علوم و تحقیقات بذر ایران
سال نهم/ شماره سوم/ ۱۴۰۱ (۷۱ - ۵۷)
مقاله پژوهشی
DOI: 10.22124/jms.2022.6164

اثر تلقیح بذر با قارچ مایکوریزا و کاربرد برگی اسید آمینه بر برخی ویژگی‌های کیفی و سبزینه‌ای گیاه دارویی همیشه‌بهار

مهدی طاهری اصغری

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۹/۱۰ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۰/۱۱/۲۷

چکیده

به‌منظور بررسی کاربرد قارچ مایکوریزا و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر ویژگی‌های کیفی گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، طی سال‌های زراعی ۹۹-۱۳۹۸ و ۹۸-۱۳۹۷ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل سه گونه قارچ مایکوریزا (شاهد، *Glomus mosseae*، *G. etunicatum* و *G. intraradices*) و سطوح کود اسید آمینه سورن شامل بدون محلول‌پاشی و محلول‌پاشی در دو مرحله ساقه‌دهی و گل‌دهی بود. نتایج نشان داد که محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل زمانی که بذرها با قارچ *G. mosseae* تلقیح شدند، بیشینه بود و نسبت به شاهد به‌ترتیب افزایش ۳۶، ۱۸ و ۳۰ درصدی را نشان داد. محلول‌پاشی اسید آمینه، افزایش شش درصدی شاخص کلروفیل را باعث شد و کاربرد *G. mosseae* باعث افزایش ۳۳ درصدی این صفت شد که بیان‌کننده تاثیر بیش‌تر قارچ مایکوریزا نسبت به کاربرد برگی اسیدآمینه در افزایش این شاخص است. تلقیح با مایکوریزا اثر مثبتی بر محتوای کاروتنوئید برگ و گل داشت، به‌طوری‌که تلقیح بذر با قارچ *G. mosseae* محتوای کاروتنوئید برگ و گل را نسبت به شاهد، به‌ترتیب ۲۱ و ۲۵ درصد افزایش داد. محلول‌پاشی اسید آمینه و تلقیح بذر با قارچ مایکوریزا گونه *G. etunicatum* به‌ترتیب ۱۳ و ۲۴ درصد افزایش در محتوای فلاونوئید گل را باعث شدند. نتایج بیان‌گر این است که کاربرد مایکوریزا قادر به افزایش سبزینه گیاه دارویی همیشه‌بهار در جهت افزایش رشد و تولید بیش‌تر متابولیت‌های ثانویه بوده و حضور اسید آمینه می‌تواند در تکمیل نیاز گیاه موثر باشد.

واژه‌های کلیدی: شاخص کلروفیل، فلاونوئید، کاروتنوئید، محتوای نسبی آب

استادیار، گروه کشاورزی دانشگاه پیام نور، تهران، ایران. m.taheri.asghari@gmail.com

مقدمه

گل همیشه‌بهار (*Calendula officinalidemirs* L.) متعلق به خانواده Asteraceae/Compositae است که بومی اروپای مرکزی و مدیترانه است (Silva *et al*., 2021). گیاه دارویی شناخته شده‌ای است که از قدیم در طب سنتی مورد استفاده قرار می‌گرفته است (Ourabia *et al*., 2019). مشخص شده است که این گیاه دارای خواص دارویی زیادی، به‌ویژه فعالیت‌های ضد میکروبی و آنتی‌اکسیدانی است (Hamza *et al*., 2018). امروزه تغذیه مناسب گیاهان زراعی و دارویی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. رشد استفاده از کودهای شیمیایی در کشور ما بسیار سریع بوده و مصرف بی رویه آن‌ها می‌تواند حاصلخیزی خاک‌ها را دچار مشکل کند و بدون توجه بـه میزان حاصلخیزی خـاک، مصـرف کودهای شیمیایی باعث به‌هم‌خوردن تعادل عناصر غذایی در خاک شده و مسائل زیست محیطی را به بـار می‌آورد (Sarmadian and Keshavarzi, 2014). کودهای زیستی در بسیاری از موارد به‌عنوان جایگزین و یا به‌عنوان مکمل کودهای شیمیایی می‌توانند پایداری نظام‌های کشاورزی را تضمین کنند (Han *et al*., 2006). یکی از روش‌های تغذیه، کاربرد ترکیب اسید آمینه به‌صورت محلول‌پاشی در گیاهان است. کیفیت و کمیت مواد فعال بیولوژیک در گیاهان بستگی به ژنوتیپ، خاک، شرایط آب و هوایی، زمان لقاح و زمان برداشت و همچنین تنش‌های زیستی و غیر زیستی دارد (Yang *et al*., 2018). فعال‌سازی سنتز ترکیبات فعال بیولوژیک را می‌توان با استفاده از محرک‌های زیستی مختلف از جمله آمینو اسیدها به‌دست آورد (Taraseviciene *et al*., 2021). نقش اسیدهای آمینه در بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان را می‌توان به‌دلیل تاثیر آن‌ها در کمک در تعادل یونی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و کمک به افزایش دسترسی به نیتروژن دانست (Siahmansour *et al*., 2020). کاربرد محلول‌پاشی برگی اسیدهای آمینه در تولید اسید آسکوربیک موثر بوده که این کار، با کاهش فعالیت‌های رادیکال‌های آزاد، صورت می‌پذیرد (Danaee and Abdossi, 2018). گیاهان قادر به جذب اسیدهای آمینه، آمیدها و بسیاری از ترکیبات نیتروژنی از راه ریشه یا برگ خود می‌باشند و می‌توانند از هر دو راه، به جذب دامنه وسیعی از ترکیبات نیتروژن‌دار مانند اسیدهای‌آمینه بپردازند (Nasholm *et al*., 2009). صارمی و همکاران (Saremi *et al*., 2021) با تحقیقات خود، بیان کردند که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه به‌عنوان نوعی محرک زیستی بر بهبود ویژگی‌های کیفی گیاه عروسک پشت پرده تاثیر مثبتی داشته و سبب افزایش تولید ترکیبات بیوشیمیایی گیاه شده است. اسیدهای آمینه می‌توانند بر فعالیت‌های فیزیولوژیک گیاه تاثیر مستقیم یا غیر مستقیم داشته باشند (Kahlel and Soltan, 2019). نتایج ثانی‌خانی و همکاران (Sanikhani *et al*., 2020) نشان‌دهنده تاثیر مثبت کاربرد اسیدهای آمینه بر عملکرد بذر، کلروفیل، فنل و فلاونویید کل در گیاه هندوانه ابوجهل (*Citrullus colocynthis* L.) بود.

