Journal of
Plant Environmental Physiology
Print ISSN: 2423-7671
Online ISSN: 2783-4689
PSI
Phycological Society of Iran

The effect of mycorrhiza fungus, different levels of humic acid and salicylic acid on biochemical characteristics and essential oil yield of *Melissa Officinalis* L. cultivars

Mehdi Hamzeh Mohamadabadi[1], Alireza Ladan Moghaddam[2*], Elham Danaee[3], Vahid Abdossi[4]

[1] Department of Horticultural Sciences, Aliabad katoul Branch, Islamic Azad University, Aliabad katoul, Iran, Email: mehdi.hamze61@yahoo.com
[2] Department of Horticultural Sciences, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran, Email: ladanmoghadam.Alireza@gmail.com
[3] Department of Horticultural Sciences, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran, Email: dr.edanaee@yahoo.com
[4] Department of Horticulture and Agronomy, Tehran Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Email: abdossi@yahoo.com

Article type:
Research article

Article history
Received: 11.04.2021
Revised: 19.06.2021
Accepted: 23.06.2021
Published:20.03.2024

Keywords
Antioxidants
Carbohydrates
Flavonoids
Phenol
Proline

Abstract

In order to investigate the effect of mycorrhizal fungus and different levels of humic acid and salicylic acid on biochemical properties and essential oil yields of Lemonella, Citronella and Varigated cultivars of *Melissa Officinalis* L., a factorial experiment was conducted in a completely randomized design with three replications in a greenhouse in Golestan province (Nomal village) was performed in 2018 crop year. Mycorrhiza (*Glomus mosseae*) and humic acid (0, 200 and 400 mg/L) were treated as irrigation fertilizer at seed time and salicylic acid (0, 100 and 200 mg/L) was sprayed in two stages (three-leaf and four-leaf). The results of this experiment showed that all treatments significantly improved the evaluated traits compared to the control. The highest leaf proline content was obtained in Citronella cultivar and control treatment and the highest amounts of phenol, carbohydrate, essential oil percentage in the treatment of mycorrhiza fungus + humic acid 400 mg/L + salicylic acid 100 mg/L were obtained in Varigated, Citronella, and Lemonella cultivars, respectively. Also, the highest amount of flavonoids was observed in the treatment of mycorrhiza fungus + humic acid 400 mg/L + salicylic acid 200 mg/L in Citronella cultivar and the highest total antioxidant activity was observed in the treatment of mycorrhiza fungus + humic acid 200 mg/L + salicylic 200 mg/L in Lemonella cultivar. In general, the results of this experiment showed that in Lemon balm, the use of mycorrhizal fungus with humic acid 400 mg/L and salicylic acid 100 mg/L in Lemonella cultivar is recommended to improve biochemical properties and essential oil yield.

Cite this article as: Mohamadabadi, M.H., Ladan Moghaddam, A.R., Danaee, E., Abdossi, V. (2023). The effect of mycorrhiza fungus, different levels of humic acid and salicylic acid on biochemical characteristics and essential oil yield of *Melissa Officinalis* L. cultivars. *Journal of Plant Environmental Physiology*, 19(1): 35-48.

©The author(s)
Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch
Doi: https://doi.org/10.71890/iper.2023.984225

فیزیولوژی محیطی گیاهی
شاپا چاپی: ۲۴۲۳-۷۶۷۱
شاپا الکترونیکی: ۲۷۸۳-۴۶۸۹
PSI
انجمن جلبک شناسی ایران
Phycological Society of Iran
دانشگاه آزاد اسلامی
واحد گرگان

مطالعه اثر قارچ مایکوریزا، سطوح مختلف اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات بیوشیمیایی و بازده اسانس ارقام بادرنجبویه (*Melissa Officinalis* L.)

مهدی حمزه محمدآبادی[۱]، علیرضا لادن‌مقدم[۲]*، الهام دانایی[۳]، وحید عبدوسی[٤]

[۱] گروه علوم باغبانی، واحد علی آباد کتول، دانشگاه آزاد اسلامی، علی آباد کتول، ایران، رایانامه: mehdi.hamze61@yahoo.com
[۲] گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران، رایانامه: ladanmoghadam.Alireza@gmail.com
[۳] گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران، رایانامه: dr.edanaee@yahoo.com
[٤] گروه علوم باغی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، رایانامه: abdossi@yahoo.com

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱٤۰۰/۰۱/۲۲
تاریخ بازنگری: ۱٤۰۰/۰۳/۲۹
تاریخ پذیرش: ۱٤۰۰/۰٤/۰۳
تاریخ چاپ: ۱٤۰۳/۰۱/۰۱

واژه‌های کلیدی:
آنتی‌اکسیدان
پرولین
فلاونوئید
فنل
کربوهیدرات

چکیده

به‌منظور بررسی اثر قارچ مایکوریزا و سطوح مختلف اسید هیومیک و اسید سالیسیک بر خصوصیات بیوشیمیایی و بازده اسانس ارقام Lemonella، Citronella و Varigated گیاه بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در گلخانه‌ای در استان گلستان (روستای نومل) و در سال زراعی ۱۳۹۷ اجرا شد. تیمار مایکوریزا (*Glomus mosseae*) و اسید هیومیک (صفر، ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر) به صورت کود آبیاری در زمان کاشت بذور اعمال گردید و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (صفر، ۱۰۰و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در طی دو مرحله (سه برگی و چهار برگی) انجام شد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد، تمام تیمارها به‌طور معنی‌داری صفات مورد ارزیابی را نسبت به شاهد بهبود بخشید. بیش‌ترین محتوی پرولین برگ در شاهد و رقم Citronella و بیشترین میزان فنل، کربوهیدرات کل و بازده اسانس در تیمار قارچ مایکوریزا + اسید هیومیک ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر + اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر به ترتیب در ارقام Varigated، Citronella، Lemonella به‌دست آمد، در صورتی‌که بیش‌ترین میزان فلاونوئید در تیمار قارچ مایکوریزا + اسید هیومیک ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر + اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در رقم Citronella و بیش‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل در تیمار قارچ مایکوریزا + اسید هیومیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر + اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در رقم Lemonella مشاهده شد. به طور کلی نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد، در گیاه بادرنجبویه کاربرد قارچ مایکوریزا به همراه اسید هیومیک ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر در رقم Lemonella در جهت بهبود خصوصیات بیوشیمیایی و بازده اسانس پیشنهاد می‌شود.

استناد: محمدآبادی، مهدی حمزه؛ لادن‌مقدم، علیرضا؛ دانائی، الهام؛ عبدوسی، وحید. (۱٤۰۳). مطالعه اثر قارچ مایکوریزا، سطوح مختلف اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات بیوشیمیایی و بازده اسانس ارقام بادرنجبویه (*Melissa Officinalis* L.). *فیزیولوژی محیطی گیاهی*، ۱۹(۱)، ٤۸-۳۵.

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد گرگان
Doi: https://doi.org/10.71890/iper.2023.984225
© نویسندگان.

