



به زراعی کشاورزی

دوره ۲۴ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۱

صفحه‌های ۶۱۵-۶۲۹

DOI: 10.22059/jci.2021.320460.2530

مقاله پژوهشی:

## اثر محلول پاشی با اسیدهای آمینه و همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا بر ویژگی‌های گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)

مهدی طاهری اصغری\*

استادیار، گروه کشاورزی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۵/۲۳

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۱۲/۲۰

### چکیده

به منظور بررسی اثر محلول پاشی اسیدهای آمینه و کاربرد قارچ میکوریزا بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، طی سال‌های زراعی ۱۳۹۸-۹۹ و ۱۳۹۷-۹۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان اجرا شد. عوامل آزمایشی شامل سه گونه قارچ میکوریزا (شاهد، *Glomus mosseae*، *G. etunicatum* و *G. intradices*) و سطوح کود اسید آمینه سورن (این ترکیب تجاری حاوی انواع اسیدهای آمینه ضروری برای گیاه است) شامل بدون محلول پاشی و محلول پاشی در دو مرحله ساقه‌دهی و گل‌دهی بود. نتایج نشان داد تلقیح با میکوریزا بر همه صفات مورد بررسی معنی‌دار بود. همچنین اثر کود اسید آمینه بر همه صفات به جز درصد اسانس و عملکرد عصاره اثر معنی‌داری داشت. در بین میکوریزاهای مورد استفاده، *Glomus mosseae* توانست در بیش‌تر صفات نسبت بقیه قارچ‌ها برتری داشته باشد. بیش‌ترین عملکرد بذر از تیمار کود اسید آمینه و *Glomus mosseae* با مقدار ۲۳۴۳ کیلوگرم در هکتار و بیش‌ترین عملکرد اسانس نیز از تیمار *Glomus mosseae* با مقدار ۷/۷۴ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. با نتایج به دست آمده می‌توان گفت استفاده از کودهای دارای اسید آمینه به همراه تلقیح با میکوریزا اثر مثبتی بر صفات گیاه دارویی همیشه‌بهار دارد.

**کلیدواژه‌ها:** اسانس، اسید آمینه، عصاره، کود بیولوژیک، میکوریزا.

## The Effect of Foliar Application of Amino Acids and Symbiosis with Mycorrhiza Species on the Characteristics of Pot Marigold (*Calendula officinalis* L.)

Mehdi Taheri Asghari\*

Assistant Professor, Department of Agriculture, Payame Noor University, Tehran, Iran.

Received: March 10, 2021

Accepted: August 14, 2021

### Abstract

In order to investigate the effects of foliar application of amino acids fertilization and mycorrhizal fungi symbiosis on quantitative and qualitative characteristics 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 include three species of mycorrhiza fungi (control, *Glomus mosseae*, *G. etunicatum* and *G. intradices*) and Soren amino acid fertilizer levels (this commercial compound contains a variety of essential amino acids for the plant) include no foliar application and foliar application in two stages of stem and flowering. The results show that inoculation with mycorrhiza species has been significant for all studied traits in this test. Also, the effect of amino acid fertilizer has had a significant effect on all traits, except essential oil percentage and extract yield. Among the mycorrhizae used in this experiment, *Glomus mosseae* is able to be superior over other fungi in most traits. The highest seed yield is obtained from amino acid fertilizer and *Glomus mosseae* with 2343 kg / ha and the highest essential oil yield is in *Glomus mosseae* with 7.74 kg / ha. Based on the results, it can be concluded that the use of amino acid fertilizers with inoculation with mycorrhiza has a positive effect on the traits of marigold.

**Keywords:** Amino acid, biological fertilizer, essential oil, extract, mycorrhiza.

## ۱. مقدمه

گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.) گیاهی است از خانواده Asteraceae که منشأ آن مدیترانه، آسیای غربی و اروپای جنوبی است. این گیاه گونه مهمی از تیره کاندولا بوده و به دلیل داشتن خواص دارویی، شناخته شده است (Mishra et al., 2018). Escher et al. (2019) مشخص کردند که مشتقات کوئرسین و آپیزین در عصاره هیدروالکلی گل در همیشه‌بهار وجود دارد. هم‌چنین علاوه بر فنولیک‌ها، برگ‌ها و گل‌ها حاوی ساپونین‌ها، تری‌ترپنوئیدها، اسانس‌ها و کاروتنوئیدها هستند (Chitrakar et al., 2019). خواص ضد میکروبی و ضد قارچی عصاره گل همیشه‌بهار باعث کاربرد آن برای درمان التهاب و زخم‌های پوستی شده است (Kozłowska et al., 2019). سازمان غذا و دارو<sup>۱</sup> گیاه همیشه‌بهار را به‌عنوان ماده GRAS<sup>۲</sup> (به‌طور کلی بی‌خطر) طبقه بندی کرده است (Slavov et al., 2020). امروزه، در کشاورزی، محلول‌پاشی و تغذیه برگ‌ها به‌عنوان روشی کاربردی و مؤثر برای تأمین به‌موقع مواد غذایی مورد نیاز گیاه و استفاده بهینه از کودها مطرح می‌باشد (Yaghoobi Suraki et al., 2018).

