



***Azospirillum Lipoferum* ve Deniz Yosunu Özütünün Patlıcan (*Solanum melongena* L.) Fidelerinin Büyüme Parametreleri ve Klorofil Değeri Üzerindeki Etkileri**

The Effects of *Azospirillum Lipoferum* and Seaweed Extract on the Growth Parameters and Chlorophyll Content of Eggplant (*Solanum melongena* L.) Seedlings

Yadigar Leyla DOĞAN¹, Özlem ÜZAL², Fikret YAŞAR³, Ömer ÖZTAŞ⁴

¹Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Malatya, Türkiye
· lyldgn8591@gmail.com · ORCID > 0000-0002-7404-5653

²Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye
· ozlemuzal@yyu.edu.tr · ORCID > 0000-0002-1538-820X

³Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye
· fyasar@yyu.edu.tr · ORCID > 0000-0001-6598-8580

⁴Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van, Türkiye
· omer_30@hotmail.com.tr · ORCID > 0000-0001-9034-5675

Makale Bilgisi/Article Information

Makale Türü/Article Types: Araştırma Makalesi/Research Article

Geliş Tarihi/Received: 25 Aralık/December 2024

Kabul Tarihi/Accepted: 20 Mart/March 2025

Yıl/Year: 2025 | **Cilt-Volume:** 40 | **Sayı-Issue:** 2 | **Sayfa/Pages:** 327-345

Atıf/Cite as: Doğan, Y.L., Üzal, Ö., Yaşar, F., Öztaş, Ö. "Azospirillum Lipoferum ve Deniz Yosunu Özütünün Patlıcan (*Solanum melongena* L.) Fidelerinin Büyüme Parametreleri ve Klorofil Değeri Üzerindeki Etkileri"
Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi, 40(2), Haziran 2025: 327-345.

Sorumlu Yazar/Corresponding Author: Yadigar Leyla DOĞAN

AZOSPIRILLUM LIPOFERUM VE DENİZ YOSUNU ÖZÜTÜNÜN PATLICAN (*Solanum melongena* L.) FİDELERİNİN BÜYÜME PARAMETRELERİ VE KLOROFİL DEĞERİ ÜZERİNDEKİ ETKİLERİ

ÖZ

Çalışmada, *Azospirillum lipoferum* (AzL) ve deniz yosunu özütünün (DY) farklı dozlarda uygulanmasının patlican (*Solanum melongena* L. cv. A 117 F1) fidelerinin büyüme ve gelişim parametreleri üzerindeki etkileri değerlendirilmiştir. *Azospirillum lipoferum* ve DY düşük (1.25 mL L^{-1}), orta (2.5 mL L^{-1}) ve yüksek (5 mL L^{-1}) dozlarda tek başına ve kombinasyon halinde uygulanmış, uygulamalar fidelerde ilk gerçek yaprakların görüldüğü dönemde sulama yoluyla kök bölgesine uygulanmıştır. Gövde boyu, gövde çapı, boğum arası mesafe, yaprak sayısı, kök uzunluğu, yeşil aksam ve kök yaş/kuru ağırlıkları ile klorofil içeriği (SPAD) analiz edilmiştir. DY-3 dozu, gövde boyu, yaprak yaş ağırlığı ve toplam yeşil aksam yaş ağırlığında en yüksek değerleri sağlamıştır. *Azospirillum lipoferum* uygulamalarında düşük ve orta dozlar büyümeyi desteklerken, yüksek doz bazı parametrelerde olumsuz etkiler oluşturmuştur. *Azospirillum lipoferum* ve DY kombinasyonları gövde ve yaprak gelişimini teşvik etmiş, en iyi sonuçlar AzL+DY-3 dozunda kaydedilmiştir. Bulgular, deniz yosunu özütünün içeriğindeki fitohormonlar ve besin maddeleri aracılığıyla bitki gelişimini teşvik ettiğini, *Azospirillum lipoferum*'un ise kök gelişimini desteklediğini ortaya koymuştur. *Azospirillum lipoferum* ve deniz yosununun birlikte kullanımı, kimyasal girdilere alternatif olarak sürdürülebilir fidecilik için etkili bir yöntem sunmaktadır. Biyostimülanların etkinliğini artırmak için uygulama dozları ve yöntemlerine yönelik daha fazla araştırma önerilmektedir.

Anahtar Kelimeler: Biyostimülant, PGPR, Deniz Yosunu, *Azospirillum lipoferum*, Sürdürülebilir Tarım.



THE EFFECTS OF AZOSPIRILLUM LIPOFERUM AND SEAWEED EXTRACT ON THE GROWTH PARAMETERS AND CHLOROPHYLL CONTENT OF EGGPLANT (*Solanum melongena* L.) SEEDLINGS

ABSTRACT

This study evaluated the effects of different doses of *Azospirillum lipoferum* (AzL) and seaweed extract (DY) on the growth and development parameters of eggplant (*Solanum melongena* L. cv. A 117 F1) seedlings. *Azospirillum lipoferum* and DY were applied individually and in combination at low (1.25 mL L^{-1}), medium (2.5 mL L^{-1}), and high (5 mL L^{-1}) doses. Applications were performed at the

stage when the first true leaves appeared, and the treatments were delivered to the root zone through irrigation. Growth parameters including stem length, stem diameter, internode length, leaf number, root length, fresh and dry weights of the shoot and root, as well as chlorophyll content (SPAD), were analyzed. The DY-3 dose resulted in the highest values for stem length, fresh leaf weight, and total fresh shoot weight. In *Azospirillum lipoferum* treatments, low and medium doses promoted growth, whereas the high dose had negative effects on certain parameters. The combination of *Azospirillum lipoferum* and DY stimulated stem and leaf development, with the best results observed in the AzL+DY-3 treatment. The findings indicate that the bioactive compounds and nutrients in seaweed extract enhance seedling growth, while *Azospirillum lipoferum* supports root development. The combined use of *Azospirillum lipoferum* and seaweed extract presents a promising alternative to chemical inputs for sustainable seedling production. Further research is recommended to optimize application doses and methods for improving the effectiveness of biostimulants.

Keywords: Biostimulant, PGPR, Seaweed, *Azospirillum lipoferum*, Sustainable Agriculture.



1. GİRİŞ

Dünya çapında hızla artan nüfus ve sağlıklı beslenme bilincinin yaygınlaşması, tarımsal üretimde sürdürülebilir ve çevreye duyarlı yöntemlerin kullanılmasını zorunlu kılmaktadır. Gıda güvenliği, yalnızca yeterli üretimi sağlamayı değil, aynı zamanda bu üretimin sağlıklı ve çevreyle uyumlu yöntemlerle gerçekleştirilmesini de gerektirmektedir (Shah ve ark., 2021; Sarti ve ark., 2024). Bu çerçevede, zengin besin değerine sahip ve dünya genelinde tüketimi yüksek olan patlıcan (*Solanum melongena* L.), önemli bir sebze olarak öne çıkmaktadır (Karimi ve ark., 2021; Contreras-Angulo ve ark., 2022; Michel ve ark., 2024). Son yıllarda patlıcan üretimi küresel ölçekte artmış ve 59 milyon ton seviyesine ulaşmıştır (FAO, 2024). Türkiye ise bu üretimde başlıca ülkelerden biri olup, özellikle Akdeniz ve Ege bölgelerinde yoğunlaşan üretimiyle dikkat çekmektedir. TÜİK verilerine göre, 2023 yılında Türkiye'nin patlıcan üretimi 817.5 bin tona ulaşmış ve bu miktarın 2024 yılında artması beklenmektedir (TÜİK, 2024). Bu yüksek üretim potansiyelinin sürdürülebilir şekilde korunması, özellikle fidecilik aşamasında çevre dostu yöntemlerin benimsenmesini ve toprağın biyolojik dengesini koruyacak uygulamalara öncelik verilmesini gerektirmektedir. Fidecilik, bitki üretim zincirinin başlangıç noktasını oluşturduğundan, bu aşamada karşılaşılan sorunların çözümü sürdürülebilir tarım uygulamalarında kritik bir rol oynamaktadır (Tüzel ve ark., 2021). Bu kapsamda, patlıcan fideciliğinde karşılaşılan sorunların belirlenmesi ve çözüm önerilerinin geliştirilmesi büyük önem taşımaktadır.

