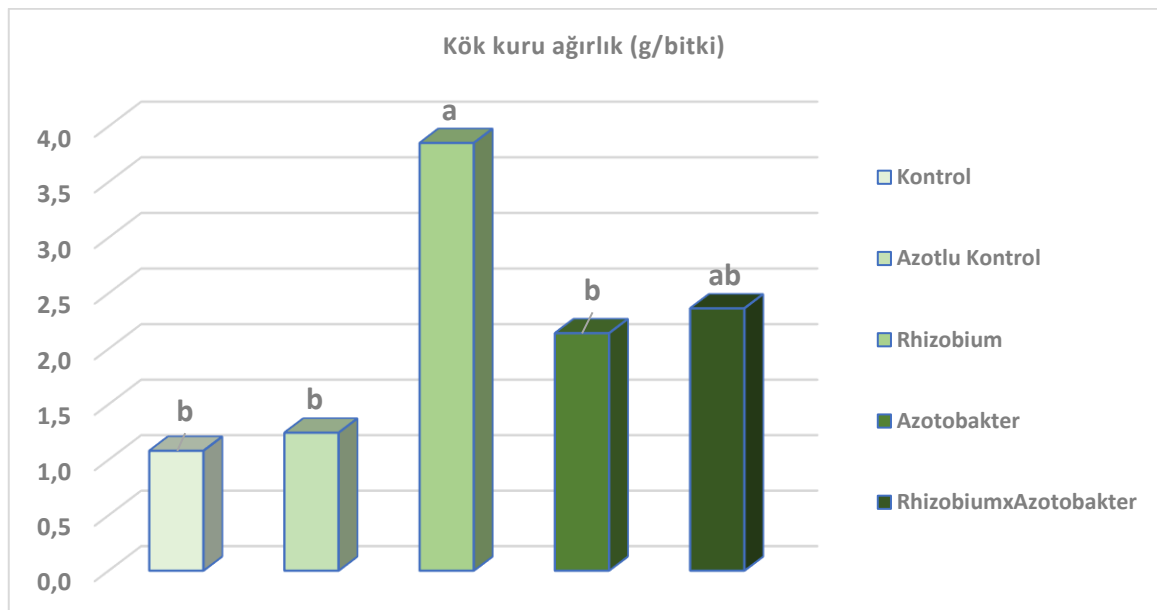


Şekil 4.15. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamanın bitki kök yaş ağırlık (g/bitki) üzerine etkisi ($p<0.01$)

Bilensoy 80 yonca çeşidi bitkisinin kök yaş ağırlıklarının 2.67-8.98 g arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.15.). Bitkinin en yüksek kök yaş ağırlığı 8.98 g olarak rhizobium bakterileri ile aşılanan bitkilerden elde edilmiş olup en düşük yaş ağırlık ise 2.67 g ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Rhizobium ve rhizobium/azotobakter kombine bakterilerle aşılanan tohumlardan elde edilen bitkilerin kuru ağırlıklarında azotlu kontrol grubundan daha yüksek değerler tespit edilmiştir (Tablo 4.2.). Andjelkovic ve ark. 2014; yaptıkları bir çalışmada rhizobium (*Rhizobium meliloti*), azotobakter (*Azotobakter chroococcum*) ve aktinomiset (*Streptomyces spp.*) kültürlerinin bireysel ve kombine kültürleri ile ekim öncesi aşılamanın yonca bitkilerinin büyüme parametreleri (boy, gövde sayısı ve bitki ağırlığı) üzerine etkileri araştırılmıştır. Test edilen parametreler için çeşit ve aşılama arasındaki interaksiyon kontrolle karşılaştırıldığında pozitif bir etkiyle sonuçlanmıştır.

4.2.6. Bitki kök kuru ağırlık

Yonca bitkisinin kök kuru ağırlığı üzerine; kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotobakter kombine uygulamalarının etkileri istatistiksel olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. Uygulamalar arasında Bilensoy 80 yonca çeşidi bitkisinin kök kuru ağırlıklarının 1.08-3.85 g arasında değiştiği belirlenmiştir (Şekil 4.16.).

