

Alev Çalısının (*Photinia × fraseri* Dress.) Fidan Gelişimi Üzerine Amino Asit, Rizobakteri ve Mikoriza Uygulamalarının Etkileri

Sefa GÜN^{1*}, Burhan ÖZTÜRK²

¹Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu; ORCID: 0000-0002-9516-386X

²Ordu Üniversitesi, Ziraat Fakültesi, Bahçe Bitkileri Bölümü, Ordu; ORCID: 0000-0002-0867-3942

Gönderilme Tarihi: 1 Ekim 2024

Kabul Tarihi: 26 Aralık 2024

ÖZ

Alev çalısı (*Photinia × fraseri* Dress.), genç sürgünlerinin kırmızı rengi nedeniyle popüler bir dış mekân süs bitkisi olup, çit bitkisi olarak kullanılmaktadır. Kaliteli fidan gelişimi, bu bitkinin pazar değeri açısından önemlidir. Bu çalışmada, alev çalısının fidan gelişim özellikleri üzerine amino asit, rizobakteri ve mikoriza uygulamalarının etkileri incelenmiştir. Araştırmada bitki boyu, gövde çapı, kök uzunluğu ve yaprak sayısı gibi bazı parametreler üzerine amino asit (1.5 mL.L⁻¹ ve 3 mL.L⁻¹), rizobakteri (10 mL.L⁻¹ ve 50 mL.L⁻¹) ve mikoriza (10 g.L⁻¹ ve 50 g.L⁻¹) uygulamalarının etkileri değerlendirilmiştir. Çalışma sonucunda en uzun bitki boyu sırasıyla 32.1, 29.2 ve 29.0 cm ile 1.5 mL.L⁻¹ amino asit, 10 g.L⁻¹ ve 50 g.L⁻¹ mikoriza uygulamasından elde edilirken en kısa ise 24.5 cm ile kontrol uygulamasından elde edilmiştir. Bunun yanında en uzun yan sürgün uzunluğu 16 cm ile 3 mL.L⁻¹ amino asit uygulamasında tespit edilirken, en kısa ise 11 cm ile 1.5 mL.L⁻¹ aminoasit uygulamasında tespit edilmiştir. Ayrıca uygulamalar arasında kök uzunluğu 22-28 cm arasında değişkenlik göstermiştir. En yüksek kök kuru ağırlığı 10 g.L⁻¹ mikoriza uygulamasında, en yüksek bitki kuru ağırlığı ise 10 mL.L⁻¹ rizobakteri uygulamasında bulunmuştur. Sonuç olarak alev çalısı bitkisinin fidan gelişimi üzerine bitki gelişimi teşvik eden uygulamaların olumlu etkilerinin olduğu tespit edilmiştir.

Anahtar Kelimeler: Bitki boyu, çoğaltma, biyogübre, sürdürülebilir tarım

Effects of Amino Acid, Rhizobacteria and Mycorrhiza Applications on Sapling Development of Red Robin (*Photinia × fraseri* Dress.)

ABSTRACT

Red robin (*Photinia × fraseri* Dress.) is a popular outdoor ornamental plant due to the red colour of its young shoots and is commonly used as a hedge plant. Quality sapling development is important for its market value. In this study, the effects of amino acid, rhizobacteria, and mycorrhiza treatments on the sapling growth characteristics of the Red robin were investigated. The effects of amino acid (1.5 mL.L⁻¹ and 3 mL.L⁻¹), rhizobacteria (10 mL.L⁻¹ and 50 mL.L⁻¹), and mycorrhiza (10 g.L⁻¹ and 50 g.L⁻¹) treatments on various parameters such as plant height, stem diameter, root length, and leaf number were evaluated. As a result of the study, the longest plant height was obtained from 1.5 mL.L⁻¹ amino acid, 10 g.L⁻¹ and 50 g.L⁻¹ mycorrhiza treatments with 32.1 cm, 29.2 cm and 29.0 cm, respectively, while the shortest plant height was obtained from the control treatment with 24.5 cm. In addition, the longest shoot length was 16 cm in 3 mL.L⁻¹ amino acid treatment and the shortest was 11 cm in 1.5 mL.L⁻¹ amino acid treatment. In addition, root length varied between 22-28 cm among the treatments. The highest root dry weight was obtained from 10 g.L⁻¹ mycorrhiza treatment and the highest plant dry weight was obtained from 10 mL.L⁻¹ rhizobacteria treatment. As a result, it was determined that plant growth promoting applications had positive effects on the sapling development of red robin plant.

Keywords: Plant length, propagation, biofertilizer, sustainable agriculture

GİRİŞ

Alev çalısı (*Photinia × fraseri* Dress.), Japon *Photinia glabra* ve Çin *Photinia serrulata* melezinden elde edilmiş her dem yeşil bir süs bitkisidir. Gülgiller (*Rosaceae*) familyasından olan bitkinin boyu 4-6 metre yüksekliğe ve eni ise 2-4 metreye ulaşır. İlkbahar ve sonbaharda genç yaprakları kırmızımsı renktedir. Aynı zamanda bitkiler, ilkbahar ve yaz aylarında 2-3 hafta boyunca

büyük, kokulu ve beyaz çiçeklere sahiptir [1]. Bu özelliklerinden dolayı birçok ülkede yol kenarlarında, park ve bahçelerde süs amaçlı olarak kullanılmaktadır. Bu bakımdan alev çalısı, süs bitkileri sektöründe önemli ticari değere sahiptir. Süs bitkileri içerisinde önemli bir yere sahip olan alev çalısının fidan gelişimi, pazar değerini belirleyen ana faktördür.

