

The Influence of Arbuscular Mycorrhiza Fungi and Seaweed Extract Application on Some of Morpho-Physiological Characteristics and Nutrient content of Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) Transplants

Nasim Mohammadi¹, Farzad Rasouli^{2*}, Farhad Behtash³, Mohammad Ali Aazami² and Rana Panahi Tajaragh¹

1- M.Sc. Student, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

2- Associate Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

3- Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, University of Maragheh, Maragheh, Iran

*Corresponding author: farrasoli@gmail.com

(Received: 01 August 2022

Revise: 08 September 2022

Accepted: 10 September 2022)

Extended Abstract

- 1. Introduction:** Okra (*Abelmoschus esculentus* L.) is a tropical and sub-tropical vegetable that is mainly grown by transplantation. Technological advances in agriculture have also contributed to the progress of the transplanting industry because they have reduced the cost of transplant production. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) have symbiotic relationship with many plants' root and their importance in growth and yield improvement has been proven. Mycorrhizal symbiosis is one of the most common symbiosis in plants. The main advantage of AMF for host plants is the expansion of the root penetration zone. Also, seaweed extract (SWE) acts as a bio-stimulant to plant growth enhancement. These products are widely used in improving agricultural sustainability and can actually facilitate the production process by reducing environmental effects. And, the co-application of AMF and SWE could be attributed to promoting the growth and yield of agricultural crops.
- 2. Materials and Methods:** In order to study the effect of SWE foliar application and AMF inoculation on okra transplants, a factorial experiment was conducted based on a completely randomized design with two factors and four replications under greenhouse condition. The first factor was AMF (*Glomus mosseae*) inoculation at two levels included 0 (as control) and 5 g kg⁻¹ and the second factor was SWE (*Ascophyllum Nodosum*) foliar application at four levels included 0 (as control), 1, 2 and 4 g L⁻¹. The morphological traits of the transplants such as plant height, number of leaves, length and width of the leaves, fresh and dry weight of the root and shoot, and stem diameter were measured. Also, in order to assess physiological responses of transplants to used treatments, some important traits such as photosynthesis pigments content, total soluble carbohydrates, total soluble proteins, total antioxidant activity and some macro- and micronutrients were evaluated.
- 3. Results and Discussion:** The results showed that the morphological, physiological, and biochemical characteristics, as well as the nutrient content of okra were significantly affected by SWE spraying and AMF inoculation. These treatments improved the growth parameters, photosynthetic pigments content, osmolytes (total soluble carbohydrates and total soluble protein), total antioxidant activity, and macro and micro-nutrients of okra transplants. The foliar spraying of 4 g L⁻¹ SWE along with AMF increased the stem diameter, plant height and leaf length by 72, 85 and 55%, respectively, compared to the control plants. AMF inoculation improved the leaf width by 12.83% compared to control. Foliar application of SWE at 4 g L⁻¹ concentration increased the leaf width by 25% compared to control. The treatment of 4 g L⁻¹ SWE along with AMF inoculation caused an increase in fresh and dry weight of root by 132.83 and 204.54 %, respectively. The highest content of chlorophyll a (36.51 and 35.79 mg g⁻¹ FW) was observed in transplants treated with SWE 2 and 4 g L⁻¹ and AMF, respectively, and the lowest content (12.01 mg g⁻¹ FW) was observed in control. The highest content of chlorophyll b (22.21 mg g⁻¹ FW) was obtained in transplants treated with SWE 4 g L⁻¹ and AMF, and the lowest value was recorded in control (6.51 mg g⁻¹ FW). Foliar spraying of SWE and AMF inoculation led to a 2.7-fold enhancement in total soluble protein compared to control. The highest antioxidant activity (35.89 %) was recorded in transplants treated with SWE 2 g L⁻¹ and the lowest value (25.44 %) was for control plants.

4. **Conclusion:** The results of the current study have shown that application of SWE and AMF as separate or combined treatments led to a significant improvement in okra transplants morphological characteristics such as plant height, leaf length, number of leaves, stem diameter, leaf width, and stem and root fresh and dry weight, as well as enhanced physiological traits such as protein content, chlorophyll a and b content, antioxidant activity rate, carbohydrate and carotenoid content, and the amounts of macro- and micro-nutrients. Based on obtained results of this study, foliar application of SWE at concentration of 4 g L⁻¹ along with AFM inoculation could be recommended as useful treatment to produce okra transplants with suitable morpho-physiological characteristics.

Keywords: Antioxidant activity, Bio- fertilizers, Symbiosis, Yield

Citation: Mohammadi, N., Rasouli, F., Behtash, F., Aazami, M. A. & Panahi Tajaragh, R. (2023). The influence of arbuscular mycorrhiza fungi and seaweed extract application on some of morpho-physiological characteristics and nutrient content of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) transplants. *Journal of Vegetables Sciences*, 13(1), 44-60. doi: 10.22034/IUVS.2022.559507.1228

Copyrights:

Copyright for this article is retained by the author(s), with publication rights granted to Journal of Vegetables Sciences. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>).





تأثیر کاربرد مایکوریزا و عصاره جلبک دریایی بر برخی صفات مورفو-فیزیولوژیکی و محتوای عناصر نشاء بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.)

نسیم محمدی^۱، فرزاد رسولی^{۲*}، فرهاد بهتاش^۳، محمدعلی اعظمی^۴ و رعنا پناهی تجرق^۱
۱- دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
۲- دانشیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران
۳- استادیار، گروه علوم و مهندسی باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه مراغه، مراغه، ایران

*نویسنده مسئول: farrasoli@gmail.com

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۰۶/۱۹

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۰۶/۱۷

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۵/۱۰

چکیده

بامیه از دسته سبزی‌های استوایی و محصولی نیمه گرمسیری بوده که به صورت نشاء کاری پرورش داده می‌شود. به منظور مطالعه اثر محلول پاشی عصاره جلبک (SWE) و تلقیح قارچ مایکوریزا آرباسکولار (AMF) بر نشاء بامیه، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در شرایط گلخانه‌ای انجام شد. فاکتور اول شامل AMF در دو سطح صفر (شاهد) و ۵ گرم در کیلوگرم و فاکتور دوم شامل محلول پاشی SWE با غلظت‌های صفر (شاهد)، ۱، ۲ و ۴ گرم در لیتر بود. بر پایه نتایج بدست آمده کاربرد تیمارهای SWE و AMF سبب بهبود ویژگی‌های مورفولوژیکی شد و حداکثر قطر، وزن تر و خشک ساقه (۴/۲۲ سانتی‌متر و به ترتیب ۴/۶۵ و ۱/۷۶ گرم) با مصرف ۴ گرم در لیتر SWE به همراه AMF حاصل گردید. تیمار SWE در غلظت‌های ۲ و ۴ گرم در لیتر به همراه AMF با تولید بیشترین میزان کلروفیل a همراه بود. بیشترین میزان کربوهیدرات در غلظت ۴ گرم در لیتر SWE به همراه AMF (۲/۹۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و بیشترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل در تیمار ۲ گرم در لیتر SWE بدون AMF (۳۵/۸۹ درصد) مشاهده شد. در نشاء‌های تیمار شده با SWE ۴ گرم در لیتر و AMF، غلظت پنتاسیم و آهن در برگ و ریشه به ترتیب ۵۳/۲۵، ۶۶/۵۰، ۰/۱۶۷۵ و ۰/۲۳۷ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک بدست آمد. بر اساس نتایج این پژوهش محلول پاشی SWE با غلظت ۴ گرم در لیتر توأم با کاربرد AMF می‌تواند سبب بهبود کیفیت و افزایش رشد نشاء بامیه گردد.

واژه‌های کلیدی: عملکرد، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کودهای زیستی، همزیستی

استناد: محمدی، ن.، رسولی، ف.، بهتاش، ف.، اعظمی، م. ع. و پناهی تجرق، ر. (۱۴۰۲). تأثیر کاربرد مایکوریزا و عصاره جلبک دریایی بر برخی صفات مورفو-فیزیولوژیکی و محتوای عناصر نشاء بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.). علوم سبزی‌ها، ۱۳(۱)، ۴۴-۶۰.

حق چاپ:



حق چاپ برای نویسنده (گان) این مقاله محفوظ است. بر اساس قوانین انتشارات با دسترسی آزاد، تمام مطالعات چاپ شده در این مجله به صورت آزاد در وب سایت مجله برای عموم بدون پرداخت هزینه قابل دسترس است.

