مطالعه تاثیر قارچ مایکوریزا و سطوح مختلف اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های رشدی و میزان اسانس سه رقم گیاه بادرنجبویه (*Melissa Officinalis* L.)

مهدی حمزه محمدآبادی[۱]، علیرضا لادن‌مقدم(نویسنده مسئول)[۲*]، الهام دانائی[۳] و وحید عبدوسی[٤]

۱- دانشجوی دکتری، گیاهان دارویی ادویه‌ای و نوشابه‌ای، گروه علوم باغبانی، واحد علی آباد کتول، دانشگاه آزاد اسلامی، علی آباد کتول، ایران، Mehdi.hamze61@yahoo.com

۲*- دانشیار، گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران، ladanmoghadam.Alireza@gmail.com

۳- استادیار، گروه علوم باغبانی، واحد گرمسار، دانشگاه آزاد اسلامی، گرمسار، ایران، dr.edanaee@yahoo.com

٤- استادیار، گروه علوم باغی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران، Abdossi@yahoo.com

تاریخ دریافت: اردیبهشت ۱٤۰۰ تاریخ پذیرش: شهریور ۱٤۰۰

The effect of mycorrhiza fungus, different levels of humic acid, and salicylic acid on morphological characteristics and essentioal oil content in three cultivars of *Melissa Officinalis* L.

Mehdi Hamzeh Mohamadabadi[1], Alireza Ladan Moghaddam(Corresponding author)[2*], Elham Danaee[3]and Vahid Abdossi[4]

1- Phd student, Medicinal plant, Department of Horticultural Sciences, Aliabad katoul Branch, Islamic Azad University, Aliabad katoul, Iran, Mehdi.hamze61@yahoo.com

*2- Associate Professor, Department of Horticultural Sciences, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran, ladanmoghadam.Alireza@gmail.com

3- Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences, Garmsar Branch, Islamic Azad University, Garmsar, Iran, dr.edanaee@yahoo.com

4- Assistant professor, Department of Horticulture and Agronomy, Tehran Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran, Abdossi@yahoo.com

Received: May 2021 Accepted: September 2021

چکیده

این تحقیق به منظور بررسی اثر قارچ مایکوریزا و سطوح مختلف اسید هیومیک (صفر، ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر) و اسید سالیسیک (صفر، ۱۰۰و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) بر خصوصیات مورفولوژیکی و میزان اسانس سه رقم (Lemonella، Citronella و Varigated) گیاه بادرنجبویه (*Melissa Officinalis* L.) در سال ۱۳۹۷ و در گلخانه‌ای در شمال ایران اجرا گردید. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد. تیمار مایکوریزا و اسید هیومیک در زمان کاشت بذور اعمال گردید و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک در طی دو مرحله (هفته دوم و سوم کشت در گلدان) انجام شد. نتایج حاصل از این آزمایش نشان داد، تمام تیمارها بر وزن تر و خشک اندام هوایی و ریشه، حجم ریشه و درصد اسانس اثر معنی‌دار داشتند و در بین ارقام بادرنجبویه رقم Lemonella دارای بالاترین خصوصیات مورفولوژیک و درصد اسانس بود. بیشترین وزن خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و حجم ریشه در تیمار مایکوریزا+ اسید هیومیک ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین وزن تر اندام هوایی در تیمار مایکوریزا+ اسید هیومیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. همچنین بیشترین درصد اسانس در تیمار قارچ مایکوریزا+ اسید هیومیک ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر+ اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. به طور کلی جهت بهبود رشد رویشی و میزان اسانس گیاه بادرنجبویه، استفاده از رقم Lemonella و کاربرد قارچ مایکوریزا به همراه اسید هیومیک ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر و اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر توصیه می‌شود.

کلمات کلیدی: اسانس، اسید آلی، بادرنجبویه، مایکوریزا

Abstract

This study was performed to investigate the effect of mycorrhizal fungus and different levels of humic acid (zero, 200 and 400 mg/l) and salicylic acid (zero, 100 and 200 mg/l) on morphological characteristics and essential oil content of three cultivars Lemonella, Citronella and Varigated. Lemon balm (*Melissa Officinalis* L.) was implemented in 1397 in a greenhouse in northern Iran. The experiment was performed as a factorial in a completely randomized statistical design with 3 replications. Mycorrhiza and humic acid treatments were applied at the time of seed sowing and salicylic acid solution was sprayed in two stages (second and third weeks of pot cultivation). The results of this experiment showed that all treatments had a significant effect on fresh and dry weight of shoots and roots, root volume and essential oil content and among the lemon balm cultivars Lemonella cultivar had the highest morphological characteristics and essential oil content. The highest shoot dry weight, fresh and dry root weight and root volume in mycorrhiza+ humic acid 400 mg/l + salicylic acid 200 mg/l and the highest fresh weight of mycorrhiza+ humic acid 200 mg/l + salicylic acid 200 mg/l was obtained. Also, the highest amount of essential oil was observed in the treatment of mycorrhizal fungus+ humic acid 400 mg/l + salicylic acid 100 mg/l. In general, to improve the vegetative growth and the amount of essential oil of lemon balm, the application of Lemonella cultivar and application of mycorrhizal fungus with humic acid 400 mg/l and salicylic acid 200 mg/l is recommended.

Keywords: Essential oil, Mycorrhiza, Lemon balm, Organic acid.

