





Soya (*Glycine max* L.)'da PGPR ve AMF Uygulamalarının Verim Özellikleri ve Protein İçeriğine Etkisi

The Effect of PGPR and AMF Applications on Yield Properties and Protein Content in Soybean (*Glycine max* L.)

Abdurrahim Yılmaz¹ , Hilal Yılmaz² , Hakkı Ekrem Soydemir³ , Vahdettin Çiftçi⁴ 

Geliş Tarihi (Received): 23.02.2022

Kabul Tarihi (Accepted): 01.04.2022

Yayın Tarihi (Published): 15.04.2022

Öz: Soya (*Glycine max* L.), yüksek protein ve yağ oranı ile oldukça değerli bir yağ bitkisi olup ülkemizde yağ açığının kapatılmasında önemli bir potansiyele sahiptir. İnsanların lipid metabolizmasını düzenleyen yağ asitlerini ve Omega-3 olarak bilinen linoleik yağ asidini içermesi, bu bitkiyi insan ve hayvan beslenmesinde ön plana çıkarmaktadır. Soya bitkisinin verim özellikleri ve protein içeriğinin AMF ve PGPR uygulamaları ile araştırıldığı bu çalışma 2020 yılında Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Özbostancı Araştırma ve Deneme alanında yürütülmüştür. Tesadüf blokları deneme desenine göre 3 tekrerrürlü olarak kurulan çalışmada bitki boyu (cm), bakla sayısı (adet bitki⁻¹), ilk bakla yüksekliği (cm), bitkide tohum verimi (g bitki⁻¹), verim (kg da⁻¹) ve protein içeriği (%) değerleri araştırılmıştır. Uygulamaların tüm verim parametrelerinde kontrolten üstün değerler sağladığı görülmüştür. Özellikle dekara verimde AMF uygulamasının diğer uygulamalardan da istatistiki olarak daha yüksek ortalama değer (433.0 kg da⁻¹) verdiği dikkat çekmektedir. Protein içeriğinde ise PGPR+AMF kombine uygulamasının en yüksek ortalamaya sahip olduğu ancak bu sonucun diğer uygulamalara kıyasla istatistiki olarak bir fark oluşturmadığı tespit edilmiştir. Çalışma sonuçlarından elde edilen bilgiler, soya bitkisinin verim ve protein içeriğini araştırılan müteşebbislere faydalı bilgiler sağlayacaktır.

Anahtar Kelimeler: Biyogübre, endüstri bitkileri, yağ bitkileri, bitki gelişimini teşvik eden rizobakteriler, arbusküler mikorizal fungus

&

Abstract: Soybean (*Glycine max* L.) has an important potential in closing the oil deficit in our country, is a very valuable oil plant with its high protein and oil ratio. The fact that it contains fatty acids that regulate lipid metabolism of humans and linoleic fatty acid known as Omega-3 makes this plant prominent in human and animal nutrition. This study, which investigated the yield characteristics and protein content of soybean plants with AMF and PGPR applications, was carried out in Bolu Abant İzzet Baysal University Özbostancı Research and Experiment area in 2020. Plant height (cm), pod number (per plant⁻¹), first pod height (cm), seed yield per plant (g plant⁻¹), yield (kg da⁻¹), and protein content (%) values were determined in the study was established with 3 replications according to the randomized blocks experimental design. It was observed that the applications provide superior values than the control in all yield parameters. It is noteworthy that the AMF application gives a statistically higher average value (433.0 kg da⁻¹) than other applications, especially in yield per decare. In protein content, it was determined that PGPR+AMF combined application had the highest average value, but this result did not make a statistical difference with other applications. The information obtained from the results of the study will provide useful information to the entrepreneurs investigating the yield and protein content of the soybean plant.

Keywords: Biofertilizer, Industrial crops, oilseed crops, plant growth promoting rhizobacteria, arbuscular mycorrhizal fungi

Atıf/Cite as: Yılmaz, A., Yılmaz, H., Soydemir, H. E. & Çiftçi, V. (2022). Soya (*Glycine max* L.)'da PGPR ve AMF Uygulamalarının Verim Özellikleri ve Protein İçeriğine Etkisi Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi, 8 (1), 108-118. DOI: 10.24180/ijaws.1077704

İntihal-Plagiarizm/Etik-Ethik: Bu makale, en az iki hakem tarafından incelenmiş ve intihal içermediği, araştırma ve yayın etiğine uyulduğu teyit edilmiştir. / This article has been reviewed by at least two referees and it has been confirmed that it is plagiarism-free and complies with research and publication ethics. <https://dergipark.org.tr/pub/ijaws>

Copyright © Published by Bolu Abant İzzet Baysal University, Since 2015 – Bolu

¹ Dr. Öğr. Üyesi Abdurrahim Yılmaz, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, ayilmaz88@hotmail.com (Sorumlu Yazar / Corresponding author)

² Öğr. Gör. Hilal Yılmaz, Kocaeli Üniversitesi, İzmit Meslek Yüksekokulu, hilal.yilmaz@kocaeli.edu.tr

³ Araş. Gör. Hakkı Ekrem Soydemir, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Tohum Bilimi ve Teknolojisi Bölümü, ekremsoydemir@ibu.edu.tr

⁴ Prof. Dr. Vahdettin Çiftçi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi, Tarla Bitkileri Bölümü, vahdettinciftci@ibu.edu.tr

GİRİŞ

İklim koşullarının dünya çapında değişim göstermesi, bitkilerin verim değerlerini azaltmakta ve gıda güvenliği sağlanamamaktadır (Yılmaz ve Çiftçi, 2021). Ekonomisini yüksek oranda tarım sektörü ile idame ettiren ülkelerde beslenme ve gıda ihtiyaçlarının karşılanması için birim alandan elde edilen zirai ürün miktarı oldukça önemlidir (Soysal ve Yılmaz, 2021). Soya (*Glycine max* (L.) Merr.), mısır, buğday, pamuk ve pirinçle birlikte küresel tarıma egemen olan beş tarla bitkisinden biridir (Karges vd., 2022). Tohumlarında mevcut olan yüksek yağ oranı sebebiyle soya, zirai ürünlerin sınıflandırılmasında, yağlı tohumlu bitkiler arasında gösterilmektedir (Ertaş vd., 2019). Soya bitkisi ekonomik açıdan en önemli yağlı tohum ve biyodizel mahsullerinden biri haline gelmiştir. Günümüzde hem insan gıdası hem de hayvan yemi için ana protein ve yağ kaynağı olarak hizmet etmektedir (Hartman vd., 2011; Zhang vd., 2022). Aynı zamanda baklagil bitkisi olan soya, kendisinden sonra yetiştirilecek bitkilerin azot ihtiyacını karşıladığından dolayı iyi bir münavebe bitkisidir (Kumlay vd., 2021). Soya ekimi, sürekli artan üretim alanıyla dünyanın ekilebilir arazisinin %6'sından fazlasını kaplamaktadır. Soya fasulyesinin tohumları yaklaşık %31-44 protein ve %19-26 yağ içermektedir (Nissan vd., 2022). Yüksek protein içeriği ve ideal amino asit bileşimi nedeniyle soya fasulyesi, özellikle tek mideli hayvanlar için mükemmel bir yem takviyesi olarak kabul edilmektedir (Montoya vd., 2017). Dünyada toplam yağlı tohum üretimi 577,15 milyon ton olup soya fasulyesi bu üretimin içerisinde 337,14 milyon ton ile ilk sırada yer almaktadır (Yılmaz vd., 2021a). Dünyadaki soya üretim alanı 1988 yılında 54,8 milyon ha'dan 2020 yılında 126,9 milyon hektara üretim miktarı ise 93,5 milyon tondan 353,4 milyon tona ulaşmıştır. Ülkemizde soya üretim alanı 1988 yılında 65,9 bin hektardan 2020 yılında 35,1 bin hektara düşerken üretim miktarı 1988 yılında 150 bin tondan 2020 yılında ancak 155 bin tona kadar ulaşabilmiştir. 1988 yılından 2020 yılına kadar dünya ortalama soya verimi 170,47 kg da⁻¹'den 278,42 kg da⁻¹'a çıkarken ülkemizde 227,36 kg da⁻¹'den 441,8 kg da⁻¹'a çıkmıştır (Food and Agriculture Organization [FAO], 2022). Dünya çapında soya tarımı yıllara göre önemli bir artış seviyesi gösterirken ülkemizdeki üretim değerleri yıllara göre dalgalanma göstermiş ve bakanlığın teşviklerine rağmen gereken ilgiyi yeterince alamamıştır.