کاربرد قارچ‌های مایکوریزا، با ایجاد شرایط همزیستی، نقش مهمی در چرخه عناصر غذایی برای گیاهان از جمله فسفر و ریز مغذی‌ها داشته و نقش مهمی در تجزیه مواد آلی در خاک و معدنی‌شدن عناصر دارند (Feng *et al*., 2019). این قارچ‌ها با ایجاد هیف‌های خود قادر به نفوذ به منافذ بسیار ریز بوده و افزایش جذب آب و مواد غذایی را باعث می‌شوند (Hao *et al*., 2019). در واقع می‌توان گفت قارچ‌های مایکوریزا با ایجاد سطح جذب بیش‌تر برای جذب و انتقال مواد غذایی در ریشه گیاهان، در بهبود رشد گیاه موثر هستند (Lotfollahi *et al*., 2020). از دیگر مزایای این رابطه همزیستی می‌توان به تولید هورمون‌های محرک رشد، افزایش در عملکرد محصول، افزایش مقاومت گیاه به عوامل بیماری‌زای ریشه و کاهش مصرف کودهای شیمیایی اشاره کرد (Ronga *et al*., 2019). فرج زاده معماری تبریزی و همکاران (Farajzadeh Memari Tabrizi *et al*., 2018) در تحقیقی که بر گیاه ریحان انجام دادند، آن‌ها بیان کردند که تیمار کود زیستی قارچ مایکوریزا اثر مثبتی بر رشد و عملکرد اسانس ریحان داشت. آن‌ها اظهار داشتند که علاوه‌بر بهبود شاخص‌های رشدی، شاخص‌های فیزیولوژیک ازجمله محتوای کلروفیل a و b، تعداد روزنه و محتوای آنتی‌اکسیدان‌ها در اثر کاربرد مایکوریزا افزایش یافت. فتاحی و همکاران (Fattahi *et al*., 2020) در تحقیقات خود بر گیاه پسته بیان کردند که شاخص‌های RWC ،کلروفیل a، b و کلروفیل کل در گیاهان

همزیست با مایکوریزا نسبت به گیاهان غیرهمزیست بیش‌تر بودند. این پژوهش با هدف بررسی اثر محلول‌پاشی با اسید-آمینه سورن و همزیستی برخی گونه‌های قارچ مایکوریزا بر برخی خصوصیات کیفی و سبزینه‌ای گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) اجرا شده است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک-های کامل تصادفی با سه تکرار، طی سال‌های زراعی ۹۹-۱۳۹۸ و ۹۸-۱۳۹۷ در اراضی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۲ دقیقه شرقی و ۱۲۶۵ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. عوامل آزمایش شامل قارچ مایکوریزا (*Glomus mosseae*، *G. etunicatum* و *G. intradices* و شاهد) که از کلینیک گیاه‌پزشکی ارگانیک واقع در اسدآباد همدان تهیه شده که در هر گرم آن، تعداد ۱۲۰ اسپور قارچ مایکوریزا وجود داشت و سطوح اسیدآمینه سورن شامل بدون محلول‌پاشی و محلول‌پاشی در دو مرحله ساقه‌دهی و گل‌دهی بود. میزان مصرف به‌صورت یک کیلوگرم در هکتار با توجه به توصیه شرکت سازنده (به صورت پودری و محصول کمپانی GPPW سوییس و تولید شرکت Biomega یونان) بود که خریداری و مصرف شد. برخی ویژگی‌های خاک محل آزمایش و اسیدآمینه سورن مورد استفاده در آزمایش، در جدول‌های ۱ و ۲ آورده شده است.

عملیات آماده سازی زمین با انجام شخم (در پاییز)، دیسک و ماله، قبل از کاشت صورت گرفت. با توجه به نقشه آزمایش، کرت‌های آزمایشی به‌صورت شش ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و به طول شش متر و فاصله بوته‌ها بر روی ردیف نیز ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. قبل از عملیات کاشت بر اساس نتایج آزمون خاک، از کود فسفات آمونیوم به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و از کود سولفات پتاسیم به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد و هر دوی این کودها به همراه یک سوم کود نیتروژنه از منبع اوره در ابتدای کاشت با خاک مخلوط شدند. کود اوره به میزان ۱۰۰ کیلو گرم در هکتار استفاده شد و دو سوم باقیمانده پس از تنک نهایی و قبل از گلدهی به صورت سرک داده شد. عملیات کاشت در ۱۵ اردیبهشت‌ماه هر دو سال انجام شد. بذور مورد استفاده از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد و پس از ضدعفونی، مورد استفاده قرار گرفت. برای چسبندگی بهتر بذرها با مایه تلقیح قارچ مایکوریزا (مایه تلقیحی به شکل پودر می‌باشد) (از مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه گردید) صمغ عربی استفاده شد (Khoramdel *et al*., 2008). پس از ۱۰ دقیقه و اطمینان از اختلاط بذرها با قارچ (نسبت یک به یک) ، بذرها به مدت یک ساعت در سایه خشک شدند و پس از آن، عملیات کاشت به سرعت انجام شد. صفات محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل (در مرحله گلدهی، اواخر مرداد ماه در هر دو سال)، نسبت کلروفیل a به b ، شاخص کلروفیل (در مرحله گل‌دهی و با استفاده از برگ‌های کاملاً توسعه یافته)، کاروتنوئید برگ و گل (در مرحله گلدهی)، فلاونوئید گل (در مرحله گلدهی)، عملکرد دانه و محتوای نسبی آب برگ (در مرحله گل‌دهی و با استفاده از برگ‌های کاملاً توسعه یافته) مورد ارزیابی قرار گرفت.

عملیات آماده‌سازی زمین با انجام شخم (در پاییز)، دیسک و ماله، قبل از کاشت صورت گرفت. با توجه به نقشه آزمایش، کرت‌های آزمایشی به‌صورت شش ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی‌متر و به طول شش متر و فاصله بوته‌ها بر روی ردیف نیز ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. قبل از عملیات کاشت بر اساس نتایج آزمون خاک، از کود فسفات آمونیوم به مقدار ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و از کود سولفات پتاسیم به مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد و هر دوی این کودها به‌همراه یک سوم کود نیتروژن از منبع اوره در ابتدای کاشت با خاک مخلوط شدند. کود اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد و دو سوم باقیمانده پس از تنک نهایی و قبل از گلدهی به‌صورت سرک داده شد. عملیات کاشت در ۱۵ اردیبهشت‌ماه هر دو سال انجام شد. بذور مورد استفاده از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد و پس از ضدعفونی، مورد استفاده قرار گرفت. برای چسبندگی بهتر بذرها با مایه تلقیح قارچ مایکوریزا (مایه تلقیحی به شکل پودر می‌باشد) (از مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه گردید) صمغ عربی استفاده شد (Khoramdel *et al*., 2008). پس از ۱۰ دقیقه و اطمینان از اختلاط بذرها با قارچ (نسبت یک به یک) ، بذرها به‌مدت یک ساعت در سایه خشک شدند و پس از آن، عملیات

کاشت به‌سرعت انجام شد. صفات محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل (در مرحله گلدهی، اواخر مرداد ماه در هر دو سال)، نسبت کلروفیل a به b، شاخص کلروفیل (در مرحله گل‌دهی و با استفاده از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته)، کاروتنوئید برگ و گل (در مرحله گلدهی)، فلاونوئید گل (در مرحله گلدهی)، عملکرد دانه و محتوای نسبی آب برگ (در مرحله گل‌دهی و با استفاده از برگ‌های کاملاً توسعه‌یافته) مورد ارزیابی قرار گرفت.

جهت تعیین محتوای کلروفیل a، b، کلروفیل کل برگ و کاروتنوئید در برگ و گل ۶۰ میلی‌گرم نمونه برگ و گل تازه که کاملاً رسیده هستند را جدا کرده و در هاون چینی همراه با سه میلی‌لیتر متانول ۹۹ درصد، ساییده و سپس به‌مدت پنج دقیقه در دستگاه سانتریفیوژ با سرعت ۳۰۰۰ دور در دقیقه قرار داده شد. سپس عصاره استخراج شده را با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج‌های ۶۶۶ نانومتر برای کلروفیل a، ۶۵۳ نانومتر برای کلروفیل b و۴۷۰ نانومتر برای کاروتنوئید مورد سنجش قرار گرفت.