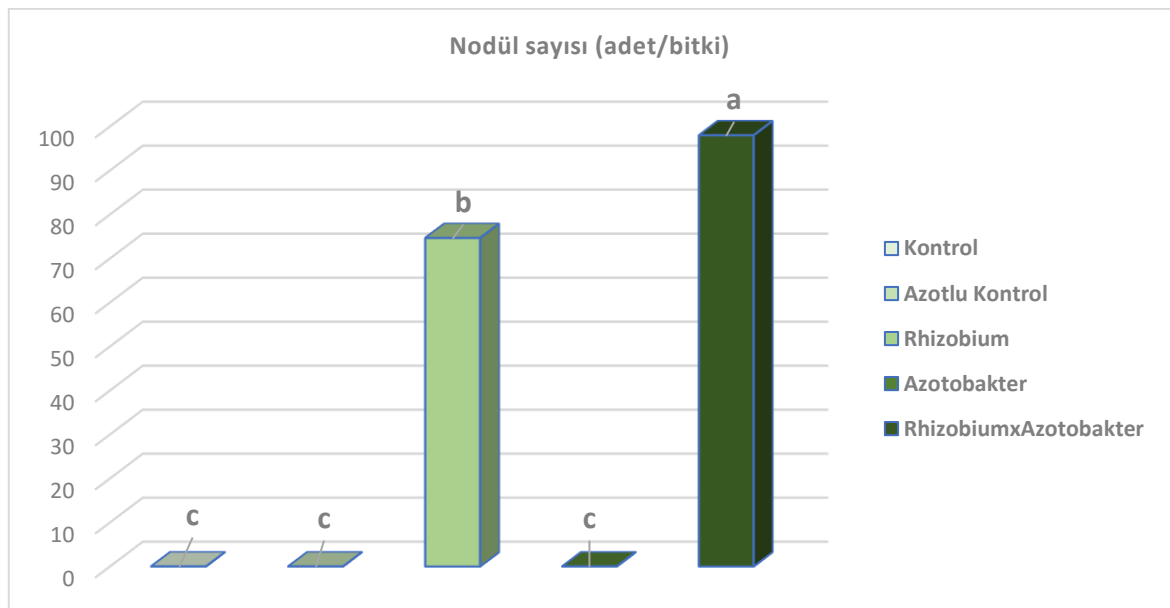


Şekil 4.16. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine uygulamalarının bitki kök kuru ağırlık (g/bitki) üzerine etkisi ($p<0.05$)

Yonca bitkisinin en yüksek kök kuru ağırlığı 3.85 g olarak rhizobium bakterileri ile aşılana bitkilerden elde edilmiş olup en düşük kuru ağırlık ise 1.08 g ile kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. En yüksek kök kuru ağırlığını (2.03 g) rhizobium x azotobakter kombine bakterilerle aşılana tohumlardan elde edilen bitkilerin kuru ağırlıkları takip etmiştir (Tablo 4.2.). Doğal *Rhizobium leguminosarum* F46 ve *Azotobacter chroococcom* AGO11 suşu ile aşılama ve azotlu gübrenin su stresi koşullarında bakla bitkisinin büyüme ve büyüme indekslerine etkileri çalışılmıştır. Sonuçlar, tek başına aşılamanın ve Rhizobium ve Azotobakter'in birlikte aşılamaının nodül sayısı, nodülasyon, total azot içeriği, bağıl su içeriği, kök kuru ağırlık, ortalama gün çimlenme ve gün çimlenme hızı gibi büyüme indekslerinin çoğunu artırdığını göstermiştir. Rhizobium ve Azotobakter'in birlikte aşılama su stresi koşulları altında su ve besin alımını artırmış, dolayısıyla su kıtlığının etkisini hafifletmiştir (Dashadi ve ark. 2011).

4.2.7. Nodül sayısı

Farklı uygulamaların (kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter, rhizobium/azotobakter) sera koşullarında yetiştirilen yonca bitkisinin nodül sayısı üzerine etkileri farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur.

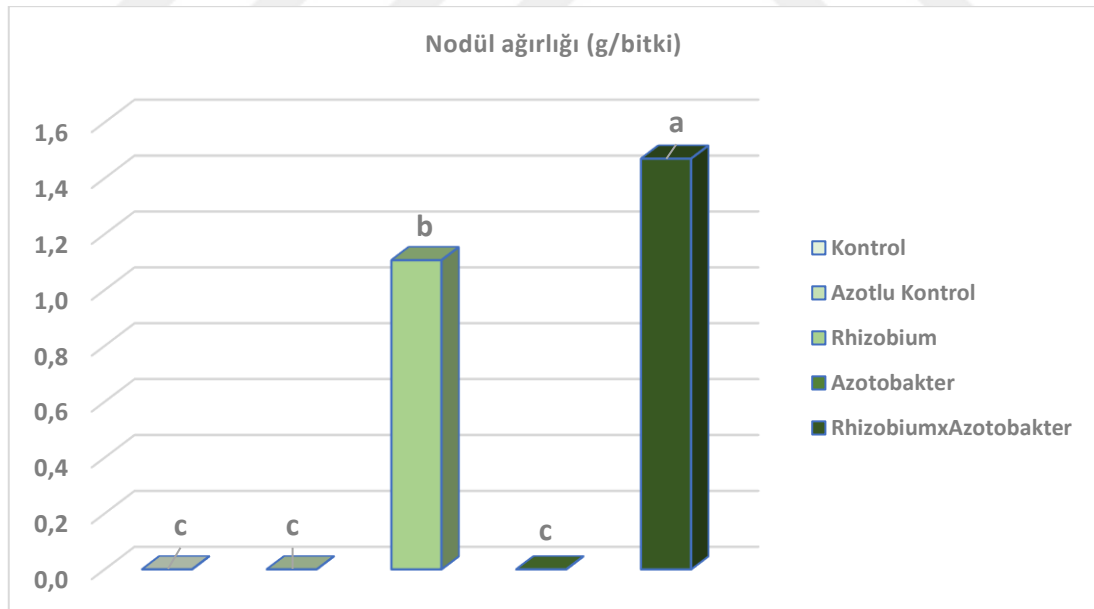


Şekil 4.17. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamaının bitki kökündeki nodül sayısına (adet/bitki) etkisi ($p<0.01$)

Nodül sayısına ait veriler şekil 4.17.'de verilmiştir. Şekil 4.17.'nin incelenmesinden de görülebileceği gibi uygulamalar arasındaki nodül sayılarının 0-98 adet arasında değiştiği belirlenmiş olup, en yüksek nodül sayısının 98 adet ile rhizobium x azotobakter kombine bakterilerle aşılana bitkilerde belirlenmiştir. En düşük nodül sayısı ise 0 adet olarak kontrol, azotlu kontrol ve azotobakter uygulamalarında tespit edilmiştir (Şekil 4.17.). Rodelas ve ark. 1999a; Z25 *Rhizobium leguminosarium* ve 5 farklı *Azotobakter chroococcum* veya *A. vinelandii* suşları ile bakla tohumlarının mix aşılama, nodülasyon, bitki gelişimi ve çiçeklenme aşamasında nodüllü köklerin nitrojenaz aktivitesi üzerine etkileri önemli bulunmuştur.