Günümüzde tarımsal üretimi ve ürün kalitesini artırma da kullanılan tarımsal kimyasalların

*Sorumlu yazar / Corresponding author: sfgn55@gmail.com

ekosistemler üzerindeki olumsuz etkisinin azaltılması amacı ile detaylı araştırmaların yapılması gerekmektedir. Tarımsal ekosistemin korunması, kimyasal kullanımının azaltılması, besin alımının ve kullanımının iyileştirilmesi ve bitkilerin doğal savunmalarının artırılması üzerine bu araştırmalar yoğunlaşmaktadır [2, 3]. Nitekim yoğun kimyasal gübre kullanımından dolayı meydana gelen olumsuz çevresel etkilerin iyileştirilmesi için bitki büyümesini teşvik eden aminoasit, rizobakteri (Plant Growth Promoting Rhizobacteria-PGPR) ve mikoriza (AMF) gibi biyogübreler tavsiye edilmektedir [4, 5, 6].

Bakteriler, mantarlar ve algler gibi mikroorganizmalardan üretilen biyogübreler ve aminoasit içeren biyostimulantlar, sadece ekolojik, çevre dostu ve uygun maliyetli olmakla kalmayıp aynı zamanda toprak yapısını ve biyoçeşitliliğini koruyan geleneksel tarım yöntemlerine alternatif olarak önerilmektedir [7, 8]. Toprağa, tohumlara veya bitkilere uygulandığında, biyogübreler besin kullanılabilirliğini artırarak bitki büyümesini teşvik etmektedirler. Rizosferi kolonize ederek ve mikrobiyal aktiviteyi teşvik ederek, besin maddelerinin kullanılabilirliğini artırır ve bunun sonunda elementlerin bitkiler tarafından daha kolay emilimi sağlanır [9].

Aminoasit içeren biyostimulantlar bitki büyümesi ve gelişimini, mahsul verimini ve besin kullanımının verimliliğini artırmaktadır. Bunun haricinde çeşitli abiyotik streslere karşı bitkinin direncini iyileştirdiği rapor edilmektedir [10, 11].

Kök çevresini kaplayan yoğun toprak alanı rizosfer olarak adlandırılmaktadır [12]. “Rizobakteri” terimi, kök çevresinde kolonize olan rizosferdeki bakterileri ifade etmektedir [13]. Rizobakteriler (PGPR), toprak katkı maddelerinin yeniden kullanımı için teşvik edici olduklarından toprak zenginliğinin sürdürülmesi için önemlidir [14]. Aynı zamanda bitki üzerinde, bitki biyokütlesini, bitki besin içeriğini (azot, fosfor, potasyum ve demir dahil) [15], kök ve/veya sürgün uzunluğunu, tohum çimlenme oranını, hastalık yapıcı patojenlere karşı direnci [16, 17, 18] ve çeşitli abiyotik streslere (aşırı sıcaklık, yüksek tuz seviyeleri, kök oksijen konsantrasyonu, sel ve kuraklık gibi) karşı bitki toleransını artırma gibi etkilere sahip olduğu bildirilmektedir [15, 19, 20].

Kökler ve toprak arasında yaşayan arbusküler mikoriza mantarlar (AMF), bitki ve toprak arasındaki kaynak alışverişinde önemli rol oynayan bir mikroorganizma grubudur [21]. Bitkilerin çoğuyla simbiyotik ilişki kurabilmesi ile birlikte [22] toprak rejenerasyonuna, besin döngüsüne ve mikrobiyal topluluklara aracılık edebilmektedir [23].

Aminoasit içeren biyosimulantlar, rizobakteriler (PGPR) ve arbusküler mikoriza mantarları (AMF)

gibi çevre dostu biyogübrelerin alev çalışı fidanlarının gelişim parametreleri üzerinde olumlu etkilerinin olacağı düşünülmektedir. “Bu biyogübrelerin uygulaması, alev çalışı fidanlarının boy, yaprak sayısı ve kök gelişimi gibi gelişim parametrelerini sadece temel kimyasal gübre uygulamalarına kıyasla daha fazla artıracaktır” araştırmanın hipotezini oluşturmaktadır. Bu hipotez çalışmanın ana amacını yansıtmakta ve literatürde belirtilen biyogübrelerin bitki gelişimi üzerindeki olumlu etkilerine dayanmaktadır. Aynı zamanda, alev çalışı özelinde bu tür uygulamaların etkilerinin araştırıldığı çalışmaların sınırlı olması bu çalışmanın özgünlüğünü göstermektedir. Çalışma, bitki büyümesini teşvik eden aminoasit, rizobakteriler ve mikorizaların alev çalışı bitkisinin fidan gelişim parametreleri üzerine olan etkilerini belirlemek amacıyla yürütülmüştür.

