



Karpuz (*Citrullus lanatus* L.) fidesi gelişim parametreleri ve klorofil içeriği üzerine *Azospirillum lipoferum* ve deniz yosunu uygulamalarının etkileri

Effects of Azospirillum lipoferum and seaweed applications on watermelon (Citrullus lanatus L.) seedling growth parameters and chlorophyll content

Yadigar Leyla DOĞAN^{1*}, Özlem ÜZAL², Ömer ÖZTAŞ³, Fikret YAŞAR⁴

¹Malatya Turgut Özal Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Malatya/Türkiye,

^{2,3,4}Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Van/Türkiye,

¹<https://orcid.org/0000-0002-7404-5653>; ²<https://orcid.org/0000-0002-1538-820X>; ³<https://orcid.org/0000-0001-9034-5675>; ⁴<https://orcid.org/0000-0001-6598-8580>

To cite this article:

Doğan, L. Y., 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

DOI: 10.29050/harranziraat.1612966

*Address for Correspondence:

Yadigar Leyla DOĞAN

e-mail:

lyldgn8591@gmail.com

Received Date:

03.01.2025

Accepted Date:

18.02.2025

© Copyright 2018 by Harran University
Faculty of Agriculture. Available on-line
at www.dergipark.gov.tr/harranziraat



This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.

ÖZ

Azospirillum lipoferum (AzL) ve deniz yosunu (DY) uygulamalarının karpuz fidelerinin büyüme parametreleri ve klorofil içeriği üzerindeki etkilerini incelemek amacıyla yürütülen bu çalışma, Türkiye'deki sürdürülebilir fidecilik uygulamalarına katkı sağlamayı hedeflemiştir. Araştırma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi'nde kontrollü çevre koşullarında gerçekleştirilmiş ve 'Crimson Sweet' karpuz çeşidi kullanılmıştır. Toplamda 10 farklı uygulama grubu (AzL ve DY'nin üçer dozu ile kombinasyonları ve kontrol grubu) değerlendirilmiştir. Sonuçlar, *Azospirillum*'un düşük dozunun (1.25 mL L^{-1}) kök yaş ağırlığı ve klorofil miktarı gibi parametrelerde daha yüksek performans sağladığını, ancak yüksek dozlarda büyümeyi olumsuz etkileyebileceğini göstermiştir. Deniz yosunu özünün yüksek dozu (5 mL L^{-1}), yaprak sayısı, yaprak yaş ve kuru ağırlığı ile klorofil miktarında en iyi sonuçları sağlamıştır. Kombinasyon uygulamaları, özellikle orta dozlarda (2.5 mL L^{-1}), klorofil miktarı ve yaprak yaş ağırlığı gibi fotosentezle ilişkili parametrelerde sinerjik etkiler göstermiştir. Çalışma, *Azospirillum*'un rizosferde besin alımını artırma kapasitesi ile deniz yosununun biyolojik aktif bileşenlerinin birleşiminin bitki gelişimini desteklediğini ortaya koymaktadır. Gelecekte bu biyostimülantların; doz, yöntem ve çevresel koşullara göre optimize edilmesi, etkilerinin moleküler düzeyde incelenmesi ve saha denemeleri ile ekonomik analizlerinin yapılması önerilmektedir. Bu çalışmadan elde edilen sonuçların, sürdürülebilir fidecilik uygulamalarının yaygınlaşmasına katkı sağlayabileceği düşünülmektedir.

Anahtar Kelimeler: *Citrullus lanatus* L., *Azospirillum lipoferum*, Deniz yosunu, Sürdürülebilir Tarım, Fide Yetiştiriciliği

ABSTRACT

This study aimed to investigate the effects of *Azospirillum lipoferum* (AzL) and seaweed (Seaweed) treatments on growth parameters and chlorophyll content of watermelon seedlings and aimed to contribute to sustainable seedling practices in Turkey. The experiment was conducted at Van Yuzuncu Yil University, Faculty of Agriculture, under controlled environmental conditions, using the 'Crimson Sweet' watermelon cultivar. A total of 10 different treatment groups (three doses and combinations of AzL and DY and control group) were evaluated. The results indicated that a low dose of *Azospirillum* (1.25 mL L^{-1}) enhanced parameters such as root fresh weight and chlorophyll content, while high doses appeared to negatively affect growth. The high dose of seaweed extract (5 mL L^{-1}) provided the best results in leaf number, leaf fresh and dry weight and chlorophyll content. Combination treatments, especially at medium doses (2.5 mL L^{-1}), showed synergistic effects on photosynthesis-related parameters including chlorophyll content and leaf fresh weight.

The study reveals that the combination of the capacity of *Azospirillum* to enhance nutrient uptake in the rhizosphere and the biologically active components of seaweed promotes plant growth. Future studies should focus on optimizing these biostimulants based on dose, application method, and environmental conditions, as well as investigating their molecular effects and conducting field trials and economic analyses. The results obtained from this study are thought to contribute to the widespread adoption of sustainable seedling practices.

Key Words: *Citrullus lanatus* L., *Azospirillum lipoferum*, Seaweed, Sustainable Agriculture, Seedling Cultivation

Giriş

Dünya nüfusundaki hızlı artış ve sağlıklı beslenmeye yönelik bilincin yaygınlaşması, tarımsal üretimde sürdürülebilir yöntemlere olan ihtiyacı artırmaktadır. Gıda güvenliğinin sağlanması yalnızca yeterli miktarda gıda sağlamayı değil, aynı zamanda sağlıklı ve dengeli beslenmeyi destekleyen besin çeşitliliği ve kalitesini de gerektirmektedir (FAO, 2020; Benchli ve ark., 2023; Aoudi ve ark., 2024; Hasan ve ark., 2024). Sebzeler içerdiği vitamin, mineral ve liflerle sağlıklı beslenmede önemli bir rol oynamaktadır. Bu nedenle sebze üretiminde sürdürülebilir yöntemlerin geliştirilmesi kritik bir gereklilik haline gelmiştir (WHO, 2024). FAO verilerine göre, dünya genelinde sebze üretimi 1.128 milyar tona ulaşmış, üretimin %55'i Çin, %11'i Hindistan ve %2.5'i Türkiye tarafından gerçekleştirilmiştir (FAO, 2024). Türkiye, özellikle karpuz (*Citrullus lanatus* L.) üretiminde önemli bir konuma sahiptir. FAO verilerine göre, Türkiye karpuz üretiminde Çin'in ardından ikinci sırada yer almaktadır. Türkiye'de karpuz yetiştiriciliği daha çok Akdeniz ve Güneydoğu Anadolu bölgelerinde yoğunlaşmakla beraber Adana, Antalya ve Diyarbakır illeri önde gelen üretim merkezleri olarak belirlenmiştir (TÜİK, 2024).