مقدمه

AMF و SWE به دلیل داشتن اثر محرک زیستی می‌تواند در بهبود رشد نشاء نقش به‌سزایی ایفا نماید. در مطالعه‌ای مشخص شد که تلقیح ذرت (*Zea mays* L.) و فلفل سیاه (*Piper nigrum* L.) با AMF (۱۰۰۰ اسپور در ۵ سانتی‌متر خاک) همراه با کاربرد دو سطح مختلف روی در غلظت‌های صفر و ۵ میلی‌گرم در لیتر و همچنین فسفر در غلظت‌های صفر، ۲۵ و ۱۲۵ میلی‌گرم در لیتر، موجب بهبود جذب عناصر غذایی به‌ویژه عناصر فسفر و روی شد (Ortas, 2012). گزارش‌هایی مبنی بر تأثیر مثبت کاربرد SWE بر واکنش‌های فیزیولوژیکی گیاهان، بهبود جوانه‌زنی بذر، افزایش رشد ریشه، بهبود جذب عناصر غذایی و تقویت رشد گیاهان منتشر شده است (Arioli et al., 2015; Yuan et al., 2015). برخی مطالعات نشان‌دهنده اثر مثبت کودهای ریزجلبک به‌ویژه به‌صورت محلول‌پاشی برگی بر روی محصولات باغی و زینتی مانند بادمجان (*Solanum melongena*)، سیر (*Allium sativum*)، فلفل (*Capsicum annuum*)، گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum*) و اطلسی (*Petunia atkinsiana* ×) می‌باشد (Aly & Esawy, 2008; Shalaby & El-Ramady, 2014; Plaza et al., 2018). پلی‌ساکاریدهای استخراج شده از عصاره جلبک *Arthrospira* spp. به‌صورت محلول‌پاشی در غلظت ۳ میلی‌گرم در لیتر بر روی گیاهان گوجه‌فرنگی و فلفل در مراحل مختلف رشدی موجب بهبود اندازه میوه گوجه‌فرنگی و فلفل به‌ترتیب به‌میزان ۲۰ و ۳۰ درصد و افزایش وزن تر ریشه در گوجه‌فرنگی در حدود ۲۳۰ درصد و در فلفل در حدود ۶۷ درصد گردید (Elarroussia et al., 2016). Goshki و همکاران (۲۰۲۱) گزارش کردند که کاربرد کود AMF منجر به بهبود برخی ویژگی‌های فیزیولوژیکی از جمله محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی در کاهو (*Lactuca sativa*) گردید.

در سال‌های اخیر، پرورش نشاء به‌عنوان صنعتی اشتغال‌زا، پر درآمد و کاربردی در تمام جهان مطرح شده

بامیه (*Abelmoschus esculentus* L.) گیاهی یکساله از خانواده Malvaceae بوده و از قدیمی‌ترین محصولات زیرکشت در قاره‌های آفریقا، آسیا و جنوب اروپا می‌باشد. بامیه از سبزی‌های استوایی و محصولی نیمه گرمسیری بوده و نسبت به سرما حساس می‌باشد. میوه بامیه حاوی ویتامین‌ها، مواد معدنی مانند کلسیم و پتاسیم، کالری و انواع آمینواسیدها است (Berry et al., 1998; Kobdani et al., 2021). سطح زیرکشت بامیه در جهان ۲/۵ میلیون هکتار و تولید آن ۱۰ میلیون تن می‌باشد (FAO, 2020). همزیستی مایکوریزایی از رایج‌ترین روابط همزیستی در سلسله گیاهان است و یکی از مهم‌ترین انواع مایکوریزاها، مایکوریزای آرباسکولار (Arbuscular Mycorrhiza Fungi) می‌باشد. اصلی‌ترین مزیت مایکوریزا برای گیاهان میزبان، گسترش منطقه نفوذ ریشه است (Supratim et al., 2018). این محصولات بر بهبود پایداری کشاورزی بسیار مؤثر بوده و در واقع می‌توانند فرآیند تولید را با کاهش اثرات زیست‌محیطی تسهیل کنند (Wu et al., 2012). همانگونه که ذکر شد، یکی از فوائد اصلی قارچ مایکوریزا برای گیاهان میزبان، گسترش منطقه نفوذ ریشه است به‌طوری‌که شبکه‌ای از هیف‌های خارجی قارچ به‌عنوان اتصال اضافی و سطح جذب در خاک عمل می‌کنند (Sharma and Adholey, 2004). جلبک دریایی *Ascophyllum nodosum* معمولاً به‌عنوان علف‌سنگ شناخته می‌شود و به‌وفور در سراسر سواحل شمال غربی اروپا و سواحل شمال شرقی آمریکای شمالی پراکنده شده است (Moreira et al., 2017). یکی از ویژگی‌های منحصر به‌فرد گونه *A. nodosum* ارتباط متقابل آن با اندوفیت قارچی *Mycosphaerella ascophylli* است (Fries and Craigie, 2011). عصاره جلبک دریایی *A. nodosum* (Seaweed Extract: SWE) منبع مهمی از محرک‌های زیستی بوده و به‌طور گسترده‌ای برای ارتقای بهره‌وری کشاورزی استفاده می‌شوند (Du Jardin, 2015; Van Oosten et al., 2017).

۵ گرم در کیلوگرم (کاربرد به صورت تلقیح در خاک) تهیه شده از شرکت زیست فناوران پیشتاز واژیان کرج) و فاکتور دوم SWE گونه *A. nodosum* در چهار سطح صفر (شاهد)، ۱، ۲ و ۴ گرم در لیتر (کاربرد به صورت محلول پاشی) بودند. SWE مورد استفاده از نوع یک کود تجاری با عنوان Sesrooz (حاوی عصاره جلبک دریایی گونه *A. nodosum*) و محصول کشور ایرلند بود. این کود حاوی ۴۷ درصد SWE، ۵/۲ درصد پتاسیم (K_2O)، ۱/۹ درصد بور (B)، ۱/۲۶ درصد روی (Zn) و ۲/۵ درصد آهن (Fe) بود. آبیاری گیاهان بر اساس شرایط دمایی روزانه 20 ± 2 و شبانه 18 ± 2 و شرایط رطوبتی گلخانه ۶۰ الی ۷۰ درصد به صورت روزانه انجام گرفت. پس از کاشت بذرها، تا مرحله ۴ برگی فقط با آب آبیاری شدند. پس از آن، SWE به مدت ۲۱ روز و در طول این دوره در ۳ مرحله محلول پاشی (هر ۷ روز یک بار) گردید. به طور کلی، زمان کاشت تا پایان اعمال تیمار حدود ۳۶ روز به طول انجامید. محلول پاشی به گونه‌ای بود که سطح برگ‌ها کاملاً خیس می‌شد.

اندازه‌گیری صفات مورفولوژیکی

صفات مورفولوژیکی شامل ارتفاع بوته، تعداد برگ و طول و عرض برگ، در پایان دوره آزمایش برای هر تکرار مورد بررسی قرار گرفت. همچنین برای تعیین وزن تر و خشک ریشه و ساقه، نمونه‌ها در آون با دمای ۷۰ درجه و به مدت ۲۴ ساعت قرار گرفتند و سپس با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم توزین شدند. برای اندازه‌گیری قطر ساقه نیز از کولیس دیجیتالی استفاده شد.

اندازه‌گیری رنگی‌های فتوسنتزی

برای اندازه‌گیری میزان کلروفیل a، b و کاروتنوئید مقدار ۰/۵ گرم از نمونه تر گیاهی با افزودن ۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ هضم شده و عصاره‌ها با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۱۰ دقیقه سانتریفیوژ شدند. سپس میزان جذب بخش رویی محلول در طول موج‌های ۶۶۳ نانومتر و ۶۴۵ نانومتر و ۴۷۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (Tokyo, Japan) (Arnon, 1949). مقدار

است. تولید نشاء با کیفیت مناسب، تکنولوژی حساس و مهمی برای تولید موفق یک محصول است. نشاء کاری استفاده بهینه از منابع آبی را به حداکثر رسانده و کنترل علف‌های هرز را به مقدار زیادی امکان‌پذیر می‌سازد. روش نشاء کاری نسبت به روش کشت مستقیم بذر از کارایی بیشتری برخوردار می‌باشد. این مزایا باعث شده است که در سال‌های اخیر استفاده از نشاء برای تولید تعدادی از سبزی‌ها افزایش یابد. پیشرفت‌های تکنولوژیکی در نشاء کاری نیز در رشد این صنعت سهیم بوده‌است، چراکه هزینه تولید نشاء را کاهش و قابلیت اطمینان از تولید محصول مناسب از طریق کشت نشاء را افزایش داده است (Javanmardi, 2009). با توجه به اینکه در ایران هنوز قسمت عمده نشاء سبزی‌ها از طریق کشت بذر در محیط خاکی و خزانه تولید می‌شود، استفاده از کودهای زیستی همچون AMF با داشتن قابلیت‌هایی مانند افزایش سطح جذب ریشه، افزایش حلالیت عناصر نامحلول تحت شرایط تنش و افزایش رشد و عملکرد گیاه، می‌تواند مورد بررسی و آزمایش قرار گیرد. همچنین، با توجه به گزارشات منتشر شده مبنی بر اثرات مثبت SWE در تحریک و بهبود رشد قسمت‌های هوایی و ریشه گیاه، در این پژوهش اثرات کاربرد AMF و همچنین محلول پاشی SWE به صورت همزمان بر برخی صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی نشاء بامیه مورد ارزیابی قرار گرفت تا بتوان نتایج حاصل از آن را به صورت کاربردی در اختیار پرورش دهندگان نشاء این محصول قرار داد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه مراغه در طی سال ۱۴۰۰ به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در ۴ تکرار انجام شد. بذرها بامیه رقم *Clemson Spineless* از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه و در سینی‌های ۵۰ عددی کشت شدند. بستر کشت مورد استفاده، خاکی با بافت لومی رسی شنی بود و تیمارهای آزمایشی شامل فاکتور اول AMF گونه *Glomus mosseae* در دو سطح صفر (شاهد) و

ترکیب شده و به مدت ۱۵ دقیقه در انکوباتور تحت دمای ۳۷ درجه سانتی‌گراد در تاریکی قرار داده شد. در نهایت جذب نمونه‌ها در طول موج ۵۲۳ نانومتر قرائت شد و میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی طبق منحنی استاندارد Benzie & Strain, (1996) براساس درصد محاسبه شد.