MATERYAL VE METOT

Bitkisel Materyal

Araştırmanın bitkisel materyalini alev çalışı (*Photinia × fraseri* Dress.), bitkisi oluşturmaktadır. Çelikler Ordu Üniversitesi kampüsü içerisindeki 5 yıllık alev çalışı bitkisinden 3 Mayıs 2023 tarihinde temin edilmiştir. Elde edilen çelikler içerisinde torf ve perlit harcı (2/1 oranında) bulunan 48’li viyoller içerisine dikilmiştir. Kök sarımı gerçekleşen köklü çelikler, 18 Haziran 2023 tarihinde içerisinde harç (toprak-perlit-organik materyal 1/1/1) bulunan 2 litrelik torbalara aktarılmıştır. Torbaya dikimi yapılan bitkilerde, ortam adaptasyonunun sağlanması için yaklaşık 2 hafta sadece sulama yapılmıştır. Ardından 2 Temmuz 2023 tarihinde gübreleme programı uygulanmaya başlanmıştır. Bitkiler büyüme ve gelişim süresince düzenli olarak 09.00 ve 18.00 saatlerinde 15 dk mistleme yöntemi ile sulanmıştır.

Denemenin Yürütüldüğü Sera Koşulları

Deneme, çatı havalandırmasına sahip polikarbon sera içerisinde yürütülmüştür. Çalışmanın yürütüldüğü seranın ortalama sıcaklık değeri 24.6°C ve ortalama nem değeri %81 olarak ölçülmüştür (Hobo Datalogger-HOBO U12-012, Onset, Amerika Birleşik Devletleri).

Deneme Dizaynı ve Gübreleme Programı

Deneme, 3 tekerrürlü ve her tekerrür de 20 bitki olacak şekilde tasarlanmıştır. Denemede, tüm bitkilere temel gübreleme olarak 20-20-20 NPK içerikli gübre uygulanmıştır. Gübreleme uygulamaları 10 gün arayla 3 kez tekrarlanmıştır. Gübre çözeltileri her uygulama döneminde toprak yüzeyini ıslatma şeklinde 200 mL hacimde

uygulanmıştır. Yalnızca temel gübreleme yapılmış bitkiler kontrol uygulaması (U1) olarak değerlendirilmiştir. Bununla birlikte temel gübreleme ile amino asit (U2:1.5 mL.L⁻¹ ve U3:3.0 mL.L⁻¹), rizobakteri (U4:10 mL.L⁻¹ ve U5:50 mL.L⁻¹) ve mikoriza (U6:10 g.L⁻¹ ve U7:50 g.L⁻¹) biyogübreleri kombine edilerek toplamda 7 farklı uygulama yapılmıştır. Gübreleme programına eklenen biyogübreler (aminoasit, rizobakteri karışımı ve mikoriza) ticari firmalardan temin edilmiştir. Denemede uygulamalara ait detaylı bilgiler Çizelge 1’de sunulmuştur. Denemede ölçümler 15 Ekim 2023 tarihinde yapılmıştır.

Çizelge 1. Farklı gübre uygulamalarına ait bilgiler

Uygulama Kodu	Uygulamalar	Uygulama İçeriği
U1	Temel gübreleme (Kontrol)	20-20-20 (NPK)
U2	Temel gübreleme + 1.5 mL.L ⁻¹ Aminoasit (SAF A-MİNO)	20-20-20 (NPK) %50 Organik madde (w/w) %18 Organik karbon (w/w)
U3	Temel gübreleme + 3 mL.L ⁻¹ Aminoasit (SAF A-MİNO)	%7.5 Organik azot (N) (w/w) %13 Serbest aminoasitler (w/w) pH 5.5-7.5
U4	Temel gübreleme + 10 mL.L ⁻¹ Rizobakteri karışımı (PGRP) (VitaSoil)	20-20-20 (NPK) 3×10 ⁴ CFU mL ⁻¹ <i>Nocardiopsis alba</i>
U5	Temel gübreleme + 50 mL.L ⁻¹ Rizobakteri karışımı (PGRP) (VitaSoil)	<i>Acinetobacter johnsonii</i> <i>Acetobacter fabarum</i> <i>Azospirillum brasilense</i>
U6	Temel gübreleme + 10 g.L ⁻¹ Mikoriza (AMF) (MycuUP)	20-20-20 (NPK) 1×10 ⁴ spor 100 g ⁻¹
U7	Temel gübreleme + 50 g.L ⁻¹ Mikoriza (AMF) (MycuUP)	<i>Glomus iranicum</i> var. <i>tenuihypharum</i>

İncelenen Parametreler

•**Bitki Boyu (cm):** Toprak yüzeyinden bitkinin ulaşabildiği en yüksek nokta arasındaki uzunluktur. Cetvelle ölçülerek belirlenmiştir.

•**Ana Gövde Çapı (cm):** Bitki ana gövdesinin alt (toprağa yakın), orta ve üst kısımları kumpas ile ölçülerek belirlenmiştir.

•**Yaprak Sayısı (adet):** Bitkilerin üzerinde bulunan tüm yapraklar sayılarak adet olarak belirlenmiştir.

