



The Effect of Brown Algae, Spirulina, and Arbuscular Mycorrhizal Fungi (*Glomus mosseae* and *Gnomoniopsis castaneae*) on Morphophysiological Traits in The Ornamental Flower Zinnia

Sara Sadeghinia¹ , Mitra Aelaei* and Fahimeh Salehi

Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Zanjan, Zanjan, Iran

* Corresponding author, Email: maelaei@znu.ac.ir

(Received: 31 December 2024; Revised: 14 February 2025; Accepted: 3 March 2025)

Abstract

Background and Objective: Zinnia flowers are widely used as ornamental plants due to their long flowering period and suitability for cut flower arrangements and open spaces. This study investigated the effect of algae and fungi treatments on the vegetative and flowering traits of Zinnia flowers in the greenhouse of the Faculty of Agriculture at Zanjan University, using a completely randomized design with three replications.

Methods: Two-week-old Zinnia seedlings were obtained from the Zanjan Municipality Green Space Center and placed in uniform potting substrates in the greenhouse, consisting of equal parts of garden soil with a sandy clay texture, cocopeat, and perlite. At this stage, the fungal treatments (*Glomus mosseae*, *Gnomoniopsis castaneae*, and a combination of both fungi) were mixed with the soil at a rate of 15 grams per pot. After the plants reached the 4 to 6 leaf stage and full establishment and health of the seedlings were ensured in greenhouse conditions, the algae treatment (Spirulina algae, brown algae, and a combination of both algae at a 2:1 ratio) was applied at a rate of 2% as a foliar spray. After the growth period and the onset of flowering, traits such as stem length, root development depth, leaf length, number of leaves, flower diameter, fresh and dry leaf weights, root volume, anthocyanin content, chlorophyll a, b, and total chlorophyll were measured.

Results: The algae treatment had a significant effect on all traits except stem length, while the fungal treatment significantly affected all traits except stem length, root volume, and anthocyanin content. Furthermore, the mean comparison results showed that the highest flower diameter, and fresh and dry leaf weights in the treatment combining green and brown algae were 85.82 mm, 3.35 g, and 1 g, respectively, whereas the lowest flower diameter, fresh and dry leaf weights were found in the control with means of 61.98 mm, 1.76 g, and 0.53 g. This resulted in an increase of 33.67% in flower diameter, 34.90% in fresh leaf weight, and 68.88% in dry leaf weight. The highest anthocyanin and total chlorophyll content were observed in the combined effect treatment of both fungi, with means of 0.273 mol/g and 5.6 mg/g FW, while the lowest values in the control were 0.179 mol/g and 2.51 mg/g FW.

Conclusion: The results showed that Zinnia flower can achieve better growth and quality performance in the presence of a mixture of both algae or the fungus *G. castaneae*.

Keywords: Anthocyanin, Bio stimulant, Flower diameter, Potting substrates.

How to Cite: Sadeghinia, S., Aelaei, M., Salehi, F., 2024. The effect of brown algae, spirulina, and arbuscular mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae* and *Gnomoniopsis castaneae*) on morphophysiological traits in the ornamental flower Zinnia. J. Soil Plant Interact. 16(1), 19–36 (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.47176/jspi.16.1.21501>





اثر جلبک‌های قهوه‌ای و اسپیرولینا و قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا (*Glomus mosseae*) و *Gnomoniopsis castaneae*) بر صفات مورفوفیزیولوژیک در گل زیتنی آهار

سارا صادقی‌نیا، میترا اعلانی* و فهیمه صالحی

گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه زنجان، زنجان، ایران
* مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: maelaei@znu.ac.ir

(تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۱۰/۱۱؛ تاریخ بازنگری: ۱۴۰۳/۱۱/۲۶؛ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۲/۱۳)

چکیده

پیشینه پژوهش و هدف: گل آهار به علت داشتن طول دوره گل‌دهی طولانی و استفاده به‌صورت شاخه بریدنی و در فضای باز، از گیاهان زیتنی پرکاربرد است. در این پژوهش اثر تیمار جلبک و قارچ بر صفات رویشی و گل‌دهی گل آهار در گلخانه پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه زنجان در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار بررسی شد.

روش‌ها: نشاهای دو هفته‌ای گل آهار از مرکز فضای سبز شهرداری زنجان تهیه شده و در گلخانه در بسترهای گلدانی کاملاً یکنواخت، دارای خاک باغچه با بافت رس شنی، کوکوپیت و پرلیت با نسبت حجمی برابر (۱:۱:۱)، مستقر شدند. در این مرحله تیمار قارچ (*Glomus mosseae*)، *Gnomoniopsis castaneae* و ترکیبی از هر دو نوع قارچ) به میزان ۱۵ گرم درون هر گلدان با خاک مخلوط شد. پس از رسیدن گیاه به مرحله ۴ الی ۶ برگ و اطمینان از استقرار کامل و سلامت نشاها در شرایط گلخانه، تیمار جلبک (جلبک اسپیرولینا، جلبک قهوه‌ای و ترکیبی از هر دو نوع جلبک به نسبت ۱/۲) به میزان دو درصد به‌صورت محلول‌پاشی اعمال شد. پس از اتمام دوره رشدی گیاه و شروع گل‌دهی صفات طول ساقه، عمق توسعه ریشه، طول برگ، تعداد برگ، قطر گل، وزن تازه و خشک برگ، حجم ریشه و صفات فیزیولوژیک شامل میزان آنتوسیانین‌های گل، میزان کلروفیل a، b و کل اندازه‌گیری شد.

نتایج: تیمار جلبک بر تمام صفات به‌جز طول ساقه و تیمار قارچ بر تمام صفات به‌جز طول ساقه، حجم ریشه و میزان آنتوسیانین تأثیر معنی‌دار داشت. همچنین بر اساس نتایج مقایسه میانگین، بیش‌ترین میزان قطر گل، وزن تازه و خشک برگ در تیمار ترکیب جلبک سبز و قهوه‌ای به‌ترتیب با میانگین‌های ۸۲/۸۵ میلی‌متر، و ۳/۳۵ و ۱ گرم و کم‌ترین قطر گل، وزن تازه و خشک برگ در شاهد به‌ترتیب با میانگین‌های ۶۱/۹۸ میلی‌متر، و ۱/۷۶ و ۵۳/۰ گرم مشاهده شد. در نتیجه افزایش ۳۳/۶۷ درصدی در قطر گل، و ۹۰/۳۴ و ۸۸/۶۸ درصدی به‌ترتیب در وزن تازه و خشک برگ مشاهده شد. بیش‌ترین میزان آنتوسیانین و کلروفیل کل در تیمار اثر ترکیبی دو قارچ به‌ترتیب با میانگین ۰/۲۷۳ مول بر گرم و ۵/۶ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه، کم‌ترین در شاهد به‌ترتیب با میانگین ۰/۱۷۹ مول بر گرم و ۲/۵۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تازه مشاهده شد. **نتیجه‌گیری کلی:** نتایج این پژوهش نشان داد که گل آهار در حضور مخلوطی از هر دو جلبک و یا قارچ *G. castaneae* می‌تواند از نظر رشدی و کیفی عملکرد بهتری داشته باشد.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، بسترهای گلدانی، قطر گل، کود زیستی.



مقدمه

آهار^۱ از خانواده Asteracea بومی مکزیک و آمریکای مرکزی است (Ahmad and Dole, 2014). این گیاه یک ساله و دارای گل‌هایی با رنگ‌های روشن، به‌عنوان یک گل زینتی پرکاربرد همه ساله به‌عنوان قسمت اعظمی از فضای سبز شهری، حاشیه‌کاری باغچه و همچنین به‌عنوان گل شاخه بریده استفاده می‌شود (Carter and Grieve, 2009; Kaf and Ghahsareh Ghasemi, 2015; Saleem et al., 2009). همچنین به دلیل داشتن دوره گل‌دهی طولانی (از اواخر بهار تا اواسط پاییز) و تحمل آن به خشکی و گرمای زیاد، از ارزش زیادی در استفاده فضای سبز و در صنعت گل برخوردار است (Dole and Wilkins, 2003; Swarup, 2002). علاوه بر آن، داشتن دوره رشدی و گل‌انگیزی سریع نیز از مزایای این گیاه است (Igbal, 2012). این گل (*Z. elegans*) به دلیل زیبایی خاص گلبرگ‌ها، ظرافت گل‌ها، طول دوره گل‌دهی طولانی‌تر در بین گیاهان زینتی بسیار مورد توجه قرار گرفته است (Hekmati, 2012).

با توجه به اهمیت گیاهان زینتی، مدیریت تغذیه آن‌ها نقش مهمی در افزایش تولید و کیفیت گل‌ها دارد (Amjazi and Hamidpour, 2012). به عبارتی از مهم‌ترین موارد مؤثر بر کیفیت و طول عمر پس از برداشت گل‌های زینتی به‌ویژه آهار، تغذیه آن طی دوره پرورش است (Abbasi et al., 2004). در این راستا مدیریت درست در حفظ و بهبود باروری خاک در سیستم‌های کشاورزی نوین سبب تأمین مواد غذایی مورد نیاز و در نتیجه افزایش عملکرد و تولید گل‌هایی با کیفیت و رنگ مناسب در این گیاه می‌گردد (Junior and Gruis, 1961; Dokora et al., 2002). از طرفی کاربرد کودهای شیمیایی اگرچه نقش مؤثری در تأمین مواد مغذی خاک دارد، ولی موجب تخریب ساختمان خاک‌های زراعی، آلودگی زیست‌محیطی مانند آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی و مشکلاتی در مورد

سلامتی انسان و سایر جانداران می‌گردد. همچنین استفاده درازمدت از آن‌ها سبب اختلال در اسیدیت و ویژگی‌های فیزیکی خاک شده و حتی ماده آلی خاک را نیز تحت تأثیر قرار می‌دهد (Adediran et al., 2004; Sunarpi et al., 2020). این رو امروزه استفاده از کودهای زیستی با منشأ باکتری، قارچ، جلبک و یا دیگر جانداران خاک‌زی مورد توجه قرار گرفته است که سازوکار عمل آن‌ها فراهمی عناصر غذایی گیاه در خاک را افزایش می‌دهد (Razavipour et al., 2019). از جمله مزایایی این کودها استخراج آسان، مقرون به صرفه، غیرآلاینده، غیرسمی و دارای ترکیبات زیست‌فعال طبیعی است (Nidhi et al., 2021). در حال حاضر کود زیستی جلبک، به‌عنوان گزینه‌ای جایگزین برای کودهای شیمیایی در تولید محصولات پایدار مطرح شده است که نقش مهمی در تغییر کیفیت خاک دارد (Patel, 2018). بسیاری از پژوهش‌ها نشان داده است که جلبک‌های قهوه‌ای و سبز به دلیل داشتن مزایایی مانند افزایش گنجایش نگهداشت آب، دارا بودن عناصر ریزمغذی، فیتوهورمون‌ها و ترکیبات فنلی، جلوگیری از کاهش مواد مغذی و سازگاری با شرایط اقلیمی شدید به‌عنوان منبع کود زیستی مؤثر برای افزایش ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک به‌کار گرفته می‌شوند (Deepika et al., 2020; Narendra et al., 2024). جلبک‌های قهوه‌ای^۲ دارای رنگیزه‌های گزانتوفیلی^۳ و کاروتن^۴ هستند که مقدار آن‌ها معمولاً بیش از کلروفیل بوده و باعث کاهش رنگ سبز می‌شوند (Raven et al., 2013). جلبک اسپیرولینا^۵ نیز یک سیانوباکتر رشته‌ای است که به‌دلیل شکل مارپیچی و رشته‌ای آن به این اسم شناخته شده و در اندازه ۰/۲ تا ۰/۳ میلی‌متری وجود دارد (Aly and Esawy, 2008). عصاره حاصل از جلبک، ترکیبی پیچیده شامل هورمون‌های گیاهی، برازینواستروئیدها^۶، بتائین^۷، پلی‌آمینو و عناصر غذایی کم‌مصرف و پرمصرف است (Stirk et al., 2020). نتایج پژوهشی نشان داد که کاربرد محلول‌پاشی کود جلبک قهوه‌ای روی گیاه سویا باعث افزایش