مقدمه

بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) گیاهی دارویی از خانواده نعناعیان (Labiatae) است، این گیاه حاوی ترکیبات شیمیایی زیادی از قبیل اسانس و ترکیبات فنلی است و سرشاخه‌های هوایی این گیاه حدود ۰/۱ تا ۰/۵ درصد اسانس دارد و مهم‌ترین ماده موثره آن سیترونلال است. اسانس این گیاه منبع عالی از ویتامین C، B_6، مواد معدنی، اسیدآمینه، آنزیم‌ها، کربوهیدرات‌ها و پروتئین‌ها می‌باشد (Soraya et al., 2021). همچنین بادرنجبویه حاوی مقادیر زیادی رزمارینیک اسید است که به دلیل خواص آنتی‌اکسیدانی، ضدافسردگی و ضدسرطانی (Weitzel and Petersen, 2011) و هم‌چنین کاربرد اسانس آن در صنایع دارویی، آرایشی و بهداشتی از اهمیت اقتصادی ویژه‌ای برخوردار است (Yaghoubian et al., 2016).

امروزه باتوجه به ملاحظات زیست محیطی استفاده از انواع اسیدهای آلی و کودهای زیستی برای بهبود خصوصیات کمی و کیفی محصولات زراعی و باغی رواج پیدا کرده است (Heidari and Minaei, 2014). قارچ‌های میکوریزا ریزجاندارانی هستند که به عنوان کود زیستی شناخته می‌شوند، آن‌ها با استفاده از گسترش شبکه هیفی و افزایش سطح ریشه گیاهان، به جذب و انتقال مواد غذایی کمک کرده و در نهایت رشد و عملکرد گیاه میزبان را افزایش می‌دهند (Abdel-Fattah and Asrar, 2012). هم‌چنین تلقیح مایکوریزایی موجب تغییر متابولیسم گیاه میزبان شده و این تغییر سبب تولید ترکیبات دفاعی در گیاه می‌شود و در نتیجه صفات گیاه از جمله رنگریزه‌های فتوسنتزی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل را بهبود می‌بخشد (Farsari and Moghaddam, 2019). بررسی‌های انجام شده نشان داد که کاربرد قارچ مایکوریزا (*Glomus mosseae*) تاثیر مثبتی بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی، میزان فنل و عملکرد اسانس گیاه ریحان (*Ocimum ciliatum* L.) داشت (Farsari and Moghaddam, 2019). هم‌چنین در پژوهشی دیگر همزیستی قارچ مایکوریزا (*Glomus mosseae*) فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی، میزان فنل و فلاونوئید در گیاه کاسنی (*Cichorium intybus*) را بهبود بخشید (Yazdan panah gohari et al., 2020).

اسید هیومیک یک اسید ضعیف آلی است که حاصلخیزی خاک و قابلیت دسترسی عناصر غذایی را بهبود بخشیده و هم‌چنین با تاثیر بر هورمون‌های تنظیم کننده رشد گیاهی عملکرد کمی و کیفی گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد (Bakry et al., 2013). مطالعات Gorgini و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد، کاربرد اسید هیومیک محتوای پرولین، ترکیبات فنلی، آنتی اکسیدان کل و درصد اسانس را در گیاه آویشن (*Thymus vulgaris* L.) افزایش داد. همچنین در گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) محلول پاشی اسید هیومیک میزان اسانس را در این گیاه افزایش داد (Mafakheri and Asghari, 2018).

اسید سالیسیلیک نیز از ترکیبات فنلی و یکی از هورمون‌های گیاهی است که در همه اندام‌های گیاهی وجود دارد و بر طیف وسیعی از واکنش‌های متابولیکی و فیزیولوژیکی در گیاهان موثر است. اسید سالیسیلیک بر افزایش رشد گیاه، میزان کلروفیل، افزایش جذب و انتقال یون‌ها موثر است، هم‌چنین موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی، متابولیت‌های ثانویه و ایجاد مقاومت در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی می‌شود (Belkhadi et al., 2010). در گیاه نعناع سبز (*Mentha spicata* L.) کاربرد اسید سالیسیلیک، میزان فنل و فلاونوئید کل را افزایش داد (Salehi et al., 2017). هم‌چنین کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاه بومادران (*Achillea millefolium*

.L) موجب افزایش میزان کربوهیدرات کل و اسانس گردید (Gorni et al., 2020).

به کارگیری تکنیک‌های نوین بهره برداری از جمله، استفاده از کودهای زیستی و اسیدهای آلی در جهت بهبود و حفظ باروری خاک در راستای بالا بردن کیفیت محصولات کشاورزی و حذف آلاینده‌های زیست محیطی و دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار و اُرگانیک از اهمیت بالایی برخوردار است (Inanloofar et al., 2013). با توجه به اهمیت اقتصادی و ارزش دارویی گیاه بادرنجبویه و نقش مثبت قارچ مایکوریزا و هم‌چنین اسیدهای آلی در افزایش تولید و کیفیت محصولات کشاورزی و عوامل مختلف نظیر منطقه جغرافیایی، تنوع فصلی و تنوع ژنتیکی بر میزان اسانس گیاهان (Anwar et al., 2009)، این پژوهش با هدف بررسی اثر قارچ مایکوریزا و سطوح مختلف اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر خصوصیات بیوشیمیایی و بازده اسانس ارقام بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) انجام شد.

مواد و روش‌ها

به منظور بررسی اثر قارچ مایکوریزا و سطوح مختلف اسید هیومیک (صفر، ۲۰۰ و ۴۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و اسید سالیسیک (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر خصوصیات بیوشیمیایی و بازده اسانس ارقام بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی در سال زراعی ۱۳۹۷-۱۳۹۶ در گلخانه‌ای واقع در استان گلستان، روستای نومل (طول جغرافیایی ۵۴/۵۴۳۸، عرض جغرافیایی ۳۶/۷۹۳۲ و ارتفاع از سطح دریا ۲۷۳ متر) انجام شد. میانگین دمای شبانه روزی گلخانه حدود ۱۸ تا ۲۳ درجه سانتی‌گراد، رطوبت نسبی حدود ۵۰ تا ۶۰ درصد و شدت نور حدود ۶۰ تا ۷۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه بود، در ابتدا بذرهای رقم Lemonella، Citronella و Varigated تهیه شده از شرکت پاکان بذر اصفهان مستقیماً در گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۵ سانتی‌متر و ارتفاع ۱۸ سانتی‌متر کشت شدند. خاک گلدان شامل خاک زراعی و ماسه شسته شده به نسبت ۱:۲ بود که پیش از کشت توسط اتوکلاو ضدعفونی شد (جدول ۱). مایه تلقیح قارچ مایکوریزا *Glomus mosseae* از بانک میکروبی موسسه تحقیقات آب و خاک ایران تهیه شد، به ازای هر کیلوگرم خاک، ۱۰۰ گرم مایه تلقیح در عمق سه سانتی‌متری از سطح گلدان قرارگرفت و بذرهای ضدعفونی شده توسط هیپوکلریت سدیم (۲ درصد) در عمق یک سانتی‌متری از سطح خاک کاشته شدند. محلول اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر پایه آب مقطر تهیه گردید. تیمار اسید هیومیک به‌صورت کود آبیاری در زمان کاشت بذور اعمال شد و تیمار اسید سالیسیلیک نیز به صورت محلول‌پاشی برگی در طی دو مرحله (سه برگی و چهار برگی) انجام شد. گلدان‌ها به صورت هفته‌ای آبیاری شدند و ارزیابی صفات در مرحله گلدهی صورت گرفت.