•**Yan Sürgün Uzunluğu (cm):** Bitkinin ana gövde üzerinde gelişen yan sürgünlerin gövde ile birleşmiş kısımdan sürgünün en ucu arasındaki kısım cetvel ile ölçülerek belirlenmiştir.

•**Kök Uzunluğu (cm):** Her uygulamaya ait bitkinin gelişen tüm köklerinin uzunluğu ölçülmüş ve elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır. Kök uzunluğu verileri cetvel ile ölçülerek belirlenmiştir.

•**Kök Sayısı (adet):** Her uygulamaya ait bitkinin tüm kökleri sayılmış ve elde edilen değerlerin ortalaması alınmıştır.

•**Bitki Kuru Madde Oranı (%):** Bitkinin kökü haricindeki tüm kısımlarının taze ağırlıkları ölçülmüştür. Taze ağırlığı alınan bitki parçaları kese kağıtlarına konulmuş ve 65°C’ye ayarlı etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Örneklerin

kuru ağırlıkları alınarak Kuru Madde Oranı; Kuru Ağırlık / Yaş Ağırlık × 100 eşitliği ile hesaplanarak % olarak ifade edilmiştir

•**Kök Kuru Madde Oranı (%):** Bitkinin kökünün taze ağırlıkları hassas terazide ölçülmüştür. Taze ağırlığı alınan kökler kese kağıtlarına konulmuş ve 65°C’ye ayarlı etüvde sabit ağırlığa gelinceye kadar kurutulmuştur. Örneklerin kuru ağırlıkları alınarak Kuru Madde Oranı; Kuru Ağırlık / Yaş Ağırlık × 100 eşitliği ile hesaplanarak % olarak ifade edilmiştir.

İstatistik Analiz

Yapılan kontrol sonucunda koşulları sağlayan verilerin tanımlayıcı istatistikleri hesaplanmış ve varyans analizi ile değerlendirilmiştir. Elde edilen veriler varyans analizi (ANOVA) ile analiz edildikten sonra, uygulamalar arasındaki anlamlılık düzeyi Tukey çoklu karşılaştırma testi ile belirlenmiştir. İstatistiksel analizler MINITAB 17 paket programında yapılmıştır. İstatistiksel analizlerde ve sonuçların yorumlanmasında anlamlılık düzeyi $\alpha = \%5$ olarak dikkate alınmıştır.



Şekil 1. Gübre uygulaması sonrası yapılan ölçüm sırasında alev çalışının bitki ve kök görünümü

BULGULAR

Farklı içerikli gübre uygulamalarının alev çalışısı bitkisinin gelişim parametrelerine ait veriler Çizelge 2’de verilmiştir. Bitki boyu verileri incelendiğinde, uygulamalar arasında önemli derecede farklılıklar belirlenmiştir. Nitekim en uzun bitki boyu 32.1 cm ile U2 uygulamasında, en kısa bitki boyu ise 24.5 cm ile

U1 uygulamasında bulunmuştur. Bununla birlikte, U3, U6 ve U7 uygulamalarının bitki boyları U2 uygulaması ile benzer düzeyde olduğu görülmüştür. Yine U3, U4 ve U5 uygulamalarında ölçülen bitki boyu en kısa bitki boyuna sahip olan U1 uygulamasından farksız olduğu tespit edilmiştir.

Bitki gövde çapı verilerinde uygulamalar arasında önemli bir fark bulunmamıştır. Bununla birlikte en kalın bitki gövde çapı 2.9 cm ile U3 ve U6 uygulamalarından elde edilmiştir. En düşük bitki gövde çapı değeri ise 2.2 cm ile U1 uygulamasında ölçülmüştür.

Yan sürgün uzunluğu değerleri karşılaştırıldığında bazı uygulamalar arasında önemli derecede farklılıklar tespit edilmiştir. En yüksek sürgün uzunluğu 16.0 cm ile U3 uygulamasında ölçülürken en kısa ise 10.7 cm ile U2 uygulamasında ölçülmüştür.

Bitki kuru madde oranı değerlerinde, uygulamalar arasında önemli farklılığın olduğu tespit edilmiştir. %36.2 ile U4 ve U7 uygulamalarında diğer uygulamalara göre önemli düzeyde daha fazla kuru madde olduğu tespit edilmiştir. Bununla birlikte en fazla ikinci kuru madde oranına sahip uygulama ise %35.7 ile U3 uygulaması olduğu belirlenmiştir. Fakat U2 ve U6 uygulamaları ise %32.9 ve %32.6 ile en az kuru maddeye sahip uygulamalar olduğu tespit edilmiştir. Kontrol uygulamasının (%35.2) ise U5 uygulamasına (%33.3) göre daha fazla kuru madde oranına sahip olduğu belirlenmiştir.

Yaprak sayısı verileri kıyaslandığında uygulamalar arasında istatistiki açıdan fark olmadığı belirlenmiştir. En az yaprak sayısı 14.6 adet ile U4 uygulamasından elde edilirken, en fazla yaprak sayısı ise 18.7 adet ile U6 ve U7 uygulamalarından elde edilmiştir.