5. *Arthrospira platensis*

6. Brassinosteroids

7. Betaine

1. *Zinnia elegans* L.2. *Polycladia indica*

3. Xanthophyll

4. Carotene

نوع مختلف جلبک و قارچ به‌منظور بهبود صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه آهار صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر قارچ‌ها و جلبک‌های محرک رشد گیاه بر صفات رشدی گل زیتنی آهار، در بهار و تابستان ۱۴۰۲، دو آزمایش مجزا، در گلخانه پژوهشی گروه علوم باغبانی دانشگاه زنجان با مختصات جغرافیایی ($x = [E^{\circ} 49.8667 - E^{\circ} 37.2500]$ ، $y = [N^{\circ} 35.4167 - N^{\circ} 37.2500]$)، در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار انجام شد. در آزمایش اول سه تیمار مختلف شامل جلبک اسپرولینا، جلبک قهوه‌ای و ترکیب این دو جلبک و برای آزمایش دوم نیز از سه تیمار مختلف شامل قارچ میکوریزا *Glomus mosseae*، *Gnomoniopsis castaneae* و ترکیبی از هر دو قارچ استفاده شد. نشاء‌های دو هفته‌ای گل آهار از بخش فضای سبز شهرداری زنجان تهیه شده و در گلخانه در بسترهای گلدانی (قطر ۱۹ سانتی‌متری و ارتفاع ۱۷ سانتی‌متر) کاملاً یکنواخت، دارای خاک باغچه، کوکوپیت و پرلیت به نسبت‌های مساوی مستقر شدند. پس از رسیدن گیاه به مرحله چهار تا شش برگ و اطمینان از استقرار کامل و سلامت نشاء در شرایط گلخانه‌ای برای انجام آزمایش اول، جلبک‌ها (اسپرولینا، جلبک قهوه‌ای و ترکیب این دو نوع جلبک) در سه تکرار به میزان دو درصد به‌صورت محلول‌پاشی اعمال شدند. برای تهیه عصاره جلبکی ۵۰۰ گرم از پودر جلبک با ۵۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر به مدت ۶۰ دقیقه در دمای ۱۰۰ درجه سلسیوس جوشانده و حجم عصاره نهایی به ۵۰۰ میلی‌لیتر رسانده شد. پس از عبور از صافی، عصاره حاصل به‌عنوان محلول جلبکی ۱۰۰ درصد در نظر گرفته شد (Sivasankari et al., 2006).

در آزمایش دوم نیز تیمار قارچ (*Glomus mosseae*)، *Gnomoniopsis castaneae* و ترکیبی از هر دو قارچ) به میزان ۱۵ گرم از خاکی که دارای هیف‌های قارچ میکوریزا، بقایای اسپور (که حدوداً ۱۰۰۰ اسپور در هر ۱۵ گرم خاک) بود، به هر

وزن خشک، فتوسنتز، میزان کلروفیل و افزایش عملکرد این گیاه شد (Guerreiro et al., 2017; Joshi-Paneri et al., 2020). همچنین محلول‌پاشی عصاره جلبکی در پیاز (Almaroai and Eissa, 2020)، یونجه (El-Sharkawy et al., 2017) و گوجه فرنگی (Stasio et al., 2020) نیز موجب افزایش وزن تازه و خشک شاخساره شد.

یکی دیگر از کودهای زیستی که امروزه کاربرد بسیاری دارند قارچ‌های میکوریزا هستند. این قارچ‌ها با توجه به نقش مؤثری که در همزیستی با ریشه گیاهان دارند از نظر اقتصادی اهمیت زیادی داشته و سبب محافظت گیاه در برابر تنش‌های مختلف محیطی مانند خشکی و شوری می‌گردند (Abbot and Robson, 1991; Raviv, 2010). بر اساس پژوهشی، افزایش رشد، جذب فسفر و عملکرد گوجه فرنگی در گیاهان مایه-زنی شده با قارچ *Glomus fasciculatum* نسبت به شاهد مشاهده شد (Shreenivas et al., 2006). اثر مثبت استفاده از کود زیستی میکوریزا (*Glomus intraradices*) بر سیستم فتوسنتزی، رشد گیاه عدس^۸ و عملکرد دانه آن با توجه به جذب بهتر آب و مواد مغذی گزارش شد. در اثر استفاده از این کود زیستی، عملکرد بیوماس ۹/۳۶ درصد و عملکرد دانه ۴/۲۸ درصد افزایش یافت (Amirnia et al., 2019). همچنین افزایش غلظت فسفر، آهن، منگنز و روی، در اثر تلقیح گندم با میکوریزا گزارش شد (Miransari Mahabadi, 2016). در پژوهشی دیگر، افزایش در میزان عناصر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، کلسیم، روی، مس و آهن در اثر تلقیح گیاه فلفل با میکوریزا و رایزوباکتریوم مشاهده شد (Kim et al., 2010). آزمایش صورت گرفته بر روی گیاه لیزیانтус^۹ نشان داد که تلقیح با قارچ‌های میکوریزا به‌طور معنی‌داری تعداد روز تا گل‌دهی را کاهش داده و طول و تعداد ساقه گل‌دهنده، تعداد و قطر گل و وزن تازه گل را افزایش داد (Khandan Mirkohi et al., 2014). در نتیجه با توجه به تأثیر مثبت کودهای زیستی بر رشد و نمو گیاهان، این پژوهش در راستای بررسی اثر دو

حاصل از سانتریفیوژ را در درون کووت ریخته و سپس میزان جذب عصاره استخراج‌شده توسط دستگاه اسپکتروفتومتر مدل Analytikjena specord 250 در طول موج‌های ۶۴۵ و ۶۶۳ nm قرائت شده و با استفاده از روابط زیر میزان کلروفیل a، b و کلروفیل کل محاسبه شد (Arnon, 1949):

$$\text{Chlorophyll a mg/g FW} = [12.7(A663) - 2.69(A645)] \times V/1000W \quad (1)$$

$$\text{Chlorophyll b mg/g FW} = [22.9(A645) - 4.68(A663)] \times V/1000W \quad (2)$$

$$\text{Total Chlorophyll mg/g FW} = [20.2(A645) + 8.02(A663)] \times V/1000W \quad (3)$$

که در این روابط، A663 جذب در طول موج ۶۶۳ نانومتر، A645 جذب در طول موج ۶۴۵ نانومتر، V حجم نمونه استخراج‌شده (cc)، و W وزن تازه نمونه (g) است.

آنتوسیانین‌ها

اندازه‌گیری غلظت آنتوسیانین با استفاده از روش Wanger (۱۹۷۹) انجام شد. به این ترتیب که ابتدا ۱/۱ g از گلبرگ‌ها با ۱۰ ml متانول اسیدی ساییده و ۲۴ h در تاریکی قرار داده شد. سپس به مدت ۱۰ min با ۴۰۰۰ rpm/min سانتریفیوژ شد و محلول حاوی آنتوسیانین جدا شد و در نهایت محلول‌رویی در کووت ریخته شد. غلظت آنتوسیانین گلبرگ‌ها به کمک اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۵۰ nm و از رابطه (۴) محاسبه گردید:

$$A = E.b.c \quad (4)$$

که در آن، A مقدار جذب، b عرض کووت برابر ۱ cm، c مقدار آنتوسیانین برحسب mol/g، و E ضریب خاموشی برابر ۳۳۰۰۰ مول بر سانتی‌متر است.

کلیه داده‌های به‌دست‌آمده در این پژوهش توسط نرم‌افزار SAS نسخه ۹.۴ تجزیه آماری شدند و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون LSD در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد انجام گرفت. تمامی جداول و نمودارها توسط نرم‌افزار Excel ترسیم شدند.

گلدان افزوده شد. در این آزمایش برای هر تیمار سه تکرار در نظر گرفته شد. پس از اتمام دوره رشدی گیاه و شروع گل‌دهی صفات مورفوفیزیولوژیک شامل طول ساقه، طول و تعداد برگ، طول و حجم ریشه، قطر گل، وزن تازه و خشک برگ، آنتوسیانین، میزان کلروفیل a، b و کل اندازه‌گیری شد. در زمان گل‌دهی کامل، طول ساقه از سطح خاک توسط خط‌کش (بر حسب سانتی‌متر) اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری طول برگ از هر گلدان سه برگ به‌صورت تصادفی در سه اندازه کوچک، متوسط و بزرگ تهیه شده و سپس از کولیس دیجیتال (بر حسب میلی‌متر) برای اندازه‌گیری استفاده شد. پس از بازشدن کامل گل‌ها، قطر آن‌ها به کمک کولیس (بر حسب میلی‌متر) اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری عمق توسعه ریشه و حجم ریشه‌ها در پایان پژوهش، پس از خارج کردن گیاهان از گلدان و شستشو کامل از هر تیمار سه بوته به‌صورت تصادفی انتخاب شده و با استفاده از خط‌کش (بر حسب cm) عمق توسعه ریشه اندازه‌گیری شد. حجم ریشه با روش جابجایی سیال اندازه‌گیری شد. به این ترتیب که ریشه‌ها پس از چند بار شستشو در استوانه مدرج با میزان مشخص آب قرار گرفتند و از روی افزایش حجم آب، حجم ریشه بر حسب سانتی‌متر مکعب تعیین شد. به‌منظور اندازه‌گیری وزن تازه و خشک برگ از هر بوته به‌طور تصادفی، برگ‌های توسعه‌یافته جداسازی شده و بلافاصله وزن تازه آن‌ها به کمک ترازوی دیجیتال (با دقت ۰/۰۰۱ g) اندازه‌گیری شد. برای تعیین وزن خشک برگ نیز برگ‌ها را به مدت ۲۴ h در آون با دمای ۶۰ درجه سلسیوس نگهداشته تا نمونه‌ها به‌طور کامل خشک شده و وزن خشک آن‌ها توسط ترازو توزین شد.

کلروفیل

اندازه‌گیری میزان کلروفیل برگ با استفاده از روش آرنون (۱۹۴۹) انجام گرفت. بدین منظور مقدار ۱/۱ g از بافت تازه برگ توزین و در هاون چینی ریخته شد. سپس ۱۰ ml استون ۸۰ درصد به نمونه افزوده شده و در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت rpm/min ۵۰۰۰ به مدت ۱۵ min قرار داده شد. عصاره جداشده فوقانی

جدول ۱. تجزیه واریانس براساس میانگین مربعات اثر تیمارهای جلبک دریایی بر صفات مورفولوژیک گیاه آهار

Table 1. Results of variance analysis (mean squares) for the effect of algae treatments on the morphological traits of Zinnia.