مقدمه و کلیات

بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.) گیاهی دارویی از خانواده نعناعیان (Labiatae) است، اندام‌های هوایی گیاه به خصوص برگ‌ها محتوی اسانس هستند. مقدار اسانس در گونه‌های مختلف متفاوت و بین ۳/۲ تا ۳/۵ درصد است. مهمترین ترکیبات تشکیل دهنده اسانس را سیترونلال (۲۳تا ۵۳ درصد) تشکیل می‌دهد. از ترکیبات دیگر اسانس می‌توان از سیترال، ژرانیول، لینالول و استات اوگنول نام برد (اقبال و همکاران، ۱۳۹۲). در طب سنتی از این گیاه برای درمان ناراحتی‌های اعصاب و مداوای بیماری‌های معده، قلبی و روده‌ای که منشا عصبی دارند استفاده می‌شود (Binello *et al*., 2017). در حال حاضر استفاده از میکروارگانیسم‌های مفید و اسیدهای آلی به عنوان نهاده‌های کشاورزی مؤثر در افزایش تولید به منظور کاهش مصرف کودهای شیمیایی مورد توجه قرارگرفته است (حقیر ابراهیم‌آبادی و همکاران، ۱۳۹۷). قارچ‌های مایکوریزا با بهبود وضعیت تغذیه‌ای و آبی گیاه از طریق تغییر در مورفولوژی ریشه و افزایش سطح جذب ریشه‌ها و تحریک تبادلات گازی، سبب بهبود رشد گیاه می‌شوند (Dodd and Perez-Alfoka, 2012). بررسی‌ها نشان داد که کاربرد قارچ مایکوریزا تاثیر مثبتی بر وزن خشک اندام هوایی و ریشه، رنگدانه‌های فتوسنتزی و میزان اسانس در دو گونه گیاه آویشن (*Thymus daenensis*) و (*Thymus vulgaris* L.) افزایش داد (Abdollahi Arpanahi *et al*., 2020). همچنین در پژوهشی دیگر، کاربرد قارچ مایکوریزا موجب افزایش شاخص‌های رشدی در گیاه شمعدانی (*Pelargonium reniforme*) گردید (Ingarfield *et al*., 2019). اسید هیومیک به عنوان یک اسید آلی حاصل از هوموس و سایر منابع طبیعی، بدون اثرات مخرب زیست محیطی موجب بهبود ساختار فیزیکی محیط رشد ریشه، جذب عناصر غذایی و در نهایت افزایش رشد و عملکرد گیاهان می‌شود (طالبی و همکاران، ۱۳۹۵). بررسی‌ها نشان داد، کاربرد اسید هیومیک در گیاه شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.) وزن تر و خشک گیاه، ارتفاع گیاه، محتوی کلروفیل کل، کاروتنوئید و میزان اسانس را افزایش داد (Mafakheri and Asghari, 2018). همچنین در گیاه مرزه (*Satureja hortensis* L.) نیز کاربرد اسید هیومیک موجب افزایش وزن تر و خشک بوته، طول برگ و ارتفاع بوته گردید (صبوری و همکاران، ۱۳۹۶). اسید سالیسیلیک از جمله هورمون‌های گیاهی هستند که نقش مهمی در فرآیندهای متابولیکی سلول زنده ایفا می‌کند و بر افزایش رشد گیاه، میزان کلروفیل، افزایش جذب و انتقال یون‌ها موثر است، همچنین موجب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و ایجاد مقاومت در برابر تنش‌های زیستی و غیر زیستی می‌شود (Belkhadi *et al*., 2010). در گیاه مرزه (*Satureja khuzistanica*) کاربرد اسید سالیسیلیک، ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی، وزن تر و خشک گیاه، عملکرد و میزان اسانس را افزایش داد (Sadeghian *et al*., 2013). همچنین در گیاه استویا (*Stevia rebaudiana* L.) نیز کاربرد اسید سالیسیلیک وزن خشک شاخه، برگ و بوته، ارتفاع و تعداد شاخه فرعی را افزایش داد

(جلیلوند شیرخانی‌تبار و همکاران، ۱۳۹۹). این آزمایش با هدف ارزیابی قارچ مایکوریزا و سطوح مختلف اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر شاخص‌های رشدی و میزان اسانس سه رقم گیاه بادرنجبویه (*Melissa Officinalis* L.) اجرا شد.

فرآیند پژوهش

پژوهش حاضر در سال ۱۳۹۷ در گلخانه ای واقع در شمال ایران (طول جغرافیایی ۵٤/٥٤۳۸، عرض جغرافیایی ۳٦/۷۹۳۲ و ارتفاع از سطح دریا ۲۷۳ متر) با میانگین دمای حدود ۱۸ تا ۲۳ درجه سانتیگراد، رطوبت نسبی حدود ۵۰ تا ٦۰ درصد و شدت نور حدود ٦۰ تا ۷۰ میکرومول بر مترمربع در ثانیه انجام شد. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح آماری کاملاً تصادفی اجرا شد، بذرهای رقم Lemonella، Citronella و Varigated مستقیماً در گلدان‌های سایز ۱۷ کشت شدند. خاک گلدان شامل خاک زراعی و ماسه شسته شده به نسبت ۱:۲ بود که پیش از کشت توسط اتوکلاو ضدعفونی شد. 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 در عمق یک سانتی‌متری از سطح خاک کاشته شدند. تیمار اسید هیومیک (صفر، ۲۰۰ و ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در زمان کاشت بذور اعمال گردید و محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک (صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر) در طی دو مرحله (هفته دوم و سوم کشت در گلدان) و بر پایه آب مقطر انجام شد. گلدان‌ها به صورت هفته‌ای آبیاری شدند. ارزیابی صفات دو هفته پس از آخرین تیمار صورت گرفت.

وزن تر اندام هوایی و ریشه: اندازه گیری وزن تر اندام هوایی و ریشه توسط ترازوی دیجیتالی با دقت صدم گرم انجام شد (خدابخش و دانائی، ۱۳۹۸).