اندازه‌گیری غلظت عناصر

با استفاده از روش هضم مرطوب غلظت عناصر ماکرو و میکرو اندازه‌گیری شد (Gorsuch, 1970). ۵۰۰ میلی-گرم نمونه برگ خشک و آسیاب شده در مخلوطی از اسید سولفوریک (H_2SO_4) و اسید نیتریک (HNO_3) به نسبت ۵:۱ (v/v) در دمای ۶۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۲۴ ساعت هضم شد. در مرحله بعد، مخلوط هموژن شده در معرض اسید نیتریک و پرکلریک ($HNO_3/HClO_4$) با نسبت ۵:۱ (v/v) قرار گرفت. محتوای روی، منگنز و آهن توسط اسپکتروفتومتر جذب اتمی اندازه‌گیری شد. برای تعیین محتوای K از روش نورسنج شعله‌ای و دستگاه Flame photometer استفاده شد (Waling *et al.*, 1989). میزان فسفر قابل جذب با استفاده از روش پیشنهادی Olsen (۱۹۵۴) و میزان نیتروژن با استفاده از روش پیشنهادی Malavolta و همکاران (۱۹۹۷) اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری

تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C و مقایسات میانگین به کمک آزمون LSD در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد انجام شد. جداول و نمودارها با استفاده از مجموعه نرم افزار Office 2010 ترسیم گردید.

نتایج و بحث

محلول‌پاشی SWE و تلقیح با AMF سبب بهبود ویژگی‌های رشدی و به عبارتی افزایش قطر ساقه، ارتفاع و طول برگ نشاء بامیه شد. حداکثر قطر ساقه (۴/۲۲ میلی‌متر)، ارتفاع گیاه (۲۵/۹۲ سانتی‌متر) و طول برگ (۷/۷۰ سانتی‌متر) در محلول‌پاشی SWE (۴ گرم در

رنگیزه‌های فتوسنتزی براساس میلی‌گرم بر گرم وزن تر و با استفاده از روابط ۱ تا ۳ محاسبه شد.

رابطه ۱

$$a = \text{کلروفیل} = [12.7 \times (A_{663}) - 2.79 \times (A_{645})] \times V/W \times 1000$$

رابطه ۲

$$b = \text{کلروفیل} = [22.5 \times (A_{645}) - 4.68 \times (A_{663})] \times V/W \times 1000$$

رابطه ۳

$$\text{کارتنوئید} = [1000 \times (A_{470}) - 1.82 \times (Chl. a) - 85.02 \times (Chl. b)] / 198$$

اندازه‌گیری کربوهیدرات کل

برای اندازه‌گیری این صفت، ۰/۲ گرم از برگ به همراه ۱۰ میلی‌لیتر اتانول ۹۶ درصد در لوله آزمایش در بسته قرارداده شد، سپس در بن‌ماری با دمای ۸۰ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت حرارت داده شد. پس از سرد شدن، ۱ میلی‌لیتر از نمونه‌ها را برداشته و به آن ۱ میلی‌لیتر فنول ۰/۵ درصد و ۵ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۹۸ درصد اضافه شد. در نهایت میزان نور جذبی در طول موج ۴۸۳ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. غلظت کربوهیدرات‌های محلول کل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر با استفاده از منحنی استاندارد تعیین شد (Schlegel, 1956).

اندازه‌گیری پروتئین کل

در این روش برای استخراج عصاره پروتئینی، ۵۰ میکرولیتر از عصاره تهیه‌شده به‌وسیله بافر فسفات با ۱۰۰۰ میکرولیتر محلول برادفورد مخلوط شده و میزان جذب در طول موج ۵۹۵ نانومتر قرائت شد. برای تعیین محتوای پروتئین کل، از منحنی استاندارد حاصل از غلظت‌های معین پروتئین بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر استفاده شد (Bradford, 1976).

اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل

فعالیت آنتی‌اکسیدانی نمونه‌ها، از روش اندازه‌گیری ظرفیت آنتی‌اکسیدانی کاهش‌دهنده آهن (FRAP) انجام شد. بدین منظور ابتدا ۱ گرم از نمونه گیاهی را با ترازو وزن کرده، سپس در ۲ میلی‌لیتر متانول هضم شده و ۵۰ میکرولیتر عصاره با ۱۵۰۰ میکرولیتر FRAP

به ترتیب به میزان ۷۲، ۸۵ و ۵۵ درصد نسبت به شاهد شد (جدول ۱). شکل ۱، تصویری از میزان رشد رویشی و شاخص‌های ریخت‌شناسی نشاء‌های بامیه را نشان می‌دهد.

لیتر) با تلقیح AMF مشاهده گردید و حداقل مقدار قطر ساقه (۲/۴۵ میلی‌متر)، ارتفاع (۱۳/۹۸ سانتی‌متر) و طول برگ (۴/۹۵ سانتی‌متر) در شاهد مشاهده شد. محلول پاشی ۴ گرم در لیتر SWE همراه با کاربرد AMF باعث افزایش قطر ساقه، ارتفاع گیاه و طول برگ

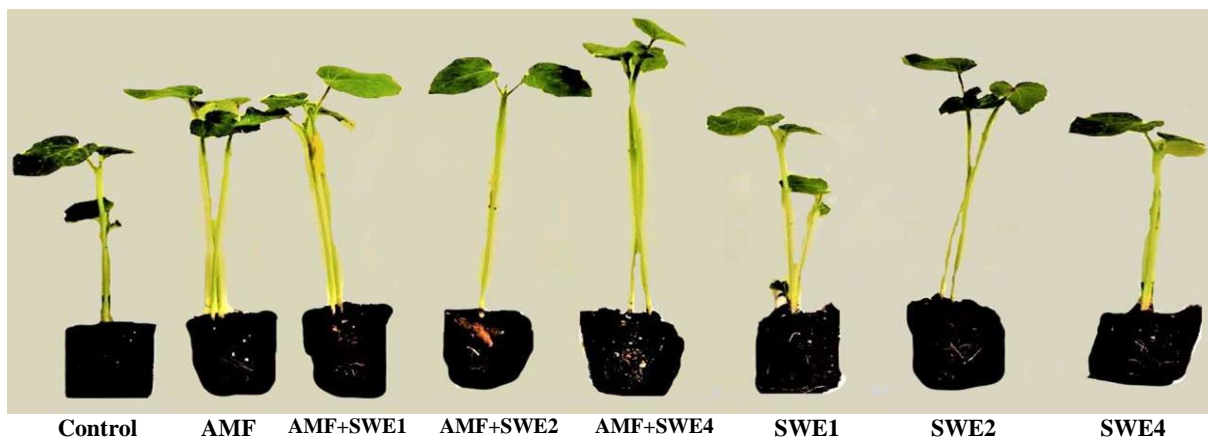
جدول ۱- مقایسه میانگین اثر محلول پاشی جلبک دریایی و تلقیح مایکوریزا بر قطر ساقه، طول برگ و ارتفاع نشاء بامیه

Table 1- Mean comparison of the effect of foliar application of seaweed extract and arbuscular mycorrhiza fungi inoculation on stem diameter, leaf length and height of okra transplant

ارتفاع (سانتی‌متر)	طول برگ (سانتی‌متر)	قطر ساقه (میلی‌متر)	عصاره جلبک (گرم در لیتر)	مایکوریزا (گرم در کیلوگرم)
Height (cm)	Leaf length (cm)	Stem diameter (mm)	Seaweed extract (g L ⁻¹)	Mycorrhiza (g kg ⁻¹)
13.98 ^g	4.950 ^f	2.450 ^f	0	0
22.55 ^c	6.175 ^d	3.310 ^e	1	0
23.98 ^b	6.550 ^c	3.675 ^{bc}	2	0
22.38 ^c	6.650 ^c	3.453 ^{de}	4	0
15.32 ^f	5.600 ^e	3.273 ^e	0	5
18.83 ^e	6.500 ^c	3.612 ^{cd}	1	5
21.02 ^d	7.275 ^b	3.870 ^b	2	5
25.92 ^a	7.700 ^a	4.220 ^a	4	5

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها براساس آزمون LSD می‌باشد ($P \leq 0.05$).

Different letters in each column indicate significant difference between treatments based on LSD test ($P \leq 0.05$).



