



# Fosforlu Gübre Uygulanmış Toprakta *Rhizobia* ve *Mikoriza* ile Aşılamanın Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Bitkisinin Gelişim ve Verimi Üzerine Etkisi

Effect of Inoculation with *Rhizobia* and *Mycorrhiza*  
with Phosphorus Fertilizer on the Development and  
Yield of Bean (*Phaseolus vulgaris* L.)

Güven TEKİN<sup>1</sup>, Engin TAKIL<sup>2</sup>, Nihal KAYAN<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir  
· guvtek@gmail.com · ORCID > 0000-0002-5688-6897

<sup>2</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir  
· etakil@ogu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-0076-5949

<sup>3</sup>Eskişehir Osmangazi Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Tarla Bitkileri Bölümü, Eskişehir  
· nkayan@ogu.edu.tr · ORCID > 0000-0001-7505-0959

## Makale Bilgisi/Article Information

**Makale Türü/Article Types:** Araştırma Makalesi/Research Article

**Geliş Tarihi/Received:** 02 Ekim/October 2023

**Kabul Tarihi/Accepted:** 14 Kasım/November 2023

**Yıl/Year:** 2024 | **Cilt-Volume:** 39 | **Sayı-Issue:** 1 | **Sayfa/Pages:** 29-44

**Atrif/Cite as:** Tekin, G., Takil, E., Kayan, N. "Fosforlu Gübre Uygulanmış Toprakta *Rhizobia* ve *Mikoriza* ile Aşılamanın Fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) Bitkisinin Gelişim ve Verimi Üzerine Etkisi" Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 39(1), Şubat 2024: 29-44.

**Yazar Notu/ Author Note:** "Bu çalışmanın ilk yıl sonuçları Güven Tekin tarafından yüksek lisans tezi olarak sunulmuştur."

**Sorumlu Yazar/Corresponding Author:** Engin TAKIL

## FOSFORLU GÜBRE UYGULANMIŞ TOPRAKTA *RHIZOBİA* VE *MİKORİZA* İLE AŞILAMANIN FASULYE (*Phaseolus vulgaris* L.) BİTKİSİNİN GELİŞİM VE VERİMİ ÜZERİNE ETKİSİ

### ÖZ

Fosforlu gübre uygulamasının mikroorganizma aktivitesini etkilediği yapılan bazı araştırma sonuçlarında ifade edilmiştir. Bu çalışmada 2019-2020 yıllarında iki yıl süre ile Eskişehir koşullarında fasulye bitkisine farklı fosfor dozları, *Mikoriza* mantarı ve *Rhizobia* aşılması yapılarak verim ve önemli verim öğeleri ile morfolojik ve bazı fizyolojik özelliklere etkisi incelenmiştir. Denemeler tesadüf blokları deneme deseninde faktöriyel düzenlemeye göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada dört farklı fosfor dozu [0 (kontrol), 3, 6 ve 9 kg/da] ile kontrol, *Rhizobia* ve *Mikoriza* uygulamaları denenmiştir. Sonuç olarak; fosforun verim ve kaliteyi etkileyen temel besin elementlerinden birisi olması sebebiyle artan fosfor dozları bitkide bakla sayısı, bitkide tane sayısı, bitkide tane verimi, biyolojik verim ve tane verimini olumlu yönde etkilemiştir. En yüksek ilk bakla yüksekliği kontrol parsellerinde gözlemlenirken, en yüksek klorofil içeriği ve yaprak alan indeksi 3 kg/da  $P_2O_5$  uygulanan parsellerden elde edilmiştir. *Rhizobia* ve *Mikoriza* uygulamaları bakımından ise en yüksek biyolojik verim, tane verimi, ilk bakla yüksekliği ve yaprak alan indeksi kontrol parsellerinde belirlenmiştir. Bitkide tane verimi ise en yüksek *Rhizobia* uygulaması yapılan parsellerden elde edilmiştir. Toprak canlıları üzerinde çevre koşullarının etkisi çok fazla olmaktadır. Beklenenden farklı olarak *Rhizobia* ve *Mikoriza*'ların tane verimine etkisinin olmaması iklim ve toprak şartlarından kaynaklanmış olabilir. Elde ettiğimiz sonuçlara göre bölgemizde fosfor yönünden yeterli topraklarda 3 kg da<sup>-1</sup>  $P_2O_5$  uygulaması yeterli olacaktır.

**Anahtar Kelimeler:** Gübreleme, *Mikoriza*, PGPR, Tane Verimi.



### EFFECT OF INOCULATION WITH *RHIZOBIA* AND *MYCORRHIZA* WITH PHOSPHORUS FERTILIZER ON THE DEVELOPMENT AND YIELD OF BEAN (*Phaseolus vulgaris* L.)

**Abstract:** Some studies reported that phosphorus fertilizer application affected microorganism activity. The field experiment was conducted during the 2019 and 2020 at the Eskişehir conditions in Turkey. The effects of phosphorus doses, *Rhizobia* and *Mycorrhiza* on yield and yield components and morphological characters and some physiological characters of beans were investigated in present study. Experiments were conducted in randomized blocks design with three replications according to factorial arrangement. Four different phosphorus doses [0 (control),

3, 6 and 9 kg da<sup>-1</sup>] were applied together with control, *Rhizobia* and *Mycorrhiza*. According to results; since phosphorus is one of the basic nutritional elements that affects yield and quality, increasing phosphorus doses positively affected the number of pods per plant, the number of seeds per plant, the grain yield per plant, the biological yield and the grain yield. While the highest first pod height was observed in the control plots, the highest chlorophyll content and leaf area index were obtained from the plots where 3 kg/da P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> was applied. The highest biological yield, grain yield, first pod height and leaf area index were determined in the control plots for *Rhizobia* and *Mycorrhiza* applications. The highest grain yield per plant was obtained from the *Rhizobia* plots. Environmental conditions have a great influence on soil organisms. *Rhizobia* and *Mycorrhiza* may not have had an effect on grain yield due to climate and soil conditions. In our region, 3 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> application will be sufficient in soils sufficient in terms of phosphorus.

**Keywords:** Fertilization, *Mycorrhiza*, PGPR, Seed Yield.



## 1.GİRİŞ

Fasulye, ekim alanı ve üretimi bakımından, yemeklik tane baklagiller içerisinde dünyada ilk sırada yer almaktadır. Dünya kuru fasulye ekim alanı 35.9 milyon ha, üretim miktarı 27.7 milyon ton ve verimi 771 kg ha<sup>-1</sup>'dir. Türkiye ekim alanı 107 bin ha, üretimi 305 bin ton ve verimi ise 2831 kg ha<sup>-1</sup>'dir (FAOSTAT, 2021).

Kuru fasulye verim ve kalitesinin artırılması için birçok çalışma yapılmıştır. Kimyasal gübrelere verim artırılmıştır. Ancak gerek artan dünya nüfusu için gıda temin etme, gerekse sağlık açısından organik tarımın yaygınlaşması, gerekse sürdürülebilir tarımın öneminin daha iyi kavranmasına bağlı olarak doğal gübrelere olan ilgi giderek artmaktadır. Bu amaçlarla ahır gübresi, yaras gübresi, tavuk gübresi gibi doğal gübrelere dışında, *Rhizobia* bakterileri ya da *Mikoriza* mantarları gibi mikroorganizmalar ile yürütülen çalışmalar hız kazanmıştır.