وزن خشک اندام هوایی و ریشه: جهت اندازه گیری وزن خشک اندام هوایی و ریشه، نمونه‌ها در آون ٦۰ درجه نگهداری شدند، و توسط ترازوی دیجیتالی با دقت صدم گرم توزین شد (سروری و باقریان‌لمراسکی، ۱۳۹۹).

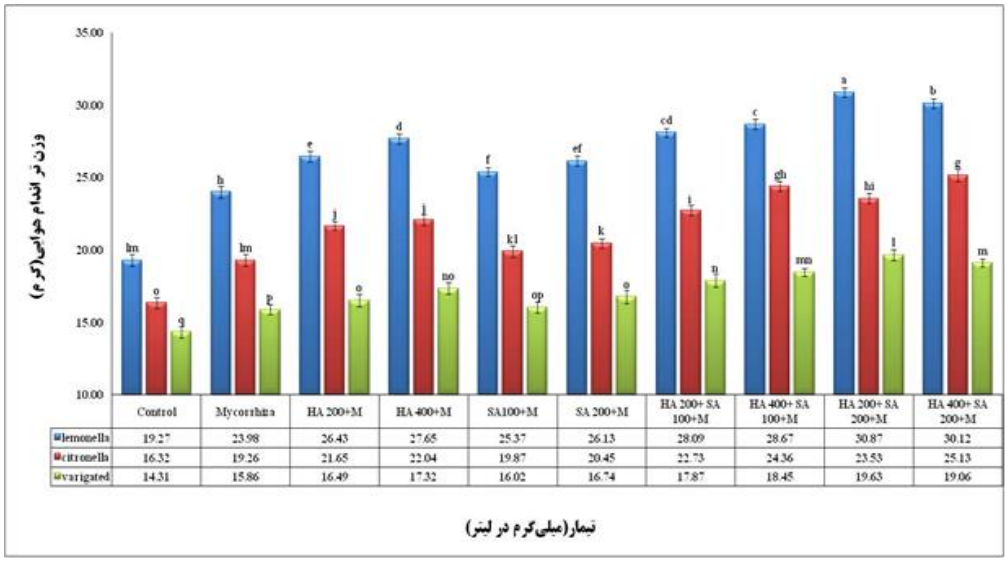
حجم ریشه: جهت اندازه گیری حجم ریشه از یک استوانهٔ مدرج که تا حجم خاصی درون آن آب وجود داشت استفاده شد و تغییر حجم آب بعد از قرارگرفتن ریشهٔ گیاه درون استوانهٔ مدرج، حجم ریشه در نظر گرفته شد (کشاورزنیا و همکاران، ۱۳۹۳)

اسانس: استخراج اسانس توسط دستگاه کلونجر (Shimadzu modelQP5050A) انجام شد و بر حسب درصد بیان گردید (دانائی و عبدوسی، ۱٤۰۰). محاسبات آماری توسط نرم‌افزار SPSS و رسم نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel انجام شد و برای مقایسه میانگین داده‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۱ و ۵ درصد استفاده شد.

نتایج و بحث

وزن تر اندام هوایی: نتایج حاصل از پژوهش نشان داد، اثر رقم بر وزن تر اندام هوایی در سطح ۵ درصد معنی‌دار و اثر تیمار و اثر متقابل آن‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. بیشترین وزن تر اندام هوایی با ۳۰/۸۷ گرم، در رقم Lemonella و در تیمار

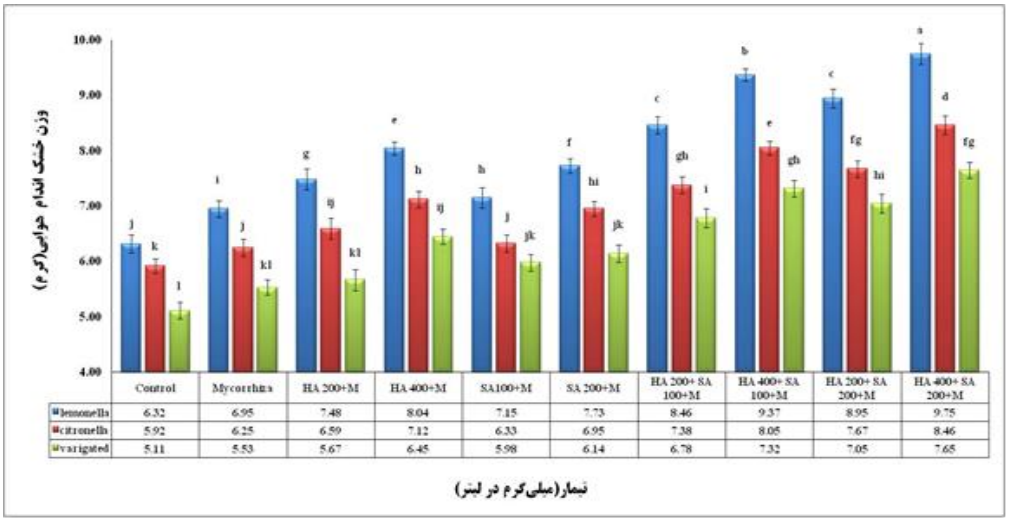
مایکوریزا+ اسید هیومیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین وزن تر اندام هوایی با ۱٤/۳۱ گرم، در تیمار شاهد و در رقم Varigated بدست آمد (شکل ۱).