Stem length طول ساقه	Leaf dry weight وزن خشک برگ	Leaf fresh weight وزن تازه برگ	Number of leaves تعداد برگ‌ها	Leaf length طول برگ	Root volume حجم ریشه	Root development depth عمق توسعه ریشه	Flower diameter قطر گل	df درجه آزادی	Source of variations منابع تغییرات
20.75*	0.14*	3.04**	250.97*	424.32*	4620.44**	95.48*	310.33**	3	Algae جلبک
38.58	0.026	0.28	34.5	84.41	41.33	16.81	21.64	8	Error خطا
									CV (%)
11.37	20.36	19.23	18.69	10.28	13.67	4.07	6.38	-	ضریب تغییرات

ns, * and ** show non-significant effect, and significant effects at 5 and 1% probability levels, respectively.
ns, * and ** show non-significant effect, and significant effects at 5 and 1% probability levels, respectively.

جدول ۲. تجزیه واریانس براساس میانگین مربعات اثر تیمارهای جلبک دریایی بر صفات فیزیولوژیک گیاه آهار

Table 2. Results of variance analysis (mean squares) for the effect of algae treatments on the physiological traits of Zinnia.

Chlorophyll b کلروفیل b	Chlorophyll a کلروفیل a	Total chlorophyll کلروفیل کل	Anthocyanin آنتوسیانین	df درجه آزادی	Source of variations منابع تغییرات
424.32*	4620.44**	954.75*	310.33**	3	Algae جلبک
84.41	41.33	168.08	21.64	8	Error خطا
					CV (%)
10.28	13.67	4.07	6.38	-	ضریب تغییرات

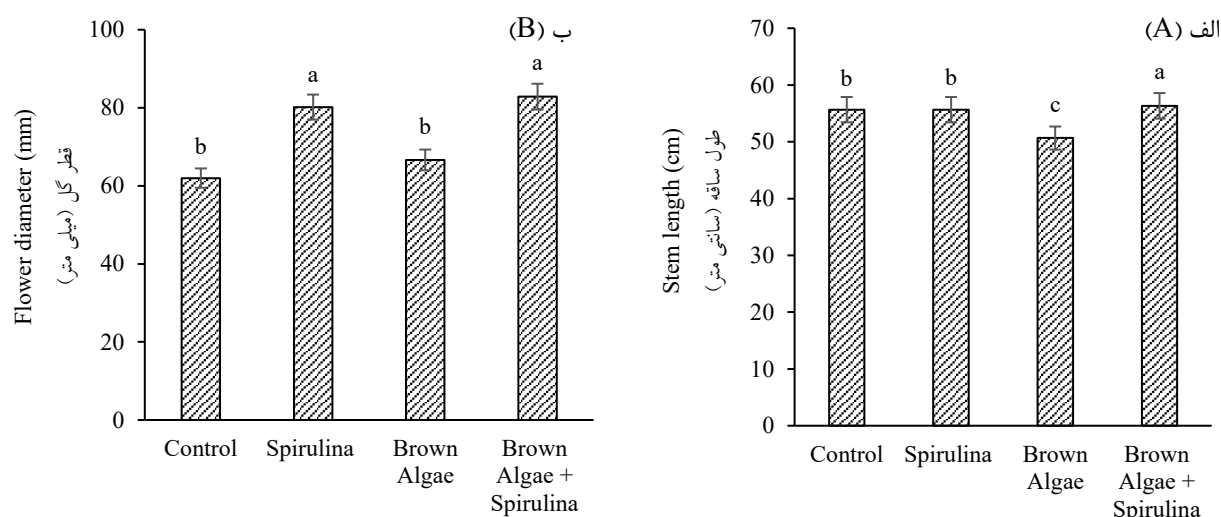
ns, * and ** show non-significant effect, and significant effects at 5 and 1% probability levels, respectively.
ns, * and ** show non-significant effect, and significant effects at 5 and 1% probability levels, respectively.

نتایج

تأثیر تیمارهای عصاره جلبک بر صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه آهار

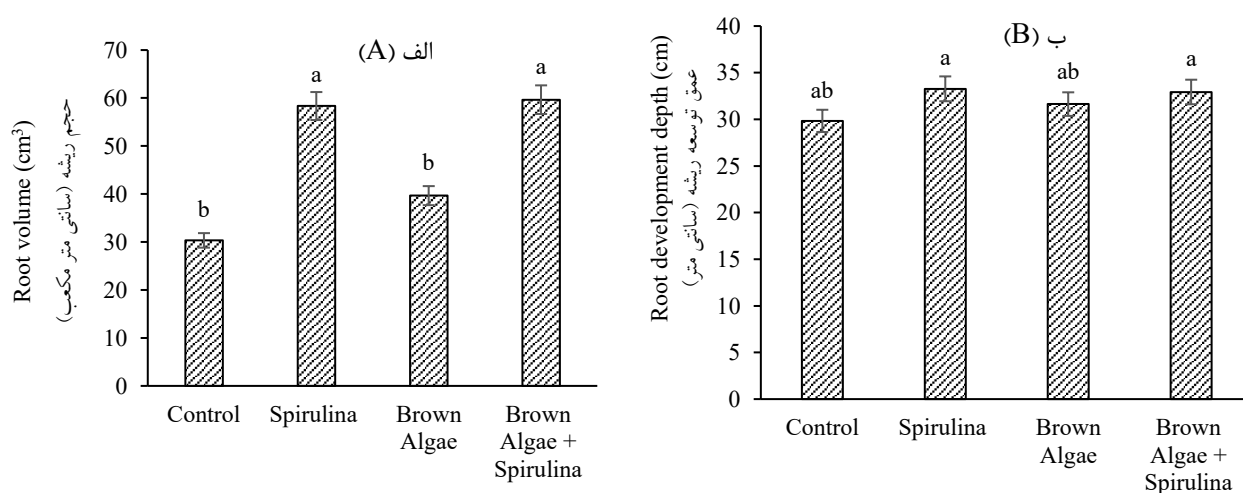
با توجه به نتایج تجزیه واریانس اثر تیمار جلبک بر صفات طول ساقه و ریشه، طول برگ، تعداد برگ و وزن خشک برگ در سطح احتمال پنج درصد و بر صفات قطر گل، حجم ریشه و وزن تازه برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). همچنین اثر تیمار بر صفات آنتوسیانین و کلروفیل a و b در سطح احتمال یک درصد و بر کلروفیل کل در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار شد

(جدول ۲). بر اساس نتایج مقایسه میانگین (شکل ۱)، بیش‌ترین میزان طول ساقه و قطر گل در تیمار ترکیب جلبک سبز و قهوه‌ای به‌ترتیب با میانگین ۵۶/۳۳ و ۸۲/۸۵ mm و کم‌ترین طول ساقه در تیمار جلبک قهوه‌ای با میانگین ۵۰/۶۶ mm و کم‌ترین قطر گل در شاهد با میانگین ۶۱/۹۸ mm مشاهده شد. بیش‌ترین عمق توسعه ریشه نیز در تیمار جلبک سبز با میانگین ۳۳/۲۷ cm و بیش‌ترین میانگین ریشه در تیمار ترکیبی دو جلبک برابر ۵۹/۶۶ cm^۳ به‌دست آمد. کم‌ترین عمق توسعه ریشه و حجم ریشه در شاهد (بدون کاربرد جلبک)



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر تیمارهای جلبک‌های سبز و قهوه‌ای بر طول ساقه (الف) و قطر گل (ب) در آهار. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Fig. 1. Mean comparisons of the effect of spirulina and brown algae treatments on the stem length (A) and flower diameter (B) in Zinnia. Bars with similar letters are not significantly different (LSD, $p < 0.05$)

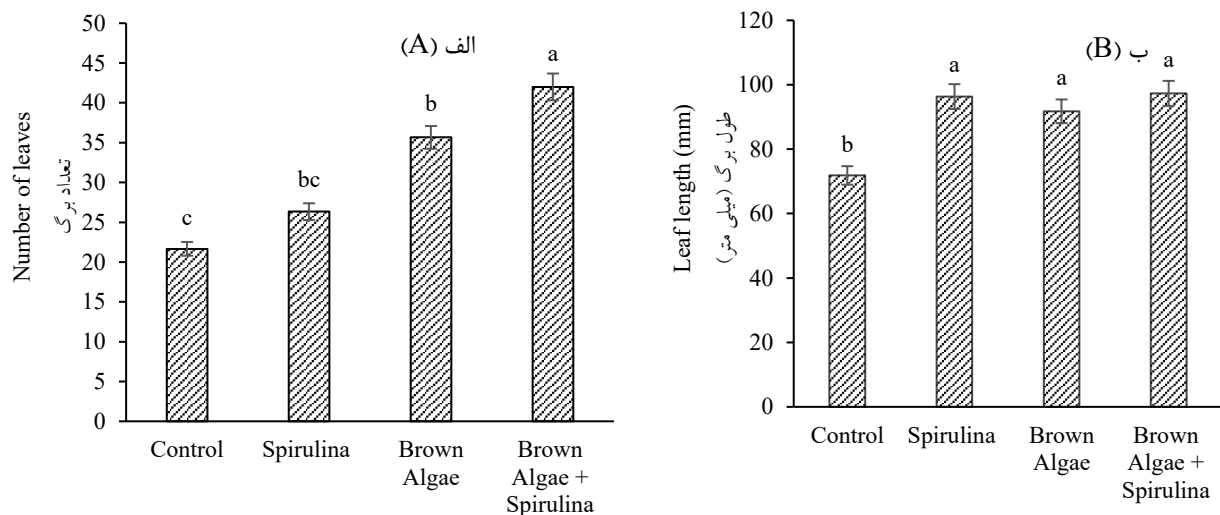


شکل ۲. مقایسه میانگین اثر تیمارهای جلبک‌های سبز و قهوه‌ای اسپیرولینا بر حجم ریشه (الف) و عمق توسعه ریشه (ب) در آهار. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Fig. 2. Mean comparisons of the effect of spirulina and brown algae treatments on the root volume (A) and root development depth (B) in Zinnia. Bars with similar letters are not significantly different (LSD, $p < 0.05$)

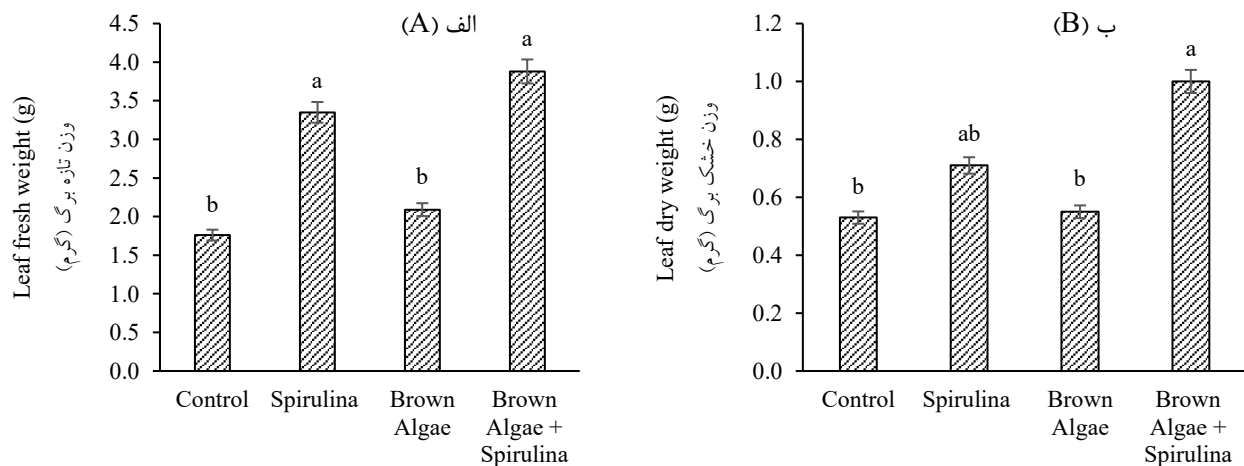
در تیمار ترکیبی جلبک‌ها (به‌ترتیب با میانگین ۱ و ۳/۳۵ g و کم‌ترین آن‌ها در شاهد (به‌ترتیب با میانگین ۰/۵۳ و ۱/۷۵۶ g) مشاهده شد (شکل ۴). بیش‌ترین میزان آنتوسیانین و کلروفیل کل نیز در تیمار ترکیبی جلبک‌های سبز و قهوه‌ای (به‌ترتیب با میانگین ۰/۴۱۵ mol/g و ۵/۵۲ mg/g FW) و کم‌ترین آن‌ها مربوط به

