Vol 25, No. 4, Winter 2023

University of Tehran Press

Journal of Crops Improvement

Online ISSN: 2345-6957

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

Effect of Mycorrhizal inoculation and Salicylic Acid on Growth Characteristics, Yield and Quality of Marigold under Salinity Stress

Ahmad Koochekzadeh[1]✉ |Abdolreza Siahposh[2] | Mohammad Reza Moradi-Telavat[3] | Maryam Shafiee[4]

1. Corresponding Author, Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran. Email: koochekzadeh@asnrukh.ac.ir
2. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran. Email: siahpoosh_reza@asnrukh.ac.ir
3. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran. Email: moraditelavat@asnrukh.ac.ir
4. Department of Plant Production and Genetics, Faculty of Agriculture, Agricultural Sciences and Natural Resources University of Khuzestan, Mollasani, Khuzestan, Iran. Email: Shafiee.mar@asnrukh.ac.ir

Article Info

Article type:
Research Article

Article history:
Received 21 June 2022
Received in revised form
12 September 2023
Accepted 2 October 2023
Published online 13 December 2023

Keywords:
Antioxidan
Chlorophyll
Inflorescence
Percentage of colonization
Petal carothenoid

ABSTRACT

Objective: To evaluate the effect of salicylic acid and mycorrhizal in reducing salinity damage on the quantitative and qualitative yield of marigold a factorial pot experiment was conducted based on completely randomized design.

Methods: This experiment was carried out with four replications in the Poldokhtar Payam Noor University in 2015. Experimental factors including salinity levels (Poldokhtar drinking water with electrical conductivity of 0.7 $dS.m^{-1}$ is control), 2, 4, 6 and 8 $dS.m^{-1}$, and levels of salicylic acid (0, 0.3, 0.6, and 0.9 mM), and mycorrhiza was inoculated and no inoculated.

Results: The results showed that salinity reduced all the measured traits but only increased the antioxidant property. Salicylic acid and mycorrhiza improved all the traits in salinity. The highest amount of chlorophyll a and b were in 0.7 dS^{-1} salinity and application of 0.6 mM salicylic acid with 0.115 and 0.207 mg.kg-1 fw, respectively which was significant with other treatments in 5%. Petal carotenoid was in 0.7 dS^{-1} salinity and application of 0.9 mM salicylic acid with 7.71 $mg.kg^{-1}$ fw which was 15% higher than the same salinity and without using salicylic acid. The maximum of fresh weight of inflorescence content as economical yield with 12.56 $gr.pot^{-1}$ was observed at 0.7 dS^{-1} salinity, 0.9 mM salicylic acid and mycorrhizal inoculation. Mycorrhiza increased 28 percent antioxidant properties and 21 percent colonization compared to the control treatment.

Conclusion: Mycorrhiza by absorbing more water and nutrients in salinity improve the growing conditions of the plant and increase the yield.

Cite this article: Koochekzadeh, A., Siahposh, A., Moradi-Telavat, M. R., & Shafiee, M. (2023). Effect of Mycorrhizal inoculation and Salicylic Acid on Growth Characteristics, Yield and Quality of Marigold under Salinity Stress. *Journal of Crops Improvement*, 25 (4), 1133-1148. DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.344308.2719

© The Authors.
Publisher: The University of Tehran Press.
DOI: https://doi.org/10.22059/jci.2023.344308.2719

دوره بیست و پنجم، شماره چهارم، زمستان ۱۴۰۲

انتشارات دانشگاه تهران

به زراعی کشاورزی

شاپا الکترونیکی: ۶۹۵۷-۲۳۴۵

Homepage: https://jci.ut.ac.ir/

اثر تلقیح مایکوریزایی و سالیسیلیک‌اسید بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد و کیفیت گیاه همیشه‌بهار تحت تنش شوری

احمد کوچک‌زاده[۱]✉ | عبدالرضا سیاهپوش[۲] | محمدرضا مرادی تلاوت[۳] | مریم شفیعی[۴]

۱. نویسنده مسئول، گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران. رایانامه: koochekzadeh@asnrukh.ac.ir

۲. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران. رایانامه: siahpoosh_reza@asnrukh.ac.ir

۳. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران. رایانامه: moraditelavat@asnrukh.ac.ir

۴. گروه تولید و ژنتیک گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان، ملاثانی، ایران. رایانامه: shafiee.mar@asnrukh.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله: مقالهٔ پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۰۳/۲۱

تاریخ بازنگری: ۱۴۰۲/۰۶/۲۱

تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۰۷/۱۰

تاریخ انتشار: ۱۴۰۲/۰۹/۲۲

کلیدواژه‌ها:
آنتی‌اکسیدان
درصد کلونیزاسیون
کاروتنوئید گلبرگ
کلروفیل
گل‌آذین

چکیده

هدف: به‌منظور ارزیابی اثر سالیسیلیک‌اسید و قارچ مایکوریزا در کاهش خسارت شوری بر عملکرد و کیفیت گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) آزمایشی گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی انجام گردید.

روش پژوهش: آزمایش با چهار تکرار در سال ۱۳۹۴ در دانشگاه پیام نور پلدختر اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل سطوح شوری (شاهد (آب شرب شهرستان پلدختر با هدایت الکتریکی ۰/۷ دسی‌زیمنس‌برمتر)، ۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس‌برمتر)، سطوح سالیسیلیک‌اسید (صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ میلی‌مولار) و دو سطح (تلقیح و عدم تلقیح) مایکوریزا (*Glomus fasciculatum*) بود.

یافته‌ها: نتایج نشان داد تنش شوری تمام صفات اندازه‌گیری‌شده را کاهش داد و فقط موجب افزایش خاصیت آنتی‌اکسیدانی شد. در مقابل سالیسیلیک‌اسید و مایکوریزا تمام صفات را در تنش شوری بهتر نمود. بیش‌ترین کلروفیل a و b در تیمار شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر و کاربرد ۰/۶ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید به‌ترتیب با ۰/۱۱۵ و ۰/۲۰۷ میلی‌گرم‌برکیلوگرم وزن تر برگ به‌دست آمد که با سایر تیمارها اختلاف معنی‌دار داشت. هم‌چنین بیش‌ترین وزن تر گل‌آذین به‌عنوان عملکرد اقتصادی با ۱۲/۵۶ گرم در گلدان در تیمار شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر، کاربرد ۰/۹ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و با تلقیح مایکوریزا حاصل شد. قارچ مایکوریزا، ۲۸ درصد خاصیت آنتی‌اکسیدانی و ۲۱ درصد کلونیزاسیون را نسبت به عدم تلقیح قارچ افزایش داد. مایکوریزا با جذب بیش‌تر آب و مواد غذایی در تنش شوری باعث افزایش عملکرد شد.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی در شرایط تنش شوری کاربرد ۰/۹ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و تلقیح مایکوریزا تأثیر مناسبی در بهبود رشد و عملکرد همیشه‌بهار و هم‌چنین کاهش آثار تنش شوری نشان داد.

استناد: کوچک‌زاده، احمد؛ سیاهپوش، عبدالرضا؛ مرادی تلاوت، محمدرضا و شفیعی، مریم (۱۴۰۲). اثر تلقیح مایکوریزایی و سالیسیلیک‌اسید بر ویژگی‌های رشدی، عملکرد و کیفیت گیاه همیشه‌بهار تحت تنش شوری. *به‌زراعی کشاورزی*، ۲۵ (۴)، ۱۱۴۸-۱۱۳۳.

DOI: https://doi.org/ 10.22059/jci.2023.344308.2719

ناشر: مؤسسه انتشارات دانشگاه تهران.

© نویسندگان.

CC BY NC

۱. مقدمه

همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) گیاهی یک‌ساله تا چندساله است که علاوه برخاصیت طعم‌دهنده و رنگ‌دهنده خوراکی، مواد مؤثره و ترکیباتی دارد که در صنعت و داروسازی (التیام زخم، ضد التهاب و ضد باکتری) کاربرد دارد (Sedghi *et al.*, 2012). شوری سبب تجمع رادیکال‌های آزاد اکسیژن و آسیب‌رساندن به سلول می‌شود (Aftab *et al*., 2011). شوری آب آبیاری به‌دلیل کاهش پتانسیل اسمزی محلول خاک و در نتیجه تغییر در بسیاری از فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه مانند فتوسنتز، کاهش مقدار کلروفیل‌ها، کاهش هدایت روزنه‌ای، کاهش فعالیت روبیسکو و افزایش نسبت کلروفیل‌های a/b بر رشد گیاه تأثیر می‌گذارد (Kalaji *et al*., 2011).

آنتی‌اکسیدان‌ها آنزیم‌هایی هستند که گیاهان برای مقابله با خسارت سلولی در تنش‌ها به‌کار می‌برند (Baby & Jini, 2011). سالیسیلیک‌اسید به‌عنوان یک ماده شبه‌هورمونی می‌تواند تحمل گیاه به تنش‌های محیطی را افزایش دهد و با تنظیم فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت کاتالاز و پراکسیداز، تنش اکسیداتیو را کاهش دهد (باقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). سالیسیلیک‌اسید با توازنی که در محتوای هورمون‌های گیاهی ایجاد می‌کند، در کنترل پاسخ‌های گیاه به شوری نقش مهمی دارد (پیرسته انوشه و همکاران، ۱۳۹۵). قارچ‌های مایکوریزا به‌دلیل سازگاری با محیط‌های طبیعی دارای کارایی مناسبی بوده به‌طوری‌که کارکرد آن‌ها در شرایط سازگار شده قابل پیش‌بینی است (اسکوئیان و همکاران، ۱۴۰۱). قارچ‌های مایکوریزا به سبب همزیستی با گیاهان باعث می‌شوند تا مقاومت آن‌ها به تنش شوری افزایش یابد و در نهایت بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه را باعث شود (Evelin *et al*., 2012). این قارچ‌ها به لحاظ بهبود توانایی گیاه در جذب آب و مواد غذایی و افزایش غلظت کلروفیل به‌دلیل جذب عناصری مانند منیزیم و آهن در بیوسنتز کلروفیل دخالت داشته (رحمت‌زاده و همکاران،۱۳۹۲) و باعث افزایش تحمل گیاه در برابر تنش‌های زیستی و غیرزیستی می‌شوند.