Sebze yetiştiriciliği, kaliteli fide materyaline duyulan ihtiyacı artırmaktadır. Bu noktada fidecilik tarımsal üretimin temelini oluşturarak kritik bir rol üstlenmektedir. Ancak artan fide talebi, genellikle kimyasal gübre ve pestisitlerin yaygın kullanımına yol açmaktadır. Bu uygulamalar, kısa vadede verimlilik sağlasa da uzun vadede toprak sağlığını olumsuz etkileyebilmektedir (Dohroo ve Thakur, 2024; Jain ve ark., 2024). Türkiye'de tarımsal ilaç ve gübre kullanımı son yıllarda artış gösterirken, bu kimyasalların çevresel etkilerinin sürdürülebilir tarım için engel teşkil ettiği belirtilmektedir

(Gaytancıoğlu ve Yılmaz, 2024; TÜİK, 2024). Fidecilikte organik tarım prensipleriyle uyumlu ve çevre dostu uygulamaların benimsenmesi önem kazanmıştır. Biyostimülantlar ve mikrobiyal gübreler bu kapsamda önemli bir alternatif sunmaktadır. PGPR (Bitki Gelişimini Teşvik Edici Rizobakteriler) ve deniz yosunu gibi biyostimülantların, fidelerin kök ve genel gelişimini desteklediği rapor edilmiştir. Aynı zamanda çevresel streslere karşı dayanıklılığı artırdığı da belirtilmektedir (Rocha ve ark., 2022; Perisoara ve ark., 2022; Kumar ve ark., 2022). *Azospirillum lipoferum*'un, bitkilerin besin alımı ve kök gelişimini desteklediği; deniz yosunu özünün ise içerdiği vitamin, amino asit ve hormonlarla bitki gelişimi üzerindeki olumlu etkileri yapılmış olan çalışmalarda ifade edilmektedir (Khan ve ark., 2020; Shahrajabian ve ark., 2023; Roupheal ve Colla, 2020; Melini ve ark., 2023).

Çalışma, Türkiye'de karpuz fidelerinde *Azospirillum lipoferum* ve deniz yosunu özünün farklı doz ve kombinasyonlarının fide gelişimi üzerindeki etkilerini incelemeyi amaçlamaktadır. Elde edilen bulguların, çevre dostu ve organik tarım uygulamalarının fidecilik sektöründe yaygınlaşmasına katkı sağlaması ve kimyasal gübre bağımlılığının azaltılmasıyla sürdürülebilir tarımsal üretimi desteklemesi beklenmektedir.

Materyal ve Metot

Araştırma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji Laboratuvarı'nda, kontrollü iklim koşullarında gerçekleştirilmiş ve deneme materyali olarak *Citrullus lanatus* L. türüne ait 'Crimson Sweet' çeşidi kullanılmıştır. Çalışma, kontrollü çevre koşullarında gerçekleştirilmiş, sıcaklık $23\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 2\text{ }^{\circ}\text{C}$, bağıl nem %60-70 arasında sabit tutulmuş ve aydınlatma periyodu 16 saat ışık, 8 saat karanlık olarak ayarlanmıştır. Bitkiler için yetiştirme ortamı

torf ve perlitin 3:1 oranında karıştırılmasıyla hazırlanarak viyollere yerleştirilmiştir. Tohumlar, viyollere eşit derinlikte ekilmiş (6 Mart 2024) ve çimlenme sürecinde saf su ile sulama yapılmış, nem kaybını önlemek için viyollerin üzeri kâğıtla örtülmüştür. Çimlenmenin tamamlanmasının ardından kâğıtlar kaldırılmış, bitkiler büyüme süreçlerini iklim odasında sürdürmüştür. İlk gerçek yaprakların gözlemlendiği 26 Mart 2024 tarihinde, büyümeyi destekleyici çeşitli uygulamalar gerçekleştirilmiştir. Çalışmada, toplam 10 farklı uygulama grubu değerlendirilmiştir, bu uygulamalar; AzL-1, AzL-2, AzL-3, DY-1, DY-2, DY-3, AzL+DY-1, AzL+DY-2, AzL+DY-3 ve kontrol grubudur. Deneme, tesadüf parselleri deseninde planlanmış, her grup üç tekerrürden oluşacak şekilde yürütülmüş ve toplamda 90 bitki üzerinde uygulanmıştır. Farklı dozlarda gerçekleştirilen uygulamalarda, *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 *Azospirillum lipoferum* ve deniz yosunu özü eşit oranlarda birleştirilmiştir. 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 dozlarıyla hazırlanmıştır. Kontrol grubuna yalnızca saf su uygulanmıştır. Dozlar, firmaların önerileri ve literatürdeki çalışmalar dikkate alınarak belirlenmiştir (Al Sahatri, 2018; Ibrahim, 2018; Abad ve ark., 2019; Silva ve ark., 2022; da Silva Oliveira ve ark., 2023). Biyostimülantlar, saf su ile karıştırılarak homojen çözeltiler oluşturulmuş ve bitki gelişim ortamına uygulanmıştır. Bu uygulamalar, birer hafta arayla iki kez gerçekleştirilmiştir (26 Mart 2024 ve 2 Nisan 2024). Deneme süresince bitkiler, her 2-3 günde bir düzenli olarak eşit miktarda saf su ile sulanmıştır. Araştırmada kullanılan *Azospirillum lipoferum* bakterisi (1×10^6 kob mL^{-1}) Agrobect

firması tarafından temin edilmiş; deniz yosunu özü ise Timac Agro'nun Fertileader Vital ürünü olarak sağlanmıştır. Fertileader Vital, %9 N, %5 P, %4 K, %0.05 B, %0.02 Cu, %0.02 Fe, %0.1 Mn, %0.01 Mo ve %0.05 Zn içeriğinin yanı sıra %1.16 g mL^{-1} yoğunluğa ve Seactiv™ kompleksi (isopentyl adenin, glisin-betain, bitkisel kaynaklı amino asitler) formülasyonuna sahiptir. Çalışmanın sonunda, dikim olgunluğuna ulaşan fidelerde (8 Nisan 2024) çeşitli büyüme parametreleri ile klorofil miktarı ölçülmüştür. Gövde uzunluğu, kök boğazından büyüme ucuna kadar cetvel yardımıyla belirlenmiş; gövde çapı ise dijital kumpas kullanılarak ölçülmüştür. Yaprak sayıları kaydedilmiş, boğum arası mesafe 2. ve 3. boğum arasından dijital kumpas yardımıyla tespit edilmiştir. Kök uzunluğu cetvelle ölçülmüş, yeşil aksam ve köklerin yaş ağırlıkları hassas terazide tartılmıştır. Kuru ağırlık ölçümleri için bitkiler 70°C 'de 72 saat boyunca etüvde kurutulduktan sonra hassas terazide tartılmıştır. Klorofil miktarı SPAD metre kullanılarak belirlenmiştir. Toplanan veriler, Statgraphics istatistik analiz yazılımı ile analiz edilmiş; varyans analizi uygulanmış ve sonuçlar %5 anlamlılık düzeyinde Duncan testi ile gruplandırılmıştır. Çalışmada istatistiksel analizler sonucunda elde edilen gruplar harflerle ifade edilmiştir. Tabloların daha sade ve anlaşılır olması amacıyla 'aralık gösterimi' kullanılmıştır. Örneğin, 'A-D' ifadesi, A, B, C ve D harflerini içeren grupların tamamını temsil etmektedir.