Rizosferde gelişen, agresif bir şekilde bitki köklerini kolonize eden, bitki büyümesini kolaylaştıran ve serbest yaşayan toprak bakterileri, bitki büyümesini teşvik eden rizobakteriler (PGPR) olarak tanımlanmaktadır (Basu vd., 2021). PGPR, büyümeyi teşvik eden kimyasalların bir araya getirilmesiyle konukçu bitkiye mikro besinlerin mevcudiyetini iyileştirdiği için, bitki büyümesi ve gelişimi üzerinde önemli etkilere sahiptir. Ayrıca köklerin büyüme modellerini iyileştirmedeki rolleriyle de tanınırlar (Drogue vd., 2013; Khan vd., 2019; Turan vd., 2021; Soysal vd., 2022). Bu bakteriler aynı zamanda çok çeşitli mekanizmalar yoluyla bitkileri biyotik ve abiyotik streslerden de koruyabilmektedir (Khademian vd., 2019; Asghari vd., 2020). Bazı bakteri suşları, bitki hormonlarının sentezini taklit ederek bitki fizyolojisini doğrudan düzenlerken, diğerleri büyümeyi hızlandırmanın bir yolu olarak topraktaki mineral ve azot mevcudiyetini artırmaktadır (Moncada vd., 2021). Son yıllarda verimi artırma potansiyeli nedeniyle PGPR'lar tarım sektöründe verimli bir şekilde uygulanmaktadır. Bitkilerin ve toprağın kalitesini ve sağlığını korumak için bu mikroorganizmaların önemi gün geçtikçe daha fazla ortaya çıkmakta ve son yıllarda pazarlama için birçok ticari PGPR formu geliştirilmektedir (Soysal ve Erman, 2020; Yılmaz ve Karık 2022).

Arbüsküler mikorizal mantarlar (AMF), hemen hemen tüm karasal ekosistemlerde meydana gelen geniş çapta yayılmış endotrofik mantar türlerini içermekte ve bitkilerle simbiyotik birlikler oluşturmaktadır (Begum vd., 2019a; Begum vd., 2019b; Kaur ve Suseela, 2020). Bitkilerin karbon değişim mekanizmalarını etkileyerek toprak besin maddelerine erişimlerini artırmaktadır. Aynı zamanda bitkilerin hormonal profilinde de değişikliklere neden olan bu mantarlar kökleri kolonize ederek fotosentezi artırmaktadır (Yılmaz ve Karık, 2022). AMF, sürdürülebilir tarıma yönelik günümüz tarım uygulamalarının geliştirilmesinde çok önemli roller oynamaktadır (Bhantana vd., 2021). AMF'lerin verim üzerindeki etkileri, toprakta çeşitli mantar topluluklarının varlığına göre değişmektedir. Bazı araştırmalar, daha fazla çeşitli bünyesinde barındıran AMF topluluklarının büyümeyi daha fazla desteklediğini göstermiştir (Yılmaz ve Karık, 2022).

Yağlı tohumlu bitkiler, ılıman bölgelerden tropikal bölgelere kadar dünyanın farklı tarım koşullarına uyum sağlayabilen önemli ürünlerdir (Yılmaz vd., 2021b). Subtropik ve Tropik iklimlerin bitkisi olan soya üzerinde yürütülen ıslah çalışmaları ile de bu bitkinin adaptasyon yeteneği geliştirilmiştir. Türkiye'deki yağış miktarı ve rejimi ile yetiştirme dönemlerindeki sıcaklıklar, soya tarımına en uygun bölgelerin Marmara ve Karadeniz bölgeleri olduğunu göstermektedir (Gözübüyük ve Can, 2021). Tarım ve Orman bakanlığının soya üretimini teşvik etmesi ile verdiği desteklere rağmen, bu bitkideki üretim artışı için beklenen başarı sağlanamamıştır (Turhan, 2019). Yukarıdaki literatürler ışığında, Bolu koşullarında AMF, PGPR ve her ikisinin kombine uygulamalarının soya bitkisinde bazı verim özellikleri ile protein içeriğine etkileri araştırılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Bitkisel materyal olarak ProGen® şirketinden temin edilen "Bravo" tescilli soya çeşidi kullanılmıştır. Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Özbostancı Araştırma ve Uygulama Alanı'nda tüm ekim, bakım ve gübreleme işlemleri yapılmıştır (Şekil 1).



Şekil 1: Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi Özbostancı Araştırma ve Uygulama Alanı (40°44'45" N-31°37'45" E).
Figure 1. Bolu Abant İzzet Baysal University Özbostancı Research and Application Area (40°44'45" N-31°37'45" E).

Deneme, 2020 yılında tesadüf parselleri deneme desenine göre üç farklı uygulama (PGPR, AMF, PGPR+AMF ve Kontrol) ile üç tekerrürlü olarak gerçekleştirilmiştir. Çalışmada parsel ve blok aralıkları sırasıyla 1m ve 2 m uzunluklarında, parsel boyutları ise $2 \times 2.4 = 4.8 \text{ m}^2$ olarak ayarlanmıştır. Deneme alanı 123.2 m²'lik bir alandan olmuştur. Tohumlar 10 Mayıs'ta ekilmiştir. Ekimler 60 cm sıra aralığına ve 5 cm sıra üzerine göre yapılmış ve her parsel 4 sıradan oluşmuştur. Bitkiler 16 Ağustos'ta hasat edilmiştir. Deneme alanının toprak özellikleri ekim işleminden önce belirlenmiş olup Çizelge 1'de verilmiştir.

Çizelge 1. Deneme alanı toprağının 30 cm derinlikteki bazı fiziksel ve kimyasal özellikleri.

Table 1. Some physical and chemical properties of the experimental area soil at 30 cm depth.