به‌ترتیب با میانگین ۲۹/۸۳ mm و ۳۰/۳۳ cm³ مشاهده شد (شکل ۲). همچنین بیش‌ترین طول و تعداد برگ در تیمار ترکیبی جلبک (با میانگین ۹۷/۳۲ mm و ۴۲ برگ در بوته) و کم‌ترین آن‌ها در شاهد (با میانگین ۷۱/۸۵ mm و ۲۱/۶۶ برگ در بوته) به‌دست آمد (شکل ۳). بیش‌ترین وزن خشک و وزن تازه برگ



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر تیمارهای جلبک‌های سبز و قهوه‌ای اسپیرولینا بر تعداد برگ (الف) و طول برگ (ب) در آهار. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Fig. 3. Mean comparisons of the effect of spirulina and brown algae treatments on the number of leaves (A) and length of leaf (B) in *Zinnia*. Bars with similar letters are not significantly different (LSD, $p < 0.05$)

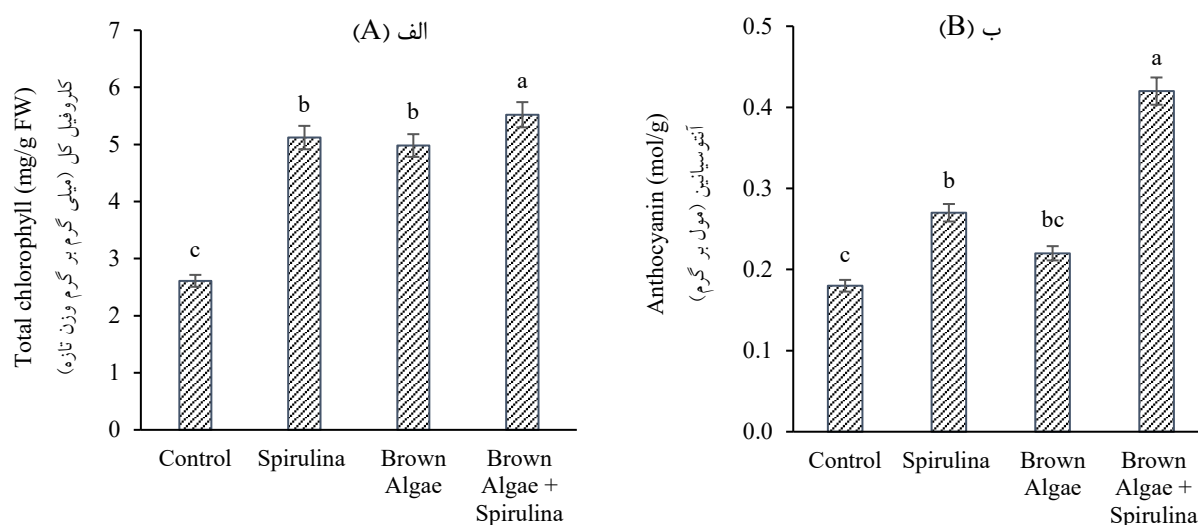


شکل ۴. مقایسه میانگین اثر تیمارهای جلبک‌های سبز و قهوه‌ای اسپیرولینا بر وزن تازه برگ (الف) و وزن خشک برگ (ب) در آهار. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Fig. 4. Mean comparisons of the effect of spirulina and brown algae treatments on the leaf dry weight (A) and leaf fresh weight (B) in *Zinnia*. Bars with similar letters are not significantly different (LSD, $p < 0.05$)

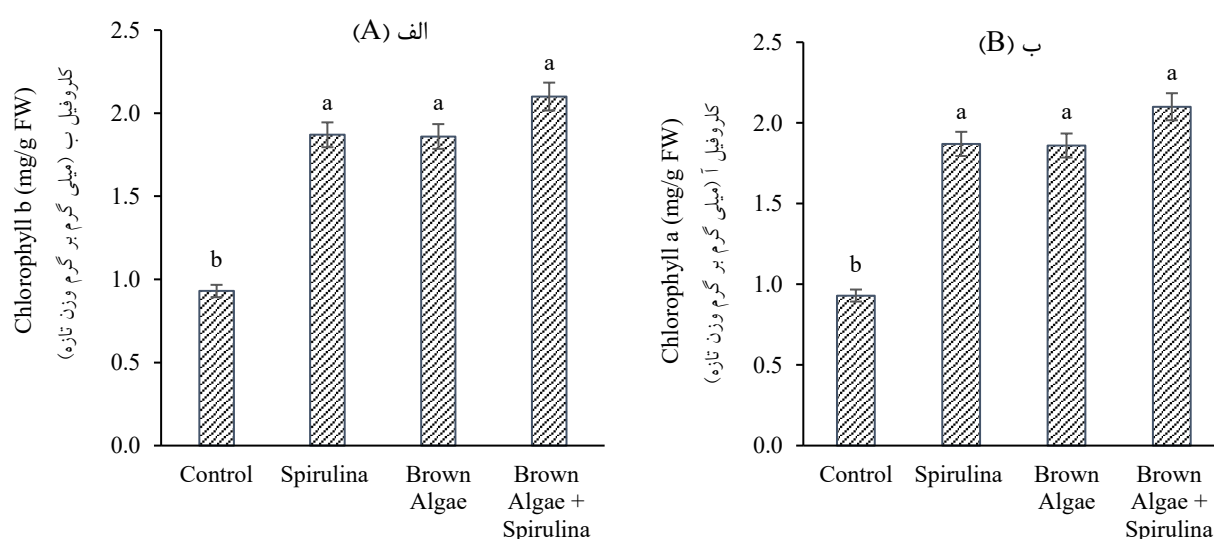
تأثیر تیمارهای قارچی بر صفات مورفوفیزیولوژیک گیاه آهار با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۳ و ۴)، کاربرد تیمارهای قارچ بر صفات قطر گل، طول ساقه، طول و حجم ریشه، و کلروفیل a، b و کل در سطح احتمال پنج درصد و بر صفات طول و تعداد برگ، وزن تازه و خشک برگ در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد. بر اساس نتایج مقایسه میانگین،

شاهد (به‌ترتیب با میانگین 0.179 mol/g و 2.61 mg/g FW) بود (شکل ۵). بیش‌ترین میزان کلروفیل a و b نیز در تیمار ترکیبی جلبک‌ها (به‌ترتیب با میانگین 3.42 و 2.1 mg/g FW) و کم‌ترین مقادیر آن‌ها در شاهد (بدون کاربرد جلبک) به‌ترتیب با میانگین 1.68 و 0.93 mg/g FW مشاهده شد (شکل ۶).



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر تیمارهای جلبک‌های سبز و قهوه‌ای اسپیرولینا بر کلروفیل کل (الف) و آنتوسیانین (ب) در آهار. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Fig. 5. Mean comparisons of the effect of spirulina and brown algae treatments on the total chlorophyll (A) and anthocyanin (B) in Zinnia. Bars with similar letters are not significantly different (LSD, $p < 0.05$)



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر تیمارهای جلبک‌های سبز و قهوه‌ای اسپیرولینا بر کلروفیل b (الف) و کلروفیل a (ب) در آهار. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Fig. 6. Mean comparisons of the effect of spirulina and brown algae treatments on the chlorophyll b (A) and chlorophyll a (B) in Zinnia. Bars with similar letters are not significantly different (LSD, $p < 0.05$)

castaneae به‌ترتیب با میانگین ۵۷/۶۶ و ۹۷/۷۱ mm و کم‌ترین آن‌ها در شاهد به‌ترتیب با میانگین ۵۵/۶۶ و ۷۱/۸۵ mm مشاهده شد (شکل ۸). بیش‌ترین میانگین عمق توسعه ریشه در تیمار قارچ *G. mosseae* (۳۳/۳ cm) و کم‌ترین آن در شاهد (۲۹/۳۳ cm)

بیش‌ترین قطر گل در تیمار ترکیبی قارچ‌های *G. mosseae* و *G. castaneae* با میانگین ۷۱/۱۴ mm و کم‌ترین مقدار آن در شاهد (بدون کاربرد قارچ) با میانگین ۶۱/۹۸ mm مشاهده شد (شکل ۷). همچنین بیش‌ترین طول ساقه و برگ متعلق به تیمار *G.*

جدول ۳. تجزیه واریانس براساس میانگین مربعات اثر تیمارهای قارچی بر صفات مورفولوژیک گیاه آهار

Table 3. Results of variance analysis (mean squares) for the effect of fungal treatments on the morphological traits of Zinnia.

Stem length طول ساقه	Leaf dry weight وزن خشک برگ	Leaf fresh weight وزن تازه برگ	Number of leaves تعداد برگ	Leaf length طول برگ	Root volume حجم ریشه	Root development depth عمق توسعه ریشه	Flower diameter قطر گل	Df درجه آزادی	Source of variations منابع تغییرات
2.33*	0.074*	0.865*	31.77**	419.64**	165.63*	10.02*	42.28*	3	Fungus قارچ
28	0.013	0.121	3.58	30.2	92.5	16.54	9.04	8	Error خطا
9.36	16.34	13.59	8.6	6.2	26.65	4.07	4.46	-	CV (%) ضریب تغییرات

ns, * and ** show non-significant effect, and significant effects at 5 and 1% probability levels, respectively.
ns, * و ** به ترتیب بیانگر نبود اثر معنی‌دار و آثار معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

جدول ۴. تجزیه واریانس براساس میانگین مربعات اثر تیمارهای قارچی بر صفات فیزیولوژیک گیاه آهار

Table 4. Results of variance analysis (mean squares) for the effect of fungal treatments on the physiological traits of Zinnia.

