Anadolu, J. of AARI
ISSN:1300-0225 (Print)
E-ISSN: 2667-6087 (Online)
2026, 36 (1): 63-72
DOI: 10.18615/anadolu.1899288

Research Article/ Araştırma Makalesi

Aster (Aster amellus L.) Fide Gelişim Parametreleri ve Renk Değerleri Üzerine Farklı Dozlarda Azospirillum lipoferum ve Ascophyllum nodosum Ekstrakt Uygulamalarının Etkileri

Ömer ÖZTAŞ[1*] Fikret YAŞAR[2] Özlem ÜZAL[3]

[1]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Fen Bilimleri Enstitüsü, Van /TÜRKİYE

[2,3]Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Sebze Yetiştiriciliği ve Islahı Anabilim Dalı, Van/TÜRKİYE

[1]https://orcid.org/0000-0001-9034-5675 [2]https://orcid.org/0000-0001-6598-8580

[3]https://orcid.org/0000-0002-1538-820X

**Corresponding author (Sorumlu yazar): omeroztas3065@gmail.com*

Received (Geliş tarihi): 27.02.2026 Accepted (Kabul tarihi): 03.06.2026 Online:29.06.2026

ÖZ: *Çalışma, Aster (**Aster amellus L**.) fidelerinin büyüme ve gelişimini teşvik etmek amacıyla, **Azospirillum lipoferum** (AZL) bakterisi ve Ascophyllum nodosum (deniz yosunu =DY) içeren biyostimülantın etkilerini incelemek amacıyla yürütülmüştür. Kontrollü iklim odasında yürütülen denemede, bu biyostimülantlar üç farklı dozda (1.25 ml/L^{-1}, 2.5 ml/ L^{-1}, 5 ml/ L^{-1}) tek başlarına ve kombinasyonlar halinde uygulanmış, ayrıca sonuçları karşılaştırmak için standart NPK (20-20-20+iz elementler) gübresi ve kontrol grubu (saf su) kullanılmıştır. Çalışma sonucunda, biyostimülant uygulamalarının, kontrol (saf su) grubuna kıyasla yaprak sayısı, yaprak ve gövde ağırlıkları, gövde boyu, kök gelişimi ve yaprak renk değerleri gibi morfolojik ve fizyolojik parametrede istatistiksel olarak anlamlı ($p<0.05$) iyileşmeler sağladığı tespit edilmiştir. Özellikle düşük dozlu **Ascophyllum nodosum** ve **Azospirillum** kombinasyonunun (DY+AZL-1) gövde ve yaprak gelişiminde en yüksek değerleri aldığı, köklenmede ise orta doz Azospirillum (AZL-2) ile düşük doz **Ascophyllum nodosum** (DY-1) uygulamalarının öne çıktığı gözlemlenmiştir. Yaprak rengi analizlerinde en yüksek Chroma (doygunluk) değerine yüksek doz Azospirillum (AZL-3) uygulamasında ulaşılırken, en yüksek Hue (ton/parlaklık) değeri ise kontrol ve DY-1 gruplarında gözlemlenmiştir. Bu bulgular, **Azospirillum lipoferum** ve **Ascophyllum nodosum**, özellikle düşük dozlu kombinasyonlar halinde, Aster fidelerinin kalitesini artırmada önemli bir potansiyel taşıdığını ve sürdürülebilir süs bitkileri yetiştiriciliğinde kimyasal gübrelere kıyasla çevre dostu ve etkili bir alternatif olabileceğini ortaya koymaktadır.*

Anahtar Kelimeler**: **Aster amellus L.**, PGPR, **Azospirillum lipoferum**, **Ascophyllum nodosum.

The Effects of Applying Different Doses of Azospirillum lipoferum and Ascophyllum nodosum Extracts on the Growth Parameters and Color Values of Aster (Aster amellus L.)

ABSTRACT: *The study was conducted to investigate the effects of **Azospirillum lipoferum** (AzL) bacteria and **Ascophyllum nodosum** (seaweed =DY) extract on promoting the growth and development of Aster (**Aster amellus L**.) seedlings. In the experiment conducted in a climate-controlled chamber, these biostimulants were applied alone and in combinations at three different doses (1.25 ml/L-1, 2.5 ml/L-1, 5 ml/L-1). Standard NPK (20-20-20+trace elements) fertilizer and a control group (pure water) were used for comparison. The study found that biostimulant applications provided statistically significant ($p<0.05$) improvements in morphological and physiological parameters such as leaf number, leaf and stem weight, stem length, root development, and leaf color values (Chroma, Hue) compared to the control (pure water) group. In particular, it was observed that the low-dose **Ascophyllum nodosum** and **Azospirillum** combination (DY+AZL-1) achieved the highest values in stem and leaf development, while medium-dose **Azospirillum** (AZL-2) and low-dose **Ascophyllum nodosum** (DY-1) applications stood out in rooting. In leaf color analyses, the highest Chroma (saturation) value was achieved with the high-dose Azospirillum (AZL-3) application, while the highest Hue (tone/brightness) value was observed in the control and DY-1 groups. These findings revealed that Azospirillum lipoferum and Ascophyllum nodosum, especially in low-dose combinations, have significant potential to improve the quality of Aster seedlings and may be an environmentally friendly and effective alternative to chemical fertilizers in sustainable ornamental plant cultivation.*

***Keywords:** **Aster amellus L.**, PGPR, **Azospirillum lipoferum, Ascophyllum nodosum**.*

This work is licensed under CC BY-NC-ND 4.0 (https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/).