Farklı içerikli gübre uygulamaları ile muamele olmuş alev çalısı bitkisinin kök gelişimi parametrelerine ait veriler Çizelge 3'de sunulmuştur. Kök uzunluğu verileri değerlendirildiğinde bazı uygulamalar arasında farklılığın önemli olduğu tespit edilmiştir. En uzun kökler 28.2 cm ile U5 uygulamasında ölçülmüştür. En kısa kökler ise sırasıyla 22.1, 22.2 ve 22.3 cm ile U1, U2 ve U3 uygulamalarından elde edilmiştir.

Kök sayısı değerleri karşılaştırıldığında, uygulamalar arasında önemli farklılığın olduğu tespit edilmiştir. En yüksek kök sayısı 17.2 adet ile U7 uygulamasında bulunmuştur. U7 uygulamasını 13.7 ve 13.0 adet ile U6 ve U2 uygulaması takip etmiştir. En düşük kök sayısı ise 7.0 adet ile U1 uygulamasından elde edilmiştir. Bununla birlikte U4 ve U3 uygulamalarında sırasıyla 8.7 ve 11.5 adet kök sayısı ölçülmüştür. Bu uygulamaların kök sayısı ile kontrol (U1) uygulaması arasında farklılığın olmadığı

belirlenmiştir. U5 uygulamasının kök sayısı ise 12.3 adet olduğu tespit edilmiştir.

Kök kuru madde oranı değerlerine göre, uygulamalar arasında önemli farklılığın olduğu saptanmıştır. Kök kuru madde oranı U7 uygulamasında %26.9 oranında diğer uygulamalara göre önemli derecede daha yüksek bulunmuştur. Bununla birlikte en düşük kök kuru madde oranı ise sırasıyla %22.6 ve %23.2 ile U2 ve U3 uygulamalarında tespit edildi. Ayrıca U1 (%25.1), U4 (%25.3) ve U6 (%25.6) uygulamaları benzer kuru madde oranına sahip olduğu belirlenmiştir.

Çizelge 2. Aminoasit, rizobakteri ve mikoriza içeren gübre uygulamalarının bitki gelişimi üzerine etkileri

Uygulama	Bitki Boyu (cm)	Bitki Gövde Çapı (cm)	Yaprak Sayısı (adet)	Yan Sürgün Uzunluğu (cm)	Bitki Kuru Madde Oranı (%)
U1	24.5 c	2.2	15.8	13.2 ab	35.2 c
U2	32.1 a	2.7	16.1	10.7 b	32.9 e
U3	28.0 abc	2.9	17.2	16.0 a	35.7 b
U4	27.8 bc	2.4	14.6	14.3 ab	36.2 a
U5	27.2 bc	2.7	16.0	13.0 ab	33.3 d
U6	29.2 ab	2.9	18.7	13.9 ab	32.6 e
U7	29.0 ab	2.6	18.7	14.4 ab	36.2 a

Aynı sütunda aynı küçük harf ile gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur (Tukey, $P \leq 0.05$).

Çizelge 3. Aminoasit, rizobakteri ve mikoriza içeren gübre uygulamalarının kök gelişimi üzerine etkileri

Uygulama	Kök Uzunluğu (cm)	Kök Sayısı (adet)	Kök Kuru Madde Oranı (%)
U1	22.1 b	7.0 d	25.1 b
U2	22.3 b	13.0 abc	22.6 d
U3	22.2 b	11.5 bcd	23.2 d
U4	25.1 ab	8.7 cd	25.3 b
U5	28.2 a	12.3 bc	24.0 c
U6	26.4 ab	13.7 ab	25.6 b
U7	25.2 ab	17.2 a	26.9 a

Aynı sütunda aynı küçük harf ile gösterilen ortalamalar arasında fark yoktur (Tukey, $P \leq 0.05$).

TARTIŞMA

Biyogübreler, bitki büyüme ve gelişimi üzerinde önemli etkilere sahiptir. Aminoasit içeren biyogübreler, karbon ve azot metabolizmasında rol oynayan enzim ve hormon aktivitelerini (oksin ve giberellik asit) uyardığı bildirilmiştir [24]. Çalışmamız da ise amino asit uygulamalarının bitki boyunu önemli düzeyde artırdığı gözlemlenmiştir. Özellikle yüksek dozlu aminoasit uygulamasının sürgün uzunluğunu artırdığı tespit edilmiştir. Bu bulgular, Colla vd. [39] tarafından yapılan çalışmayla uyumludur. Bu çalışmada amino asit bazlı biyostimülantların marul bitkisinin büyümesini ve verimini artırdığını göstermişlerdir [39].

Mikorizalar, toprak içerisinde köklere bir hif ağı geliştirerek bitkilerin toprak yüzey alanına daha fazla erişimini sağlayarak büyümenin artmasına sebep olmaktadır [25]. Önceki çalışmalarda, mikorizanın havai fişek çiçeği [26] ve kemer sardunya [27] bitkisinin boyunu uzattığı tespit edilmiştir. Benzer şekilde, çalışmamızda mikoriza uygulamalarının bitki boyunu artırmada etkili olduğu görülmüştür. Fakat kontrol uygulamasına kıyasla bitki gövde çapı ve yaprak sayısına önemli bir etkisi olmadığı gözlemlenmiştir. Bununla birlikte yüksek doz mikoriza uygulamasının bitki kuru madde oranını artırdığı belirlenmiştir. Bu bulgular turuncgil fidanlarının gelişimi üzerine yapılan çalışma ile desteklenmektedir. Bu çalışmada mikoriza uygulamasının turuncgil fidanlarının büyümesini ve kuraklık toleransını artırdığı tespit edilmiştir [42].