۲. پیشینه پژوهش

گزارش شده است که با افزایش شوری ارتفاع ساقه و وزن خشک گل‌ها در همیشه‌بهار روند کاهشی داشت، به‌طوری‌که در شوری نه دسی‌زیمنس بر متر به‌ترتیب نسبت به شاهد ۴۰ و ۲۲ درصد کاهش یافت. هم‌چنین با افزایش شوری مقدار کلروفیل a، b و کل نیز کاهش معنی‌داری نمود (دهقان‌نیری و همکاران، ۱۳۹۵). کاهش در مقدار کلروفیل در شرایط شوری در اسفناج (Ratankar & Rai, 2013) نیز گزارش شده است.

در پژوهشی نشان داده شد که سالیسیلیک‌اسید تعداد دانه در بوته و وزن خشک دانه در گیاه همیشه‌بهار را افزایش داد (مرادی مرجانه و گلدانی، ۱۳۹۰). محققان تأثیر سالیسیلیک‌اسید در جبران آثار تنش کم‌آبی در گل‌گاوزبان[1] را گزارش نمودند و مشاهده کردند که در اثر کاربرد این ماده عملکرد بیولوژیک گیاه و جذب عناصر غذایی به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (حسنوند و همکاران، ۱۳۹۹). هم‌چنین در گزارشی افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و هم‌چنین افزایش قابلیت همزیستی شبه‌مایکوریزایی آویشن[2] در اثر سالیسیلیک‌اسید مشاهده شده بود (میرزایی و همکاران، ۱۴۰۰). سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش وزن خشک گل‌های همیشه‌بهار شد. به‌طوری‌که با مصرف ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر سالیسیلیک‌اسید به‌ترتیب ۸ و ۵ درصد نسبت به شاهد زیاد شد (دهقان‌نیری و همکاران، ۱۳۹۵).

در مطالعات گزارش شده است که تلقیح مایکوریزایی همیشه‌بهار باعث افزایش معنی‌دار عملکرد بذر و درصد

1. *Borago officinalis* L.
2. *Thymus vulgaris* L.

کلونیزاسیون ریشه در مقایسه با شاهد شد (طاهری اصغری، ۱۴۰۱). هم‌چنین همزیستی مایکوریزا با گیاه مرزه تابستانه[1] سبب افزایش معنی‌دار کلروفیل در شرایط تنش شوری شد (رضائی چیانه و همکاران، ۱۳۹۵). افزایش جمعیت جهانی و کاهش کیفیت منابع آب و گسترش اراضی شور از نگرانی‌های بشر می‌باشد. با توجه به این‌که تنش شوری از عوامل محدودکننده در تولید محصولات کشاورزی محسوب می‌شود، تحقیق بر روی مکانیسم‌هایی که بتوانند مقاومت گیاهان را افزایش دهند، احساس می‌شود. در این بین استفاده از تنظیم‌کننده‌های رشد گیاهی سبب رفع آثار تنش و بهبود رشد گیاه می‌شود. هم‌چنین با توجه به جایگاه ارزشمند گیاه همیشه‌بهار در تامین نیازهای دارویی، خوراکی و صنعتی و با عنایت به نتایج پژوهش‌های پیشین، در این پژوهش از سالیسیلیک‌اسید و تلقیح قارچ مایکوریزا در کاهش خسارت ناشی از شوری و افزایش محصول همیشه‌بهار استفاده گردید.

۳. روش‌شناسی پژوهش

به‌منظور کاهش خسارت شوری بر عملکرد کمی و کیفی گیاه همیشه‌بهار در یک آزمایش گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در محوطه گلخانه تحقیقاتی دانشگاه پیام‌نور پلدختر، اثر سالیسیلیک‌اسید و قارچ مایکوریزا مورد ارزیابی قرار گرفت. عوامل آزمایشی شامل شوری آب آبیاری در پنج سطح (۰/۷ (آب شرب شهرستان پلدختر به‌عنوان شاهد)، ۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر)، مصرف سالیسیلیک‌اسید در چهار سطح (صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ میلی‌مولار) در دو مرحله به‌صورت محلول‌پاشی و کاربرد قارچ مایکوریزایی *Glomus fasciculatum* (تلقیح و عدم تلقیح) بود. در آغاز هر گلدان با ابعاد ۵۰×۴۰ و عمق ۲۵ سانتی‌متر، با استفاده از سه قسمت خاک زراعی، یک قسمت ماسه و یک قسمت کود گوسفندی پوسیده پر شد. در مهرماه در هر گلدان ۱۰ عدد بذر گیاه همیشه‌بهار از توده محلی خوزستان کشت گردید که پس از سبزشدن تعداد چهار بوته با فاصله یکنواخت در هر گلدان نگهداری شد. خاک نیمی از گلدان‌های موردنظر به اندازه سه تا چهار برابر عمق کاشت بذر، کنار زده شده و به‌ازای یک کیلوگرم خاک، ۵۰ گرم مایه تلقیح مایکوریزا تهیه شده از مؤسسه تحقیقات خاک و آب خوزستان اضافه گردید. اعمال تیمار شوری ۲۰ روز پس از سبزشدن در مرحله سه الی چهار برگی صورت گرفت. اولین محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید در مرحله پنج برگی و محلول‌پاشی دوم، ۱۵ روز بعد از محلول‌پاشی مرحله اول انجام شد. در کل دوره رشد گلدان‌ها ۳۵ مرحله آبیاری انجام شد که در هر مرحله ۵۰۰ میلی‌لیتر آب براساس نوع تیمار به هر گلدان داده شد. عدد کلروفیل‌متر در مرحله گل‌دهی با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر دستی 502-plus Konica Minolta SPAD ساخت ژاپن اندازه‌گیری شد.

مقدار کلروفیل a، b برگ و کاروتنوئید گلبرگ براساس روش معرفی شده توسط Arnon (1949) با استون ۸۰ درصد انجام شد. میزان جذب نور توسط عصاره استخراج‌شده با استفاده از دستگاه اسپکتوفتومتر در طول موج ۶۶۳، ۶۴۵ و ۴۷۰ نانومتر تعیین گردید. بدین منظور از ۰/۱ گرم برگ توسط استون ۸۰ درصد عصاره‌گیری شد. سپس نمونه گیاهی از محلول استون جدا و میزان جذب در طول موج‌های ذکرشده در محلول باقی‌مانده قرائت شد. غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کاروتنوییدها به‌ترتیب از طریق روابط (۱)، (۲) و (۳) زیر به‌دست می‌آید. در این روابط V حجم نمونه استخراج‌شده و W وزن تر نمونه است.

رابطه ۱) کلروفیل a=[۱۲/۷ (جذب در ۶۶۳nm) – ۲/۶۹ (جذب در ۶۴۵nm)] v/(۱۰۰۰× w)

رابطه ۲) کلروفیل b=[۲۲/۹ (جذب در ۶۴۵nm) – ۴/۶۹ (جذب در ۶۶۳nm)] v/(۱۰۰۰× w)

رابطه ۳) کارتنوئیدها=[۱۰۰۰ (جذب در ۴۷۰nm) – ۱/۸ (کلروفیل a)- ۵۸/۲(کلروفیل b)]/۱۹۸

1. *Satureja hortensis* L.

پس از یک بار برداشت گل‌آذین‌ها در فروردین‌ماه، وزن تر آن‌ها مشخص و به‌عنوان عملکرد اقتصادی تعیین گردید. رنگ‌آمیزی ریشه‌ها با روش Phillips & Hayman (1970) انجام شد. برای تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها از میکروسکوپ و روش خطوط متقاطع (Tennant, 1975) استفاده گردید. اندازه‌گیری میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل به‌روش Sun *et al.* (2007) با عصاره‌گیری از یک گرم بافت گیاهی تازه و استفاده از ترکیب DPPH انجام شد. سپس با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر جذب محلول در طول موج ۵۱۷ نانومتر قرائت گردید. نمونه شاهد (بلانک) شامل همه اجزای واکنش‌گر بدون نمونه بود. در نهایت فعالیت آنتی‌اکسیدانی با استفاده از رابطه (۴) محاسبه شد.

رابطه ۴) $R = (\text{عدد جذب شاهد} - \text{عدد جذب نمونه})/\text{عدد جذب شاهد} \times ۱۰۰$

جهت محاسبات و تجزیه و تحلیل آماری، از نرم‌افزار آماری SAS (نسخه ۹/۱) استفاده گردید. مقایسه میانگین به‌روش آزمون LSD[1] و اشکال نیز توسط نرم‌افزار Excel رسم شد. در صورت معنی‌دارشدن اثر متقابل فاکتورها از روش آنالیز برش‌دهی اثر متقابل استفاده شد و در این موارد مقایسه میانگین‌های صفات مربوطه براساس برش‌دهی انجام شد.