GİRİŞ

Süs bitkileri endüstrisi, artan pazar taleplerini karşılama ve estetik kaliteyi en üst düzeye çıkarma hedefiyle sürekli bir inovasyon arayışı içerisindedir. Bu süreçte, geleneksel tarım pratiklerinin temelini oluşturan sentetik gübre ve pestisitlerin yoğun kullanımı, toprak ekosistemlerinin bozulmasına, su kaynaklarının kirlenmesine ve biyolojik çeşitliliğin azalmasına yol açarak çevresel sürdürülebilirlik üzerinde ciddi bir baskı yaratmaktadır (Varekar ve ark., 2021). Söz konusu ekolojik endişeler, tarım sektörünü, bitki sağlığını ve verimliliğini doğal mekanizmalar aracılığıyla destekleyen, çevre dostu biyoteknolojik çözümlere yöneltmiştir. Bu çözümler arasında, bitkisel üretimin geleceği olarak kabul edilen ve kimyasal girdilere olan bağımlılığı azaltma potansiyelleriyle öne çıkan biyostimülanlar bulunmaktadır (Shahwar ve ark., 2023; Garcia-Villaraco ve ark., 2024).

Biyostimülanlar sınıfında yer alan bitki büyümesini teşvik eden bakteriler (PGPB) ve deniz yosunu ekstreleri, bitki fizyolojisi üzerindeki çok yönlü olumlu etkileri nedeniyle bilimsel ilginin odağı haline gelmiştir (Chieb ve Gachomo, 2023; Doğan ve ark.,2024). Bakteriyel inokulantlar, atmosferik azotu fikse etme, fosfat gibi bağlı besin elementlerini çözünür forma getirme ve fitohormonlar üreterek kök mimarisini iyileştirme gibi yetenekleriyle bitki beslenmesini doğrudan desteklemektedir (South ve ark., 2021; Shahwar ve ark., 2023; Doğan ve ark., 2025b). Bu grubun önde gelen üyelerinden *Azospirillum lipoferum*, özellikle atmosferik azotun biyolojik olarak fikse edilmesi yoluyla sürdürülebilir tarım uygulamalarına katkıda bulunmaktadır (Masson-Boivin ve Sachs, 2018; Yaghoubi Khanghahi ve ark., 2024). Öte yandan, deniz yosunu ekstreleri, içerdikleri zengin biyoaktif moleküller (polisakkaritler, fenolik bileşikler, poliaminler) sayesinde bitkilerin abiyotik stres faktörlerine (kuraklık, tuzluluk, aşırı sıcaklıklar) karşı savunma mekanizmalarını tetiklemekte ve antioksidan kapasitelerini artırmaktadır (Gonçalves ve ark., 2025). Literatürde, Delitte ve ark. (2021) ve Aremu ve ark. (2022) tarafından da belirtildiği üzere, bu özütlerin oksin ve sitokinin gibi bitki büyüme düzenleyicilerini modüle ederek büyümeyi olumlu yönde etkilediği geniş çapta kabul görmektedir. *Azospirillum lipoferum* ve deniz yosununun birlikte kullanımının tek uygulamalara kıyasla daha güçlü ve sinerjik etkiler oluşturabileceği bildirilmektedir (Doğan ve ark., 2025a).

Süs bitkisi üretiminin temelini oluşturan fide yetiştiriciliği, nihai ürünün kalitesini ve pazarlanabilirliğini belirleyen kritik bir aşamadır. Bu dönemde fidelerin sağlıklı kök sistemi oluşturması ve homojen bir gelişim göstermesi esastır. Genellikle besin açısından yetersiz olan torf gibi yetiştirme ortamlarında, fidelerin erken gelişim evrelerinde besin eksikliği yaşaması yaygın bir sorundur (Şa ve ark., 2023). Bu bağlamda, sentetik gübrelemeye bir alternatif olarak bakteri ve deniz yosunu bazlı biyostimülanların uygulanması, fidelerin besin alım verimliliğini artırmanın yanı sıra, onları hastalıklara ve çevresel streslere karşı daha dayanıklı hale getirerek sürdürülebilir bir fide üretim modeli için stratejik bir çözüm sunmaktadır (Garcia-Villaraco ve ark., 2024; Şensoy, 2024). Bu çalışma, süs bitkisi fidelerinin gelişim performansı ve fizyolojik tepkileri üzerine bakteri ve deniz yosunu uygulamalarının etkinliğini güncel bir perspektifle değerlendirmeyi amaçlamaktadır. Bu doğrultuda, bir biyostimülant olan *Azospirillum lipoferum* bakterisi ve doğal bir büyüme destekleyici olan deniz yosunu özütünün, fide gelişimi üzerindeki etkileri incelenmiştir. Araştırmanın ana hedefi, tarımda sürdürülebilirliği artırma potansiyeli taşıyan bu biyostimülantların, fide kalitesini ve gelişimini ne ölçüde iyileştirdiğini bilimsel verilerle ortaya koymaktır. Ayrıca, çalışmada bu doğal uygulamaların ekolojik dengeyi koruyan organik tarım prensiplerine uygun bir fide yetiştirme modeli sunma potansiyelinin ortaya koyularak kimyasal girdileri azaltma yönündeki küresel çabalara katkı sağlamak hedeflenmiştir. Sonuç olarak, Aster fidelerinin büyüme ve gelişim parametreleri üzerindeki etkiler incelenerek, bu biyostimülantların organik fidecilik için ne denli değerli bir alternatif olabileceği kanıtlanmaya çalışılmıştır.

MATERYAL VE METOT

Deneme Alanı

Araştırma, Van Yüzüncü Yıl Üniversitesi Ziraat Fakültesi Bahçe Bitkileri Bölümü Fizyoloji Laboratuvarı bünyesindeki iklim odasında 2025 yılında gerçekleştirilmiştir. Deney, kontrollü laboratuvar koşullarında gerçekleştirilmiş olup, sıcaklık 23±2°C ve bağıl nem %65-75 aralığında sabit tutularak çevresel değişkenlerin etkisi minimize edilmiştir. Aydınlatma rejimi, 12 saat aydınlık ve 12 saat karanlık periyotlar şeklinde ayarlanmıştır.