Özellik	Değer	Özellik	Değer
pH	7.84	Tekstür	Kil
EC (dS/m)	0.635	Magnezyum (Mg) (mg kg ⁻¹)	213.9
Kalsiyum (Ca) (mg kg ⁻¹)	4446	Bakır (Cu) (mg kg ⁻¹)	46.08
Potasyum (K) (mg kg ⁻¹)	264.3	Demir (Fe) (mg kg ⁻¹)	17.46
Fosfor (P) (mg kg ⁻¹)	20.4	Manganez (Mn) (mg kg ⁻¹)	4.82
Organik madde (%)	1.8	Çinko (Zn) (mg kg ⁻¹)	2.1

Bolu ilinin 2020 yılı vejetasyon dönemine ait iklim koşulları Çizelge 2'de sunulmuştur.

Çizelge 2. 2020 vejetasyon dönemine ait Bolu ilinin iklim verileri.

Table 2. Climatic data of Bolu province for 2020 vegetation period.

Parametre	Mayıs	Haziran	Temmuz	Ağustos
Ortalama Sıcaklık (°C)	13.71	17.13	20.41	21.79
Nispi Nem (%)	69.67	76.70	71.25	56.09

AMF Uygulaması

Mikoriza uygulaması için Bioglobal® firmasından 9 farklı AMF içeren ERS (Endo Roots Soluble) paketi toz halinde temin edilmiştir. Paket içeriğinde; *Rhizophagus irregularis* (%21), *Glomus aggregatum* (%20), *Funneliformis mosseae* (%20), *Glomus clarum* (%1), *Paraglomus brasilianum* (%1), *Glomus deserticola* (%1), *Gigaspora margarita* (%1), *Glomus etunicatum* (%1) ve *Glomus monosporum* (%1) mantarları bulunmaktadır. Paket içeriğinde mantar varlığının garanti edilen toplam canlı organizma oranı %23.5'tir. AMF inokulasyon işlemi için 25 g ERS'nin 1 litre distile su ile karıştırılmasıyla hazırlanan bir çözelti ile gerçekleştirilmiştir (Yılmaz ve Karik 2022). Çözelti yaklaşık 250000 spordan oluşmaktadır. Her tohuma 25 spor gelecek şekilde 100 tohuma 10 ml çözelti bulaştırılmıştır. Ekim işlemi bulaştırmadan sonra sabah erken saatlerde yapılmıştır.

PGPR Uygulaması

PGPR bakteri suşları (*Bacillus megaterium*, *Bacillus subtilis*, *Bacillus licheniformis*, *Peñibacillus polymyxa*, *Lactococcus* spp), Yeditepe Üniversitesi Uygulamalı Bilimler Yüksekokulu Tarım Ticareti ve İşletmeciliği Bölümü'nde görev yapan Prof. Dr. Metin Turan'ın kültür toplama ünitesinden alınmıştır. Bakteri uygulaması Yılmaz ve Kulaz'a (2019) göre bazı modifikasyonlar yapılarak gerçekleştirilmiştir. Kısaca AMF'de olduğu gibi 100 adet tohuma 10^8 CFU ml⁻¹ konsantrasyonunda 10 ml PGPR solüsyonu bulaştırılmıştır.

Kombine PGPR & AMF Uygulaması

AMF ve PGPR uygulamasında açıklandığı gibi hazırlanan 2 çözelti (1 litre PGPR ve 1 litre AMF çözeltileri) birleştirilmiştir (Yılmaz ve Karik 2022). İnokulasyon işlemi de AMF ve PGPR uygulamalarında tarif edildiği gibi yapılmıştır.

Verim Özellikleri

Tüm özellikler INTSOY (International Soybean Program) tarafından standardize edilen yöntemlere göre her parselden rastgele seçilen 10 bitkide belirlenmiştir.

Bitki boyu

Hasat dönemi içerisinde bitkinin doğal duruş halinde iken en üst noktası ile toprak seviyesi arasındaki dikey mesafe santimetre cinsinden ölçülerek 'Bitki Boyu' olarak kaydedilmiştir (Demirel, 2020).

Bakla sayısı

Bitki başına düşen bakla sayısı için daha önceden rastgele olarak belirlenen bitkilerde bakla sayımı yapılmış ve ortalaması alınarak hesaplanan değer 'Bakla Sayısı' olarak belirlenmiştir (Demirel, 2020).

İlk bakla yüksekliği

Hasat dönemi içerisinde tohum bağlayan ilk bakla ile toprak yüzeyi arasındaki dikey mesafe santimetre cinsinden ölçülerek 'İlk Bakla Yüksekliği' olarak kaydedilmiştir (Demirel, 2020).

Bitkide tohum verimi

Hasat dönemi içerisinde daha önceden belirlenen bitkilerden baklalar alınıp tohumları ayıklanarak tartım işlemi yapılmış ve gr/bitki değeri ile 'Bitkide tohum verimi' olarak hesaplanmıştır (Soydemir, 2021).

Verim

Parsellerde belirlenen kenar tesiri haricindeki bitkilerin baklalarından taneler ayıklanarak tartılmıştır. Tartım yapılan tanelerin kg cinsinden değeri parselin kenar tesiri haricindeki alana oranlanarak dekara tane verimi hesaplanmış ve 'Verim' değeri olarak kaydedilmiştir (Soydemir, 2021).

Protein Analizi

Her bir uygulama için örnek olanına bir miktar soya tohumu öğütülüp 1'er gramlık numuneler kullanılarak 'Kjeldahl' yöntemi ile azot tayini yapılmıştır. Elde edilen sonuçların standart 6.25 katsayısı ile çarpılması, uygulamalardan elde edilen tohumların protein oranını belirlemiştir (Soydemir, 2021).

İstatistik Analizleri

Uygulamaların verim ve kalite özellikleri üzerine etkisinin önemli olup olmadığı tek yönlü varyans analizi (Oneway-ANOVA) ile belirlenmiştir. Varyans analizinde önemli çıkan parametreler Student-t (LSD) testine tabi tutularak uygulamalar arasındaki asgari önemli fark belirlenmiştir. Çalışılan parametrelerin birbirleriyle ilişkilerinin belirlenmesinde korelasyon analizi RStudio (Allaire, 2012) yazılımının 'corrplot' paketi (Wei vd., 2017) ile Pearson katsayısı kullanılarak hesaplanmıştır. Parametrelerin uygulamalara göre ilişkilerinin belirlenmesinde temel bileşen analizi (PCA) R Studio programının 'ggplot2' paketinden yararlanılarak yapılmıştır (Wickham, 2016).

BULGULAR VE TARTIŞMA

Araştırmada elde edilen verim özellikleri ve protein içeriğine ait sayısal veriler ve grafikler Çizelge 3, Şekil 2 ve Şekil 3'te yer almaktadır. Elde edilen sonuçlara göre bitki boyunun 92.47 ile 96.67 cm arasında değiştiği görülmüştür. Uygulamalar ve kontrol arasında istatistiki olarak herhangi bir fark oluşmamıştır. Bitki boyunun çevre faktörlerinden ve bitkinin ait olduğu kalıtsal özelliğinden kaynaklı değişim gösterdiği ve aynı çeşitler üzerinde değişik uygulamalar ile farklı bitki boyları oluşturabileceği bildirilmiştir (Yeken vd., 2019). Araştırmada gözlemlenen bitki boylarının literatür (Güngör ve Üstün 2015; Yıldırım ve İlker, 2017; Karakaya ve Ödemiş, 2019; Demirel, 2020) değerleri arasında yer aldığı görülmüştür.