Patlıcan fideciliğinde karşılaşılan temel sorunlar; hastalıklar, zararlılar, kimyasal gübrelerin çevresel etkileri, düşük tohum kalitesi ve iklim koşullarına uyum zorluklarıdır. Patlıcan fideleri, mantar, bakteri ve virüs kaynaklı hastalıklara karşı yüksek hassasiyet göstermekte olup, bu durum fide yetiştiriciliğinde verim kayıplarına neden olmaktadır (Aumentado ve Balendres, 2024). Yaprak bitleri, beyazsi-nekler ve kırmızı örümcekler gibi zararlılar ise bitki gelişimini olumsuz etkileyerek fidelerin zayıflamasına ve zararlılarla mücadele ihtiyacının artmasına yol açmaktadır (El-Sayed ve ark., 2024; Palermo ve ark., 2024). Kimyasal gübre ve pestisitler kısa vadede etkili olsa da, yoğun kullanımları toprak yapısını ve biyolojik dengeyi bozarak çevresel sürdürülebilirliğe zarar vermektedir (Delitte ve ark., 2021; Fasu-si ve ark., 2021; Yaghoubi Khanghahi ve ark., 2024; Zhang ve ark., 2024; Doğan, 2025a). Ayrıca, düşük kaliteli tohum kullanımı, hastalıklara karşı dirençsiz fide-lerin yetişmesine neden olarak verim kaybına yol açmaktadır. İklim koşullarına uyum sorunu da belirli sıcaklık ve nem koşullarına duyarlı olan patlıcan fideleri için başka bir engel oluşturmaktadır (Ghosh, 2022). Söz konusu sorunlar, fideci-likte verimliliği azaltmakta ve üretim maliyetlerini artırmaktadır. Çevre dostu ve sürdürülebilir çözümler geliştirilmesi, karşılaşılan zorluklarla başa çıkmanın temel yollarından biridir. Biyostimülanlar ve mikrobiyal gübreler, kimyasal girdilere al-ternatif olarak çevresel sürdürülebilirliği desteklemektedir (Önder ve ark., 2023). Özellikle bitki gelişimini teşvik edici rizobakteriler (PGPR) ve deniz yosunu özleri, bitkilerin sağlıklı büyümesini destekleyerek çevresel stres koşullarına karşı daya-nıklılığı artırmakta ve kimyasal girdilere çevre dostu bir alternatif oluşturmaktadır (Sun ve ark., 2024; Vincze ve ark., 2024; Doğan ve Üzal, 2024; Doğan, 2025b).

Çalışmada kullandığımız *Azospirillum lipoferum*, bitki kökleri ile simbiyotik bir ilişki kurarak kök gelişimini desteklemekte ve su ile besin alım kapasitesini artır-maktadır (Grover ve ark., 2021; Hakim ve ark., 2021; Shah ve ark., 2021; Doğan ve ark., 2024a). Deniz yosunu özü ise içerdiği vitaminler, amino asitler ve büyüme hormonları ile fidelerin genel gelişimini desteklemekte ve çevresel strese karşı di-renç kazandırmaktadır (Aremu ve ark., 2022; Prisa ve ark., 2024; Doğan ve ark., 2024b; Villa e Vila ve ark., 2024). Organik tarım ilkeleriyle uyumlu biyostimülan-ların kullanımı, kimyasal gübre bağımlılığını azaltarak sürdürülebilir fidecilik sis-temlerinin oluşturulmasına katkıda bulunabilir. Sonuç olarak, bu çalışma, patlıcan fidelerinde *Azospirillum lipoferum* ve deniz yosunu özünün farklı doz ve kombinas-yonlarının fide gelişimi üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Çalışma bulgularının, çevre dostu uygulamaların fidecilikte yaygınlaştırılmasına katkı sağ-laması ve sürdürülebilir tarıma yönelik uygulamalara ışık tutması beklenmektedir.

2. MATERYAL VE METOD

Çalışma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji Laboratuvarı'nın iklim odasında gerçekleştirilmiş ve deneme materyali olarak patlıcan (*Solanum melongena* L.) A 117 F1 çeşidi kullanılmıştır. Araştırma,

kontrollü çevre koşulları sağlanarak yürütülmüş; sıcaklık $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, bağıl nem % 60-70 arasında sabitlenmiş ve aydınlatma periyodu 16 saat ışık, 8 saat karanlık şeklinde düzenlenmiştir. Bitkilerin yetiştirme ortamı, torf ve perlitin 3:1 oranında karıştırılmasıyla hazırlanmış ve karışım viyollere yerleştirilmiştir. Tohumlar viyolere aynı derinlikte ekilmiş (6 Mart 2024) ve çimlenme süresince saf su kullanılarak sulanmış; nem kaybını önlemek amacıyla viyollerin üzeri kâğıtla kaplanmıştır. Çimlenmenin tamamlanmasıyla birlikte kâğıtlar kaldırılmış ve bitkiler gelişimlerine iklim odasında devam etmiştir. İlk gerçek yaprakların görüldüğü 23 Mart 2024 tarihinde büyümeyi destekleyici çeşitli uygulamalar yapılmıştır. Çalışmada, toplam 10 uygulama grubu (AzL-1, AzL-2, AzL-3, DY-1, DY-2, DY-3, AzL+DY-1, AzL+DY-2, AzL+DY-3 ve kontrol grubu) yer almıştır. Deneme, tesadüf parselleri desenine göre tasarlanmış olup, her grup üç tekerrürden oluşacak şekilde yürütülmüş ve toplamda 90 bitki üzerinde uygulanmıştır. Farklı dozlarda gerçekleştirilen uygulamalar kapsamında *Azospirillum lipoferum* (AzL) grupları için AzL-1 (1.25 mL L^{-1}), AzL-2 (2.5 mL L^{-1}) ve AzL-3 (5 mL L^{-1}); deniz yosunu özü (DY) grupları için ise DY-1 (1.25 mL L^{-1}), DY-2 (2.5 mL L^{-1}) ve DY-3 (5 mL L^{-1}) dozları uygulanmıştır. Kombinasyon gruplarında ise *Azospirillum lipoferum* ve deniz yosunu özü eşit oranlarda birlikte kullanılmıştır. Buna göre, AzL+DY-1 grubu 1.25 mL L^{-1} AzL ve 1.25 mL L^{-1} DY, AzL+DY-2 grubu 2.5 mL L^{-1} AzL ve 2.5 mL L^{-1} DY, AzL+DY-3 grubu ise 5 mL L^{-1} AzL ve 5 mL L^{-1} DY olacak şekilde oluşturulmuştur. Kontrol grubunda yalnızca saf su uygulanmıştır.

Biyostimülanlar, saf su ile karıştırılarak homojen çözeltiler halinde hazırlanmış ve gelişme ortamına verilmiştir. Biyostimülanlar bir hafta arayla iki kez uygulanmıştır (23 Mart 2024 ve 30 Mart 2024). Deneme boyunca bitkiler her 2-3 günde bir düzenli olarak eşit miktarda saf su ile sulanmıştır. Araştırmada kullanılan *Azospirillum lipoferum* bakterisi ($1 \times 10^6\text{ kob mL}^{-1}$) Agrobrest firması tarafından sağlanmış, deniz yosunu özü ise Timac Agro'nun Fertileader Vital ürünü [N-%9; P-%5; K-%4; B-%0.05; Cu-%0.02; Fe-%0.02; Mn-%0.1; Mo-%0.01; Zn-%0.05; yıllık 1.16 g mL^{-1} ; Seactiv™ kompleksi (isopentyl adenin, glisin-betain, bitkisel kaynaklı amino asitler)] temin edilmiştir. Çalışmanın sonunda, dikim olgunluğuna ulaşan fidelerde (8 Nisan 2024) çeşitli büyüme parametreleri ve klorofil miktarı ölçülmüştür. Gövde uzunluğu cetvel yardımıyla kök boğazından büyüme ucuna kadar ölçülmüş, gövde çapı ise dijital kumpas ile belirlenmiştir. Yaprak sayıları kaydedilmiş, boğum arası mesafe dijital kumpas kullanılarak 2. ve 3. boğum arasından ölçülmüştür. Kök uzunluğu cetvelle belirlenirken, yeşil aksam ve köklerin yaş ağırlıkları hassas terazide tartılmıştır. Kuru ağırlık ölçümleri için bitkiler $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ 'de 72 saat boyunca etüvde kurutulmuş ve ardından tartılmıştır. Klorofil miktarı ise SPAD metre ile ölçülmüştür. Elde edilen veriler, Statgraphics istatistik analiz yazılımı kullanılarak değerlendirilmiş; varyans analizi yapılmış ve sonuçlar % 5 anlamlılık seviyesinde Duncan testi ile gruplandırılmıştır.

3. BULGULAR

Çalışma sonucu elde edilen gövde ve boğum arası mesafe parametreleri Çizelge 1’de, kök parametreleri Çizelge 2’de, yaprak parametreleri ve klorofil değeri Çizelge 3’te, toplam yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkları ise Çizelge 4’te belirtilmiştir.