شکل ۱- اثر قارچ مایکوریزا، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر وزن تر اندام هوایی در سه رقم بادرنجبویه

Figure 1- Effect of mycorrhizal fungus, humic acid and salicylic acid on fresh weight of aerial parts in three cultivars of Lemon balm

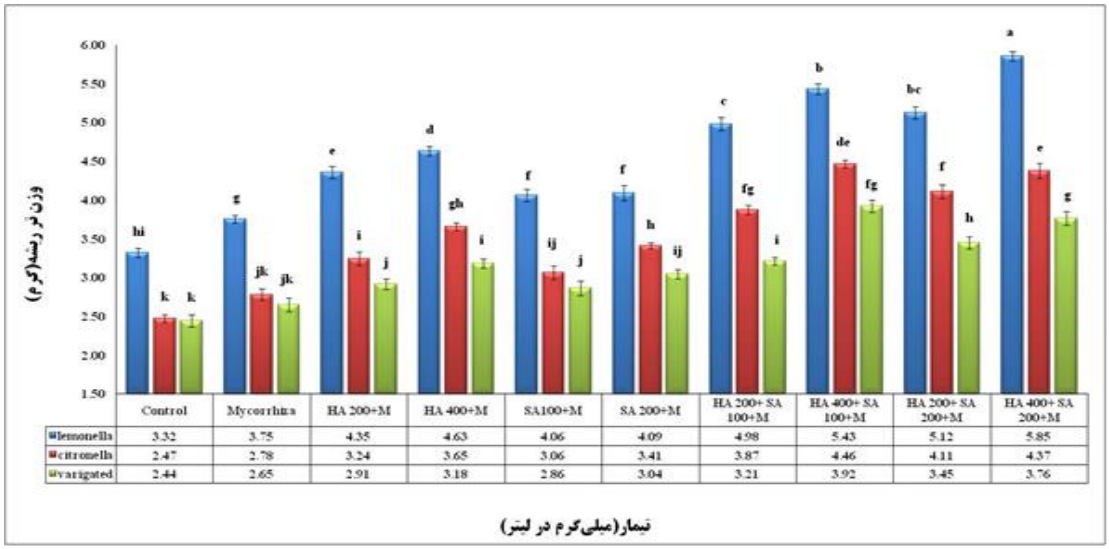
وزن خشک اندام هوایی: بررسی داده‌ها نشان داد، اثر تیمار و رقم بر وزن خشک اندام هوایی در سطح ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. بیشترین وزن خشک اندام هوایی با ۹/۷۵ گرم، مربوط به رقم Lemonella و در تیمار مایکوریزا+ اسید هیومیک ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین وزن خشک اندام هوایی با ۵/۱۱ گرم، مربوط به تیمار شاهد و در رقم Varigated است (شکل ۲).



شکل ۲- اثر قارچ مایکوریزا، اسید هیومیک، اسید سالیسیلیک بر وزن خشک اندام هوایی در سه رقم بادرنجبویه

Figure 2- Effect of mycorrhizal fungus, humic acid and salicylic acid on dry weight of aerial parts in three cultivars of Lemon balm

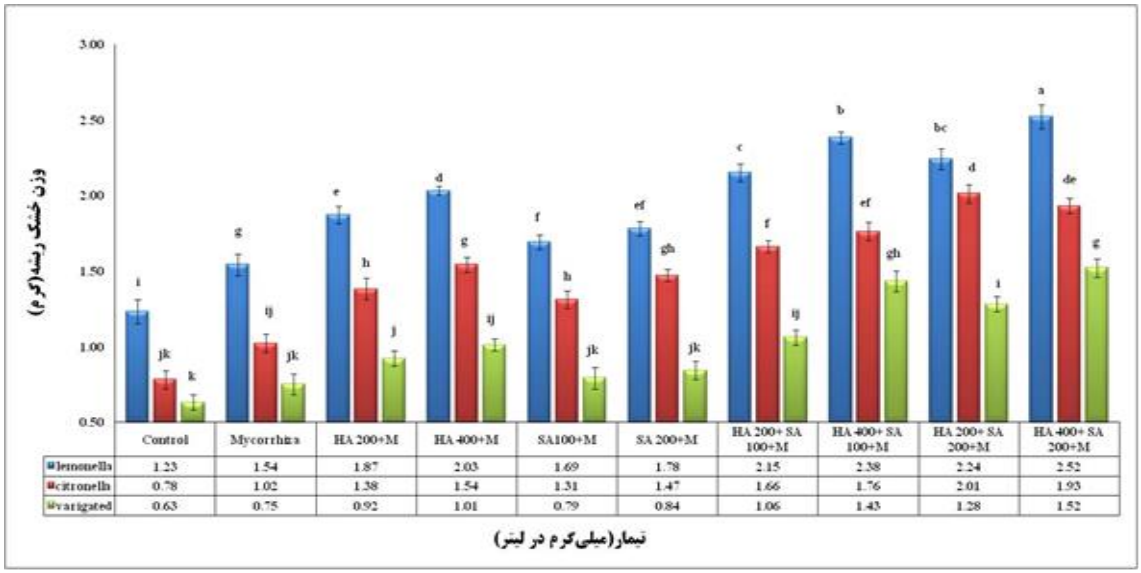
وزن تر ریشه: نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد، اثر تیمار، رقم و اثر متقابل آنها بـر وزن تـر ریشـه در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. همانطور که از شـکل ۳ نمایان است، بیشترین (۵/۸۵ گرم) وزن تـر ریشـه در رقـم Lemonella و در تیمـار مـایکوریزا+ اسـید هیومیک ٤۰۰ میلی‌گـرم در لیتـر+ اسـید سالیسـیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتـر و و کمتـرین (۲/٤٤ گـرم) در تیمـار شـاهد و در رقـم Varigated حاصـل شـد.