Çizelge 3. Verim özellikleri ve protein içeriğine uygulamaların etkisi.

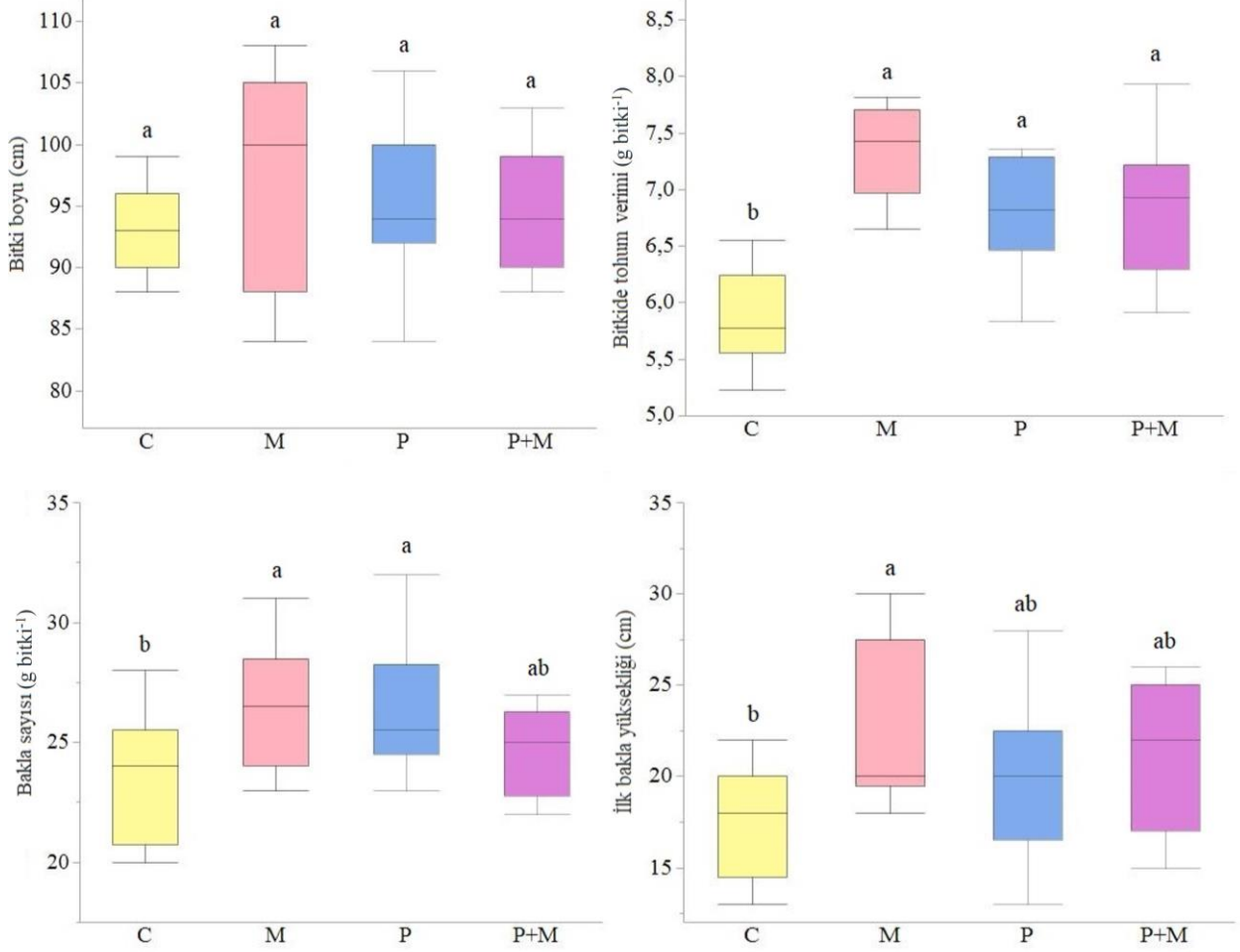
Table 3. Effect of applications on yield characteristics and protein content.

Uygulama/ Özellik	BB (cm)	BS (adet bitki ⁻¹)	İBY (cm)	BTV (g bitki ⁻¹)	V (kg da ⁻¹)	Pİ (%)
AMF	96.67a	26.70a	22.89a	7.34a	433.00a	22.85ab
PGPR	95.40a	26.40a	19.67ab	6.95a	401.33b	23.30ab
AMF+PGPR	94.07a	25.30ab	21.22ab	6.82a	392.67b	24.09a
Kontrol	92.47a	23.60b	17.56b	5.86b	340.33c	21.55b
LSD _{0.05}	-4.45	-2.68	-3.96	-0.55	-29.60	-2.26

BB: Bitki boyu, BS: Bakla sayısı, İBY: İlk bakla yüksekliği, BTV: Bitkide tohum verimi, V: Verim, Pİ: Protein içeriği.

Denemede bitkide bakla sayıları 23.6 ile 26.7 adet bitki⁻¹ arasında değişmiştir. Bakla sayılarında AMF ve PGPR uygulamaları kontrol grubuna göre istatistiki olarak farklı çıkmıştır (Çizelge 3; Şekil 2). Tane verimini etkileyen en önemli faktörlerden birisi bitkide bakla sayısıdır (Yeken vd., 2019). Literatüre göre bitkide bakla sayısı ortalaması Güngör ve Üstün (2015)'ün değerleri ile Yıldırım ve İlker (2017)'in değerlerinden düşük, Karakaya ve Ödemiş (2019)'in değerlerinden ise yüksek çıkmıştır. Rizosfer mikroorganizmaları arasında yer alan AMF ve PGPR'ın bitki büyümesini desteklemede önemli roller üstlendiği birçok çalışma ile ispatlanmıştır (Yılmaz ve Karık, 2022). Araştırmada AMF ve PGPR uygulamalarının bakla sayısını istatistiki olarak önemli ölçüde artırması literatürü destekler niteliktedir.

Çalışmada ilk bakla yüksekliklerinin 17.56 ile 22.89 cm arasında değiştiği görülmüştür (Çizelge 3; Şekil 2). Ortalama sonuçlar literatür ile karşılaştırıldığında Güngör ve Üstün (2015)'den düşük, Yıldırım ve İlker (2017) ile Demirel (2020)'den yüksek çıkmıştır. AMF uygulaması ilk bakla yüksekliğinde kontrol grubundan istatistiki olarak yüksek değerde ortalama sonuç vermiştir. AMF'nin bitki boyunu artırdığına dair bazı kaynaklar bulunsa da (Mishra vd., 2016; Sagar vd., 2021; Yılmaz ve Karık, 2022) özellikle ilk bakla yüksekliğini artırdığını kanıtlayan herhangi bir çalışmaya rastlanılmamıştır. İlk baklanın yüksek olması makinalı hasatta ortaya çıkan kaybı azaltmakta ve hasadı kolaylaştırmaktadır (Gül ve Arslanoğlu 2020; Okcu, 2020). Bundan dolayı bu çalışmadaki ilk bakla yüksekliği bulgularının literatüre önemli katkı sağlayacak nitelikte olduğu görülmektedir.