یکی از روش‌های کم‌هزینه و مؤثر در بهبود بازدهی مصرف آب گیاهان، افزایش مدیریت کارایی تغذیه در گیاهان می‌باشد. تعداد زیادی از کودهای مغذی در آب محلول هستند و ممکن است به‌طور مستقیم روی قسمت‌های هوایی گیاهان استفاده شوند (Alshaal & El-Ramady, 2017). در مطالعه دیگری نشان داده شده است که این مواد می‌توانند از طریق مراحل مختلف با نفوذ به کوتیکول یا ورود از طریق روزنه در متابولیسم گیاه مورد استفاده قرار گیرند (Oosterhuis & Weir, 2010). اسیدهای آمینه به‌عنوان محرک‌های زیستی (موادی که

رشد گیاه را تقویت می‌کنند، در دسترس بودن مواد مغذی را بهبود می‌بخشند و کیفیت گیاهان را افزایش می‌دهند) (Rouphael & Colla, 2018) نه تنها برای کاهش صدمات ناشی از تنش‌های غیرزیستی به آن‌ها ارزش داده شده است بلکه به‌عنوان پیش سازهای هورمون نیز عمل کرده است (Calvo et al., 2014) و تنظیم کننده‌های جذب نیتروژن (Miller et al., 2007) و توسعه دهنده ریشه هستند (Halpern et al., 2015). هم‌چنین، مشخص شده است که کاربرد اسیدهای آمینه باعث افزایش  $K^+$  در گیاهان در زمانی که گیاه در محیط با تنش شوری و بدون تنش شوری قرار دارد (Ertani et al., 2013). نتایج Rezakhani & Haj Seyed Hadi (2017) نشان داد که کاربرد کود دامی و محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در تأمین عناصر غذایی گیاه دارویی گشنیز در نظام‌های تولید پایدار نقش مؤثری دارند. Souri & Yarahmadi (2015) بیان کردند که برای رشد بهینه گیاه همیشه‌بهار به‌جای مصرف خاکی کودهای شیمیایی می‌توان از چهار بار محلول‌پاشی آمینوکلات‌ها استفاده کرد. پژوهش‌های متعدد دیگری نشان دادند که محلول‌پاشی اسیدهای آمینه در رشد و عملکرد گیاهان مؤثر بوده است. ثابت شده است که محلول‌پاشی اسید آمینه یک استراتژی موفقیت‌آمیز برای رشد بسیاری از محصولات است که در خاک‌های با حاصل‌خیزی کم کشت می‌شوند (Abdel-Mawgoud et al., 2011; Tantawy et al., 2009; El-Abagy et al., 2014; Ghaith & Galal, 2014; Shafeek et al., 2014). کود تجاری آمینوسورن حاوی ۱۸ اسید آمینه آزاد با قابلیت جذب سریع برگی است (Torabahmadi et al., 2019). با توجه به این‌که هدف از این آزمایش به‌زرایی در گیاه دارویی می‌باشد، بنابراین می‌باید در تغذیه آن دقت نظر بیش‌تری داشته باشیم.

1. Food and Drug Administration
2. Generally Recognized as Safe

اثر محلول پاشی با اسیدهای آمینه و همزیستی با گونه‌های قارچ مایکوریزا بر ویژگی‌های گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L).

صفات اندازه‌گیری شده (زمان آغاز غنچه‌دهی و آغاز گلدهی، ارتفاع بوته، تعداد شاخه‌های جانبی در بوته، تعداد برگ در بوته، سطح برگ بوته، قطر یقه، تعداد گل در بوته، قطر گل، وزن تر و خشک بوته، وزن تر و خشک گل) در گیاهان همیشه‌بهار تلقیح شده با قارچ مایکوریزا به‌طور معنی‌داری بیش‌تر از گیاهان بدون تلقیح با مایکوریزا بودند. هدف از انجام این آزمایش بررسی تأثیر هم‌زمان استفاده از قارچ‌های مایکوریزا و کود اسیدآمینه در جهت بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاه دارویی همیشه‌بهار می‌باشد.

## ۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار، طی سال‌های زراعی ۹۹-۱۳۹۸ و ۹۸-۱۳۹۷ در کنار اراضی دانشگاه آزاد اسلامی واحد تاکستان با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۴ دقیقه دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۹ درجه و ۴۲ دقیقه شرقی و ۱۲۶۵ متر ارتفاع از سطح دریا اجرا شد. عوامل آزمایش شامل گونه‌های مختلف قارچ مایکوریزا (*Glomus mosseae*، *G. etunicatum* و *G. intradices* و شاهد) و سطوح اسیدآمینه سورن شامل بدون محلول پاشی و محلول پاشی در دو مرحله ساقه‌دهی و گل‌دهی بود. میزان مصرف به‌صورت یک کیلوگرم در هکتار با توجه به توصیه شرکت سازنده (به‌صورت پودری و محصول کمپانی GPPW سوییس و تولید شرکت Biomega یونان) بود که خریداری و مصرف شد. برخی ویژگی‌های خاک محل آزمایش و کود اسیدآمینه سورن مورد استفاده در آزمایش، در جدول‌های (۱) و (۲) آورده شده است.

یکی دیگر از روش‌های تغذیه زیستی، استفاده از قارچ‌های مایکوریزاست. از رویکردهای پیشنهادی بیوتکنولوژی، اثر متقابل گیاهان و قارچ‌های مایکوریزای آربسکولار (AM)، می‌تواند مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی مانند شوری را بهبود بخشد (Evelin et al., 2019). تلقیح گیاهان با مایکوریزا (Arbuscular Mycorrhizal (AM) به‌طور کلی تحمل گیاه به شوری را افزایش داده و بر رشد گیاه، غلظت  $Mg_2$ ،  $K$ ،  $P$  اثر مثبت داشته و نسبت کلروفیل کل را نیز تحت تأثیر مثبت خود قرار می‌دهد. قارچ‌های AM به‌طور قابل توجهی پرولین ریشه و قندهای محلول کل و فنلیک‌های کل را در شاخه‌ها و ریشه‌ها در گیاه *V. officinalis* نسبت به حالت غیرمایکوریزایی تقویت می‌کنند (Amanifar & Toghranegarb, 2020). *et al.* (2020) بیان کردند که قارچ‌های مایکوریزی (AM) با اکثر گیاهان ارتباط همزیستی ایجاد می‌کنند. Smith & Read (2010) گزارش کردند که قارچ‌های میکوریزی آربسکولار (AMF) میکروارگانیسم‌های خاکی هستند که با ۸۰-۹۰ درصد از گونه‌های گیاهان آوندی و ۹۰ درصد از گیاهان زراعی رابطه همزیستی ایجاد می‌کنند. این میکروارگانیسم‌های خاک با گسترش منطقه جذب ریشه، جذب مواد مغذی گیاه را افزایش می‌دهند. در مقابل، کربوهیدرات‌های گیاهی را برای تکمیل چرخه زندگی خود دریافت می‌کنند. هم‌چنین آن‌ها بیان کردند که قارچ‌های مایکوریزی به گیاهان کمک می‌کند تا از پس تنش‌های زنده و غیرزنده مانند شوری، خشکسالی، دمای شدید، فلزات سنگین، بیماری‌ها و عوامل بیماری‌زا برآیند. استفاده از مایکوریزا سبب افزایش ارتفاع گیاه و وزن تر اندام هوایی شد (Moghadasan et al., 2016). نتایج Mohammadi et al. (2013) نشان داد که

جدول ۱. برخی ویژگی‌های شیمیایی خاک مزرعه از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر

pH	هدایت الکتریکی خاک	مواد خنثی شونده	کربن آلی	نیترژن	فسفر	پتاسیم	رس	سیلت	ماسه	بافت
	( $dS.m^{-1}$ )	(%)	(%)	(%)	(ppm)	(ppm)	(%)	(%)	(%)	

۷/۴	۲/۴۸	۵/۶	۰/۲۸	۰/۰۳	۶/۲	۱۳۴	۲۳	۲۰	۵۷	لومی رسی شنی
-----	------	-----	------	------	-----	-----	----	----	----	--------------

جدول ۲. مشخصات کود آمینو سورن پودری (Torabahmadi et al., 2019)

g/100 g protein	نام اسید	g/100 g protein	نام اسید
۳/۶	leucine	۸/۹	آلانین Alanine
۴/۴	lysine	۷	آرژنین Arginine
۱/۵	Methionine	۶/۳	آسپارتیک اسید Aspartic Acid
۲/۵	Phenylalanine	۰/۳	سیستئین cysteine
۱۱	Proline	۱۲/۵	گلوتامیک اسید Glutamic Acid
۳/۴	Serine	۲۰	گلیسین Glycine
۲/۱	Threonine	۱/۷	هیستیدین Histidine
۱/۳	Tyrosine	۸/۸	هیدروکسی پرولین Hydroxiproline
۳/۲	Valine	۱/۵	ایزولوسین Isoleucine

و اطمینان از اختلاط با قارچ، بذرها به مدت یک ساعت در سایه خشک شدند و پس از آن، عملیات کاشت به سرعت انجام شد. صفات ارتفاع گیاه، تعداد گل در بوته، تعداد بذر در گل، درصد اسانس، عملکرد اسانس، عملکرد خشک گل، وزن هزاردانه، عملکرد دانه و بیولوژیک و عصاره اندازه گیری شد. جهت اندازه گیری تعداد دانه در هر گل آذین و تعداد گل آذین در بوته نیز با در نظر گرفتن اثر حاشیه، به طور تصادفی ۱۰ گیاه از هر کرت انتخاب شد و صفات مورد نظر مورد اندازه گیری قرار گرفت.