Chlorophyll b کلروفیل b	Chlorophyll a کلروفیل a	Total chlorophyll کلروفیل کل	Anthocyanin آنتوسیانین	Df درجه آزادی	Source of variations منابع تغییرات
2.20*	0.678*	1.09*	0.0054*	3	Fungus قارچ
0.49	0.152	0.176	0.0013	8	Error خطا
20.01	20.04	20.12	16.63	-	CV (%) ضریب تغییرات

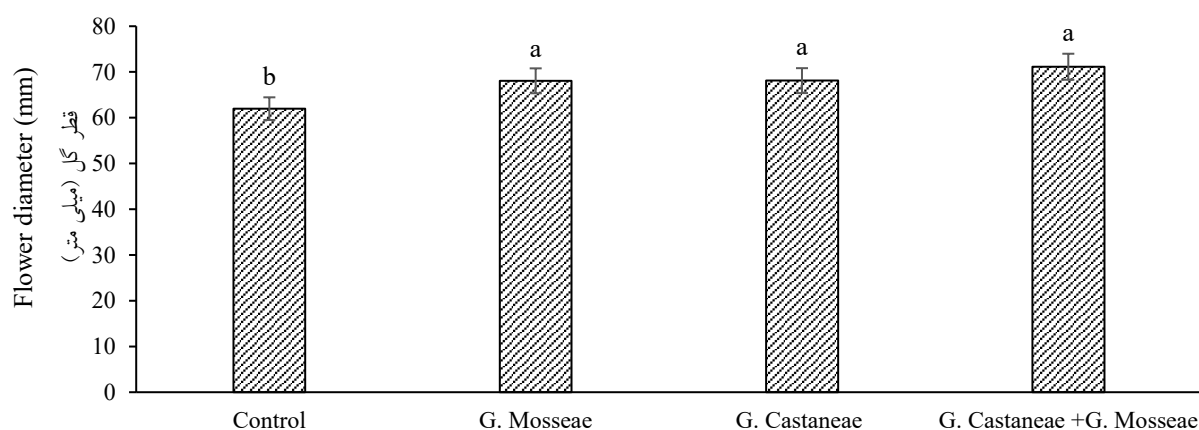
ns, * and ** show non-significant effect, and significant effects at 5 and 1% probability levels, respectively.
ns, * و ** به ترتیب بیانگر نبود اثر معنی‌دار و آثار معنی‌دار در سطوح احتمال ۵ و ۱ درصد است.

کلروفیل کل در تیمار ترکیبی دو قارچ (به ترتیب با میانگین ۰/۲۷۳ و ۵/۶ mg/g FW کمترین آن‌ها در شاهد به ترتیب با میانگین ۰/۱۷۹ و ۲/۵۱ mg/g FW مشاهده شد (شکل ۱۲). بیشترین میزان کلروفیل a و b در تیمار *G. castaneae* به ترتیب با میانگین‌های ۱/۹۹ و ۳/۶۱ mg/g FW مشاهده شد (شکل ۱۳).

بحث

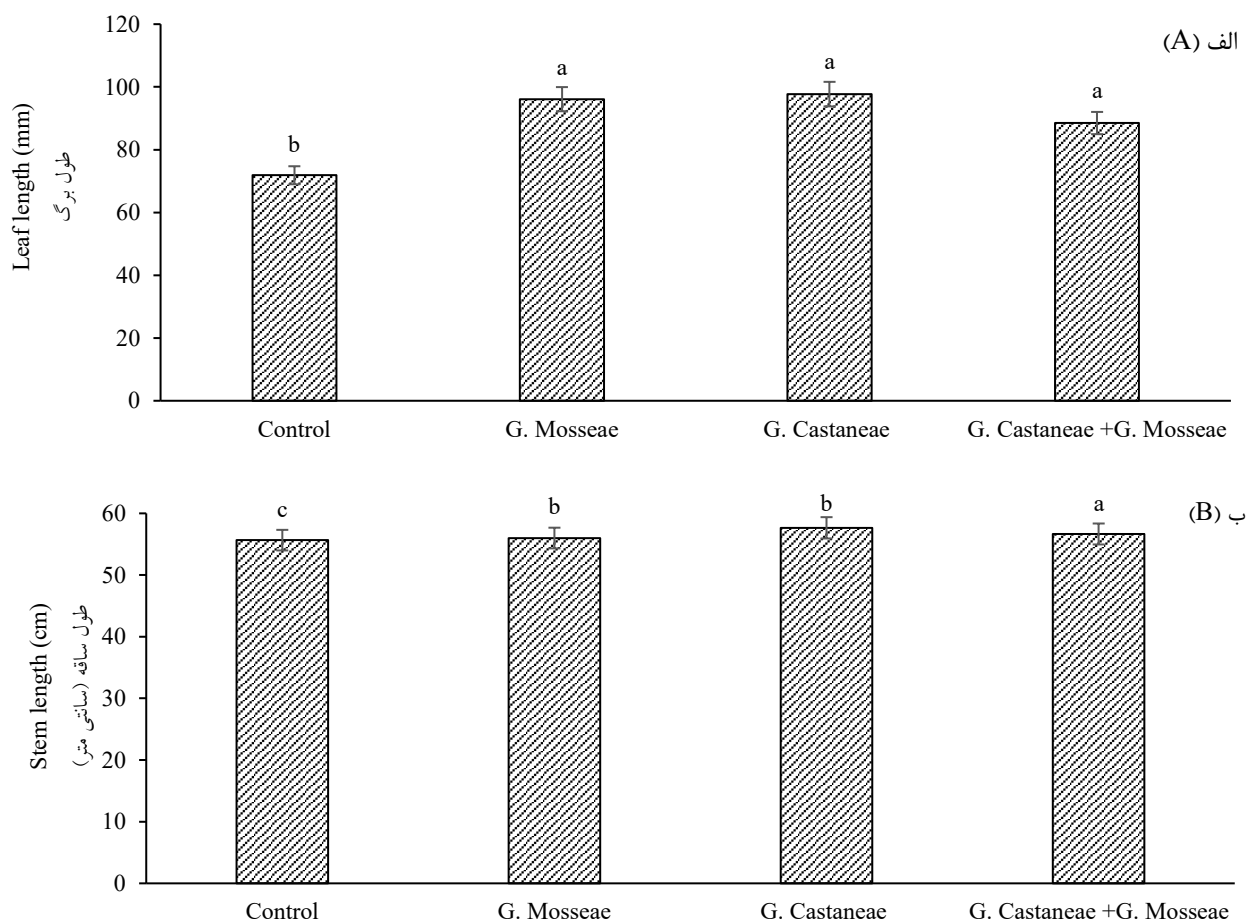
بر اساس پژوهش‌های انجام‌شده، با توجه به وجود هورمون

مشاهده شد (شکل ۹). همچنین بیش‌ترین حجم ریشه و تعداد برگ متعلق به تیمار قارچ *G. castaneae* (به ترتیب با میانگین ۴۷ cm³ و ۲۵/۳۳ برگ در بوته) و کم‌ترین آن‌ها در شاهد (به ترتیب با میانگین ۳۰/۳۳ و ۱۷/۶۶ برگ در بوته) حاصل شد (شکل ۱۰). بیش‌ترین وزن خشک برگ در تیمار ترکیبی دو قارچ با میانگین ۰/۸۸ g و کم‌ترین آن مربوط در شاهد با میانگین ۰/۵۳ g مشاهده شد. بیش‌ترین وزن تازه برگ در تیمار *G. castaneae* با میانگین ۲/۸۶ g و کم‌ترین آن در شاهد با میانگین ۱/۷۵ g به دست آمد (شکل ۱۱). بیش‌ترین میزان آنتوسیانین و



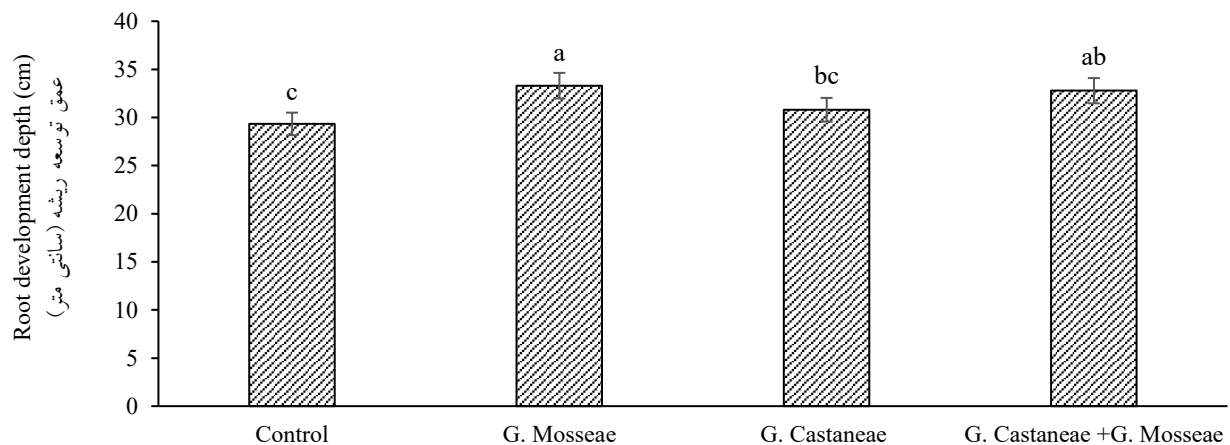
شکل ۷. مقایسه میانگین اثر تیمارهای فارچی بر قطر گل در آهار. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Fig. 7. Mean comparisons of the effect of fungal treatments on the flower diameter in Zinnia. Bars with similar letters are not significantly different (LSD, $p < 0.05$)



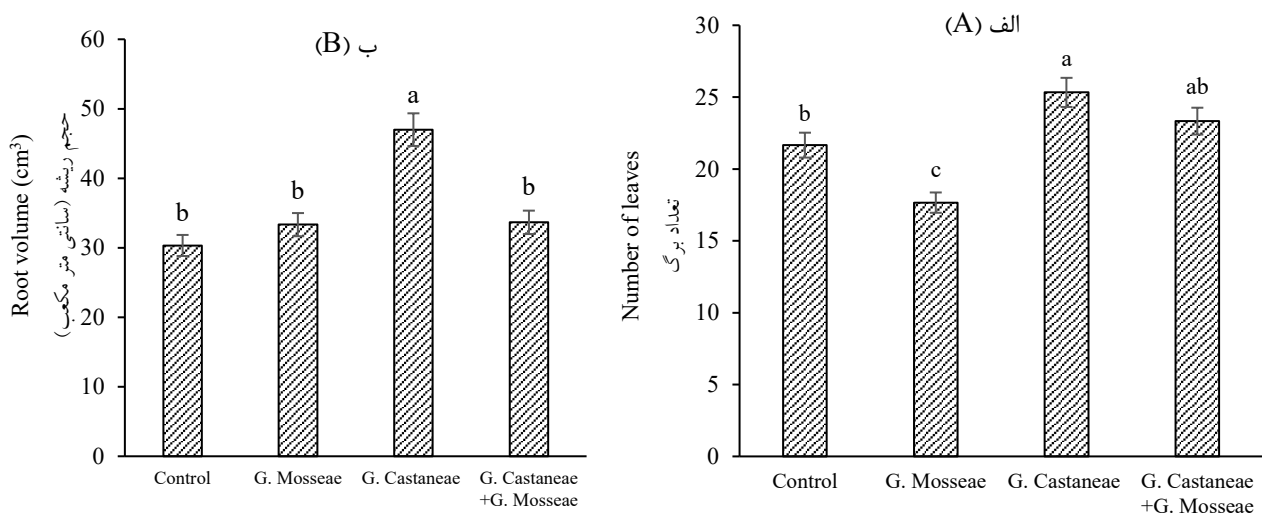
شکل ۸. مقایسه میانگین اثر تیمارهای فارچی بر طول برگ (الف) و طول ساقه (ب) در آهار. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Fig. 8. Mean comparisons of the effect of fungal treatments on the leaf length (A) and stem length (B) in Zinnia. Bars with similar letters are not significantly different (LSD, $p < 0.05$)



شکل ۹. مقایسه میانگین اثر تیمارهای قارچی بر عمق توسعه ریشه آهار. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Fig. 9. Mean comparisons of the effect of fungal treatments on the root development depth in Zinnia. Bars with similar letters are not significantly different (LSD, $p < 0.05$)