Çizelge 1. Uygulamaların gövde ve boğum arası parametreleri üzerine etkileri

Table 1. Effects of applications on stem and internode parameters

Uygulamalar Applications	Gövde Boyu (cm) Stem Length (cm)	Gövde Çapı (mm) Stem Diameter (mm)	Gövde Yaş Ağırlığı (g) Stem Fresh Weight (g)	Gövde Kuru Ağırlığı (g) Stem Dry Weight (g)	Boğum Arası (mm) Internode Length (mm)
Kontrol	4.277±0.48 ^{DE}	2.068±0.19 ^{DE}	0.215±0.03 ^{EF}	0.026±0.00 ^{BC}	6.362±1.64 ^D
AzL-1	4.411±0.45 ^{DE}	1.976±0.22 ^E	0.203±0.04 ^F	0.023±0.01 ^{CD}	6.371±0.92 ^D
AzL-2	4.556±0.28 ^D	2.003±0.18 ^E	0.218±0.02 ^{EF}	0.026±0.00 ^{BC}	6.644±0.62 ^D
AzL-3	4.056±0.59 ^E	1.939±0.25 ^E	0.148±0.03 ^G	0.018±0.00 ^D	6.029±1.30 ^D
DY-1	5.344±0.50 ^B	2.490±0.15 ^A	0.388±0.04 ^B	0.035±0.00 ^A	11.389±4.64 ^B
DY-2	5.144±0.42 ^{BC}	2.272±0.15 ^{BC}	0.316±0.05 ^C	0.032±0.01 ^{AB}	6.977±1.28 ^{CD}
DY-3	6.111±0.47 ^A	2.434±0.17 ^{AB}	0.463±0.05 ^A	0.032±0.01 ^{AB}	14.619±2.40 ^A
AzL+DY-1	4.722±0.41 ^{CD}	2.140±0.30 ^{C-E}	0.261±0.04 ^{DE}	0.030±0.01 ^{AB}	8.969±2.41 ^C
AzL+DY-2	4.467±0.37 ^{DE}	2.250±0.17 ^{B-D}	0.277±0.03 ^{CD}	0.025±0.01 ^{BC}	7.693±0.83 ^{CD}
AzL+DY-3	5.400±0.51 ^B	2.451±0.15 ^{AB}	0.400±0.07 ^B	0.031±0.01 ^{AB}	11.548±2.05 ^B
P Değeri	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000

* Aynı sütunda farklı harfi alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir (p≤0.05).

* Değerler (ortalama ± standart sapma) olarak verilmiştir.

3.1. Gövde Boyu (cm)

Farklı uygulamaların patlıcan bitkisi gövde boyu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı tespit edilmiştir (p<0.05). Kontrol grubu bitkilerine göre DY-1, DY-2, DY-3 ve AzL+DY-3 uygulamalarında meydana gelen artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. AzL dozları içinde en yüksek değer, kontrol bitkisine kıyasla % 6.52 artış ile AzL-2 (4.556 cm) uygulamasında kaydedilmiştir. DY dozları arasında ise en yüksek değer, kontrol bitkisine kıyasla % 42.88 artış ile DY-3 (6.111 cm) uygulamasında saptanmıştır. AzL+DY kombinasyon dozları içinde en yüksek değer, kontrol bitkisine kıyasla % 26.26 artış ile AzL+DY-3 (5.400 cm) uygulamasında belirlenmiştir. Kontrol grubu (4.277 cm) bitkilerin, tüm uygulama ve dozlar arasında en yüksek değere % 42.87 artış ile DY-3 (6.111 cm) uygulamasında ulaştığı gözlemlenmiştir. Buna karşın, en düşük değer ise % 5.17 azalış ile AzL-3 (4.056 cm) uygulamasında tespit edilmiştir.

3.2. Gövde Çapı (mm)

Farklı uygulamaların patlıcan bitkisi gövde çapı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Kontrol grubu bitkilerine göre DY-1, DY-2, DY-3 ve AzL+DY-3 uygulamalarında meydana gelen artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. AzL dozları içinde, kontrol bitkisine kıyasla % 3.14 azalış ile en yüksek değer AzL-2 (2.003 mm) uygulamasında tespit edilmiştir. DY dozları arasında, kontrol bitkisine göre % 20.41 artışla en yüksek değer DY-1 (2.490 mm) uygulamasında kaydedilmiştir. AzL+DY kombinasyon dozları içerisinde ise, kontrol bitkisine kıyasla % 18.52 artış ile en yüksek değer AzL+DY-3 (2.451 mm) uygulamasında gözlenmiştir. Kontrol grubu bitkilerine (2.068 mm) kıyasla, tüm uygulamalar ve dozlar arasında en yüksek değer % 20.41 artış ile DY-1 (2.490 mm) uygulamasında, en düşük değer ise % 6.24 azalış ile AzL-3 (1.939 mm) uygulamasında tespit edilmiştir.

3.3. Gövde Yaş Ağırlığı (g)

Farklı uygulamaların patlıcan bitkisi gövde yaş ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Kontrol grubu bitkilerine göre AzL-3 uygulamalarında meydana gelen azalış, DY-1 DY-2 DY-3 AzL+DY-2 ve AzL+DY-3 uygulamalarında meydana gelen artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. AzL dozları arasında, kontrol bitkisine kıyasla % 1.40 artış ile en yüksek değer AzL-2 (0.218 g) uygulamasında tespit edilmiştir. DY dozları arasında, kontrol bitkisine kıyasla % 115.35 artışla en yüksek değer DY-3 (0.463 g) uygulamasında kaydedilmiştir. AzL+DY kombinasyon dozlarında ise, kontrol bitkisine kıyasla % 86.05 artış ile en yüksek değer AzL+DY-3 (0.400 g) uygulamasında saptanmıştır. Kontrol grubu bitkilerine (0.215 g) kıyasla, tüm uygulamalar ve dozlar arasında en yüksek değer % 115.35 artış ile DY-3 (0.463 g) uygulamasında, en düşük değer ise % 31.16 azalış ile AzL-3 (0.148 g) uygulamasında tespit edilmiştir.

3.4. Gövde Kuru Ağırlığı (g)

Farklı uygulamaların patlıcan bitkisi gövde kuru ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Kontrol grubu bitkilerine göre AzL-3 uygulamasında meydana gelen azalış ve DY-1 uygulamasında meydana gelen artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. AzL dozları arasında en yüksek değer, AzL-2 (0.026 g) uygulamasında tespit edilmiş olup, bu değer aynı zamanda kontrol grubu bitkilerinden elde edilen değerle eşit bulunmuştur. DY dozları arasında ise, kontrol bitkisine kıyasla % 34.62 artış ile en yüksek değer DY-1 (0.035 g) uygulamasında tespit edilmiştir. AzL+DY kombinasyon dozları arasında, kontrol bitkisine kıyasla % 19.23 artış ile en yüksek değer AzL+DY-3 (0.031 g) uygulamasında saptanmıştır. Kontrol grubu bitkilerine (0.026 g) kıyasla, tüm uygulamalar ve dozlar arasında en yüksek değer % 34.62 artış ile DY-1 (0.035 g) uygulaması, en düşük değer ise % 30.77 azalış ile AzL-3 (0.018 g) uygulamasında tespit edilmiştir.

3.5. Boğum Arası Mesafe (mm)

Farklı uygulamaların patlıcan bitkisi boğum arası mesafesi üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı tespit edilmiştir ($p<0.05$). Kontrol grubu bitkilerine göre DY-1, DY-3, AzL+DY-1 ve AzL+DY-3 uygulamalarında meydana gelen artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. AzL dozlarının, kontrol bitkisine kıyasla istatistiksel olarak bir etki yaratmadığı gözlemlenmiştir. DY dozları arasında, kontrol bitkisine kıyasla % 129.79 artış ile en yüksek değer DY-3 (14.619 mm) uygulamasında belirlenmiştir. AzL+DY kombinasyon dozları arasında ise, kontrol bitkisine kıyasla % 81.52 artış ile en yüksek değer AzL+DY-3 (11.548 mm) uygulamasında tespit edilmiştir. Kontrol grubu bitkilerine (6.362 mm) kıyasla, tüm uygulamalar ve dozlar arasında en yüksek değer % 129.81 artış ile DY-3 (14.619 mm) uygulamasında, en düşük değer ise % 5.23 azalış ile AzL-3 (6.029 mm) uygulamasında saptanmıştır.

Çizelge 2. Uygulamaların kök parametreleri üzerine etkileri

Table 2. Effects of applications on root parameters

Uygulamalar	Kök Yaş Ağırlığı (g)	Kök Kuru Ağırlığı (g)	Kök Uzunluğu (cm)
Applications	Root Fresh Weight (g)	Root Dry Weight (g)	Root Length (cm)
Kontrol	0.534±0.09 ^B	0.042±0.00 ^A	14.766±2.29 ^A
AzL-1	0.518±0.07 ^{BC}	0.034±0.01 ^{AB}	14.811±3.06 ^A
AzL-2	0.497±0.05 ^{BC}	0.033±0.00 ^{AB}	15.367±2.86 ^A
AzL-3	0.391±0.09 ^C	0.028±0.01 ^B	13.244±3.05 ^{A-C}
DY-1	0.719±0.16 ^A	0.037±0.01 ^{AB}	14.489±3.94 ^{AB}
DY-2	0.539±0.11 ^B	0.032±0.01 ^{AB}	9.456±2.32 ^D
DY-3	0.473±0.09 ^{BC}	0.031±0.01 ^{AB}	9.156±1.52 ^D
AzL+DY-1	0.492±0.18 ^{BC}	0.035±0.02 ^{AB}	11.689±3.19 ^{B-D}
AzL+DY-2	0.542±0.17 ^B	0.038±0.01 ^{AB}	11.367±2.45 ^{CD}
AzL+DY-3	0.721±0.29 ^A	0.037±0.01 ^{AB}	12.533±3.29 ^{A-C}
P Değeri	0.0001	0.1874	0.0000

* Aynı sütunda farklı harfi alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($p<0.05$).

* Değerler (ortalama ± standart sapma) olarak verilmiştir.