*Rhizobia* bakterileri havadaki azotun (N<sub>2</sub>), birlikte ortak yaşam sürdürdüğü bitkilerin ihtiyacı olan azot formlarına dönüştürülmesinde önemli rol oynamaktadır (Karaca ve ark., 2010). Bu rolü sayesinde bakteriler uygun şartlarda, enfekte olunan baklagil bitkilerinin köklerinde oluşturduğu yumrular ile azot bağlamakta, toprakta bulunan azotu elementini bitkinin alabileceği forma dönüştürmek suretiyle bitki azot ihtiyacı karşılanmaktadır. Ayrıca bu özellikleri sayesinde ve çiftçinin azot gübresine yaptığı masrafları azaltmaktadır. Baklagil türlerini enfekte eden farklı *Rhizobia* bakterisi suşları mevcut olup, fasulye bitkisi için genellikle "*Rhizobium leguminosarum* biovar *phaseoli*" bakterisi suşu kullanılmaktadır (Adak, 2021). Küçük ve Kıvanç (2008), fasulyede bakteri aşılmasının (*Rhizobia* sp.) tohum kalitesine

olan etkisini araştırmışlardır. Aşılama ve azotlu gübrelemenin tane verimi, protein oranı ve tane ağırlığının önemli derecede artırdığını belirlemişlerdir. Küçük (2011), İç Anadolu Bölgesi koşullarında yürüttüğü çalışmasında fasulyede aşılama ve azot uygulamalarının verim ve verim öğelerine etkilerini araştırmıştır. Sadece *Rhizobia* aşılması uygulaması protein verimini arttırırken, *Rhizobia* aşılması + N uygulaması tane verimini ve yüz tane ağırlığını arttırmıştır.

*Mikoriza*, mantar anlamına gelen *mykes* ve kök anlamına *rhiza* kelimelerinin birleştirilmesiyle, mantar-kök simbiyotik yaşamını belirtecek şekilde adlandırılmıştır (Yahyaoglu ve Genç, 2020). *Mikoriza* mantarları, sporları sayesinde bitki kökü dışında ve kökün korteksinde hifsel gelişim sağlayarak, bir çeşit kök görevi görerek, kökün alamadığı mobil elementlerden ve sudan bitkinin yararlanabilmesini sağlamaktadır. Uğur (2018), tarafından yapılan bir çalışmada, *Mikoriza*'nın fasulye verimine ve bitki gelişimine etkileri incelenmiştir. *Mikoriza* uygulanan bitkilerde verim artışı tespit edilmiştir. Uluğ (2018), tarafından yapılan bir çalışmada ise *Mikoriza*'nın fasulyedeki verim ve kalitesine etkisi incelenmiştir. Verim bakımından kontrol grubuna göre daha iyi sonuçlar elde edilmiştir. Konu üzerine yapılan çalışmalar incelendiğinde gübreleme ve pestisit uygulamaları gibi geleneksel tarımın vazgeçilmezleri sayılabilecek tarımsal uygulamalarının *Rhizobia* bakterileri ile *Mikoriza* mantarlarının etkinliğini ve faydasını etkilediğini göstermektedir (Jansa ve ark., 2003; Toljander ve ark., 2008; Doğan ve ark., 2011).

Fosforlu gübre uygulamasının mikroorganizma aktivitesini etkilediği araştırma sonuçlarına dayalı olarak dile getirilmektedir (Kabir, 2005). *Mikorizal* fungusun bitkilerce alımı yavaş olan besin elementlerini özellikle fosfor alımını önemli derecede arttırdığı bildirilmiştir. (Arıkan ve ark., 2023). Bitki tarafından alınabilir formda olmayan fosforun alınabilir forma dönüşmesi veya bitki kök bölgesi tükenme alanı dışında mevcut alınabilir fosforun *Mikorizal* fungus hifleri aracılığı ile alınmasına fayda sağlamaktadır (Erzurumlu ve Kara, 2014).

Çalışmada bu bilgiler ışığında, fasulye bitkisine farklı fosfor dozları, *Mikoriza* mantarı ve *Rhizobia* bakteri aşılması yapılarak, verim ve önemli verim öğeleri ile morfolojik ve bazı fizyolojik özellikler incelenmiştir.

## 2. MATERYAL VE YÖNTEM

Bu araştırma 2019-2020 yıllarında iki yıl süre ile Eskişehir Osmangazi Üniversitesi Ziraat Fakültesi araştırma arazisinde yürütülmüştür. Eskişehir, Orta Anadolu Bölgesinin Batı Geçit kuşağında yer alıp denizden yüksekliği 798 metredir. Denemenin kurulduğu bölge 30° 28' Doğu boylamı ile 39° 45' Kuzey enlemlerinde bulunmaktadır.

Deneme alanlarından toprak örnekleri alınmış ve Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü'nde analizleri yapılmıştır (Anonim, 2020). Araştırmanın her iki yılında da topraklar orta kireçli, hafif alkali ve organik madde içeriği azdır. Potasyum ve fosfor yeterli azot miktarı ise az düzeydedir (Çizelge 1).

### Çizelge 1. Araştırma yerine ilişkin toprak analiz sonuçları

**Table 1.** Soil analysis results of the research area

Yıl	Derinlik (cm)	pH	Kireç (%)	Organik Madde (%)	N (%)	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> (kg da <sup>-1</sup> )	K <sub>2</sub> O (kg da <sup>-1</sup> )
2019	0-30	7.71	7.56	1.65	0.08	17.75	245
2020	0-30	8.22	6.73	1.19	0.06	6.27	350

Araştırmanın yürütüldüğü yıllara ve uzun yıllara ve ait iklim verileri Çizelge 2'de sunulmuştur. Araştırmanın her iki yılında da toplam yağış uzun yıllar ortalamasından yüksek iken, ortalama sıcaklık ikinci yıl uzun yıllar ortalamasına yakın, birinci yıl ise düşük olmuştur. Nispi nem ise her iki yılda da uzun yıllar ortalamasından düşük seyretmiştir.

### Çizelge 2. Araştırma yerine ilişkin iklim verileri

**Table 2.** Climatic data of the research area

Aylar	Uzun Yıllar			2019			2020		
	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Nem (%)	Sıcaklık (°C)	Yağış (mm)	Nem (%)
Mayıs	16.5	44.8	86.1	16.5	42.2	65.1	16.3	38.9	58.0
Haziran	20.4	30.6	83.3	20.9	45.7	67.9	19.5	74.3	63.5
Temmuz	23.3	14.0	75.8	21.3	33.5	62.3	23.2	1.2	58.0
Ağustos	22.9	7.8	74.1	22.3	2.4	61.0	23.4	1.0	52.1
Eylül	20.0	14.4	68.1	18.1	5.0	62.1	21.5	6.0	59.9
Toplam		111.6			128.8			121.4	
Ortalama	20.62		77.48	19.82		63.68	20.78		58.3

Meteoroloji İşleri Genel Müdürlüğü

Denemeler tesadüf blokları deneme deseninde faktöriyel düzenlemeye göre üç tekerrürlü olarak kurulmuştur. Çalışmada dört farklı fosfor dozu (0 (kontrol), 3, 6 ve 9 kg/da) ile kontrol, *Rhizobia* ve *Mikoriza* uygulamaları birlikte denenmiştir. Araştırmada Topçu fasulye çeşidi materyal olarak kullanılmıştır. *Rhizobia* bakterisi şu T.C. Tarım ve Orman Bakanlığı Toprak, Gübre ve Su Kaynakları Araştırma

Enstitüsü Müdürlüğü'nden temin edilmiştir. *Mikoriza* mantarı için Bioglobal Tarımsal Danışmanlık A.Ş. firmasının Endo Roots Soluble (ERS) ürünü kullanılmıştır (Çizelge 3).