نهایتاً محتوای کلروفیل و کاروتنوئید نیز محاسبه شد (Lutts *et al*., 1996). برای اندازه‌گیری محتوای نسبی آب برگ (RWC)، وزن تر نمونه‌های برگ تهیه شد و سپس نمونه‌ها در دمای اتاق به‌مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر غوطه‌ور شده و سپس پس از این حالت نیز نمونه‌ها توزین شدند. نمونه‌ها، ۴۸ ساعت در آون در دمای ۷۵ درجه سلسیوس قرار داده شدند و سپس وزن خشک آن‌ها محاسبه گردید (Sanchez *et al*., 1998). با استفاده از فرمول زیر محتوای نسبی آب برگ محاسبه شد.

$$RWC = \left[\frac{FW-DW}{TW-D}\right] * 100 \qquad \text{(رابطه ۱)}$$

که دراین فرمول FW وزن تر نمونه‌ها، DW وزن خشک نمونه‌ها و TW وزن نمونه‌های آماس کرده در آب مقطر را نشان می‌دهد. جهت اندازه گیری شاخص کلروفیل برگ با استفاده از دستگاه کلروفیل متر دستی مدل (SPAD-502) انجام شد. برای این منظور پس از قرائت عدد دستگاه در برگ-های سه بوته مربوط به هر واحد آزمایشی، میانگین آن به-عنوان شاخص کلروفیل برگ برای هر تیمار ثبت شد (Hamzei and Salimi, 2014). برای اندازه‌گیری فلاونوئید کل در گل، یک میلی‌گرم عصاره را با چهار سی‌سی آب مقطر مخلوط و ۳۰۰ میکرولیتر نیتریت سدیم پنج درصد به آن اضافه شد. پس از پنج دقیقه ۶۰۰ میکرولیتر کلرید آلومینیوم ده درصد اضافه و پس از شش دقیقه، چهار سی‌سی سود نیم نرمال اضافه شد. در نهایت جذب نور با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر در طول موج ۵۱۰ نانومتر قرائت شد (Zhishen *et al*., 1999). به‌منظور تعیین عملکرد دانه با در نظر گرفتن اثر حاشیه، در مساحت دو متر مربع، بوته‌ها کف‌بر شده (در مرحله رسیدگی دانه‌ها) و پس از خشک‌کردن بوته‌ها در سایه، عملکرد دانه ثبت و به‌صورت کیلوگرم در هکتار گزارش شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم افزار SAS (نسخه 9.1.3) انجام گرفت و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

محتوای کاروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل، نسبت کلروفیل a به b

نتایج نشان داد اثر مایکوریزا بر محتوای کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و نسبت کلروفیل a به b در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که استفاده از مایکوریزا گونه *G. mosseae* محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل را نسبت به شاهد (بدون کاربرد مایکوریزا) به‌ترتیب ۳۶، ۱۸ و ۳۰ درصد افزایش داد (جدول ۴). بیش-ترین مقدار نسبت کلروفیل a به b از گونه *G.etunicatum* حاصل شد. البته مایکوریزا گونه *G. mosseae*، در صفت نسبت کلروفیل a به b رتبه دوم را داشت و نسبت به شاهد، ۲۱ درصد افزایش در این صفت را نشان داد. در مطالعه‌ای که توسط فرج زاده معماری تبریزی و همکاران (Farajzadeh Memari Tabrizi *et al*., 2018) بر گیاه ریحان انجام شد، آن‌ها بیان کردند که کاربرد مایکوریزا (گونه*G. mossae*، *G. intraradices* و *G. hoei*) افزایش معنی‌داری در محتوای کلروفیل a و b در برگ‌های گیاه ریحان ایجاد کرد. در تحقیق دیگری بر گیاه فلفل، مشخص شد که میزان کلروفیل a وb در گیاهان تلقیح‌شده با قارچ *G. intraradices* به‌طور معنی-داری نسبت به گیاهان غیر مایکوریزایی افزایش یافت (Demir, 2004). حبیبی و همکاران (Habibi et al., 2013) با بررسی اثر همزیستی مایکوریزا بر گندم بیان کردند

که کاربرد قارچ مایکوریزا بر محتوای کلروفیل a و b و همچنین نسبت کلروفیل a به b موثر بود. آن‌ها اظهار داشتند گونه *G. geosporum mosseae* بیش‌ترین محتوای کلروفیل b را در مقایسه با دیگر سطوح قارچی و شاهد به خود اختصاص دادند. خیری و همکاران (Kheiri *et al*., 2020) با بررسی نه گونه قارچ مایکوریزا بر گیاه همیشه‌بهار، بیان کردند که *G. mosseae* تأثیر مثبتی بر بهبود رنگیزه‌های فتوسنتزی داشت، به‌طوری‌که میزان کلروفیل کل در تلقیح با آن نسبت به تیمار شاهد ۶۸ درصد افزایش یافت (Perry *et al*., 2011). افزایش میزان کلروفیل با کاربرد قارچ‌های مایکوریزا را به افزایش جذب نیتروژن توسط سیستم مایکوریزایی نسبت دادند. قارچ‌های مایکوریز پس از ایجاد رابطه همزیستی با گیاهان میزبان می‌تواند بر رشد و نمو آن‌ها از طریق بهبود فتوسنتز به جهت افزایش محتوای کلروفیل در برگ‌ها شوند. برخی از محققین گزارش کرده‌اند که قارچ مایکوریز باعث افزایش سرعت فتوسنتز در واحد سطح برگ گیاه میزبان می‌شود (Lotfollahi *et al*., 2020).

اثر کاربرد اسید آمینه بر کلروفیل b در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). کاربرد برگی اسید آمینه، محتوای کلروفیل b را شش درصد افزایش داد (جدول ۴). چنین می‌توان بیان کرد که در این صفات، کاربرد مایکوریزا بسیار موثرتر از کاربرد برگی اسید آمینه بوده است. اسیدهای آمینه احتمالاً با جلوگیری از ساخت آنزیم‌هایی که در تولید اتیلن نقش دارند، می‌توانند نقش مهمی در ساخت رنگیزه‌های گیاهی داشته باشند. از طرفی، اسیدهای آمینه در جلوگیری از تخریب رنگیزه‌های گیاهی با مهار فعالیت آنزیم پراکسیداز که اثر خود را از طریق کاهش فعالیت آنزیم‌های هیدرولیتیک در غشای تیلاکوئید می‌گذارد، از تخریب رنگیزه‌ها توسط گونه‌های اکسیژن فعال جلوگیری می‌کند (Shokouh *et al*., 2018). همچنین اسیدهای آمینه سازگاری بسیار خوبی در متابولیسم گیاهان داشته و در رفع کمبود در گیاهان می‌توانند نقش سریعی داشته باشند و می‌توانند منجر به افزایش سطح برگ و محتوای کلروفیل شده و در افزایش کمی و کیفی گیاه موثر باشند (Radkowski and Radkowska, 2018). کاهل و سلطان (Kahlel and Sultan, 2019) در تحقیقات خود که اثر سه ترکیب اسید آمینه آزومین، تکامین و دلفان پلاس را بر چهار رقم سیب زمینی بررسی کرده بودند، بیان کردند که کاربرد آزومین به‌عنوان ترکیب آمینو اسید باعث افزایش سطح برگ، محتوای کلروفیل کل و عملکرد کل شد.

شاخص کلروفیل

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد، اثر کاربرد برگی اسیدآمینه و اثر مایکوریزا بر صفت شاخص کلروفیل در سطح یک درصد معنی‌دار شد و اثر متقابل آن‌ها معنی‌دار نشد (جدول ۳). نتایج نشان داد استفاده از مایکوریزا و گونه *G. mosseae* باعث افزایش ۳۳ درصدی این صفت شد و بیان‌کننده تاثیر بیش‌تر مایکوریزا نسبت به کاربرد برگی اسیدآمینه در افزایش این شاخص است (جدول ۵). یکی از مهم‌ترین نقش‌های مایکوریزا افزایش محتوای کلروفیل است (Gogoi and Sint, 2011). گزارش شده است که مایکوریزا، فتوسنتز گیاه را افزایش داده و بنابراین، نسبت ذخیره‌سازی و انتقال مواد در همان زمان افزایش پیدا می‌کند که احتمالاً دلیل این امر افزایش غلظت کلروفیل در گیاهان مایکوریزایی است (Auge, 2001). مقدسان و همکاران (Moghadasan *et al*., 2016) نیز بیان کردند که استفاده از قارچ‌های مایکوریزا موجب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی نسبت به گیاهان غیر مایکوریزایی در گیاه همیشه‌بهار شد.