3.6. Kök Yaş Ağırlığı (g)

Farklı uygulamaların patlıcan bitkisi kök yaş ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Kontrol grubu bitkilerine kıyasla AzL-3 uygulamasında meydana gelen azalış, DY-1 ve AzL+DY-3 uygulama-

malarında meydana gelen artış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. AzL dozları arasında, en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla % 2.99 azalış ile AzL-1 (0.518 g) uygulamasında tespit edilmiştir. DY dozlarında en yüksek değer, kontrol bitkisine kıyasla % 34.64 artış ile DY-1 (0.719 g) uygulamasında kaydedilmiştir. AzL+DY kombinasyon dozlarında ise, en yüksek değer, kontrol bitkisine kıyasla % 35.02 artış ile AzL+DY-3 (0.721 g) uygulamasında saptanmıştır. Kontrol grubu (0.534 g) bitkilerine kıyasla, tüm uygulama ve dozlar arasından en yüksek değer % 35.02 artış ile AzL+DY-3 (0.721 g) uygulamasında, en düşük değer % 26.79 azalış ile AzL-3 (0.391 g) uygulamasında tespit edilmiştir.

3.7. Kök Kuru Ağırlığı (g)

Farklı uygulamaların patlıcan bitkisi kök kuru ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olmadığı saptanmıştır ($p>0.05$). Sadece kontrol grubu bitkilerine kıyas ile AzL-3 uygulamasında meydana gelen azalış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. AzL dozlarından en yüksek değer, kontrol bitkisine kıyasla % 19.05 azalış ile AzL-1 (0.034 g) uygulamasında tespit edilmiştir. DY dozlarından en yüksek değer ise kontrol bitkisine kıyasla % 11.90 azalışla DY-1 (0.037 g) uygulamasında gözlemlenmiştir. AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer, kontrol bitkisine kıyasla % 9.52 azalış ile AzL+DY-2 (0.038 g) uygulamasında kaydedilmiştir. Kontrol grubu (0.042 g) bitkilerine kıyasla tüm uygulama ve dozlar arasından en yüksek değer % 9.52 azalış gösteren AzL+DY-2 (0.038 g) uygulaması, en düşük değer ise % 33.33 azalış ile AzL-3 (0.028 g) uygulamasında tespit edilmiştir.

3.8. Kök Uzunluğu (cm)

Farklı uygulamaların patlıcan bitkisi kök uzunluğu üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu belirlenmiştir ($p<0.05$). Kontrol grubu bitkilere kıyas ile DY-2, DY-3, AzL+DY-1 ve AzL+DY-2 uygulamalarında meydana gelen azalış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. AzL dozları arasında, kontrol bitkisine kıyasla en yüksek değer % 4.07 artış ile AzL-2 (15.367 cm) uygulamasında gözlemlenmiştir. DY dozları arasında, kontrol bitkisine kıyasla en yüksek değer % 1.88 azalış ile DY-1 (14.489 cm) uygulamasında kaydedilmiştir. AzL+DY kombinasyon dozları arasında ise, kontrol bitkisine kıyasla en yüksek değer % 15.12 azalış ile AzL+DY-3 (12.533 cm) uygulamasında tespit edilmiştir. Kontrol grubu (14.766 cm) bitkileri ile kıyaslandığında, tüm uygulama ve dozlar arasında en yüksek değer % 4.07 artış ile AzL-2 (15.367 cm) uygulamasında, en düşük değer ise % 37.99 azalış ile DY-3 (9.156 cm) uygulamasında saptanmıştır.

Çizelge 3. Uygulamaların yaprak ve klorofil değeri üzerine etkileri**Table 3.** Effects of applications on leaf and chlorophyll values

Uygulamalar	Yaprak Sayısı (Adet)	Yaprak Yaş Ağırlığı (g)	Yaprak Kuru Ağırlığı (g)	Klorofil Değeri (SPAD)
Applications	Number of Leaves (Count)	Leaf Fresh Weight (g)	Leaf Dry Weight (g)	Chlorophyll Value (SPAD)
Kontrol	3.000±0.00 ^{CD}	1.081±0.17 ^{CD}	0.135±0.02 ^{AB}	27.188±1.25 ^{DE}
AzL-1	2.778±0.67 ^D	0.821±0.19 ^D	0.112±0.03 ^{BC}	27.933±1.78 ^{CD}
AzL-2	2.667±0.50 ^D	0.811±0.17 ^D	0.124±0.02 ^B	26.511±0.98 ^E
AzL-3	2.222±0.44 ^E	0.418±0.10 ^E	0.078±0.02 ^C	24.166±0.81 ^F
DY-1	3.667±0.50 ^A	2.097±0.40 ^A	0.150±0.04 ^{AB}	33.088±1.16 ^A
DY-2	3.222±0.44 ^{BC}	1.538±0.22 ^B	0.154±0.05 ^{AB}	27.744±1.34 ^{C-E}
DY-3	3.556±0.53 ^{AB}	2.298±0.32 ^A	0.154±0.03 ^{AB}	27.866±0.97 ^{CD}
AzL+DY-1	3.000±0.00 ^{CD}	1.349±0.37 ^{BC}	0.147±0.06 ^{AB}	28.311±1.58 ^{CD}
AzL+DY-2	3.000±0.00 ^{CD}	1.492±0.37 ^B	0.148±0.06 ^{AB}	28.855±0.95 ^C
AzL+DY-3	3.889±0.33 ^A	2.121±0.47 ^A	0.170±0.05 ^A	30.077±1.51 ^B
P Değeri	0.0000	0.0000	0.0003	0.000

* Aynı sütunda farklı harfi alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($p \leq 0.05$).

* Değerler (ortalama ± standart sapma) olarak verilmiştir.

3.9. Yaprak Sayısı (adet)

Farklı uygulamaların patlıcan bitkisi yaprak sayısı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu belirlenmiştir ($p < 0.05$). Kontrol grubu bitkilerine kıyasla AzL-3 uygulamasında meydana gelen azalış, DY-1, DY-3 ve AzL+DY-3 uygulamalarında meydana gelen artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. AzL dozları arasında, kontrol bitkisine kıyasla en yüksek değer % 7.40 azalış ile AzL-1 (2.778 adet) uygulamasında kaydedilmiştir. DY dozları arasında, kontrol bitkisine kıyasla en yüksek değer % 22.23 artış ile DY-1 (3.667 adet) uygulamasında tespit edilmiştir. AzL+DY kombinasyon dozları arasında ise kontrol bitkisine kıyasla en yüksek değer % 29.63 artış ile AzL+DY-3 (3.889 adet) uygulamasında saptanmıştır. Kontrol grubu (3.000 adet) bitkileri ile kıyaslandığında, tüm uygulama ve dozlar arasında en yüksek değer % 29.63 artış ile AzL+DY-3 (3.889 adet) uygulamasında, en düşük değer ise % 25.93 azalış ile AzL-3 uygulamasında (2.222 adet) tespit edilmiştir.

3.10. Yaprak Yaş Ağırlığı (g)

Farklı uygulamaların patlıcan bitkisi yaprak yaş ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Kontrol grubu bitkilerine kıyasla AzL-3 uygulamasında meydana gelen azalış, DY-1, DY-2, DY-3, AzL+DY-2 ve AzL+DY-3 uygulamalarında meydana gelen artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. AzL dozlarından en yüksek değer, kontrol bitkisine kıyasla % 24.06 azalış ile AzL-1 (0.821 g) uygulamasında saptanmıştır. DY dozlarından en yüksek değer, kontrol bitkisine kıyasla % 112.56 artış ile DY-3 (2.298 g) uygulamasında gözlemlenmiştir. AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer ise, kontrol bitkisine kıyasla % 96.21 artış ile AzL+DY-3 (2.121 g) uygulamasında belirlenmiştir. Kontrol grubu (1.081 g) bitkilerine kıyasla tüm uygulamalar ve dozlar arasından en yüksek değer % 112.56 artış ile DY-3 (2.298 g) iken en düşük değer ise % 61.33 azalış ile AzL-3 (0.418 g) uygulamasında tespit edilmiştir.

3.11. Yaprak Kuru Ağırlığı (g)

Farklı uygulamaların patlıcan bitkisi yaprak kuru ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu saptanmıştır ($p>0.05$). Kontrol grubu bitkilerine kıyasla AzL-3 uygulamasında meydana gelen azalış istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. AzL dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla % 8.15 azalış ile AzL-2 (0.124 g) uygulamasında, DY dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla % 14.07 artış ile DY-2 ve DY-3 (0.154 g) uygulamalarında, AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer ise kontrol bitkisine kıyasla % 25.93 artış ile AzL+DY-3 (0.170 g) uygulamasında tespit edilmiştir. Kontrol grubu (0.135 g) bitkilerine kıyasla tüm uygulamalar ve dozlar arasından en yüksek değer % 25.93 artış ile AzL+DY-3 (0.170 g) iken en düşük değer ise % 42.22 azalış ile AzL-3 (0.078 g) uygulamasında belirlenmiştir.