جدول ۱: خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مورد استفاده

هدایت الکتریکی (EC (dS/m))	اسیدیته کل اشباع(pH)	شن (درصد)	لای (درصد)	رس (درصد)	بافت خاک
۰/۵۳	۷/۹	۱۱	۴۸	۴۱	لومی

پرولین: مقدار پرولین برگ بر اساس روش Bates و همکاران (۱۹۷۳)، با استفاده از معرف ناین هیدرین و در طول موج ۵۲۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (UV Visible مدل Spectro Flex

6600) اندازه‌گیری شد. غلظت پرولین نمونه‌ها با استفاده از منحنی استاندارد پرولین محاسبه و برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن خشک برگ بیان شد.

فنل: میزان فنل کل با استفاده از عصاره متانولی برگ و معرف فولین–سیکالچیو اندازه‌گیری شد و میزان جذب نمونه‌ها با استفاده از دستگاه طیف سنجی نوری در طول موج ۷٦۰ نانومتر قرائت شد و برحسب میلی‌گرم (گالیک اسید) بر گرم وزن خشک برگ محاسبه شد (McDonald et al., 2001).

فلاونوئید: میزان فلاونوئید با استفاده از عصاره متانولی برگ به روش Chang و همکاران در سال ۲۰۰۲، اندازه‌گیری و جذب نمونه‌ها در طول موج ٤۱۵ نانومتر قرائت گردید و در نهایت برحسب میلی‌گرم (کوئرستین) بر گرم وزن خشک برگ بیان شد.

آنتی‌اکسیدان کل (DPPH): جهت اندازه‌گیری آنتی‌اکسیدان کل، یک میلی‌لیتر از محلول متانولی یک مولار DPPH با یک میلی‌لیتر محلول عصاره مخلوط کرده و مخلوط حاصل به‌مدت ۲۰ دقیقه در دمای اتاق در تاریکی نگهداری و در نهایت جذب آن‌ها در طول موج ۵۱۷ نانومتر خوانده شد و برحسب درصد بیان گردید (Soroori et al., 2021).

کربوهیدرات کل: میزان کربوهیدرات کل با استفاده از معرف آنترون اندازه‌گیری شد و جذب نمونه‌ها در طول موج ٦۳۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتوفتومتری قرائت شد و در نهایت بر حسب میلی‌گرم (گلوکز) بر گرم وزن خشک محاسبه شد (Irigoyen et al,1992).

اسانس: استخراج اسانس توسط دستگاه کلونجر (Shimadzu modelQP5050A) انجام شد و طبق فرمول زیر بر حسب درصد بیان گردید (Mirzaei et al., 2020).

معادله (۱):

درصد اسانس =وزن اسانس/ وزن خشک گیاه × ۱۰۰

محاسبات آماری توسط نرم‌افزار SPSS (نسخه ۲۲) و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel (۲۰۱٦) انجام شد و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح یک و پنج درصد استفاده شد.

نتایج

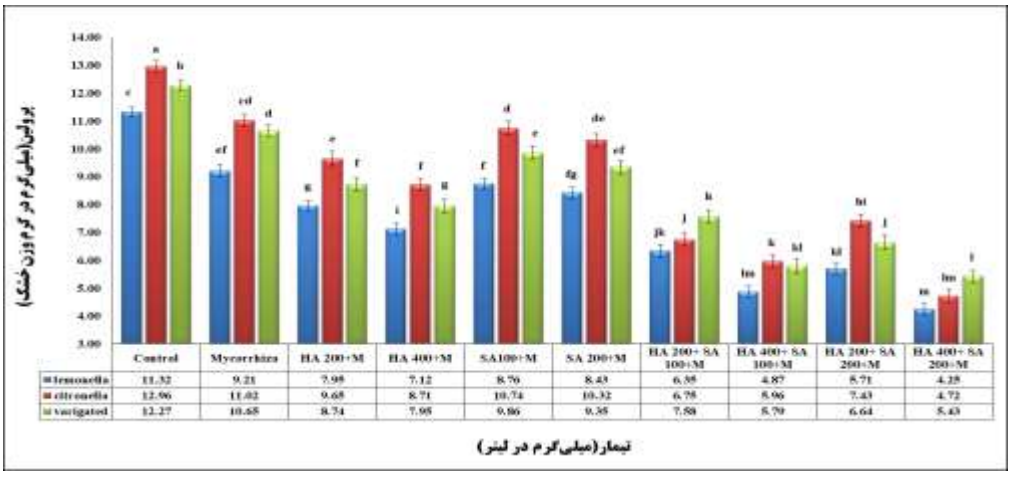
نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد، اثر ساده تیمار بر محتوی پرولین، میزان فنل، فلاونوئید، کربوهیدرات کل و بازده اسانس در سطح یک درصد و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل در سطح پنج درصد معنی‌دار شد و اثر ساده رقم نیز بر محتوی پرولین، میزان فنل، فلاونوئید، فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل در سطح یک درصد و میزان کربوهیدرات کل و بازده اسانس در سطح پنج درصد معنی‌دار گردید. هم‌چنین اثر متقابل تیمارها بر محتوی پرولین، میزان کربوهیدرات کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل در سطح یک درصد معنی دار شد در حالی‌که میزان فنل، فلاونوئید و بازده اسانس در سطح پنج درصد معنی دار شد (جدول ۲).

پرولین: نتایج حاصل از پژوهش نشان داد، بیش‌ترین محتوای پرولین برگ با ۱۲/۹٦ میلی‌گرم در گرم وزن خشک در رقم Citronella و شاهد و کم‌ترین محتوای پرولین با ٤/۲۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک در رقم Lemonella و در تیمار مایکوریزا + اسید هیومیک ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر + اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد (شکل ۱).

جدول ۲: تجزیه واریانس اثر تیمار و رقم بر صفات بیوشیمیایی و میزان اسانس ارقام بادرنجبویه

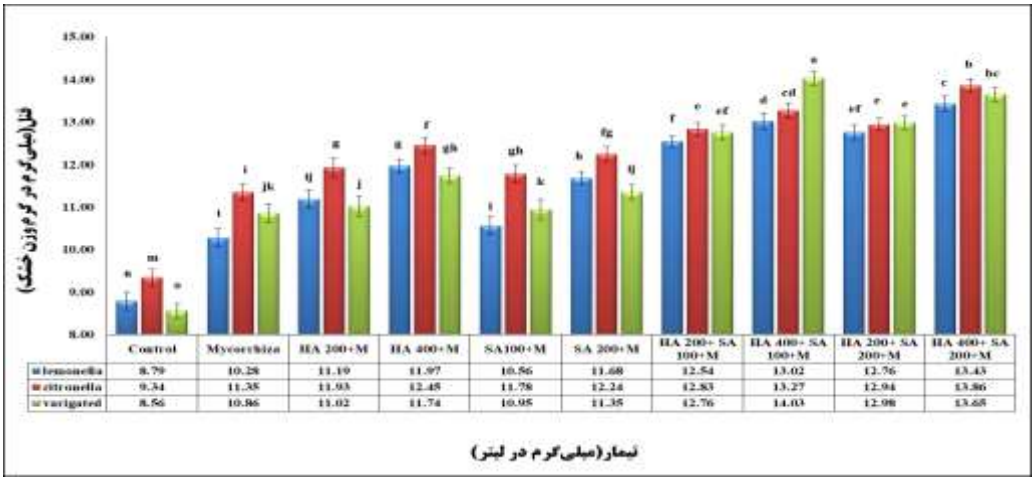
منبع تغییرات	درجه آزادی	پرولین	فنل	فلاونوئید	آنتی‌اکسیدان کل	کربوهیدرات	بازده اسانس
تیمار	۲۹	۸/۳۲۰**	۱۸/۰۲۲**	۱٤/٥٦۹**	۱۱/٥۷٤*	۲۰/٦٥۹**	۳/۰۲۰**
رقم	۲	۳/۷۱٦**	٤/٥٥٦**	٥/٥۱۷**	۳/٥۱۳**	۷/٤۲۱*	۱/۲۸٥*
تیمار×رقم	٥۸	٥/۰۱۲**	۷/۱۳۰*	٦/۲۱۹ *	٤/٦۲۸**	۹/۱۳۲ **	۲/۰۰٤*
اشتباه آزمایشی	۱۸۰	۰/۰۳۲	۰/۰٤٥	۰/۰۷٦	۰/۲٤٤	۰/۰٤۲	۰/۰۲۱
ضریب‌تغییرات(٪)	---	۱۱/۰٦	۱۰/۹۱	۱۱/۰٤	۱۰/٦۸	۱۲/٤۹	۱۳/٦۷