شکل ۱- تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک دریایی و تلقیح مایکوریزا بر صفات رشدی و ریخت‌شناسی نشاء بامیه. Control: شاهد، AMF: تلقیح قارچ مایکوریزا، SWE1: غلظت ۱ گرم در لیتر عصاره جلبک، SWE2: غلظت ۲ گرم در لیتر عصاره جلبک و SWE4: غلظت ۴ گرم در لیتر عصاره جلبک.

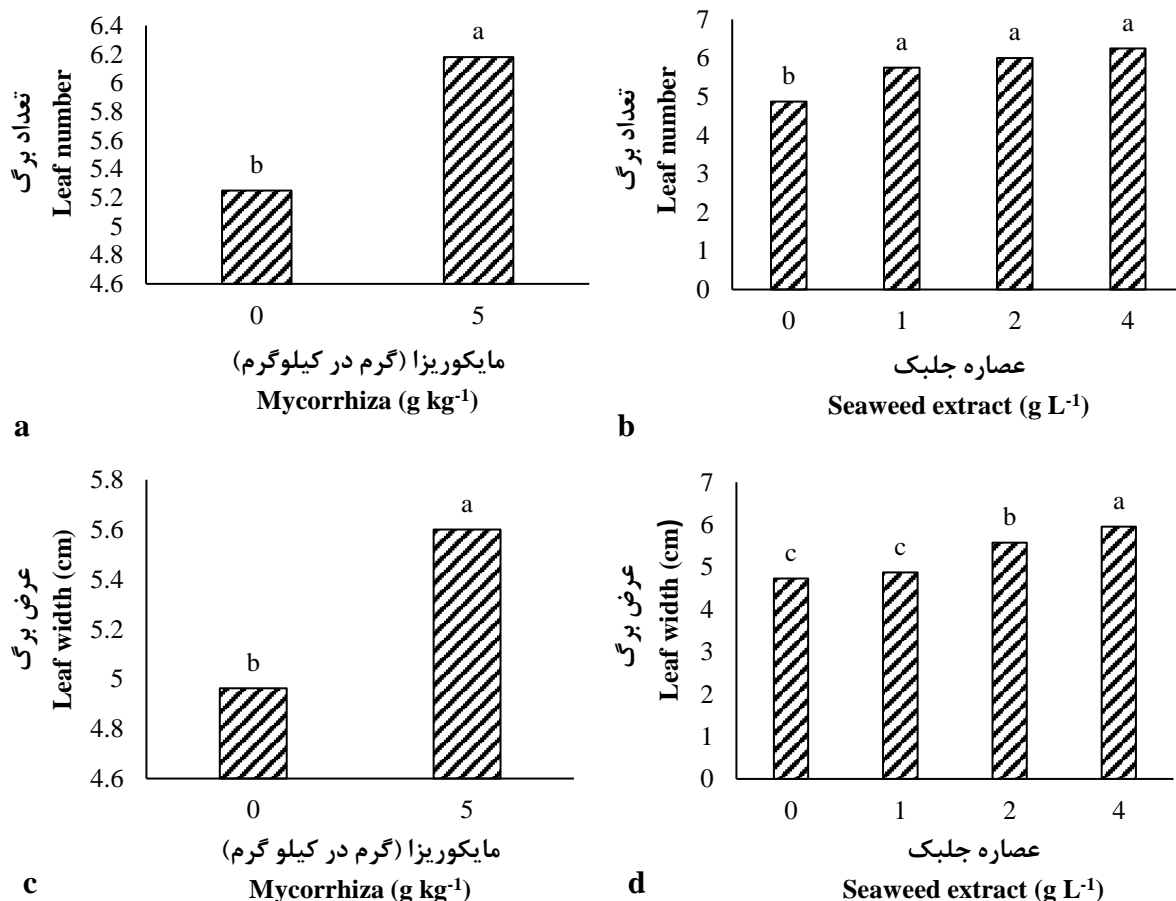
Figure 1- Effect of foliar application of seaweed extract and arbuscular mycorrhiza fungi inoculation on growth and morphological traits of okra transplant. Control, AMF: arbuscular mycorrhiza fungi inoculation, SWE1: seaweed extract 1 g L⁻¹, SWE2: seaweed extract 2 g L⁻¹ and SWE4: seaweed extract 4 g L⁻¹.

و (۲a). کاربرد AMF باعث افزایش ۱۲/۸۳ درصدی عرض برگ در مقایسه با شرایط بدون AMF گردید. محلول پاشی SWE با غلظت ۴ گرم در لیتر باعث افزایش ۲۵ درصدی عرض برگ در مقایسه با شاهد شد

کاربرد AMF باعث افزایش ۱۷ درصدی تعداد برگ در مقایسه با شرایط بدون AMF گردید. محلول پاشی SWE با غلظت ۴ گرم در لیتر باعث افزایش ۲۸ درصدی تعداد برگ در مقایسه با شاهد گردید (شکل b

مایکوریزا سبب افزایش ارتفاع بوته و میزان ماده خشک گیاه آنیسون (*Pimpinella anisum* L.) شد. در گزارش دیگری مصرف کود زیستی ازتوباکتر سبب افزایش رشد ریشه و جذب بهتر آب و مواد مغذی و به-دنبال آن افزایش رشد رویشی و ارتفاع گیاه ذرت گردید (Rostami & Mohammadi, 2020). مشابه با نتایج این پژوهش، Weisany و همکاران (۲۰۱۵) گزارش دادند که صفات رشدی و عملکردی در گیاهان شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) و گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) با کاربرد قارچ مایکوریزا بهبود پیدا می‌کنند.

(شکل d و ۲c). توجه به مسائل زیست محیطی و توصیه در جهت کاهش مواد شیمیایی تجدیدناپذیر موجب افزایش استفاده از محرک‌های زیستی همانند عصاره جلبک شده است (Carillo *et al.*, 2020). براساس گزارش El-Miniawy و همکاران (۲۰۱۴)، محلول-پاشی ۲ میلی‌لیتر در لیتر عصاره جلبک سبب افزایش ارتفاع بوته، تعداد برگ و سطح برگ در مقایسه با گیاهان شاهد (بدون محلول‌پاشی عصاره جلبک) در گیاه توت-فرنگی شد. Masomi Zavarian و همکاران (۲۰۱۵)، در نتایج بررسی‌های خود گزارش دادند که کاربرد قارچ



شکل ۲- تأثیر محلول‌پاشی عصاره جلبک دریایی و تلقیح مایکوریزا بر تعداد برگ (a و b) و عرض برگ (c و d) نشاء بامیه. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها براساس آزمون LSD می-باشد ($P \leq 0.05$).

Figure 2- Effect of foliar application of seaweed extract and arbuscular mycorrhiza fungi inoculation on leaf number (a & b) and leaf width (c & d) of okra transplant. Different letters in each column indicate significant difference between treatments based on LSD test ($P \leq 0.05$).

وزن تر و خشک ریشه گردید (جدول ۲). گزارش شده است که کاربرد SWE، در گیاه گلرنگ (*Carthamus tinctorius* L.) ارتفاع، رشد رویشی، تعداد برگ، وزن خشک گیاه و اندازه گیاه را بهبود بخشید (Sibi et al., 2018). مطالعه انجام شده بر روی قارچ *Azospirillum brasilense* و *Azospirillum halopraeferens* در گیاه سیبزمینی نشان داد که استفاده از این قارچها سبب افزایش وزن خشک اندام هوایی و وزن خشک ریشه در مقایسه با گیاهان شاهد تلقیح نشده گردید (Caradonia et al., 2021).

بیشترین مقدار وزن تر (۴/۶۵ گرم) و خشک (۱/۷۶ گرم) نشاءها در تیمار محلول پاشی SWE (۴ گرم در لیتر) همراه با تلقیح AMF و کمترین مقادیر (به ترتیب، ۱/۹۰ و ۰/۷۸ گرم) در شاهد مشاهده گردید (جدول ۲). همچنین، بالاترین مقدار وزن تر (۳/۹۰ گرم) و خشک (۱/۶۷ گرم) ریشه مربوط به محلول پاشی SWE (۴ گرم در لیتر) همراه با تلقیح AMF و کمترین مقدار وزن تر (۱/۶۷ گرم) و خشک (۰/۵۵ گرم) ریشه مربوط به گیاهان شاهد بود. تیمار ۴ گرم در لیتر SWE همراه با AMF باعث افزایش ۱۳۲/۸۳ و ۲۰۴/۵۴ درصدی در

جدول ۲- مقایسه میانگین اثر محلول پاشی جلبک دریایی و تلقیح مایکوریزا بر وزن تر و خشک ساقه و ریشه

نشاء بامیه

Table 2- Mean comparison of the effect of foliar application of seaweed extract and arbuscular mycorrhiza fungi inoculation on fresh and dry weight of stem and root of okra transplant

میکوریزا (گرم در کیلوگرم) Mycorrhiza (g kg ⁻¹)	عصاره جلبک (گرم بر لیتر) Seaweed extract (g L ⁻¹)	وزن تر ساقه (گرم) Stem fresh weight (g)	وزن خشک ساقه (گرم) Stem dry weight (g)
0	0	1.900 ^e	0.7800 ^g
	1	3.375 ^d	0.9375 ^f
	2	3.575 ^{cd}	1.200 ^d
	4	3.775 ^{bc}	1.500 ^b
5	0	3.400 ^d	1.112 ^e
	1	3.700 ^{bc}	1.375 ^c
	2	3.850 ^b	1.558 ^b
	4	4.650 ^a	1.763 ^a

میکوریزا (گرم در کیلوگرم) Mycorrhiza (g kg ⁻¹)	عصاره جلبک (گرم بر لیتر) Seaweed extract (g L ⁻¹)	وزن تر ریشه (گرم) Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه (گرم) Root dry weight (g)
0	0	1.675 ^g	0.5500 ^h
	1	2.450 ^e	0.9250 ^f
	2	2.725 ^d	1.025 ^e
	4	3.150 ^{bc}	1.250 ^c
5	0	2.050 ^f	0.7500 ^g
	1	2.975 ^c	1.125 ^d
	2	3.250 ^b	1.425 ^b
	4	3.900 ^a	1.675 ^a

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها براساس آزمون LSD می باشد ($P \leq 0.05$).