Materyal

Çalışmada, materyal olarak Aster (*Aster amellus* L.) türüne ait tohumlar kullanılmıştır. Bitki yetiştirme ortamı olarak, 3/1 oranında torf ve perlit karışımı kullanılmıştır.

Çalışmada kullanılan biyostimülanlar ise ticari firmalarından tedarik edilmiştir. Kullanılan *Azospirillum lipoferum* bakterisinin içeriği $1x10^6$ kob/ml olarak ticari firma tarafından belirtilmiştir. Deniz yosunu özütü ise ticari bir firma tarafından *Ascophyllum nodosum* cinsi deniz yosununun en kararlı ve aktif döneminde taze olarak hasat edilip içerisindeki değerli organik bileşimleri açığa çıkaran soğuk presleme metoduyla elde edilmiştir. Firma kataloğunda Suda çözünür Potasyum Oksit (K_2O) %1, Organik Madde %6, Alginik Asit %0,02, Maximum EC (ds/m) 41, pH 3-5 olarak içerdiği belirtilmiştir. NPK gübresi olarak 20-20-20+iz elementler içeren ürün kullanılmıştır.

Metot

Bitki yetiştirme ortamı, 3/1 oranında torf ve perlit karışımından hazırlanarak viyollere doldurulmuştur. Tohumlar, standart ekim derinliği gözetilerek viyollere ekilmiş; çimlenme periyodu boyunca saf su ile sulanmış uygulanmış ve nem kaybını önlemek amacıyla viyollerin üzeri kağıt ile kaplanmıştır. Çimlenme tamamlandıktan sonra kağıtlar kaldırılmış ve bitkiler gelişim süreçlerini iklim odasında sürdürmüştür. İlk gerçek yapraklar görüldüğünde, bitkiler üzerinde büyümeyi teşvik edici çeşitli uygulamalar yapılmıştır. Çalışma kapsamında toplam 11 farklı uygulama grubu oluşturulmuştur: AZL (1,2,3), DY (1,2,3), AZL+DY (1,2,3), NPK ve kontrol (saf su) grubu. Çalışma, tesadüf parselleri deneme desenine uygun olarak, her grupta üç tekerrür ve her tekerrürde 99 bitki üzerinde yürütülmüştür. *Azospirillum lipoferum* (AZL) uygulamaları 1,25 ml/L^{-1} (AZL-1), 2,5 ml/L^{-1} (AZL-2) ve 5 ml/L^{-1} (AZL-3) dozlarında gerçekleştirilmiştir. Deniz yosunu özü (DY) uygulamaları ise sırasıyla 1,25 ml/L^{-1} (DY-1), 2,5 ml/L^{-1} (DY-2) ve 5 ml/L^{-1} (DY-3) dozlarında uygulanmıştır. Kombinasyon grupları dahilinde, *Azospirillum lipoferum* ve deniz yosunu özütü, eşdeğer dozlarda birlikte uygulanmıştır. Bu bağlamda, AZL+DY-1 grubu 1.25 ml/L^{-1} *Azospirillum lipoferum* ve 1.25 ml/L^{-1} deniz yosunu özütü; AZL+DY-2 grubu 2,5 ml/L^{-1} *Azospirillum lipoferum* ve 2,5 ml/L^{-1} deniz yosunu özütü; AZL+DY-3 grubu ise 5 ml/L^{-1} *Azospirillum lipoferum* ve 5 ml/L^{-1} deniz yosunu özütü dozajlarını içermektedir. NPK (20-20-20+iz elementler) uygulaması ise 3 g/L^{-1} dozunda gerçekleştirilmiştir. Kontrol grubundaki bitkilere ise yalnızca saf su verilmiştir. Biyostimülantlar saf suya eklenerek homojen bir karışım elde edilmiş ve bu karışım gelişme ortamına uygulanmıştır. Uygulama işlemleri haftada bir kez yapılmıştır. Araştırma süresince bitkiler, gelişim evreleri dikkate alınarak 2-3 günlük periyotlarla saf su ile periyodik olarak sulanmıştır. Çalışmanın nihayetinde, dikim olgunluğuna ulaşan fidelerde çeşitli büyüme parametreleri belirlenmiştir. Gövde uzunluğu (cm), kök boğazından büyüme ucuna kadar bir cetvel vasıtasıyla; gövde çapı (mm) ise kök boğazı seviyesinden dijital bir kumpas aracılığıyla ölçülmüştür. Her bir bitki örneğine ait yaprak sayıları (adet) kaydedildikten sonra, ikinci ve üçüncü boğumlar arasındaki mesafe (mm) dijital kumpas yardımıyla tespit edilmiştir. Hasat edilen bitkilerde kök uzunluğu (cm) cetvel ile belirlenmiş, yeşil aksam ve köklerin yaş ağırlıkları (g) hassas terazi kullanılarak tartılmıştır. Yaprak rengindeki değişimler ise Minolta CR-400 (Minolta Camera Co. LTD, Ramsey, NJ) marka bir kromametre ile analiz edilmiştir. Kuru ağırlık (g) ölçümleri için bitkiler, 70°C sıcaklıkta yaklaşık 72 saat süreyle etüvde kurutulmuş ve akabinde tartım işlemleri gerçekleştirilmiştir. Elde edilen verilerin değerlendirmesi, Statgraphics istatistik yazılımı

aracılığıyla gerçekleştirilmiş olup, tek yönlü varyans analizi (ANOVA) uygulanmıştır. Bu analizler neticesinde elde edilen sonuçlar, %5'lik anlamlılık düzeyinde Duncan testi kullanılarak istatistiksel olarak gruplandırılmıştır.