**،*، ns به‌ترتیب، معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیرمعنی‌دار



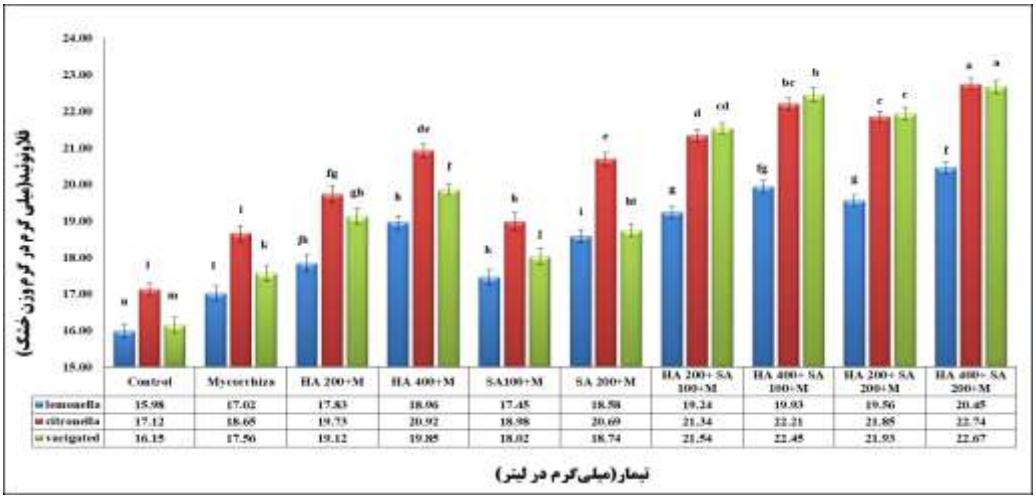
شکل ۱: اثر قارچ مایکوریزا، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر محتوای پرولین برگ ارقام بادرنجبویه

فنل: نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، بیشترین میزان فنل برگ با ۱٤/۰۳ میلی‌گرم (گالیک اسید) در گرم وزن خشک در رقم Varigated و در تیمار مایکوریزا + اسید هیومیک ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر + اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کم‌ترین میزان فنل با ۸/٥٦ میلی‌گرم (گالیک اسید) در گرم وزن خشک در رقم Varigated و شاهد حاصل شد (شکل ۲).



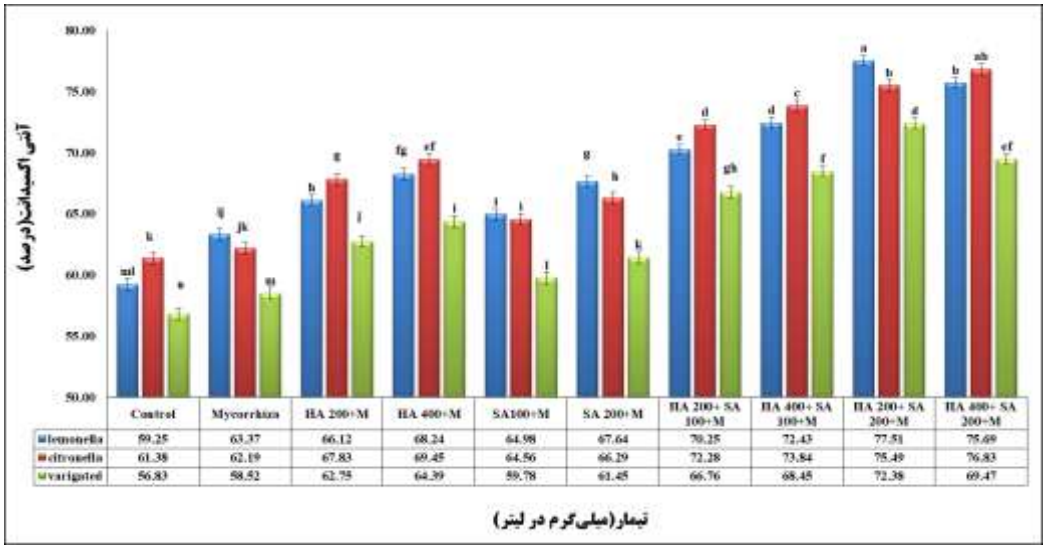
شکل ۲: اثر قارچ مایکوریزا، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر میزان فنل ارقام بادرنجبویه

فلاونوئید: مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، بیش‌ترین میزان فلاونوئید برگ با ۲۲/۷٤ میلی گرم (کوئرستین) در گرم وزن خشک، در رقم Citronella و در تیمار مایکوریزا + اسید هیومیک ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر + اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کم‌ترین میزان فلاونوئید با ۱۵/۹۸ میلی گرم (کوئرستین) در گرم وزن خشک، در رقم Lemonella و شاهد بدست آمد (شکل ۳).



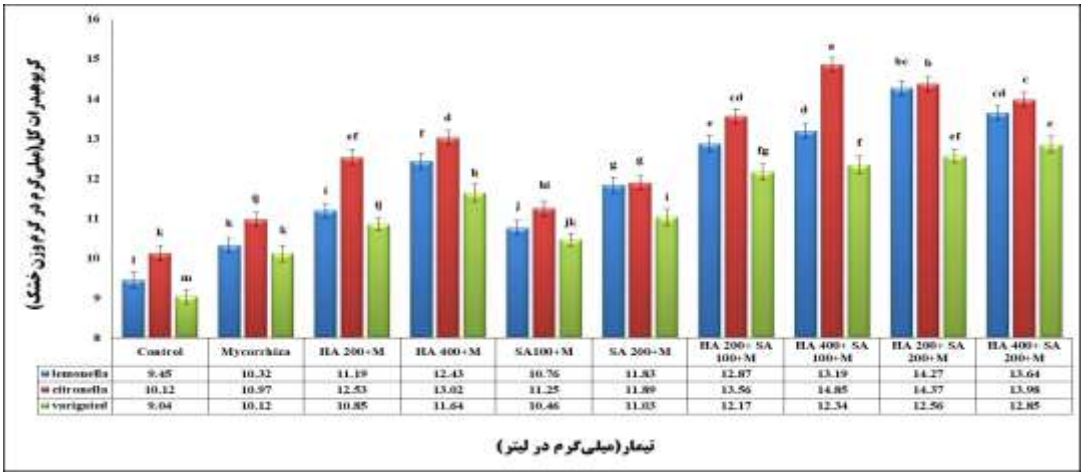
شکل ۳: اثر قارچ مایکوریزا، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر میزان فلاونوئید ارقام بادرنجبویه

آنتی‌اکسیدان کل: نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، بیش‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی برگ با ۷۷/۵۱ درصد در رقم Lemonella و در تیمار مایکوریزا + اسید هیومیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر + اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کم‌ترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی با ٥٦/۸۳ درصد در رقم Varigated و شاهد حاصل شد (شکل ٤).