نتایج نشان‌دهنده افزایش شش درصدی شاخص کلروفیل در اثر کاربرد برگی اسیدآمینه بر صفت شاخص کلروفیل بود. فتحی و همکاران (Fathi *et al*., 2020) در تحقیق خود نشان دادند که اسیدهای آمینه با افزایش میزان نیتروژن، پتاسیم و فسفر در گیاه، باعث افزایش میزان رنگیزه‌ها (کلروفیل) شده که به دنبال توانایی جذب نور خورشید، تولید مواد فتوسنتزی و در نهایت باعث بهبود رشد و عملکرد گیاه می‌شود. در مطالعه دیگری نیز کاربرد اسیدهای آمینه منجر به افزایش کلروفیل شد (Faten *et al*., 2010). آمینو اسیدها و مایکوریزا باعث افزایش میزان کلروفیل در گیاه و در نتیجه افزایش میزان فتوسنتز و ساخت کربوهیدرات‌ها شده و در نتیجه وزن‌تر و خشک گیاه افزایش می‌یابد که احتمالاً می‌توان یک هم‌افزایی در بین تیمارها را بر این صفت مشاهده کرد که نتیجه آن افزایش عملکرد در گیاه خواهد بود.

محتوای کاروتنوئید برگ و گل

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر مایکوریزا بر محتوای کاروتنوئید برگ و گل و همچنین اثر کاربرد اسید-آمینه بر کاروتنوئید گل در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳) و اثر کاربرد اسیدآمینه بر محتوای کاروتنوئید برگ نیز در سطح پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج نشان داد تلقیح با مایکوریزا اثر مثبتی بر کاروتنوئید برگ و گل داشت به‌طوری‌که گونه *G. mosseae* کاروتنوئید برگ را نسبت به شاهد ۲۱ درصد افزایش داد و البته با تیمار تلقیح با *G.intraradices* تفاوت معنی‌داری نشان نداد (جدول ۴ و شکل ۱). همچنین بیش‌ترین محتوای کاروتنوئید گل در تلقیح بذر با گونه *G. mosseae* مشاهده شد که ۲۵ درصد بالاتر از شاهد بدون تلقیح بود (جدول ۴ و شکل ۲). خیری و همکاران (Kheiri *et al*., 2020) بیان کردند، اثر گونه‌های مختلف قارچ مایکوریزا بر کاروتنوئید گل در گیاه همیشه‌بهار معنی‌دار شده و بیش‌ترین میزان آن در گیاهان تلقیح‌شده با گونه‌های *G. mosseae* و *G. geosporum* مشاهده شد که نسبت به شاهد به‌ترتیب افزایش ۷۷/۵ و ۸۴/۴ درصد را باعث شد و گونه *G. etanicatum* نیز نسبت شاهد ۶۲ درصد افزایش را نشان داد. به‌نظر، مایکوریزا با ایجاد زیست‌فراهمی عناصر غذایی و بهبود تغذیه معدنی گیاه، تاثیر قابل ملاحظه‌ای بر مسیرهای بیوسنتز متابولیت‌های ثانویه در گیاه می‌گذارد و در بهبود رشد گیاه و افزایش سطح برگ آن و به طبع آن افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی نقش داشته باشد.

کاربرد اسید آمینه باعث افزایش پنج و هفت درصدی به-ترتیب در مقدار کاروتنوئید برگ و گل شد (جدول ۴ و شکل ۳ و ۴). صارمی و همکاران (Saremi *et al*., 2021) نشان دادند که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه بر محتوای کارتنوئید تاثیر معنی‌داری ($p\leq0.01$) داشته است. آن‌ها بیان کردند که اسیدآمینه آرژنین از اسیدهای آمینه مهم در تولید رنگیزه‌های گیاهی است و به‌همین دلیل آن‌ها توضیح دادند که این موضوع از دلایل افزایش معنی‌دار کاروتنوئید در گیاه فیسالیس (*Physalis alkekengi* L.) بوده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات شیمیایی خاک مزرعه از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متر

Table 1. Selected chemical properties of Farm soil from a depth of 0 to 30 (cm) used

بافت خاک Soil texture	ماسه Sandy (٪)	سیلت Silt (٪)	رس Clay (٪)	پتاسیم K (ppm)	فسفر P (ppm)	نیتروژن N (٪)	کربن آلی Organic carbon (٪)	مواد خنثی شونده Neutralizing materials (٪)	هدایت الکتریکی خاک EC ($dS.m^{-1}$)	pH
لومی رسی شنی A lomy sandy clay	57	20	23	134	6.2	0.03	0.28	5.6	2.48	7.4

جدول ۲- مشخصات اسید آمینه‌ی آمینوسورن (پودری) (Torabahmadi *et al*., 2019**)**

Table 2. Characteristics of the amino acid Soren (powder)

g.100^{-1} g protein	نام اسید آمینه Name of amino acid		g.100^{-1} g protein	نام اسید آمینه Name of amino acid	
3.6	leycine	لیسین	8.9	Alanine	آلانین
4.4	lysine	لیزین	7	Arginine	آرژنین
1.5	Methionine	متیونین	6.3	Aspartic Acid	اسید آسپارتیک
2.5	Phenylalanine	فنیل آلانین	0.3	cysteine	سیستئین
11	Proline	پرولین	12.5	Glutamic Acid	اسید گلوتامیک
3.4	Serine	سرین	20	Glycine	گلایسین
2.1	Threonine	تروئونین	1.7	Histidine	هیستیدین
1.3	Tyrosine	تیروزین	8.8	Hydroxiproline	هیدروکسی پرولین
3.2	Valine	والین	1.5	Isoleucine	ایزولوسین

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر کاربرد مایکوریزا و محلول‌پاشی اسیدآمینه بر گیاه دارویی همیشه‌بهار

Table 3. Analysis of variances (Mean sqares) of the effect of mycorrhiza application and foliar application of amino acid on pot marigold

S.O.V منابع تغییرات	df درجه آزادی	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	نسبت کلروفیل a به b Chlorophyll ratio a to b	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	کاروتنوئید گل Flower	کاروتنوئید برگ Leaf carotenoids	فلاونوئید گل Flower flavonoids	محتوی نسبی آب برگ RWC	عملکرد بذر Seed yield
سال Year	1	0.016 ns	0.001 ns	0.007 ns	0.027 ns	0.333 ns	0.0001 ns	0.000008 ns	0.00007 ns	41.347 *	24255.021 ns
تکرار Rep	2	0.966 **	0.021 ns	1.215 **	0.074 ns	23.895 *	0.039 **	0.155 ns	0.019 **	42.314 *	126036.063 **
سال x تکرار YearxRrep	2	0.266 ns	0.001 ns	0.310 ns	0.020 ns	0.895 ns	0.001 ns	0.131 ns	0.0003 ns	41.358 *	5405.021 ns
اسید آمینه Acid	1	0.010 ns	0.350 *	0.480 ns	0.085 ns	65.333 **	0.062 **	0.533 *	0.046 **	22.481 ns	6179827.687 **
مایکوریزا Mico	3	11.42 **	1.543 **	18.261 **	0.898 **	242.472 **	0.228 **	3.195 **	0.025 **	215.285 **	1333542.354 **
اسید آمینه xمایکوریزا AcidxMico	3	0.221 ns	0.027 ns	0.260 ns	0.027 ns	3.500 ns	0.003 ns	0.113 ns	0.001 ns	8.454 ns	46641.576 *
سال x اسید آمینه YearxAcid	1	0.001 ns	0.010 ns	0.020 ns	0.0004 ns	10.083 ns	0.003 ns	0.0008 ns	0.0005 ns	68.664 **	2041.021 ns
سال x مایکوریزا YearxMico	3	0.117 ns	0.050 ns	0.051 ns	0.076 ns	1.944 ns	0.0120 *	0.366 *	0.004 **	1.345 ns	8676.576 ns
سالxاسید آمینهxمایکوریزا YearxAcidxMico	3	0.059 ns	0.099 ns	0.164 ns	0.053 ns	1.916 ns	0.00002 ns	0.105 ns	0.0008 ns	8.568 ns	3451.243 ns
خطا Error	28	0.158	0.066	0.227	0.046	5.467	0.0041	0.097	0.0007	8.506	11751.83
ضریب تغییرات CV(%)		7.21	8.75	5.63	11.49	5.92	5.76	6.37	6.03	5.89	6.50