BULGULAR

Çalışmadan yaprak parametrelerinden elde edilen değerler Çizelge 1' de gövde ve boğum arası parametreler değerleri Çizelge 2'de kök parametrelerinden elde edilen değerler Çizelge 3'de yapraktaki renk değerleri parametreleri ise Çizelge 4'de belirtilmiştir.

Çizelge 1. Uygulamaların yaprak parametreleri üzerine etkileri.
Table 1. Effects of treatments on leaf parameters.

UYGULAMALAR APPLICATIONS	Yaprak sayısı (adet/bitki) Number of leaves (per plant)	Yaprak yaş ağırlığı (g) Leaf fresh weight (g)	Yaprak kuru ağırlığı (g) Leaf dry weight (g)
KONTROL	8,556±1,13 B-D	0,994±0,21 CD	0,091±0,03 CD
NPK	10,111±1,17 A	1,365±0,34 A-C	0,144±0,04 AB
DY-1	10,333±1,58 A	1,443±0,48 AB	0,140±0,05 AB
DY-2	8,667±1,00 B-D	1,264±0,38 BC	0,120±0,04 BC
DY-3	7,556±0,73 D	0,637±0,18 D	0,076±0,02 D
AZL-1	9,111±1,54 A-C	1,082±0,41 BC	0,095±0,03 CD
AZL-2	9,111±1,54 A-C	1,204±0,27 BC	0,131±0,03 A-C
AZL-3	8,667±2,00 B-D	1,349±0,43 A-C	0,126±0,04 A-C
DY+AZL-1	9,667±1,87 AB	1,73±0,56 A	0,161±0,06 A
DY+AZL-2	8,222±0,83 B-D	1,203±0,45 BC	0,114±0,03 B-D
DY+AZL-3	7,667±0,71 CD	1,021±0,34 C	0,111±0,04 B-D
Ortalama	8,878±1,54	1,209±0,45	0,126±0,09
P değeri	0,0001	0,0000	0,0002

*Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir ($p \leq 0.05$).
*Differences between means denoted by different letters in the same column were considered statistically significant ($p \leq 0.05$).
* Değerler, ortalama ± standart sapma biçiminde ifade edilmiştir.
* Values are expressed as mean ± standard deviation.

Farklı uygulamaların bitkinin morfolojik özellikleri üzerindeki etkileri incelenmiş ve yaprak sayısı, yaprak yaş ağırlığı ve yaprak kuru ağırlığı parametrelerinde istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar saptanmıştır. Yaprak sayısı açısından en yüksek değerler, düşük doz deniz yosunu uygulanan DY-1 ve standart NPK gübresi uygulamalarında elde edilirken, en düşük yaprak sayısı ise yüksek doz deniz yosunu uygulanan DY-3 grubunda kaydedilmiştir. Yaprak yaş ağırlığı değerlendirildiğinde, deniz yosunu ve *Azospirillum* kombinasyonunun düşük dozda uygulandığı DY+AZL-1 grubunda en yüksek değer saptanmıştır. Bu parametrede de en zayıf performansı DY-3 uygulaması göstermiştir. Bitkinin yapraklarındaki kuru madde birikimini gösteren yaprak kuru ağırlığı bakımından ise DY+AZL-1 uygulaması, diğer tüm gruplardan istatistiksel olarak belirgin şekilde ayrılarak en yüksek düzeyde tespit edilmiştir. İncelenen tüm yaprak parametrelerinde en düşük değerler tutarlı bir şekilde DY-3 uygulamasında belirlenmiştir (Çizelge 1).

Farklı uygulama yöntemlerinin bitki morfolojik parametreleri üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada, gövde boyu, gövde çapı, gövde yaş ağırlığı, gövde kuru ağırlığı ve boğum arası değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Gövde boyu bakımından en yüksek değer DY+AZL-1 uygulamasında gözlemlenirken, bu parametrede en düşük performans DY+AZL-3 uygulamasında kaydedilmiştir; gövde çapında ise NPK uygulamaları en üst istatistiksel grupta yer alarak en yüksek değerleri sergilemiş, buna karşın DY-3 uygulaması en düşük gövde çapı tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 2. Uygulamaların gövde ve boğum arası parametreleri üzerindeki etkileri.
Table 2. Effects of treatments 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	2,489±0,61 BC	2,153±0,37 B	0,100±0,04 C-E	0,011±0,00 BC	1,680±0,30 B-D
NPK	2,511±0,75 BC	2,466±0,35 A	0,116±0,04 BC	0,018±0,01 A	1,756±0,27 BC
DY-1	2,633±0,58 B	1,842±0,30 C-E	0,113±0,03 BC	0,014±0,00 AB	1,830±0,31 BC
DY-2	2,167±0,38 B-C	2,098±0,27 BC	0,145±0,04 AB	0,014±0,00 AB	1,754±0,36 BC
DY-3	2,067±0,32 B-C	1,620±0,36 E	0,074±0,01 DE	0,009±0,00 C	1,551±0,18 CD
AZL-1	2,067±0,73 B-C	1,799±0,12 DE	0,066±0,02 E	0,018±0,00 A	1,579±0,28 B-D
AZL-2	1,967±0,30CD	1,878±0,19 B-E	0,077±0,02 DE	0,012±0,00 BC	1,540±0,23 CD
AZL-3	2,544±0,50 BC	1,997±0,18 B-D	0,107±0,04 CD	0,011±0,00 BC	1,918±0,29 B
DY+AZL-1	3,367±0,63 A	1,953±0,16 B-D	0,157±0,03 A	0,018±0,01 A	2,658±0,60 A
DY+AZL-2	2,533±0,63 BC	1,948±0,25 B-D	0,119±0,04 BC	0,012±0,01 BC	1,837±0,35 BC
DY+AZL-3	1,744±0,61 D	1,837±0,16 C-E	0,091±0,04 C-E	0,009±0,00 C	1,358±0,30 D
Ortalama	2,371±0,68	1,962±0,32	0,105±0,04	0,013±0,00	1,769±0,45
P değeri	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000

*Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir ($p \leq 0.05$).
* Differences between means denoted by different letters in the same column were considered statistically significant ($p \leq 0.05$).
* Değerler, ortalama ± standart sapma biçiminde ifade edilmiştir.
* Values are expressed as mean ± standard deviation.