4.2.8. Nodül ağırlığı

Sera koşullarında yetiştirilen yonca bitkisinin nodül ağırlığı üzerine farklı uygulamaların (kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter, rhizobium x azotobakter) etkileri farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur.



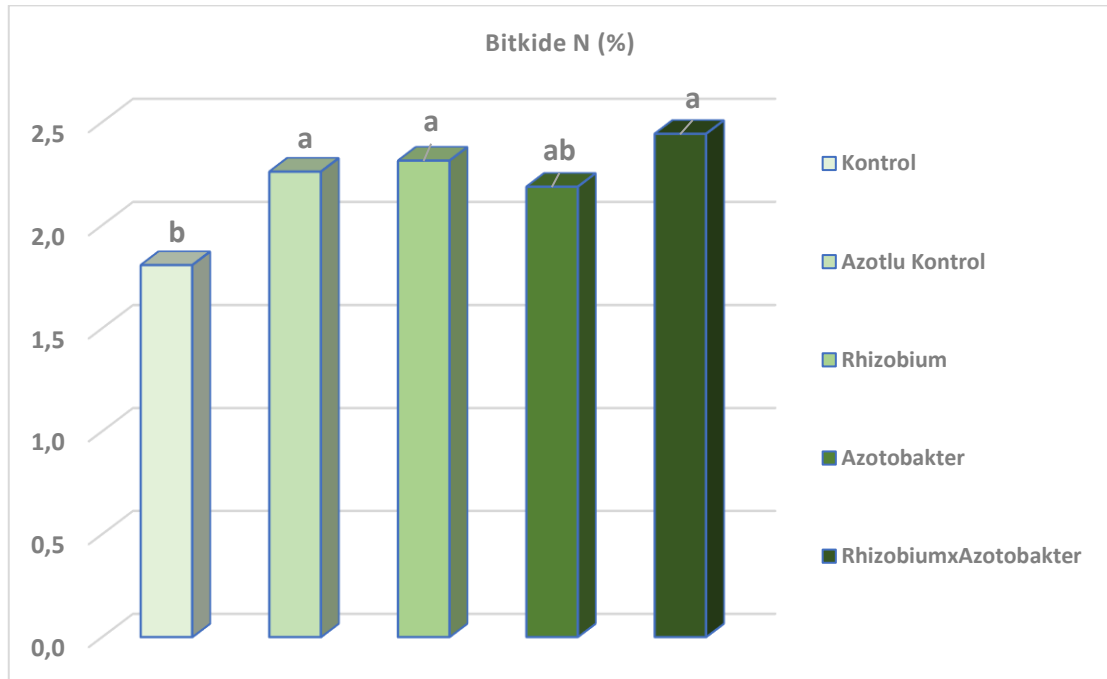
Şekil 4.18. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki kökündeki nodül ağırlığına (g/bitki) etkisi ($p<0.01$)

Araştırma sonuçlarına göre uygulamalar arasındaki nodül ağırlıklarının 0-1.47 g arasında değiştiği belirlenmiş olup, en yüksek nodül ağırlığının 1.47 ile

rhizobium x azotobakter kombine aşılama yapılan bitkilerin kökündeki nodüllerde belirlenmiştir (Şekil 4.18.). Şekil 4.18.'nin incelenmesinden de görülebileceği gibi en düşük nodül ağırlığı ise 0 g olarak kontrol, azotlu kontrol ve azotobakter uygulamalarında tespit edilmiştir (Tablo 4.2.). *Rhizobium leguminoarum* (Rh), *Azotobacter chroococcum* (AZ1) ve *Bacillus megaterium var phosphaticum* (BM3) ile inokülasyonun iki çeşit kuru fasulyede (Bronco and Paulista) NPK kimyasal gübrelerin tavsiye edilen dozunun %25 altında nodülasyon, N fiksasyonu, rizosfer mikroorganizmaların popülasyonu, NPK içeriği, verim ve kabuk kalitesi üzerine etkilerini çalışmak için 2007-2008 yıllarında Kahire Üniversitesi, Ziraat Fakültesinde bir araştırma yürütülmüştür. Sonuçlar, kombine biyogübrelerle aşılamanın, kuru fasulyenin büyüme parametreleri, nodülasyon ve N₂-fiksasyonu üzerine önemli bir etkisi olduğunu göstermiştir (Gharib ve ark. 2015).

4.2.9. Bitki üst aksam N

Yonca bitkisinin üst aksam azot içeriğine, kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotobakter kombine uygulamalarının etkileri istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) olduğu tespit edilmiştir.



Şekil 4.19. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılama uygulamalarının bitki üst aksam azot içeriğine etkisi ($p<0.01$)