Araştırma Bulguları ve Tartışma

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	Gövde boyu (cm)	Gövde çapı (mm)	Gövde yaş ağırlığı (g)	Gövde kuru ağırlığı (g)	Boğum arası (mm)
Applications	Stem length (cm)	Stem diameter (mm)	Stem fresh weight (g)	Stem dry weight (g)	Internode length (mm)
Kontrol	5.937±1.06 A	2.131±0.18	0.415±0.09	0.027±0.00	2.417±0.44
AzL-1	4.762±0.62 BC	2.170±0.32	0.378±0.07	0.026±0.00	3.133±1.00
AzL-2	4.875±0.76 BC	1.801±0.44	0.327±0.06	0.018±0.00	2.520±0.46
AzL-3	4.187±0.30 C	2.066±0.17	0.290±0.03	0.019±0.00	2.615±0.63
DY-1	5.037±0.71 A-C	2.191±0.43	0.458±0.12	0.021±0.00	2.971±0.79
DY-2	4.187±1.12 C	2.140±0.48	0.368±0.16	0.017±0.00	2.711±1.21
DY-3	5.287±0.87 AB	1.802±0.40	0.407±0.11	0.018±0.00	3.446±2.21
AzL+DY-1	5.112±1.01 A-C	2.001±0.25	0.392±0.10	0.021±0.00	2.335±0.69
AzL+DY-2	5.575±1.19 AB	2.160±0.45	0.435±0.10	0.023±0.01	3.290±1.21
AzL+DY-3	5.112±0.75 A-C	1.813±0.27	0.362±0.10	0.017±0.00	3.295±0.39
P Değeri	0.0034	NS	NS	NS	NS

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

*Değerler (ortalama $\pm$ standart sapma) olarak verilmiştir.

*NS (Not Significant): İstatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Harflendirme yalnızca $p < 0.05$ olan parametrelerde gösterilmiştir.

Karpuz bitkisi gövde boyu parametresi açısından uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir ($p < 0.05$). Kontrol grubu (5.937 cm) ile karşılaştırıldığında, AzL-1 (4.762 cm), AzL-2 (4.875 cm), AzL-3 (4.187 cm) ve DY-2 (4.187 cm) uygulamalarında gövde boyunda meydana gelen azalmaların istatistiksel olarak anlamlı olduğu belirlenmiştir. AzL grubunda en yüksek gövde boyu AzL-2 (4.875 cm), DY

grubunda DY-3 (5.287 cm), AzL+DY grubunda ise AzL+DY-2 (5.575 cm) uygulamasında gözlemlenmiştir. Gövde çapı, gövde yaş ağırlığı, gövde kuru ağırlığı ve boğum arası mesafe parametreleri açısından uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$).

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	0.406±0.06	0.019±0.00 A	17.037±6.59 AB
AzL-1	0.420±0.11	0.014±0.00 B	13.775±2.34 BC
AzL-2	0.338±0.08	0.011±0.00 BC	17.112±4.43 AB
AzL-3	0.357±0.07	0.012±0.00 BC	20.125±6.95 A
DY-1	0.290±0.07	0.010±0.00 BC	10.862±3.02 C
DY-2	0.296±0.12	0.010±0.00 BC	9.875±4.37 C
DY-3	0.321±0.05	0.011±0.00 BC	13.675±4.15 BC
AzL+DY-1	0.357±0.08	0.011±0.00 BC	13.525±3.19 BC
AzL+DY-2	0.402±0.11	0.013±0.00 BC	16.262±5.27 AB
AzL+DY-3	0.310±0.15	0.008±0.00 C	17.050±3.49 AB
P Değeri	NS	0.0011	0.0007

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

*Değerler (ortalama $\pm$ standart sapma) olarak verilmiştir.

*NS (Not Significant): İstatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Harflendirme yalnızca $p < 0.05$ olan parametrelerde gösterilmiştir.

Karpuz bitkisi kök yaş ağırlığı parametresi açısından uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Kök kuru ağırlığı parametresi açısından uygulamalar

arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p < 0.05$). Kontrol grubu (0.019 g) en yüksek değeri gösterirken, en düşük kök kuru ağırlığı AzL+DY-3 (0.008 g) uygulamasında

gözlemlenmiştir. Kök uzunluğu parametresi açısından uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p < 0.05$). En

uzun kök AzL-3 (20.125 cm) uygulamasında, en kısa kök ise DY-2 (9.875 cm) uygulamasında tespit edilmiştir.

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 (SPAD)
Applications	Number of leaves (count)	Leaf fresh weight (g)	Leaf dry weight (g)	Chlorophyll value (SPAD)
Kontrol	3.875±0.35 A	0.788±0.17 B-D	0.076±0.018 AB	42.375±1.66 BC
AzL-1	3.375±0.51 A-C	0.751±0.14 CD	0.071±0.01 AB	43.887±1.90 AB
AzL-2	3.000±0.00 C	0.605±0.10 D	0.054±0.01 B	42.450±1.01 BC
AzL-3	3.375±0.51 A-C	0.610±0.16 D	0.051±0.01 B	41.475±1.23 C
DY-1	3.750±0.46 AB	1.152±0.35 AB	0.080±0.04 AB	45.237±1.49 A
DY-2	3.500±0.75 A-C	1.083±0.64 A-C	0.079±0.06 AB	43.950±1.67 AB
DY-3	3.750±0.46 AB	1.172±0.41 A	0.098±0.02 A	45.687±1.07 A
AzL+DY-1	3.625±0.51 AB	0.972±0.29 A-D	0.097±0.02 A	44.125±1.47 AB
AzL+DY-2	3.250±0.70 BC	1.028±0.29 A-C	0.090±0.03 A	45.662±1.38 A
AzL+DY-3	3.625±0.51 AB	1.052±0.35 A-C	0.080±0.02 AB	45.150±2.74 A
P Değeri	0.0402	0.0018	0.0432	0.0000

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

*Değerler (ortalama ± standart sapma) olarak verilmiştir.