Gövde yaş ağırlığı açısından DY+AZL-1 uygulaması en yüksek verimi sağlayarak istatistiksel olarak diğer uygulamalardan belirgin şekilde ayrılırken, tüm parametrelerde olduğu gibi en düşük kuru ağırlık değeri ise DY-3 ve DY+AZL-3 uygulamasında saptanmıştır. Boğum arası mesafesinde, en yüksek değer DY+AZL-1 gözlemlenirken bu parametrede en düşük performans DY+AZL-3 uygulamasında tespit edilmiştir (Çizelge 2).

Çizelge 3. Uygulamaların kök parametreleri üzerindeki etkileri.
Table 3. Effects of the applications on root parameters.

UYGULAMALAR APPLICATIONS	Kök Yaş Ağırlığı (g) Root fresh weight (g)	Kök Kuru Ağırlığı (g) Root dry weight (g)	Kök Uzunluğu (cm) Root length (cm)
KONTROL	0,272±0,12 C-F	0,019±0,01 CD	13,500±1,38 BC
NPK	0,288±0,11 C-E	0,030±0,01 A	13,333±1,21 BC
DY-1	0,381±0,03 BC	0,033±0,01 A	15,833±0,75 A
DY-2	0,265±0,04 C-F	0,018±0,00 CD	12,167±1,47 CD
DY-3	0,153±0,07 F	0,015±0,00 D	10,833±1,17 DE
AZL-1	0,253±0,04 D-F	0,022±0,00 BC	11,667±1,03 D
AZL-2	0,561±0,04 A	0,028±0,01 AB	15,833±0,75 A
AZL-3	0,376±0,05 B-D	0,027±0,01 AB	15,000±1,26 A
DY+AZL-1	0,446±0,23 B	0,030±0,00 A	14,500±1,05 AB
DY+AZL-2	0,365±0,09 B-D	0,027±0,01 AB	13,167±1,33 BC
DY+AZL-3	0,204±0,04 EF	0,022±0,00 BC	9,667±1,21 E
Ortalama	0,323±0,14	0,026±0,01	13,227±2,21
P değeri	0,0000	0,0000	0,0000

*Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir ($p \leq 0.05$).
* Differences between means denoted by different letters in the same column were considered statistically significant ($p \leq 0.05$).
* Değerler, ortalama ± standart sapma biçiminde ifade edilmiştir.
* Values are expressed as mean ± standard deviation.

Farklı uygulama yöntemlerinin bitki morfolojik parametreleri üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada, kök yaş ağırlığı, kök kuru ağırlığı ve kök uzunluğu değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. Kök yaş ağırlığı bakımından en yüksek değer AZL-2 uygulamasında gözlemlenirken, bu parametrede en düşük performans DY-3 uygulamasında kaydedilmiştir; kök kuru ağırlığı analizlerinde ise NPK, DY-1 ve DY+AZL-1 uygulamaları aynı istatistiksel grupta yer alarak en yüksek değerleri görülmüş, buna karşın DY-3 uygulaması en düşük kök kuru ağırlığı tespit edilmiştir. Kök uzunluğu açısından DY-1, AZL-2 ve AZL-3 uygulamaları en yüksek verimi istatistiksel olarak tespit edilmiş, en düşük kök uzunluğu değeri ise DY+AZL-3 uygulamasında saptanmıştır (Çizelge 3).

Çizelge 4. Uygulamaların yapraktaki renk değerleri parametreleri üzerindeki etkileri.
Table 4. Effects of treatments on leaf color parameters.

UYGULAMALAR APPLICATIONS	L* L*	Chroma Chroma	Hue Hue
KONTROL	39,893±1,75 A-C	29,053±1,76 CD	120,510±1,74 A
NPK	34,370±1,24 D	20,517±3,05 F	121,317±0,18 A
DY-1	38,693±1,75 BC	27,760±2,74 CD	121,100±1,43 A
DY-2	39,600±1,17 BC	27,640±0,34 CD	120,063±0,78 AB
DY-3	37,110±1,99 CD	23,293±2,58 EF	120,160±1,29 AB
AZL-1	40,790±1,27 AB	31,173±2,69 AB	119,847±0,96 AB
AZ -2	41,343±0,80 AB	29,783±0,48 A-C	119,430±0,71 AB
AZL-3	42,717±1,22 A	33,240±1,73 A	118,043±0,35 B
DY+AZL-1	37,757±1,39 C	25,747±1,45 DE	119,647±0,71 AB
DY+AZL-2	39,320±2,79 BC	27,530±3,92 CD	120,127±1,93 AB
DY+AZL-3	34,910±0,33 D	21,580±1,03 EF	120,460±0,93 A
Ortalama	38,773±2,81	27,028±4,25	120,064±1,26
P değeri	0,0000	0,0000	0,1167

*Aynı sütunda farklı harf ile gösterilen ortalamalar arasındaki fark istatistiksel olarak anlamlı kabul edilmiştir ($p \leq 0.05$).
* Differences between means denoted by different letters in the same column were considered statistically significant ($p \leq 0.05$).
* Değerler, ortalama ± standart sapma biçiminde ifade edilmiştir.
* Values are expressed as mean ± standard deviation.