شکل ۳- اثر قارچ مایکوریزا، اسید هیومیک، اسید سالیسیلیک بر وزن تر ریشه در سه رقم بادرنجبویه

Figure 3- Effect of mycorrhizal fungus, humic acid and salicylic acid on fresh weight of root in three cultivars of Lemon balm

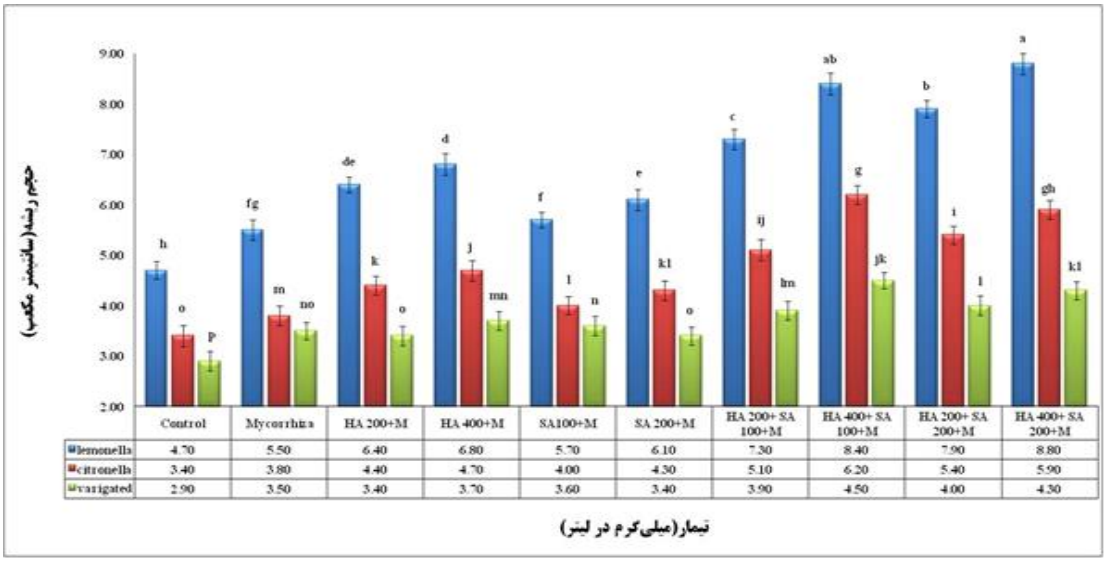
وزن خشک ریشه: بررسی‌ها نشـان داد، اثـر سـاده و متقابل تیمار و رقم در سطح ۱ درصد معنـی‌دار شـد. بیشترین وزن خشـک ریشـه بـا ۲/۵۲ گـرم، در رقـم Lemonella و در تیمار مـایکوریزا+ اسـید هیومیـک ٤۰۰+ اسـید سالیسـیلیک ۲۰۰ میلـی‌گـرم در لیتـر و کمترین وزن خشک ریشـه بـا ۰/٦۳ گـرم، در تیمـار شاهد و در رقم Varigated است (شکل ٤).



شکل ٤- اثر قارچ مایکوریزا، اسید هیومیک، اسید سالیسیلیک بر وزن خشک ریشه در سه رقم بادرنجبویه

Figure 4- Effect of mycorrhizal fungus, humic acid and salicylic acid on dry weight of root in three cultivars of Lemon balm

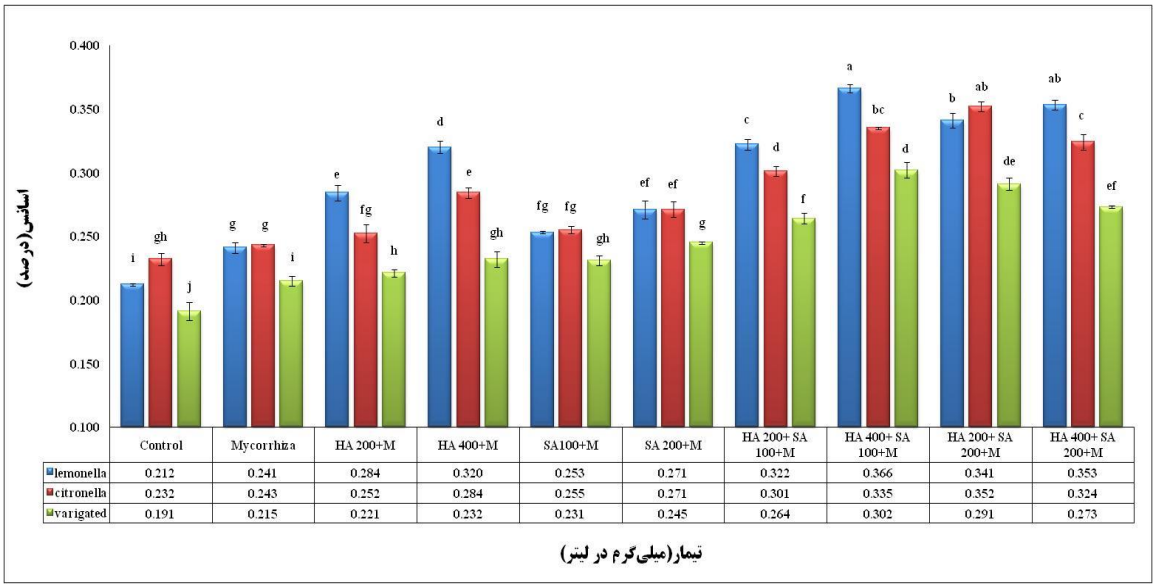
حجم ریشه: بررسی و تحلیل داده‌ها نشان داد، اثر رقم بر حجم ریشه در سطح ۵ درصد و اثر تیمار و اثر متقابل آن‌ها در سطح ۱ درصد معنی‌دار شد. بیشترین حجم ریشه با ۸/۸۰ سانتیمتر مکعب، در رقم Lemonella و در تیمار مایکوریزا+ اسید هیومیک ٤۰۰ میلی‌گرم در لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و کمترین حجم ریشه با ۲/۹۰ سانتیمتر مکعب، در تیمار شاهد و در رقم Varigated مشاهده شد (شکل ۵).