۴. یافته‌های پژوهش

براساس نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۱) اثر شوری، سالیسیلیک‌اسید و مایکوریزا بر اکثر صفات معنی‌دار شد. اثر متقابل شوری و سالیسیلیک‌اسید بر کلروفیل a، b، کاروتنوئید گلبرگ و وزن تر گل‌آذین و اثر متقابل شوری و مایکوریزا و هم‌چنین سالیسیلیک‌اسید و مایکوریزا بر ارتفاع ساقه و وزن تر گل‌آذین معنی‌دار بود.

۴. ۱. ارتفاع ساقه

نتایج جدول مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که اختلاف بین کاربرد و عدم کاربرد قارچ مایکوریزا برای صفت ارتفاع ساقه در کلیه سطوح تیمار شوری (شاهد، ۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس‌بر متر) در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). به طوری‌که بیش‌ترین میزان ارتفاع مربوط به کاربرد مایکوریزا در تیمار شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۵۶/۶۸ سانتی‌متر بود که نسبت به تیمار عدم کاربرد مایکوریزا با میانگین ۴۴/۵۶ سانتی‌متر حدود ۲۱ درصد ارتفاع بیش‌تری را نشان داد. هم‌چنین کاربرد مایکوریزا در تیمار شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۲۶/۳۷ سانتی‌متر نسبت به تیمار عدم کاربرد مایکوریزا در همین شوری با میانگین ۱۹/۳۱ سانتی‌متر حدود ۲۷ درصد ارتفاع ساقه را افزایش داد (جدول ۲).

بیش‌ترین ارتفاع بوته در تیمار کاربرد مایکوریزا و سالیسیلیک‌اسید ۰/۶ میلی‌مولار با میانگین ۵۰/۸۵ سانتی‌متر مشاهده گردید. هم‌چنین کم‌ترین ارتفاع ساقه با ۲۳ سانتی‌متر درتیمار عدم مصرف سالیسیلیک‌اسید و بدون تلقیح قارچ به‌دست آمد (جدول ۳).

۴. ۲. رنگیزه‌های فتوسنتزی برگ

مصرف سالیسیلیک‌اسید بر غلظت کلروفیل a و b در شوری ۰/۷، ۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس بر متر معنی‌دار بود (جدول ۴). بیش‌ترین مقدار کلروفیل a و b در شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر و کاربرد ۰/۶ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید به‌ترتیب با میانگین ۰/۱۱۵ و ۰/۲۰۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ حاصل شد. ضمن این‌که کم‌ترین مقدار آن‌ها در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و عدم کاربرد سالیسیلیک‌اسید به‌ترتیب با میانگین ۰/۰۶ و ۰/۱۱۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر برگ به‌دست آمد (جدول ۴).

1. Least Significant Difference

جدول ۱. تجزیه واریانس صفات ارتفاع ساقه، کلروفیل، کاروتنوئید، شاخص سبزینگی، وزن تر گل‌آذین، عملکرد زیست‌توده، خاصیت آنتی‌اکسیدانی و درصد کلونیزاسیون (میانگین مربعات)

منابع تغییرات	درجه آزادی	ارتفاع ساقه	کلروفیل a	کلروفیل b	شاخص سبزینگی برگ	کاروتنوئید گلبرگ	وزن تر گل‌آذین	عملکرد زیست‌توده	خاصیت آنتی اکسیدانی	درصد کلونیزاسیون
شوری (S)	۴	۳۹۵۰/۲۷**	۰/۰۰۷**	۰/۰۲**	۴۴۴/۴۶**	۳۸/۱۸**	۱۳۹/۹۰**	۴۱۸۰/۸۸**	۲۸۷۹۸/۴۹**	۱۱۸/۸۲**
سالیسیلیک‌اسید (SA)	۳	۲۴۴۸/۷۰**	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۶**	۱۴۳/۲۱**	۰/۷۳۷۵^{ns}	۴۵/۵۰**	۳۰۸۰/۳۰**	۵۱۹۰/۱۳**	۶۲/۳۲**
مایکوریزا (M)	۱	۴۸۵۱/۰۰**	۰/۰۰۶**	۰/۰۲**	۲۰۴/۹۸**	۱۶/۵۴**	۳۲۰/۶۷**	۲۲۱۰/۰۴**	۴۸۹۷۸/۷۹**	۱۰۳/۵۲**
S × SA	۱۲	۳۳/۰۵^{ns}	۰/۰۰۰۱*	۰/۰۰۰۵*	۱۰/۹۱^{ns}	۰/۷۷۹۹**	۳/۶۰**	۲۵/۲۸^{ns}	۳۷۷/۸۱^{ns}	۰/۷۵^{ns}
S × M	۴	۹۳/۷۷**	۰/۰۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۰۵^{ns}	۱/۳۷^{ns}	۰/۳۳۰۵^{ns}	۲۱/۵۶**	۵۰/۴۶^{ns}	۵۵۵۶/۸۸^{ns}	۰/۵۸^{ns}
SA × M	۳	۲۳۴/۴۷**	۰/۰۰۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۷/۴۹^{ns}	۰/۵۹۱۲^{ns}	۱۱/۲۰**	۶۱/۳۳^{ns}	۵۰۰/۵۳^{ns}	۰/۲۶^{ns}
S × SA × M	۱۲	۱۱/۸۶^{ns}	۰/۰۰۰۰۷^{ns}	۰/۰۰۰۲^{ns}	۶/۸۳^{ns}	۰/۱۴۵۱^{ns}	۰/۴۵^{ns}	۲۰/۶۶^{ns}	۶۵۷/۸۲^{ns}	۰/۷۵^{ns}
خطا	۱۲۰	۲۱/۸۹	۰/۰۰۰۰۸	۰/۰۰۰۲	۱۲/۹۹	۰/۳۰۸۵	۱/۲۹	۲۴/۳۳	۶۶۷/۱۲	۰/۹۷
ضریب تغییرات (درصد)		۱۳/۴۶	۹/۸	۹/۹	۱۳/۳۹	۱۰/۳۲	۲۴/۹۵	۱۱/۰۲	۲۴/۲۹	۱۴/۵۳

ns، * و **: به‌ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد.

جدول ۲. مقایسه میانگین ارتفاع ساقه و وزن تر گل‌آذین براساس برش‌دهی اثر متقابل مایکوریزا و سطوح شوری

تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	وزن تر گل‌آذین (گرم در گلدان)
S_1M_1	۵۶/۶۸ a	۹/۷۲ a
S_1M_0	۴۴/۵۶ b	۴/۷۲ b
S_2M_1	۴۸/۷۵ a	۷/۹۶ a
S_2M_0	۳۲/۸۱ b	۳/۹۶ b
S_3M_1	۳۸/۰۶ a	۵/۶۰ a
S_3M_0	۲۶/۷۵ b	۳/۱۲ b
S_4M_1	۳۱/۴۳ a	۳/۹۶ a
S_4M_0	۲۲/۸۱ b	۲/۳۲ b
S_5M_1	۲۶/۳۷ a	۲/۵۶ a
S_5M_0	۱۹/۳۱ b	۱/۵۲ b

میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک در هر ستون و در هر سطح شوری اختلاف معنی‌داری با همدیگر دارند.

S_5, S_4, S_3, S_2, S_1 به‌ترتیب شوری شاهد، ۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس‌بر متر

M_0, M_1 به‌ترتیب تلقیح و عدم تلقیح قارچ مایکوریزا

جدول ۳. مقایسه میانگین ارتفاع ساقه و وزن تر گل‌آذین براساس برش‌دهی اثر متقابل مایکوریزا و سطوح سالیسیلیک‌اسید

تیمار	ارتفاع بوته (سانتی‌متر)	وزن تر گل‌آذین (گرم در گلدان)
Sa_1M_1	۲۷/۳۰ a	۴/۸۰ a
Sa_1M_0	۲۳/۰۰ b	۲/۵۶ b
Sa_2M_1	۴۴/۸۵ a	۴/۸۴ a
Sa_2M_0	۳۰/۰۵ b	۲/۹۲ b
Sa_3M_1	۵۰/۸۵ a	۶/۰۴ a
Sa_3M_0	۳۶/۵۵ b	۳/۰۴ b
Sa_4M_1	۳۸/۰۵ a	۸/۱۶ a
Sa_4M_0	۲۸/۴۰ b	۴/۰۰ b

میانگین‌های دارای حروف غیر مشترک در هر ستون و در هر سطح سالیسیلیک‌اسید اختلاف معنی‌داری با همدیگر دارند.

Sa_3, Sa_3, Sa_2, Sa_1 به‌ترتیب سالیسیلیک‌اسید صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ میلی‌مولار

M_0, M_1 به‌ترتیب تلقیح و عدم تلقیح قارچ مایکوریزا

۴. ۳. شاخص سبزینگی برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد اثر شوری، سالیسیلیک‌اسید و قارچ مایکوریزا در سطح احتمال یک درصد بر شاخص سبزینگی برگ معنی‌دار شد (جدول ۱). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین شاخص سبزینگی برگ در شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۳۱/۰۶ به‌دست آمد. به‌ازای افزایش هر واحد شوری میزان شاخص سبزینگی برگ به مقدار ۱/۲۶ واحد کاهش نشان داد و بیش‌ترین کاهش را شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر بر جای گذاشت (جدول ۵). گیاهان در شرایط شوری با تولید رادیکال‌های آزاد اکسیژن و تخریب ساختار سلولی باعث آسیب‌رساندن به کلروپلاست می‌شوند (Aftab *et al*., 2011). هم‌چنین سالیسیلیک‌اسید ۰/۶ میلی‌مولار با میانگین ۲۹/۴۱ سبب افزایش ۱۵ درصدی شاخص سبزینگی برگ نسبت به شاهد شد. هر واحد سالیسیلیک‌اسید شاخص سبزینگی برگ را ۴/۹۱ واحد افزایش داد (جدول ۵).