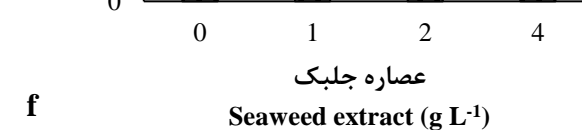
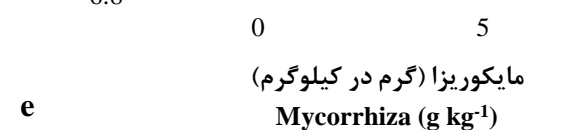
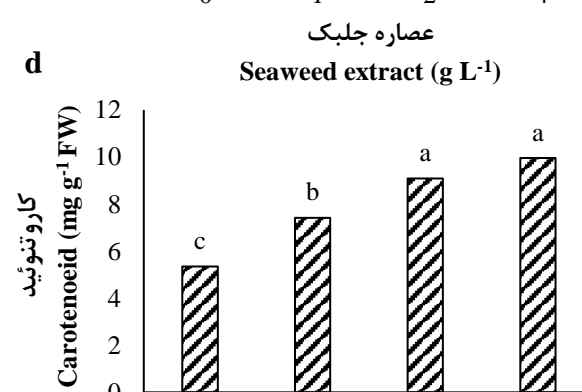
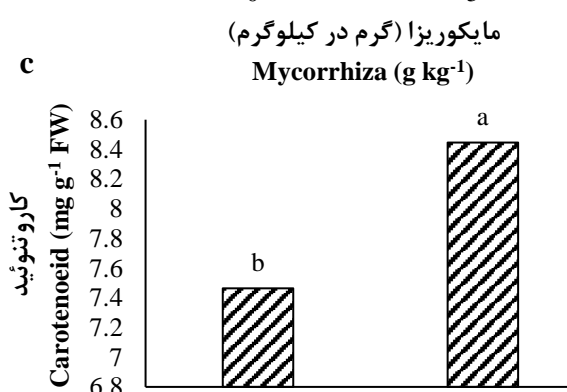
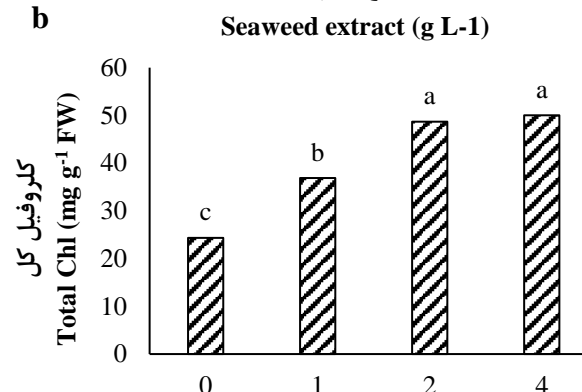
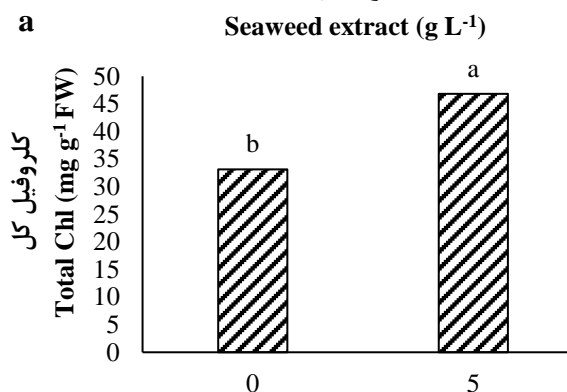
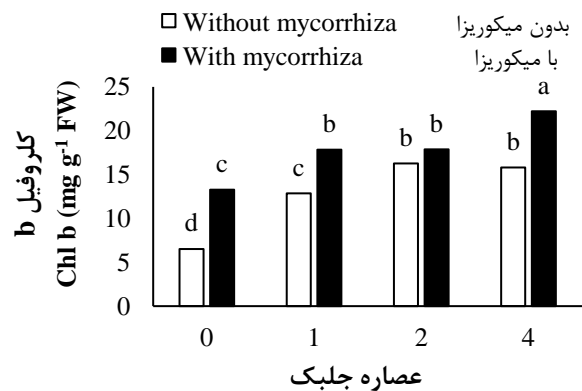
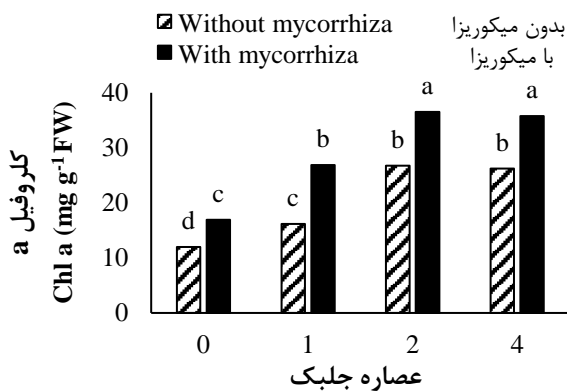
Different letters in each column indicate significant difference between treatments based on LSD test ($P \leq 0.05$).

تلقیح قارچ AMF به ترتیب منجر به افزایش ۲۴۰ و ۱۹۰ درصدی کلروفیل a و b نسبت به گیاهان شاهد شد (شکل a و b). کاربرد AMF باعث افزایش ۴۱ درصدی کلروفیل کل در مقایسه با شرایط شاهد گردید، همچنین محلول پاشی SWE با غلظت ۴ گرم در لیتر باعث افزایش ۱۰۵ درصدی کلروفیل کل در مقایسه با شاهد شد (شکل c و d). AMF باعث افزایش ۱۳ درصدی

بیشترین کلروفیل a مربوط به تیمارهای ۲ و ۴ گرم در لیتر SWE همراه با کاربرد AMF (به ترتیب، ۳۶/۵۱ و ۳۵/۷۹ میلی گرم بر گرم وزن تر) بود و کمترین میزان در گیاهان شاهد مشاهده گردید (۱۲/۰۱ میلی گرم بر گرم وزن تر). بیشترین مقدار کلروفیل b در تیمار ۴ گرم در لیتر SWE همراه با کاربرد AMF (۲۲/۲۱ میلی گرم بر گرم وزن تر) ثبت گردید. محلول پاشی SWE به همراه

(*Cicer arietinum* L.) با بررسی گیاه نخود (۲۰۱۲) گزارش کردند که تلقیح AMF سبب معنی‌دار شدن اختلاف شاخص کلروفیل در گیاهان تیمار شده نسبت به شاهد گردید. نتایج این مطالعه با یافته‌های Naseri و همکاران (۲۰۱۷) مبنی بر افزایش کلروفیل گندم با کاربرد AMF + ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفره مطابقت داشته است.

محتوای کاروتنوئید در مقایسه با شرایط شاهد شد و محلول‌پاشی SWE با غلظت ۴ گرم در لیتر نیز باعث بهبود محتوای رنگیزه کاروتنوئید در مقایسه با شاهد شد (شکل f و ۳e). افزایش میزان کلروفیل جو (*Hordeum vulgare*) و کاسنی پاکوتاه (*Cichorium intybus* L.) نیز در نتیجه تلقیح با AMF گزارش شده است (Rezaenia et al., 2018). Sohrabi و همکاران