Rizobakterilerin azot fiksasyonu yapabildiklerini, fosfatı çözebilme özelliğine sahip olduklarını ve fitohormon (oksin ve giberellin) sentezini teşvik ettikleri ifade edilmiştir [14]. Fakat çalışmamızda rizobakteri uygulamalarının bitki boyu, gövde çapı ve yaprak sayısını artırmada önemli bir etkisi gözlemlenmemiştir. Buna karşın adaçayı [28] ve laledede yapılan rizobakter uygulamalarında kuru madde oranının arttığı bildirilmiştir. Başka çalışmada [29] ise rizobakteri uygulamasının sümbül fidelerinin gövde çapını artırdığı tespit edilmiştir.

Aminoasit gibi biyogübreler ile muamele olmuş bitkilerin kök gelişiminin daha iyi olduğu bildirilmiştir [30]. Çalışmamızda alev çalısı bitkisinin kök uzunluğu üzerine aminoasit uygulamalarının önemli bir etkisi görülmezken, kök kuru madde oranı üzerine ise olumsuz etkisi olduğu belirlenmiştir. Fakat düşük dozun kök sayısını artırmada daha etkili olduğu gözlemlenmiştir. Bu bulgular, önceki çalışmalar ile kısmen benzerlik göstermektedir. Nitekim bu çalışmalarda amino asit bazlı biyostimülantların mısır [43] ve şeker pancarı [40] bitkilerinin kök büyümesini artırdığını ifade etmişlerdir.

Önceki çalışmalarda rizobakteri uygulamasının gül [31], muz [32] ve maş fasulyesi bitkilerinin [33] kök uzunluğunu artırmada etkili olduğu belirtilmiştir. Çalışmamızda da benzer şekilde rizobakteri uygulamaların kök uzunluğu, kök sayısı ve kök kuru madde oranı üzerine genel olarak olumlu etkilerinin olduğu belirlenmiştir. Ayrıca bizim çalışmamıza uyumlu olarak İpek vd. [41] yaptığı çalışmasında rizobakteri uygulamalarının fidan gelişimi üzerine olumlu etkilerinin olduğunu bildirmişlerdir [41].

Mikoriza uygulamaları toprağın yapısının iyileştirdiğini böylece köklerin daha kolay büyümesini sağladığını ve köklerin çevresindeki su ve hava hareketini optimize ettiği bildirilmiştir [25,

34]. Çalışmamızda mikoriza uygulamalarının kök uzunluğu, kök sayısı ve kök kuru madde oranını artırmada olumlu etkileri olmuştur. Benzer şekilde önceki çalışmalarda da mikoriza'nın gazanya [35], gerbera [36], sardunya [37] ve krizantem bitkilerinin [38] kök uzunluğunu artırdığını rapor etmişlerdir.

SONUÇ

Sonuç olarak, bu çalışma biyogübrelerin bitki büyüme ve gelişimi üzerinde genel olarak olumlu etkileri olduğunu göstermektedir. Aminoasit, mikoriza ve rizobakteri uygulamalarının alev çalısı bitkisinin farklı büyüme parametreleri üzerinde çeşitli etkiler gösterdiği tespit edilmiştir. Aminoasit uygulamaları özellikle bitki boyu ve sürgün uzunluğunu artırmada etkili olurken, mikoriza uygulamaları bitki boyu ve kuru madde oranını olumlu yönde etkilemiştir. Rizobakteri uygulamaları ise kök gelişimi üzerinde genel olarak olumlu etkiler göstermiştir. Gelecekteki çalışmalarda, farklı biyogübre kombinasyonlarının ve uygulamam yöntemlerinin incelenmesi, süs bitkisi yetiştiriciliğinde daha etkili ve sürdürülebilir uygulamaların geliştirilmesine katkı sağlayabilir.

TEŞEKKÜR

Çalışmada biyogübreleri temininde katkı sağlayan OR-SAM Tarım ve Sunever firmalarına teşekkür ederiz.

KAYNAKLAR

1. Çetiner, S., Zencirkıran, M. 2020. Alev çalısı (*Photinia × fraseri* Dress. 'Red Robin')'nın farklı saksı ve yetiştirme ortamlarında fidan büyüme özelliklerinin belirlenmesi. Bartın Orman Fakültesi Dergisi 22(2):294-306.
2. Costa, J.A.V., Freitas, B.C.B., Cruz, C.G., Silveira, J., Morais, M.G. 2019. Potential of micro algae as biopesticides to contribute to sustainable agriculture and environmental development. J. Environ. Sci. Health B, 54:366-375.
3. Singh, N., Joshi, E., Sasode, D.S., Dangi, R.S., Chouhan, N. 2020. Soil fertility, macro and micro nutrient uptake and their use efficiencies under integrated nutrient management in groundnut (*Arachis hypogaea* L.). Int. J. Chem. Stud. 8:1983-1987.
4. Glick, B.R. 1995. The enhancement of plant growth by free-living bacteria. Can. J. Microbiol. 41(2):109-117.
5. Igiehon, N.O., Babalola, O.O. 2017. Biofertilizers and sustainable agriculture: exploring arbuscular