جدول ٤. مقایسه میانگین ترکیب تیماری شوری و سالیسیلیک‌اسید بر کلروفیل a و b

تیمارها	کلروفیل a (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)	کلروفیل b (میلی‌گرم در کیلوگرم وزن تر)
S_1Sa_1	۰/۱۰۵ bcd	۰/۱۹ bcd
S_1Sa_2	۰/۱۰۷ abc	۰/۱۹۴ abc
S_1Sa_3	۰/۱۱۵ a	۰/۲۰۷ a
S_1Sa_4	۰/۱۰۶ bcd	۰/۱۹۱ bcd
S_2Sa_1	۰/۰۸۹ ef	۰/۱۶۱ ef
S_2Sa_2	۰/۱۰۳bcd	۰/۱۸۵ bcd
S_2Sa_3	۰/۱۰۹ ab	۰/۱۹۷ ab
S_2Sa_4	۰/۰۹۷ de	۰/۱۷۶ de
S_3Sa_1	۰/۰۹ ef	۰/۱۶۲ ef
S_3Sa_2	۰/۱۰ cd	۰/۱۸۱ cd
S_3Sa_3	۰/۰۹۸ d	۰/۱۷۸ d
S_3Sa_4	۰/۰۸۹ ef	۰/۱۶۱ ef
S_4Sa_1	۰/۰۷۸ g	۰/۱۴۱ g
S_4Sa_2	۰/۰۸۱ fg	۰/۱۴۷ fg
S_4Sa_3	۰/۱۰ cd	۰/۱۸ cd
S_4Sa_4	۰/۰۸۶ fg	۰/۱۵۶ fg
S_5Sa_1	۰/۰۶ h	۰/۱۱۱ h
S_5Sa_2	۰/۰۸ g	۰/۱۴۱ g
S_5Sa_3	۰/۰۸ g	۰/۱۴۴ g
S_5Sa_4	۰/۰۷ h	۰/۱۱۲ h

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

S_5، S_4، S_3، S_2، S_1 به‌ترتیب شوری شاهد، ۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس‌بر متر

Sa_4، Sa_3، Sa_2، Sa_1 به‌ترتیب سالیسیلیک‌اسید صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ میلی‌مولار

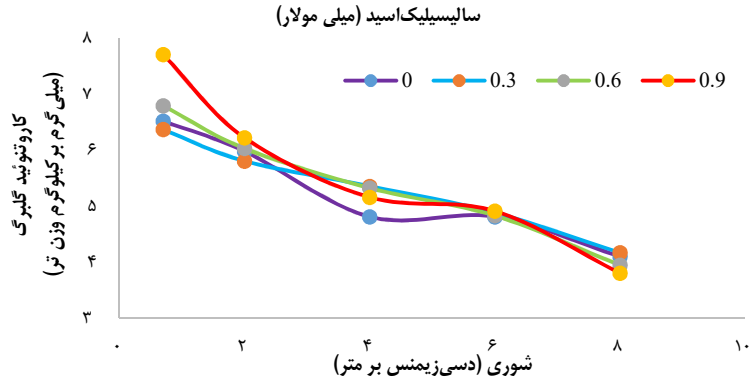
۴. ۴. کاروتنوئید گلبرگ

در آزمایش حاضر، همان‌طورکه در شکل (۱) دیده می‌شود، از شوری ۲ دسی‌زیمنس برمتر اثر این عامل بر مقدار کاروتنوئید گلبرگ به‌صورت خطی کاهش یافت. اما در شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر و مصرف ۰/۹ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید، مقدار آن به‌طور معنی‌داری افزایش یافته و به ۷/۷۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر گلبرگ رسید. این مقدار با ترکیب تیمار شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر و بدون مصرف سالیسیلیک‌اسید با میانگین ۶/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تر گلبرگ حدود ۱۵ درصد اختلاف نشان داد (شکل ۱).

جدول ۵. مقایسه میانگین شاخص سبزینگی برگ، عملکرد زیست‌توده، خاصیت آنتی‌اکسیدانی و درصد کلونیزاسیون تحت سطوح شوری، سالیسیلیک‌اسید و تلقیح مایکوریزایی

تیمارها	شاخص سبزینگی برگ	عملکرد زیست‌توده (گرم در گلدان)	خاصیت آنتی‌اکسیدانی (میلی‌گرم در میلی‌لیتر)	درصد کلونیزاسیون (درصد)
شوری (دسی‌زیمنس بر متر)				
شاهد	۳۱/۰۶ a	۵۸/۵۰ a	۰/۰۶۳ d	۹/۴۷ a
۲	۲۹/۵۶ a	۵۲/۰۴ b	۰/۰۹۲ c	۷/۷۵ b
۴	۲۷/۴۴ b	۴۵/۴۳ c	۰/۱۰۸ b	۶/۵۴ c
۶	۲۴/۵۹ c	۳۸/۶۷ d	۰/۱۲۷ a	۵/۷۲ d
۸	۲۱/۸۵ d	۲۹/۱۷ e	۰/۱۳۹ a	۴/۴۰ e
سالیسیلیک‌اسید (میلی‌مولار)				
صفر	۲۴/۹۹ c	۳۵/۳۲ d	۰/۰۹۴ b	۵/۴۰ d
۰/۳	۲۶/۰۵ bc	۴۰/۱۵ c	۰/۰۹۹ b	۶/۱۸ c
۰/۶	۲۹/۴۱ a	۴۸/۵۰ b	۰/۱۱۲ a	۷/۱۲ b
۰/۹	۲۷/۱۴ b	۵۵/۰۸ a	۰/۱۱۸ a	۸/۳۶ a
مایکوریزا				
تلقیح	۲۸/۰۳ a	۴۸/۴۸ a	۰/۱۲۳ a	۷/۵۹ a
عدم تلقیح	۲۵/۷۷ b	۴۱/۰۵ b	۰/۰۸۸ b	۵/۹۸ b

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، براساس آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

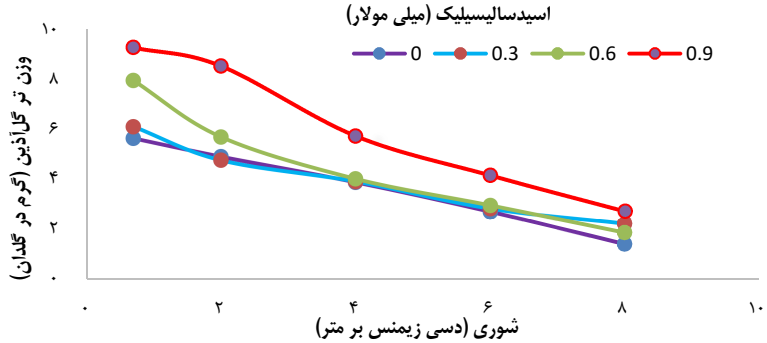


شکل ۱. اثر شوری و سالیسیلیک‌اسید بر کاروتنوئید گلبرگ

۴. ۵. وزن تر گل‌آذین

مصرف سالیسیلیک‌اسید در سطح صفر و ۰/۳ میلی‌مولار، تأثیری بر افزایش وزن تر گل‌آذین در شوری‌های مختلف نداشت. مصرف ۰/۶ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید تا شوری ۲ دسی‌زیمنس برمتر، وزن تر گل‌آذین را به‌صورت معنی‌دار افزایش داد، اما از شوری ۴ دسی‌زیمنس بر متر بی‌تأثیر بود. درحالی‌که مصرف ۰/۹ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید بیش‌ترین تولید را داشته به‌طوری‌که تا شوری ۶ دسی‌زیمنس بر متر اختلاف معنی‌داری را نشان داد. هرچند در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر نسبت به سایر تیمارها بی‌معنی بود (شکل ۲). شوری سبب کاهش مقدار کلروفیل و در نتیجه کاهش توان منبع تولیدی گیاه شده که در ادامه زمینه را برای کاهش رشد رویشی، عملکرد بیولوژیک و هم‌چنین افت اجزای عملکرد و عملکرد دانه را فراهم ساخت (فخرایی مطلق و همکاران، ۱۳۹۷). سالیسیلیک‌اسید با توجه به تأثیری که بر واکنش‌های متابولیسمی گیاه دارد، باعث افزایش تحمل و سازگاری گیاهان به عوامل محیطی می‌گردد. مقایسه میانگین‌ها نشان داد اختلاف بین کاربرد و عدم کاربرد مایکوریزا در تمام سطوح شوری معنی‌دار شد (جدول ۲). نتایج نشان داد کم‌ترین وزن تر گل‌آذین با میانگین ۱/۵۲ گرم در گلدان از تیمار شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و عدم کاربرد مایکوریزا و بیش‌ترین آن با میانگین ۹/۷۲ گرم در گلدان از تیمار شوری شاهد و

کاربرد مایکوریزا حاصل شد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که بیش‌ترین وزن تر گل‌آذین در تیمار ۰/۹ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و کاربرد قارچ مایکوریزا با میانگین ۸/۱۶ گرم در گلدان به‌دست آمد که ۵۰ درصد نسبت به تیمار عدم کاربرد مایکوریزا و سالیسیلیک‌اسید ۰/۹ میلی‌مولار افزایش نشان داد. کم‌ترین وزن تر گل‌آذین نیز در تیمار عدم کاربرد سالیسیلیک‌اسید و قارچ مایکوریزا با میانگین ۲/۵۶ گرم در گلدان به‌دست آمد (جدول ۳). مقایسه میانگین وزن تر گل‌آذین به‌عنوان عملکرد اقتصادی تحت تأثیر ترکیبات تیماری آزمایش نشان داد که بیش‌ترین وزن تر گل‌آذین در تیمار شوری شاهد و محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید در غلظت‌های ۰/۶ و ۰/۹ میلی‌مولار و با تلقیح مایکوریزا به‌دست آمد (جدول ۶). بر این اساس کم‌ترین عملکرد نیز زمانی به‌دست آمد که گیاه در معرض شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر و بدون کاربرد سالیسیلیک‌اسید و بدون تلقیح مایکوریزایی قرار گرفت (جدول ۶).