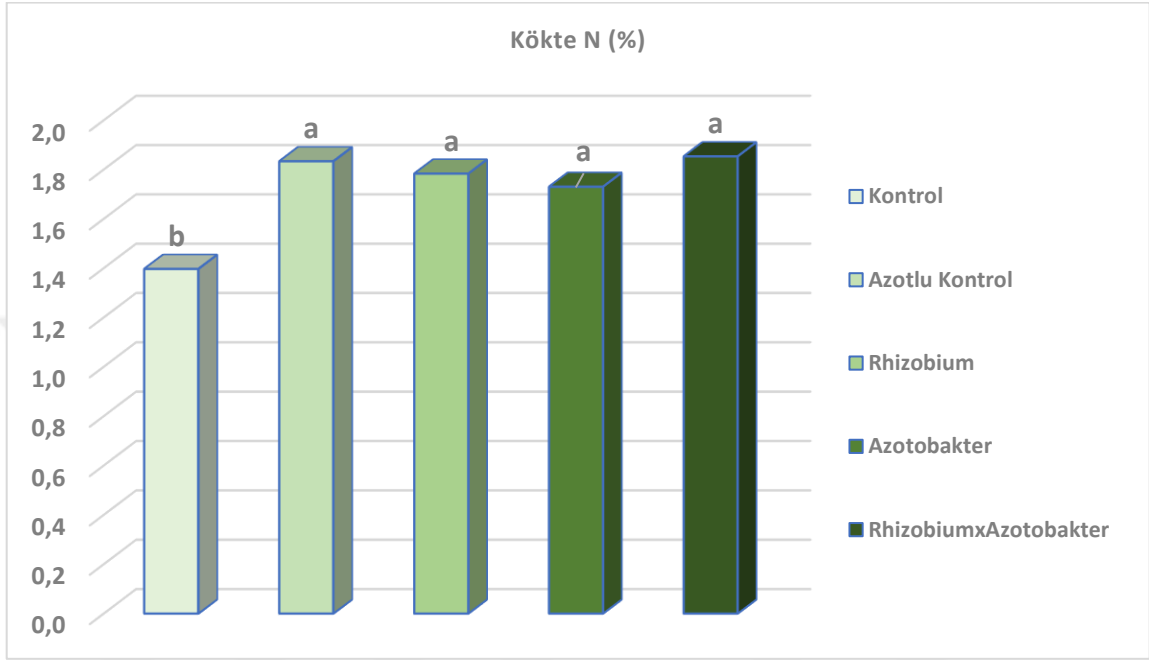
Uygulamalar arasında Bilensoy 80 yonca çeşidi bitkisinin üst aksam azot içeriklerinin %1.81-2.44 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 4.2.). Yonca bitkisinin en yüksek üst aksam azot içeriği % 2.44 olarak kombine bakterileri ile aşıl原因an bitkilerden elde edilmiş olup en düşük üst aksam azot içeriği ise % 1.81 ile kontrol uygulamasında tespit edilmiştir (Şekil 4.19.). En yüksek üst aksam azot içeriğini %2.31 ile rhizobium bakterileri ile aşıl原因an tohumlardan elde edilen bitkilerdeki azot içeriği takip etmiştir. Azotlu kontrol uygulamasının üst aksam azot içeriği % 2.26 olarak belirlenmiş olup azotobakteri ile aşıl原因an bitkilerin üst aksam azot içerikleri ise % 2.19 bulunmuştur. Rana ve ark. (2012), göre, bir biyogübre olarak Azotobakterin kullanılması bitkilerin ve toprağın besin profilinin iyileştirilmesinde, ürünlerin artışında ve çevrenin korunmasında büyük öneme sahiptir. Ayrıca, azotobakteri ile aşıl原因an bitkilere göre mısırdan dane verimini %35'lere kadar artırmıştır (Bandhu ve Parbati 2013). Rodelas ve ark. 1999a; Z25 *Rhizobium leguminosarium* ve 5 farklı *Azotobakter chroococcum* veya *A. Vinelandii* suşları ile bakla tohumlarının mix aşıl原因ması, nodülasyon, bitki gelişimi ve çiçeklenme aşamasında nodüllü köklerin nitrojenaz aktivitesi üzerine etkileri önemli bulunmuştur.

4.2.10. Bitki kökünde N

Kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotobakter kombine aşıl原因malarının yonca bitkisinin kökündeki azot içeriğine etkileri istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) olduğu tespit edilmiştir. Bitki kökünün azot içeriğine ait veriler şekil 4.20.'de verilmiştir. Şekil 4.20.'nin incelenmesinden de görülebileceği gibi uygulamalar arasında Bilensoy 80 yonca çeşidi bitkisinin kökündeki azot içeriklerinin % 1.40-1.85 arasında değiştiği belirlenmiştir (Tablo 4.2.). Yonca bitkisinin kökündeki en yüksek azot içeriği %1.85 olarak rhizobium x azotobakter kombine bakterileri ile aşıl原因an bitkilerden elde edilmiş olup en düşük azot içeriği ise % 1.40 ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir (Şekil 4.20.).

Bir araştırmada, bezelye bitkisinin büyüme, verim ve kalite özellikleri üzerine *Azotobacter chroococcum* ve *Rhizobium leguminosarum* ile birlikte aşıl原因manın etkisini değerlendirmek için ekim öncesi ve çıkış sonrası gerçekleştirilmiştir. *A. chroococcum* ve *R. leguminosarum*, yalnızca rhizobium ile aşıl原因mış ilgili kontrol bitkileri ile karşılaştırıldığında, bitki biyokütlesini, besin alımını ve yaprak fotosentetik

pigmentlerini önemli ölçüde iyileştirmiştir. Ayrıca, kontrol bitkilerine kıyasla *Azotobakter chroococcum* ile aşılama nodülasyon verilerini (nodül sayısı, nodül çapı ve nodül kuru ağırlığı) ve nitrojenaz enziminin aktivitesini arttırmıştır. İlaveten, sonuçlarımız ekim öncesi veya ekim sonrası uygulamalar arasında önemli bir fark olmadığını ortaya koymuştur (İbrahim ve ark. 2022).