شکل ۵- اثر قارچ مایکوریزا، اسید هیومیک، اسید سالیسیلیک بر حجم ریشه در سه رقم بادرنجبویه

Figure 5- Effect of mycorrhizal fungus, humic acid and salicylic acid on root volume in three cultivars of Lemon balm

اسانس: نتایج حاصل نشان داد، اثر تیمار در سطح ۱ درصد و اثر رقم و اثر متقابل آن‌ها بر میزان اسانس در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. همانطور که از شکل ٦ نمایان است، بیشترین میزان 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 درصد اسانس با ۰/۱۹ درصد، در رقم Varigated و تیمار شاهد بدست آمد.



	Control	Mycorrhiza	HA 200+M	HA 400+M	SA100+M	SA 200+M	HA 200+ SA 100+M	HA 400+ SA 100+M	HA 200+ SA 200+M	HA 400+ SA 200+M
lemonella	0.212	0.241	0.284	0.320	0.253	0.271	0.322	0.366	0.341	0.353
citronella	0.232	0.243	0.252	0.284	0.255	0.271	0.301	0.335	0.352	0.324
varigated	0.191	0.215	0.221	0.232	0.231	0.245	0.264	0.302	0.291	0.273

شکل ٦- اثر قارچ مایکوریزا، اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک بر میزان اسانس سه رقم بادرنجبویه

Figure 6- Effect of mycorrhizal fungus, humic acid and salicylic acid on essential oil in three cultivars of Lemon balm

در تحقیق حاضر نتایج نشان داد، برهمکنش قارچ مایکوریزا و اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک تاثیر معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی داشت. همزیستی گیاهان با قارچ میکوریزا یک راه طبیعی و موثر جهت بهبود رشد گیاه است (Mirzaie *et al.*, 2020). آن‌ها اثرات سوء ناشی از فقر عناصر غذایی را کاهش می‌دهد و رشد گیاه را از طریق جذب و انتقال عناصر غذایی نظیر نیتروژن، فسفر، پتاسیم، منیزیم، روی، آهن و منگنز افزایش می دهند Franken, (2012) و با بهبود فعالیت‌های میکروبی خاک و همچنین تولید برخی تنظیم کننده‌های رشد (Kapoor *et al.*, 2007) منجر به افزایش زیست توده و میزان اسانس در گیاه می‌شود. همچنین قارچ مایکوریزا با تولید هورمون‌های گیاهی نظیر سایتوکین‌ها و افزایش فعالیت آنزیم‌ها می‌توانند رشد ریشه را تشدید کنند و باعث تحریک توسعه و گسترش ریشه شوند (Casson *et al.*, 2003). پیرامون تاثیر قارچ مایکوریزا بر افزایش خصوصیات مورفولوژیک گیاهان، نتایج این پژوهش با نتایج، ذوالفقاری و همکاران (۱۳۹۳)، در گیاه ریحان (*Ocimum basilicum* L.). بیرانوند و همکاران (۱۳۹۵)، در گیاه شمعدانی (*Pelargonium graveolens* L.) مطابقت داشت. همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد، کاربرد اسید هیومیک موجب افزیش خصوصیات رشدی و اسانس گیاه بادرنجبویه گردید. اسید هیومیک نیز از طریق اثرات

هورمونی و با تأثیر بر متابولیسم سلول‌های گیاهی و همچنین با قدرت کلات کنندگی و افزایش جذب عناصرغذایی مانند فسفر و نیتروژن سبب افزایش رشد و میزان اسانس در گیاهان می‌گردد (Nardi *et al.*, 2002). نتایج این آزمایش با نتایج Mafakheri و Asghari (۲۰۱۸)، در شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum* L.)، نریمانی و همکاران (۱۳۹۷)، در گیاه بادرشبی (*Dracocephalum moldavica* L.)، Gholami و همکاران (۲۰۱۸)، در گیاه کاسنی (*Cichorium intybus* L.)، گرگینی شبانکاره و همکاران (۱۳۹۷)، در گیاه آویشن (*Thymus vulgaris* L.) مطابقت دارد. همچنین کاربرد اسید سالیسیلیک نیز تاثیر مثبتی بر خصوصیات رشدی گیاه داشت، اسید سالیسیلیک از طریق تولید هورمون‌هایی چون ایندول استیک اسید و همچنین افزایش جذب یون‌ها و فتوسنتز در گیاه باعث افزایش رشد گیاه، عملکرد و اجزای عملکرد می‌شود Karami Chame (*et al.*, 2016). همچنین سالیسیلیک اسید با کمک اکسین تقسیم سلولی را تنظیم می‌کند و با افزایش فعالیت آنزیم روبیسکو و بهبود فتوسنتز و جذب بیشتر عناصر غذایی منجر به افزایش وزن تر، خشک و حجم ریشه می‌شود (Nourafcan, 2014). نتایج این آزمایش با نتایج. Schmit و همکاران (۲۰۲۱)، در لوبیا سبز (*Phaseolus vulgaris* L.)، نورافکن و محبوبی (۱۳۹۶)، در گیاه بادرشبو (*Dracocephalum moldevica* L.) و پنیرک (*Malva sylvestris* L.)، درویژه و همکاران (۱۳۹۸)، در گیاه سرخارگل (*Echinacea purpurea* L.) و Fathi و Najafia (۲۰۱۹)، در گیاه زنیان رومی (*Carum copticum* L.) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