شکل ۲. اثر شوری و سالیسیلیک‌اسید بر وزن تر گل‌آذین

جدول ٦. مقایسه میانگین وزن تر گل‌آذین (گرم در گلدان) تحت تأثیر ترکیبات تیماری حاصل از سطوح شوری، سالیسیلیک‌اسید و مایکوریزا

تیمارها	عدم تلقیح مایکوریزا	تلقیح مایکوریزا
S_1Sa_1	۳/۸۵ h-n	۷/۴۲ b-e
S_1Sa_2	۴/۱۲ h-m	۸/۱۰ b
S_1Sa_3	۵/۰۱ f-j	۱۰/۹۰ a
S_1Sa_4	۵/۹۹ d-g	۱۲/۵۶ a
S_2Sa_1	۳/۳۲ j-o	۶/۴۹ b-f
S_2Sa_2	۳/۴۰ j-o	۶/۱۲ c-g
S_2Sa_3	۳/۵۸ i-o	۷/۸۲ bc
S_2Sa_4	۵/۶۴ e-h	۱۱/۴۳ a
S_3Sa_1	۲/۹۰ l-p	۴/۸۶ f-k
S_3Sa_2	۳/۲۲ j-p	۴/۶۰ g-l
S_3Sa_3	۲/۶۰ m-q	۵/۴۳ f-i
S_3Sa_4	۳/۸۳ h-n	۷/۶۴ b-d
S_4Sa_1	۲/۰۰ n-q	۳/۴۲ j-o
S_4Sa_2	۲/۶۱ m-q	۳/۰۴ k-p
S_4Sa_3	۲/۱۰ n-q	۳/۸۴ h-n
S_4Sa_4	۲/۶۵ m-q	۵/۶۷ e-h
S_5Sa_1	۰/۹۳ q	۱/۹۰ o-q
S_5Sa_2	۲/۰۰ n-q	۲/۴۴ m-q
S_5Sa_3	۱/۳۳ pq	۲/۳۹ m-q
S_5Sa_4	۱/۹۰ n-q	۳/۵۵ j-o

در هر ستون میانگین‌هایی که حرف مشترک دارند، در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

S_5, S_4, S_3, S_2, S_1 به‌ترتیب شوری شاهد، ۲، ۴، ۶ و ۸ دسی‌زیمنس‌بر متر

$S_{a4}, S_{a3}, S_{a2}, S_{a1}$ به‌ترتیب سالیسیلیک‌اسید صفر، ۰/۳، ۰/۶ و ۰/۹ میلی‌مولار

۴. ۶. عملکرد زیست‌توده

اثر اصلی فاکتورهای آزمایشی بر عملکرد زیست‌توده معنی‌دار شد (جدول ۱). بیش‌ترین میزان عملکرد زیست‌توده در شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر با میانگین ۵۸/۵۰ گرم در گلدان و کم‌ترین آن در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر به‌دست آمد (جدول ۵). هم‌چنین سالیسیلیک‌اسید ۰/۹ میلی‌مولار با میانگین ۵۵/۰۸ سبب افزایش ۳۶ درصدی عملکرد زیست‌توده نسبت به شاهد شد. ضمن این‌که کاربرد مایکوریزا، مقدار عملکرد زیست‌توده را به ۴۸/۴۸ گرم در گلدان رساند (جدول ۵).

۴. ۷. خاصیت آنتی‌اکسیدانی تام

اثر شوری، سالیسیلیک‌اسید و قارچ مایکوریزا در سطح احتمال یک درصد بر خاصیت آنتی‌اکسیدان تام معنی‌دار ولی اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۱). با افزایش غلظت نمک خاصیت آنتی‌اکسیدانی افزایش یافت، به‌طوری‌که مقدار آنتی‌اکسیدان تام در تیمار شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر، ۰/۱۳۹ و در تیمار شاهد ۰/۰۶۳ میلی‌گرم در میلی‌لیتر به‌دست آمد (جدول ۵). خاصیت آنتی‌اکسیدانی تام در تیمار ۰/۹ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید ، ۰/۱۱۸ میلی‌گرم در میلی‌لیتر بود که نسبت به تیمار شاهد با میانگین ۰/۰۹۴ میلی‌گرم در میلی‌لیتر حدود ۲۰ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵).

۴. ۸. درصد کلونیزاسیون

اثر اصلی فاکتورهای آزمایشی بر درصد کلونیزاسیون معنی‌دار شد (جدول ۱). با افزایش غلظت نمک، درصد همزیستی در ریشه کاهش یافت، به‌طوری‌که در شوری ۸ دسی‌زیمنس بر متر، درصد همزیستی ۴/۴۰ درصد بود، درحالی‌که در شوری ۰/۷ دسی‌زیمنس بر متر به ۹/۴۷ رسید (جدول ۵).

۵. بحث

در پژوهشی افزایش ارتفاع گیاه شاهدانه[1] در حضور مایکوریزا گزارش گردید (تدین و زارعی، ۱۳۹۳). در حقیقت مایکوریزا با گسترش شبکه هیف خارجی خود و افزایش سطح جذب ریشه، با جذب بیش‌تر آب و عناصر غذایی، منجر به افزایش رشد گیاه می‌شود (Fouad *et al*., 2014).

سالیسیلیک‌اسید با توازنی که در محتوای هورمون‌های گیاهی ایجاد می‌کند، در کنترل پاسخ‌های گیاه به شوری نقش مهمی دارد (پیرسته انوشه و همکاران، ۱۳۹۵). پژوهش‌ها نشان داده است که سالیسیلیک‌اسید بر فعالیت‌های بیولوژیکی گیاه نظیر رشدونمو اثر دارد (حسنوند و همکاران، ۱۳۹۹).

در تنش شوری غلظت تنظیم‌کننده‌های رشد مانند آبسیزیک‌اسید و اتیلن که تحریک‌کننده آنزیم کلروفیلاز هستند افزایش یافته و به این ترتیب کلروفیل‌ها تحت تأثیر این آنزیم تجزیه می‌شوند (میرزایی و همکاران، ۱۴۰۰). نتایج نشان داد که با افزایش غلظت سالیسیلیک‌اسید بیش از ۰/۶ میلی‌مولار، کلروفیل کاهش یافته که این امر نشان‌دهنده وابستگی شدید اثر سالیسیلیک‌اسید به غلظت مصرفی می‌باشد. پژوهش‌گران گزارش کردند که سالیسیلیک‌اسید در غلظت‌های بالا، اثر بازدارنده دارد (Hayat *et al*., 2010). گزارش شده که سالیسیلیک‌اسید در غلظت‌های پایین به‌دلیل تحریک سیستم آنتی‌اکسیدانی گیاه، تحمل به شوری را افزایش داده، اما در غلظت‌های بالاتر به‌عنوان آنتی‌اکسیدان غیر آنزیمی با آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان برهمکنش ایجاد می‌کند (Ashraf *et al*., 2010).

1. *Cannabis sativa*

گزارش شده که در گیاه همیشه‌بهار بیش‌ترین شاخص سبزینگی برگ با مصرف یک میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید در تیمارهای مختلف شوری به‌دست آمد که با سایر تیمارها معنی‌دار بود (Bayat *et al*., 2012). سالیسیلیک‌اسید در گیاهان نوعی پیام‌آور شیمیایی است که نقش مؤثر آن در سازوکارهای دفاعی به‌خوبی ثابت شده است (Aftab *et al*., 2011). هم‌چنین کاربرد مایکوریزا شاخص سبزینگی برگ را افزایش داد (جدول ۵). مقدار کلروفیل در گیاه جعفری مکزیکی[1] در همزیستی با قارچ نیز افزایش یافت (ایرجی مارشک و مقدم، ۱۳۹۹). به‌نظر می‌رسد افزایش مقدار کلروفیل در همزیستی با قارچ‌ها به‌دلیل جذب بیش‌تر فسفر و عناصر ضروری در بیوسنتز کلروفیل از خاک باشد (آقابابایی و رئیسی، ۱۳۹۰).