İlk yıl 29.05.2019 tarihinde ikinci yıl ise 21.05.2020 tarihinde parsellere, sıra arası 45 cm ve sıra üzeri 10 cm olacak şekilde mibzer ile ekim yapılmıştır. Ekim ile birlikte %21'lik amonyum sülfat gübresi azotlu gübre olarak dekara 2.5 kg da<sup>-1</sup> N olacak şekilde uygulanmıştır. Deneme desenine göre 0, 3, 6 veya 9 kg da<sup>-1</sup> saf P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> için TSP (Triple Super Fosfat) gübresi kullanılmıştır.

*Rhizobia* ve *Mikoriza* aşılama ekim yapılan gün, sabah saatlerinde ve gölgede yapılmıştır. Üreticinin firma ve kurumun önerileri doğrultusunda *Mikoriza* için kg başına 7.5 g ERS (Endo Root Soluble) ve *Rhizobia* için kg başına 10 g bakteri olacak şekilde uygulama gerçekleştirilmiştir. Tohumlara bakterilerin ve *Mikoriza*'ların yapışabilmeleri için uygulamadan önce kg başına 10 ml şekerli su püskürtülmüştür. Ekim yukarıda belirtilen tarihlerde hemen akabinde, öğleden sonra yapılmıştır. Deneme alanındaki yabancı otlar, gerektiğinde elle kontrol altına alınmıştır. Toprak nemi ve yağış durumuna göre bitkiler koyu renk aldıkça yağmurlama sulama yapılmıştır.

### Çizelge 3. Çalışmada kullanılan Mikoriza ve Rhizobia organizma içeriği

**Table 3.** Mycorrhiza and Rhizobia organism content used in the research

Endo Root Soluble (ERS) İçeriği	Rhizobia Bakteri Suşu İçeriği
- <i>Glomus intraradices</i>	- <i>Rhizobium leguminosarum</i> biovar <i>phaseoli</i>
- <i>Glomus aggregatum</i>	
- <i>Glomus mosseae</i>	
- <i>Glomus clarum</i>	
- <i>Glomus monosporus</i>	
- <i>Glomus deserticola</i>	
- <i>Glomus brasilianum</i>	
- <i>Glomus etunicatum</i>	
- <i>Gigaspora margarita</i>	

Her parselden tesadüfi olarak beş bitki seçilmiş ve bunlarda bitki boyu, ilk bakla yüksekliği, bitkide bakla sayısı, bitkide tane sayısı, bitkide tane verimi tespit edilmiştir. Her parselin yanlarından birer sıra ve parsel başlarından 50 cm'lik kısımlar kenar tesiri olarak atılarak geri kalan kısım elle hasat edilerek tarlada kurutulmuş ve tartılarak biyolojik verim ve harmanlamadan sonra dekara tane verimi tespit edilmiştir. Biyolojik verimin tane verimine oranlanması ile % olarak hasat indeksi hesaplanmıştır. Tane verimi için harmanlanmış olan tanelerden dört tekrarlamalı olarak yüzer tohum sayılarak tartılmış ve yüz tane ağırlığı belirlen-

miştir (Akçin, 1974). Klorofil içeriği bitkilerin % 50'sinde çiçeklenmenin başladığı dönemde tesadüfi olarak seçilen 10 bitkinin genç ve sağlıklı 10 adet yaprağında, Spectrum-CM1000 tipi cihaz ile ölçümler yapılarak belirlenmiştir. Yaprak alan indeksi ise çiçeklenme başlangıcında Accupar LP-80 aleti kullanılarak ölçülmüştür.

Veriler JUMP7 istatistik paket programı kullanılarak tesadüf bloklarında faktöriyel deneme desenine göre değerlendirilmiştir. Uygulamalar arasında farklılıkları belirlemek için Tukey Testi kullanılmıştır.

### 3. BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada incelenen sonuçlara ait varyans analiz sonuçları ve ortalama değerler Çizelge 4 ve Çizelge 5'te verilmiştir. İncelenen özellikler bakımından tane verimi hariç yıllar arasındaki farklar tüm özelliklerde önemli bulunurken, fosfor dozları bakımından ilk bakla yüksekliği, bitkide bakla sayısı, bitkide tane sayısı, bitkide tane verimi, klorofil içeriği ve yaprak alan indeksi özellikleri önemli olmuştur. Uygulamalar bakımından ise ilk bakla yüksekliği, bitkide tane verimi, biyolojik verim, tane verimi ve yaprak alan indeksi arasındaki farklar önemli olarak saptanmıştır.

#### 3.1. Bitki Boyu ve İlk Bakla Yüksekliği

Araştırmanın ikinci yılında bitki boyu birinci yıla göre daha yüksek iken, ilk bakla yüksekliği birinci yılda ikinci yıla göre daha yüksek olmuştur. Denemenin ikinci yılında özellikle ilk gelişim dönemlerinde alınan yoğun yağışlar bitki boyunun daha yüksek olmasında etkili olmuştur (Çizelge 2). Fosfor dozları bakımından ilk bakla yüksekliği en fazla kontrol parsellerinde ölçülmüştür. Fosfor dozlarının ilk bakla yüksekliği üzerine olumlu bir etkisi olmamıştır. Baydemir (2013), maş fasulyesinde artan fosfor dozlarının ilk bakla yüksekliğine etkisinin istatistiki olarak önemli olmadığına dikkat çekmiştir. Farklı biyolojik uygulamalarda ilk bakla yüksekliğini artırmamış, en yüksek değer kontrol parsellerinde gözlemlenmiştir. Akman (2017), *Rhizobia* ve *Mikoriza* organizmalarının fasulyede ilk bakla yüksekliğine etkisinin istatistiki olarak önemsiz olduğuna vurgu yapmıştır.

#### 3.2. Bitkide Bakla Sayısı ve Tane Sayısı

Araştırmanın ikinci yılında özellikle ilk gelişim döneminde yağışın daha yüksek olmasından dolayı bitkide bakla sayısı ve tane sayısı değerleri daha yüksek olmuştur (Çizelge 2). Uygulanan fosfor dozları bitkide bakla sayısı ve tane sayısını olumlu yönde etkilemiş ve fosfor uygulaması ile kontrol parsellerine göre daha yüksek değerler elde edilmiştir. Baydemir (2013), maş fasulyesinde en yüksek bitkide bakla sayısını  $6 \text{ kg da}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$  uygulanan parsellerden elde ettiğini bildirmiştir. Batırca ve ark. (2017), ise sakız fasulyesinde artan fosfor dozları ile bitkide bakla sayısının arttığını ancak fosfor dozlarının bitkide tane sayısına etkisinin olmadığını bildirmiştir.