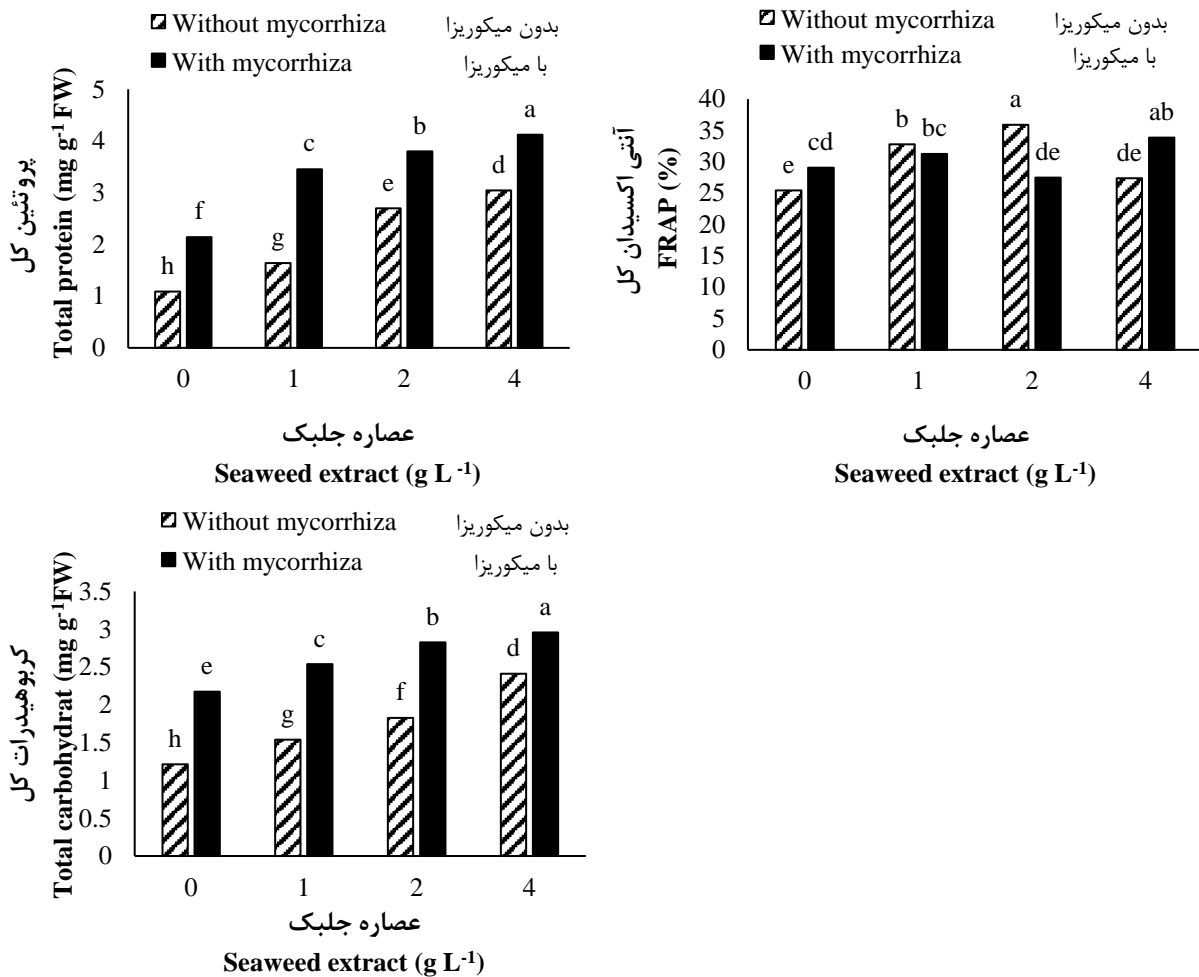


شکل ۳- تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک دریایی و تلقیح مایکوریزا بر محتوای کلروفیل a (a)، کلروفیل b (b)، کلروفیل کل (c و d) و کاروتنوئید (e و f) نشاء بامیه. حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی-دار بین تیمارها براساس آزمون LSD می باشد ($P \leq 0.05$).

Figure 3- Effect of foliar application of seaweed extract and arbuscular mycorrhiza fungi inoculation on content of chlorophyll a (a), chlorophyll b (b), total chlorophyll (c & d) and carotenoid (e & f) of okra transplant. Different letters in each column indicate significant difference between treatments based on LSD test ($P \leq 0.05$).

افزایش محتوای پروتئین و بهبود عملکرد گیاهان زراعی می شود (Varma *et al.*, 2018). تائورین (Taurine) در برخی جلبک‌های قرمز مانند *Porphyra spp.* با غلظت بالا وجود دارد. در حالیکه فسفوسرین‌ها با غلظت بالا معمولاً در جلبک‌های قهوه‌ای وجود دارند. تائورین و فسفوسرین‌ها می‌توانند به‌عنوان عوامل آنتی‌اکسیدانی عمل کنند. به‌طور خاص پپتیدهای حاوی فسفوسرین می‌توانند پراکسیداسیون لیپیدها را کاهش داده و گلوکاتاتیون داخلی سلول و بیان آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی را افزایش دهند (Honjoh *et al.*, 2007; Mine *et al.*, 2015). کاربرد عصاره جلبک *A. nodosum* با غلظت ۷ میلی‌لیتر در لیتر باعث افزایش ظرفیت آنتی‌اکسیدانی در مارچوبه شد (Al-Ghamdi & Elansary, 2018). در گزارشی کاربرد محلول پاشی SWE موجب افزایش مقدار کربوهیدرات در گیاه توت-فرنگی شد. این افزایش کربوهیدرات کل ممکن است به دلیل افزایش شاخص‌های رشدی گیاه مانند ارتفاع گیاه، تعداد برگ، سطح برگ، وزن تر و خشک ریشه و اندام هوایی باشد (Youssef & Aafha, 2014).

محلول پاشی SWE به‌همراه کاربرد AMF منجر به افزایش ۲/۷ برابری پروتئین محلول کل در مقایسه با شاهد گردید، به‌طوری که بالاترین محتوای پروتئین کل مربوط به تیمار ۴ گرم در لیتر SWE همراه با تلقیح AMF بود (۴/۱۲ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و پایین‌ترین میزان در تیمار شاهد به‌ثبت رسید (۱/۰۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) (شکل ۴a). بیشترین مقدار آنتی‌اکسیدان کل در تیمار ۲ گرم در لیتر SWE و بدون کاربرد AMF (۳۵/۸۹ درصد) و کمترین مقدار در شاهد بدست آمد (۲۵/۴۴ درصد). نتایج نشان داد که کاربرد SWE به‌همراه AMF سبب افزایش آنتی‌اکسیدان کل گردید (شکل ۴b). کربوهیدرات کل تحت تأثیر کاربرد SWE و AMF افزایش یافت، به‌طوری‌که بیشترین مقدار در تیمار ۴ گرم در لیتر SWE با تلقیح AMF (۲/۹۵ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و کمترین مقدار در شاهد به‌ثبت رسید (۱/۲۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) (شکل ۴c). گزارش شده است که فعالیت میکروارگانیزم‌های مفید خاک نظیر AMF و میکروارگانیزم‌های حل‌کننده فسفات بر فراهم‌سازی عناصر غذایی مورد نیاز گیاه مانند نیتروژن، فسفر و پتاسیم محلول موثر بوده و موجب



شکل ۴- تأثیر محلول پاشی عصاره جلبک دریایی و تلقیح میکوریزا بر میزان پروتئین کل (a)، آنتی‌اکسیدان کل (b) و کربوهیدرات کل (c) نشاء بامیه. حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها بر اساس آزمون LSD می‌باشد ($P \leq 0.05$).

Figure 4- Effect of foliar application of seaweed extract and arbuscular mycorrhiza fungi inoculation on total content of protein (a), antioxidant (b) and carbohydrate (c) of okra transplant. Different letters in each column indicate significant difference between treatments based on LSD test ($P \leq 0.05$).

SWE با کاربرد و بدون کاربرد AMF (۶۴/۰۰ و ۶۶/۵۰ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) بود. همچنین، کمترین مقدار پتاسیم ریشه در شاهد بدست آمد (۲۱/۵۰ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک). نتایج بیانگر افزایش ۲/۶ برابری غلظت فسفر در برگ و ۱/۶ برابری در ریشه در تیمار ۴ گرم در لیتر SWE با AMF در مقایسه با شاهد بود (جدول ۳).

مقدار نیتروژن برگ و ریشه در تیمار ۴ گرم در لیتر SWE با کاربرد همزمان AMF نسبت به شاهد به ترتیب ۱۲۶ و ۷۶ درصد افزایش یافت. بیشترین (۵۳/۲۵ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) و کمترین (۱۱ میلی‌گرم بر گرم وزن خشک) غلظت پتاسیم در برگ به ترتیب مربوط به تیمار ۴ گرم در لیتر SWE با AMF و شاهد بود. همچنین نتایج نشان داد که بیشترین غلظت پتاسیم ریشه به ترتیب مربوط به تیمار ۴ گرم در لیتر

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر محلول پاشی جلبک دریایی و تلقیح مایکوریزا بر محتوای نیتروژن، پتاسیم و فسفر برگ و ریشه نشاء بامیه

Table 3- Mean comparison of effect of foliar application of seaweed extract and arbuscular mycorrhiza fungi inoculation on N, K and P content of leaf and root of okra transplant