*NS (Not Significant): İstatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Harflendirme yalnızca $p < 0.05$ olan parametrelerde gösterilmiştir.

Karpuz bitkisi yaprak sayısı parametresi açısından uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p < 0.05$). En yüksek yaprak sayısı kontrol (3.875 adet) ve DY-1, DY-3 uygulamalarında (3.750 adet) gözlemlenirken, en düşük yaprak sayısı AzL-2 (3.000 adet) uygulamasında tespit edilmiştir. Yaprak yaş ağırlığı parametresi açısından uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p < 0.05$). En yüksek yaprak yaş ağırlığı DY-3 (1.172 g) uygulamasında, en düşük yaprak yaş ağırlığı ise AzL-2 (0.605 g) uygulamasında tespit edilmiştir. Yaprak kuru

ağırlığı parametresi açısından uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p < 0.05$). En yüksek yaprak kuru ağırlığı DY-3 (0.098 g) ve AzL+DY-1 (0.097 g) uygulamalarında, en düşük yaprak kuru ağırlığı ise AzL-3 (0.051 g) uygulamasında gözlemlenmiştir. Klorofil (SPAD) değeri açısından uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p < 0.05$). En yüksek klorofil değeri DY-3 (45.687 SPAD) ve AzL+DY-2 (45.662 SPAD) uygulamalarında, en düşük klorofil değeri ise AzL-3 (41.475 SPAD) uygulamasında gözlemlenmiştir.

Çizelge. 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	1.203±0.23 AB	0.103±0.02
AzL-1	1.130±0.17 AB	0.097±0.02
AzL-2	0.932±0.14 B	0.072±0.01
AzL-3	0.900±0.18 B	0.070±0.01
DY-1	1.611±0.46 A	0.101±0.04
DY-2	1.452±0.80 A	0.096±0.06
DY-3	1.580±0.53 A	0.116±0.03
AzL+DY-1	1.365±0.37 AB	0.118±0.03
AzL+DY-2	1.402±0.43 A	0.114±0.03
AzL+DY-3	1.415±0.42 A	0.097±0.02
P Değeri	0.0078	NS

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

*Değerler (ortalama $\pm$ standart sapma) olarak verilmiştir.

*NS (Not Significant): İstatistiksel olarak anlamlı fark bulunmamıştır ($p > 0.05$). Harflendirme yalnızca $p < 0.05$ olan parametrelerde gösterilmiştir.

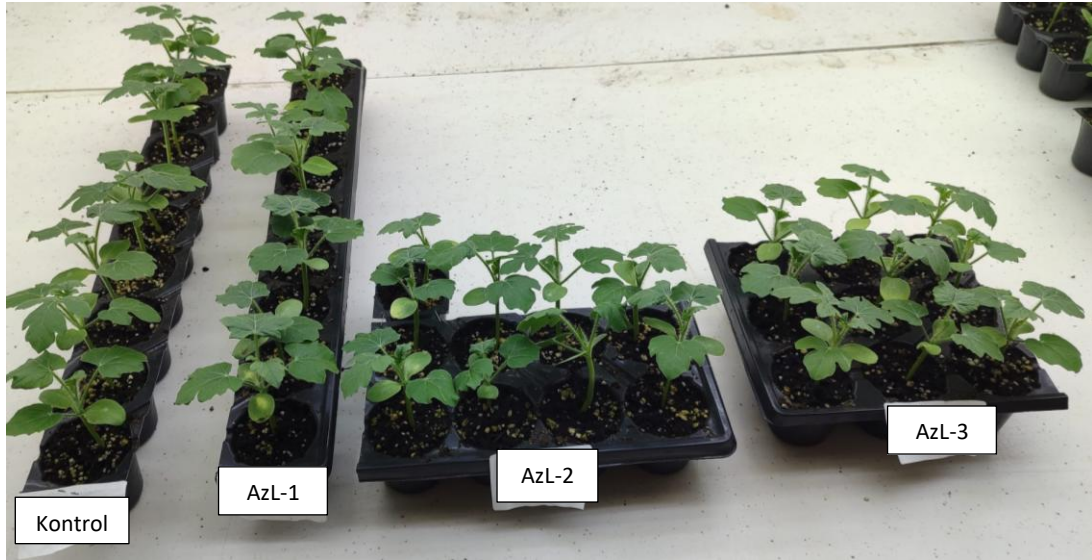
Karpuz bitkisi toplam yeşil aksam yaş ağırlığı parametresi açısından uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar belirlenmiştir ($p < 0.05$). En yüksek toplam yeşil aksam yaş ağırlığı DY-1 (1.611 g) uygulamasında, en düşük değer ise AzL-3 (0.900 g) uygulamasında tespit edilmiştir. Toplam yeşil aksam kuru ağırlığı parametresi açısından uygulamalar arasında istatistiksel olarak anlamlı bir fark bulunmamıştır ($p > 0.05$).

Azospirillum lipoferum (AzL), deniz yosunu (DY) ve bu iki uygulamanın kombinasyonu (AzL+DY), karpuz fidelerinin büyüme ve biyokütle parametrelerinde belirgin değişiklikler oluşturmuştur. İncelenen AzL dozları arasında, genel olarak AzL-1 dozunun diğer dozlara kıyasla daha yüksek performans sergilediği görülmüştür. Özellikle kök yaş ağırlığı parametresinde, tüm uygulama ve dozlarla karşılaştırıldığında AzL-1 dozu öne çıkmıştır. Bununla birlikte, kök uzunluğu açısından en yüksek değer AzL-3 dozu ile elde edilmiştir. Ancak, AzL-3 dozunun bazı parametreler üzerinde olumsuz etkiler yarattığı da tespit edilmiştir. Literatürde *Azospirillum*'un rizosferde kolonizasyon sağlayarak kök büyümesini ve besin alımını teşvik ettiği, aynı zamanda bitkide hormonal dengeyi düzenlediği belirtilmiştir (Bernados ve ark., 2024). Özellikle indol-3-asetik asit (IAA) üretimi kök büyümesini teşvik etme potansiyeline sahip olmakla birlikte,