**Çizelge 4.** Farklı biyolojik uygulamalar ve fosforlu gübre dozlarının incelenen özelliklerine ilişkin varyans analiz sonuçları, *p* değerleri ve ortalama değerleri

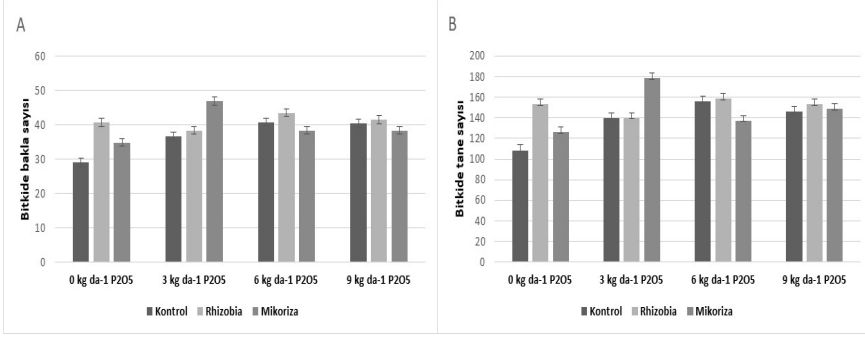
**Table 4.** Variance analysis results, *p* values and mean values of the investigated characters of different biological applications and phosphorus fertilizer doses

Uygulamalar	Bitki Boyu (cm)	İlk Bakla Yüksekliği (cm)	Bitkide Bakla Sayısı	Bitkide Tane Sayısı	Bitkide Tane Verimi (g)	Biyolojik Verim (kg da <sup>-1</sup> )
2019	40.06B	10.62A	28.16B	99.60B	26.82B	333.80B
2020	46.19A	8.58B	50.07A	191.49A	48.59A	470.83A
Ortalama	43.12	9.60	39.11	145.54	37.70	402.31
0 kg da <sup>-1</sup> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	42.09	10.58a	34.87b	129.30b	32.13B	396.10
3 kg da <sup>-1</sup> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	43.94	9.52ab	40.63a	152.96a	38.16A	420.16
6 kg da <sup>-1</sup> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	43.10	8.94b	40.88a	150.67ab	42.35A	405.51
9 kg da <sup>-1</sup> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	43.36	9.36ab	40.08ab	149.26ab	38.19A	387.49
Ortalama	43.12	9.60	39.11	145.54	37.70	402.31
Kontrol	44.06	10.52A	36.75	137.62	35.64b	481.69A
<i>Rhizobia</i>	42.01	9.22B	40.98	151.41	40.21a	373.29B
<i>Mikoriza</i>	43.29	9.05B	39.61	147.61	37.27ab	351.97B
Ortalama	43.12	9.60	39.11	145.54	37.70	402.31
Yıllar	<0.01 **	<0.01 **	<0.01 **	<0.01 **	<0.01 **	<0.01 **
Fosfor dozları	0.65 öd	0.04 *	0.016 *	0.03 *	<0.01 **	0.34 öd
Uygulamalar	0.28 öd	<0.01 **	0.06 öd	0.18 öd	0.014 *	<0.01 **
Yıl x fosfor d.	0.73 öd	0.57 öd	0.73 öd	0.89 öd	0.96 öd	0.59 öd
Yıl x uyg.	0.055 öd	0.19 öd	0.09 öd	0.13 öd	<0.01 **	<0.01 **
Fosfor x uygu.	0.60 öd	0.22 öd	0.02 *	0.02 *	<0.01 **	0.21 öd
Yıl x fos. x uyg.	0.98 öd	0.62 öd	0.77 öd	0.49 öd	0.42 öd	0.66 öd

öd: önemli değil \*:  $p \leq 0.05$  \*\*:  $p \leq 0.01$

Çalışmada 3 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve *Mikoriza*'nın beraber uygulandığı parsellerde bitkide bakla sayısı ve tane sayısı en yüksek olarak elde edilmiştir (Şekil 1AB). Fosfor elementi bitkinin kök gelişimine olumlu etki etmekte ve bitki besin elementlerinden daha iyi faydalanmasını sağlamaktadır. *Mikoriza*'lar ise bitkinin su ve besin maddesi alımını artırmaktadır. Sonuç olarak bitkiler *Mikoriza*'ların yardımı ile fosfor elementinden daha iyi faydalanmış ve bitkide bakla sayısı ve tane sayısını olumlu yönde etkilemiştir. Araştırmada 3 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ve *Mikoriza* uygulanan parsellerde bitkide bakla sayısı ve tane sayısı en yüksek değerleri gösterirken, diğer fosfor dozlarında *Mikoriza* uygulanan parsellerde daha düşük değerler elde edilmiştir. Bu nedenle fosfor dozları x uygulama interaksyonu önemli olmuş olabilir (Şekil 1AB).





**Şekil 1.** Farklı biyolojik uygulamalar ve fosforlu gübre dozlarının fasulyede bitkide bakla sayısı (A) ve bitkide tane sayısına (B) ilişkin etkileşimleri

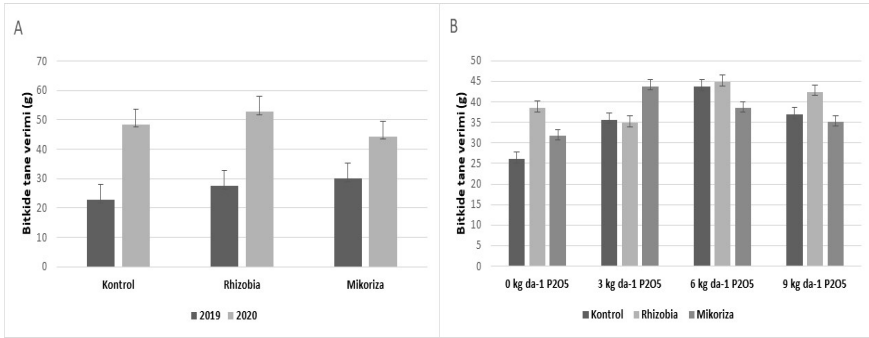
**Figure 1.** The interactions of different biological applications and phosphorus fertilizer doses on the pods per plant (A) and seeds per plant (B) in beans

### 3.3. Bitkide Tane Verimi

Denemenin birinci yılında bitkide tane verimi 26.82 g iken, ikinci yıl alınan yağışlar sayesinde bitkide tane verimi 48.59 g ile daha yüksek olmuştur (Çizelge 2). Bitkide tane verimi en yüksek 6 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulanan parsellerden elde edilirken 3 ve 9 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulanan parseller aynı istatistiki grup içerisinde yer almıştır. En düşük değer ise kontrol parsellerinde saptanmıştır. Uygulanan fosfor dozları bitkide tane verimini olumlu yönde etkilemiştir. Kuralkan ve ark. (2002), fasulyede en yüksek bitkide tane verimini 6 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uyguladıkları parsellerden elde ettiklerini bildirmektedirler. Aktaş (2017), ise nohutta en yüksek bitkide tane verimini 4 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uyguladıkları parsellerden elde ettiklerini bildirmektedirler. Uygulamalar bakımından bitkide tane verimi en yüksek *Rhizobia* uygulanan parsellerde belirlenirken, bunu *Mikoriza* uygulanan parseller takip etmiş ve en düşük değerlere kontrol parsellerinde ulaşılmıştır. *Rhizobia*'lar bitki gelişimini teşvik eden bakterilerdir. Bu bakterilerin verimi artırıcı özellikleri olduğu gibi baklagiller için azotlu gübre uygulamasına alternatif olabilecek niteliktedirler. *Mikoriza*'lar ise bitkinin besin maddesi ve su alımını artırmakta ve böylelikle kimyasal gübre kullanımını azaltıcı rol oynamaktadırlar. Kaya ve ark. (2002), *Rhizobia* ile aşılamanın bitkide tane verimini artırdığını bildirmektedirler. Akman (2017), fasulyede *Rhizobia* ve *Mikoriza* uygulamalarının bitkide tane verimi üzerine bir etkisinin olmadığını kaydetmiştir.