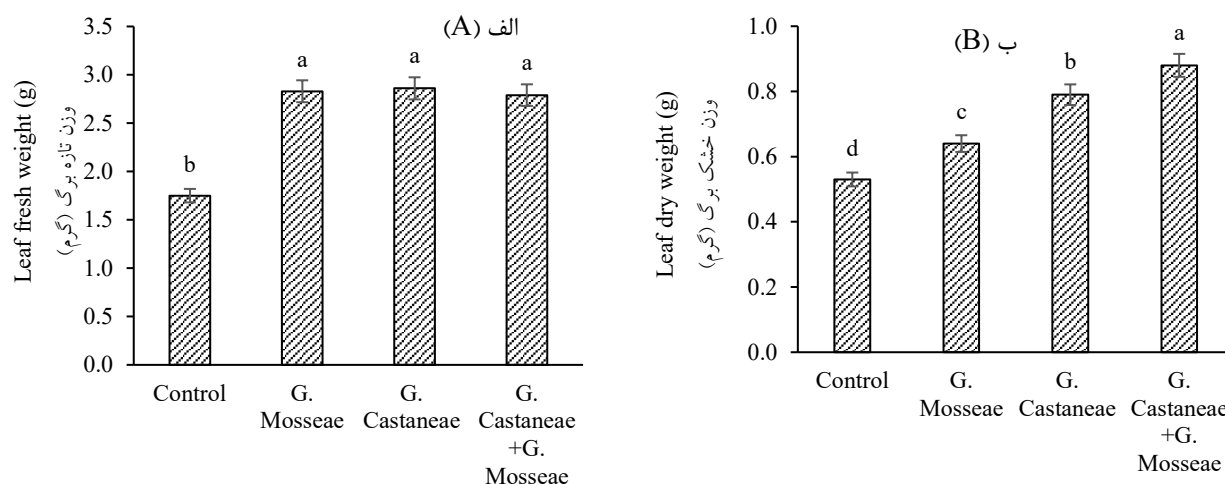


شکل ۱۰. مقایسه میانگین اثر تیمارهای قارچی بر تعداد برگ (الف) و حجم ریشه (ب) در آهار. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Fig. 10. Mean comparisons of the effect of fungal treatments on the number of leaves (A) and root volume (B) in Zinnia. Bars with similar letters are not significantly different (LSD, $p < 0.05$)

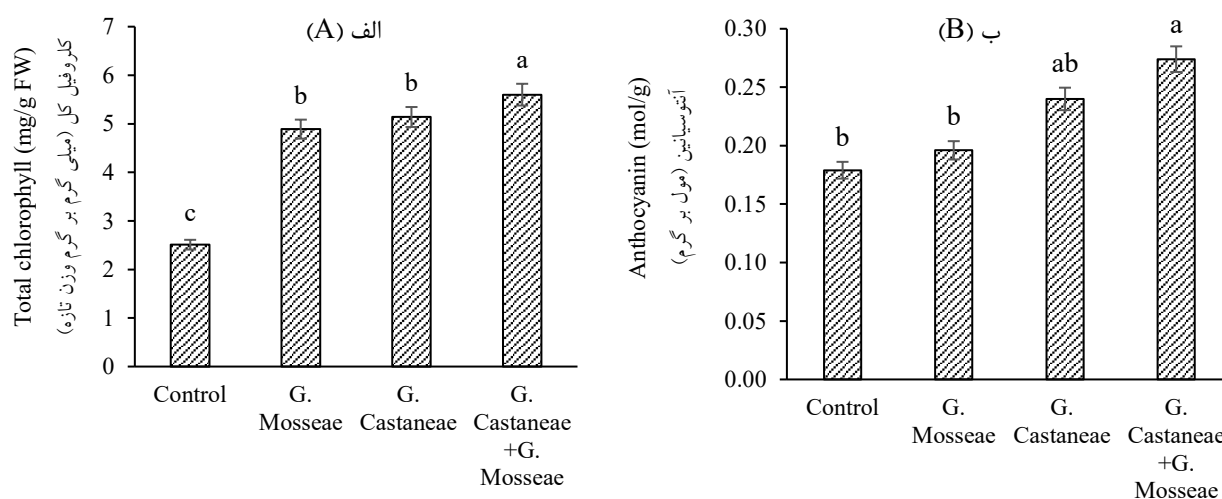
ساقه و سطح برگ در گیاهان می‌شود (Thomas, 1996). در پژوهشی عنوان شد افزایش غلظت جلبک در ابتدا موجب افزایش سطح برگ شد. اما در غلظت‌های بیشتر، از افزایش این صفت جلوگیری شد (Selvam and Sivakumar, 2013). جلبک‌های

اکسین در جلبک‌های دریایی، استفاده از این جلبک‌ها برای تیمار گیاهان (به‌صورت کود یا محلول‌پاشی)، سبب افزایش این هورمون در گیاهان شده و به تبع آن افزایش تقسیم سلولی و بزرگ‌شدن سلول‌ها می‌گردد که همین امر سبب افزایش رشد



شکل ۱۱. مقایسه میانگین اثر تیمارهای قارچی بر وزن تازه برگ (الف) و وزن خشک برگ (ب) در آهار. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Fig. 11. Mean comparisons of the effect of fungal treatments on the leaf fresh weight (A) and leaf dry weight (B) in Zinnia. Bars with similar letters are not significantly different (LSD, $p < 0.05$)

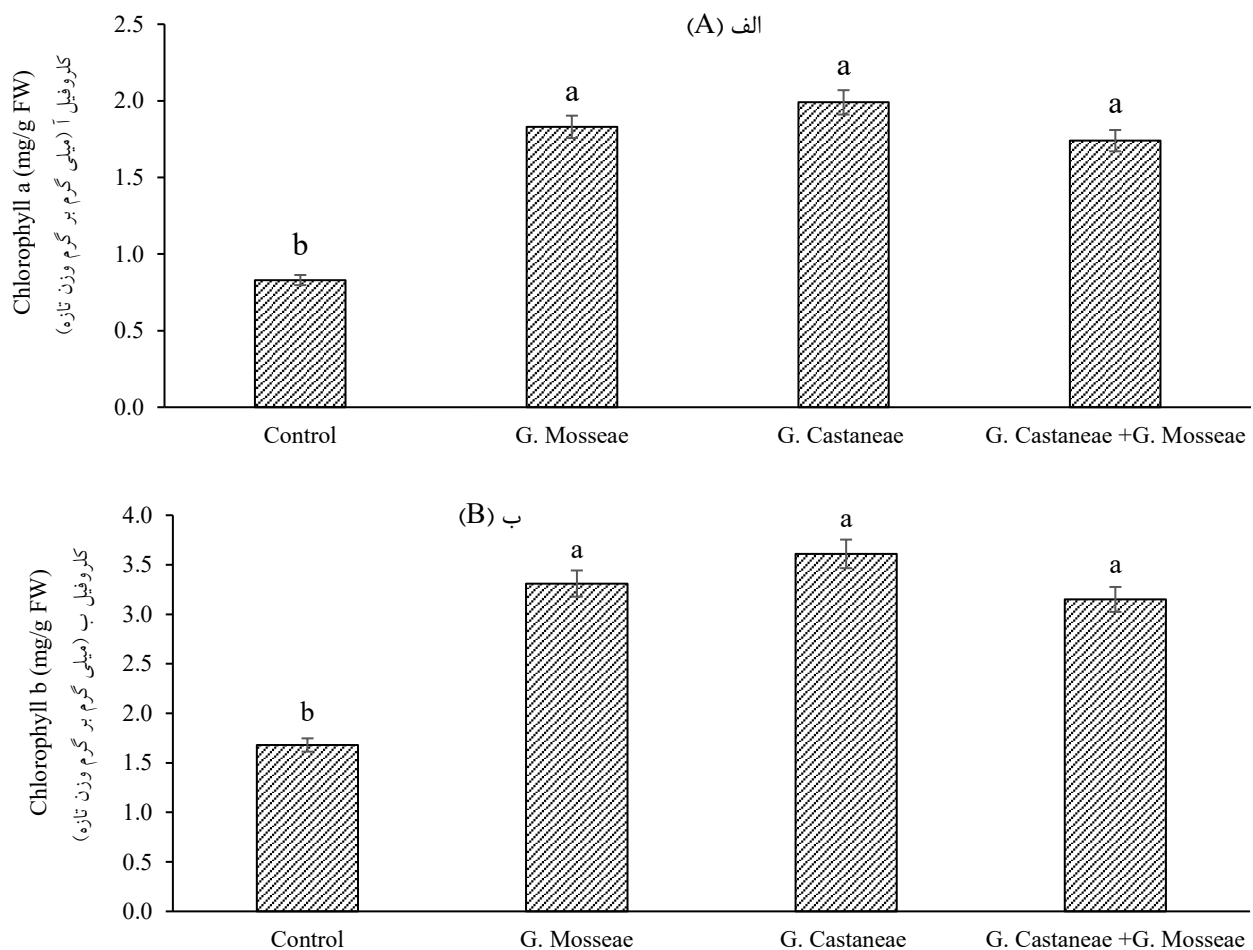


شکل ۱۲. مقایسه میانگین اثر تیمارهای قارچی بر کلروفیل کل (الف) و آنتوسیانین (ب) در آهار. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Fig. 12. Mean comparisons of the effect of fungal treatments on the total chlorophyll (A) and anthocyanin (B) in Zinnia. Bars with similar letters are not significantly different (LSD, $p < 0.05$)

تازه و خشک در گیاهان تیمار شده با جلبک‌ها ممکن است به دلیل داشتن مواد مغذی مورد نیاز در گیاهان از جمله عناصر پرمصرف و کم‌مصرف، اسیدهای آلی، اکسین، سیتوکینین و جبریلین باشد که این مواد مغذی را به صورت تدریجی در اختیار گیاه قرار داده و باعث می‌شود که همواره در دسترس گیاه بوده و کمبود مواد جبران شود (Sridhar, 2010). در نتیجه حضور این مواد مغذی

دریایی موجب تشکیل خاکدانه‌ها و افزایش تخلخل خاک شده و همچنین غنی از ترکیبات فنلی و مانیتول می‌باشند که هر دو ماده سبب تحریک رشد ریشه می‌شوند (Crouch et al., 1990). Carey et al. (2008) مشاهده کردند که بنزیل آدنین موجود در جلبک با جذب بیشتر مواد غذایی و در نهایت افزایش تقسیم سلولی، باعث بزرگ شدن برگ‌ها می‌شوند. از طرفی افزایش وزن



شکل ۱۳. مقایسه میانگین اثر تیمارهای قارچی بر میزان کلروفیل a (الف) و b (ب) در آهار. ستون‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح ۵ درصد تفاوت معنی‌دار ندارند.