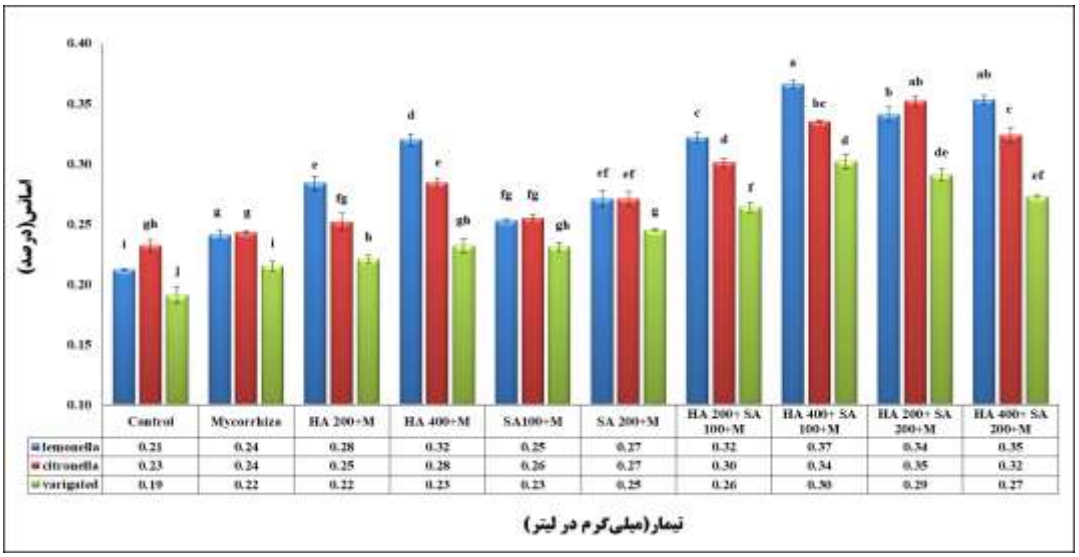
شکل ٤: اثر قارچ مایکوریزا، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر فعالیت آنتی‌اکسیدانی کل ارقام بادرنجبویه

کربوهیدرات کل: بررسی‌ها نشان داد، بیش‌ترین کروهیدرات کل برگ (۱٤/۸۵ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) در رقم Citronella و در تیمار مایکوریزا + اسید هیومیک ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر + اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کم‌ترین (۹/۰٤ میلی‌گرم در گرم وزن خشک) کربوهیدرات کل در رقم variegated و شاهد است (شکل ۵).



شکل ۵: اثر قارچ مایکوریزا، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر میزان کربوهیدرات کل ارقام بادرنجبویه

اسانس: نتایج حاصل نشان داد، بیش‌ترین بازده اسانس با ۰/۳٦ درصد، در رقم Lemonella و در تیمار مایکوریزا + اسید هیومیک ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر + اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کم‌ترین بازده اسانس با ۰/۱۹ درصد، در رقم Varigated و شاهد بدست آمد (شکل ٦).



شکل ٦: اثر قارچ مایکوریزا، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر بازده اسانس ارقام بادرنجبویه

بحث

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، محتوی پرولین برگ در گیاهان تلقیح نشده با قارچ مایکوریزا بیشتر از گیاهان تلقیح شده بود، برخی محققان بر این باور هستند که همزیستی قارچ مایکوریزا محتوی پرولین گیاه را افزایش می‌دهد در حالی‌که برخی

معتقدند، میکوریزا میزان پرولین را در برگ گیاه میزبان کاهش می‌دهد، معمولا گیاهان مایکوریزایی با استفاده از روابط آبی و تغذیه بهتر نسبت به گیاهان بدون مایکوریزا کمتر دچار تنش و آسیب می‌شوند، در نتیجه میزان پرولین در گیاهان همزیست با مایکوریزا افزایش کمتری نشان می‌دهد (Porcel et al., 2004). در گیاه مرزه نیز همزیستی گیاه با قارچ مایکوریزا محتوی پرولین را کاهش داد (Esmaeelpoor et al., 2013). هم‌چنین استفاده از کودهای آلی نظیر اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک با فراهم کردن عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، افزایش فتوسنتز و هم‌چنین اصلاح بافت خاک باعث کاهش تنش در گیاه می‌شود در نتیجه محتوی پرولین در گیاهان تحت این تیمارها کمتر از شاهد می‌باشد (Razavi Nasab et al., 2017).

هم‌چنین نتایج نشان داد، کاربرد قارچ مایکوریزا میزان فنل را در گیاه بادرنجبویه افزایش داد، قارچ مایکوریزا با ایجاد تغییرات قابل توجه در فعالیت‌های آنزیمی و سازوکارهای فیزیولوژیکی، منجر به تجمع متابولیت‌های ثانویه و افزایش ترکیبات فنولی در گیاهان میزبان می‌شود (Bagheri et al., 2014). افزایش متابولیت‌های ثانویه در گیاهان همزیست با مایکوریزا به عنوان یک واکنش دفاعی و ضد میکروبی شناخته شده است و نشان دهنده تحریک تولید آن توسط قارچ مایکوریزا می‌باشد، هم‌چنین افزایش فنل کل در گیاهان همزیست در نتیجه افزایش آنزیم پلی‌فنل اکسیداز است (Khalvandi et al., 2019). در پژوهش‌های انجام شده توسط Farsari و Moghaddam (۲۰۱۹)، اثر مثبت قارچ مایکوریزا بر میزان فنل ریحان سبز گزارش شده است. در این آزمایش کاربرد اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک میزان فنل را افزایش داد. اسیدهای ارگانیک از جمله اسید هیومیک به عنوان پیش ساز و یا فعال کننده‌های گیاهان دارویی و هم‌چنین ترکیبات ثانویه در گیاه عمل می‌کنند و در نتیجه سبب افزایش فنل کل در گیاه می‌شوند (Aminifard and ghaderi, 2020).

هم‌چنین اسید سالیسیلیک نیز به عنوان مولکول پیام رسان کلیدی در فعال‌سازی پاسخ‌های اختصاصی دفاعی گیاه منجر به کاهش تولید مواد اولیه و بیوسنتز و تجمع انواع ترکیبات ثانویه گیاهی از جمله فلاونوئیدها و ترکیبات فنولی می‌گردد (Neumann et al., 2009). پژوهش‌های Aminifard و همکاران (۲۰۱۹) نشان داد، محلول پاشی اسید هیومیک میزان فنل گیاه گشنیز را افزایش داد، همچنین Darvizheh و همکاران (۲۰۱۹)، نیز اثر مثبت اسید سالیسیلیک بر میزان فنل گیاه سرخارگل را گزارش نمودند.