Tüm biyolojik uygulamaların olduğu parsellerde ikinci yıl birinci yıla oranla daha yüksek bitkide tane verimi elde edilmiştir. Bu nedenle yıl x uygulama etkileşimi önemli çıkmış olabilir (Şekil 2A). *Mikorizalar*, hifleri vasıtasıyla bünyesinde su taşıyarak, bitkilerin su alımını artırırlar (Çelik ve ark., 2019). Bakterilerin

bitki gelişimine faydalı olabilmeleri; bitki ve toprak özelliklerine, çevre koşullarına ve bakteri etkinliğine göre değişebilmektedir (Adak, 2021). Uygun yağış ve nem, PGPR etkinliğini artırmaktadır (Çakmakçı, 2002). Araştırmamızda  $3 \text{ kg da}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$  ve *Mikoriza* uygulanan parsellerde bitkide tane verimi daha yüksek değerler göstermiştir. Ancak fosfor dozu artışına bağlı olarak bitkide tane verimi düşmüştür (Şekil 2B). Grant ve ark. (2005), toprakta yüksek oranda fosfor bulunmasının *Mikoriza*ları olumsuz yönde etkilediğini bildirmektedirler. Demirbaş ve ark. (2019), *Mikoriza* mantarının toprakta bitkiler tarafından alımı yavaş olan besin elementlerinin özellikle de fosforun alımını önemli derecede arttırdığını bildirmişlerdir. Araştırmamızda  $3 \text{ kg da}^{-1} \text{ P}_2\text{O}_5$  ve *Rhizobia* uygulanan parsellerde düşük tane verimi gözlenirken, diğer fosfor dozlarında bitkide tane verimi yüksek belirlenmiştir. Bu nedenle fosfor x uygulama interaksiyonu önemli çıkmış olabilir (Şekil 2B).



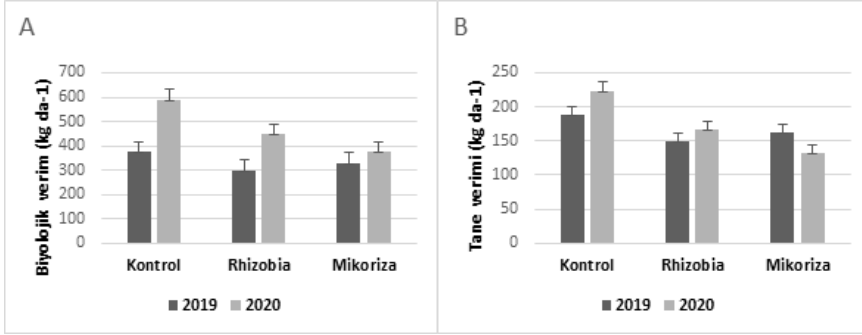
**Şekil 2.** Farklı biyolojik uygulamalar ve fosforlu gübre dozlarının fasulyede bitkide tane verimine (A,B) ilişkin interaksyonları

**Figure 2.** The interactions of different biological applications and phosphorus fertilizer doses on grain yield per plant (A,B) in beans

### 3.4. Biyolojik Verim

Araştırmada birinci yıl biyolojik verim ortalaması  $333.80 \text{ kg/da}$  iken, ikinci yıl ilk gelişim dönemindeki yağışların daha fazla olmasından dolayı biyolojik verim denemenin ilk yılına göre daha yüksek çıkmıştır (Çizelge 2). En yüksek biyolojik verim  $481.69 \text{ kg da}^{-1}$  ile kontrol parsellerinde belirlenmiştir. Kontrol parsellerini  $373.29 \text{ kg da}^{-1}$  ile *Rhizobia* uygulanan parseller takip etmiş, en düşük değerlere ise  $351.97 \text{ kg da}^{-1}$  ile *Mikoriza* uygulanan parsellerde ulaşılmıştır. Yağmur ve Engin (2005), nohutta yapmış oldukları çalışmalarında *Rhizobia* ile aşılınmayan kontrol parsellerinde biyolojik verimin aşılı parsellerden daha yüksek olduğunu bildirmişlerdir. Çetinkaya ve Dur (2010), mısır bitkisinde bitkinin yeşil aksam, boy ve sap verimine *Mikoriza*'nın olumlu etkisinin olmadığını saptamışlardır.

Tüm biyolojik uygulamaların olduğu parsellerde ikinci yıl birinci yıla oranla daha yüksek biyolojik verim elde edilmiştir. Bu nedenle yıl x uygulama interaksyonu önemli çıkmış olabilir (Şekil 3A). *Mikorizalar*, hifleri vasıtasıyla bünyesinde su taşıyarak, bitkilerin su alımını artırırlar (Çelik ve ark., 2019). Bakterilerin bitki gelişimine faydalı olabilmeleri ve etkinlikleri bitki ve toprak özelliklerine, çevre koşullarına ve bakteri suşlarına göre değişebilmektedir. Mikroorganizmalar, uygun nem ve toprak sıcaklığında faaliyetlerini artırırlar (Çığ, 2010).



**Şekil 3.** Farklı biyolojik uygulamalar ve fosforlu gübre dozlarının fasulyede biyolojik verim (A) ve tane verimine (B) ilişkin interaksyonları

**Figure 3.** The interactions of different biological applications and phosphorus fertilizer doses biological yield (A) and grain yield (B) in beans

### 3.5. Tane Verimi

Tane verimi en yüksek 205.60 kg da<sup>-1</sup> ile kontrol parsellerinde belirlenmiştir. Kontrol parsellerini 157.83 kg da<sup>-1</sup> ile *Rhizobia* uygulanan parseller takip etmiş, en düşük değerlere ise 146.59 kg da<sup>-1</sup> ile *Mikoriza* uygulanan parsellerde ulaşılmıştır. Kacar ve ark. (2004), fasulyede *Rhizobia* ile aşılınmış parsellere oranla kontrol parsellerinde daha yüksek tane verimi elde ettiklerini bildirmişlerdir. Akman (2017), ise fasulyede yapmış olduğu çalışmasında kontrol parsellerinde *Mikoriza* uygulanan parsellerden daha yüksek tane verimi elde ettiğini bildirmektedir.

İkinci yıl yağışın daha yüksek olmasına rağmen tüm biyolojik uygulamaların yer aldığı parsellerde tane verimindeki artış beklenen düzeyde olmamış, *Mikoriza* uygulanan parsellerde ikinci yıl daha düşük tane verimi elde edilmiştir (Şekil 3B). İkinci yıl bakla bağlama dönemi olan Temmuz ayında denemenin birinci yılına oranla çok düşük yağış alınmış, ancak sıcaklıklar daha yüksek olmuştur (Çizelge 2). Aytekin ve Çalışkan (2015), fasulyede çevreye bağlı olarak genaratif dönemde yaşanan stres ile bakla sayısı ile baklada tohum sayısının azaldığını ve ayrıca tanelerin küçüldüğünü ve sonuç olarak verim kayıplarının meydana geldiğini bildirmişlerdir. Anlarsal ve ark. (2000), bazı fasulye çeşitleri ile Çukurovada yürüttükleri

çalışmalarında Haziran ve Temmuz aylarında sıcaklığın artması ile yüksek sıcaklığın fasulyede tanenin küçük ve cılız olmasına neden olduğunu rapor etmişlerdir. Warland ve ark. (2006), 1.5 °C'lik küçük bir sıcaklık artışının bile fasulyede verim üzerinde önemli negatif etkilere sahip olduğuna dikkat çekmişlerdir. Araştırmamızda ikinci yıl genaratif dönemde yüksek sıcaklıklar yaşanmış ve bu durum dölenmeyi olumsuz etkilediği için tane veriminde düşüşler kaydedilmiştir. İkinci yıl kontrol parsellerinde en yüksek tane verimi gözlenirken, aynı yıl *Mikoriza* uygulanan parsellerde en düşük tane verimi belirlenmiştir. Bu nedenle yıl x uygulama interaksyonu önemli çıkmış olabilir (Şekil 3B).