3.12. Klorofil Değeri (SPAD)

Farklı uygulamaların patlıcan bitkisi klorofil değeri üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etkisi olduğu tespit edilmiştir ($p<0.05$). Kontrol grubu bitkilerine kıyasla AzL-3 uygulamasında meydana gelen azalış, DY-1, AzL+DY-2 ve AzL+DY-3 uygulamalarında meydana gelen artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. AzL dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla % 2.75 artış ile AzL-1 (27.933) uygulamasında, DY dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla % 21.71 artış ile DY-1 (33.088) uygulamasında, AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla % 10.63 artış ile AzL+DY-3 (30.077) uygulamasında tespit edilmiştir. Kontrol grubu (27.188) bitkilerine kıyasla tüm uygulamalar ve dozlar arasından en yüksek değer % 21.71 artış ile DY-1 (33.088) iken en düşük değer ise % 11.11 azalış ile AzL-3 (24.166) uygulamasında belirlenmiştir.

Çizelge 4. Uygulamaların toplam yeşil aksam yaş ve kuru ağırlık değerlerine etkisi

Table 4. Effects of applications on total fresh and dry weight of vegetative parts

Uygulamalar	Toplam Yeşil Aksam Yaş Ağırlığı (g)	Toplam Yeşil Aksam Kuru Ağırlığı (g)
Applications	Total Fresh Weight of Vegetative Parts (g)	Total Dry Weight of Vegetative Parts (g)
Kontrol	1.296±0.21 ^{CD}	0.161±0.03 ^{A-C}
AzL-1	1.024±0.22 ^D	0.135±0.03 ^{CD}
AzL-2	1.028±0.19 ^D	0.150±0.02 ^{BC}
AzL-3	0.565±0.13 ^E	0.096±0.02 ^E
DY-1	2.484±0.43 ^A	0.185±0.04 ^{AB}
DY-2	1.853±0.26 ^B	0.186±0.05 ^{AB}
DY-3	2.761±0.37 ^A	0.186±0.04 ^{AB}
AzL+DY-1	1.610±0.40 ^{BC}	0.177±0.06 ^{A-C}
AzL+DY-2	1.768±0.41 ^B	0.174±0.06 ^{A-C}
AzL+DY-3	2.521±0.54 ^A	0.201±0.06 ^A
P Değeri	0.000	0.0001

* Aynı sütunda farklı harfi alan ortalamalar arasındaki farklılık önemlidir ($p < 0.05$).

* Değerler (ortalama ± standart sapma) olarak verilmiştir.

3.13. Toplam Yeşil Aksam Yaş Ağırlığı (g)

Farklı uygulamaların patlıcan bitkisi toplam yeşil aksam yaş ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı bir etki yarattığı belirlenmiştir ($p < 0.05$). Kontrol grubu bitkilerine kıyasla AzL-3 uygulamasında meydana gelen azalış ile DY-1, DY-2, DY-3, AzL+DY-2, AzL+DY-3 uygulamalarında meydana gelen artışlar istatistiksel olarak önemli bulunmuştur. AzL dozlarında en yüksek değer, kontrol bitkisine kıyasla % 20.68 azalma ile AzL-2 (1.028 g) uygulamasında belirlenmiştir. DY dozlarında ise en yüksek değer, kontrol bitkisine kıyasla % 113.04 artış ile DY-3 (2.761 g) uygulamasında kaydedilmiştir. AzL + DY kombinasyon dozlarında en yüksek değer, kontrol bitkisine kıyasla % 94.52 artış ile AzL + DY-3 (2.521 g) uygulamasında tespit edilmiştir. Kontrol grubu (1.296 g) bitkilerine kıyasla tüm uygulamalar ve dozlar arasında en yüksek değer % 113.04 artış ile DY-3 (2.761 g) iken en düşük değer ise % 56.40 azalış ile AzL-3 (0.565 g) uygulamasında saptanmıştır.

3.14. Toplam Yeşil Aksam Kuru Ağırlığı (g)

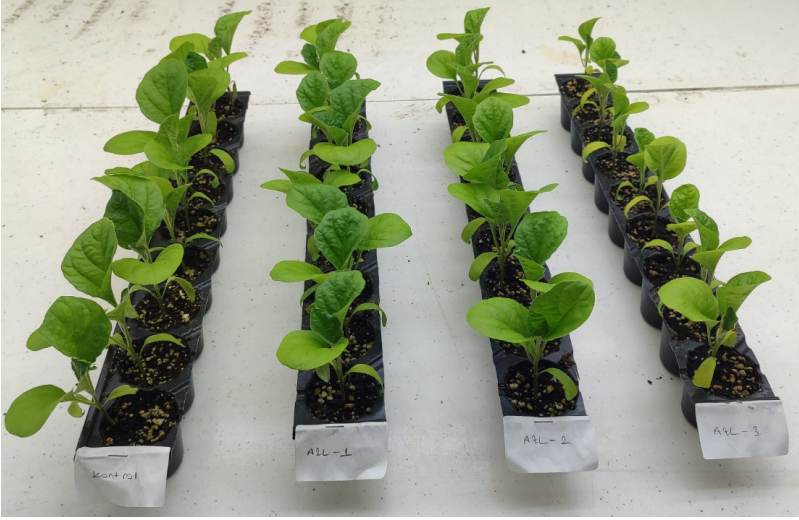
Farklı uygulamaların patlıcan bitkisi toplam yeşil aksam kuru ağırlığı üzerinde istatistiksel olarak anlamlı etkisi olduğu tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Kontrol grubu bitkisine kıyasla AzL-3 uygulamasında meydana gelen azalış istatistiksel olarak

önemli bulunmuştur. AzL dozlarında en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla % 6.83 azalış ile AzL-2 (0.150 g) uygulamasında, DY dozlarında en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla % 15.53 artış ile DY-2, DY-3 (0.186 g) uygulamalarında, AzL+DY kombinasyon dozlarından en yüksek değer kontrol bitkisine kıyasla % 24.84 artış ile AzL+DY-3 (0.201 g) uygulamasında tespit edilmiştir. Kontrol grubu (0.161 g) bitkilerine kıyasla tüm uygulamalar ve dozlar arasında en yüksek değer % 24.84 artış ile AzL+DY-3 (0.201 g) iken en düşük değer ise % 40.37 azalış ile AzL- 3 (0.096 g) uygulamasında saptanmıştır.

4. TARTIŞMA VE SONUÇ

Çalışmamızda, *Azospirillum lipoferum* (AzL) uygulamalarının patlıcan bitkisi üzerindeki etkilerinin sınırlı olduğu belirlenmiştir. Bu durum, literatürde farklı faktörlerle ilişkilendirilmiştir. Örneğin, *Azospirillum*'un bitki kök eksüdatlarından etkilendiği ve bu eksüdatların bakterinin rizosferdeki kolonizasyonu, aktivitesi ve popülasyon yoğunluğu üzerinde belirleyici olduğu bilinmektedir (Nievas ve ark., 2023). Patlıcan bitkisinin kök eksüdatlarının *Azospirillum* suşlarıyla uyumsuz olması, bu sınırlı etkinin temel nedenlerinden biri olabilir. Ayrıca, literatürde bitki türlerinin PGPR uygulamalarına farklı hassasiyetler göstermesi, bu tür uygulamalardaki başarı oranını etkileyen kritik bir faktör olarak belirtilmiştir (Santoyo ve ark., 2021). Bir diğer önemli etken ise, kullanılan *Azospirillum* suşunun türü ve uygulama dozudur. Örneğin, Consentino ve ark. (2022) çalışmasında, *Azospirillum brasilense*'nin 10^9 CFU mL⁻¹ yoğunluğunda uygulanmasının patlıcan bitkisinde büyüme ve verim artışı sağladığı bildirilmiştir. Ancak bizim çalışmamızda *Azospirillum lipoferum* suşu, daha düşük bir yoğunlukta (10^6 CFU mL⁻¹) uygulanmış ve bu da istenen etkilerin sınırlı kalmasına yol açmış olabilir. Ayrıca, AzL-2 uygulaması kök uzunluğunu artırsa da kök biyokütlesinde düşüşe neden olmuştur. Bu durum, bakterinin fitohormon üretimiyle kök uzamasını teşvik ederken lateral kök gelişimini destekleyememesinden kaynaklanmış olabilir (Nievas ve ark., 2023). Hormon salınımlarıyla ilişkili olarak, uygulama dozlarının bitki büyümesi üzerindeki etkisi de dikkat çekicidir. Yüksek dozlar hormonal dengesizliklere yol açabilirken, düşük dozlar ise yeterli fitohormon üretimini sağlayamamaktadır (Doğan ve ark., 2025). Bashan ve De-Bashan (2010), optimal dozun belirlenmesinin bakterinin kök kolonizasyonunu ve bitki büyümesini desteklemede kritik olduğunu vurgulamıştır. Çalışmamızda kullanılan AzL uygulama dozlarının optimal olmaması, elde edilen sonuçları açıklayan bir başka önemli faktördür. Son olarak, çalışmada kullandığımız *A. lipoferum* suşunun etkinliği, kullanılan uygulama yöntemlerinden de etkilenmiş olabilir. Çalışmamızda *A. lipoferum*, haftada bir kez, içirme yöntemiyle toprağa uygulanmıştır (bakteri kültürünün toprak yüzeyine homojen bir şekilde verilmesi). Ancak Consentino ve ark. (2022) çalışmasında, kök daldırma gibi çift aşamalı yöntemlerin bakterinin rizosfere daha etkili yerleşimini sağladığı belirtilmiştir. Bu durum, uygulama yönteminin başarı üzerindeki etkisini göster-

mektedir. Elde edilen bulgular, *Azospirillum* uygulamalarının etkinliğini artırmak için suş seçimi, doz ve yöntem optimizasyonu üzerine daha kapsamlı araştırmalara ihtiyaç olduğunu ortaya koymaktadır. Ayrıca Şekil 1'de AzL dozlarının morfolojik olarak farkı belirtilmektedir.