به طور کلی نتایج این پژوهش نشان داد، کاربرد قارچ مایکوریزا به همراه اسید هیومیک و اسید سالیسیلیک موجب بهبود رشد رویشی و درصد اسانس گردید. همچنین در بین ارقام بادرنجبویه بیشترین شاخص‌های رشدی و درصد اسانس در رقم Lemonella مشاهده شد. بیشترین وزن خشک اندام هوایی، وزن تر و خشک ریشه و حجم ریشه در تیمار مایکوریزا+ اسید هیومیک ٤٠٠ میلی‌گرم در لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر و بیشترین وزن تر اندام هوایی در تیمار مایکوریزا+ اسید هیومیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر+ اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر بدست آمد. همچنین بیشترین میزان اسانس در تیمار قارچ مایکوریزا+ اسید هیومیک ٤٠٠ میلی‌گرم در لیتر+ اسید سالیسیلیک ۱۰۰ میلی‌گرم در لیتر مشاهده شد. بنابراین با توجه به نتایج به دست آمده، کاربرد قارچ مایکوریزا به همراه اسید هیومیک ٤٠٠ میلی‌گرم در لیتر و اسید سالیسیلیک ۲۰۰ میلی‌گرم در لیتر در گیاه بادرنجبویه پیشنهاد می‌شود.

منابع

۱) اقبال، ح.، قدرتی، ل.، احمدی‌سابق، م.، نورافکن، م. و ط، قبایی. ۱۳۹۲. بررسی اثرات ضدباکتریایی اسانس گیاه دارویی بادرنجبویه (*melissa officinalis* L.). فصلنامه ی کاربرد شیمی در محیط زیست، ٤ (١٤)٤٧-٥٢.

۲) بیرانوند، م.، رضایی‌نژاد، ع . و ز، حسینی. ۱۳۹٦. تأثیر دو گونه قارچ میکوریزا بر برخی ویژگی‌های (*G. intraradices* و *Glomus mosseae*) مورفولوژیک و فیزیولوژیک شمعدانی معطر (*Pelargonium graveolens* L). تحت تنش شوری. علوم و فنون کشت‌های گلخانه‌ای. ۸(۱): ۱۰۷-۱۲۰.

۳) جلیلوند شیرخانی‌تبار، ح.، توکلی، ا.، مرادی، ف. و ف، شکاری. ۱۳۹۹. بررسی اثرات محلول‌پاشی اسید سالیسیلیک بر صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی استویا (*Stevia rebaudiana*) مجله فرآیند و کارکرد گیاهی. ۹ (۳۹) :۲۵٦-۲٤٥.

٤) حقیر ابراهیم‌آبادی آ.، حاتمی، م.، کریم‌زاده اصل، خ. و م، قربانپور. ۱۳۹۷. اثر قارچ‌های میکوریزا و کود زیستی بیوفسفر بر شاخص‌های رشد، عملکرد، اجزاء عملکرد و ترکیبات اسانس زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.). فصلنامه گیاهان دارویی. ۱۷ (٦٦) :٧٤-٩٠.

٥) خدابخش، م. و ا، دانائی. ۱۳۹۸. ارزیابی اثر پرولین و گلایسین‌بتائین بر برخی خصوصیات مورفوفیزیولوژیک، آنزیمی، رشد و گلدهی شمعدانی(*Pelargonium spp*) تحت تنش خشکی. فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران. ١٤(٣): ٤٥-٥٤.

٦) دانائی، ا. و و، عبدوسی. ١٤٠٠. اثر سیلیکون و نانوسیلیکون بر برخی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و فیتوشیمیایی گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita* L.) تحت تنش شوری. نشریه علمی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۳۷(۱): ۹۸-۱۱۲.

۷) درویژه، ح.، زاهدی، م. و ب، عبایزاده۱۳۹۸. تأثیر محلولپاشی اسید سالیسیلیک و اسپرمین بر رشد و خصوصیات ریشه گیاه سرخارگل تحت تنش خشکی (*Echinacea purpurea* L). فرآیند و کارکرد گیاهی. ۸(۳۰): ۲۲۵-۲٤۲.

۸) ذوالفقاری، م.، ناظری، و.، سفیدکن، ف. و ف، رجالی. ۱۳۹۳. بررسی تاثیر گونه‌های مختلف مایکوریزا بر ویژگی‌های رشدی و میزان اسانس گیاه دارویی ریحان (*Ocimum basilicum* L.). *تولیدات گیاهی*.۳۷(٤):٤٧-٥٦.

۹) سروری، س. و ح، باقریان‌لمراسکی. ۱۳۹۹. مطالعه تاثیر محلول پاشی اسپرمیدین، اسید سیتریک و پرولین بر رشد و گلدهی همیشه بهار (*Calendula officinalis* L.) تحت تنش خشکی. *فصلنامه گیاه و زیست فناوری ایران*. ۱۵(٤): ۲۸-۳۹.

۱۰) صبوری، ف.، سیروس‌مهر، ع. و ح، گرگینی‌شبانکاره. ۱۳۹٦. اثر رژیم‌های آبیاری و محلول‌پاشی اسید هیومیک بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاه دارویی مرزه (*Satureia hortensis*).*زیست‌شناسی گیاهی ایران*. ۹(٤):۱۳-۲٤.

۱۱) طالبی، پ.، جبارزاده، ز. و م، رسولی‌صدقیانی. ۱۳۹۵. تأثیر نحوه کاربرد و غلظت‌های مختلف اسید هیومیک بر عملکرد و میزان جذب عناصر معدنی گل رز مینیاتور رقم هفت رنگ. به زراعی کشاورزی. ٤(۱):۸۰٤-۷۸۹.