مایکوریزا (گرم در کیلوگرم) Mycorrhiza (g kg ⁻¹)	عصاره جلبک (گرم بر لیتر) Seaweed extract (g L ⁻¹)	نیتروژن برگ (میلی گرم بر گرم وزن خشک) Leaf N (mg g ⁻¹ DW)	نیتروژن ریشه (میلی گرم بر گرم وزن خشک) Root N (mg g ⁻¹ DW)	پتاسیم برگ (میلی گرم بر گرم وزن خشک) Leaf K (mg g ⁻¹ DW)
0	0	1.115 ^h	1.830 ^f	11.00 ^f
	1	1.485 ^f	2.105 ^e	23.75 ^d
	2	1.902 ^d	2.495 ^d	34.75 ^c
	4	2.235 ^b	2.993 ^b	42.25 ^b
5	0	1.370 ^g	2.095 ^e	20.25 ^e
	1	1.832 ^e	2.592 ^c	34.75 ^c
	2	2.085 ^c	2.980 ^b	41.00 ^b
	4	2.525 ^a	3.320 ^a	53.25 ^a

مایکوریزا (گرم در کیلوگرم) Mycorrhiza (g kg ⁻¹)	عصاره جلبک (گرم بر لیتر) Seaweed extract (g L ⁻¹)	پتاسیم ریشه (میلی گرم بر گرم وزن خشک) Root K (mg g ⁻¹ DW)	فسفر برگ (میلی گرم بر گرم وزن خشک) Leaf P (mg g ⁻¹ DW)	فسفر ریشه (میلی گرم بر گرم وزن خشک) Root P (mg g ⁻¹ DW)
0	0	21.50 ^g	0.03650 ^e	0.1250 ^f
	1	32.75 ^e	0.0600 ^d	0.190 ^e
	2	45.75 ^c	0.09125 ^c	0.230 ^d
	4	64.00 ^a	0.1077 ^b	0.3025 ^b
5	0	25.50 ^f	0.05775 ^d	0.180 ^e
	1	42.00 ^d	0.07825 ^c	0.2275 ^d
	2	54.00 ^b	0.1082 ^b	0.2625 ^c
	4	66.50 ^a	0.1350 ^a	0.3275 ^a

حروف متفاوت در هر ستون نشان دهنده وجود اختلاف معنی دار بین تیمارها براساس آزمون LSD می باشد ($P \leq 0.05$).

Different letters in each column indicate significant difference between treatments based on LSD test ($P \leq 0.05$).

(Behie *et al.*, 2012). کاربرد AMF سبب افزایش جذب عناصر غذایی از قبیل نیتروژن، روی، فسفر و پتاسیم می شود که در نهایت منجر به بهبود صفات رشدی و عملکردی از قبیل ارتفاع بوته و تعداد شاخ و برگ می گردد (Baum *et al.*, 2015). کاربرد AMF سبب افزایش معنی داری در غلظت عناصر پتاسیم، نیتروژن، فسفر، روی، آهن و منگنز گردید. عناصر پتاسیم، روی و فسفر جزء عناصر کم تحرک در خاک هستند و حرکتشان به سمت ریشه از طریق پخشیدگی (Diffusion) صورت می گیرد و کاهش رطوبت منجر به کاهش جذب عناصر می شود. جذب عناصر از طریق تارهای کشنده بوده و رابطه همزیستی مایکوریزایی منجر به افزایش توانایی گیاه از طریق شبکه میسلیومی قارچ در جذب عناصر می شود (Rejali *et al.*, 2018).

با کاربرد همزمان SWE با غلظت ۴ گرم در لیتر و AMF، غلظت آهن در برگ و ریشه به ترتیب به مقدار ۲۶۸ و ۱۱۵ درصد نسبت به نشاءهای شاهد بهبود یافت. همچنین، بیشترین غلظت روی در برگ (۰/۱۳۶۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک) و ریشه (۰/۲۱۶۰ میلی گرم بر گرم وزن خشک) در تیمار ۴ گرم در لیتر SWE و تلقیح AMF و کمترین مقدار آن در برگ (۰/۰۳۶۵ میلی گرم بر گرم وزن خشک) و ریشه (۰/۰۹۸۷ میلی گرم بر گرم وزن خشک) در شاهد مشاهده گردید (جدول ۴). با تیمار ۴ میلی گرم در لیتر SWE و کاربرد حاکی AMF، افزایش ۵ و ۴/۳۹ محتوای منگنز برگ و ریشه نسبت به نشاءهای شاهد حاصل گردید (جدول ۴). همزیستی با AMF فسفر و نیتروژن مورد نیاز گیاه را از منابع آرگانیک و غیرآرگانیک تأمین می کند

جدول ۴- مقایسه میانگین اثر محلول پاشی جلبک دریایی و تلقیح مایکوریزا بر محتوای آهن، روی و منگنز برگ و

ریشه نشاء بامیه

Table 4- Mean comparison of effect of foliar application of seaweed extract and arbuscular mycorrhiza fungi inoculation on Fe, Zn and Mn content of leaf and root of okra transplant

مایکوریزا (گرم در کیلوگرم) Mycorrhiza (g kg ⁻¹)	عصاره جلبک (گرم بر لیتر) Seaweed extract (g L ⁻¹)	آهن برگ (میلی گرم بر گرم وزن خشک) Leaf Fe (mg g ⁻¹ DW)	آهن ریشه (میلی گرم بر گرم وزن خشک) Root Fe (mg g ⁻¹ DW)	روی برگ (میلی گرم بر گرم وزن خشک) Leaf Zn (mg g ⁻¹ DW)
0	0	0.0455 ^f	0.1102 ^f	0.0365 ^e
	1	0.079 ^d	0.1437 ^e	0.0557 ^d
	2	0.113 ^c	0.1885 ^c	0.082 ^c
	4	0.14 ^b	0.2373 ^a	0.1143 ^b
5	0	0.0627 ^e	0.1217 ^f	0.0465 ^{de}
	1	0.117 ^c	0.1685 ^d	0.082 ^c
	2	0.1398 ^b	0.2165 ^b	0.1067 ^b
	4	0.1675 ^a	0.237 ^a	0.1365 ^a

مایکوریزا (گرم در کیلوگرم) Mycorrhiza (g kg ⁻¹)	عصاره جلبک (گرم بر لیتر) Seaweed extract (g L ⁻¹)	روی ریشه (میلی گرم بر گرم وزن خشک) Root Zn (mg g ⁻¹ DW)	منگنز برگ (میلی گرم بر گرم وزن خشک) Leaf Mn (mg g ⁻¹ DW)	منگنز ریشه (میلی گرم بر گرم وزن خشک) Root Mn (mg g ⁻¹ DW)
0	0	0.0987 ^g	0.0175 ^f	0.023 ^d
	1	0.1355 ^e	0.03475 ^{de}	0.037 ^d
	2	0.1528 ^d	0.0525 ^{bc}	0.0607 ^c
	4	0.1895 ^b	0.08575 ^a	0.0815 ^b
5	0	0.11955 ^f	0.022 ^{ef}	0.0325 ^d
	1	0.142 ^{de}	0.044 ^{cd}	0.0657 ^c
	2	0.170 ^c	0.665 ^b	0.082 ^b
	4	0.2160 ^a	0.08825 ^a	0.101 ^a

حروف متفاوت در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار بین تیمارها براساس آزمون LSD می‌باشد ($P \leq 0.05$).

Different letters in each column indicate significant difference between treatments based on LSD test ($P \leq 0.05$).

نتایج، تیمار محلول پاشی ۴ گرم در لیتر SWE همراه با تلقیح همزمان AMF بیشترین تأثیر مثبت را بر روی صفات بررسی شده به‌ویژه صفات مورفولوژیکی داشته و بنابراین می‌توان آن را به تولیدکنندگان نشاء بامیه پیشنهاد نمود.

تشکر و سپاسگزاری

از آزمایشگاه مرکزی دانشگاه مراغه بابت همکاری‌های ارزشمندشان بسیار سپاسگزاریم.

نتیجه‌گیری کلی

در این پژوهش نشان داده شد که استفاده مجزا و یا توأم تیمارهای SWE و AMF سبب بهبود صفات مورفولوژیکی نشاء بامیه مانند ارتفاع گیاه، طول برگ، تعداد برگ، قطر ساقه، عرض برگ و وزن تر و خشک ساقه و ریشه، و نیز بهبود صفات فیزیولوژیکی مانند محتوای پروتئین، کلروفیل، آنتی اکسیدان، کربوهیدرات، کاروتنوئید و عناصر می‌گردد. براساس

References

- Al-Ghamdi, A. A. & Elansary, H. O. (2018). Synergetic effects of 5-aminolevulinic acid and *Ascophyllum nodosum* seaweed extracts on *Asparagus phenolics* and stress related genes under saline irrigation. *Plant Physiology and Biochemistry*, 129, 273-284.
- Aly, M. S. & Esawy, M. A. (2008). Evaluation of *Spirulina platensis* as bio stimulator for organic farming systems. *Journal of Genetic*