Farklı uygulama yöntemlerinin bitki morfolojik parametreleri üzerindeki etkilerinin incelendiği çalışmada, L*, Chroma ve Hue değerleri arasında istatistiksel olarak anlamlı farklılıklar tespit edilmiştir. L* değeri bakımından en yüksek AZL-3, en düşük değer ise değerler NPK ve DY+AZL-3 uygulamasında tespit edilmiştir. Chroma değeri bakımından en yüksek değer AZL-3 uygulamasında gözlemlenirken, bu parametrede en düşük performans NPK uygulamasında kaydedilmiştir. Hue değeri ise; kontrol, NPK ve DY-1 uygulamaları en üst istatistiksel grupta yer alarak en yüksek değerleri sergilemiş, buna karşın diğer uygulamalar en düşük Hue verileri tespit edilmiştir (Çizelge 4).

TARTIŞMA VE SONUÇ

Süs bitkileri sektöründe ticari başarının en temel belirleyicisi, yetiştiriciliğin başlangıç evresi olan fide döneminin optimum koşullarda yönetilmesidir. Bu kritik periyot, bitkinin ilerleyen fenolojik evrelerindeki gelişim dinamiklerini, morfolojik ve fizyolojik performansını ve nihai estetik kalitesini doğrudan şekillendiren temel bir basamaktır. Dolayısıyla, fide aşamasında gerçekleştirilen kültürel uygulamalar, bitkinin pazarlanabilir niteliklerini ve ekonomik değerini maksimize etme potansiyeli taşıyan en stratejik yatırım olarak öne çıkmaktadır.



Şekil 1. Uygulama dozu sırasıyla; kontrol, NPK, AZL (1,2,3), DY (1,2,3), AZL+DY (1,2,3) hasat öncesi görseli.
Figure 1. Pre-harvest visual assessment of application rates in the following order: control, NPK, AZL (1,2,3), DY (1, 2, 3), and AZL+DY (1, 2, 3).

Çalışmada yaprak sayısı, yaprak yaş ağırlığı ve yaprak kuru ağırlığı parametrelerinde en yüksek değerlerin genellikle düşük dozlu kombinasyon (DY+AZL-1) ve düşük dozlu deniz yosunu (DY-1) uygulamalarında görülmüştür (Şekil 1). Deniz yosunu özütlerinin içeriğinde bulunan sitokininler, oksinler ve betainler gibi biyoaktif bileşiklerin hücre bölünmesini ve genişlemesini teşvik ederek yaprak alanını ve sayısını artırdığı bilinmektedir (Abbas ve ark., 2020; Doğan ve ark., 2024). Özellikle *Azospirillum* bakterisinin atmosferik azotu fikse etme yeteneği, bitkinin vejetatif gelişimi için kritik olan azot ihtiyacını karşılayarak yaprak oluşumunu desteklemiştir (Sahu ve ark., 2017). Literatürde, biyostimülanların sinerjik etkisinin besin alımını ve hormonal dengeyi optimize ettiği, bu durumun da yaprak biyokütlesinde belirgin bir artışa yol açtığı vurgulanmaktadır (Mendez ve ark., 2023; Doğan ve ark.,2025a). Öte yandan, yüksek dozlu deniz yosunu (DY-3) uygulamalarında gözlenen performans düşüşü, biyostimülanlarda sıklıkla karşılaşılan "İnhibitör etki" ile açıklanabilir; zira aşırı dozlar hormonal dengesizliğe veya ortamdaki tuz konsantrasyonunun artmasına neden olarak gelişimi baskılayabilmektedir (Mendez ve ark., 2023).

Gövde boyu ve boğum arası mesafesi bakımından DY+AZL-1 uygulamasının en üst grupta yer alması, bakteri ve deniz yosunu arasındaki güçlü sinerjiyi kanıtlamaktadır. *Azospirillum* türlerinin ürettiği gibberellinlerin (özellikle GA_1 ve GA_3), hücre uzamasını teşvik ederek gövde boyunu ve boğum arası mesafesini artırdığı pek çok çalışmada rapor edilmiştir (Rozier ve ark., 2017). Deniz yosunu özütleri ise bitkinin besin alım verimliliğini artırarak gövde çapının kalınlaşmasına ve mekanik direncinin yükselmesine katkı sağlamaktadır (Nephali ve ark., 2020; Şensoy, 2024; Eser ve ark., 2024). NPK uygulamasının gövde çapında en yüksek değeri vermesi, temel besin elementlerinin yapısal gelişimdeki doğrudan etkisini gösterirken; biyostimülanların bu gelişimi hormonal düzeyde desteklemesi, kimyasal gübre kullanımını azaltma potansiyeli açısından stratejik öneme sahiptir (Alpago ve ark., 2023; Garcia-Villaraco ve ark., 2024; Ağırağaç ve Zorer Çelebi, 2025).

Kök sistemi, bitkinin su ve besin elementlerine erişimini sağlayan temel yapı olması nedeniyle fide kalitesinin en önemli göstergelerinden biridir. Çalışmada AZL-2 ve DY-1 uygulamalarının kök uzunluğu ve ağırlığı üzerinde en etkili sonuçları vermesi, literatürdeki benzer bulgularla örtüşmektedir. *Azospirillum lipoferum*'un ürettiği indol-3-asetik asit (IAA) gibi oksinler, kök mimarisini modüle ederek lateral kök oluşumunu ve kök tüylerinin gelişimini teşvik etmektedir (Salazar-Garcia ve ark., 2022; Jehani ve ark., 2023). Deniz yosunu bünyesindeki polisakkaritler ise kök bölgesinde sinyal molekülü görevi görerek kök büyümesini stimüle etmektedir (Zhang ve ark., 2024). Kök kuru ağırlığındaki artış, bitkinin daha geniş bir emilim yüzeyine sahip olduğunu

ve abiyotik stres faktörlerine karşı daha dirençli hale geldiğini göstermektedir (Şensoy, 2024).