yüksek dozlarda bu hormonun aşırı üretimi bitki metabolizmasında stres oluşturarak olumsuz etkiler yaratabilmektedir (Dimkpa ve ark., 2012; Koul ve ark., 2015; Coniglio ve ark., 2024). Çalışmada AzL'nin yüksek dozunun büyüme üzerindeki sınırlı etkileri, hormonal dengenin bozulması veya yüksek mikrobiyal aktivitenin rizosferde oksijen tüketimini artırması ile açıklanabilir. Fotosentetik performans açısından, AzL-1 dozu klorofil değerinde hem kontrol grubuna göre hem de diğer AzL dozlarına göre daha yüksek sonuçlar sağlamıştır. Bu durum, düşük dozda *Azospirillum* uygulamasının klorofil sentezine katkıda bulunduğunu göstermektedir. *Azospirillum*'un bitki kökleri ile simbiyotik ilişkisi sonucu demir alımını artırabileceği ve klorofil sentezini destekleyebileceği literatürde de belirtilmektedir (Scott ve ark., 2020; Housh ve ark., 2021; 2022). Ancak, gövde boyu ve yaprak sayısı gibi bazı parametrelerde AzL'nin kontrol grubuna göre üstünlük sağlayamaması, bu biyostimülantın tek başına büyüme performansını artırmada yeterli olmadığını göstermektedir. Ali ve ark. (2019) tarafından gerçekleştirilen çalışmada, *Azospirillum brasilense* ve *Azotobacter chroococcum* biyogübrelerinin kimyasal gübre ile birlikte kullanımının etkileri incelenmiştir. Araştırmada, biyogübrelerin azot fiksasyonu, fitohormon üretimi ve kök gelişimini artırarak su ve besin alımını teşvik ettiği belirtilmiştir.

Azospirillum tarafından sentezlenen fitohormonların kök gelişimini iyileştirdiği ve *Azotobacter* tarafından salgılanan büyüme düzenleyici hormonların bitki gelişimini desteklediği ifade edilmiştir. Bu durum, *Azospirillum*'un tek başına bazı büyüme parametrelerinde yeterli etki gösteremeyebileceğini, ancak farklı biyogübreler veya besin çözeltileriyle birlikte kullanıldığında büyüme ve verim üzerinde daha güçlü bir etki yaratabileceğini düşündürmektedir. Benzer şekilde, Vendruscolo ve ark. (2023) çalışmasında, *Azospirillum brasilense*'nin Cantaloupe kavunu (*Cucumis melo* var. *cantalupensis*) üzerindeki etkileri incelenmiş ve bakterinin ilk azot

gübresiyle birlikte uygulanmasının bitki gelişimini teşvik ettiği belirtilmiştir. *Azospirillum*'un fitohormon üretimi (IAA, GA₃ ve sitokinin) ve biyolojik azot fiksasyonu mekanizmaları sayesinde büyümeyi desteklediği, ayrıca meyve taze ağırlığı, kabuk ve et kalınlığı gibi biyometrik özellikler ile çözünür katı madde içeriği ve asitlik gibi duyuşsal niteliklerde iyileşmeler sağladığı rapor edilmiştir. Bu çalışmalar, *Azospirillum*'un tek başına bazı büyüme parametrelerinde sınırlı etki gösterebileceğini, ancak besin yönetimi veya diğer biyostimülanlarla birlikte uygulandığında daha güçlü bir büyüme ve kalite artışı sağlayabileceğini göstermektedir.



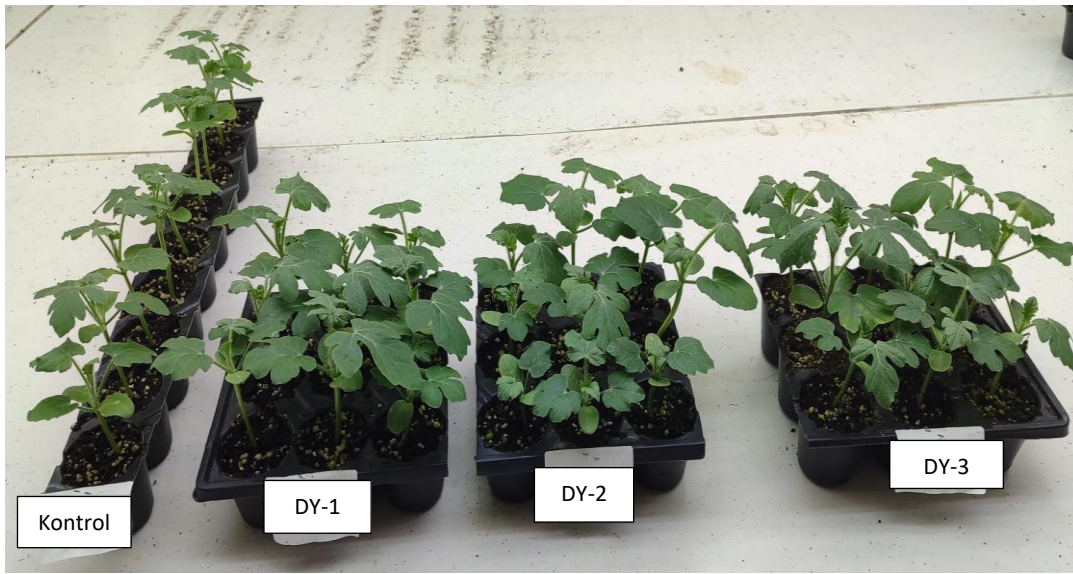
Şekil 1. *Azospirillum lipoferum* uygulama dozlarının bitki gelişimi üzerindeki etkileri
Figure 1. Effects of *Azospirillum lipoferum* application doses on plant growth

DY uygulamalarında en belirgin olumlu etkiler, yaprak yaş ve kuru ağırlığı, klorofil miktarı gibi fotosentezle ilişkili parametrelerde gözlenmiştir. Özellikle DY-3 (5 mL L⁻¹) dozu, bu parametrelerde en yüksek değerleri sağlamış ve deniz yosununun fotosentez pigmentlerini artırıcı etkisini göstermiştir. Deniz yosunlarının, içeriğinde yer alan sitokininler, gibberellinler ve betain gibi biyolojik aktif bileşiklerle bitki büyümesini ve stres toleransını artırdığı yapılan çalışmalarda da belirtilmektedir (Shil ve ark., 2023; Tejasree ve ark., 2024). DY'nin yüksek dozunun klorofil değerlerini artırması, klorofil pigmentlerinin birikimini teşvik ederek fotosentetik kapasiteyi geliştirdiği düşüncesine yönlendirmektedir.