Fig. 13. Mean comparisons of the effect of fungal treatments on the chlorophyll a (A) and chlorophyll b (B) in Zinnia. Bars with similar letters are not significantly different (LSD, $p < 0.05$)

می‌کند (Soliman *et al.*, 2000). در واقع عصاره‌ی جلبک دارای ترکیباتی مانند بتائین‌ها با فعالیت شبه‌سیتوکینی است که سبب افزایش رشد و تعداد ریشه و شاخساره می‌گردد (Blunden, 1977). همچنین با توجه به اینکه استفاده از جلبک‌ها باعث افزایش محتوای پروتئینی، کربوهیدرات و لیپیدها در گیاهان شده است، در نهایت منجر به افزایش قطر گل نیز می‌گردد (Sridhar, 2010). در واقع از آنجایی که فسفر یک عنصر ضروری در ساخت پیوند پپتید و در نهایت متابولیسم پروتئین و کربوهیدرات است، و بر اساس پژوهش‌های انجام‌شده یکی از مهم‌ترین آثار مثبت جلبک‌ها بر گیاهان افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر

به‌صورت کود درون خاک یا به‌صورت محلول‌پاشی روی گیاه موجب تحریک رشد ریشه و همچنین سبب افزایش ضخامت ساقه و افزایش رشد رویشی می‌شوند که این امر به‌علت تأثیر افزایشنده مواد یادشده بر فتوسنتز، متابولیسم سلولی، سنتز پروتئین‌ها و هورمون‌ها است (Charlie, 2003).

در کل با توجه به تأثیری که کودهای جلبکی بر افزایش صفات تعداد و قطر برگ، میزان آب نسبی برگ، و طول و حجم ریشه دارد، در نهایت منجر به افزایش وزن تازه و خشک گیاه می‌شود. جلبک با دارا بودن مواد مغذی و ضروری گیاه، زمینه را برای تولید و تجمع مواد در گیاه و افزایش وزن خشک گیاه فراهم

سبب گسترش ریشه‌های موئین، تغییرات مورفولوژیک ریشه، گسترش ناحیه توسعه ریشه، نگهداری بهتر مواد غذایی محلول (در اثر کاهش برهمکنش با کلونیدهای خاک یا هدررفت به دلیل آبشویی) و در نهایت افزایش میزان جذب عناصر غذایی توسط گیاه شوند. در پژوهشی افزایش تولید ماده خشک در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا به دلیل جذب بیشتر فسفر مشاهده شد. همین‌طور افزایش بیشتر جذب آب توسط میکوریزا می‌تواند بر رشد رویشی تاثیرگذار باشد (Kijkar et al., 1991).

برخی پژوهشگران قارچ گلواموس موسه‌آ را گونه‌ای بسیار مناسب برای تلقیح آهار معرفی نمودند. زیرا ب‌طور قابل توجهی اندازه برگ و زیست‌توده شاخساره را افزایش داد. تلقیح قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار با گل لیسپانتوس نیز به‌طور معنی‌داری تعداد روز لازم تا گل‌دهی را کاهش داده و صفات تعداد و قطر گل، وزن تازه گل، و طول و تعداد ساقه گل‌دهنده را افزایش داد (Khandan Mirkohi et al., 2014). همچنین مشاهده شد تلقیح گونه دارویی ریحان^{۱۰} با گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع ساقه، سطح برگ، زیست‌توده، و طول و میزان ریشه‌های جانبی در مقایسه با شاهد شد (Copetta et al., 2006).

نتیجه‌گیری

به‌طورکلی در بررسی صفات مورفوفیزیولوژیک گل آهار، تیمارهای جلبکی و قارچی بر تمامی صفات به‌جز طول ساقه تاثیر معنی‌داری داشتند. در رابطه با نوع تیمارها، در اغلب موارد استفاده از قارچ‌های *G. mosseae* یا *G. castaneae* به‌تنهایی یا به‌صورت مخلوط توانست تاثیر مثبتی بر صفات رشدی گیاه آهار داشته باشد. از آنجایی که پژوهشگران به‌دنبال جایگزین‌های مناسب برای کودهایی شیمیایی به‌منظور افزایش تولید محصول هستند و با توجه به نتایج این پژوهش می‌توان کاربرد قارچ‌های میکوریزا و همچنین کودهای جلبکی را به کشاورزان پیشنهاد نمود.

است. در نتیجه احتمال افزایش فراهمی فسفر و به دنبال آن افزایش قطر گل در گیاهان وجود دارد (Erulan et al., 2009).

قارچ‌های میکوریزا با افزایش میزان آب درون گیاه موجب افزایش وزن تازه، افزایش رشد ریشه و در نهایت توسعه برگ می‌گردند (Plaza et al., 2018). مهم‌ترین اثر قارچ‌های میکوریزا، افزایش رشد گیاه میزبان است که معمولاً سبب افزایش جذب عناصر غذایی خاک، به‌ویژه جذب عناصر با تحرک کم در خاک مانند فسفر و روی، می‌شود (Naseri et al., 2015). قارچ‌ها موجب تنظیم اسمزی و نگهداری آماس سلولی، افزایش شدت فتوسنتز، افزایش غلظت پروتئین، و تجمع کربوهیدرات‌ها می‌شوند. همچنین قارچ‌ها سبب بهبود وضعیت عناصر غذایی و افزایش میزان آنتی‌اکسیدان‌ها در گیاه می‌شوند که در نهایت موجب بهبود روابط آبی می‌گردد (Asrar and Elhindi, 2011). طول ریشه به عنوان مهم‌ترین شاخص در روند رشد گیاه است زیرا افزایش طول ریشه در واحد حجم خاک بهترین ویژگی برای ارزیابی فراهمی عناصر غذایی خاک و جذب عناصر توسط گیاه است (Khazaei et al., 2013). در این راستا تلقیح قارچ میکوریزا باعث تغییرات مورفولوژیک ریشه می‌شود که این تغییرات باعث افزایش جذب فسفر شده (Subramanian et al., 2008) و در نهایت سبب انتقال سریع‌تر این عنصر به اندام‌های شاخساره می‌شود. پژوهش‌های پیشین نشان می‌دهند تلقیح قارچ میکوریزا همچنین جذب نیتروژن را افزایش داده و در نتیجه موجب افزایش سطح کلروفیل و متابولیت‌های گیاهی می‌گردد (Perry et al., 2016, Weisany et al., 2011) که با نتایج پژوهش حاضر هم‌خوانی دارد. تلقیح قارچ میکوریزا با بذور ذرت و گندم حجم ریشه را افزایش داد (Russo et al., 2005). همچنین افزایش در طول ریشه گیاه آلوده به قارچ میکوریزا نسبت به گیاه شاهد مشاهده شده است (Davies et al., 2002).

قارچ‌های میکوریزا بر رشد رویشی گیاهان که دارای ارتباط همزیستی با یکدیگر هستند، موثر بوده و سبب رشد بیشتر آن‌ها می‌گردد (Khandan Mirkohi et al., 2014). این قارچ‌ها قادرند

تشکر و سپاسگزاری

تضاد منافع

در انجام این پژوهش، حمایت مالی خاصی از مؤسسات عمومی، نویسندگان مقاله اذعان دارند هیچ‌گونه تضاد منافع با شخص، صنعتی و غیرانتفاعی دریافت نشده است. شرکت یا سازمانی برای این پژوهش ندارند.

منابع مورد استفاده

References

1. Abbasi, N.A., Zahoor, S., Nazir, K., 2004. Effect of preharvest phosphorus and potassium fertilizers and postharvest AgNO₃ pulsing on the postharvest quality and shelf life of Zinnia (*Zinnia elegans* cv. Blue point) cut flowers. Int. J. Agric. Sci. 1, 129–131.
2. Abbott, L.K., Robson, A.D., 1991. Factors influencing the occurrence of vesicular-arbuscular mycorrhizas. Agric. Ecosyst. Environ. 35, 121–150.
3. Adediran, J.A., Taiwo, L.B., Akande, M.O., Sobulo, R.A., Idowu, O.J., 2004. Application of organic and inorganic fertilizers for sustainable maize and cowpea yields in Nigeria. J. Plant Nutr. 27, 1163–1181. <https://doi.org/10.1081/PLN-120038542>
4. Ahmad, I., Dole, J.M., 2014. Homemade floral preservatives affect postharvest performance of selected specialty cut flowers. Hort. Technol. 24, 384–393. <https://doi.org/10.21273/HORTTECH.24.3.384>
5. Almaroai, Y., Eissa, M., 2020. Role of marine algae extracts in water stress resistance of onion under semiarid conditions. J. Soil Sci. Plant Nutr. 20, 1092–1101. <https://doi.org/10.1007/s42729-020-00195-0>
6. Aly, M.S., Esawy, M.A., 2008. Evaluation of Spirulina Platensis as bio. stimulator for organic farming systems. J Genet Eng Biotechnol. 6(2), 1–7.
7. Amirnia, R., Ghiyasi, M., Moghaddam, S.S., Rahimi, A., Damalas, C.A., Heydarzadeh, S., 2019. Nitrogen-fixing soil bacteria plus mycorrhizal fungi improve seed yield and quality traits of lentil (*Lens culinaris* Medik). J. Soil Sci. Plant Nutr. 19(3), 1–11. <https://doi.org/10.1007/s42729-019-00058-3>
8. Amjazi, H., Hamidpour, M., 2012. The effect of phosphorus, vermicompost and natural zeolite on the quantitative and qualitative characteristics of Ahar flower. J. Soil Plant Interact. 3(10), 86–79. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.1001/1.20089082.1391.3.2.7.7>
9. Arnon, D.I., 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenol oxidases in *Beta vulgaris*. Plant Physiol. 24, 1–15. <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>
10. Asrar, A.W.A., Elhindi, K.M., 2011. Alleviation of drought stress of marigold (*Tagetes erecta*) plants by using arbuscular mycorrhizal fungi. Saudi J. Biol. Sci. 18, 93–98. <https://doi.org/10.1016/j.sjbs.2010.06.007>
11. Barea, J.M., Azcón R., Azcón-Aguilar, C., 1993. Mycorrhiza and crops. In: Tommerup, I. (Ed.), Advances in Plant Pathology, 9. Mycorrhiza: A Synthesis. Academic Press, London, pp. 167–189.
12. Blunden, G., Wildgoos, P.B., 1977. The effects of aqueous seaweed extract and kinetin on potato yields. Saudi J. Biol. Sci. 28(2), 121–125. <https://doi.org/10.1002/JSFA.2740280203>
13. Carey, D.J., Whipker, B.E., Mc Call, I., Buhler, W., 2008. Benzyl adenine foliar sprays increase offsets in *Sempervivum* and *Echeveria*. J. Hortic. Sci. 53, 19–21.
14. Carter, C.T., Grieve, C.M., 2010. Growth and nutrition of two cultivars of *Zinnia elegans* under saline conditions. J Hortic. Sci. Biotechnol. 45(7), 1058–1063. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.45.7.1058>
15. Charlie, O., 1990. National Plant Hormones are Biostimulants Helping Plant. PhD Thesis, University of Natal, South Africa.
16. Copetta, A., Lingua, G., Berta, G., 2006. Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. Mycorrhiza 16, 485–494. <https://doi.org/10.1007/s00572-006-0065-6>
17. Crouch, I.J., Beckett, R.P., Van Staden, J. 1990. Effect of Seaweed Concentrate on the Growth and Mineral Nutrition of Nutrient Stress Lettuce. Journal of Applied Phycology, 2, 269–272. <https://doi.org/10.1007/BF02179784>
18. Davies, J.R., Olalde-Portugal, L., Aguilera-Gomez, M.J., Alvarao, R.C., Ferrera Cerrato, T., Boutton, W., 2002. Alleviation of drought stress of chile ancho pepper (*Capsicum annuum* L. CV Sanluis) with arbuscular mycorrhiza indigenous to Mexico. Sci. Hortic. 92, 342–359. [https://doi.org/10.1016/S0304-4238\(01\)00293-X](https://doi.org/10.1016/S0304-4238(01)00293-X)
19. Deepika, P., MubarakAli, D., 2020. Production and assessment of microalgal liquid fertilizer for the enhanced growth of four crop plants. Biocatal Agric. Biotechnol. 28, 101–107. <https://doi.org/10.1016/j.bcab.2020.101701>
20. Dokora, F.D., Matiru, V., King, M., Phillips, D.A., 2002. Plant growth promotion in legumes and cereals by lumichrome, a rhizobial signal metabolite. In: Finan, T.M., o'Brain, M.R., Layzell, D.B., Vessey, K., Newton, W.E. (Eds.), Nitrogen Fixation: Global Perspectives. Walling Ford, UK: CABI Publishing, pp. 321–325.