Şekil 4.20. Rhizobium, Azotobakter ve RhizobiumxAzotobakter kombine aşılamalarının bitki kökündeki azot içeriğine etkisi ($p < 0.01$)

Tablo 4. 2. Rhizobium, Azotobakter ve Rhizobium x Azotobakter kombine uygulamalarının Yonca bitkisinde bazı verim unsurları ve nodülasyona etkisi

Uygulamalar	B.U. (cm)	K.U. (cm)	B.Y.A. (g)	B.K.A. (g)	K.Y.A. (g)	K.K.A. (g)	N.S. (adet)	N.A. (g)	B.N. (%)	K.N. (%)
Kontrol	30.0 B	18.33 B	4.57 B	1.46 B	2.67 B	1.08 B	0.00 C	0.00 C	1.81 B	1.40 B
Azotlu kontrol	40.7 AB	22.33 AB	7.10 AB	2.04 AB	2,93 B	1.24 B	0.00 C	0.00 C	2.26 AB	1.83 A
Rhizobium	50.0 A	31.33 A	8.53 A	2.32 A	8.98 A	3.85 A	74,67 B	1,11 B	2.31 AB	1.78 AB
Azotobakter	41.3 AB	22.33 AB	7.07 AB	1.78 AB	5.07 B	1.85 B	0.00 C	0.00 C	2.19 AB	1.73 AB
RhizobiumxAzotobakter	51 A	23.33 AB	7.83 AB	2.38 A	8.40 A	2.03 B	98 A	1,47 A	2.44 A	1.85 A
LSD	*	**	*	**	*	*	*	*	*	*
CV (%)	10.66	17.09	13.50	15.90	14.13	12.62	10.68	10.68	6.44	6.51

BU: Bitki uzunluğu, KU: Kök uzunluğu, BYA: Bitki üst aksam yaş ağırlık, BKA: Bitki üst aksam kuru ağırlık KYA: Kök yaş ağırlık, KKA: Kök kuru ağırlık, NS: Nodül sayısı, NA: Nodül ağırlığı, BN: Bitki üst aksam N, KN: Kökte N Ö.D.: Önemli Değil *: p<0.01 **: p<0.05

5. SONUÇ ve ÖNERİLER

Araştırmadan elde edilen verilere göre; yapılan uygulamalar arasında bitkinin üst aksam uzunluklarında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar istatistik olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. En yüksek bitki üst aksam uzunluğu 50 cm ile rhizobium uygulamasında belirlenmiştir. Bitki üst aksam uzunluklarının değerleri incelendiğinde bireysel ve kombine bakteri uygulamalarının kontrol ve azotlu kontrol uygulamalarına göre daha yüksek değerler olduğu tespit edilmiştir. Araştırmadan elde edilen verilere göre; yapılan uygulamalar arasında bitkinin kök uzunluklarında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar istatistik olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. En yüksek bitki üst aksam yaş ağırlığı 7.98 g olarak rhizobium x azotobakter kombine bakteriler ile aşılamanın bitkilerden elde edilmiş olup en düşük yaş ağırlık ise 5.17 g ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotobakter kombine bakteriler ile aşılamanın bitki üst aksam kuru ağırlığı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Bitkinin en yüksek kök yaş ağırlığı 7.21 g olarak azotobakter bakterileri ile aşılamanın bitkilerden elde edilmiş olup en düşük yaş ağırlık ise 2.99 g ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir. Nohut bitkisinin kök kuru ağırlığı üzerine; kontrol, azotlu kontrol uygulamaları ile rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotobakter kombine bakterilerle aşılamanın etkileri istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur.

Elde edilen verilere göre, uygulamalar arasındaki nodül sayılarının 0-38 adet arasında değiştiği belirlenmiş olup, en yüksek nodül sayısının 38 adet ile rhizobium x azotobakter kombine bakterilerle aşılamanın bitkilerde belirlenmiştir. Araştırma sonuçlarına göre uygulamalar arasındaki nodül ağırlıklarının 0-0.59 g arasında değiştiği belirlenmiş olup, en yüksek nodül ağırlığının 0.59 g ile rhizobium x azotobakter kombine bakteriler ile aşılama yapılan bitkilerin kökündeki nodüllerde belirlenmiştir. Nohut bitkisinin üst aksam azot içeriğine, kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotobakter kombine uygulamalarının etkileri istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) olduğu tespit edilmiştir. Nohut bitkisinin kökündeki en yüksek azot içeriği %2.35 olarak rhizobium x azotobakter kombine bakterileri ile aşılamanın bitkilerden elde edilmiş olup en düşük azot içeriği ise % 1.66 ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir.

Araştırmadan elde edilen verilere göre; yapılan uygulamalar arasında bitkinin üst aksam uzunluklarında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar istatistik olarak önemli

($p<0.01$) bulunmuştur. Araştırmadan elde edilen verilere göre; yapılan uygulamalar arasında bitkinin kök uzunluklarında farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar istatistik olarak önemli ($p<0.05$) bulunmuştur. En yüksek bitki kök uzunluğu 31.3 cm ile rhizobium ile aşılana tohumlardan elde edilen bitkilerde belirlenmiştir. Rhizobium ve rhizobium x azotobakter kombine bakteriler ile aşılamanın kontrol uygulamaları ile kıyaslandığında bitki üst aksam yaş ağırlığı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Yonca bitkisinin üst aksam yaş ağırlıklarının 4.57-8.53 g arasında değiştiği belirlenmiştir. En yüksek bitki üst aksam kuru ağırlığı 2.38 g olarak rhizobium x azotobakter kombine bakterileri ile aşılana bitkilerden elde edilmiş olup en düşük yaş ağırlık ise 1.46 g ile kontrol uygulamasında belirlenmiştir.