به منظور تعیین عملکرد خشک گل، عملکرد دانه و بیولوژیک با در نظر گرفتن اثر حاشیه، در مساحت دو مترمربع، بوته‌ها کف بر شده (در انتهای مرحله گلدهی و رسیدگی دانه‌ها) و صفات مورد نظر اندازه گیری شد. برای اسانس گیری از روش تقطیر با آب و با استفاده از گل‌ها انجام گرفت. گل‌های هر کرت پس از اعمال محلول پاشی و در سه چین انتهای ماه‌های تیر، مرداد و شهریور برداشت و با هم مخلوط شده و برای اسانس گیری مورد استفاده قرار گرفتند. مقدار ۲۵ گرم گل پس از توزین دقیق و خرد کردن، به همراه ۶۰۰

عملیات آماده سازی زمین با انجام شخم، دیسک و ماله، قبل از کاشت صورت گرفت. با توجه به نقشه آزمایش، کرت‌های آزمایشی به صورت شش ردیف کاشت به فاصله ۵۰ سانتی متر و به طول شش متر و فاصله بوته‌ها بر روی ردیف نیز ۲۰ سانتی متر 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 کوه نیتروژنه از منبع اوره در ابتدای کاشت با خاک مخلوط شدند. کود اوره به میزان ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار استفاده شد دو سوم باقیمانده پس از تنک نهایی و قبل از گلدهی به صورت سرک داده شد.

عملیات کاشت در ۱۵ اردیبهشت ماه هر دو سال انجام شد. بذور مورد استفاده از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد و پس از ضد عفونی مورد استفاده قرار گرفت. برای چسبندگی بهتر بذرها با مایه تلقیح قارچ مایکوریزا (با توجه به این که این مایه تلقیحی به شکل پودر می باشد) (از مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهیه شد) صمغ عربی استفاده شد (Khoramdel et al., 2008). پس از ۱۰ دقیقه

اثر محلول پاشی با اسیدهای آمینه و همزیستی با گونه‌های قارچ مایکوریزا بر ویژگی‌های گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L).

ارتفاع گیاه با استفاده از کود اسیدآمینه نسبت به شاهد افزایش هفت درصدی را نشان داد (جدول ۳). نتیجه مشابهی هم بیانگر اثر اسپری اسیدآمینه (ترکیب ۱۷ نوع اسیدآمینه شامل ترئونین، آسپارتیک‌اسید، سرین، گلوتامیک‌اسید، پرولین، لیسین، آلانین، سیستئین، والین، متیونین، ایزولوسین، لوسین، تیروزین، فنیل‌آلانین، لیزین، هیستیدین و آرژنین بود) بر گیاه کرفس وحشی بوده و باعث افزایش ارتفاع در آن گیاه شد (Shehata et al., 2011). آن‌ها اثر تنظیمی اسیدهای آمینه بر رشد را این‌گونه توضیح دادند که برخی از اسیدهای آمینه به‌عنوان مثال فنیل‌آلانین می‌توانند از طریق تأثیر بر بیوسنتز جیبرلین‌ها، بر رشدونمو گیاه تأثیر بگذارند. هم‌چنین نتایج Asadi et al. (2018) نشان‌دهنده افزایش ارتفاع گیاه نعنا فلفلی با محلول پاشی با اسیدآمینه بود. چنین می‌توان بیان کرد که کاربرد اسیدهای آمینه امکان جذب نیتروژن توسط گیاه را افزایش داده و منجر به طولیل شدن بخش هوایی و ارتفاع گیاه می‌شود.

نتایج نشان‌دهنده افزایش ارتفاع همیشه‌بهار با کاربرد قارچ مایکوریزا بود. تلقیح با *G. etunicatum* بیش‌ترین ارتفاع گیاه را ایجاد کرد که این افزایش نسبت به شاهد ۲۱ درصد بود. قارچ‌های مایکوریزایی به‌علت افزودن سطوح جذب ریشه باعث افزایش جذب آب و مواد غذایی توسط گیاهان می‌شوند. بررسی‌ها نشان می‌دهند که جذب عناصر گوناگون از قبیل نیتروژن، فسفر، پتاسیم، آهن، روی، مس و منگنز توسط گیاه در شرایط گلخانه‌ای و مزرعه در حضور قارچ‌های مایکوریزا به‌طور نسبی افزایش یافته است (Aghababaei et al., 2011). Guang-Ming et al. (2020) بیان کردند که تلقیح با قارچ‌های مایکوریزا باعث افزایش ارتفاع در گیاه گردو شد. کاربرد قارچ مایکوریزا باعث بهبود رشد گیاهان می‌شود و این احتمالاً به‌دلیل اصلاح ریخت‌شناسی ریشه، افزایش مواد