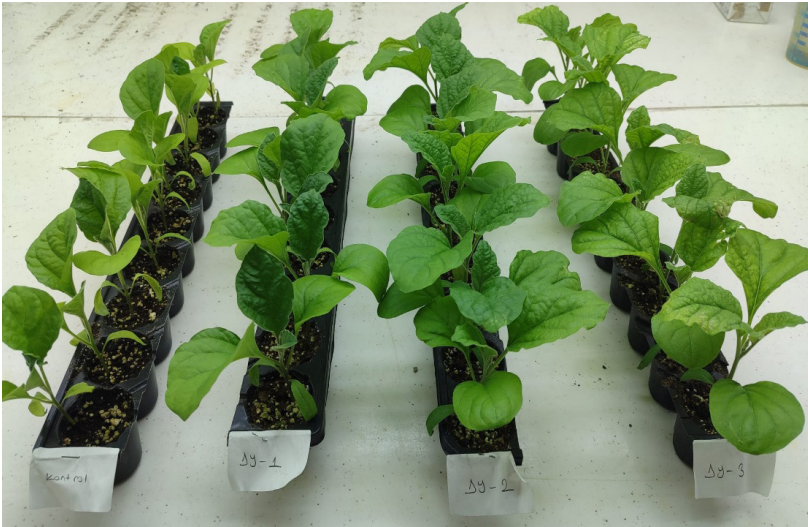
Şekil 1. *Azospirillum lipoferum* uygulama dozlarının bitki gelişimi üzerindeki etkileri

Figure 1. Effects of *Azospirillum lipoferum* application doses on plant growth

Deniz yosunu uygulamalarının ise gövde boyu, gövde çapı, gövde yaş ve kuru ağırlığı ile boğum arası mesafe gibi gövde boyu parametreleri üzerinde diğer uygulama ve dozlara kıyasla en yüksek değerleri sağladığı belirlenmiştir. Özellikle DY-3 dozu, gövde çapı ve gövde kuru ağırlığı dışındaki tüm parametrelerde en yüksek sonuçları vermiştir. Buna karşın, gövde çapı ve gövde kuru ağırlığı değerleri DY-1 dozunda daha yüksek bulunmuştur. Sabatino ve ark. (2022) patlıcan bitkileri üzerinde gerçekleştirdiği çalışmada, deniz yosunu özütünün gövde çapı, bitki boyu, yaprak sayısı, toplam ve pazarlanabilir verim gibi büyüme ve verim parametrelerini anlamlı düzeyde artırdığı rapor edilmiştir. Bu etkilerin, özütün içeriğindeki sitokininler, oksin öncülleri ve polisakkaritlerin (ör. aljinatlar ve laminarinler) hücre bölünmesini teşvik etmesi ve endojen hormon dengesini düzenlemesiyle bağlantılı olduğu ifade edilmiştir. Çalışmamızda, gövde parametrelerindeki artışların bu mekanizmalarla uyumlu olduğu düşünülmektedir. Kök parametrelerinde sadece DY-1 uygulaması kontrole kıyas ile kök yaş ağırlık değerinde artış göstermiştir. Meydana gelen bu artış deniz yosunu özütünün bileşiminde yer alan IAA gibi oksinlerin hücre bölünmesi ve genişlemesini teşvik ederek kök dokularının hacmi-

ni ve yoğunluğunu artırmasından kaynaklanabilir. Oksinlerin kök kütlesindeki bu artış üzerinde etkili olduğu ve bitkinin su ve besin alım kapasitesini desteklediği düşünülebilir (Spagnuolo ve ark., 2022). Dolayısıyla, çalışmada deniz yosunu özü kök uzunluğunda bir değişiklik yaratmasa da kök biyokütlesinin artmasına katkıda bulunmuştur. Villa e Vila ve ark. (2024) çalışması, *Ascophyllum nodosum* türünden elde edilen deniz yosunu özütü içeren bir biyostimülantın, domates (*Solanum lycopersicum*) ve patlıcan (*Solanum melongena*) fidelerinin yetiştirilmesi üzerindeki etkilerini incelemiştir. Araştırmada, iki bitki türü için beş farklı uygulama değerlendirilmiştir: kontrol grubu (deniz yosunu özütü uygulanmayan), sulama suyu ile gerçekleştirilen uygulamalar (% 0.1, % 0.2 ve % 0.3 oranlarında deniz yosunu özütü) ve yaprakтан uygulama (% 0.2 oranında deniz yosunu özütü). Çalışmanın bulguları, *A. nodosum* özütünün *Solanaceae* ailesine ait fidelerin üretiminde etkili bir biyolojik girdi olarak kullanılabilceğini göstermiştir. Özüt uygulanan fidelede, yaprak, gövde ve kök biyokütlesi ile bitki boyu gibi morfolojik parametrelerde anlamlı artışlar gözlemlenmiştir. Hem sulama yoluyla hem de yaprakтан püskürtme yöntemiyle yapılan uygulamaların olumlu etkileri tespit edilmiş, özellikle % 0.2'lik dozun en yüksek etkinliği sağladığı rapor edilmiştir. Yaptığımız çalışmada deniz yosunu özü, diğer uygulamalara ve kontrol bitkisine kıyasla yaprak sayısı, yaprak yaş ağırlığı ve klorofil değeri bakımından tüm dozlarda olumlu etkiler göstermiştir. Yaprak sayısı ve klorofil değeri bakımından en yüksek değer, dozlar arasında DY-1 dozunda elde edilirken, yaprak yaş ağırlığında DY-3 dozu ön plana çıkmıştır. Bu sonuçlar, Villa e Vila ve ark. (2024) deniz yosunu özütü üzerine yaptığı çalışmada açıklanan etki mekanizmaları ile uyum göstermektedir. Villa e Vila'nın çalışmasında, deniz yosunu özütünün içerdiği fitohormonlar (oksin, gibberellin, sitokinin), organik bileşikler ve besin elementlerinin bitki gelişimindeki rolü detaylı şekilde ele alınmıştır. Çalışmada oksin ve gibberellinin hücre uzamasını, sitokinlerin ise hücre bölünmesini teşvik ederek yaprak gelişimine katkıda bulunduğu belirtilmiştir. Bu mekanizmalar, yaprak sayısındaki artış ile ilgili bulgularımızı desteklemektedir. Ayrıca, fitohormonların kloroplast oluşumunu desteklediği ve bu sayede klorofil içeriğinin arttığı ifade edilmiştir. Artan klorofil içeriğiyle fotosentez etkinliğinin yükselmesi, çalışmamızdaki patlıcan fidelerinin yaprak biyokütlesindeki artış ile ilişkilendirilmektedir. DY-3 dozunda yaprak yaş ağırlığında elde edilen yüksek değerler de bu mekanizmalara dayandırılabilir. Deniz yosunu özütündeki polisakkaritlerin bitkiye yapısal destek sağladığı, demir, magnezyum ve azot gibi besin elementlerinin klorofil sentezini ve vegetatif büyümeyi teşvik ettiği ifade edilmiştir. Bu bileşenlerin etkisi, yaprak gelişiminde gözlemlenen genel olumlu sonuçlarla ilişkilendirilebilir. Deniz yosunu uygulama dozlarının patlıcan fidelerinde toplam yeşil aksam yaş ve kuru ağırlıkları üzerindeki etkilerinin incelenmesi sonucunda, en yüksek yaş ağırlığın DY-3 dozundan elde edildiği belirlenmiştir. Kuru ağırlık açısından ise DY-2 dozunun diğer dozlara kıyasla daha etkili olduğu tespit edilmiştir. Çalışmamızda elde edilen bu bulgular, Özenç ve Şen'in (2017) aşılı ve aşısız domates bitkileri üzerinde sıvı deniz yosunu gübresi kullanı-

mı ile yaptığı çalışmanın sonuçlarıyla uyum sağlamaktadır. Söz konusu çalışmada, sıvı deniz yosunu gübresinin içeriğinde yer alan alginik asidin, toprağın su tutma kapasitesini artırarak bitki büyümesine olumlu katkı sağladığı bildirilmiştir. Deniz yosunu gübresinin büyüme düzenleyici hormonlar (IAA, IBA, gibberellinler, sitokinin), iz elementler, vitaminler ve amino asitler gibi biyolojik aktif bileşenler içerdiği; bu bileşenlerin bitki büyümesini desteklediği ve besin elementlerinin bitki tarafından daha etkin bir şekilde alınmasını sağladığı da vurgulanmıştır. Bu mekanizmaların, patlıcan bitkilerinde gözlemlenen yaş ve kuru ağırlık artışlarına katkı sağlamış olabileceği değerlendirilmektedir. Ek olarak Şekil 2’de DY dozlarının morfolojik olarak farkı belirtilmektedir.