- mycorrhizal fungi. Appl. Microbiol. Biotechnol. 101:4871-4881.
6. Caruso, G., De Pascale, S., Cozzolino, E., Cuciniello, A., Cenvinzo, V., Bonini, P., ... & Rouphael, Y. 2019. Yield and nutritional quality of Vesuvian Piennolo tomato PDO as affected by farming system and bio stimulant application. Agronomy 9(9):505.
7. Thomas, L., Singh, I. 2019. Microbial biofertilizers: types and applications. Biofertil. Sustain. Agric. Environ. 55:1-19.
8. Tadros, M.J., Omari, H.J., Turk, M.A. 2019. The morphological, physiological and biochemical responses of sweet corn to foliar application of amino acids bio stimulants sprayed at three growth stages. Australian Journal of Crop Science 13(3):412-417.
9. Daniel, A.I., Fadaka, A.O., Gokul, A., Bakare, O.O., Aina, O., Fisher, S., Burt, A.F., Mavumengwana, V., Keyster, M., Klein, A. 2022. Biofertilizer: the future of food security and food safety. Microorganisms 10:1220.
10. Kunicki, E., Grabowska, A., Sękara, A., Wojciechowska, R. 2010. The effect of cultivar type, time of cultivation, and bio stimulant treatment on the yield of spinach (L.). Folia Horticulturae 22(2):9-13.
11. Desoky, E.S.M., Elrys, A.S., Mansour, E., Eid, R. S., Selem, E., Rady, M.M., ... & Semida, W.M. 2021. Application of bio stimulants promotes growth and productivity by fortifying the antioxidant machinery and suppressing oxidative stress in faba bean under various abiotic stresses. Scientia Horticulturae 288:110340.
12. Ahkami, A.H., White, III, R.A., Handakumbura, P.P., Jansson, C. 2017. Rhizosphere engineering: enhancing sustainable plant ecosystem productivity. Rhizosphere 3:233-243.
13. Katiyar, D., Hemantaranjan, A., Singh, B. 2016. Plant growth promoting rhizobacteria-an efficient tool for agriculture promotion. Adv. Plants Agric. Res. 4(6):426-434.
14. Glick, B.R. 2012. Plant growth-promoting bacteria: mechanisms and applications. Scientifica 2012(1):963401.
15. Glick, B.R. 2020. Beneficial plant-bacterial interactions. 2. ed., Springer: Berlin/Heidelberg, Germany, pp:383.
16. Hao, Y., Charles, T.C., Glick, B.R. 2007. ACC deaminase from plant growth-promoting bacteria affects crown gall development. Canadian Journal of Microbiology 53(12):1291-1299.
17. Vicente, C., Nascimento, F., Espada, M., Barbosa, P., Mota, M., Glick, B., Oliveira, S. 2012. The role of *Bursaphelenchus xylophilus* associated bacteria in pine wilt disease.
18. Akanmu, A.O., Babalola, O.O., Venturi, V., Ayilara, M.S., Adeleke, B.S., Amoo, A.E., ... & Glick, B.R. 2021. Plant disease management: leveraging on the plant-microbe-soil interface in the biorational use of organic amendments. Frontiers in Plant Science 12:700507.
19. Li, J., McConkey, B.J., Cheng, Z., Guo, S., Glick, B.R. 2013. Identification of plant growth-promoting bacteria-responsive proteins in cucumber roots under hypoxic stress using a proteomic approach. Journal of Proteomics 84:119-131.
20. Ali, S., Charles, T.C., Glick, B.R. 2014. Amelioration of high salinity stress damage by plant growth-promoting bacterial endophytes that contain ACC deaminase. Plant Physiology and Biochemistry 80:160-167.
21. van der Heijden M.G., Martin F.M., Selosse M.A., Sanders I.R. 2015. Mycorrhizal ecology and evolution: the past, the present, and the future. New Phytologist 205(4):1406-1423, doi:https://doi.org/10.1111/nph.13288.
22. Smith, S.E., Smith, F.A. 2012. Fresh perspectives on the roles of arbuscular mycorrhizal fungi in plant nutrition and growth. Mycologia 104(1):1-13.
23. Frey, S.D. 2019. Mycorrhizal fungi as mediators of soil organic matter dynamics. Annual Review of Ecology, Evolution and Systematics, 50(1), doi:https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110617-062331.
24. Sheng, Y., Cheng, H., Wang, L., Shen, J., Tang, M., Liang, M., ... & Song, Z. 2020. Foliar spraying with compound amino acid-iron fertilizer increases leaf fresh weight, photosynthesis, and fe-s cluster gene expression in peach (*Prunus persica* (L.) Batsch). BioMed Research International 2020(1):2854795.
25. Eroğlu, Ç.G., Cabral, C., Ravnskov, S., Bak Topbjerg, H., Wollenweber, B. 2020. Arbuscular mycorrhiza influences carbon-use efficiency and grain yield of wheat grown under pre-and post-anthesis salinity stress. Plant Biology 22(5):863-871.
26. Vaingankar, J.D., Rodrigues, B.F. 2015. Effect of arbuscular mycorrhizal (AM) inoculation on growth and flowering in *Crossandra infundibuliformis* (L.) Nees. Journal of Plant Nutrition 38(10):1478-1488.
27. Nowak, J. 2004. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and organic fertilization on growth, flowering, nutrient uptake, photosynthesis and