Yaprak yaş ağırlığındaki artış ise, deniz yosununun yaprak dokularında su tutma kapasitesini artırma potansiyeline bağlanabilir (Tahmaz ve ark., 2024). Bu etki, deniz yosunundaki osmotik düzenleyicilerin hücre içi su dengesini koruyarak yaprak büyümesini desteklemesiyle açıklanabilir (Aliko ve ark., 2017; Chaturvedi ve ark., 2022). Ancak, DY uygulamalarının gövde boyu gibi bazı parametrelerde kontrol grubuna üstünlük sağlayamaması, deniz yosununun etkisinin daha çok fizyolojik süreçlere odaklandığını ve büyüme performansının tamamını kapsayamadığını düşündürmektedir (Doğan, 2024). Deniz yosunu özleri, hem bitki büyümesini destekleme hem de stres koşullarında dayanıklılığı artırma

potansiyeline sahip olduğu yapılan çalışmalar ile desteklenmektedir. Örneğin; de Mendonça Júnior ve ark. (2019) ve Radwan ve ark. (2023) çalışmalarında, bu özlerin içerdiği büyüme hormonları ve biyolojik aktif bileşenlerin etkilerini incelemişlerdir. de Mendonça Júnior ve ark., *Ascophyllum nodosum* özünün uygun dozlarda uygulanmasının karpuz fidelerinde gövde ve kök gelişimini teşvik ettiğini, ancak yüksek dozların kök büyümesini olumsuz etkileyebileceğini belirtmiştir. Çalışmamızda ise deniz yosunu özünün artan dozlarının kök büyümesi üzerinde belirgin bir olumsuz etki göstermediği, ancak gövde büyüme parametrelerinde azalmaya neden

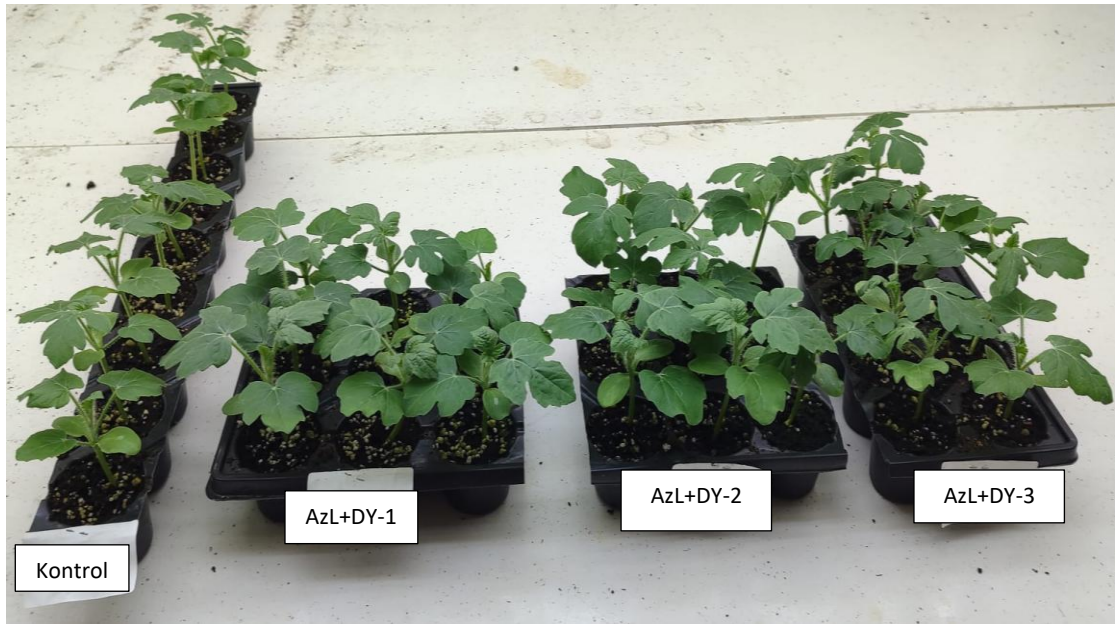
olduğu gözlemlenmiştir. Radwan ve ark. ise *Ulva lactuca* özünün, tuz stresi altındaki bitkilerde büyüme parametrelerini iyileştirdiğini ve antioksidan savunmayı güçlendirdiğini belirtmiştir. Bu durum, deniz yosunu özlerinin bitki büyümesini doğrudan teşvik etmekten çok, stres toleransını artıran fizyolojik değişiklikleri tetikleyerek dolaylı bir etki sunduğunu göstermektedir. Her iki çalışma, deniz yosunu özlerinin bitki gelişimi ve çevresel stres yönetiminde etkili bir araç olduğunu, ancak uygulamanın doz ve koşullara bağlı olarak optimize edilmesi gerektiğini vurgulamaktadır.



Şekil 2. Deniz yosunu uygulama dozlarının bitki gelişimi üzerindeki etkileri
Figure 2. Effects of seaweed application doses on plant growth

AzL ve DY kombinasyon grubunda yaprak yaş ağırlığında AzL+DY-3, yaprak kuru ağırlığında AzL+DY-1 ve Klorofil değerinde AzL+DY-2 uygulamaları, en iyi sonuçları vermiştir. Kombinasyon uygulamalarının etkili olmasının temelinde, Doğan ve ark. (2024) çalışmasında belirtildiği üzere, AzL'nin rizosferde bitki besin elementlerinin alımını artırma kapasitesi ve DY'nin yapısal gelişimi teşvik etme potansiyeli yer almaktadır. Bu sinerji, büyüme ve fizyolojik süreçlerin farklı mekanizmalarla desteklenmesini

sağlamış olabileceğini düşündürmektedir. Kök uzunluğu açısından, AzL+DY-3 kombinasyonu, AzL+DY'nin diğer dozlarına kıyasla en yüksek değeri sağlamış ve yüksek dozun kök gelişimini teşvik edebileceğini göstermiştir. Bununla birlikte, gövde boyu gibi parametrelerde kombinasyonların kontrol grubuna üstünlük sağlayamaması, uygulamanın belirli parametrelerde sınırlı etki gösterebileceğine işaret etmektedir.



Şekil 3. *Azospirillum lipoferum*+deniz yosunu uygulama dozlarının bitki gelişimi üzerindeki etkileri
Figure 3. Effects of *Azospirillum lipoferum* + seaweed application doses on plant growth

Sonuçlar

Bu çalışma, *Azospirillum lipoferum* ve deniz yosunu özlerinin farklı doz ve kombinasyonlarının karpuz (*Citrullus lanatus* L.) fidelerinin büyüme parametreleri ve klorofil içeriği üzerindeki etkilerini belirlemek amacıyla gerçekleştirilmiştir. Araştırma sonuçları, bu biyostimülantların fide gelişimi üzerinde belirgin etkiler gösterdiğini ve özellikle düşük ile orta doz seviyelerinde uygulandığında büyümeyi desteklediğini ortaya koymaktadır. *Azospirillum lipoferum* uygulamalarında kök uzunluğu açısından en yüksek değer AzL-3 (5 mL L^{-1}) dozu ile elde edilmiş, ancak kök kuru ağırlığında ve bazı büyüme parametrelerinde yüksek dozların olumsuz etkileri olduğu belirlenmiştir. AzL-1 (1.25 mL L^{-1}) dozu, özellikle kök yaş ağırlığı ve klorofil içeriği gibi parametreler açısından daha olumlu sonuçlar vermiştir. Deniz yosunu özü uygulamalarında ise yüksek dozun (5 mL L^{-1}) yaprak sayısı, yaprak yaş ve kuru ağırlığı ile klorofil içeriğini artırdığı belirlenmiştir. *Azospirillum lipoferum* ve deniz yosunu özünün kombinasyon halinde uygulanması, özellikle yaprak sayısı, yaprak yaş ağırlığı, yaprak kuru ağırlığı ve klorofil içeriği gibi fotosentez kapasitesini doğrudan etkileyen parametreler üzerinde sinerjik bir etki göstermiştir. Elde edilen bulgular, biyostimülantların uygulama dozlarının,