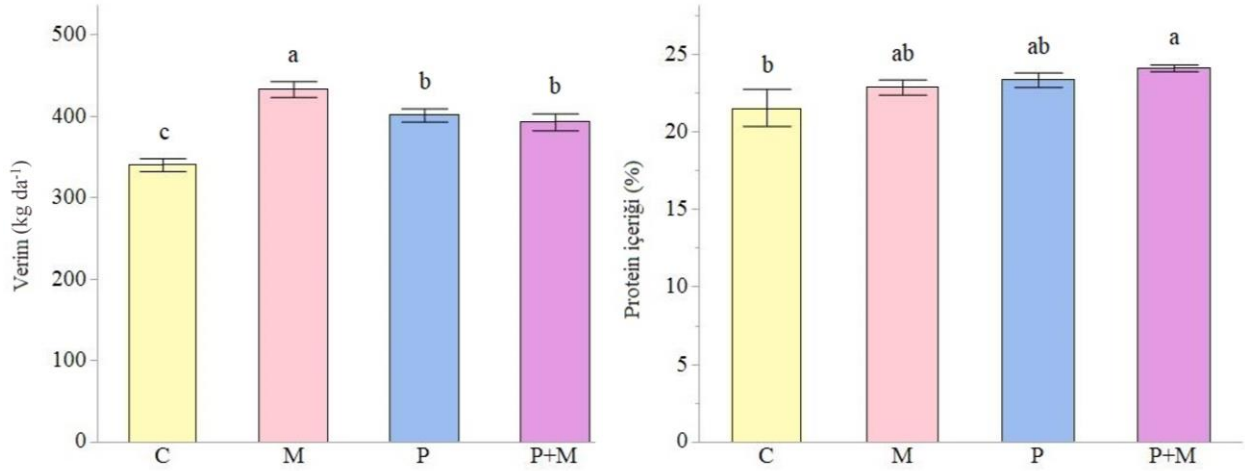


Şekil 2. Çalışmaya ait bazı verim özellikleri sonuçları. (C: Kontrol, M: AMF, P: PGPR, P+M: PGPR+AMF)
Figure 2. Some yield characteristics results of the study. (C: Kontrol, M: AMF, P: PGPR, P+M: PGPR+AMF)

Bitkilerde verimlilik, kantitatif bir karakterdir. Pek çok gen tarafından kontrol edilen, bakım ve çevre faktörlerinin de etkisinde kalan bir özelliktir (Yeken vd., 2019). Çalışmada bitkide tohum verimi ve verim değerleri sırasıyla 5.86-7.34 g bitki⁻¹ ve 340.33-433.00 kg da⁻¹ arasında çıkmıştır. Literatüre bakıldığında bu değerlerin uyumlu olduğu görülmektedir (Güngör ve Üstün 2015; Erbil ve Gür, 2017; Yıldırım ve İlker, 2017; Karakaya ve Ödemiş, 2019). AMF ve PGPR uygulamalarının bitkilerde verim kapasitesini artırdığı birçok çalışma ile kanıtlanmıştır (Zolfaghari vd., 2013; Tahami vd., 2017; Pagnani vd., 2018; Zhang vd., 2019; Turan vd., 2021; Yılmaz ve Karik, 2022). Deneme sonuçlarına göre bitkide tohum verimi değerlerinde uygulamalar birbirleri ile aynı istatistiki grupta yer alarak kontrolden üstün çıkmıştır. Verim değerlerinde ise AMF uygulaması tüm diğer gruplardan istatistiki olarak daha yüksek değerde çıkmıştır. (Çizelge 3; Şekil 2; Şekil 3). Çalışma sonuçları inokulantların verim değerlerini artırması bakımından literatür ile uyum göstermektedir.

Çalışmada protein içeriklerinin %21.55 ile %24.09 arasında değiştiği (Çizelge 3; Şekil 3) ve literatürdeki değerlerden (Güngör ve Üstün, 2015; Yıldırım ve İlker, 2017; Karakaya ve Ödemiş, 2019; Demirel, 2020) düşük seviyelerde olduğu görülmüştür. Bunun sebebinin ise hasat döneminde yağışlı hava koşullarının devamlılığından kaynaklandığı düşünülmektedir. Çalışmanın esas amaçlarından olan inokulantların protein oranına etkisinde ise istatistiki olarak fark tespit edilmiştir. Özellikle PGPR+AMF kombine uygulamasının en yüksek değerde olması protein oranında bu iki uygulamanın birbirleri arasındaki sinerjik etkinin eseri olduğunu göstermektedir. Bazı çalışmalarda AMF ve PGPR arasında sinerjik etkileşim olduğu saptanmıştır (Mishra vd., 2016; Sagar vd., 2021). AMF'ler, PGPR'ları transfer edebilmekte veya PGPR'ların kök çevresinde yayılması sırasında kolaylaştırıcı bir ortam görevi görebilmektedir (Long vd., 2000). Her iki uygulama da destekleyici rolleri aracılığıyla diğer organizmanın

enfeksiyon veya kolonizasyon aşamalarını kolaylaştırabilmektedir (Yılmaz ve Karik, 2022). Çalışma bulgularımız protein içeriği açısından bu literatür bilgisini desteklemektedir.



Şekil 3. Uygulamalara göre soyanın verim ve protein içeriğindeki değişimler. (C: Kontrol, M: AMF, P: PGPR, P+M: PGPR+AMF)

Figure 3. Changes in yield and protein content of soybean according to applications. (C: Control, M: AMF, P: PGPR, P+M: PGPR+AMF)

Korelasyon analizi incelenen özellikler arasında anlamlı ilişkiler ortaya çıkarmıştır. Tüm verim özellikleri birebirleri arasında korelatif ilişki içerisinde çıkmıştır. Özellikle bitkide tohum verimi ve verim özellikleri bekleneni karşılayarak yüksek korelasyon göstermiştir ($r=0.99$). Çalışmanın önemli sonuçlarından birisi de protein içeriğinin tüm verim değerleri ile pozitif korelasyon içerisinde olmasıdır (Şekil 4). Alınan sonuçlar, korelatif ilişkinin araştırıldığı literatürdeki diğer bazı soya çalışmaları ile uyum içerisinde (Mourtzinis vd., 2017; Ghanbari vd., 2018; Neugschwandtner vd., 2019).