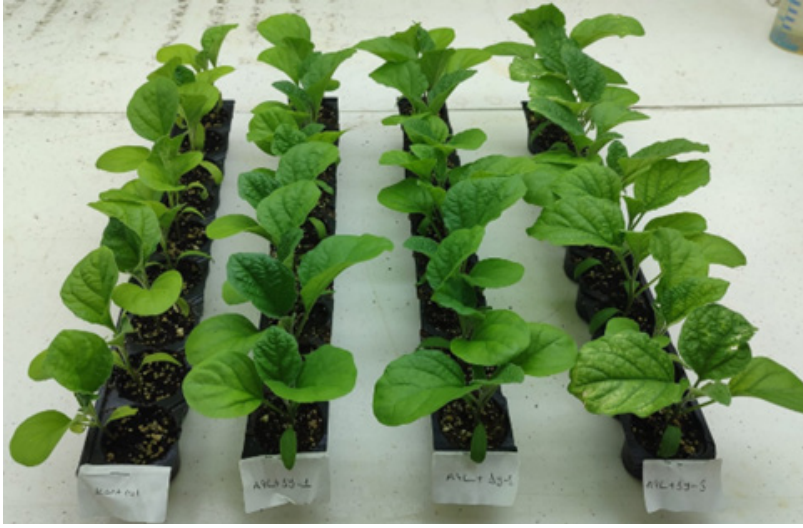


Şekil 2. Deniz yosunu uygulama dozlarının bitki gelişimi üzerindeki etkileri

Figure 2. Effects of seaweed application doses on plant growth

Azospirillum lipoferum (AzL) ve deniz yosunu (DY) kombinasyonunun (AzL+DY), patlıcan fidelerinde gövde boyu, gövde çapı, gövde yaş ve kuru ağırlığı, boğum arası mesafe, yaprak sayısı, yaprak yaş ve kuru ağırlığı, klorofil miktarı ve toplam yeşil aksam yaş ve kuru ağırlığı gibi parametrelerde olumlu etkileri gözlemlenmiştir. Bu parametrelerde en yüksek değerlerin AzL+DY-3 dozunda elde edildiği tespit edilmiştir. Kök parametreleri açısından ise genel olarak tüm AzL+DY dozlarında kontrol grubuna benzer sonuçlar kaydedilmiştir. Bununla birlikte, *Azospirillum lipoferum*’un deniz yosunu ile birlikte kullanımının, kontrol grubuna ve yalnızca *Azospirillum* uygulamasına kıyasla daha etkili olduğu belirlenmiştir. Benzer şekilde, Doğan (2024) tarafından kabak bitkileri üzerinde yapılan bir çalışmada da AzL+DY kombinasyonunun bitki gelişimini desteklediği ra-

por edilmiştir. Hem tuz stresi altında hem de normal koşullarda yetiştirilen kabak bitkilerinde, yaprak sayısı, yaprak ağırlığı, gövde boyu ve çapı gibi parametrelerde anlamlı artışlar sağladığı belirtilmiştir. Doğan'ın çalışmasında elde edilen sonuçlar, *Azospirillum*'un oksin üretimini artırarak hücre büyümesi ve azot fiksasyonunu desteklemesi, deniz yosununun ise bitki besin alımını kolaylaştırarak fotosentez etkinliğini artırması gibi mekanizmalarla ilişkilendirilmiştir. Çalışmamızda da benzer mekanizmaların etkili olduğu düşünülmektedir. AzL+DY kombinasyonu, patlıcan fidelerinde özellikle yeşil aksam gelişimi üzerinde olumlu etkiler sağlamıştır. Şekil 3'de AzL+DY dozlarının morfolojik olarak farkı belirtilmektedir.



Şekil 3. *Azospirillum lipoferum*+deniz yosunu uygulama dozlarının bitki gelişimi üzerindeki etkileri

Figure 3. Effects of *Azospirillum lipoferum* + seaweed application doses on plant growth

Sonuç olarak, bu çalışma *Azospirillum lipoferum* (AzL) ve deniz yosunu (DY) uygulamalarının patlıcan fidelerinin büyüme ve gelişimi üzerindeki etkilerini ortaya koymuştur. Ayrıca Şekil 4'de tüm uygulama ve dozlarının morfolojik olarak farkı belirtilmektedir. DY-3 (5 mL L⁻¹) dozu, gövde boyu, yaprak yaş ağırlığı ve toplam yeşil aksam yaş ağırlığı gibi parametrelerde en etkili uygulama olarak öne çıkmıştır. AzL uygulamalarında düşük ve orta dozlarda (AzL-1 ve AzL-2) olumlu etkiler gözlenirken, yüksek dozun (AzL-3) büyüme üzerinde olumsuz sonuçlara yol açtığı belirlenmiştir. Doğal biyostimülanların sürdürülebilir fide yetiştiriciliğinde kimyasal girdilere etkili bir alternatif sunduğu görülmüştür. Ancak bu ürünlerin etkilerinin bitki türüne, kullanılan suşa ve uygulama dozuna bağlı olarak

değişebileceği dikkate alınmalıdır. Gelecekte yapılacak çalışmalar, bu faktörlerin optimizasyonu ile biyostimülanların fide yetiştiriciliğinde daha yaygın ve etkili kullanılmasını sağlayabilir.



Şekil 4. Tüm uygulama ve dozlarının bitki gelişimi üzerindeki etkileri

Figure 4. Effects of all applications and doses on plant growth

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): YLD(%25), FY(%50), ÖÜ(%25)

Veri Toplanması (Data Acquisition): YLD(%50), ÖÖ(%50)

Veri Analizi (Data Analysis): ÖÖ(%50), ÖÜ(%50)

Makalenin Yazımı (Writing of the Manuscript): YLD(%60), ÖÜ(%40)

Makalenin Gönderimi ve Revizyonu (Manuscript Submission and Revision): YLD(%80), ÖÖ(%20)