Araştırmadan elde edilen verilere göre; kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotobakter kombine bakteriler ile aşılama ların yonca bitkisinin kök yaş ağırlığı üzerine etkileri istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) olduğu belirlenmiştir. Yonca bitkisinin en yüksek kök kuru ağırlığı 3.85 g olarak rhizobium bakterileri ile aşılana bitkilerden elde edilmiş olup en düşük kuru ağırlık ise 1.08 g ile kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. Elde edilen verilere göre uygulamalar arasındaki nodül sayılarının 0-98 adet arasında değiştiği belirlenmiş olup, en yüksek nodül sayısının 98 adet ile rhizobium x azotobakter kombine bakterilerle aşılana bitkilerde belirlenmiştir. Sera koşullarında yetiştirilen yonca bitkisinin nodül ağırlığı üzerine farklı uygulamaların (kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter, rhizobium x azotobakter) etkileri farklılıklar göstermiş olup, bu farklılıklar istatistik olarak önemli ($p<0.01$) bulunmuştur. Uygulamalar arasında Bilensoy 80 yonca çeşidi bitkisinin üst aksam azot içeriklerinin %1.81-2.44 arasında değiştiği belirlenmiştir. Yonca bitkisinin en yüksek üst aksam azot içeriği % 2.44 olarak kombine bakterileri ile aşılana bitkilerden elde edilmiş olup en düşük üst aksam azot içeriği ise % 1.81 ile kontrol uygulamasında tespit edilmiştir. Kontrol, azotlu kontrol, rhizobium, azotobakter ve rhizobium x azotobakter kombine aşılama larının yonca bitkisinin kökündeki azot içeriğine etkileri istatistiksel olarak önemli ($p<0.01$) olduğu tespit edilmiştir. Uygulamalar arasında Bilensoy 80 yonca çeşidi bitkisinin kökündeki azot içeriklerinin % 1.40-1.85 arasında değiştiği belirlenmiştir.

Sonuç olarak; kontrollü sera şartlarında yapılan bu araştırma ile kontrol, azotlu kontrol uygulamaları ile rhizobium, azotobakter ve bu bakterilerin kombine uygulanması ile nohut ve yonca bitkilerinin bazı verim unsurları ve nodülasyon verileri üzerine etkileri önemli bulunmuştur. Simbiyotik ve asimbiyotik bakterilerle aşılana

tohumların diğer kontrol ve azotlu kontrol uygulamalarına göre bazı verim unsurları ve nodülasyon verilerinde daha yüksek değerler elde edilmiştir. Bu yüzden tarımda kullanılan mikrobiyolojik gübreler toprağın mikroorganizma popülasyonunu arttırarak bitki gelişimini arttırmasına katkı sağlayabilir. Mikrobiyal gübrelerin kullanımı toprakların verimliliğinin yanında daha az kimyasal gübre kullanılmasını ve mücadelede kullanılan tarım ilaçlarının daha az tüketilmesine katkı sağlayacaktır. Bitkilerde ise; bitkinin çevresel streslere karşı toleransını artırabilir, kök, gövde ve ürün veriminde artış sağlayabilir.

Bitkiler için önemli olan azot, topraklarda çok kayıplara uğrayan bir elementtir. Atmosferde bulunan element halde bulunan bu azottan bitkiler yararlanabilmek için bu azotu amonyum formlarına indirgenmesi gerekir ki, bu da ancak bazı mikroorganizmalar tarafından gerçekleştirilir. Azot fiksasyonu yapan bakteriler atmosferdeki bu azotu bitkilerin kullanabileceği forma dönüştürme kabiliyetine sahiptir. Mikrobiyolojik gübrelerin farklı çevre koşullarında, değişik bitkilerde verimi artıracak mix mikroorganizma bileşimlerinin geliştirilmesi ve doğal izolatlar üzerinde yapılan çalışmaların çoğaltılması önerilebilir. Biyolojik gübrelemede üzerinde durulan konu sürdürülebilir tarımın desteklenmesi, doğal kaynakların ve çevrenin korunması, üründe kalitenin yükseltilebilmesi için kimyasalların kullanımının azaltılmasıdır. Normalde mikrobiyal gübreler yalnız olarak kimyasal gübrelerin yerini tutmamakta, ancak kimyasalların kullanımını azaltmakta ve ekolojik tarıma fayda sağlamaktadır.

Sürdürülebilir tarımda mikrobiyal gübrelerin etkinliğinin artması ve yaygınlaşması kimyasal gübre ihtiyacını ve çevre kirliliğini azaltarak toprakta mikroorganizma popülasyonuna katkı sağlayabilir.

Biyolojik gübre olarak kullanılan mikroorganizmaların etkinliğinin bitki türü, çevre şartları, yetiştirme dönemi, bölge, muhafaza şartları vb. birçok faktöre bağlı olduğu önemsenmemelidir. Bu yüzden, mikrobiyal gübre uygulamalarında toprakların nem, organik madde, sıcaklık ve toprak reaksiyonu gibi mikroorganizmaların yaşamını etkileyen özelliklerinin dikkate alınması gerekmektedir.

Yaptığımız çalışmanın, farklı mikroorganizma konsorsiyumları, farklı bitkilerle, sera ve arazi koşullarında, çalışmalar yapılması elde edilen sonuçları destekleyeceği düşünülmektedir. Bu araştırmanın ileride yapılması düşünülen daha detaylı çalışmalara temel oluşturacağı düşünülmektedir.