Yaprak renginin en yüksek L* değeri AZL-3 uygulamasında elde edilirken, en düşük değerler NPK ve DY+AZL-3 uygulamalarında belirlenmiş olup, literatürde L* değerindeki azalmanın klorofil (Nakashima ve ark., 2023) ve antosiyanin gibi pigmentlerin artan konsantrasyonu ile ilişkili olduğu ve farklı uygulamaların bu pigment birikimini etkileyerek parlaklık üzerinde belirleyici rol oynadığı bildirilmektedir (Deguchi ve ark., 2016). Chroma değeri AZL-3 uygulamasında en yüksek seviyeye ulaşması, yüksek dozlu bakteri uygulamasının yaprak renk doygunluğunu artırdığını göstermektedir. Azospirillum uygulamasının yaprak renk doygunluğunu artırması, bakterinin azot fiksasyonu ve fotosentetik pigmentleri teşvik etme yeteneği ile ilişkili olabilir (Sahu ve ark., 2017). Hue değerinin kontrol ve DY-1 gruplarında yüksek olması ise, düşük dozlu uygulamaların yaprağın temel renk tonunu korumada daha başarılı olduğunu ortaya koymaktadır. Deniz yosunu özütlerinin yaprak yaşlanmasını geciktirici etkisi, klorofil parçalanmasını yavaşlatarak yaprakların daha uzun süre canlı ve yeşil kalmasını sağlamaktadır (Abbas ve ark., 2020).

Sonuç olarak, *Aster amellus* L. fidelerinde en dengeli ve üstün gelişimi hedefleyen yetiştiriciler için, elde edilen bulgular ışığında düşük dozda deniz yosunu ile *Azospirillum lipoferum* bakterisinin birlikte kullanıldığı kombinasyon (DY+AZL-1) en etkili uygulama olarak öne çıkmaktadır. Bu strateji, bitkinin hem toprak üstü aksamı olan yaprak ve gövde gelişimini sinerjik bir etkiyle teşvik etmiş hem de bitkinin genel sağlığını ve direncini artırmıştır. Tek başına bir uygulama düşünüldüğünde ise, özellikle güçlü bir kök sistemi oluşturarak bitkinin su ve besin alım verimliliğini artırmak amacıyla düşük dozda deniz yosunu (DY-1) veya orta dozda *Azospirillum* (AZL-2) uygulaması tavsiye edilebilir. Bu biyostimülanların yüksek dozlarından kaçınılması, bitkide strese yol açabilecek riskini ortadan kaldırarak tutarlı ve verimli bir fide kalitesi sağlamak adına kritik öneme sahiptir. Sonuç olarak, kimyasal gübre kullanımını azaltırken maksimum verim almayı hedefleyen modern yetiştiricilik için en ideal yol, düşük dozlu ve kombine biyostimülan uygulamalarıdır.

LİTERATÜR LİSTESİ

Abbas, M., J. Anwar, M. Zafar-ul-Hye, R. Iqbal Khan, M. Saleem, A. A. Rahi, S. Danish, and R. Datta. 2020. Effect of seaweed extract on productivity and quality attributes of four onion cultivars. Horticulturae 6(2): 28. https://doi.org/10.3390/horticulturae6020028

Ağirağaç, Z., and Ş.Z. Zorer Çelebi. 2025. Combined applications and Multi-Faceted evaluations of humic acid, seaweed, and vermicompost with chemical and organo-mineral fertilizers on corn, part I: chlorophyll concentration. Journal of Plant Nutrition 48(3): 406-417. Doi: 10.1080/01904167.2024.2405030

Alpago, Ö., M. F. Dönmez, B. Sunyar, ve İ. Çoruh. 2023. Bitki Gelişimini Uyaran Bakterilerin Kıvırcık Marul (*Lactuca sativa* var. crispa) Gelişimine Etkisinin Belirlenmesi. Uluslararası Tarım ve Yaban Hayatı Bilimleri Dergisi 9(3): 300-310. https://doi.org/10.24180/ijaws.1297251

Aremu, A. O., G. Makhaye, S. Z. Tesfay, A. S. Gerrano, C. P. Du Plooy, and S.O. Amoo. 2022. Influence of commercial seaweed extract and microbial biostimulant on growth, yield, phytochemical content, and nutritional quality of five *Abelmoschus esculentus* genotypes. Agronomy12(2): 428. https://doi.org/10.3390/agronomy12020428

Chieb, M., and E.W. Gachomo. 2023. The role of plant growth promoting rhizobacteria in plant drought stress responses. BMC Plant Biology 23(1): 407. https://doi.org/10.1186/s12870-023-04403-8

Deguchi, A., F. Tatsuzawa, M. Hosokawa, M. Doi, and S. Ohno. 2016. Quantitative evaluation of the contribution of four major anthocyanins to black flower coloring of dahlia petals. The Horticulture Journal 85(4): 340-350. https://doi.org/10.2503/hortj.MI-121

Delitte, M., S. Caulier, C. Bragard, and N. Desoignies. 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., Ö. Üzal, F. Yaşar, ve Ö. Öztaş. 2025a Azospirillum lipoferum ve deniz yosunu özütünün patlıcan (*Solanum melongena* L.) fidelerinin büyüme parametreleri ve klorofil değeri üzerindeki etkileri. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi 40(2): 327-344.