* ، ** و ns به‌ترتیب بیانگر وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد، یک درصد و عدم وجود اختلاف معنی‌دار می‌باشد

*, ** and ns means significant difference at p<0.05 , p<0.01 and non significant respectively

جدول ۴- جدول مقایسه میانگین‌های صفات مختلف گیاه دارویی همیشه بهار با کاربرد مایکوریزا و محلول‌پاشی اسید آمینه

Table 4. Comparison table of means of different traits of pot marigold with application of mycorrhiza and foliar application of amino acid

		کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g FW)	کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g FW)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg/g FW)	نسبت کلروفیل a به b Chlorophyll ratio a to b	کاروتنوئید گل Flower carotenoids (mg/g FW)	کاروتنوئید برگ Leaf carotenoids (mg/g FW)	فلاونوئید گل Flower flavonoids (mg/g FW)	محتوی نسبی آب برگ (%)RWC	عملکرد بذر Seed yield (kg/ha)
سال (Year)	1	5.52 a	2.94 a	8.47 a	1.90 a	1.12 a	4.89 a	0.44 a	50.42 a	1644.21 a
	2	5.49 a	2.95 a	8.44 a	1.86 a	1.12 a	4.89 a	0.44 a	48.56 b	1689.17 a
اسید آمینه (Amino acid)	عدم کاربرد	5.49 a	2.86 b	8.35 a	1.92 a	1.08 b	4.78 b	0.41 b	48.80 a	1307.88 b
	کاربرد اسید آمینه	5.52 a	3.03 a	8.55 a	1.84 a	1.15 a	4.99 a	0.47 a	50.17 a	2025.50 a
مایکوریزا (Mycorrhiza)	عدم کاربرد	4.18 d	2.81 b	7.00 d	1.50 c	0.94 d	4.24 c	0.38 c	44.85 d	1275.33 d
	G. mosseae	6.49 a	3.43 a	9.92 a	1.89 b	1.26 a	5.38 a	0.43 b	54.37 a	2068.83 a
	G.etunicatum	5.49 c	2.58 c	8.07 c	2.14 a	1.19 b	4.71 b	0.50 a	47.30 c	1565.25 c
	G.intradices	5.87 b	2.95 b	8.83 b	1.99 ab	1.08 c	5.21 a	0.45 b	51.43 b	1757.33 b

داده‌های با حرو ف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد طبق آزمون دانکن می‌باشد.

Values followed by different letters are significantly different according to Duncan test, P= 0.05

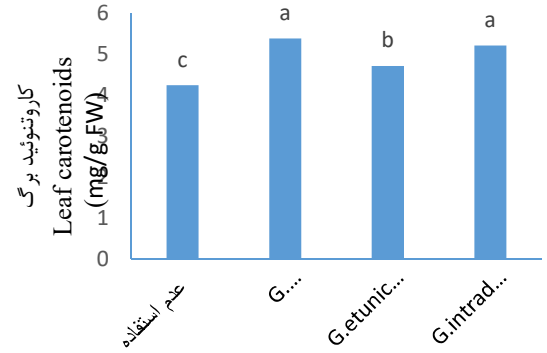
جدول ۵- جدول مقایسه میانگین‌های اثرات متقابل صفات مختلف گیاه دارویی همیشه‌بهار با کاربرد مایکوریزا و محلول‌پاشی اسیدآمینه

Table 5. Comparison table of means of interactions of different traits of marigold with application of mycorrhiza and foliar application of amino acid

		شاخص کلروفیل Chlorophyll index	عملکرد بذر Seed yield (kg/ha)
عدم کاربرد اسید آمینه	عدم کاربرد	33.66 b	926.67 d
	G. mosseae	42.50 a	1793.83 a
	G.etunicatum	36.16 b	1167.17 c
	G.intradices	40.83 a	1343.83 b
کاربرد اسید آمینه	عدم کاربرد	35.00 d	1624.00 d
	G. mosseae	46.33 a	2343.83 a
	G.etunicatum	38.50 c	1963.33 c
	G.intradices	42.66 b	2170.83 b

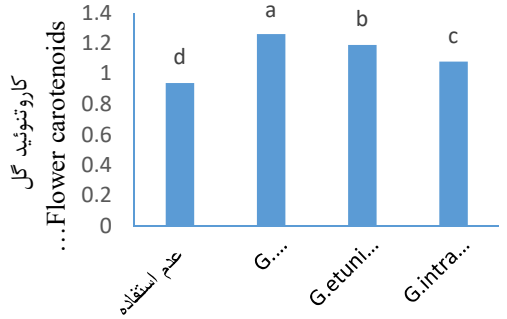
داده‌های با حرو ف متفاوت نشان‌دهنده اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد طبق آزمون دانکن می‌باشد.

Values followed by different letters are significantly different according to Duncan test, P= 0.05



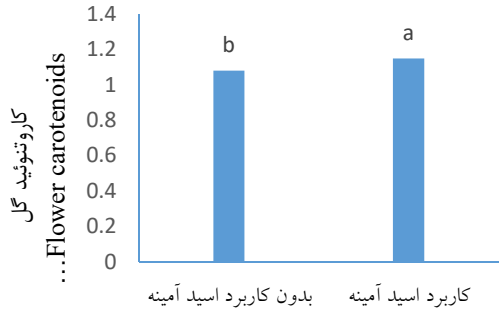
شکل ۱- اثر تلقیح مایکوریزا بر کاروتنوئید برگ گیاه دارویی همیشه‌بهار

Figure 1. Effect of mycorrhiza inoculation on carotenoids of pot marigold leaves



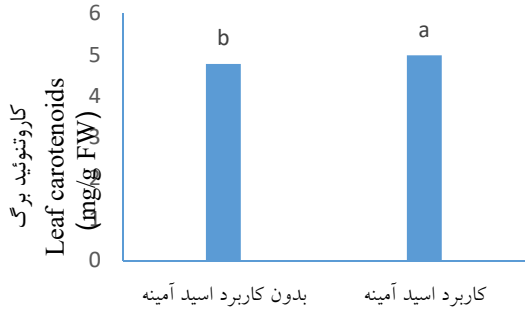
شکل ۲-اثر تلقیح مایکوریزا بر کاروتنوئید گل گیاه دارویی همیشه‌بهار

Figure 2. Effect of mycorrhiza inoculation on carotenoids of pot marigold flowers