KAYNAKLAR

- Affy, A.H., Hauka, F.I.A., El-Sawah, A.M., Yanni, Y.G., El-Saadany, A.Y., 2019. Inoculation with single, dual or consortia of *Rhizobium leguminosarum* by. trifolii, *Pseudomonas stutzeri* and *Anabaena* sp. and their effect on yield components of rice plant. Journal of Agricultural Chemistry and Biotechnology. 10:189–193. <https://doi.org/10.21608/jacb.2019.60235>.
- Andjelković, S., Vasić, T., Lugić, Z. Babić, S., Milenković, J., Jevtić, G., and Živković, S. 2014. The influence of individual and combined inoculants on development of Alfalfa on acidic soil. Quantitative Traits Breeding for Multifunctional Grasslands and Turf pp 353–357.
- Anonymous, 1983. Technical Handbook Symbiotic Nitrogen Fixation, Legume/Rhizobium. FAO Rome, 1983, ISBN 92-5-101440-x.
- Araújo, A.S.F., Figueiredo, M.V.B., Monteiro, R.T.R., 2008. Azot fiksasyonu araştırma ilerlemesi. 1-13. Yeni Bilim Yayıncıları, Brezilya.
- Bandhu, R.B., Parbati, A. 2013. Effect of Azotobacter on growth and yield of Maize. SAARC J Agric 11:141–147. <https://doi.org/10.3329/sja.v11i2.18409>.
- Beck, D.P., Wery, J., Saxena, M.C., Ayadi, A., 1991. Dinitrogen fixation and N balance in cool-season food legumes. Agronomy Journal 83, 334-341.
- Brewer, M.T., Larkin, R.P. 2005. Efficacy of several potential biocontrol organisms against *Rhizoctonia solani* on potato. Crop Protection, 24: 939-950.
- Das, K., Prasanna, R., Saxena, A., 2017. Rhizobia: a potential biocontrol agent for soil borne fungal pathogens. Folia Microbiol (praha) 62:425–435. <https://doi.org/10.1007/s12223-017-0513-z>.
- Dashadi, M., Khosravi, H., Moezzi, A., Nadian, H., Heidari, M., Radjabi, R., 2011. Co-inoculation of rhizobium and azotobacter on growth indices of faba bean under water stress in the greenhouse condition. Advanced Studies in Biology, Vol. 3, no. 8, 373-385.
- Drevon, J., 1983. Main sources of biologically fixed nitrogen in Mayor Ecosystem. Technical Honcbook on Symbiotic Nitrogen Fixation Legume/Rhizobium. FAO-Rome. I BIOL 3 say: 1/4.
- Eser, D. 1981. Yemeklik Tane Baklagiller. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi. Teksir No.59, Ankara 98 s.
- Fujita, H., Aoki, S., Kawaguchi, M., 2014. Evolutionary dynamics of nitrogen fixation in the legume-rhizobia symbiosis. PLoS ONE. 9:93670.
- Gao, C., El-Sawah, A.M., Ali, D.F.I., Alhaj Hamoud, Y., Shaghaleh, H., Sheteiwy, M.S., 2020. The Integration of bio and organic fertilizers improve plant

- growth, grain yield, quality and metabolism of hybrid maize (*Zea mays* L.). *Agronomy* 10:319. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030319>.
- Gerek, R., 1989. İç Anadolu'da nadaslı ziraat sistemi, nadası kaldırma veya nadas oranını azaltma imkanları. *Türkiye Tahıl Sempozyumu*, Bursa.
- Gharib, A.A., Shahein, M.M., Ragab, A.A., 2015. Influence of rhizobium inoculation combined with *Azotobacter chroococcum* and *Bacillus megaterium* var *phosphaticum* on growth, nodulation, yield and quality of two snap bean (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivars. *Annals of Agricultural Science, Moshtohor.*, Vol. 53(2), 249–261.
- Gopalakrishnan, S., Sathya, A., Vijayabharathi, R., Varshney, R.K, Gowda, C.L. and Krishnamurthy, L. 2014. Plant growth promoting rhizobia: challenges and opportunities. *3 Biotech*; 5(4):355-377. doi: 10.1007/s13205-014-0241-x.
- Öztekin, G.B., Tüzel, Y., Ece, M., 2015. Azot tutucu bakteri kullanımının sera domates yetiştiriciliğinde bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesi üzerine etkileri. *Iğdır Üniversitesi. J. Inst. Sci. & Tech.* 5(1): 21-27.
- Heba, M., Ahmed, I., El-Sawah, M., 2022. The mode of integration between azotobacter and rhizobium affect plant growth, Yield and Physiological Responses of Pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition.* 22:1238–1251.
- Herridge, D.F., Peoples, M.B., Boddey, R.M., 2008. Global inputs of biological nitrogen fixation in agricultural systems. *Plant Soil.* 311:1–18.
- Iruthayathas, E.E., Gunasekaran, S. and Vlassak, K., 1983. Effect of combined inoculation of *Azospirillum* and *Rhizobium* on nodulation and N₂-fixation of winged bean and soybean. *Scientia Horticulturae*, 20: 231—240.
- Ibrahim, H.M., El-Sawah, A.M. 2022. The mode of integration between *Azotobacter* and *Rhizobium* affect plant growth, yield, and physiological responses of Pea (*Pisum sativum* L.). *Journal of Soil Science and Plant Nutrition.* 22:1238–1251.
- İşler, E., Coşkan, A., 2009. Farklı bakteri (*Bradyrhizobium japonicum*) aşılama yöntemlerinin soyada azot fiksasyonu ve tane verimine etkisi. *Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 15(4) 324-331.
- Kaçar, O., Göksu, E., Azkan, N., 2005. Bursa koşullarında farklı bakteri suşları ile aşılamanın bazı nohut (*Cicer arietinum* L.) çeşit ve hatlarında verim ve verim öğeleri üzerine etkisinin belirlenmesi. *Ege Üniversitesi, Ziraat Fakültesi Dergisi*, 42(3): 21-32.
- Karaköy, T., 2008, Çukurova ve Orta Anadolu Bölgelerinden toplanan bazı yerel nohut (*Cicer arietinum* L.) genotiplerinin verim ve verimle ilgili özelliklerinin belirlenmesi üzerine bir araştırma, *Doktora Tezi, Çukurova Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü*, 105 s.