SONUÇ

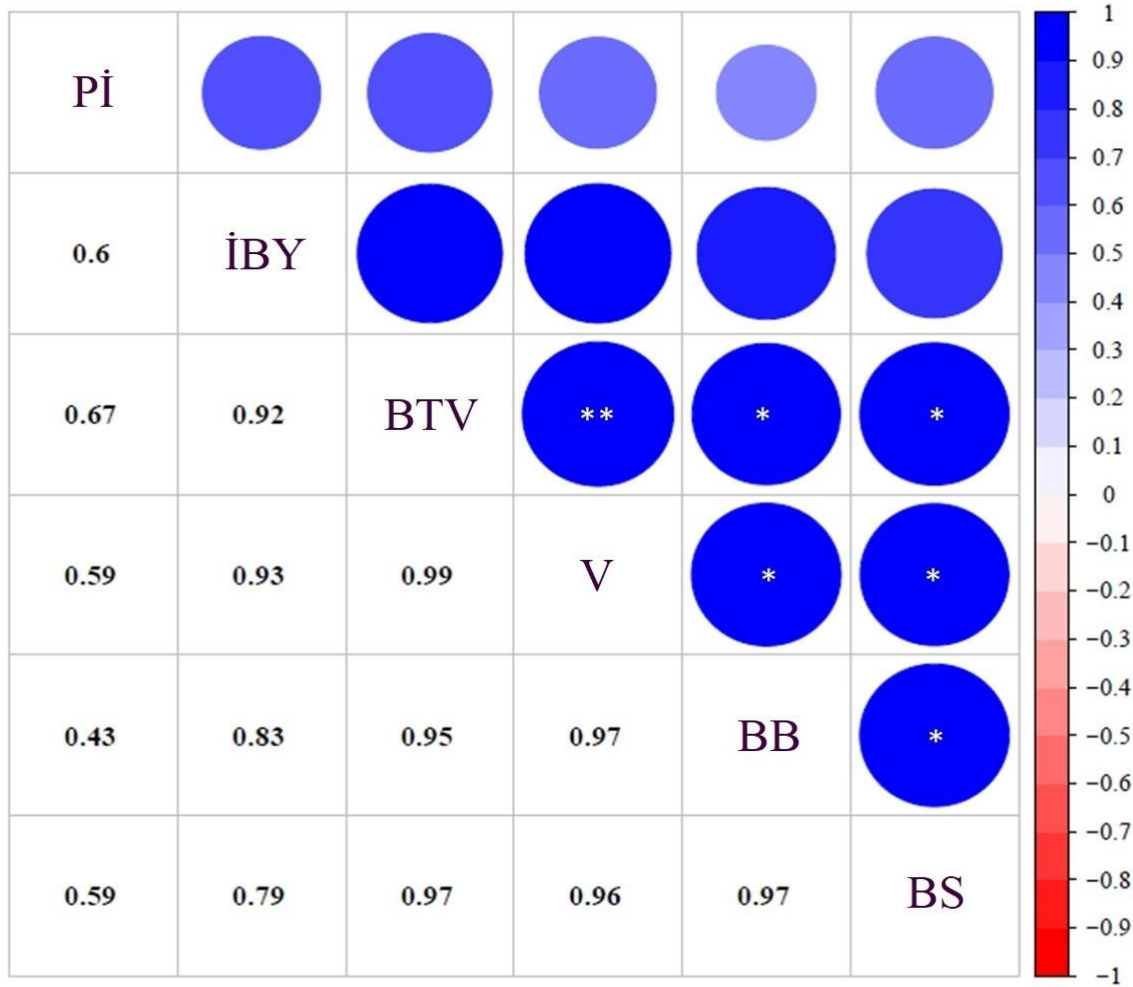
AMF ve PGPR uygulamalarının soya bitkisinin verim özellikleri ve protein içeriğinde olumlu sonuçlar vererek önemli değişiklikler oluşturduğu gözlenmiştir. Verim değerlerinde AMF uygulamasının protein içeriğinde ise AMF+PGPR uygulamasının daha iyi sonuçlar verdiği tespit edilmiştir. İleride yapılacak çalışmalarda konukçu bakterinin (*Rhizobium japonicum*) eklenmesi ve denemenin 1-2 yıl artırılarak yapılması ile analizlerde daha uygun karşılaştırmalı, daha net ve daha güvenilir sonuçların alınması sağlanabilir. Ayrıca AMF ve PGPR çalışmalarında farklı uygulama metotlarından farklı sonuçların alınabildiği düşünüldüğünde uygulama farklılıkları üzerinde de yapılacak çalışmaların olumlu sonuçlar doğurabileceği düşünülmektedir. Çalışma sonuçlarının soya bitkisinin verim ve protein içeriği açısından araştırma yapan bireylere örnek teşkil edeceği düşünülmektedir.

ÇIKAR ÇATIŞMASI

Yazarlar arasında herhangi bir çıkar çatışması bulunmamaktadır.

YAZAR KATKISI

AY ve HY araştırmanın planlanması, yürütülmesi, sonuçların değerlendirilmesi, verilerin istatistik analizlerinin yapılması ve makale yazımında, HES çalışmanın arazide yürütülmesi, makalenin yazılması ve protein analizinde, VÇ makale yazılması ve kontrolünde çalışmaya katkı sunmuşlardır.



Şekil 4. Verim özellikleri ve protein içeriği arasındaki korelasyon katsayıları.

Figure 4. Correlation coefficients between yield properties and protein content.

(BB: Bitki boyu, BS: Bakla sayısı, İBY: İlk bakla yüksekliği, BTV: Bitkide tohum verimi, V: Verim, Pİ: Protein içeriği)

TEŞEKKÜR

Çalışmanın istatistiki analizleri ve grafiklerinde yardımları olan Dr. Öğr. Üyesi Emrah GÜLER'e, tohum teminini sağlayan ProGen şirketinden Dr. Halil BAKAL'a ve PGPR desteğinde bulunan Prof. Dr. Metin TURAN'a teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

Allaire, J. (2012). RStudio: integrated development environment for R. Boston, MA, 770(394), 165-171.

Arıoğlu, H., Özyurtseven, S., & Güllüoğlu, L. (2012). İkinci ürün koşullarında yetiştirilen bazı soya [*Glycine max* (L.) Merr] çeşitlerinin yağ verimi ile yağ asitleri içeriklerinin belirlenmesi-II. *Çukurova Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 27(2), 1-10.

Asghari, B., Khademian, R., & Sedaghati, B. (2020). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) confer drought resistance and stimulate biosynthesis of secondary metabolites in pennyroyal (*Mentha pulegium* L.) under water shortage condition. *Scientia Horticulturae*, 263, 109132. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2019.109132>.

Başbağ, M., Demirel, R., & Şentürk, D. (2000). Yem Bitkilerinde Kaliteyi Etkileyen Faktörler. Uluslararası Hayvan Besleme Kongresi, Türkiye.