شکل ۳- اثر کاربرد اسید آمینه بر کاروتنوئید گل گیاه دارویی همیشه‌بهار

Figure 3. Effect of amino acid application on carotenoids of pot marigold



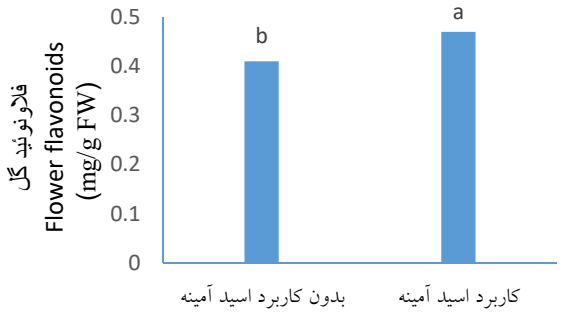
شکل ۴- اثر کاربرد اسید آمینه بر کاروتنوئید برگ گیاه دارویی همیشه‌بهار

Figure 4. Effect of amino acid application on carotenoids of pot marigold leaves

محتوای فلاونوئید گل

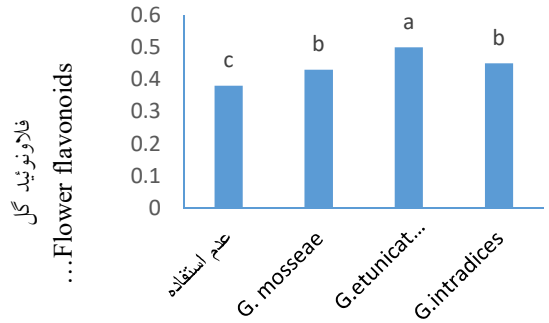
نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد، اثر مایکوریزا و همچنین اثر کاربرد اسیدآمینه بر محتوای فلاونوئید گل در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج نشان داد، کاربرد برگی اسیدآمینه این صفت را ۱۳ درصد افزایش داد (جدول ۴ و شکل ۵). امینی‌فرد و همکاران (Aminifard *et al*., 2019) با آزمایشی که بر گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) انجام دادند، بیان کردند که کاربرد اسیدآمینه بر میزان آنتوسیانین، فلاونوئید و کلروفیل کل تاثیرگذار بود. فنیل‌آلانین پیش‌ماده سنتز مجموعه وسیعی از متابولیت‌های ثانویه، از جمله فنیل پروپانوئیدها، فلاونوئیدها، لیگنین‌ها، آنتوسیانین‌ها و تعداد زیادی متابولیت‌های دیگر می‌باشد (Tzin and Galili, 2010; Portu *et al*., 2015). بیوسنتز ترکیبات فنلی گیاه از مسیر شیکمیک اسید آغاز شده و مهم‌ترین آنزیم بیوسنتزکننده این ترکیب‌ها فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز (Phenylalanine ammonia lyase = PAL) است. فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز امکان تبدیل فنیل‌آلانین به ترانس سینامیک اسید را فراهم کرده و سبب ادامه چرخه و تولید ترکیبات فنلی می‌شود. ترانس سینامیک اسید پیش‌ماده اصلی تولید فلاونوئیدها و لیگنین‌ها است (Sanikhani *et al*., 2020). با توجه به این‌که در تیمار محلول‌پاشی مورد استفاده در این پژوهش اسیدآمینه فنیل‌آلانین وجود دارد (جدول ۲) احتمالاً در تولید فلاونوئیدها به‌وسیله آنزیم فنیل‌آلانین‌آمونیالیاز نقش داشته است.

بیش‌ترین میزان فلاونوئید گل از تلقیح با گونه *G.etunicatum* مایکوریزا حاصل شد. این تیمار محتوای فلاونوئید گل را در مقایسه با شاهد بدون تلقیح ۲۴ درصد افزایش داد (جدول ۴ و شکل ۶). گونه‌های *G. mosseae* و *G.intradices* نیز به‌ترتیب ۱۲ و ۱۶ درصد محتوای فلاونوئید گل را افزایش دادند. افزایش محتوای فنل کل، فلاونوئید و آنتوسیانین در نتیجه همزیستی با مایکوریزا، در گیاه همیشه‌بهار توسط خالوندی و همکاران (Khalvandi *et al*., 2017) نیز گزارش شده است.



شکل ۵- اثر کاربرد اسید آمینه بر فلاونوئید گل گیاه دارویی همیشه‌بهار

Figure 5. Effect of amino acid application on flavonoids of pot marigold flowers



شکل ۶- اثر تلقیح مایکوریزا بر فلاونوئید گل گیاه دارویی همیشه‌بهار

Figure 6. Effect of mycorrhiza inoculation on flavonoids of marigold flowers

محتوای نسبی آب برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد اثر مایکوریزا بر محتوای نسبی آب برگ در سطح یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). نتایج نشان داد که تلقیح با گونه‌ی *G. mosseae* سبب افزایش ۱۸ درصدی محتوای نسبی آب در مقایسه با شاهد شد (جدول ۴). افزایش محتوای آب نسبی برگ در گیاهان مایکوریزایی توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Majidi and Porrang, 2020; Kheiri *et al*., 2020). مایکوریزا از طریق افزایش سطح جذب در گیاه با جذب آب بیش‌تر، در بهبود روابط آبی در گیاه موثر بوده است. قارچ‌های مایکوریزا با جذب عناصر غذایی مانند فسفر و همچنین تعدیل اثر تنش‌های محیطی و تشدید فعالیت تثبیت زیستی نیتروژن سبب بهبود رشد گیاهان و افزایش عملکرد آنها می‌شوند (Baum *et al*., 2015).

عملکرد بذر

اثر تیمارهای اسیدآمینه و مایکوریزا و برهم‌کنش آن‌ها بر صفت عملکرد بذر به‌ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد معنی‌دار شد (جدول ۳). تلقیح با گونه *G. mosseae* و محلول‌پاشی اسیدآمینه بیش‌ترین عملکرد بذر را نشان دادند که این تیمار نسبت به شاهد ۲۴ درصد افزایش عملکرد را موجب شد (جدول ۵). اثر مثبت محلول‌پاشی با اسیدآمینه در عملکرد دانه گشنیز توسط رضاخانی و حاج سیدهادی (Rezakhani and Haj Seyed Hadi, 2017) گزارش شده‌است. کودهای اسیدآمینه می‌توانند به‌عنوان منبع تأمین‌کننده نیتروژن گیاه، سبب افزایش تولید آسیمیلات‌ها شده و در پرشدن دانه و افزایش عملکرد نقش داشته باشند.

در بخش‌هایی از دوره رشد گیاه، نیاز به جذب عناصر غذایی افزایش می‌یابد، ولی احتمالاً به‌دلیل وجود محدودیت‌هایی، گیاه امکان جذب عناصر غذایی را به مقدار کافی نداشته و یا در صورت فراهم‌بودن مواد غذایی در خاک، بین جذب و مصرف تعادل برقرار نشده و گیاه دچار کمبود شود. کاربرد کودهای حاوی اسیدهای آمینه در زمان کوتاهی می‌توانند نسبت به تأمین نیازهای گیاه اقدام و از کاهش عملکرد جلوگیری کنند (Golzadeh *et al*., 2011). از طرفی با حضور قارچ مایکوریزا، سیستم ریشه‌ای گیاه توسعه یافته و با افزایش سطح جذب آب و مواد غذایی، کارآیی جذب آن‌ها توسط گیاه افزایش داشته و در نتیجه مواد بیش‌تری به سمت دانه‌ها منتقل می‌شوند که نهایتاً می‌تواند افزایش عملکرد بذر را باعث گردد.