میلی‌لیتر آب به بالن ۱۰۰۰ میلی‌لیتری منتقل شد. دما در ابتدای کار بین ۱۳۰ تا ۱۵۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از جوش آمدن محلول، دما در ۱۰۰ درجه سانتی‌گراد ثابت نگداری شد. بعد از اتمام اسانس‌گیری، به جداسازی اسانس (اسانس به‌دلیل ترکیبات خود معمولاً دارای چگالی کم‌تر از آب است و به همین خاطر روی آب قرار می‌گیرد و توسط سرنگ، اسانس خارج و درون ظرف مخصوص کوچک درب‌دار ریخته شد) و توزین آن با ترازوی با دقت بالا اقدام شد (Omidbeigi, 2000). عملکرد اسانس نیز با ضرب‌کردن درصد اسانس در عملکرد خشک گل تقسیم بر ۱۰۰ به‌دست آمد و به‌صورت کیلوگرم در هکتار بیان شد. عصاره نیز از روش اتانول ۷۰ درصد به‌دست آمد. ۲۵ گرم پودر گیاهی را در الکل ۷۰ درصد، به‌مدت ۷۲ ساعت قرار داده و در این مدت زمان، چندین بار مخلوط را به‌هم زده و در پایان، محلول از کاغذ صافی واتمن شماره یک عبور داده شد. محلول به‌دست‌آمده را بر سطح پتری‌دیش پخش کرده تا حلال آن در دمای اتاق تبخیر و سپس عصاره خشک شده از سطح شیشه جدا و توزین شد (Mirzaei et al., 2016). نتایج حاصل توسط نرم‌افزار SAS (نسخه 9.1.3) به‌صورت مرکب مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و مقایسه میانگین‌ها نیز با آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

### ۳. نتایج و بحث

#### ۳.۱. ارتفاع بوته

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر تیمار اسیدآمینه و مایکوریزا بر ارتفاع گیاه به‌ترتیب در سطح پنج و یک درصد معنی‌دار شد. با بررسی نتایج به‌دست‌آمده از جدول مقایسه میانگین‌ها مشخص شد که

مغذی و تنظیم فیتوهورمون است ( Shao et al., 2018; Zhang et al., 2019).

جدول ۳. اثر تیمارهای کود اسیدآمینو و مایکوریزا بر برخی ویژگی‌های گیاه همیشه‌بهار

عملکرد	عملکرد	درصد	تعداد	تعداد	ارتفاع	
خشک گل	اسانس	اسانس	بذر	گل	گیاه	
(kg.ha <sup>-1</sup> )	(kg.ha <sup>-1</sup> )	(%)	در گل	در بوته	(cm)	
۲۳۴۴ a	۵/۵۹ a	۰/۲۳ a	۳۶/۴۱ b	۹/۵۰۰ a	۳۲/۹۱ a	۱
۲۳۶۶ a	۵/۸۰ a	۰/۲۴ a	۳۸/۳۳ a	۱۰/۰۰۰ a	۳۴/۴۵ a	۲
۲۱۷۹ b	۵/۳۵ b	۰/۲۴ a	۳۲/۷۵ b	۸/۵۴ b	۳۲/۵۰ b	عدم استفاده
۲۵۳۱ a	۶/۰۴ a	۰/۲۴ a	۴۲/۰۰ a	۱۰/۹۵ a	۳۴/۸۷ a	محللول‌پاشی اسیدآمینو یک (kg.ha <sup>-1</sup> )
۱۹۳۶ d	۶/۰۸ b	۰/۳۱ a	۳۲/۸۳ d	۷/۲۵ c	۲۹/۶۸ c	عدم استفاده
۲۷۷۷ a	۷/۷۴ a	۰/۲۷ b	۴۱/۰۸ a	۱۰/۷۵ a	۳۳/۴۱ b	<i>G. mosseae</i>
۲۲۰۴ c	۳/۸۴ d	۰/۱۷ d	۳۶/۱۶ c	۱۱/۸۳ a	۳۷/۳۳ a	<i>G. etunicatum</i>
۲۵۰۳ b	۵/۱۳ c	۰/۲۰ c	۳۹/۴۱ b	۹/۱۶ b	۳۴/۳۳ b	<i>G. intradices</i>

اعداد با حروف مشابه در هر ستون، از نظر آماری با آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