با توجه به نتایج به‌دست آمده، برهمکنش مایکوریزا، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک میزان فلاونوئید گیاه را افزایش داد، با توجه به نقش مایکوریزا در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی و ماکرومولکول‌هایی مانند کربن و نیتروژن، به نظر می‌رسد که قارچ مایکوریزا با تاثیر مثبت بر مسیرهای متابولیکی اولیه گیاه به صورت غیر مستقیم بر تولید متابولیت‌های ثانویه مانند فلاونوئیدها تاثیرگذار است (Kheiri et al., 2020). مطابق با یافته‌های این پژوهش نتایج Khalvandi و همکاران (۲۰۱۹)، نشان داد کاربرد قارچ مایکوریزا میزان فلاونوئید نعناع فلفلی را افزایش داده است. هم‌چنین بررسی‌ها نشان داد، ترکیبات فنولی مانند فنل‌ها و فلاونوئیدها که مرتبط با مسیر شیکمیک هستند به وسیله مواد هیومیکی تحریک می‌شوند (Schiavon et al., 2010) و هم‌چنین اسید سالیسیلیک با بیان ژن‌های مربوط به آنزیم فنیل آلانین آمونیالیاز در بیوسنتز فنیل پروپانوئید نقش دارند و القای این ژن موجب تجمع ترکیبات فلاونوئیدی در گیاه می‌شود (Canellas et al., 2015). در پژوهشی Mozaffari و همکاران (۲۰۱۷)، تاثیر اسید هیومیک در افزایش فلاونوئید در گیاه خرفه و Pacheco و همکاران (۲۰۱۳)، اثر مثبت اسید سالیسیلیک بر میزان فلاونوئید گیاه همیشه بهار را گزارش نمودند.

در پژوهش حاضر کاربرد قارچ مایکوریزا به همراه اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه را افزایش داد، به نظر می‌رسد میکوریزا از طریق زیست فراهمی عناصر، بهبود تغذیه و واکنش‌های آنزیمی گیاه، تأثیر مثبتی بر مسیرهای بیوسنتزی متابولیت‌های ثانویه دارد (Kapoor et al., 2002) هم‌چنین قارچ مایکوریزا تولید ROS را از طریق به تأخیر انداختن تخریب اسیدهای چرب اشباع نشده غشای پلاسمای لیپیدی، محدود می‌کند که این امر منجر به افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه می‌گردد (Sun et al., 2010). نتایج پژوهش‌های انجام شده در گیاه نعناع فلفلی نیز نشان داد، همزیستی گیاه با قارچ مایکوریزا فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه را بهبود بخشید (Khalvandi et al., 2019). هم‌چنین اسید هیومیک نیز با افزایش حاصلخیزی خاک و بهبود ویژگی‌های خاک و از طریق فعالیت شبه هورمونی مانند اکسین و سایتوکینین، می‌تواند سبب بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه شود (Khan et al., 2013). افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت تأثیرمحلول‌پاشی اسید سالیسیلیک نیز به توانایی این ماده در تولید H_2O_2 و القای سیستم دفاع آنتی‌اکسیدانی مربوط می‌شود (Wang et al., 2015). مطابق با یافته‌های این پژوهش Mozaffari و همکاران (۲۰۱۷)، تاثیراسید هیومیک در گیاه خرفه و Ebrahimi و همکاران (۲۰۱۹)، تاثیر اسید سالیسیلیک در گیاه بادرنجبویه را بر بهبود فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه گزارش نمودند.

بررسی داده‌ها نشان داد، کاربرد قارچ مایکوریزا میزان کربوهیدرات کل گیاه بادرنجبویه را افزایش داد، که می‌تواند به این دلیل باشد که درگیاهان مایکوریزایی جذب فسفر افزایش می‌یابد که بر پارامترهای فیزیولوژیکی گیاهان تاثیر دارد، یکی از این پارامترها افزایش میزان فتوسنتز و تولید کربوهیدرات در گیاهان است (Demir, 2004). هم‌چنین دلیل دیگر آن تولید هورمون‌های سیتوکینین و جیبرلین در گیاهان مایکوریزایی است که افزایش در میزان این هورمون‌ها به ویژه سایتوکینین می‌تواند با انتقال یون‌های موثر در باز شدن روزنه‌ها و تنظیم سطح کلروفیل موجب افزایش کربوهیدرات در گیاه شود (Mohammadzadeh Toutounchi et al., 2019). مطابق با نتایج به‌دست آمده، در پژوهشی که در گیاه ریحان انجام شد، کاربرد مایکوریزا موجب افزایش میزان کربوهیدرات کل در این گیاه گردید (Aslani et al., 2010). هم‌چنین اسید هیومیک به دلیل فعالیت شبه هورمونی و افزایش جذب عناصر معدنی مانند فسفر، پتاسیم و نیتروژن درگیاهان و تولید ترکیبات آلی نیتروژن دار همانند پروتئین و اسید آمینه، سبب بهبود فتوسنتز و افزایش مقدار قند تولیدی در گیاه می‌شود، هم‌چنین تنفس نیز رابطه مستقیمی با فتوسنتز دارد در نتیجه این عوامل فیزیولوژیکی سبب حفظ و ذخیره مواد جامد محلول مثل قندها در برگ می‌شود (Aminifard and ghaderi, 2020) و اسید سالیسیلیک نیز با افزایش مقدار رنگریزه‌های فتوسنتزی کاهش تنش اکسیداتیو و حفاظت از غشای کلروپلاستی، سلولی و محافظت از پروتئین‌ها و هم‌چنین از طریق تاثیر بر آنزیم‌های هیدرولیز کننده پلی‌ساکاریدها منجر به افزایش میزان قندها می‌شود (Bayan et al., 2014). پژوهش‌های Hosseinian و همکاران (۲۰۱۹)، اثر مثبت اسید هیومیک بر کربوهیدرات گیاه مرزه و Fathi و Najafia (۲۰۱۹)، تاثیر مثبت اسید سالیسیلیک بر افزایش کربوهیدرات گیاه زنیان رومی را گزارش نمودند.