نتیجه گیری

بر اساس یافته‌های این تحقیق مایکوریزا قادر به ایجاد یک رابطه همزیستی مناسب با گیاه دارویی همیشه‌بهار بود. مایکوریزا گونه *G. mosseae* باعث افزایش در مقدار محتوای کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل شد که در این بین اثر بر کلروفیل a بسیار مشهود بود. این رابطه در محتوای کاروتنوئید برگ و گل، افزایشی در حدود چهار برابر و در صفت فلاونوئید گل این کارایی تقریباً دو برابر بود. همچنین کاربرد اسیدآمینه باعث افزایش پنج و هفت درصدی به‌ترتیب در مقدار کاروتنوئید برگ و گل شد. تلقیح با گونه *G. mosseae* به‌همراه محلول‌پاشی اسیدآمینه، بیش‌ترین عملکرد بذر را نشان دادند که نسبت‌به شاهد ۲۴ درصد افزایش عملکرد را موجب شد. در کل می‌توان چنین نتیجه‌گیری کرد که کاربرد مایکوریزا علی‌الخصوص گونه *G. mosseae* قادر به تامین نیاز غذایی و آبی گیاه از طریق ایجاد یک رابطه همزیستی با گیاه دارویی همیشه‌بهار بوده و از طرفی کاربرد اسیدآمینه نیز با تامین سریع نیاز غذایی گیاه، در بهبود صفات رشدی و افزایش در صفات کیفی بررسی شده در این مقاله اثر بسیار مثبتی داشته باشند.

تشکر و قدردانی

از دانشگاه پیام نور بابت تأمین بخشی از هزینه‌های این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

منابع

Aminifard, M.H., Gholami, M., Bayat, H. and Moradinejad, F. 2019. Evaluation of the effect of folic acid and amino acid fertilizers on phenolic, Flavonoid compounds, antioxidant activity and photosynthetic pigments of the medicinal plant *Coriandrum sativum* L. Journal of Ecophytochemistry of Medicinal Plants, 25: 25-39. (In Persian) **(Journal)**

Auge, R. M, 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza, 11(1): 3-42. **(Journal)**

Baum, C., El-Tohamy, W. and Gruda, N. 2015. Increasing the productivity and product quality of vegetable crops using arbuscular mycorrhizal fungi. A review. Scientia Horticulturae, 187: 131-141. **(Journal)**

Danaee, E. and Abdossi, V. 2018. Phytochemical and morphophysiological responses in basil (*Ocimum basilicum* L.) plant to application of polyamines. Journal of Medicinal Plants, 18(69): 125-133**. (Journal)**

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

Farajzadeh Memari Tabrizi, E., Roshdi Maleki, M., Farajzadeh Memari Tabrizi, N. and Ahmadzadeh, V. 2018. Effects of inoculation of seeds with different strains of bacteria and mycorrhizal fungi on growth, essential oil production, biochemical and physiological characteristics of basil (*Ocimum basilicum* L.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants, 34(5): 805–819. (In Persian) **(Journal)**

Faten, S., Abd El-Aal, F.S., Shaheen, A.M., Ahmed, A.A. and Mahmoud, A.R. 2010. Effect of foliar application of urea and amino acids mixtures as antioxidants on growth, yield and characteristics of squash. Agriculture and Biological Sciences, 6: 583-588. **(Journal)**

Fathi, Sh., Azarpira, E., Sharafi, Y. and Najafian, S. 2020. Effect of some amino acids based biostimulants on Medicinal Mint (*Mentha spicat* L.) under salinity stress. Scientific Journal of Horticultural Nutrition, 2(2): 154–173. **(Journal)**

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

Feng, F., Sun, J., Radhakrishnan, G.V., Lee, T., Bozsóki, Z., Fort, S., Gavrin, A., Gysel, K., Thygesen, M.B., Andersen, K.R. and Radutoiu, S. 2019. A combination of chitooligosaccharide and lipochitooligosaccharide recognition promotes arbuscular mycorrhizal associations in Medicago truncatula. Nature Communications, 10(1):1-12. **(Journal)**

Gogoi, P. and Singh, R.K. 2011. Different effect of some arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Piper longum* L. (Piperaceae). Indian Journal of Sciences and Technology, 4(2): 119-125. **(Journal)**

Golzadeh, H., Mehrafarin, A., Naghdi Badi, H., Fazeli, F., Ghaderi, A. and Zarincheh, N. 2011. Effects of bio-stimulants on quantitative and qualitative yield of German chamomile. *Journal of Medicinal Plants*, 11(41): 195-207. (In Persian) **(Journal)**

Habibi. S., Farzaneh, M. and Meskarbashi, M. 2013. Effect of mycorrhizal symbiosis on soluble sugars, proline and chlorophyll content in wheat under saline conditions. The first national conference on salinity stress in plants and agricultural development strategies in saline conditions. PP: 59. **(Conference)**

Hamza, L.F., Sahi, N.M. and Hameed, I.H. 2018. Analysis of Methanolic extract of Secondary Metabolites Released by Candida glabratus using GC-MS and Evaluation of Its Antimicrobial Activity. Indian Journal of Public Health, 9(3): 345–351. **(Journal)**

Hamzei, J. and Salimi, F. 2014. Root Colonization, Yield and Yield Components of milk thistle (*Silybum marianum*) Affected by Mycorhizal Fungi and Phosphorus Fertilizer. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 24(4): p:85-96. (In Persian) **(Journal)**

Han, H.S., Supanjani, D. and Lee, K.D. 2006. Effect of coin coculation with phosphate and potassium solubilizing bacteria on mineral uptake and growth of pepper and cucumber. Plant Soil and Environment, 52: 130- 136. **(Journal)**

Hao, Z., Xie, W. and Chen, B. 2019. Arbuscular mycorrhizal symbiosis affects plant immunity to viral infection and accumulation. Viruses, 11(6): 534-542. **(Journal)**

Kahlel, A.-M.S. and Sultan, F.I. 2019. Response of four potato cultivars to soil application with organic and amino acid compounds. Research on Crops, 20(1): 101-108. **(Journal)**

Khalvandi, M., Amerian, M., Pirdashti, H and Baradaran, M. 2017. Effects of Piriformospora indica fungi symbiotic on the quantity of essential oil and some physiological parameters of peppermint in saline conditions. Iranian Journal of Plant Biology, 32: 1–20. (In Persian) **(Journal)**

Kheiri, Z., Moghadam, M and Moradi, M. 2020. Investigation of the effect of different species of mycorrhizal fungi on some growth indices, photosynthetic pigments, flavonoid and carotenoid content of pot marigold flower. Scientific Journal of Garden Nutrition, 3(1): 37-50. (In Persian) **(Journal)**

Khoramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahalati, M. and Ghorbani, R. 2008. Application effects of biofertilizers on the growth indices of black cumin (*Nigella sativa* L.). Iranian Journal of Crop Research, 6(2): 285-294. (In Persian) **(Journal)**

Lotfollahi, A., Bolandnazar, S., Aliasgharzad, N., Khoshru, B. and Siami, A. 2020. Effects of Inoculation with Arbuscular Mycorrhiza and Mycorrhiza-Like Fungi on Growth and Phosphorus Uptake of Coriander. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 31(1): 87–101. (In Persian) **(Journal)**

Lutts, S., Kinet, J.M. and Bouharmont, J. 1996. NaCl-induced senescence in leaves of rice (*Oryza sativa* L.) cultivars differing in salinity resistance. Annals of Botany, 78(3): 389-398. **(Journal)**

Majidi, A. and Porrang, A. 2020. Investigation of the effect of two species of Arbuscular mycorrhiza fungi at different levels of moisture stress on some growth characteristics of maize. Journal of Environmental Stresses in Crop Science, 13(1): 21-129. (In Persian) **(Journal)**