21. Dole, J.M., Wilkins, H.F., 2005. Floriculture: Principles and Species. Prentice Hall, USA.
22. El-Sharkawy, M., El-Beshbeshy, T., Al-Shal, R., Missaoui, A., 2017. Effect of plant growth stimulants on alfalfa response to salt stress. *Agri. Sci.* 8, 267–291. <https://doi.org/10.4236/as.2017.84020>
23. Erulan, V., Soundarapandian, P., Thirumaran, G., Ananthanmg, G., 2009. Studies on the effect of *Sargassum polycystum* (C. Agardh, 9824) extract on the growth and biochemical composition of *Cajanus cajan* (L.) Mill sp. *Am.-Eurasian J. Agric. Environ. Sci. Environ. Sci.* 6(4), 012–016.
24. Guerreiro, J.C., Blainski, E., Silva, D.L., Caramelo, J.P., Pascutti, T.M., Oliveira, N.C., Ferreira-Filho, P., 2017. Effect of the seaweed extract applied on seeds and foliar sprays on soybean development and productivity. *J. Food Agri. Environ.* 15(1), 18–21. <https://doi.org/10.1234/4.2017.1375>
25. Hekmati, J., 2012. Seasonal Flowers (Flowers of The Open Space). Publication of Agricultural Sciences. 285 pp. (In Persian)
26. Iqbal, D., 2012. Important in postharvest attributes of zinnia (*Zinnia elegans* cv. Benary's Giant) cut-flowers by the application of various growth regulators. *Pak. J. Bot.* 44(3), 1091–1094.
27. Joshi-Paneri, J., Chamberland, G., Donnelly, D., 2020. Effects of *Chelidonium majus* and *Ascophyllum nodosum* extracts on growth and photosynthesis of soybean. *Acta Agrobot.* 73, 1–6. <https://doi.org/10.5586/aa.7313>. <https://doi.org/10.5586/aa.7313>
28. Junior, J.N., Gruis, J.T., 1961. Effects of nitrogen and potassium levels on growth, flowering and chemical composition of zinnia and marigold. University of Florida, Fla. State Hort. Soc. pp. 445–447.
29. Kafi, M., Ghasemi Ghahsareh, M., 2009. Floriculture. 4th Edition, Jahad Press, Tehran, Volume 1. (In Persian)
30. Khandan Mirkohi, A., Sheikh Asadi, M., Taheri, M., Babalar, M., 2014. The effect of arbuscular mycorrhizal fungi and different levels of phosphorus on some aspects of *Lisianthus* plant growth. *J. Sci. Technol. Greenhouse Cult.* 6, 57–67. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.18869/acadpub.ejgcst.6.2.57>.
31. Khazaei, H.R., Riahinia, Sh., Eshghizadeh, H.R., 2013. The effect of moisture stress on the distribution and spread of roots and aerial parts of four triticale genotypes (*Triticosecale wittmack*). *Iran. J. Agroecology.* 2, 417–426. (In Persian with English abstract) <https://doi.org/10.22067/jag.v2i1.7614>
32. Kijkar, S., 1991. Handbook: Producing Rooted Cuttings of *Eucalyptus camaldulensis*. ASEAN-Canada Forest Tree Seed Centre Project, Muak-Lek, Saraburi, Thailand. (ASEAN-Canada Forest Tree Seed Centre, Muak-Lek, Saraburi 18180, Thailand), 25 pp.
33. Kim, K., Yim, W., Trivedi, P., Madhaiyan, M., Boruah, H.P.D., Islam, M.R., Sa, T., 2010. Synergistic effects of inoculating arbuscular mycorrhiza fungi and *Methylobacterium oryzae* strains on growth and nutrient uptake of red pepper (*Capsicum annuum* L.). *Plant Soil* 327(1–2), 429–440. <https://doi.org/10.1007/s11104-009-0072-4>
34. Miransari Mahabadi, M.R., Bahrami, H., Rejali, F., Malkuti, M.J., 2016. Investigating the effect of arbuscular mycorrhizal fungi on nutrient absorption and corn yield under soil compaction stress conditions. *J. Soil Water Sci.* 20(1), 123–129. (In Persian with English abstract). <https://doi.org/10.22092/ijsr.2006.127188>
35. Naseri, R., Berari, M., Zare, M.J., Khawazi, K., Tahamasbi, N., 2015. The effect of growth enhancing bacteria and mycorrhizal fungi on important agronomic traits of wheat under rainfed conditions, *Agri. Ecol.* 5(1), 49–66. (In Persian with English abstract) <https://doi.org/10.22092/sbj.2017.113121>.
36. Narendra, K., 2024. Algal extracts and their importance in promoting plant growth. *Afr. J. Biol. Sci.* 6(13), 1146–1163. <https://doi.org/10.2527/jas1972.344642x>
37. Nidhi, V., Sehrawat, D., Poonam, M., 2021. Potential use of *Ascophyllum nodosum* as a biostimulant for improving the growth performance of *Vigna aconitifolia* (Jacq.) Marechal. *Plants.* 10, 2361. <https://doi.org/10.3390/plants10112361>.
38. Patel, P.J., Trivedi, G.R., Shah, R.K., Saraf, M., 2018. Selenorhizobacteria: As biofortification tool in sustainable agriculture. *Biocatal. Agric. Biotechnol.* 14, 198–203. <https://doi.org/10.33472/AFJBS.6.13.2024.1146-1163>
39. Perry, T.W., Rhykerd, C.L., Holt, D.A., Mayo, H.H., 2011. Effect of potassium fertilization on chemical characteristics, yield and nutritive value of corn silage, *J. Anim. Sci.* 34, 642–646. <https://doi.org/10.2527/jas1972.344642x>
40. Rai, M.K., 2001. Current advances in mycorrhization in micro propagation. *In Vitro Cellular & Developmental Biology Plant.* 37(2), 158–167. <https://doi.org/10.1007/s11627-001-0028-8>
41. Raven, P.H., Evert, R.F., Eichhom, S.E., 2013. *Biologia delle piante*. VI edition. Pp. 399–410.
42. Raviv, M., 2010. The use of mycorrhiza in organically-grown crops under semiarid conditions: a review of benefits, constraints and future challenges. *Symbiosis* 52(2–3), 65–74. <https://doi.org/10.1007/s13199-010-0089-8>
43. Razavipour, T., Siavash Moghadam, S., Davalit, Y., Jang Jo, F., 2019. Organic and biological fertilizers and their importance in sustainable agriculture. National Rice Research Institute, Iran . 1, 202. (In Persian)
44. Saleem, A.S., Ahmad, I., Ziaf, K., Abdul Salam Khan, M., Qasim, M., Sohail Mazhar, M., 2015. Substrates affect plant growth, flower yield, and quality of stock (*Matthiola incana* L.) and zinnia (*Zinnia elegans* Jacq.). *P. J. Life Sci.* 13(3), 126–131.
45. Selvam, G., Sivakumar, K., 2013. Effect of foliar spray from seaweed liquid fertilizer of *Ulva reticulata* (Forsk.) on

- Vigna mungo* L. and their elemental composition using SEM-energy dispersive spectroscopic analysis. Asian Pac. J. Reprod. pp. 119–125. [https://doi.org/10.1016/S2305-0500\(13\)60131-1](https://doi.org/10.1016/S2305-0500(13)60131-1)
46. Shreenivas, K.R., Krishnappa, K., Ravichandra, N.G., 2006. Interaction effects of arbuscular mycorrhiza fungus *Glomus fasciculatum* and root-knot nematode, *Meloidogyne incognita* on growth and phosphorous uptake of tomato. Karnataka J. Agric. Sci. 20(1), 57–61.
47. Singh, M., Shukla, Sh., Kumar, S., Kumar Sharma, A., 2019. Effect of micro-nutrients as a foliar spray on the performance of zinnia (*Zinnia elegans* L.) Cv. Lilliput mix. J. Pharmacogn. Phytochem. 8(1), 815–818.
48. Sivasankari, S., Venkatesalu, V., Anantharaj, M., Chandrasekaran, M., 2006. Effect of seaweed extracts on the growth and biochemical constituents of *Vigna sinensis*. Bio. Resour. Technol. 97, 1745–1751.. <https://doi.org/10.1016/j.biortech.2005.06.016>
49. Soliman, A.I.I., Hussein, M.H., Dessouki, S.A.S., Torky, Y., 2000. Production of phytohormones by using some blue green algae used as soil inoculants for rice fields in Egypt. J. Union Arab Biol., Cairo. (88): Physiol. Algae. pp. 80–932.
50. Sridhar, S., Rengasamy, R., 2010. Effect of seaweed liquid fertilizer on the growth, biochemical constituents and yield of *Tagetes erecta* under field trial. J. Phytol. 2(6), 69–68.
51. Stasio, E.D., Cirillo, V., Raimondi, G., Giordano, M., Esposito, M., Maggio, A., 2020. Osmo-priming with seaweed extracts enhance yield of salt-stressed tomato plants. Agronomy 10, 1559. <https://doi.org/10.3390/agronomy10101559>
52. Stirk, W.A., Rengasamy, K.R.R., Kulkarni, M.G., Van Staden, J., 2020. Plant biostimulants from seaweed. In: Geelen, D. (Ed.), The Chemical Biology of Plant Biostimulants, Hoboken, NJ, USA. pp. 31–55. DOI: 10.1002/9781119357254.ch2
53. Subramanian, K.S., Bharathi, C., Jegan, A., 2008. Response of maize to mycorrhiza colonization at varying levels of zinc and phosphorus. Biodiv. Soil. 45, 133–144. <https://doi.org/10.1007/s00374-008-0317-z>
54. Sunarpi, H., Kurnianingsih, R., Ghazali, M., 2020. Evidence for the presence of growth-promoting factors in Lombok *Turbinaria murayana* extract stimulating growth and yield of tomato plants (*Lycopersicum esculentum* Mill). J. Plant. Nutr. 43(1), 1–11. . <https://doi.org/10.1080/01904167.2020.1750642>.
55. Swarup, V., 2003. Garden Flowers. National Book Trust, India. 276 pp. <https://doi.org/>
56. Taiz, L., Zeiger, E., 2006. Plant Physiology. 2nd Edition, Sinauer Associates Publishers. Sunderland. pp. 59–64.
57. Thomas, S.C.L., 1996. Nutrient weeds as soil amendments for organic growth herbs. J. Herbs Spices Med. Plants. 4(1), 3–8. <https://doi.org/10.1614/WS-D-14-00151.1>
58. Wanger, G.J., 1979. Content and vacuole/ extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplast. Plant Physiol. 64, 88–93. <https://doi.org/10.1104/pp.64.1.88>
59. Weisany, W., Raei, Y., Ghassemi-Golezani, K., 2016. *Funneliformis mosseae* alters seed essential oil content and composition of dill in intercropping with common bean. Ind. Crops Prod. 79, 29–38. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.10.041>