Doğan, Y. L., Ö. Üzal, Ö. Öztaş, ve F. Yaşar. 2024. Azospirillum lipoferum ve Deniz Yosunu Özütünün Sakız Kabağı (Cucurbita pepo L.) Fidelerinin Büyüme Ve Gelişim Parametreleri Üzerindeki Etkileri. Düzce Üniversitesi Orman Fakültesi Ormancılık Dergisi 20(2): 177-196.

Doğan, Y. L., Ö. Üzal, Ö. Öztaş, ve F. Yaşar. 2025b. 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.

Eser, V., Z. Ağırağaç, ve Ş.Z. Çelebi. 2024. İtalyan Çimi (*Lolium multiflorum* Lam.)'nin Ot Verimi ve Yem Değeri Üzerine Organik Gübrelerin ve Biçim Zamanlarının Etkileri. ISPEC Journal of Agricultural Sciences, 8(3): 709-721.

Garcia-Villaraco, A., B. Ramos Solano, F. J. Gutierrez-Mañero, and J.A. Lucas. 2024. Deciphering the structural and functional diversity of rhizobacteria from stone pine inoculated with plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) before and after transplanted into degraded agricultural soil. Soil Systems 8(2): 39. https://doi.org/10.3390/soilsystems8020039

Gonçalves, B., M. Santos, V. Silva, A. Rodrigues, I. Oliveira, T. Lopes, N. Sujeeth, and K.J. Guinan. 2025. Biostimulants in Fruit Crop Production: Impacts on Growth, Yield, and Fruit Quality. Horticulturae 11(12): 1452. https://doi.org/10.3390/horticulturae11121452

Jehani, M. D., Singh, S., Archana, T. S., Kumar, D., and G. Kumar. 2023. Azospirillum—a free-living nitrogen-fixing bacterium. pp. 285-308 *In* A. J. Parray, N. Shameem, D. Egamberdieva, R.Z Sayyed (Eds.) Rhizobiome. Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-443-16030-1.00001-8

Masson-Boivin, C., and J. L. Sachs. 2018. Symbiotic nitrogen fixation by rhizobia—the roots of a success story. Current Opinion in Plant Biology 44: 7-15. doi: 10.1016/j.pbi.2017.12.001

Mendez, A., S. Martinez, A. Leal, A. Hernandez, J. García, and M. Sánchez. 2023. Synergism of microorganisms and seaweed extract on vegetative growth, yield and quality of cucumber fruit. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 51(3): 12888-12888.https://doi.org/10.15835/nbha51312888

Nakashima, S., A. Nagasawa, K. Yokokura, Y. Shukuin, N.Takeda, and K. Yamamoto. 2023. Daily monitoring of ripening processes of a tomato using an original handheld visible–near-infrared spectrometer. Applied Spectroscopy Practica 1(1): 27551857231181923.

Nephali, L., L. A. Piater, I. A. Dubery, V. Patterson, J. Huyser, K. Burgess, and F. Tugizimana. 2020. Biostimulants for plant growth and mitigation of abiotic stresses: A metabolomics perspective. Metabolites10(12): 505. Doi: 10.3390/metabo10120505

Rozier, C., J. Hamzaoui, D. Lemoine, S. Czarnes, and L. Legendre. 2017. Field-based assessment of the mechanism of maize yield enhancement by *Azospirillum lipoferum* CRT1. Scientific reports 7(1): 7416. Doi: 10.1038/s41598-017-07929-8

Sahu, P. K., A. Gupta, L. Sharma, and R. Bakade. 2017. Mechanisms of Azospirillum in plant growth promotion. Sch J Agric Vet Sci. 4(9): 338-343. DOI: 10.36347/sjavs.2017.v04i09.003

Salazar-Garcia, G., H.E. Balaguera-Lopez, and J.P. Hernandez. 2022. Effect of plant growth-promoting bacteria Azospirillum brasilense on the physiology of radish (*Raphanus sativus* L.) under waterlogging stress. Agronomy 12(3): 726. https://doi.org/10.3390/agronomy12030726

Shahwar, D., Z. Mushtaq, H. Mushtaq, A. A. Alqarawi, Y. Park, T. S. Alshahrani, and S. Faizan. 2023. Role of microbial inoculants as bio fertilizers for improving crop productivity: A review. Heliyon 9(6). doi: 10.1016/j.heliyon.2023.e16134

South, K. A., N. P. Nordstedt, and M.L. Jones. 2021. Identification of plant growth promoting rhizobacteria that improve the performance of greenhouse-grown petunias under low fertility conditions. Plants 10(7): 1410. https://doi.org/10.3390/plants10071410

Şa, Z., A. Ç. Tütüncü, S. Demirkaya, ve H. Özer. 2023. Organik ve konvansiyonel fide yetiştiriciliğinin domates fidelerinin kalitesi üzerine etkileri. Anadolu Tarım Bilimleri Dergisi 38(3): 555-564. https://doi.org/10.7161/omuanajas.1337133

Şensoy, S. 2024. The role of biostimulants in enhancing yield, quality, and stress tolerance in sustainable vegetable production. Innovations in Sustainable Agriculture and Aquatic Sciences 73-98

Varekar, V., V. Yadav, and S. Karmakar. 2021. Rationalization of water quality monitoring locations under spatiotemporal heterogeneity of diffuse pollution using seasonal export coefficient. Journal of Environmental Management 277: 111342.

Yaghoubi Khanghahi, M., S. Strafella, P. Filannino, F. Minervini, and C. Crecchio. 2024. Importance of lactic acid bacteria as an emerging group of plant growth-promoting rhizobacteria in sustainable agroecosystems. Applied Sciences 14(5): 1798.

Zhang, Q., J. Masabni, and G. Niu. 2024. Microbial biostimulants and seaweed extract synergistically influence seedling growth and morphology of three onion cultivars. Horticulturae 10(8): 800.