**Çizelge 5.** Farklı biyolojik uygulamalar ve fosforlu gübre dozlarının incelenen özelliklerine ilişkin varyans analiz sonuçları, *p* değerleri ve ortalama değerleri

**Table 5.** Variance analysis results, *p* values and mean values of the investigated characters of different biological applications and phosphorus fertilizer doses

Uygulamalar	Tane Verimi (kg da <sup>-1</sup> )	Hasat İndeksi (%)	Yüz Tane Ağırlığı (g)	Klorofil İçeriği (Spad)	Yaprak Alan İndeksi
2019	166.12	49.74A	30.30A	25.39B	1.61B
2020	173.89	35.77B	26.58B	44.57A	3.46A
Ortalama	170.00	42.75	28.44	34.98	2.53
0 kg da <sup>-1</sup> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	166.81	41.96	28.00	32.25b	2.40ab
3 kg da <sup>-1</sup> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	175.27	42.86	28.31	38.59a	2.96a
6 kg da <sup>-1</sup> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	176.97	44.40	29.20	35.64ab	2.50ab
9 kg da <sup>-1</sup> P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	160.97	41.81	28.24	33.43ab	2.31b
Ortalama	170.00	42.75	28.44	34.98	2.53
Kontrol	205.60A	43.54	28.16	34.97	2.80a
<i>Rhizobia</i>	157.83B	43.23	28.96	34.77	2.27b
<i>Mikoriza</i>	146.59B	41.50	28.20	35.19	2.55ab
Ortalama	170.00	42.75	28.44	34.98	2.53
Yıllar	0.19 öd	<0.01 **	<0.01 **	<0.01 **	<0.01 **
Fosfor dozları	0.20 öd	0.15 öd	0.34 öd	0.03 *	0.03 *
Uygulamalar	<0.01 **	0.13 öd	0.32 öd	0.97 öd	0.03 *
Yıl x fosfor do.	0.58 öd	0.87 öd	0.82 öd	0.012 *	<0.01 **
Yıl x uyg.	<0.01 **	0.62 öd	0.24 öd	0.77 öd	0.13 öd
Fosfor x uyg.	0.08 öd	0.13 öd	0.75 öd	0.06 öd	0.08 öd
Yıl x fos. x uyg.	0.51 öd	0.78 öd	0.91 öd	0.33 öd	0.26 öd

öd: önemli değil \*:*p*≤ 0.05 \*\*:*p*≤0.01

### 3.6. Hasat İndeksi

Araştırmamızda birinci yıl daha yüksek hasat indeksi saptanmıştır. İkinci yıl biyolojik verim hayli yüksek ancak tane verimi bakla bağlama döneminde yağışın az, sıcaklığın yüksek olması nedeniyle düşük olmuştur (Çizelge 2). Bu nedenle hasat indeksi ikinci yıl daha düşük kaydedilmiştir. Fosfor dozları ve uygulamalar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.

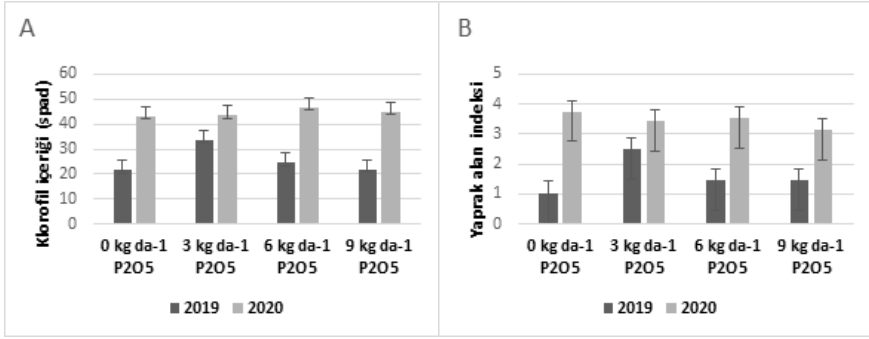
### 3.7. Yüz Tane Ağırlığı

Birinci yıl yüz tane ağırlığı daha yüksek olmuştur. İkinci yıl bakla bağlama dönemi olan Temmuz ayında denemenin birinci yılına oranla çok düşük yağış alınmış, ancak sıcaklıklar daha yüksek olmuştur (Çizelge 2). Anlarsal ve ark. (2000) bazı fasulye çeşitleri ile Çukurova'da yürüttükleri çalışmalarında Haziran ve Temmuz aylarında sıcaklığın artması ile yüksek sıcaklığın fasulyede tanenin küçük ve cılız olmasına neden olduğunu rapor etmişlerdir. Sonuçlar bizim çalışmamızla paralellik göstermektedir. Fosfor dozları ve uygulamalar arasındaki fark önemsiz bulunmuştur.

### 3.8. Klorofil İçeriği

Araştırmanın ilk yılında klorofil içeriği ortalaması 25.39 iken ikinci yılın ortalaması 44.57 olmuştur. İkinci yıl ilk gelişim döneminde alınan yağışların fazla olması bu konuda etkili olabilir (Çizelge 2). Fazla yağış fotosentetik aktiviteyi arttırmakta ve klorofil içeriğinin de daha yüksek olmasına neden olmaktadır. Birinci yıl yağış miktarının az olması verim ve verim öğelerinde olduğu gibi klorofil içeriğini de azaltmıştır. Ghimire ve Craven (2011), Meyer ve ark. (2014), ve Gönülal ve Soylu (2021), düşük yağış miktarının klorofil içeriğini azalttığını rapor etmişlerdir. Araştırmamızda en yüksek klorofil içeriği 3 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulanan parsellerde belirlenirken, en düşük değer kontrol parsellerinde belirlenmiştir. Daha yüksek fosfor dozlarında klorofil içeriğinin azaldığı kaydedilmiştir. Bilindiği üzere bitkilerde fazla fosfor gübrelemesi Fe<sup>+2</sup>, Zn<sup>+2</sup>, Ca<sup>+2</sup>, Mn<sup>+2</sup> ve B alımını engellemektedir (Horuz ve ark., 2016). Fosfor dozunun fazla olmasının dolaylı olarak Fe<sup>+2</sup> alımını engellediği, Fe alımının klorofil sentezindeki enzimin kofaktörü olması sebebiyle klorofil sentezini azalttığı için klorofil içeriğinin azalmış olması mümkündür. Küçük (2020), domatestede fosforlu gübre uygulamasının kontrole göre klorofil içeriğini artırdığına dikkat çekmiştir.

Klorofil içeriği, denemenin ikinci yılında, birinci yıla göre tüm fosfor dozlarında daha yüksek saptanmıştır. Bu durum yıl x fosfor dozu interaksyonunun önemli çıkmasında etkili olmuştur (Şekil 4A). En yüksek klorofil içeriğine denemenin ikinci yılında 6 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulanan parsellerde ulaşılmıştır.