مهم‌ترین نقش کاروتنوئیدها، رفع سمیت شکل‌های مختلفی از اکسیژن فعال است که در نتیجه برانگیختگی ترکیب‌های فتوسنتزی به‌وسیله نور تولید می‌شود. با توجه به این‌که کاروتنوئیدها طول موج‌های کوتاه نور را دریافت می‌کنند، کاهش میزان آن‌ها با افزایش سطوح شوری احتمالاً به‌علت تخریب اکسیداتیو باشد که به آن بسیار حساس هستند (فتاحی و همکاران، ۱۳۹۹). هم‌چنین در گزارشی نشان داده شد که کاربرد سالیسیلیک‌اسید در شرایط شور، مقدار کاروتنوئیدها را نسبت به شاهد در گیاه دارویی خرفه (*Portulaca oleracea* L.) افزایش داد (Fathi *et al*., 2019). به‌نظر می‌رسد سالیسیلیک‌اسید با جلوگیری از تخریب ساختار کلروپلاست در شرایط شور باعث بهبود متابولیسم گیاه و افزایش تحمل آن به تنش شوری می‌شود (پیرسته انوشه و همکاران، ۱۳۹۵). با توجه به این‌که سالیسیلیک‌اسید باعث افزایش سنتز کاروتنوئید و هم‌چنین کلروفیل a و b در خرفه (Fathi *et al*., 2019) و در نتیجه افزایش عملکرد شده و از طرف دیگر مایکوریزا با استفاده از هیف‌های بسیار گستردهٔ خود، سبب ازدیاد جذب آب و عناصر غذایی شده است، بنابراین در این آزمایش نیز عملکرد گل‌آذین به شکل معنی‌داری افزایش یافت. هیف‌های بسیار گستردهٔ مایکوریزا، جذب آب و عناصر غذایی را بهبود داده که در نتیجه آن، فتوسنتز و تولید مـادهٔ خشک افزایش می‌یابد (Fouad *et al*., 2014).

گزارش شد که شوری سبب کاهش رشد رویشی، عملکرد زیست‌توده و عملکرد دانه زیره سبز[2] شد (فاضل و همکاران، ۱۳۹۷). در آزمایشی مشخص شد که سالیسیلیک‌اسید با بهبود انتقال فعال تولیدات فتوسنتزی از منبع به مخزن، باعث افزایش رشد رویشی گل‌گاوزبان و در نتیجه عملکرد زیست‌توده شد (حسنوند و همکاران، ۱۳۹۹). هم‌چنین عملکرد زیست‌توده رازیانه[3] که با مایکوریزا همزیستی داشت نسبت به عدم تلقیح بالاتر بود (غلامی و همکاران، ۱۳۹۴).

سالیسیلیک‌اسید دارای خواص آنتی‌اکسیدانی بسیار خوبی بوده لذا رادیکال‌های آزاد اکسیژن را حذف و به این ترتیب کمک مؤثری به آنزیم‌های پراکسیداز و کاتالاز در گیاه می‌کند (باقی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۹). هم‌چنین در این آزمایش بیش‌ترین میزان آنتی‌اکسیدان در تیمار کاربرد مایکوریزا در مقایسه با تیمار عدم کاربرد مایکوریزا به‌دست آمد (جدول ۵). همزیستی مایکوریزا با نوعی چمن سبب شد تا فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی افزایش و میزان پراکسیداسیون لیپیدهای غشا کاهش یافته که نتیجه آن بهبود رشد گیاه در شرایط تنش شوری شد (اشراف و همکاران، ۱۳۹۶).

در بسیاری از گیاهان برای کاهش اثر مخرب رادیکال‌های آزادی که در اثر تنش شوری تولید می‌شوند، سیستم آنتی‌اکسیدان فعال می‌گردد لذا گزارش شده است که با افزایش شوری فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه همانند مطالعه حاضر زیاد می‌شود (قربانلی و همکاران، ۱۳۹۱). گزارش شده است که در خاک‌های شور، جوانه‌زنی اسپورها و رشد هیف‌های قارچ‌های مایکوریزایی و در نتیجه درصد کلونیزاسیون ریشه کاهش می‌یابد. در واقع افزایش مقدار NaCl رشد قارچ‌ها را کاهش می‌دهد (Selvakumar & Thamizhiniyan, 2011). با مصرف سالیسیلیک‌اسید به مقدار کلونیزاسیون افزوده شد. به‌طوری‌که در تیمار ۰/۹ میلی‌مولار بیش‌ترین درصد کلونیزاسیون (۸/۳۶) به‌دست آمد که نسبت به شاهد ۳۵ درصد

1. *Tagetes minuta* L.
2. *Cuminum cyminum*
3. *Foeniculum vulgare* Mill.

افزایش داشت (جدول ۵). سالیسیلیک‌اسید با حفظ سلامت ریشه در برابر اثرات مضر تنش، رشد آن را افزایش داده و باعث جذب بیش‌تر آب و مواد غذایی شده (بیات و همکاران، ۱۳۹۰) که در نهایت درصد کلونیزاسیون و رشد گیاه را افزایش می‌دهد. براساس گزارشی تیمار آویشن[1] با سالیسیلیک‌اسید، همزیستی را افزایش داد (میرزایی و همکاران، ۱۴۰۰). در آزمایش حاضر، بیش‌ترین درصد کلونیزاسیون با حضور مایکوریزا (۷/۵۹) به‌دست آمد که نسبت به تیمار عدم کاربرد مایکوریزا حدود ۲۱ درصد افزایش نشان داد (جدول ۵). با توجه به این‌که جمعیت قارچ‌های مایکوریزا به رشد گیاه و تولید مواد غذایی در گیاه میزبان وابسته هستند، شوری با کاهش تولید این مواد میزان تلقیح مایکوریزایی را کاهش می دهد (Enteshari & Hajbagheri, 2011). در پژوهشی تلقیح مایکوریزایی یونجه، درصد کلونیزاسیون ریشه را به‌طور قابل‌توجهی افزایش داد و از این طریق رشدونمو گیاه بهبود یافت (Rahman *et al*., 2019).

۶. نتیجه‌گیری و پیشنهادها

نتایج این پژوهش نشان داد که اعمال تنش شوری موجب ایجاد شرایط نامطلوب در گیاه همیشه‌بهار شده به‌طوری‌که تمامی صفات اندازه‌گیری‌شده را کاهش داد. با افزایش سطح تنش، شدت تغییرات ایجادشده بیش‌تر بود. از طرف دیگر، محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید به‌دلیل خاصیت آنتی‌اکسیدانی باعث افزایش تحمل گیاه به تنش شوری گردیده و موجب بهبود صفات اندازه‌گیری‌شده در گیاه گردید و مقاومت آن را به تنش شوری افزایش داد. با توجه به این‌که یک حد بحرانی در رابطه با غلظت سالیسیلیک‌اسید مصرفی در نظر گرفته می‌شود، اما در این مطالعه وزن تر گل‌آذین گیاه به‌عنوان عملکرد اقتصادی، با مصرف بیش‌ترین غلظت سالیسیلیک‌اسید (۰/۹ میلی‌مولار) حاصل شد. هم‌چنین نتایج به‌دست‌آمده در این پژوهش نشان داد که تلقیح با قارچ مایکوریزا بر روی تمامی صفات مورد اندازه‌گیری تأثیر مثبت داشت. به‌طوری‌که کاربرد مایکوریزا در تمام سطوح شوری بررسی‌شده به‌دلیل جذب آب و برخی عناصر غذایی منجر به بهبود شاخص‌های رشدی گیاه شد. به‌طورکلی در زراعت همیشه‌بهار تحت شرایط تنش شوری، کاربرد ۰/۹ میلی‌مولار سالیسیلیک‌اسید و تلقیح مایکوریزا توصیه می‌گردد.

۷. تشکر و قدردانی

از دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی خوزستان به‌خاطر فراهم‌نمودن شرایط اجرای این آزمایش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۸. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۹. منابع

آقابابایی، فاطمه و رئیسی، فایز (۱۳۹۰). اثر همزیستی مایکوریزایی بر میزان کلروفیل، فتوسنتز و راندمان مصرف آب در چهار ژنوتیپ بادام در استان چهارمحال و بختیاری. *علوم آب و خاک*. ۱۵ (۵۶)، ۹۱-۱۰۲.

1. *Thymus vulgaris* L.

اسکوئیان، آرمین؛ نظامی، احمد؛ کافی، محمد؛ باقری، عبدالرضا و لکزیان، امیر (۱۴۰۱). توانایی جنس‌های قارچ مایکوریزا آربسکولار و اندوفیت برای بهبود تحمل به شوری در نخود (*Cicer arietinum* L.). *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*. ۱۵ (۱)، ۲۱۵-۲۳۰.

اشراف، حامد؛ زکی‌زاده، هدایت؛ احتشامی، سید محمدرضا و بیگلوئی، محمدحسن (۱۳۹۶). ارزیابی همزیستی سه گونه قارچ مایکوریزا بر ویژگی‌های بیوشیمیایی چمن‌های آگروپیرون (*Agropyron elongatum*) و پوآی چند ساله (*Poa pratensis*) تحت تنش خشکی. *پژوهش‌های تولید گیاهی*. ۲۴ (۳)، ۲۵-۴۴.

ایرجی مارشک، مرتضی و مقدم، محمد (۱۳۹۹). پاسخ فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی جعفری مکزیکی (*Tagetes minuta* L.) به کاربرد قارچ‌های مایکوریزا در شرایط تنش شوری. *فیزیولوژی محیطی گیاهی*. ۱۵ (۶۰)، ۷۹-۹۴.