۱۲) کشاورزنیا، ر.، شهبازی، م.، محمدی، و.، حسینی‌سالکده، ق.، احمدی، ع و ا، محسنی‌فرد. ۱۳۹۳. نقش ساختار ریشه و صفات فیزیولوژیک جو در پاسخ به تنش خشکی. علوم گیاهان زراعی ایران. ٤٥(٥):. ٥٦٣-٥٥٣.

۱۳) گرگینی‌شبانکاره، ح.، خراسانی‌نژاد، س.، عباسی، م. و ع، طبسی. ۱۳۹۷. تأثیر دور آبیاری و اسیدهیومیک بر خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه دارویی آویشن (*Thymus vulgaris* L.). *فیزیولوژی محیطی گیاهی*.۱۳(۵۱): ٦٧-۸۲.

۱٤) نریمانی، ر.، مقدم، م.، نعمتی، ح. و ع، قاسمی پیربلوطی. ۱۳۹۷. ارزیابی تعدیل تنش شوری با استفاده از اسید هیومیک و اسید آسکوربیک در گیاه دارویی بادرشبی

(*Dracocephalum moldavica* L.). مجله پژوهش‌های گیاهی (مجله زیست‌شناسی ایران). ۳۱(٤): ۹۵۵-۹۷۱.

۱۵) نورافکن، ح. و ا، محبوبی. ۱۳۹٦. اثر محلول‌پاشی با اسید سالیسیلیک بر خصوصیات مورفو فیزیولوژیک پنیرک و بادرشبو. فصلنامه بوم‌شناسی گیاهان زراعی. ۱۳(۳):۲۵-۳۳.

16) Abdollahi Arpanahi, A., Feizian, M., Mehdi pourian, Gh. and D, Namdar Khojasteh. 2020 Arbuscular mycorrhizal fungi inoculation improve essential oil and physiological parameters and nutritional values of *Thymus daenensis* Celak and *Thymus vulgaris* L. under normal and drought stress conditions. European Journal of Soil Biology. Volume 100, 103217.

17) Belkhadi, A., Hediji, H., Abbes, Z., Nouairi, I,. Barhoumi, Z., Zarrouk, M., Chaibi, W. and W, Djebali. 2010. Effects of exogenous salicylic acid pre-treatment on cadmium toxicity and leaf lipid content in *Linum usitatissimum* L.. Ecotoxicology and Environmental Safety 1-8.

18) Binello, A., Cravotto, G., Boffa, L., Stevanato, L., Bellumori, M., Innocenti, M. and N, Mulinacci. 2017. Efficient and selective green extraction of polyphenols from lemon balm. C. R. Chimie 20 :921e926

19) Casson, S.A. and K, Lindsey. 2003. Genes and signalling in root development. New Phytol. 158: 11-38.

20) Dodd, I.C. and F, Pérez-Alfocea. 2012. Microbial amelioration of crop salinity stress. Journal of Experimental Botany. 63(9): 3415–3428.

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

22) Franken, P. 2012. The plant strengthening root endophyte *Piriformospora indica*: potential application and the biology behind. Applied Microbiology and Biotechnology. 96:1455–1464.

23) Gholami, H., Raouf Farda, F. Jamal, M., khizab, S. and A, Ghanic. 2018. Yield and physicochemical properties of inulin obtained from Iranian chicory roots under vermicompost and humic acid treatments. Industrial Crops and Products. 123(1): 610-616.

24) Ingarfield, P., Laubscher, C.P. and L, Kambizi. 2019. Effects of arbuscular mycorrhiza and irrigation frequencies on nutrient uptake and growth parameters of Pelargonium reniforme Curtis. Acta Hortic. 1263, 149-158.

25) Kapoor, R., Giri, B. and K.G, Mukerji. 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in (*foeniculum vulgare* Mill.) on mycorrhizal inoculation supplemented with p-fertilizer. Bio resource Technology. 93: 307-311.

26) Karami Chame, S., Khalil-Tahmasbi, B,. ShahMahmoodi, P., Abdollahi, A., Fathi, A., Seyed Mousavi, S.J. and S, Bahamin. 2016. Effects of salinity stress, salicylic acid and Pseudomonas on the physiological characteristics and yield of seed beans (*Phaseolus vulgaris*). Scientia. 14(2): 234- 238.

27) Mafakheri, S. and B, Asghari. 2018. Effect of Seaweed Extract, Humic Acid and Chemical Fertilizers on Morphological, Physiological and Biochemical Characteristics of *Trigonella foenum-graecum* L. J. Agr. Sci. Tech. 20: 1505-1516.

28) Nardi, S., Pizzeghello, D., Muscolo, A., and A, Vianello. 2002. Physiological effects of humic substances on higher plants. Soil Biology and Biochemistry, 34: 1527–1536.

29) Nourafcan, H. 2014. Effect of salicylic acid on salinity stress tolerance improvement of peppermint (*Mentha piperita* L.) in greenhouse. Modern Science of Sustainable Agriculture Journal 10(2(2)): 85-95. [in Persian with English abstract]

30) Sadeghian, F., Hadian, J., Hadavi, M., Mohamadi, A., Ghorbanpour M. and R,

Ghafarzadegan. 2013. Effects of Exogenous Salicylic Acid Application on Growth, Metabolic Activities and Essential Oil Composition of Satureja khuzistanica Jamzad. 12(47):70-82.

31) Schmit, R., Peruzzo Ferrarezea, J., Gustavo Sganzerlaab, W., Bachega Rosa, G., Oliveira Xavier, L. Paula de LimaVeeck, A. Iaschitzki Ferreira, P. and S, Primieri. 2021. Salicylic acid application in the initial development of beans (*Phaseolus vulgaris* L.) under water stress conditions: Agronomical and antioxidant parameters. Biocatalysis and Agricultural Biotechnology. Volume 31, 101896.