- Kaya, M.D., Çiftçi, C.Y. ve Kaya, M., 2002. Bakteri aşılması ve azot dozlarının bezelye (*Pisum sativum* L.)’de verim ve verim öğelerine etkileri. Tarım Bilimleri Dergisi, 8(4), 300-305.
- Mahdi, S.S., Hassan, G.I., Samoon, S.A., Rather, H.A., Dar, S.A. vd., 2010, Bio-fertilizers in organic agriculture, Journal of Phytology, 2(10), 42-54.
- Malusa, E., Sas-Paszt, L., Ciesielska, J. 2012. Technologies for beneficial microorganism’s inoculants used as biofertilizers. Scientific World Journal, 2012:491206. doi:10.1100/2012/491206.59115911.
- Naderifar, M. and Daneshian, J. 2012. Effect of seed inoculation with *Azotobacter* and *Azospirillum* and different nitrogen levels on yield and yield components of canola (*Brassica napus* L.). Iranian Journal of Plant Physiology, 3 (1), 619 – 626.
- Ozbay, N., Newman, S.E., 2004. Effect of *Trichoderma harzianum* strains to colonize tomato roots and improve transplant growth. Pakistan Journal of Biological Sciences, 7: 253-257.
- Pahalvi, H.N., Rafya, L., Rashid, S., Nisar, B., Kamili, A.N., 2021. Chemical fertilizers and their impact on soil health. In: Dar GH, Bhat RA, Mehmood MA, Hakeem KR (eds) Microbiota and biofertilizers, vol 2. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-030-61010-4_1.
- Rana, A., Joshi, M., Prasanna, R., Shivay, Y.S., Nain, L., 2012. Biofortification of wheat through inoculation of plant growth promoting rhizobacteria and cyanobacteria. European Journal of Soil Biology, 50:118–126.
- Rodelas, B., González-LoÁpez, J., Pozo, C., SalmeroÁn, V.M.V., MartõÁnez-Toledo, M.V., 1999a. Response of Faba bean (*Vicia faba* L.) to combined inoculation with *Azotobacter* and *Rhizobium leguminosarum* bv. viceae. Applied Soil Ecology 12: 51-59.
- Rodelas, B., González-López, J., Martínez-Toledo, M.V., Pozo, C., Salmerón. V., 1999b. Influence of *Rhizobium/Azotobacter* and *Rhizobium/Azospirillum* combined inoculation on mineral composition of faba bean (*Vicia faba* L.). Biology and Fertility of Soils. 29:165–169.
- Santos, P.C., Fang, Z., Mason, S.W., Setubal, J.C., Dixon, R., 2012. Distribution of nitrogen fixation and nitrogenase-like sequences amongst microbial genomes. BMC Genomics. 13:162.
- Sartaj, A.W., Subhash, C., Tahir, A., 2013. Potential use of *Azotobacter chroococcum* in crop production: an overview. Current Agriculture Research Journal, 1:35–38. <https://doi.org/10.12944/CARJ.1.1.04>.
- Sheteiwy, M.S., AbdElgawad, H., Xiong, Y.C., Macovei, A., Brestic, M., Skalicky, M., Shaghaleh, H., Hamoud, Y.A., El-Sawah, A.M., 2021a. Inoculation with *Bacillus amyloliquefaciens* and mycorrhiza confers tolerance to drought stress

- and improve seed yield and quality of soybean plant. *Physiol Plant* 1–17. <https://doi.org/10.1111/ppl.13454>.
- Siddiqui, A., Shivle, R., Magodiya, N., ve Tiwari, K. 2014. Mixed effect of Rhizobium and Azotobacter as biofertilizer on nodulation and production of chick pea, *Cicer arietinum*. *Biosci. Biotech. Res. Comm.* 7(1): 46-49.
- Siczek, A., and Lipiec, J., 2016. Impact of faba bean-seed rhizobial inoculation on microbial activity in the rhizosphere soil during growing season. *International Journal of Molecular Sciences*.
- Şahin, S., 2008. Nohut genotiplerinin (*Cicer arietinum* L.) farklı azot dozları ve bakteri aşılması koşullarında azot kullanım etkinliklerinin belirlenmesi. Gaziosmanpaşa Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Toprak Anabilim Dalı, Doktora Tezi.
- Şehirali, S., 1988. Yemelik Tane Baklagiller. A.Ü. Ziraat Fakültesi Yayınları: 1089. Ders Kitabı 314, 435 s.
- Wery, J. and Grinac. P. 1983. Uses of Legumes and their economic importance. In *Technical Handbook on Symbiotik Nitrogen Fixation*. FAO, Rome, Italy.
- Verma, A., Rawat, A.K. and More, N. 2014. Lucknow'un kırsal alanlarının yer altı sularındaki nitrat ve nitrit kirliliğinin boyutu. *Mevcut Dünya Ortamı* 9: 114-122.
- Vessey, J.K., 2003. Plant growth promoting rhizobacteria as biofertilizers. *Plant Soil* 255:571–586. <https://doi.org/10.1023/A:1026037216893>.
- Yadav, J., and Verma, J.P., 2014. Effect of seed inoculation with indigenous Rhizobium and plant growth promoting rhizobacteria on nutrients uptake and yields of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *European Journal of Soil Biology*. 2014; 63:70–7.
- Yadegari, M. and Rahmani, H.A., 2010. Evaluation of bean (*Phaseolus vulgaris*) seeds' inoculation with Rhizobium phaseoli and plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on yield and yield components. *African Journal of Agricultural Research* Vol. 5(9), pp. 792-799.