- Engineering and Biotechnology*, 6(2), 1-7.
- Arioli, T., Mattner, S. W. & Winberg, P. C. (2015). Applications of seaweed extracts in Australian agriculture: past, present and future. *Journal of applied phycology*, 27(5), 2007-2015.
 - Arnon, D. I. (1949). Copper enzymes in isolated chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24(1), 1-15. <https://doi.org/10.1104/pp.24.1.1>.
 - Baum, C., El-Tohamy, W. & Gruda, N. (2015). Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using *arbuscular mycorrhizal* fungi: a review. *Scientia horticulturae*, 187, 131-141.
 - Behie, S. W., Zelisko, P. M. & Bidochka, M. J. (2012). Endophytic insect-parasitic fungi translocate nitrogen directly from insects to plants. *Science*, 336(6088), 1576-1577.
 - Benzie, I. F. & Strain, J. J. (1996). The ferric reducing ability of plasma (FRAP) as a measure of "antioxidant power": the FRAP assay. *Analytical biochemistry*, 239(1), 70-76.
 - Berry, S. K., Kalra, C. L., Sehgal, R. C., Kulkarni, S. G., Sukhvir, K., Arora, S. K. & Sharma, B. R. (1988). Quality characteristics of seeds of five okra (*Abelmoschus esculentus* L.) cultivars. *Journal of Food Science and Technology*, 25(5), 303-305.
 - Bradford, M. M. (1976). A rapid and sensitive method for the quantitation of microgram quantities of protein utilizing the principle of protein-dye binding. *Analytical Biochemistry*, 72(1-2), 248-254.
 - Caradonia, F., Ronga, D., Tava, A. & Francia, E. (2021). Plant Biostimulants in Sustainable Potato Production: an Overview. *Potato Research*, 1-22.
 - Carillo, P., Ciarmiello, L. F., Woodrow, P., Corrado, G., Chiaiese, P. & Roupael, Y. (2020). Enhancing sustainability by improving plant salt tolerance through macro-and micro-algal biostimulants. *Biology*, 9(9), 253.
 - Du Jardin, P. (2015). Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Horticulturae*, 196, 3-14.
 - Elarroussia, H., Elmernissia, N., Benhima, R., El Kadmiria, I. M., Bendaou, N., Smouni, A. & Wahbya, I. (2016). Microalgae polysaccharides a promising plant growth biostimulant. *Journal of Algal Biomass Utilization*, 7(4), 55-63.
 - FAO Statistics. 2020. Faosta, URL: <http://faostat3.fao.org/download/Q/QC/E>.
 - Fries, N. & Thorén-Tolling, K. (1978). Identity of the fungal endophyte of *Ascophyllum* with *Mycosphaerella ascophylli* established by means of fluorescent antibody technique. *Botanica Marina*, 7(21), 409-412.
 - Ghonjalipour Goshki, M., Abdollahi, F. & Sadeghi Lari, A. (2021). Effect of mycorrhiza fertilizer on physiological traits and economical yield of lettuce (*Lactuca sativa* L.) under water stress conditions. *Journal of Vegetables Sciences*, 5(9), 177-195. (In Farsi)
 - Gorsuch, R. L. (1970). A comparison of biquartimin, maxplane, promax, and varimax. *Educational and Psychological Measurement*, 30(4), 861-872.
 - Honjoh, K. I., Machida, T., Nishi, K., Matsuura, K., Soli, K. W., Sakai, T. & Iio, M. (2007). Improvement of freezing and oxidative stress tolerance in *Saccharomyces cerevisiae* by taurine. *Food science*

- and technology research, 13(2), 145-154.
- Javanmardi, J. (2009). *Scientific and applied basis for vegetable*. University Jihad of Mashhad.
 - Kobdani, A., Piri, I. & Tavassoli, A. (2021). Effect of iron nano-chelate fertilizer on quantity and quality yield of okra (*Abelmoschus esculentus* L.) in condition of drought stress. *Journal of Vegetables Sciences*, 5(9), 109-123. (In Farsi)
 - Malavolta E, Vitti GC, Oliveira SA. 1997. Avaliação do estado nutricional das planta: princípios e aplicações, 2 ed. Potafos, Piracicaba, p. 319.
 - Masomi Zavarian, A. F., Yousefirad, M. & Asghari, M. (2015). Effects of mycorrhizal fungi on quantitative and qualitative characteristics of Anise plant (*Pimpinella anisum*) under salt stress. *Journal of Medicinal Plants*, 14(56), 139-148.
 - Mine, Y., Young, D. & Yang, C. (2015). Antioxidative stress effect of phosphoserine dimers is mediated via activation of the Nrf2 signaling pathway. *Molecular nutrition & food research*, 59(2), 303-314.
 - Moreira, R., Sineiro, J., Chenlo, F., Arufe, S. & Díaz-Varela, D. (2017). Aqueous extracts of *Ascophyllum nodosum* obtained by ultrasound-assisted extraction: effects of drying temperature of seaweed on the properties of extracts. *Journal of Applied Phycology*, 29(6), 3191-3200.
 - Naseri, R., Barary, M., Zarea, M. J., Khavazi, K. & Tahmasebi, Z. (2017). Effect of plant growth promoting bacteria and *Mycorrhizal fungi* on growth and yield of wheat under dryland conditions. *Journal of Sol Biology*, 5(1), 49-66.
 - Olsen, R. S. (1954). Estimation of available phosphorus in soils by extraction with sodium bicarbonate. *US Department of Agriculture*, p.939.
 - Ortas, I. (2012). Do maize and pepper plants depend on mycorrhizae in terms of phosphorus and zinc uptake?. *Journal of Plant Nutrition*, 35(11), 1639-1656.
 - Plaza, B. M., Gómez-Serrano, C., Ación-Fernández, F. G. & Jimenez-Becker, S. (2018). Effect of microalgae hydrolysate foliar application (*Arthrospira platensis* and *Scenedesmus sp.*) on *Petunia x hybrida* growth. *Journal of Applied Phycology*, 30(4), 2359-2365.
 - Rejali, F., Esmailizad, A. & Saghafi, K. (2018). Effect of symbiosis interaction of Mycorrhizae arbuscular on mineral uptake in wheat (*Pishtaz* cultivar). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 49 (4), 51-65. (In Farsi)
 - Rezaienia, N., Ramroudi, M., Galavi, M. & Fofouzandeh, M. (2017). Effects of bio-fertilizers on physiological traits and absorption of some nutrients of chicory (*Cichoriumintybus* L.) in response to drought stress. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 15(4), 925-938.
 - Rostami, A., & Mohammadi, K. (2020). Effect of nitrogen and Azotobactor fertilizers on the grain yield and nitrogen use efficiency of Moroccan single cross corn. *Journal of Plant Ecophysiology*, 12(40), 200-210.
 - Sharma, M. P. & Adholeya, A. (2004). Effect of AM fungi and P fertilization on the micro propagated strawberry grown in a sandy loam soil. 82(3), 322-328.
 - Schlegel, H. G. (1956). Die verwertung organischer säuren durch *Chlorella* im licht. *Planta*, 47(5), 510-526.
 - Shalaby, T. A. & El-Ramady, H. (2014). Effect of foliar application of bio-stimulants on growth, yield,

- components, and storability of garlic (*Allium sativum* L.). *Australian Journal of Crop Science*, 8(2), 271-275.
- Sibi, M., Khazaie, H. R. & Nezami, A. (2018). Safflower (*Carthamus tinctorius* L.) root response to seaweed extract concentrations, time and method of application. *Journal of Plant Ecophysiology*, 31(9), 140-157. (In Farsi)
 - Sohrabi, Y., Heidari, G., Weisany, W., Golezani, K. G. & Mohammadi, K. (2012). Changes of antioxidative enzymes, lipid peroxidation and chlorophyll content in chickpea types colonized by different *Glomus* species under drought stress. *Symbiosis*, 56(1), 5-18.
 - Supratim, B., Roel, C.R. & Sangeeta, N. (2018). AMF: The future prospect for sustainable agriculture. *Physiological and Molecular Plant Pathology*, 102, 36-45.
 - Van Oosten, M. J., Pepe, O., De Pascale, S., Silletti, S. & Maggio, A. (2017). The role of biostimulants and bioeffectors as alleviators of abiotic stress in crop plants. *Chemical and Biological Technologies in Agriculture*, 4(1), 1-12.
 - Varma, A., Prasad, R., & Tuteja, N. (Eds.). (2018). *Mycorrhiza-nutrient uptake, biocontrol, ecorestoration*. Springer.
 - Waling, I., Vark, W. V., G Houba, G. & Van der Lee, J. J. (1989). *Soil and plant analysis, a series of syllabi: Part 7. Plant Analysis Procedures* Wageningen Agriculture University.
 - Weisany, W., Raei, Y. & Pertot, I. (2015). Changes in the essential oil yield and composition of dill (*Anethum graveolens* L.) as response to arbuscular mycorrhiza colonization and cropping system. *Industrial Crops and Products*, 77, 295-306.
 - Wu, X., Ruan, R., Du, Z. & Liu, Y. (2012). Current status and prospects of biodiesel production from microalgae. *Energies*, 5(8), 2667-2682.
 - El-Miniawy, S. M., Ragab, M. E., Youssef, S. M. & Metwally, A. A. (2014). Influence of foliar spraying of seaweed extract on growth, yield and quality of strawberry plants. *Journal of Applied Sciences Research*, 10, 88-94.
 - Yuan, Y. & Macquarrie, D. (2015). Microwave assisted extraction of sulfated polysaccharides (fucoidan) from *Ascophyllum nodosum* and its antioxidant activity. *Carbohydrate polymers*, 129, 101-107.