Şekil 4. Farklı biyolojik uygulamalar ve fosforlu gübre dozlarının fasulyede klorofil içeriği (A) ve yaprak alan indeksine (B) ilişkin interaksiyonları

Figure 4. The interactions of different biological applications and phosphorus fertilizer doses chlorophyll content (A) and leaf area index (B) in beans

### 3.9. Yaprak Alan İndeksi

İkinci yıl ilk gelişim devresinde alınan yağışlardan ötürü yaprak alan indeksi daha yüksek olmuştur (Çizelge 2). Temel ve ark. (2015), fiğ bitkinde yağış miktarındaki azalışa bağlı olarak yaprak alan indeksinin düştüğünü bildirmişlerdir. Yaprak alan indeksi en yüksek 3 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulanan parsellerde görülürken, en düşük 9 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulanan parsellerde belirlenmiştir. Bitkilerde verim ve kalite üzerine olumlu etkisi olan fosfor temel besin elementlerinden birisidir. Fosfor noksanlığında bitkilerin yaprak alanlarında ve kuru ağırlıklarında önemli bir azalma meydana gelir böylece fotosentez ve bitki gelişimi olumsuz yönde etkilenir (Colomb ve ark., 2000; Assuero ve ark., 2004). Öden (2012), soya fasulyesinde fosforlu gübre uygulaması ile yaprak alan indeksinin arttığını bildirmiştir. Biyolojik uygulamalar bakımından en yüksek yaprak alan indeksi kontrol parsellerinde gözlenirken, bunu *Mikoriza* uygulanan parseller takip etmiş, en düşük değerler ise *Rhizobia* uygulanan parsellerde belirlenmiştir. Bakterilerin gelişimi, bitki ve toprak özelliklerine ve çevre koşullarına bağlı olarak değişmektedir. (Elkoca ve Kantar, 2001; Çakmakçı, 2005).

Tüm fosfor dozlarında ikinci yıl birinci yıla oranla daha yüksek yaprak alan indeksi elde edilmiştir. Bu nedenle yıl x fosfor dozları interaksyonu önemli çıkmış olabilir (Şekil 4B). Fosforlu gübreleme yapılmayan kontrol parsellerinde ilk yıl en düşük yaprak alan indeksi saptanırken, ikinci yıl en yüksek değer belirlenmiştir. Bu sonuçlarda ikinci yıl ilk gelişim devresinde alınan yağışların yüksek olması etkili olmuş olabilir. Ayrıca toprak canlılarının etkinliği toprak şartlarına göre de çok değişebilmektedir.

## SONUÇLAR

Fosfor verim ve kaliteyi etkileyen temel besin elementlerinden biridir. Araştırmada artan fosfor dozları bitkide bakla sayısı, bitkide tane sayısı, bitkide tane verimi, biyolojik verim ve tane verimini olumlu yönde etkilemiştir. *Rhizobia* ve *Mikoriza* uygulamaları bakımından ise en yüksek biyolojik verim ve tane verimi kontrol parsellerinde belirlenmiştir. Toprak canlıları üzerinde çevre koşullarının etkisi çok fazla olmaktadır. Beklenenden farklı olarak *Rhizobia* ve *Mikoriza*ların tane verimine etkisinin olmaması iklim ve toprak şartlarından kaynaklanmış olabilir. İki yıl süre ile Topçu fasulye çeşidi kullanılarak Eskişehir’de yürütülen bu çalışmada; fosfor yönünden yeterli topraklarda 3 kg da<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> uygulaması yeterli olacaktır. Zira ilkbaharda toprak ısınmadan fosfor eksikliği rastlanan bir durumdur (Connor ve ark., 2011). Bununla birlikte geniş alanlar için tavsiyede bulunabilmek için farklı fosfor seviyesine sahip topraklarda yeni denemelerin yürütülmesinde fayda vardır.

### Çıkar Çatışması

Yazarlar herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan eder.

### Etik

Bu çalışma etik kurul onayı gerektirmez.

### Yazar Katkı Oranları

Çalışmanın Tasarlanması (Design of Study): GT(%20), ET(%40), NK(%40)

Veri Toplanması (Data Acquisition): GT(%50), ET(%40), NK(%10)

Veri Analizi (Data Analysis): GT(%25), ET(%50), NK(%25)

Makalenin Yazımı (Writing Up): GT(%25), ET(%25), NK(%50)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Submission and Revision): GT(%20), ET(%40), NK(%40)

## KAYNAKLAR

- Adak, M.S., 2021. Yemelik baklagiller. Ankara Üniversitesi Ziraat Fakültesi, Yayın No: 1652, Ders Kitabı: 603, Birinci Baskı, 312 s, Ankara.
- Akçın, A., 1974. Erzurum şartlarında yetiştirilen kuru fasulye çeşitlerinde gübreleme, ekim zamanı ve sıra aralığının tane verimine etkisi ile bu çeşitlerin bazı fenolojik, morfolojik ve teknolojik karakterleri üzerine bir araştırma. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Yayınları, 157, 1-112.
- Akman, Y.Ö., 2017. *Rhizobium* ve *Mikoriza* uygulamalarının fasulye'nin tane verimi ve bazı tarımsal karakterler üzerine etkileri. Doktora Tezi. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 183 s, Samsun.
- Aktaş, Y., 2017. Demir ve fosfor uygulamalarının nohutta (*Cicer arietinum* L.) verim ve verim öğelerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Yüzcüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 61s, Van.