Moghadasan, Sh., Safipour Afshar, A. and Saeid Nematpour, F. 2016. The Role of Mycorrhiza in Drought Tolerance of pot Marigold (*Calendula officinalis* L.). Journal of Crop Ecophysiology, 9(4): 134-151. (In Persian) **(Journal)**

Nasholm, T., Kielland, K. and Ganeteg, U. 2009. Uptake of organic nitrogen by plants. New Phytology, 182: 31-48. **(Journal)**

Ourabia, I., Djebbar, R., Tata, S., Sabaou, N. and Fouial-Djebbar, D. 2019. determination of essential oil composition, phenolic content, and antioxidant, antibacterial and antifungal activities of marigold (*calendula officinalis* l.) cultivated in algeria. Carpathian Journal of Food Science and Technology, 11(2): 93-110. **(Journal)**

Perry, T.W., Rhykerd, C.L., Holt, D.A. and Mayo, H.H. 2011, Effect of potassium fertilization on chemical characteristics, yield and nutritive value of corn silage, Journal of Animal Science, 34: 642-646. **(Journal)**

Portu, J., Lopez-Alfaro, I., Gomez-Alonso, S., Lopez, R. and Garde-Cerdan, T. 2015. Changes on grape phenolic composition induced by grapevine foliar applications of phenylalanine and urea. Food Chemistry, 180: 171-180. **(Journal)**

Radkowski, A. and Radkowska, I. 2018. Influence of foliar fertilization with amino acid preparations on morphological traits and seed yield of timothy. Plant, Soil and Environment, 64: 209-213. **(Journal)**

Rezakhani, A. and Haj Seyed Hadi, M.R. 2017. Effect of manure and foliar application of amino acids on growth characteristics, seed yield and essential oil of coriander (*Coriandrum sativum* L.). Iranian Journal of Field Crop Science, 48(3): 777-786. (In Persian) **(Journal)**

Ronga, D., Caradonia, F., Francia, E., Morcia, C., Rizza, F., Badeck, F.W., Ghizzoni, R. and Terzi, V. 2019. Interaction of tomato genotypes and arbuscular mycorrhizal fungi under reduced irrigation. Horticulturae, 5(4): 79-88. **(Journal)**

Sanchez, F.J., Manzanares, M., De Andres, E.F., Tenorio, J.L. and Ayerbe, L. 1998. Turgor maintenance, osmotic adjustment and soluble sugar and proline accumulation in 49 pea cultivars in response to water stress. Field Crops Research, 59(3): 225-235. **(Journal)**

Sanikhani, M., Akbari, A. and Kheiry, A. 2020. Effect of phenylalanine and tryptophan on morphological and physiological characteristics in colocynth (*Citrullus colocynthis* L.). Journal of Plant Process and Function, 9(35): 317-328. (In perdian) **(Journal)**

Saremi, S., Gholipoor, M., Abbasdokht, H., Naghdi Badi, H., Mehrafarin, A. and Asghari, H.R. 2021. Evaluation of Effect of Foliar Application of Various Amino acids on the Bochemical Responses of Physalis alkekengi L. Eco-phytochemical Journal of Medicinal Plants, 2: 39–52. (In Persian)**(Journal)**

Sarmadian, F. and Keshavarzi, A. 2014. The use of a hybrid fuzzy-AHP system on the evaluation and mapping of soil fertility. Iranian journal of Water and Soil Conservation, 2: 45–56. (In Persian) **(Journal)**

Shokouh, A.R., Mehrafarin, A., Abdossi, V. and Naghdi Badi, H. 2018. Morpho-physiological and biochemical responses of bladder cherry (*Physalis alkekengi* L.) induced by multienzymatic biostimulant, IBA, and citric acid. Folia Horticulturae, 30(1): 79-92. **(Journal)**

Siahmansour, S., Ehtesham-Nia, A. and Rezaeinejad, A. 2020. Effect of salicylic acid foliar application on Morphophysiological and biochemical traits of Goldenberry (*Physalis peruviana* L.) under salinity stress condition. Journal of Plant Production Research, 27(1): 165-178. (In Persian)**(Journal)**

Silva, D., Ferreira, M.S., Sousa-Lobo, J.M., Cruz, M.T. and Almeida, I.F. 2021. Anti-Inflammatory Activity of Calendula officinalis L. Flower Extract. Cosmetics, 8(31): 1–7. **(Journal)**

Taraseviciene, Z., Velicka, A. and Paulauskiene, A. 2021. A impact of Foliar Application of Amino Acids on Total Phenols, Phenolic Acids Content of Different Mints Varieties under the Field Condition. Plants, 10: 599. **(Journal)**

Torabahmadi, S., Abedy, B. and Saberali, S.F. 2019. Evaluation of some Quantitative and Qualitative Characteristics of Pistachio Plant in Response to Amino Acid Compounds and Seaweed Extract. Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production, 29(4): 189–204. (In Persian) **(Journal)**

Tzin, V. and Galili, G. 2010. The biosynthetic pathways for shikimate and aromatic amino acids in Arabidopsis thaliana. The Arabidopsis Book, 132. **(Journal)**

Yang, L., Wen, K.S., Ruan, X., Zhao, Y.X., Wei, F. and Wang, Q. 2018. Response of Plant Secondary Metabolites to Environmental Factors. Molecules, 23(4):762. **(Journal)**

Zhishen, J., mencheng T. and Jianming, W. 1999. The determination of flavonoid content in mulberry and their scavenging effects on superoxide radicals. Food Chemistry, 64: 555-559. **(Journal)**

Effect of seed inoculation with Mycorrhiza fungi and leaf application of amino acid on some qualitative and herbaceous properties of pot marigold

Mehdi Taheri Asghari

Received: December 1, 2021 Accepted: February 16, 2022

Abstract

In order to investigate the Effect of Mycorrhiza fungi and leaf application of amino acid on some quantitative and herbaceous properties of *Calendula officinalis* L., a factorial layout has been conducted, based on a randomized complete block design with three replications at the field of the research farm of Islamic Azad University, Takestan Branch during 2017-2018 and 2018-2019 years. Experimental factors included three species of mycorrhiza fungi (control, *Glomus mosseae*, *G. etunicatum* and *G. intraradices*) and Soren amino acid levels included no foliar application and foliar application in two stages of stem and flowering. The results showed that the content of chlorophyll a, chlorophyll b and total chlorophyll was maximum when the seeds were inoculated with *G. mosseae* and showed an increase of 36, 18 and 30% compared to the control, respectively. Foliar application of amino acid caused 6% increase in chlorophyll index and the use of *G. mosseae* increased this trait by 33%, which indicates a greater effect of mycorrhiza than foliar application of amino acid in increasing this index. Inoculation with mycorrhiza had a positive effect on the carotenoid content of leaves and flowers, so that inoculation of seeds with *G. mosseae* increased the carotenoid content of leaves and flowers by 21 and 25%, respectively, compared to the control. Foliar application of amino acid and *G. etunicatum* application caused 13 and 24% increase in flower flavonoids, respectively. The results indicated that the application of mycorrhiza is able to increase the herbaceous properties of *Calendula officinalis* to increase the growth and production of more secondary metabolites and the presence of amino acids can be effective in meeting the needs of the plant.

Keywords: Carotenoids; Chlorophyll index; Flavonoids; RWC

How to cite this article
Taheri Asghari, M. 2022. Effect of seed inoculation with Mycorrhiza fungi and leaf application of amino acid on some qualitative and herbaceous properties of pot marigold. Iranian Journal of Seed Science and Research, 9(3): 57-71. (In Persian)(**Journal)**
DOI: 10.22124/jms.2022.6164

COPYRIGHTS
Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research
The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

Assistant Professor, Department of Agriculture, University of Paiam-e-Noor, Tehran, Iran. m.taheri.asghari@gmail.com