### ۳.۲. وزن هزاردانه

نتایج تجزیه واریانس صفت وزن هزاردانه نشان داد، اثر سال، اسیدآمینو، مایکوریزا و هم‌چنین اثر متقابل اسیدآمینو و مایکوریزا بر وزن هزاردانه در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نتایج نشان‌دهنده این است که وزن هزاردانه در صورت استفاده از کود اسیدآمینو و مایکوریزا گونه *G. mosseae* بیش‌ترین مقدار را داشته که نسبت به تیمار مشابه و بدون استفاده از کود اسیدآمینو ۱۶ درصد افزایش را نشان داد (جدول ۴). (Aminifard et al., 2020) نشان دادند که اثر کود اسیدآمینو بر وزن هزاردانه گیاه دارویی گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) معنی‌دار بود و تیمار سه در هزار اسیدآمینو، باعث افزایش ۲۱/۱ درصد این صفت نسبت به شاهد شد. هم‌چنین Sanikhani et al. (2019) نشان دادند که اثر اسیدهای آمینو فنیل‌آلانین و تریپتوفان بر وزن هزاردانه هندوانه ابوجهل (*Citrullus colocynthis* L.) معنی‌دار شد. تأثیر مثبت اسیدهای آمینو بر عملکرد و اجزای عملکرد به‌جهت اهمیت اسیدهای آمینو در گستره وسیعی از بیوسنتز انواع

مختلفی از مواد نیتروژن‌دار مانند رنگدانه‌ها، ویتامین‌ها، پورین و پیریمیدین نسبت داده می‌شود (El-Said & Mahdy, 2016). (Ghazi Manas et al., 2013) اظهار داشتند که اسیدهای آمینو به‌عنوان منبع تأمین نیتروژن، در تولید پروتئین گیاهی و سبزینه (کلروفیل) و در نتیجه، افزایش سطح برگ گیاه مؤثرند، در نتیجه افزایش رشد و عملکرد بوته و دانه از محللول‌پاشی اسیدهای آمینو قابل‌انتظار است.

در پژوهش‌های Haghiri Ebrahimabadi et al. (2017) گونه *G. mosseae* بیش‌ترین اثر بر وزن هزاردانه را در بین سایر مایکوریزاهای مورد استفاده بر گیاه زیره سبز (*Cuminum cyminum* L.) داشت. *G. mosseae* در مقایسه با عدم تلقیح، وزن هزاردانه سورگوم دانه‌ای را نیز به میزان ۱۸/۳ درصد افزایش داد (Hamzehii & Sadeghi, 2013). (Mayabadi., 2013) با کاربرد قارچ مایکوریزا، جذب مواد غذایی از خاک افزایش پیدا کرده و در ادامه می‌تواند باعث افزایش عملکرد اندام هوایی شود که این مورد تولید مواد فتوسنتزی را افزایش داده و با انتقال این مواد

اثر محلول پاشی با اسیدهای آمینه و همزیستی با گونه‌های قارچ مایکوریزا بر ویژگی‌های گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)

به سمت منابع مصرف از جمله بذرها، می‌تواند منجر به افزایش وزن هزاردانه شود.

جدول ۴. اثر متقابل تیمارهای کود اسیدآمینه و مایکوریزا بر برخی ویژگی‌های گیاه همیشه‌بهار

وزن هزاردانه (g)	عملکرد دانه (kg.ha <sup>-1</sup> )	عملکرد بیولوژیک (kg.ha <sup>-1</sup> )	عصاره (kg.ha <sup>-1</sup> )		
۷/۸۲ c	۹۲۶۶ d	۴۴۵۴ c	۹۹/۶۴ b	عدم استفاده	
۱۰/۸۶ a	۱۷۹۳ a	۵۰۷۲ a	۱۲۶/۴۸ a	<i>G. mosseae</i>	عدم استفاده
۱۰/۱۷ b	۱۱۶۷ c	۴۷۶۲ c	۶۷/۵۶ c	<i>G. etunicatum</i>	
۱۰/۱۲ b	۱۳۴۳ b	۵۰۱۶ a	۷۸/۵۳ c	<i>G. intradices</i>	
۱۰/۷۸ d	۱۶۲۴ d	۵۰۲۰ c	۱۱۰/۱۲ b	عدم استفاده	
۱۲/۶۳ a	۲۳۴۳ a	۶۷۳۱ a	۱۴۱/۱۱ a	<i>G. mosseae</i>	استفاده از اسید آمینه
۱۲/۲۰ b	۱۹۶۳ c	۶۰۱۰ b	۶۸/۷۳ c	<i>G. etunicatum</i>	
۱۱/۷۶ c	۲۱۷۰ b	۶۵۷۴ a	۱۰۵/۰۴ b	<i>G. intradices</i>	

اعداد با حروف مشابه در هر ستون، از نظر آماری با آزمون دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد اختلاف معنی‌داری ندارند.