باقی‌زاده، امین؛ حاج محمد رضایی، محمود و توحیدی، زهرا (۱۳۹۹). بررسی اثر متقابل تنش خشکی با آسکوربات و سالیسیلیک‌اسید بر فعالیت برخی آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان و فلاونوئیدها در گیاه بامیه (*Hibiscus esculentus* L.). *پژوهش‌های سلولی و مولکولی (مجله زیست شناسی ایران)*. ۳۳(۱)، ۱۴۲-۱۵۲.

بیات، حسن؛ مردانی، حسین؛ آرویی، حسین و سلاح‌ورزی، یحیی (۱۳۹۰). تأثیر سالیسیلیک‌اسید بر خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی دانهال‌های خیار (*Cucumis Sativus* Cv. Super Dominus) تحت شرایط تنش خشکی. *پژوهش‌های تولید گیاهی*. ۱۸ (۳)، ۶۳-۷۶.

پیرسته انوشه، هادی؛ امام، یحیی؛ روستا، محمدجواد و هاشمی، سیده الهه (۱۳۹۵). اثر محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید بر ویژگی‌های بیوشیمیایی و عملکرد دانه جو (*Horedum vulgare* L.) رقم نصرت در شرایط تنش شوری. *علوم زراعی ایران*. ۱۸ (۳)، ۲۳۲-۲۴۴.

تدین، محمودرضا و زارعی، مهسا (۱۳۹۳). بررسی اثر همزیستی قارچ مایکوریزا گونه *Glomus mosseae* بر مقاومت به شوری سه اکوتیپ شاهدانه. *فرایند و کارکرد گیاهی*. ۳ (۷)، ۱۰۵-۱۱۴.

حسنوند، حدیث؛ سیادت، سید عطاالله؛ بخشنده، عبدالمهدی؛ مرادی‌تلاوت، محمدرضا و پشت‌دار، عادل (۱۳۹۹). تأثیر سالیسیلیک‌اسید بر عملکرد و جذب عناصر غذایی گل گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis* L.) در شرایط قطع آبیاری. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*. ۱۳ (۲)، ۵۱۹-۵۳۱.

دهقان‌نیری، فاطمه؛ صفاری، وحید رضا و مقصودمود، علی‌اکبر (۱۳۹۵). اثر سالیسیلیک‌اسید بر رنگدانه‌های فتوسنتزی و فلورسانس کلروفیل گیاه همیشه‌بهار در شرایط تنش شوری. *علوم و فنون باغبانی ایران*. ۱۷ (۱)، ۷۷-۸۸.

رحمت‌زاده، سمانه؛ خارا، جلیل و کاظمی‌تبار، سید کمال (۱۳۹۲). تأثیر قارچ‌های میکوریز آربسکولار بر بهبود رشد و شاخص‌های بیوشیمیایی گیاهان پروانش باززایی‌شده تحت تیمار تریپتوفان طی فرایند سازگاری. *زیست‌شناسی گیاهی*. ۵ (۱۶)، ۲۷-۴۰.

رضایی چیانه، اسماعیل؛ جمالی، موسی؛ پیرزاد، علیرضا و توفیق، سمیرا (۱۳۹۵). تأثیر قارچ مایکوریز بر برخی صفات مورفوفیزیولوژیکی و عملکرد مرزه تابستانه (*Satureja hortensis* L.) در شرایط تنش شوری. *فرایند و کارکرد گیاهی*. ۵ (۱۷)، ۱۵-۲۹.

طاهری اصغری، مهدی (۱۴۰۱). اثر همزیستی قارچ مایکوریزا و کاربرد برگی اسیدهای آمینه بر برخی صفات رشدی و روغن گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinallis* L.). *پژوهش‌های زراعی ایران*. ۲۰ (۱)، ۹۳-۱۰۳.

غلامی، احمد؛ اکبری، ایمان و عباس‌دخت، حمید (۱۳۹۴). بررسی کاربرد کودهای زیستی و آلی بر خصوصیات رشد و عملکرد گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgar*). *بوم‌شناسی کشاورزی*. ۷ (۲)، ۲۱۵-۲۲۴.

فاضل، مهسا؛ آرمین، محمد؛ صبا، جلال و طزری، علی‌محمد (۱۳۹۷). اثر تنش شوری بر عملکرد، اجزای عملکرد و برخی ویژگی‌های فیزیولوژیک توده‌های بومی زیره سبز (*Cuminum cyminum*) حاصل از کالوس. *اکوفیزیولوژی گیاهی*. ۱۰ (۳۳)، ۹۰-۱۰۵.

فتاحی، مسعود؛ محمدخانی، عبدالرحمان؛ شیران، بهروز؛ بانی‌نسب و بهرام و راوش، رودابه (۱۳۹۹). تأثیر همزیستی قارچ میکوریزا آربسکولار با پایه‌های مختلف پسته در شرایط تنش شوری. *فرایند و کارکرد گیاهی*. ۹ (۳۸)، ۳۰۹-۳۲۶.

فخرایی مطلق، راضیه؛ کوچک‌زاده، احمد؛ بخشنده، عبدالمهدی؛ پوزش شیرازی، مرتضی و پشت‌دار، عادل (۱۳۹۷). پاسخ فیزیولوژیک و زراعی گندم به کاربرد روی در آبیاری با آب شور. *مهندسی زراعی (مجله علمی کشاورزی)*. ۴۱ (۱)، ۷۳-۸۸.

قربانلی، مه‌لقا؛ احمدی، فریده؛ منفرد، اعظم و بخشی‌خانیکی، غلامحسین (۱۳۹۱). اثر تنش شوری و برهمکنش آن با آسکوربات بر میزان فعالیت آنزیم‌های کاتالاز، آسکوربات پراکسیداز، پرولین و مالون دی آلدئید در گیاه زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) چهار هفته بعد از جوانه زنی. *تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران*. ۲۸ (۱)، ۱۴-۲۷.

مرادی مرجانه، الهه و گلدانی، مرتضی (۱۳۹۰). ارزیابی سطوح مختلف سالیسیلیک‌اسید بر تعدادی شاخص‌های رشد گیاه همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) تحت شرایط کم‌آبی. *تنش‌های محیطی در علوم زراعی*. ۴ (۱)، ۳۳-۴۵.

میرزایی، سمیه؛ سیادت، سید عطاالله؛ پاکدامن سردرود، بابک و مرادی‌تلاوت، محمدرضا (۱۴۰۰). اثر قارچ پریفورموسپوراایندیکا و محلول‌پاشی سالیسیلیک‌اسید بر خصوصیات مورفولوژیکی و آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانت آویشن باغی در شرایط قطع آبیاری. *به‌زراعی کشاورزی*. ۲۳ (۴)، ۸۳۹-۸۵۳.

References

Aftab, T., Masroor, M., Khan, A., Teixeira da Silva, J. A., Idrees, M., Naeem, M., & Moinuddin. (2011). Role of Salicylic Acid in Promoting Salt Stress Tolerance and Enhanced Artemisinin Production in *Artemisia annua* L. *Journal of Plant Growth Regulation*, *30*, 425-435. https://doi.org/10.1007/s00344-011-9205-0

Aghababaei, F., & Raiesi, F. (2011). The influence of mycorrhizal symbiosis on chlorophyll, photosynthesis and water use efficiency in four almond genotypes in Chahae Mahal va Bakhtiary. *Journal of water and soil science, 15*(56), 91-102. (In Persian).

Arnon, D. I. (1949). Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta Vulgarise*. *Plant Physiology, 24*(1), 1-15. Doi.org/10.1104/pp.24.1.1

Ashraf, M., Akram, N. A., Arteca, R. N., & Foolad, M. R. (2010). The Physiological, Biochemical and Molecular Roles of Brassinosteroids and Salicylic Acid in Plant Processes and Salt Tolerance. *Critical Reviews in Plant Sciences, 29*(3), 162-190. https://doi.org/10.1080/07352689.2010.483580.

Baby, J., & Jini, D. (2011). Development of Salt Stress-tolerant Plants by Gene Manipulation of Antioxidant Enzymes. *Asian Journal of Agricultural Research*, *5*(1), 17-27. https://doi.org/10.3923/ajar.2011.17.27.

Baghizadeh, A., Hajmohammadrezaei, M., & Tohidi, Z. (2020). Evaluation of interaction effect of drougth stress with ascorbate and salicylic acid on the activity of some antioxidant enzymes and flavonoids in *Hibiscus esculentus* L. *Journal of Cellular and Molecular Research* (*Iranian Journal of Biology*), *33*(1), 142-152. https://doi.org/20.1001.1.23832738.1399.33.1.5.5. (In Persian).

Bayat, H., Alirezaie, M., & Neamati, H. (2012). Impact of exogenous salicylic acid on growth and ornamental characteristics of calendula (*Calendula officinalis* L.) under salinity stress. *Journal of Stress Physiology and Biochemistry, 8*(1), 258-267.

Bayat H., Mardani H., Arouie H., & Salahvarzi Y. (2011). Effects of Salicylic Acid on Morphological and Physiological Characteristics of Cucumber Seedling (*Cucumis Sativus* Cv. Super Dominus) Under Drought Stress. *Journal of Plant Production (Journal of Agricultural Sciences and Natural Resources)*, *18*(3), 63-76. https://doi.org/20.1001.1.23222050.1390.18.3.5.8. (In Persian).

Dehghan Niri, F., saffari, V. R., & Moghsoudi Moud, A. A. (2016). Effect of Salicylic Acid on Photosynthetic Pigments and Chlorophyll Flurescence of Pot Marigold under Salt Stress Conditions. *Iranian Journal of Horticultural Science and Technology*, *17*(1), 77-88. https://doi.org/20.1001.1.16807154.1395.17.1.7.3. (In Persian).