با توجه به نتایج به‌دست آمده، برهمکنش مایکوریزا، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک میزان اسانس گیاه بادرنجبویه را افزایش داد. اسانس‌ها ترکیب‌های ترپنوئیدی بوده و واحدهای سازنده آن‌ها (ایزوپرنوئیدها) مانند ایزوپنتنیل پیروفسفات و دی متیل آلیل پیروفسفات، نیاز به ATP و NADPH دارند و حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل این ترکیبات ضروری می‌باشد. از این رو همزیستی

میکوریزایی از طریق جذب کارآمد فسفر و تا حدودی نیتروژن توسط ریشه، موجب افزایش اسانس بادرنجبویه گردید (Kapoor et al., 2002). مطابق با یافته‌های این پژوهش، نتایج Farsari و Moghaddam (۲۰۱۹) نشان داد، کاربرد قارچ مایکوریزا بر افزایش میزان اسانس گیاه ریحان موثر است. هم‌چنین اسید هیومیک با افزایش فعالیت آنزیم رابیسکو سبب افزایش فعالیت فتوسنتزی گیاه می‌شود و از سویی دیگر از طریق فراهم نمودن جذب بیشتر فسفر و نیتروژن موجب افزایش رشد رویشی و عملکرد اسانس می‌شود (Gorgini et al., 2018) و اسید سالیسیلیک به عنوان عامل انتقال دهنده سیگنال‌های دریافت تنش، سبب فعال شدن سیستم دفاعی گیاه و تحریک تولید اسانس می‌شود در نتیجه کاربرد اسید سالیسیلیک با ایجاد تنش کاذب تولید اسانس را افزایش می‌دهد (Malekian et al., 2014)، هم‌چنین از سویی دیگر با بهبود فتوسنتز و رشد گیاه موجب افزایش اسانس پیکر رویشی گیاه می‌شود (Rezaei Chiyaneh and Pirzad, 2014). مطابق با یافته‌های Gorgini و همکاران (۲۰۱۸)، کاربرد اسید هیومیک در گیاه آویشن و Sadeghian و همکاران (۲۰۱۳)، کاربرد اسید سالیسیلیک در گیاه مرزه موجب افزایش میزان اسانس گردید.

نتیجه‌گیری نهایی

با توجه به نتایج به‌دست آمده، کاربرد قارچ مایکوریزا و سطوح مختلف اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک به تنهایی و توام موجب بهبود خصوصیات بیوشیمیایی و بازده اسانس گیاه بادرنجبویه گردید، نتایج به‌دست آمده گویای آن بود که در همه صفات اختلاف معنی‌دار بین تیمارهای اعمال شده و شاهد وجود داشت لذا کاربرد کودهای آلی و زیستی روش مناسبی در جهت کاهش مصرف و هزینه‌های کودهای شیمیایی، کاهش آلاینده‌های زیست محیطی و در نهایت تولید سالم این گیاه دارویی ارزشمند است. بنابراین با توجه به اهمیت اقتصادی اسانس گیاه بادرنجبویه کاربرد قارچ مایکوریزا به همراه اسید هیومیک ٤٠٠ میلی‌گرم در لیتر و اسید سالیسیلیک با غلظت ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر و رقم Lemonella پیشنهاد می‌شود.

References

Abdel-Fattah, G.M. and Asrar, A. (2012). Arbuscular mycorrhizal fungal application to improve growth and tolerance of wheat (*Triticum aestivum* L.) plants grown in saline soil. Acta Physiology Plant. 34: 267-277.

Aminifard, M. and ghaderi, H. (2020). Effects of different levels of humic acid and planting density on antioxidant activity and biochemical properties of *Trigonella foenum- graecum* L. Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants. 8(1): 77-89.

Aminifard, M., gholamy, M., Bayat, H. and Moradinezhad, F. (2019). Effect of fulvic acid and amino acid on phenol, flavonoids, antioxidant activity and pigments of coriander medicinal plant (*Coriandrum sativum* L.). Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants. 7(1): 25-39.

Anwar, F, Hussain, A., Sherazi, S. and Bhanger, M. (2009). Changes in composition and antioxidant and antimicrobial activities of essential oil of fennel (*Foeniculum vulgare* mill.) fruit at different stages of maturity. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants. 15(2): 187-202.

Aslani, Z., Hassani, A., Rasooli Sadagiyani, M., Sefidkon, F., Barin, M. and Gheibi, S. (2010). Effect of symbiosis with mycorrhiza fungi on some physiological characteristics of basil (*Osimum basilicum*) under drought stress. Environmental Stresses in Crop Sciences. 2(2): 109-117.

Bagheri, S., Ebrahimi, M. A., Davazdah Emami, S. and Minooyi Moghadam, J. (2014). Terpenoids and phenolic compounds production of mint genotypes in response to

mycorrhizal bio-elicitors. Technical Journal of Engineering and Applied Sciences. 4(4): 339-348.

Bakry, B.A., Elewa, T.A., El-kramany, M F. and Wali, A M. (2013). Effect of humic and ascorbic acids foliar application on yield and yield components of two Wheat cultivars grown under newly reclaimed sandy soil. International Journal of Agronomy and Plant Production. 4(6): 1125-1133.

Bates L.S., Waldran R.P. and Teare I. D. (1973). Rapid determination of free proline for water studies. Plant Soil. 39: 205-207.

Bayan, M., Amini, F. and Askari, M. (2014). Effect of salicylic acid on organic osmolites accumulation and antioxidant activity of *nitraria shoberi* under drought stress conditions. Journal of Plant Production. 20(4): 177-188.

Belkhadi, A., Hediji, H., Abbes, Z., Nouairi, I., Barhoumi, Z., Zarrouk, M., Chaibi, W. and Djebali, W. (2010). Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum* L. Ecotoxicology and Environmental Safety. 73(5): 1004-1011.

Canellas, L. P., Silva, S. F. and Olivares, F. L. (2015). Foliar application of *Herbaspirillum Seropedicae* and humic acid increase maize yields. Journal of Food Agriculture and Environment. 13: 146-153.

Chang, C. C., Yang, M. H., Wen, H. M. and Chern J. C. (2002). Estimation of total flavonoid content in propolis by two complementary colorimetric methods. Journal of Food and Drug Analysis. 10(3): 178-182.

Darvizheh, H., zahedi, M. and Abbaszadeh, B. (2019). Effects of foliar application of salicylic acid and spermine on the growth and root morphological characteristics of purple coneflower (*Echinacea purpurea* L.) under drought stress. Plant Process and Function. 8(30): 225-242 - 39

Demir, S. (2004). Influence of arbuscular mycorrhiza on some physiological, growth parameters of pepper. Turkish Journal of Biology. 28: 85-90.

Ebrahimi, M., Kiarostami, Kh. and Nazem Bokaee, Z. (2019). Effect of salicylic acid on antioxidant propertiesof in vitro proliferated shoots of *Melissa officinalis* L. Nova Biologica Reperta. 5: 420-427.

Esmaeelpoor, B., Jalilvand, P. and Hadian, J. (2013). Effect of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi on some morphophysiological characteristics and yield on savory (*Satureja hortensis* L.). Journal of Agroecology. 5(2): 169-177.

Farsari, S. and Moghaddam, M. (2019). Effect of mycorrhizal fungi and foliar application of putrescine on some biochemical characteristics and biomass of basil (*Ocimum ciliatum* L.) in two different harvesting times. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research. 14(53): 47-58.

Fathi, Sh. and Najafian, Sh. (2020). Morpho-physiological and biochemical properties of (*Carum copticum* L.) effects of salicylic acid. Iranian Journal of Plant Physiology. 10(2): 3103- 3112.

Gorgini, H., khorasaninejad, S., abbasi, M. and tabasi, A. (2018). The effects of irrigation period and humic acid on morpho-physiological and biochemical traits of thyme (*Thymus vulgaris*). Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research. 13(51): 67-82.

Gorni, P., Pacheco, A., Moro, A., Silva, J., Moreli, R., Miranda, G., Pelegrini, J., Daleck Spera, K., Bronzel Junior, J. and Silva, R. (2020). Salicylic acid foliar application increases biomass, nutrient assimilation, primary metabolites and essential oil content in *Achillea millefolium* L. Scientia Horticulturae. 270: 109436.

Heidari, M. and Minaei, A. (2014). The effect of drought stress and humic acid on flower yield and concentration of high nutrients in borage (*Borago officinalis* L). Journal of Plant Production Research. 21(1): 167-182.