تعداد دانه در بوته در گیاه زیره سبز از گونه *G. mosseae* به‌دست آمد (Haghir Ebrahimabadi et al., 2017). با در نظر گرفتن این‌که تعداد دانه، از مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه در گیاه همیشه‌بهار بوده و آسیمیلات‌ها در آنجا ذخیره می‌شوند، تلقیح با قارچ‌های مایکوریزایی و هم‌چنین محلول‌پاشی اسیدهای آمینه با در اختیار قراردادن مواد غذایی موردنیاز رشد گیاه، باعث افزایش تعداد دانه در کاپیتول شده و در نتیجه مخازن بزرگ‌تری را جهت انتقال مواد جذب‌شده ایجاد کرده و در کل می‌تواند باعث افزایش در عملکرد دانه شود.

#### ۴.۳. عملکرد خشک گل

در بررسی جدول تجزیه واریانس، مشخص شد که اثر تیمارهای اسیدآمینه و مایکوریزا بر صفت عملکرد خشک گل در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نتایج نشان داد استفاده از کود اسیدآمینه ۱۴ درصد افزایش در عملکرد خشک گل را باعث شد (جدول ۳). هم‌چنین تلقیح با گونه *G. mosseae* دارای بیش‌ترین مقدار عملکرد خشک گل بود و نسبت به

#### ۳.۳. تعداد دانه در گل و تعداد گل در بوته

در بررسی جدول تجزیه واریانس، مشخص شد که اثر تیمارهای کود اسیدآمینه و مایکوریزا بر هر دو صفت تعداد دانه در گل و تعداد گل در بوته در سطح یک درصد معنی‌دار شد. استفاده از کود اسیدآمینه باعث افزایش ۲۲ درصدی در هر دو صفت شد (جدول ۳). Souri & Yarahmadi (2015) در پژوهش‌های خود بر روی گیاه همیشه‌بهار بیان کردند که بیش‌ترین تعداد گل در بوته از تیمار محلول‌پاشی با اسیدآمینه دلفن‌پلاس به‌دست آمد. هم‌چنین تلقیح با گونه *G. mosseae* در هر دو صفت دارای بیش‌ترین مقدار بود، به‌طوری‌که در صفت تعداد گل در بوته افزایش ۳۳ درصدی را به‌همراه داشت که البته با *G. etunicatum* تفاوت معنی‌داری نداشت و در گروه آماری مشابهی قرار گرفت.

در صفت تعداد دانه در گل نیز تلقیح با گونه *G. mosseae* افزایش ۲۰ درصدی را نسبت به شاهد نشان داد. در یک مطالعه بیش‌ترین تأثیر در بین سویه‌های مایکوریزایی مورد استفاده برای صفات تعداد دانه در چتر و



بیش تر آب و مواد غذایی رشد بهتری را تجربه می‌کنند و احتمالاً دارای عملکرد بیش‌تری خواهند بود و مقاومت بیش‌تری در مقابل انواع تنش‌های زنده و غیر زنده می‌توانند داشته باشند (Sabbagh *et al.*, 2017).

### ۳.۵. عملکرد بیولوژیک

اثر تیمارهای اسیدآمین و مایکوریزا و برهم‌کنش آن‌ها بر صفت عملکرد بیولوژیک در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نتایج نشان داد تلقیح با گونه *G. mosseae* و استفاده از کود اسیدآمین دارای بیش‌ترین عملکرد بیولوژیک بود که البته با تیمار تلقیح با *G. intradices* در گروه مشابهی قرار گرفتند. این تیمار نسبت به شاهد بدون تلقیح ۲۶ درصد و نسبت به تیمار بدون تلقیح و بدون استفاده از کود اسیدآمین ۳۴ درصد افزایش در صفت عملکرد بیولوژیک را نشان داد (جدول ۴). (Wahba *et al.*, 2015) بیان کردند که استفاده از انواع فرم‌های اسیدهای آمینه به‌طور قابل توجهی پارامترهای وزن تر و خشک گیاه گزنه (*Urtica pilulifera* L.) را افزایش داد. هم‌چنین Asadi *et al.* (2018) با کاربرد کود اسیدآمین بیان داشتند که باعث افزایش عملکرد ماده خشک در گیاه نعنا فلفلی شد.

اسیدهای آمینه در سنتز سایر ترکیبات آلی مانند پروتئین، آمین‌ها، پورین‌ها و پیریمیدین‌ها، آلکالوئیدها، ویتامین‌ها، آنزیم‌ها و ترپنوئیدها نقش دارند (Hounsoume *et al.*, 2008). یکی از اصلی‌ترین اجزایی که رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد پروتئین است که حاوی توالی اسیدهای آمینه است. سنتز اسیدهای آمینه از طریق عناصر اولیه مانند کربن، اکسیژن، هیدروژن و نیتروژن و مسیره‌های بیوشیمیایی گیاه انجام می‌شود. در محلول‌پاشی اسیدهای آمینه، گیاهان اسیدهای آمینه را از طریق روزه‌ها جذب می‌کنند (Raiesi *et al.*, 2014). با توجه به این ویژگی‌ها، محلول‌پاشی اسیدآمین و در اختیار قراردادن این منبع برای گیاه، باعث رشد بهتر گیاه، افزایش سطح برگ و به‌دنبال آن سبب افزایش فتوسنتز