Enteshari, Sh., & Hajbagheri, S. (2011). Effects of mycorrhizal fungi on some physiological characteristics of salt stressed *Ocimum basilicum* L. *Iranian Journal of Plant Physiology*, *1*(4), 215-222. https://doi.org/10.30495/IJPP.2011.540795.

Eshraf, H., Zakizadeh, H., Ehteshami, S. M. R., & Bigloii, M. H. (2018). Evalution the symbiosis of three mycorrhizae fungi species on biochemical characteristics of Kentucky bluegrass (*Poa pratensis*) and Agropyron (*Agropyron elongatum*) turfgrasses under drought stress conditions. *Journal of Plant Production Research, 24*(3), 25-44. https://doi.org/10.22069/jopp.2017.11446.2058. (In Persian).

Evelin, H., Giri, B., & Kapoor, R. (2012). Contribution of *Glomus intraradices* inoculation to nutrient acquisition and mitigation of ionic imbalance in NaCl-stressed *Trigonella foenum-graecum. Mycorrhiza*, *22*(3), 203-217. https://doi.org/10.1007/s00572-011-0392-0.

Fakhraie Motlagh, R., Koochekzadeh, A., Bakhshandeh, A., Pouzesh Shirazi, M., & Poshtdar, A. (2018). Physiologic and agronomic response of wheat to application of zinc in irrigation with saline water. *Agricultural Engineering* (*Scientific Journal of Agriculture*), *41*(1), 73-88. https://doi.org/10.22055/agen.2018.20048.1316. (In Persian).

Fathi, Sh., Kharazmi, M., & Najafian, Sh. (2019). Effects of salicylic acid foliar application on morpho- physiological traits of purslane (*Portulaca oleracea* L.) under salinity stress conditions. *Journal of plant physiology and breeding, 9*(2), 1-9. https://doi.org/10.22034/jppb.2019.10439.

Fattahi, M., Mohammadkhani, A., Shiran, B., Baninasab, B., & Ravash, R. (2020). Influence of arbuscular mycorrhizal fungi symbiosis with different pistachio rootstocks in salinity stress condition. *Journal of Plant Process and Function, 9*(38), 309-326. https://doi.org/20.1001.1.23222727.1399.9.38.24.1. (In Persian).

Fazel, M., Armin, M., Saba, J., & Tazari, A. (2018). The Effects of Salinity Stress on Yield and Yield Components and some Physiological Traits in Cumin (*Cuminum cyminum*) produced by Callus. *Journal of Plant Physiology*, *10*(33), 90-105. (In Persian).

Fouad, M. O., Essahibi, A., Benhiba, L., & Qaddoury, A. (2014). Effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in the protection of olive plants against oxidative stress induced by drought. *Spanish Journal of Agricultural Research, 12*(3), 763-771. https://doi.org/10.5424/sjar/2014123-4815.

Gholami, A., Akbari, I., & Abbas dokht, H. (2015). Study the effects of bio and organic fertilizers on growth characteristics and yield of Fennel (*Foeniculum vulgar*). *Journal of Agroecology*, *7*(2), 215—224. https://doi.org/10.22067/JAG.V7I2.35273. (In Persian).

Ghorbanli, M., Ahmadi, F., Monfared, A., & Bakhshi Khaniki, Gh. (2012). Effect of salt stress and its interaction with ascorbate on catalase, ascorbate peroxidase activity, prolin and malondialdehyde in *Cuminum cyminum* L. four weeks after germination. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 28*(1), 14-27. https://doi.org/10.22092/ijmapr.2012.3063. (In Persian).

Hasanvand, H., Siadat, S. A., Bakhshandeh, A., Moradi-Telavat, M. R., & Poshtdar, A. (2020). Effect of salicylic acid on yield and nutrient uptake of borage (*Borago officinalis* L.) under interrupting irrigation conditions. *Environmental Stresses in Crop Sciences, 13*(2), 519-531. https://doi.org/10.22077/escs.2019.2035.1504. (In Persian).

Hayat, Q., Hayat, S., Irfan, M., & Ahmad, A. (2010). Effect of exogenous salicylic acid under changing environment: a review. *Environmental and experimental botany, 68*(1), 14-25. Doi.org/10.1016/j.envexpbot.2009.08.005.

Iraji Mareshk, M., & Moghaddam, M. (2020). Physiological and biochemical responses of Mexican marigold (*Tagetes minuta* L.) to mycorrhizal fungi application under salinity stress condition. *Journal of Plant Environmental Physiology*, *15*(60), 79-94. https://doi.org/20.1001.1.76712423.1399.15.60.6.5. (In Persian).

Kalaji, H. M., Govindjee, Bosa, K., Kościelniak, J., & Żuk-Gołaszewska, K. (2011). Effects of salt stress on photosystem II efficiency and CO2 assimilation of two Syrian barley landraces. *Journal of Environmental and Experimental Botany*, *73*, 64-72. https://doi.org/org/10.1016/j.envexpbot.2010.10.009.

Mirzaei, S., Siadat, S. A., Pakdaman Sardrod, B., & Moradi-Telavat, M. R. (2021). Effect of Pre formormospora indica and Foliar Application of Salicylic Acid on morphological characteristics and antioxidant enzymes of thyme irrigation cut-off stress. *Journal of Crops Improvement, 23*(4), 839-853. https://doi.org/10.22059/jci.2021.309204.2443. (In Persian).

Moradi Marjane, E., & Goldani, M. (2011). Evaluation of different salicylic acid levels on some growth characteristics of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) under limited irrigation. *Environmental Stresses in crop sciences, 4*(1), 33-45. https://doi.org/10.22077/escs.2011.97. (In Persian).

Oskoueian, A., Nezami, A., Kafi, M., Bagheri, A., & Lakzian, A. (2022). Ability of mycorrhiza arbuscular and endophyte species to improve salinity tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Environmental Stresses in crop sciences*, *15*(1), 215-230. https://doi.org/10.22077/ESCS.2020.3572.1877. (In Persian).

Phillips, J. M., & Hayman, D. S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions British mycological Society, 55*(1), 158-161. https://doi.org/10. 1016/S0007-1536(70) 80110-3.

Pirasteh-Anosheh, H., Emem, Y., Rousta, M. J., & Hashemi, S. E. (2017). Effect of foliar application of salicylic acid on biochemical attributes and grain yield of barley (*Horedum vulgare* L. cv. Nosrat) under saline conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, *18*(3), 232-244. https://doi.org/20.1001.1.15625540.1395.18.3.4.7. (In Persian).

Rahman, M., Hossain, A., Eyakub Ali, M., Alam, F., & Alam, K. (2019). Arbuscular mycorrhizal colonization increases yield of mungbean (*Vigna radiata* L.) at moderate level of salinity. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, *65*(6), 579-588. https://doi.org/10.1080/00380768.2019.1684808.

Rahmatzadeh, S., khara, J., & Kazemitabar, S. K. (2013). Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on growth improvement and biochemical factors of regenerated *Catharanthus roseus* L. plants under tryptophan treatment during acclimatization process. *Iranian Journal of Plant Biology*, *5*(16), 27-40. https://doi.org/20.1001.1.20088264.1392.5.16.4.2. (In Persian).

Ratnakar, A., & Rai, A. (2013). Alleviation of the Effects of NaCl Salinity in Spinach (Spinacia oleracea L. var. All Green) Using Plant Growth Regulators. *Journal of Stress Physiology & Biochemistry*, *9*(3), 122-128.

Rezaei-Chiyaneh, E., Jamali, M., Pirzad, A., & Tofig, S. (2016). Effect of mycorrhizal fungi on some morphophysiological characters and yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.) in condition salt stress. *Journal of Plant Process and Function*, *5*(17), 15-29. https://doi.org/20.1001.1.23222727.1395.5.17.5.2. (In Persian).

Sedghi, M., Seyed Sharifi, R., Pirzad, A. R., & Amanpour-Balaneji, B. (2012). Phytohormonal Regulation of Antioxidant Systems in Petals of Drought Stressed Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Agricultural science and Technology*, *14*(4), 869-878. https://doi.org/20.1001.1.16807073.2012.14.4.9.5

Selvakumar, G., & Thamizhiniyan, P. (2011). The Effect of the Arbuscular Mycorrhizal (AM) Fungus Glomus intraradices on the Growth and Yield of Chilli (*Capsicum annuum* L.) Under Salinity Stress. *World Applied Sciences Journal*, *14*(8), 1209-1214.

Sun, T., Powers, J. R., & Tang, J., (2007). Evaluation of the antioxidant activity of asparagus, broccoli and their juices. *Food chemistry*, *105*(1), 101-106. https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2007.03.048

Tadayon, M. R., & Zareie, M. (2014). The Effect of the Arbuscular Mycorrhizal (AM) Fungus *Glomus mosseae* on the Growth and Yield of three ecotype of hemp (*cannabis sativa* L.) under saline soil and saline water. *Journal of Process and Function*, *3*(7), 105-114. https://doi.org/20.1001.1.23222727.1393.3.7.2.5. (In Persian).

Taheri Asghari, M. (2022). Effect of Mycorrhizal Fungi Symbiosis and Foliar Application of Amino acids on Some Growth Traits and Pot Marigold Oil (*Calendula officinallis* L.). *Field Crops Research*, *20*(1), 93-103. (In Persian).

Tennant, D. (1975). A test of a modified line intersect method of estimating root length. *Journal of Ecology, 63*(3), 995-1001. https://doi.org/10.2307/2258617.