Basu, A., Prasad, P., Das, S. N., Kalam, S., Sayyed, R. Z., Reddy, M. S., & El Enshasy, H. (2021). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as green bioinoculants: recent developments, constraints, and prospects. *Sustainability*, 13(3), 1140. <https://doi.org/10.3390/su13031140>

- Begum, N., Ahanger, M. A., Su, Y., Lei, Y., Mustafa, N. S. A., Ahmad, P., & Zhang, L. (2019a). Improved drought tolerance by AMF inoculation in maize (*Zea mays*) involves physiological and biochemical implications. *Plants*, 8(12), 579. <https://doi.org/10.3390/plants8120579>
- Begum, N., Qin, C., Ahanger, M. A., Raza, S., Khan, M. I., Ashraf, M., ... & Zhang, L. (2019b). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: implications in abiotic stress tolerance. *Frontiers in Plant Science*, 1068. <https://doi.org/10.3389/fpls.2019.01068>
- Bhantana, P., Rana, M. S., Sun, X. C., Moussa, M. G., Saleem, M. H., Syaifudin, M., ... & Hu, C. X. (2021). Arbuscular mycorrhizal fungi and its major role in plant growth, zinc nutrition, phosphorous regulation and phytoremediation. *Symbiosis*, 84(1), 19-37. <https://doi.org/10.1007/s13199-021-00756-6>
- Boerema, A., Peeters, A., Swolfs, S., Vandevenne, F., Jacobs, S., Staes, J., & Meire, P. (2016). Soybean trade: balancing environmental and socio-economic impacts of an intercontinental market. *PloS one*, 11(5), e0155222. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0155222>
- Demirel, F. (2020). *Kahramanmaraş şartlarında ikinci ürün olarak yetiştirilebilecek bazı soya fasulyesi (Glycine max (L.) merrill) çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi* [Yüksek lisans tezi, Kahramanmaraş Sütçü İmam Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi>.
- Droge, B., Combes-Meynet, E., Moënne-Loccoz, Y., Wisniewski-Dyé, F., & Prigent-Combaret, C. (2013). Control of the cooperation between plant growth-promoting rhizobacteria and crops by rhizosphere signals. *Molecular Microbial Ecology of The Rhizosphere*, 1, 279-293. <https://doi.org/10.1002/9781118297674.ch27>
- Erbil, E., & Gür, M. A. (2017). Fizyolojik ve Morfolojik Parametreler Kullanarak Bazı İleri Soya (*Glycine max*. L.) Hatlarının Şanlıurfa İkinci Ürün Koşullarında Verim Özellikleri Yönünden Performanslarının Araştırılması. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 21(4), 480-493. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.293195>
- Ertaş, Z. Y. M. A., Yılmaz, A., & Beyyavaş, Ö. Ü. V. (2019, Eylül 19-22). Şanlıurfa koşullarında bazı soya [*Glycine max*. L. (Merill)] çeşitlerinin verim ve verim unsurlarının belirlenmesi. Uluslararası Gıda, Tarım ve Hayvancılık Kongresi, Türkiye.
- FAO (2022). Food and Agriculture Organization of The United Nations, Soya bitkisi üretim değerleri 2020. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> [Erişim tarihi: 17.02.2022].
- Ghanbari, S., Nooshkam, A., Fakheri, B. A., & Mahdinezhad, N. (2018). Assessment of yield and yield component of soybean genotypes (*Glycine max* L.) in north of Khuzestan. *Journal of Crop Science and Biotechnology*, 21(5), 435-441. <https://doi.org/10.1007/s12892-018-0023-0>
- Gözübüyük, A. A., & Can, C. (2021, Nisan 11-12). Yağlı tohumlu bitkilerde kömür çürüklüğü etmeni *Macrophomina Phaseolina*'nın *in vitro* gelişimi üzerine *Bacillus* türlerinin etkinliğinin belirlenmesi. 10. Uluslararası Bilimsel Araştırmalar Kongresi, Türkiye.
- Gül, S., & Arslanoğlu, F. (2020). The influence of organic fertilizer applications on seed yield and some quality properties of soybean grown as second crop. *Uşak Üniversitesi Fen ve Doğa Bilimleri Dergisi*, 4(2), 114-126. <https://doi.org/10.47137/usufedbid.804807>
- Güngör, H., & Üstün, A. (2015). Konya ekolojisinde iki farklı sıra aralığının bazı soya (*Glycine max*. (L.) Merrill) genotiplerinde verim ve bazı verim unsurlarına etkisi. *Gaziosmanpaşa Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 32(2), 100-106. <https://doi.org/10.13002/jafag841>
- Hartman, G. L., West, E. D., & Herman, T. K. (2011). Crops that feed the World 2. Soybean—worldwide production, use, and constraints caused by pathogens and pests. *Food Security*, 3(1), 5-17. <https://doi.org/10.1007/s12571-010-0108-x>
- Karakaya, Z., & Ödemiş, B. (2019). Determination of relationship water-yield of inoculated and uninoculated soybean in different irrigation water level. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 24 (Özel Sayı): 278-289.
- Karges, K., Bellingrath-Kimura, S. D., Watson, C. A., Stoddard, F. L., Halwani, M., & Reckling, M. (2022). Agro-economic prospects for expanding soybean production beyond its current northerly limit in Europe. *European Journal of Agronomy*, 133, 126415. <https://doi.org/10.1016/j.eja.2021.126415>
- Kaur, S., & Suseela, V. (2020). Unraveling arbuscular mycorrhiza-induced changes in plant primary and secondary metabolome. *Metabolites*, 10(8), 335. <https://doi.org/10.3390/metabo10080335>