KAYNAKLAR

- Aremu, A. O., Makhaye, G., Tesfay, S. Z., Gerrano, A. S., Du Plooy, C. P., & Amoo, S. O. (2022). Influence of commercial seaweed extract and microbial biostimulant on growth, yield, phytochemical content, and nutritional quality of five *Abelmoschus esculentus* genotypes. *Agronomy*, 12(2), 428. <https://doi.org/10.3390/agronomy12020428>
- Aumentado, H. D., & Balendres, M. A. (2024). Diseases of eggplant (*Solanum melongena* L.) and sustainable management in Asia. *Plant Pathology & Quarantine*, 14(1), 98–117. ISSN 2229-2217. Doi 10.5943/ppq/14/1/9
- Bashan, Y., & De-Bashan, L. E. (2010). How the plant growth-promoting bacterium *Azospirillum* promotes plant growth—a critical assessment. *Advances in agronomy*, 108, 77–136. [https://doi.org/10.1016/S0065-2113\(10\)08002-8](https://doi.org/10.1016/S0065-2113(10)08002-8)
- Consentino, B. B., Sabatino, L., Vultaggio, L., Rotino, G. L., La Placa, G. G., D'Anna, F., ... & De Pasquale, C. (2022). Grafting eggplant onto underutilized *solanum* species and biostimulatory action of *Azospirillum brasilense* modulate growth, yield, nute and nutritional and functional traits. *Horticulturae*, 8(8), 722. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8080722>
- Contreras-Angulo, L. A., Moreno-Ulloa, A., Carballo-Castañeda, R. A., León-Felix, J., Romero-Quintana, J. G., Aguilar-Medina, M., ... & Heredia, J. B. (2022). Metabolomic analysis of phytochemical compounds from agricultural residues of eggplant (*Solanum melongena* L.). *Molecules*, 27(20), 7013. <https://doi.org/10.3390/molecules2707013>
- Delitte, M., Caulier, S., Bragard, C., & Desoignies, N. (2021). Plant microbiota beyond farming practices: A review. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 624203. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.624203>
- Doğan, Y. L. (2025a). *Deniz yosunu özütlerrinin süs bitkilerindeki potansiyeli*. 9. International Hasankeyf Scientific Research and Innovation Congress, 24-26 January 2025, Batman, 289-290. https://www.researchgate.net/publication/389498999_DENIZ_YOSUNU_OZUTLERININ_SUS_BITKILERINDEKI_POTANSIYELI
- Doğan, Y. L. (2025b). *Türkiye sera sebzeciliğinde tuz stresi ve PGPR'nin rolü*. 4th International Conference on Applied Sciences, 10-12 January 2025, İzmir, 113. https://www.researchgate.net/publication/389498773_TURKIYE_SERA_SEBZECILIGINDE_TUZ_STRESI_VE_PGPR_NIN_ROLU
- Doğan, Y. L. (2024). Bazı yararlı bakteri ve deniz yosunu kullanımının tuz stresi koşullarında kabak bitkilerine etkisi. Doktora tezi. Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Lisansüstü Eğitim Enstitüsü, Bahçe Bitkileri Anabilim Dalı, Malatya.
- Doğan, Y. L., Üzal, Ö., Öztaş, Ö., & Yaşar, F. (2024a). *Azospirillum lipoferum* ve deniz yosunu özüütünün Sakız Kabağı (*Cucurbita pepo* L.) fidelerinin büyüme ve gelişim parametreleri üzerindeki etkileri. *Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi*, 20(2), 177-196. <https://doi.org/10.58816/duzceod.1589784>
- Doğan, Y. L., & Üzal, Ö. (2024). Kabakgillerde bitki büyümesini destekleyen rizobakterilerin (PGPR) kullanımı ve sürdürülebilir tarımdaki rolü. In *Farklı yönleriyle kabakgiller üzerine bilimsel çalışmalar* (pp. 295-320). İKSAD Yayınevi. https://www.researchgate.net/publication/387954627_BOLUM_9_KABAKGILLERDE_BITKI_BUYUMESINI_DESTEKLEYEN_RIZOBAKTERILERIN_PGPR_KULLANIMI_VE_SURDURULEBILIR_TARIMDAKI_ROLU
- Doğan, Y. L., Altuntaş, Ö., Yaşar, F., Üzal, Ö., & Önder, S. (2024b). Hidroponik ortamda yetiştirilen tuz stresi altındaki kabak bitkilerine PGPR ve deniz yosunu uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkileri. *Akademik Ziraat Dergisi*, 13(1), 77-86. <https://doi.org/10.29278/azd.1451858>
- Doğan, Y. L., Üzal, Ö., Öztaş, Ö., & Yaşar, F. (2025). Karpuz (*Citrullus lanatus* L.) fidesi gelişim parametreleri ve klorofil içeriği üzerine *Azospirillum lipoferum* ve deniz yosunu uygulamalarının etkileri. *Harran Tarım ve Gıda Bilimleri Dergisi*, 29(1), 85-95. <https://doi.org/10.29050/harranziraat.1612966>
- El-Sayed, G. M., Soliman, G. M., Elkelay, U. S., Ameen, H. H., Nour, S. A., & Hussein, W. (2024). Overproduction of neutral protease in *Bacillus subtilis* 168 through site-directed mutation for biocontrol of meloidogyne incognita. *SABRAO Journal of Breeding & Genetics*, 56(4). <http://doi.org/10.54910/sabao2024.56.4.32>
- FAO, 2024. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>. (Erişim Tarihi: 05.11.2024)
- Fasusi, O. A., Cruz, C., & Babalola, O. O. (2021). Agricultural sustainability: microbial biofertilizers in rhizosphere management. *Agriculture*, 11(2), 163. <https://doi.org/10.3390/agriculture11020163>
- Ghosh, S. K. (2022). Eggplant (*Solanum melongena* L.) and climate resilient agricultural practices.
- Grover, M., Bodhankar, S., Sharma, A., Sharma, P., Singh, J., & Nain, L. (2021). PGPR mediated alterations in root traits: way toward sustainable crop production. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 4, 618230. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.618230>
- Hakim, S., Naqqash, T., Nawaz, M. S., Larai, I., Siddique, M. J., Zia, R., ... & Imran, A. (2021). Rhizosphere engineering with plant growth-promoting microorganisms for agriculture and ecological sustainability. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 617157. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.617157>

- Karimi, A., Kazemi, M., Samani, S. A., & Simal-Gandara, J. (2021). Bioactive compounds from by-products of eggplant: Functional properties, potential applications and advances in valorization methods. *Trends in Food Science & Technology*, 112, 518-531. <https://doi.org/10.1016/j.tifs.2021.04.027>
- Michel, E., Rhode, N., Tsiba, G., Stephane, W., Simplice, I. O. Y., & Vital, M. (2024). Nutritional and antioxidant evaluation and effect of eggplant consumption on anthropometric and hematologic parameters in wistar rats. *Food and Nutrition Sciences*, 15(4), 245-262. <https://doi.org/10.4236/fns.2024.154016>
- Nievas, S., Coniglio, A., Takahashi, W. Y., López, G. A., Larama, G., Torres, D., ... & Cassán, F. (2023). Unraveling Azospirillum's colonization ability through microbiological and molecular evidence. *Journal of Applied Microbiology*, 134(4), lxad071. <https://doi.org/10.1093/jambio/lxad071>
- Önder, S., Ersoy, L., & Doğan, Y. L. (2023). Yaprakları yenen sebzelerde bitki büyümesini teşvik eden rizobakterilerin kullanımı. In *Tarımsal bitki biliminin dinamikleri* (pp. 19-30). İKSAD Publications. https://www.researchgate.net/publication/371685450_Yaprakları_Yenen_Sebzelerde_Bitki_Buyumesini_Tesvik_Eden_Rizobakterilerin_Kullanimi
- Özenç, D. B., & Şen, O. (2017). Aşılı ve aşısız domates yetiştiriciliğinde sıvı yosun gübresi kullanımının verim ve beslenme üzerine etkileri. *Türkiye Tarımsal Araştırmalar Dergisi*, 4(3), 251-258. <https://doi.org/10.19159/tutad.305721>
- Palermo, E. I. Z. L., Amar, C. P., Colis Jr, B. P., & Mui, L. S. (2024). Seedling guard: assessing salinity, nutrient imbalance, and temperature stress on eggplant germination in bogo city. *International Journal of Computing Sciences Research*, 8, 3103-3118. <https://doi.org/10.25147/ijcsr.2017.001.1.206>
- Prisa, D., Fresco, R., Jamal, A., Saeed, M. F., & Spagnuolo, D. (2024). Exploring the potential of macroalgae for sustainable crop production in agriculture. *Life*, 14(10), 1263. <https://doi.org/10.3390/life14101263>
- Sabatino, L., Consentino, B. B., Ntatsi, G., La Bella, S., Baldassano, S., & Roupheal, Y. (2022). Stand-alone or combinatorial effects of grafting and microbial and non-microbial derived compounds on vigour, yield and nutritive and functional quality of greenhouse eggplant. *Plants*, 11(9), 1175. <https://doi.org/10.3390/plants11091175>
- Santoyo, G., Urtis-Flores, C. A., Loeza-Lara, P. D., Orozco-Mosqueda, M. D. C., & Glick, B. R. (2021). Rhizosphere colonization determinants by plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR). *Biology*, 10(6), 475. <https://doi.org/10.3390/biology10060475>
- Sarti, G. C., Galelli, M. E., Cristóbal-Miguez, J. A. E., Cárdenas-Aguir, E., Chudil, H. D., García, A. R., & Paz-González, A. (2024). Inoculation with biofilm of *Bacillus subtilis* is a safe and sustainable alternative to promote tomato (*Solanum lycopersicum*) growth. *Environments*, 11(3), 54. <https://doi.org/10.3390/environments11030054>
- Shah, A., Nazari, M., Antar, M., Msimbira, L. A., Naamala, J., Lyu, D., ... & Smith, D. L. (2021). PGPR in agriculture: A sustainable approach to increasing climate change resilience. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, 667546. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.667546>
- Spagnuolo, D., Russo, V., Manghisi, A., Di Martino, A., Morabito, M., Genovese, G., & Trifilò, P. (2022). Screening on the presence of plant growth regulators in high biomass forming seaweeds from the Ionian Sea (Mediterranean Sea). *Sustainability*, 14(7), 3914. <https://doi.org/10.3390/su14073914>
- Sun, W., Shahrajabian, M. H., & Soleymani, A. (2024). The roles of plant-growth-promoting rhizobacteria (PGPR)-based biostimulants for agricultural production systems. *Plants*, 13(5), 613. <https://doi.org/10.3390/plants13050613>
- TÜİK, 2024. <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Erişim Tarihi: 05.11.2024)
- Tüzel, Y., Öztekin, G. B., & Durdu, T. (2021). Organik fide yetiştiriciliği. Atatürk Bahçe Kültürleri Merkez Araştırma Enstitüsü Yayın No: 108. Yalova. ISBN: 978-625-8451-26-9.
- Villa e Vila, V., Piedade, S. M. D. S., Bouix, C. P., Rezende, R., Wenneck, G. S., Terassi, D. D. S., ... & Marques, P. A. A. (2024). Use of a biostimulant based on seaweed extract as a sustainable input to enhance the quality of solanaceous seedlings. *Horticulturae*, 10(6), 642. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10060642>
- Vincze, É. B., Becze, A., Laslo, É., & Mara, G. (2024). Beneficial soil microbiomes and their potential role in plant growth and soil fertility. *Agriculture*, 14(1), 152. <https://doi.org/10.3390/agriculture14010152>
- Yaghoubi Khanghahi, M., Strafella, S., Filannino, P., Minervini, F., & Crecchio, C. (2024). Importance of lactic acid bacteria as an emerging group of plant growth-promoting rhizobacteria in sustainable agroecosystems. *Applied Sciences*, 14(5), 1798. <https://doi.org/10.3390/app14051798>
- Zhang, T., Jian, Q., Yao, X., Guan, L., Li, L., Liu, F., ... & Lu, L. (2024). Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) improve the growth and quality of several crops. *Heliyon*, 10(10). <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2024.e31553>