Hosseinian, S., Ebrahimipak, N., Yusefi, A. and Egdarnzhad, A. (2019). Effect of water stress and humic acid foliar application on morpho-physiological characteristics of *Satureja hortensis*. Journal of Water and Soil Conservation. 26(1): 219-232.

Inanloofar, M., Omidi, H., and Pazoki, A. (2013). Morphological, agronomical changes and oil content in purslane (*Portulaca oleracea* L.) under drought stress and biological / chemical fertilizer of nitrogen. Journal of Medicinal Plant. 12(48): 170-184.

Irigoyen, J. J., Emerich D. W. and Sanchez- Dias, M. (1992). Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago Sativa*) plants. Plant Physiology. 84: 55-60.

Kapoor, R., Giri, B. and K. G. Mukerji. (2002). Glomus macrocarpum: a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens* L.) and Carum (*Trachyspermum ammi* Sprague). World Journal of Microbiology and Biotechnology. 18(5): 459-463.

Khalvandi, M., Amerian, M., Pirdashti, H., Baradaran Firoozabadi, M. and Gholami, A. (2019). Study the physiological and biochemical properties of peppermint (*Mentha pipertis* L.) in response to salt stress and coexistence with *Piriformospora indica* fungi. Journal of Plant Production Research. 26(1): 1-19.

Khan, A., Khan, M. Z., Hussain, F., Akhtar, M. E., Gurmani, A. R. and Khan, S. (2013). Effect of humic acid on the growth, yield, nutrient composition, photosynthetic pigment and total sugar contents of peas (*Pisum sativum*). Journal of the Chemical Society of Pakistan. 35: 206-211

Kheiri, Z., Moghaddam, M. and Moradi, M. (2020). Study the effect of different mycorrhizal fungi on some growth indices, photosynthetic pigments, flavonoids and carotenoid content of pot marigold flower. Horticultural Plants Nutrition. 3(1): 37-50.

Mafakheri, S. and Asghari, B. (2018). Effect of seaweed extract, humic acid and chemical fertilizers on morphological, physiological and biochemical characteristics of *Trigonella foenum-graecum* L. Journal of Agricultural Science and Technology. 20: 1505-1516

Malekian, M., Hemmati, K., Ghasemnezhad, A. and Barzali, M. (2014). Effect of salicylic acid on quantitative and qualitative traits of German chamomile ecotypes. Journal of Crops Improvement. 16(1): 185-196.

Mirzaei, M., Ladan Moghadam, A., Hakimi, L. and Danaee, E. (2020). Plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) improve plant growth, antioxidant capacity, and essential oil properties of lemongrass (*Cymbopogon citratus*) under water stress. Iranian Journal of Plant Physiology. 10(2): 3155-3166.

Mohammadzadeh Toutounchi, P., Pirzad, A. and Jalilian, J. (2019). Effect of biofertilizers and vermicompost on yield and forage quality of chicory under rainfed condition. Journal of Crops Improvement. 21(2): 195-207.

Mozaffari, S., Khorasaninejad, S. and gorgini shabankareh, H. (2017). The effects of irrigation regimes and humic acid on some of physiological and biochemical traits of Common Purslane in greenhouse. Journal of Crops Improvement. 19(2): 401-416.

Neumann, K. H., Kumar, A. and Imani, J. (2009). Plant cell and tissue culture. A tool in biotechnology. Springer, Verlag Berlin Heidelberg. 333pp.

Pacheco, A. C., Cabral, C., Fermino, E. S. and Aleman, C. C. (2013). Salicylic acid-induced changes to growth, flowering and flavonoids production in marigold plants. Global Journal of Medicinal Plant Research. 1: 95-100.

Porcel, R. and Ruiz-Lozano, J. M. (2004). Arbuscular mycorrhizal influence on leaf water potential, solute accumulation, and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress. Journal of Experimental Botany. 55: 1743-1750.

Razavi Nasab, A., Fotovat, A., Astaraie, A. and Tajabadipour, A. (2017). Effect of organic and chemical amendment matters and humic acid on morpho-physiologic parameters of pistachio seedlings in field conditions. Journal of Agricultural Engineering Soil Science and Agricultural Mechanization. Scientific Journal of Agriculture. 40(1): 107-124.

Rezaei Chiyaneh, E. and Pirzad, A. (2014). Effect of salicylic acid on yield, component yield and essential oil of black Cumin (*Nigella sativa* L.) under water deficit stress. Iranian Journal of Field Crops Research. 12(3): 427-437.

Sadeghian, F., Hadian, J., Hadavi, M., Mohamadi, A., Ghorbanpoure, M., and Ghafarzadegan, R. (2013). Effects of exogenous salicylic acid application on growth, metabolic activities and essential oil composition of *Satureja khuzistanica* Jamzad. Journal of Medicinal Plants. 12 (47): 70-82.

Salehi, K., Solouki, M., Tanha, M. (2017). Study the effects of Plant Growth Promoting Bacteria and salicylic acid in green mint (*Mentha spicata* L.) under drought stress conditions. Modern Genetics Journal. 12 (2): 241-252.

Schiavon, M., Pizzeghello, D., Muscolo, A., Vaccaro, S., Francioso, O. and Nardi, S. (2010). High molecular size humic substances enhance phenyl propanoid metabolism in maize (*zea mays* L.). Journal of Chemical Ecology. 36: 662-669.

Soraya, E., Gohari, G., Motallebi Azar, A. and Alizadeh Saleteh, S. (2021). The effects of zinc oxide nanoparticles on sterilization, establishment, and proliferation of lemon balm (*Melissa officinalis* L.). Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research. 15(60): 48-60.

Soroori, S., Danaee, E., Hemmati, K. and Ladan Moghadam, A. (2021). Effect of foliar application of proline on morphological and physiological traits of *Calendula officinalis* L. under drought stress. Journal of Ornamental Plants. 11(1): 13-30.

Sun, C., Johnson, J.M., Cai, D., Sherameti, I., Oelmüller, R. and Lou, B. (2010). Piriformospora indica confers drought tolerance in Chinese cabbage leaves by stimulating antioxidant enzymes, the expression of drought-related genes and the plastid-localized CAS protein. Journal of Plant Physiology. 167: 1009-1017.

Wang, Z., Ma, L., Zhang, X., Xu, L., Cao, J. and Jiang, W. (2015). The effect of exogenous salicylic acid on antioxidant activity, bioactive compounds and antioxidant system in apricot fruit. Scientia Horticulture. 181: 113-120.

Weitzel, C. and Petersen, M. (2011). Cloning and characterisation of rosmarinic acid synthase from *Melissa officinalis* L. Phytochemical. 72: 572-578.

Yaghoubian, Y. Siadat, S., Moradi talavat, M. and Pirdashti, H. (2016). Quantify the response of growth and chlorophyll fluorescence parameters of lemon balm (*Melissa officinalis* L.) medicinal plant to cadmium concentration in the soil. Journal of Plant Production Research. 23(2): 165-185.

Yazdan panah gohari, A., Ghanbari Jahromi, M. and Zarrin nia, V. (2021). Effect of some mycorrhizal fungi species on quantitative and qualitative properties of two landraces of Chicory in greenhouse conditions. Journal of Crops Improvement. doi: 10.22059/jci. 2021.314730.2484.