yöntemlerinin ve çevresel faktörlerin dikkate alınarak optimize edilmesi gerektiğini ortaya koymaktadır. Bununla birlikte, bu biyostimülantların bitki gelişimi üzerindeki etkilerinin moleküler ve fizyolojik düzeyde daha ayrıntılı araştırılması, mekanizmalarının daha iyi anlaşılmasını sağlayacaktır. Ayrıca, bu tür biyostimülantların saha koşullarında uygulanabilirliğini test eden uzun vadeli çalışmaların yürütülmesi, sürdürülebilir fidecilik uygulamaları açısından büyük önem taşımaktadır. Sonuç olarak, bu araştırma, *Azospirillum lipoferum* ve deniz yosunu özünün karpuz fidelerinde büyüme ve fotosentez performansını artırarak sürdürülebilir fide yetiştiriciliğinde önemli bir biyoteknolojik araç olabileceğini göstermektedir. Bu biyostimülantların kullanımı, kimyasal gübre bağımlılığını azaltma, çevresel sürdürülebilirliği destekleme ve tarımsal üretimde verimliliği artırma açısından önemli bir potansiyel sunabileceği düşünülmektedir.

Çıkar Çatışması

Makale yazarları aralarında herhangi bir çıkar çatışması olmadığını beyan ederler.

Yazar Katkısı

YLD ve ÖÖ: Çalışmanın yürütülmesini sağlamışlardır.

YLD: Çalışmanın yazım sürecini gerçekleştirmiştir.

ÖÜ: Çalışmanın istatistiksel analizlerini ve yazım kontrolünü gerçekleştirmiştir.

FY: Çalışmanın planlanması ve programlanmasından sorumlu olmuştur.

Kaynaklar

- Abad, M. S. F., Abedi, B., Ne'emat, S. H., & Arouiee, H. (2019). Studying the effects of foliar spraying of seaweed extract as a bio-stimulant on the increase in the yield and quality of tomato (*Lycopersicon esculentum* L.). *World Journal of Environmental Biosciences*, 8(3), 11–17.
- Al Shatri, A. H. N. (2018). *Effect of seaweed extract application on the growth, flowering, and fruit characteristics of strawberry (Fragaria × ananassa Duch) cv. Albion growing in Iraq condition* (Master's thesis).
- Ali, A. F., Alsaady, M. H., & Salim, H. A. (2019). Impact of bio fertilizer and magnetic irrigation water on growth and yield of melon *Cucumis melo* L. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 388(1), 012070. DOI: <https://doi.org/10.1088/1755-1315/388/1/012070>
- Aliko, A. A., Manga, A. A., Zakari, S. M., Haruna, H., Tafinta, I. Y., & Umar, M. (2017). Comparative effect of aqueous seaweed extract and IBA on fruit abscission in watermelon and okra. *Dutse Journal of Pure and Applied Sciences (DUJOPAS)*, 3(2), 1.
- Aoudi, Y., Agake, S. I., Habibi, S., Stacey, G., Yasuda, M., & Ohkama-Ohtsu, N. (2024). Effect of bacterial extracellular polymeric substances from *Enterobacter* spp. on rice growth under abiotic stress and transcriptomic analysis. *Microorganisms*, 12(6), 1212. <https://doi.org/10.3390/microorganisms12061212>
- Benchli, S., Esmaeel, Q., Aberkani, K., Tahiri, A., Belabess, Z., Lahlali, R., & Barka, E. A. (2023). Modes of action of biocontrol agents and elicitors for sustainable protection against bacterial canker of tomato. *Microorganisms*, 11(3), 726. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11030726>
- Bernados, L. C., Espineli, J. P., Anarna, J. A., & Aggangan, N. S. (2024). Increasing tomato productivity through integrated nutrient sources and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and *Azospirillum* spp. *Horticulturae*, 10(10), 1056. <https://doi.org/10.3390/horticulturae10101056>
- Chaturvedi, S., Kulshrestha, S., & Bhardwaj, K. (2022). Role of seaweeds in plant growth promotion and disease management. In *New and Future Developments in Microbial Biotechnology and Bioengineering* (pp. 217-238). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85579-2.00007-1>
- Coniglio, A., Larama, G., Nievas, S., Cale, N. L., Mora, V., Torres, D., ... & Cassán, F. (2024). Auxin-mediated modulation of maize rhizosphere microbiome: Insights from *Azospirillum* inoculation and indole-3-acetic acid treatment. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 1-16. <https://doi.org/10.1007/s42729-024-02013-3>
- da Silva Oliveira, C. E., Jalal, A., Vitória, L. S., Giolo, V. M., Oliveira, T. J. S. S., Aguiar, J. V., ... & Filho, M. C. M. T. (2023). Inoculation with *Azospirillum brasilense* strains AbV5 and AbV6 increases nutrition, chlorophyll, and leaf yield of hydroponic lettuce. *Plants*, 12(17), 3107. <https://doi.org/10.3390/plants12173107>
- de Mendonça Júnior, A. F., dos Santos Rodrigues, A. P. M., Júnior, R. S., Negreiros, A. M. P., Bettini, M. O., Freitas, C. D. M., & Gomes, T. R. R. (2019). Seaweed extract *Ascophyllum nodosum* (L.) on the growth of watermelon plants. *Journal of Experimental Agriculture International*, 31(4). <https://doi.org/10.9734/JEAI/2019/v31i430080>
- Dimkpa, C. O., Zeng, J., McLean, J. E., Britt, D. W., Zhan, J., & Anderson, A. J. (2012). Production of indole-3-acetic acid via the indole-3-acetamide pathway in the plant-beneficial bacterium *Pseudomonas chlororaphis* O6 is inhibited by ZnO nanoparticles but enhanced by CuO nanoparticles. *Applied and Environmental Microbiology*, 78(5), 1404-1410. <https://doi.org/10.1128/AEM.07424-11>
- 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.
- Dohroo, A., & Thakur, D. R. (2024). Advances in *Trichoderma* seed and soil application for eco-sustainable agriculture. *Global Scientific and Academic Research Journal of Multidisciplinary Studies*, 3(3), 35-38.
- FAO. (2020). Retrieved from: <https://www.fao.org/family-farming/detail/en/c/1297809/> (Erişim Tarihi: 05.11.2024)
- FAO. (2024). Retrieved from: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (Erişim Tarihi: 05.11.2024)
- Gaytancıoğlu, O., & Yılmaz, F. (2024). Sustainable paddy farming in Edirne: Evaluating the impacts of excessive fertilizer and pesticide use. *Sustainability*, 16(17), 7814. <https://doi.org/10.3390/su16177814>
- Hasan, A., Tabassum, B., Hashim, M., & Khan, N. (2024). Role of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) as a plant growth enhancer for sustainable agriculture: A review. *Bacteria*, 3(2), 59-75. <https://doi.org/10.3390/bacteria3020005>
- Housh, A. B., Powell, G., Scott, S., Anstaett, A., Gerheart, A., Benoit, M., ... & Ferrieri, R. A. (2021). Functional mutants of *Azospirillum brasilense* elicit beneficial physiological and metabolic responses in *Zea mays* contributing to increased host iron assimilation. *The ISME Journal*, 15(5), 1505-1522. <https://doi.org/10.1038/s41396-020-00866-x>
- Housh, A. B., Waller, S., Sopko, S., Powell, A., Benoit, M., Wilder, S. L., ... & Ferrieri, R. A. (2022). *Azospirillum brasilense* bacteria promotes Mn²⁺ uptake in maize with benefits to leaf photosynthesis. *Microorganisms*, 10(7), 1290. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10071290>
- Ibrahim, İ. R. (2018). *Yapraktan hümkik asit ve deniz yosunu ekstraktı uygulamasının plastik sera koşullarında hıyarın (Cucumis sativus L.) büyümesi ve verimi*