- transpiration of geranium (*Pelargonium hortorum* LH Bailey 'Tango Orange'. Symbiosis.
28. Anbi, A.A., Mirshekari, B., Eivazi, A., Yarnia, M., Behrouzfar, E.K. 2020. PGPRs affected photosynthetic capacity and nutrient uptake in different *Salvia* species. *Journal of Plant Nutrition* 43:108-121 doi:10.1080/01904167.2019.1659342
 29. Parlakova Karagöz, F.P., Dursun, A. 2019. Lale çeşitlerinde azot bağlayıcı ve fosfat çözücü bakterilerin büyüme ve soğan üretimi üzerine etkileri. *Ege Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 56(2):241-248.
 30. Colla, G., Hoagland, L., Ruzzi, M., Cardarelli, M., Bonini, P., Canaguier, R., Rouphael, Y. 2017. Biostimulant action of protein hydrolysates: Unraveling their effects on plant physiology and microbiome. *Frontiers in Plant Science*, 8, 2202.
 31. Tariq, U., Riaz, A., Jaskani, M.J., Zahir, Z.A. 2016. Screening of PGPR isolates for plant growth promotion of *Rosa damascena* Mill. *Int. J. Agric. Biol.* 18(5):2005-2009.
 32. Gamez, R., Cardinale, M., Montes, M., Ramirez, S., Schnell, S., Rodriguez, F. 2019. Screening, plant growth promotion and root colonization pattern of two rhizobacteria (*Pseudomonas fluorescens* Ps006 and *Bacillus amyloliquefaciens* Bs006) on banana cv. Williams (*Musa acuminata* Colla). *Microbiological Research* 220:12-20.
 33. Gangwar, R.K., Bhushan, G., Singh, J., Upadhyay, S.K., Singh, A.P. 2013. Combined effects of plant growth promoting rhizobacteria and fungi on mung bean (*Vigna radiata* L.). *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research* 4(11):4422.
 34. Olgaç, Y., Kasım, R., Kasım, M.U. 2022. Süs bitkilerinde arbusküler mikoriza kullanımı. *Bursa Uludağ Üniversitesi Ziraat Fakültesi Dergisi* 36(2):479-497.
 35. Saini, I., Aggarwal, A., Kaushik, P. 2019. Inoculation with mycorrhizal fungi and other microbes to improve the morpho-physiological and floral traits of *Gazania rigens* (L.) Gaertn. *Agriculture* 9(3):51.
 36. Kuldeep Yadav, K., Tanwar, A., Aggarwal, A. 2015. Impact of arbuscular mycorrhizal fungi and *Pseudomonas fluorescens* with various levels of superphosphate on growth enhancement and flowering response of *Gerbera*. *Journal of Ornamental Plants* 3(3):161-170.
 37. Rao, G.V., Manoharachary, C., Rao, B.R. 2002. Beneficial influence of arbuscular mycorrhizal fungal association on growth, yield and nutrient uptake of rose-scented geranium (*Pelargonium species*). *Philippine Journal of Science* 131(1):49-58.
 38. Prasad, K., Aggarwal, A., Yadav, K., Tanwar, A. 2012. Impact of different levels of superphosphate using arbuscular mycorrhizal fungi and *Pseudomonas fluorescens* on *Chrysanthemum indicum* L. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 12(3):451-462.
 39. Colla, G., Rouphael, Y., Canaguier, R., Svecova, E., Cardarelli, M. 2014. Biostimulant action of a plant-derived protein hydrolysate produced through enzymatic hydrolysis. *Frontiers in Plant Science* 5:448.
 40. Şanlı, A., Ok, F.Z., Erbaş, S. 2023. Yapraktan amino asit uygulamalarının bazı şeker pancarı (*Beta vulgaris* var. *saccharifera* L.) çeşitlerinin verim ve kalitesine etkileri. *Yüzüncü Yıl Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Dergisi* 28(1):290-298.
 41. İpek, M., Arıkan, Ş., Eşitken, A., Pırlak, L. 2018. Bitki gelişimini artırıcı rizobakterilerin "Heritage" ahududu (*Rubus idaeus* L.) çeşidinde bitki gelişimi, verim ve meyve kalitesi üzerine etkisi. *Yüzüncü Yıl University Journal of Agricultural Sciences* 28(1):42-48.
 42. Wu, Q.S., Xia, R.X. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. *Journal of Plant Physiology* 163(4):417-425.
 43. Ertani, A., Schiavon, M., Muscolo, A., Nardi, S. 2013. Alfalfa plant-derived biostimulant stimulate short-term growth of salt stressed *Zea mays* L. plants. *Plant and Soil* 364:145-158.