- Anlarsal, A.E., Yücel, C., Özveren, D., 2000. Çukurova koşullarında bazı fasulye (*Phaseolus vulgaris* L.) çeşitlerinde tane verimi ve verimle ilgili özellikler ile bu özellikler arası ilişkilerin saptanması. Turkish Journal of Agricultural and Forestry, 24: 19-29.
- Anonim, 2020. Eskişehir Geçit Kuşağı Tarımsal Araştırma Enstitüsü, Toprak Analiz Raporu, Eskişehir.
- Arıkan, Ş., İpek, M., Pırlak, L., Eşitken, A., Şahin, M., 2023. The effect of Mycorrhiza applications on growth and yield in some strawberry cultivars under calcareous soil conditions. Selcuk Journal of Agriculture and Food Sciences, 37(2): 326-336.
- Assuero, S.G., Mollier, A., Pellerin, S., 2004. The decrease in growth of phosphorus deficient maize leaves is related to a lower cell production. Plant Cell Environment, 27: 887-895. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3040.2004.01194.x>
- Aytekin, R.İ., Çalıskan, S., 2015. Fasulyede büyüme ve gelişme dönemleri. Türk Tarım Gıda Bilim ve Teknoloji Dergisi, 3 (2): 84-93.
- Batırca, M., Alatürk, F., Gökkuş, A., 2017. Gübrelemenin sakız fasulyesinin [*Cyamopsis tetragonoloba* (L.) Taub.] ot verimi ve bazı özelliklerine etkisi. Çanakkale Türk Tarım ve Doğa Bilimleri Dergisi, 4 (1): 79-87.
- Baydemir, F., 2013. Farklı sıra aralığı ve fosfor dozlarının maş fasulyesi'nde [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] verim ve bazı verim unsurları üzerine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Selçuk Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 65 s, Konya.
- Colomb, B., Kiniry, R.J., Debaeke, P., 2000. Effect of soil phosphorus on leaf development and senescence dynamics of field-grown maize. Agronomy Journal, 92: 428-435. <https://doi.org/10.2134/agronj2000.923428x>
- Connor, D.J., Loomis, R.S., Cassman, K.G., 2011. Crop ecology. Cambridge University Press. 562 pp.
- Çakmakçı, R., 2002. Azot fiksasyonu ve fosfat çözücü bakteri aşılama larının şeker pancarı verim ve kalitesine etkisi. II. Şeker Pancarı Üretim Sempozyumu, 257-270, 10-12 Eylül, Ankara.
- Çakmakçı, R., 2005. Bitki gelişiminde fosfat çözücü bakterilerin önemi. Selçuk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 19 (35): 93-108.
- Çelik, Y., Yarşi, G., Özarslandan, A., 2019. Mikorizaların bitkilerde stres mekanizması üzerine etkileri. Dünya Sağlık ve Tabiat Bilimleri Dergisi, 2(1): 1-11.
- Çetinkaya, N., Dur, N.S., 2010. Mısır vejetatif gelişimi ve verimi üzerinde bir endomikorizal preparatın etkileri. Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 47 (1): 53-59.
- Çiğ, F., 2010. Mikrobiyolojik ve inorganik gübrelemenin bazı arpa (*Hordeum vulgare* L.) çeşitlerinde verim ve verim ile ilgili karakterlere etkilerinin araştırılması. Doktora Tezi, Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 137s, Van.
- Demirbaş, A., Kaya, Z., Akpınar, Ç., Ortaç, İ., 2019. Fertigasyon ve *Mikoriza* uygulamalarının tarla koşullarında biber bitkisinin (*Capsicum annuum* L.) verimine ve besin elementleri alımına etkileri. Turkish Journal of Agriculture - Food Science and Technology, 7(1): 152-161.
- Doğan, K., Çelik, İ., Gök, M., Coşkan, A., 2011. Effect of different soil tillage methods on *Rhizobial* nodulation, biyomas and nitrogen content of second crop soybean. African Journal of Microbiology Research, 5 (20): 3186-3194.
- Elkoca, E., Kantar, F., 2001. Baklagillerde simbiyotik azot fiksasyonuna etki eden faktörler. Atatürk Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 32: 197-205.
- Erzurumlu, G.S., Kara, E.E., 2014. *Mikoriza* konusunda Türkiye'de yapılan çalışmalar. Türk Bilimsel Derlemeler Dergisi, 7 (2): 55-65.
- FAOSTAT, 2021. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim tarihi: 23.02.2023).
- Ghimire, S.R., Craven, K.D., 2011. Enhancement of switchgrass (*Panicum virgatum* L.) biomass production under drought conditions by the ectomycorrhizal fungus *Sebacina vermifera*. Applied and Environmental Microbiology, 77: 7063-7067. <https://doi.org/10.1128/aem.05225-11>
- Gönülal, E., Soylu, S., 2021. Yağışa bağlı kuru şartlarda dallı darı (*Panicum virgatum* L.) çeşitlerinin 4 ve 5 yıllardaki biyokütle verimi ve diğer tarımsal özelliklerinin belirlenmesi. Kahramanmaraş Sütcü İmam Üniversitesi Tarım ve Doğa Dergisi, 24 (3): 570-578. <https://doi.org/10.18016/ksutarimdogavi.775043>
- Grant, C., Bittman, S., Montreal, M., Plenchette, C., Morel, C., 2005. Soil and fertilizer phosphorus: Effects on plant P supply and mycorrhizal development. Canadian Journal of Plant Science, 85: 3-14. <http://dx.doi.org/10.4141/P03-182>
- Horuz, A., Korkmaz, A., Akınoğlu, G., Boz, E., 2016. Bitkilerde demir klorozunun nedenleri ve giderilme yöntemleri. Ondokuz Mayıs Üniversitesi Ziraat Fakültesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 4 (1):32-42.
- Jansa, J., Mozafar, A., Kuhn, G., Anken, T., Ruh, R., Sanders, R., Frossard, E., 2003. Soil tillage affects the community structure of mycorrhizal fungi in maize roots. Ecological Applications, 13 (4):1164-1176.
- Kabir, Z., 2005. Tillage or no-tillage: Impact on mycorrhizae. Canadian Journal of Plant Science, 85: 23-29. <https://doi.org/10.4141/P03-160>
- Kacar, O., Çakmak, F., Çöplü, N., Azkan, N., 2004. Bursa koşullarında bazı kuru fasulye çeşitlerinde (*Phaseolus vulgaris* L.) bakteri aşılama ve değişik azot dozlarının verim ve verim unsurları üzerine etkisinin belirlenmesi. Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 18 (1): 207-218.



- Karaca, Ü.Ç., Uyanöz, R., Karaarslan, E., 2010. Konya yöresinde yetiştirilen kuru fasulyeden izole edilen rhizobium bakterilerinin etkinliklerinin belirlenmesi. Konya Selçuk Üniversitesi Toprak Bilimi ve Bitki Besleme Dergisi, 2 (1):19-26.
- Kaya, M.D., Çiftçi, C.Y., 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. DOI: 10.1501/Tarimbil\_000 0000762.
- Kuralkan, M., Çiftçi, V., Karakuş, M., Togay, N., 2002. Van-Gevaş ekolojik koşullarında farklı fosfor dozlarının fasulye(*Phaseolus vulgaris* L.)'de verim ve verim öğelerine etkisi. Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi, 17 (4): 107-116.
- Küçük, Ç., 2011. Inoculation with rhizobium spp. in kidney bean (*Phaseolus vulgaris* L.) varieties. Zemdirstybe = Agriculture, 98 (1): 49-56.
- Küçük, R., 2020. Domateste farklı gelişme zamanlarında bor ve fosfor uygulamasının verim ve kalite üzerindeki etkileri. Yüksek Lisans Tezi. Şirnak Üniversitesi Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, 103s, Şirnak.
- Küçük, Ç., Kıvanç, M., 2008. The effect of rhizobium sp. inoculation on seed quality of bean in Turkey. Pakistan Journal of Biological Sciences, 11 (14): 1856-1859.
- Meyer, E., Aspinwall, M.J., Lowry, D.B., Palacio-Mejía, J., Logan, T.L., Fay, P.A., Juenger, T.E., 2014. Integrating transcriptional, metabolomic, and physiological responses to drought stress and recovery in switchgrass. BMC Genomics, 15: 527-541.
- Öden, E., 2012. Soya bitkisinde bakteri aşılması, fosfor ve demir uygulamalarının nodülasyon ve N<sub>2</sub> fiksasyonuna etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Mustafa Kemal Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 134 s, Hatay.
- Temel, S., Yıldız, V., Kırcı, A.E., 2015. Bazı adi fiğ çeşitlerinde farklı ekim tarihlerinin yaprak alan indeksine etkisi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 1 (2): 85-93.
- Toljander, J.F., Santos-Gonzalez, J.C., Tehler, A., Finlay, R.D., 2008. Community analysis of arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria in the maize mycorrhizosphere in a long-term fertilization trial. FEMS Microbiology Ecology, 65: 323-338. <https://doi.org/10.1111/j.1574-6941.2008.00512.x>
- Uğur, M., 2018. *Mikoriza* aşılması ve mantar kompostu uygulamalarında fasulyenin bitki gelişimi ve verimine etkisi. Yüksek Lisans Tezi. Harran Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 50s, Şanlıurfa.
- Uluğ, Z., 2018. Solucan gübresi ve *Mikoriza* kullanımının fasulye ve soğanda bitki gelişimi ve verim üzerine etkileri. Yüksek Lisans Tezi. İnönü Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü, 71s, Malatya.
- Warland, J.S., McDonald, M.R., McKeown, A.M., 2006. Annual yields of five crops in the family Brassicaceae in southern Ontario in relation to weather and climate. Canadian Journal of Plant Science, 86: 1209-1215.
- Yağmur, M., Engin, M., 2005. Farklı fosfor ve azot dozları ile bakteri (*Rhizobium ciceri*) aşılamanın Nohut (*Cicer arietinum* L.)'un tane verimi ve bazı verim öğeleri ile ham protein oranı üzerine etkileri . (Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi, 15 (2) , 93-102.
- Yahyaoglu, Z., Genç, M., 2020. Fidan standardizasyonu standart fidan yetiştiriminin biyolojik ve teknik esasları. Academia.