- üzerine etkisi (Master's thesis). Bingöl Üniversitesi, Bingöl.
- Jain, R., Mathur, A., Singh, D., & Rohillad, A. (2024). Fostering sustainable plant growth with rhizospheric allies: A review. *Asian Biotechnology & Development Review*, 26(1).
- Khan, N., Bano, A. M., & Babar, A. (2020). Impacts of plant growth promoters and plant growth regulators on rainfed agriculture. *PloS One*, 15(4), e0231426. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0232926>
- Koul, V., Tripathi, C., Adholeya, A., & Kochar, M. (2015). Nitric oxide metabolism and indole acetic acid biosynthesis cross-talk in *Azospirillum brasilense* SM. *Research in Microbiology*, 166(3), 174-185. <https://doi.org/10.1016/j.resmic.2015.02.003>
- Kumar, V., Eid, E. M., Al-Bakre, D. A., Abdallah, S. M., Širić, I., Andabaka, Ž., ... & Choi, K. S. (2022). Combined use of sewage sludge and plant growth-promoting rhizobia improves germination, biochemical response and yield of ridge gourd (*Luffa acutangula* (L.) Roxb.) under field conditions. *Agriculture*, 12(2), 173. <https://doi.org/10.3390/agriculture12020173>
- Melini, F., Melini, V., Luziatelli, F., Abou Jaoudé, R., Ficca, A. G., & Ruzzi, M. (2023). Effect of microbial plant biostimulants on fruit and vegetable quality: Current research lines and future perspectives. *Frontiers in Plant Science*, 14, 1251544. <https://doi.org/10.3389/fpls.2023.1251544>
- Perisoara, A., Marinas, I. C., Geana, E. I., Constantin, M., Angheloiu, M., Pirvu, L., & Cristea, S. (2022). Phytostimulation and synergistic antipathogenic effect of *Tagetes erecta* extract in presence of rhizobacteria. *Horticulturae*, 8(9), 779. <https://doi.org/10.3390/horticulturae8090779>
- Radwan, A. M., Ahmed, E. A., Donia, A. M., Mustafa, A. E., & Balah, M. A. (2023). Priming of *Citrullus lanatus* var. *Colocynthoides* seeds in seaweed extract improved seed germination, plant growth and performance under salinity conditions. *Scientific Reports*, 13(1), 11884. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-38711-8>
- Rocha, R., Lopes, T., Fidalgo, C., Alves, A., Cardoso, P., & Figueira, E. (2022). Bacteria associated with the roots of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) at different development stages: Diversity and plant growth promotion. *Microorganisms*, 11(1), 57. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11010057>
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2020). Biostimulants in agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 11, 40. <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
- Scott, S., Housh, A., Powell, G., Anstaett, A., Gerheart, A., Benoit, M., ... & Ferrieri, R. (2020). Crop yield, ferritin and Fe (II) boosted by *Azospirillum brasilense* (HM053) in corn. *Agronomy*, 10(3), 394. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030394>
- Shahrajabian, M. H., Petropoulos, S. A., & Sun, W. (2023). Survey of the influences of microbial biostimulants on horticultural crops: Case studies and successful paradigms. *Horticulturae*, 9(2), 193. <https://doi.org/10.3390/horticulturae9020193>
- Shil, S., Adhikary, P., & Sachan, M. S. (2023). Frontiers in crop improvement. *Volume 11, Special Issue I*, 521
- Silva, L. I. D., Oliveira, I. P. D., Jesus, E. D. C., Pereira, M. C., Pasqual, M., Araújo, R. C. D., & Dória, J. (2022). Fertilizer of the future: Beneficial bacteria promote strawberry growth and yield and may reduce the need for chemical fertilizer. *Agronomy*, 12(10), 2465. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102465>
- Tahmaz, H., Yüksel Küskü, D., & Kunter, B. (2024). Asmada deniz yosunu ve maya uygulamalarının biyostimulant ve tuz stresine karşı etkilerinin belirlenmesi. *Mustafa Kemal Üniversitesi Tarım Bilimleri Dergisi*, 29 (2), 569-588. <https://doi.org/10.37908/mkutbd.1472846>
- Tejasree, A., Mirza, A., & Joka, V. S. (2024). Deciphering nature's secret of seaweed extract as a biostimulant on horticultural crops: A review. *Journal of Experimental Agriculture International*, 46(6), 417-427. <https://doi.org/10.9734/jeai/2024/v46i62494>
- TÜİK. (2024). Retrieved from: <https://data.tuik.gov.tr/Kategori/GetKategori?p=tarim-111&dil=1> (Erişim Tarihi: 05.11.2024)
- Vendruscolo, E. P., Campos, L. F. C., Seleguini, A., De Lima, S. F., Bortolheiro, F. P. D. A. P., Martins, M. B., ... & De Souza, M. I. (2023). *Azospirillum brasilense* and nitrogen fertilizer affect the development and quality of cantaloupe melons. *Journal of Plant Growth Regulation*, 42(9), 5452-5460. <https://doi.org/10.1007/s00344-023-10928-x>
- WHO. (2024). Retrieved from: <https://iris.who.int/handle/10665/377755> (Erişim Tarihi: 05.11.2024)