- Khademian, R., Asghari, B., Sedaghati, B., & Yaghoobian, Y. (2019). Plant beneficial rhizospheric microorganisms (PBRMs) mitigate deleterious effects of salinity in sesame (*Sesamum indicum* L.): Physio-biochemical properties, fatty acids composition and secondary metabolites content. *Industrial Crops and Products*, 136, 129-139. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2019.05.002>
- Khan, N., Bano, A., Rahman, M. A., Guo, J., Kang, Z., & Babar, M. (2019). Comparative physiological and metabolic analysis reveals a complex mechanism involved in drought tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.) induced by PGPR and PGRs. *Scientific Reports*, 9(1), 1-19. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-38702-8>
- Kumlay, A. M., Demirel, S., Demirel, F., & Yıldırım, B. (2021). Bazı soya (*Glycine max* L.) çeşitlerinin IPBS markörleriyle moleküler karakterizasyonu. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 31(1), 11-18. <https://doi.org/10.29133/yyutbd.811158>
- Long, W., Wang, P., Feng, X., Hu, Z., & Li, F. (2000). Research progress on PGPR/AMF interactions. *Ying yong sheng tai xue bao= The Journal of Applied Ecology*, 11(2), 311-314.
- Moncada, A., Miceli, A., & Vetrano, F. (2021). Use of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) and organic fertilization for soilless cultivation of basil. *Scientia Horticulturae*, 275, 109733. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2020.109733>
- Montoya, F., García, C., Pintos, F., & Otero, A. (2017). Effects of irrigation regime on the growth and yield of irrigated soybean in temperate humid climatic conditions. *Agricultural Water Management*, 193, 30-45. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2017.08.001>
- Mourtzinis, S., Gaspar, A. P., Naeve, S. L., & Conley, S. P. (2017). Planting date, maturity, and temperature effects on soybean seed yield and composition. *Agronomy Journal*, 109(5), 2040-2049. <https://doi.org/10.2134/agronj2017.05.0247>
- Neuschwandtner, R. W., Winkler, J., Bernhart, M., Pucher, M. A., Klug, M., Werni, C., ... & Kaul, H. P. (2019). Effect of row spacing, seeding rate and nitrogen fertilization on yield and yield components of soybean. *Die Bodenkultur: Journal of Land Management, Food and Environment*, 70(4), 221-236. <https://doi.org/10.2478/boku-2019-0020>
- Nissan, N., Mimee, B., Cober, E. R., Golshani, A., Smith, M., & Samanfar, B. (2022). A broad review of soybean research on the ongoing race to overcome soybean cyst nematode. *Biology*, 11(2), 211. <https://doi.org/10.3390/biology11020211>
- Okcu, M. (2020). Farklı ekim zamanlarının soya fasulyesi çeşitlerinde bazı tarımsal özellikler üzerine etkileri. *Gümüşhane Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi*, 10(4), 972-982. <https://doi.org/10.17714/gumusfenbil.737533>
- Pagnani, G., Pellegrini, M., Galieni, A., D'Egidio, S., Matteucci, F., Ricci, A., Stagnari, F., Sergi, M., Lo Sterzo, C., Pisante, M., & Del Gallo, M. (2018). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) in Cannabis sativa 'Finola' cultivation: an alternative fertilization strategy to improve plant growth and quality characteristics. *Industrial Crops and Products*, 123, 75-83. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2018.06.033>
- Qiang-Sheng, W., Ming-Qin, C., Ying-Ning, Z., Chu, W., & Xin-Hua, H. (2016). Mycorrhizal colonization represents functional equilibrium on root morphology and carbon distribution of trifoliate orange grown in a split-root system. *Scientia Horticulturae*, 199, 95-102. <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.12.039>
- Soydemir, H. E. (2021). Bazı kuru fasulye çeşit ve hatlarının farklı lokasyonlardaki verim ve kalite özelliklerinin belirlenmesi [Yüksek Lisans Tezi, Bolu Abant İzzet Baysal Üniversitesi]. <https://tez.yok.gov.tr/UlusalTezMerkezi/>
- Soysal, S., & Erman, M. (2020). Siirt ekolojik koşullarında mikrobiyolojik ve inorganik gübrelemenin nohut (*Cicer arietinum* L.)'un kalite özellikleri üzerine etkileri. *ISPEC Journal of Agricultural Sciences*, 4(4), 923-939. <https://doi.org/10.46291/ISPECJASvol4iss3pp649-670>
- Soysal, S., & Yılmaz, A. (2021). Mikorizal fungusların (MF) tarla bitkilerinde kullanımı. G. Bengisu (Ed), *Akademik Perspektiften Tarım'a Bakış* içinde (ss. 173-192). İKSAD.
- Soysal, S., Erman, M., & Çığ, F. (2022). Biyoremediasyon çalışmalarında bitki gelişimini teşvik eden kök bakterilerinin rolü. A. Yılmaz & Sıpan Soysal (Ed), *Modern Tarım Uygulamaları* içinde (ss. 151-167). İKSAD.
- Tahami, M. K., Jahan, M., Khalilzadeh, H., & Mehdizadeh, M. (2017). Plant growth promoting rhizobacteria in an ecological cropping system: a study on basil (*Ocimum basilicum* L.) essential oil production. *Industrial Crops and Products*, 107, 97-104. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2017.05.020>

- Turan, M., Arjumend, T., Arın, S., Yıldırım, E., Katırcıoğlu, H., Gürkan, B., Ekinci, M., Günes, A., Kocaman, A., & Bolouri, P. (2021). Plant root enhancement by plant growth promoting rhizobacteria. In Yıldırım, E., Turan, M., & Ekinci, M. (Eds.), *Plant Roots*. (pp. 1–19). Intech Open.
- Turhan, S. (2019). *Farklı humik asit dozlarının soya (Glycine max L. Merrill) çeşitlerinde verim ve kalite üzerine etkisi*. [Yüksek Lisans Tezi, Iğdır Üniversitesi].
- Wei, T., Simko, V., Levy, M., Xie, Y., Jin, Y., & Zemla, J. (2017). Package 'corrplot'. *Statistician* 56, e24.
- Wickham, H. (2016). "Programming with ggplot2." *ggplot2*. Springer, Cham, 241-253.
- Yeken, M. Z., Çiftçi, V., Çancı, H., Göksel, Ö., & Kantar, F. (2019). Türkiye'nin Batı Anadolu Bölgesi'nden toplanan yerel fasulye genotiplerinin morfolojik karakterizasyonu. *Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi*, 5(1), 124-139. <https://doi.org/10.24180/ijaws.529713>
- Yıldırım, A., & İlker, E. (2017). Ege Bölgesi'nde ikinci ürün koşullarında bazı soya çeşit ve hatlarının verim ve agronomik özellikleri ile kalite özelliklerinin belirlenmesi. *Adnan Menderes Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi*, 15(2), 1-8. <https://doi.org/10.25308/aduziraat.393970>
- Yılmaz, A., & Çiftçi, V. (2021). Pütresin'in tuz stresi altında yetişen yer fıstığı (*Arachis hypogaea* L.)'na etkisi. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 31, 562-567. <https://doi.org/10.31590/ejosat.1013051>
- Yılmaz, A., & Karik, Ü. (2022). AMF and PGPR enhance yield and secondary metabolite profile of basil (*Ocimum basilicum* L.). *Industrial Crops and Products*, 176, 114327. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2021.114327>
- Yılmaz, A., Yeken, M. Z., Ali, F., Barut, M., Nadeem, M. A., Yılmaz, H., ... & Baloch, F. S. (2021b). Genomics, phenomics, and next breeding tools for genetic improvement of safflower (*Carthamus tinctorius* L.). H. Tombuloglu, T. Unver, G. Tombuloglu & K. R. Hakeem (Eds.), *Oil Crop Genomics* (pp. 217-269). Springer.
- Yılmaz, A., Yılmaz, H., Arslan, Y., Çiftçi, V., & Shahzad, F. B. (2021a). Ülkemizde alternatif yağ bitkilerinin durumu. *Avrupa Bilim ve Teknoloji Dergisi*, 22, 93-100. <https://doi.org/10.31590/ejosat.843220>
- Yılmaz, H., & Kulaz, H. (2019). The effects of plant growth promoting rhizobacteria on antioxidant activity in chickpea (*Cicer arietinum* L.) under salt stress. *Legume Research-An International Journal*, 42, 72-76. <https://doi.org/10.18805/lr-435>
- Zhang, M., Liu, S., Wang, Z., Yuan, Y., Zhang, Z., Liang, Q., Yang, X., Duan, Z., Liu, Y., Kong, F., Liu, B., Ren, B., & Tian, Z. (2022). Progress in soybean functional genomics over the past decade. *Plant Biotechnology Journal*, 20(2), 256. <https://doi.org/10.1111/pbi.13682>
- Zhang, S., Lehmann, A., Zheng, W., You, Z., & Rillig, M.C. (2019). Arbuscular mycorrhizal fungi increase grain yields: a meta-analysis. *New Phytologist*, 222, 543–555. <https://doi.org/10.1111/nph.15570>
- Zolfaghari, M., Nazeri, V., Sefidkon, F., & Rejali, F. (2013). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and essential oil content and composition of *Ocimum basilicum* L. *Iranian Journal of Plant Physiology* 3, 643–650.