شاهد بدون تلقیح ۳۰ درصد افزایش را نشان داد. نتایج نشان‌دهنده تأثیر نزدیک به دو برابری تلقیح نسبت به مصرف اسیدآمین در صفت عملکرد خشک گل است. در پژوهشی که اثر اسیدهای آمینه بر گیاه دارویی بابونه مورد بررسی قرار گرفت، مشخص شد که محلول‌پاشی، عملکرد گل خشک را افزایش داده است (Golzadeh *et al.*, 2011). هم‌چنین Haj Seyed Hadi & Rezaee Ghale (2016) نیز محلول‌پاشی با اسیدآمین را بر عملکرد خشک گل گیاه دارویی بابونه آلمانی مؤثر دانستند. اسیدهای آمینه باعث تحریک سوخت‌وساز و افزایش کارایی گیاهان می‌شوند (Faten *et al.*, 2010) و می‌توانند بر ویژگی‌های کمی و کیفی گیاهان دارویی مؤثر واقع شوند. افزایش تعداد گل و هم‌چنین باروری آن‌ها می‌تواند یکی از این آثار باشد. اسیدهای آمینه برای تحریک رشد سلول بسیار مهم بوده، به‌عنوان بافر عمل می‌کنند، منبع کربن و انرژی را فراهم می‌کنند و از سلول‌ها در برابر سمیت آمونیاک به شکل آمید محافظت می‌کنند (Abdel Aziz *et al.*, 2010). نقشی که اسیدهای آمینه انباشته در گیاهان بازی می‌کنند، شامل عملکرد به‌عنوان اسمولیت، تنظیم حمل و نقل یون بوده، هم‌چنین بر سنتز و فعالیت برخی از آنزیم‌ها، بیان ژن و هم‌چنین به‌عنوان مولکول‌های تنظیم‌کننده و سیگنالینگ تأثیر می‌گذارد (Omer *et al.*, 2013). اسیدهای آمینه متیونین، گلوتامیک‌اسید و لیسین می‌توانند با فعال‌سازی هورمون‌های مؤثر در تشکیل گل و میوه موجب بهبود گرده‌افشانی شده (Torabahmadi *et al.*, 2019) و تولید و عملکرد گل را بهبود بخشند.

تلقیح با مایکوریزا نیز باعث افزایش معنی‌دار صفت وزن تر و وزن خشک بنه در گیاه زعفران نسبت به شاهد شد (Jami *et al.*, 2019). (Lehnert *et al.*, 2017) در آزمایشی با تلقیح قارچ گونه *G. mosseae* در گندم، افزایش در تعداد دانه در سنبله و عملکرد دانه را اظهار کردند. گیاهانی که با قارچ‌های مایکوریزایی همزیستی می‌کنند، به‌علت جذب



اثر محلول پاشی با اسیدهای آمینه و همزیستی با گونه‌های قارچ مایکوریزا بر ویژگی‌های گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L).

غذایی برای انجام فعالیت‌های متابولیسمی افزایش می‌یابد، اما احتمالاً به دلیل وجود محدودیت‌هایی، گیاه امکان جذب عناصر غذایی را به مقدار کافی نداشته و از طرفی در صورت فراهمی مواد غذایی مورد نیاز از طریق کود و خاک در زمان کمبود، بین جذب این عناصر و تبدیل آن‌ها به مواد مورد نیاز، شاید امکان رفع کامل نیازها میسر نشود و گیاه دچار کمبود مواد غذایی شده و از رشد کافی برخوردار نشود. این شرایط، کاهش عملکرد برای گیاه را محتمل کرده و برای رفع این کمبود، با کاربرد کودهای حاوی اسیدهای آمینه در زمان کوتاهی می‌توان نسبت به تأمین نیازهای گیاه اقدام و از کاهش عملکرد جلوگیری کرد (Golzadeh et al., 2011). از طرفی با حضور قارچ مایکوریزا، سیستم ریشه‌ای گیاه توسعه یافته و با افزایش سطح جذب آب و مواد غذایی، کارایی جذب آن‌ها توسط گیاه افزایش داشته و در نتیجه مواد بیش‌تری به سمت دانه‌ها منتقل می‌شوند که در نهایت می‌تواند افزایش عملکرد بذر را باعث شود.

### ۳.۷. درصد و عملکرد اسانس

اثر کاربرد کود اسید آمینه بر درصد اسانس معنی‌دار نشد، اما بر عملکرد آن در سطح یک درصد معنی‌دار شد. هم‌چنین اثر کاربرد مایکوریزا بر هر دو صفت درصد و عملکرد اسانس در سطح یک درصد معنی‌دار شد. نتایج نشان دادند که درصد اسانس با مقدار ۰/۲۴ درصد متأثر از کود اسید آمینه نبود، اما عملکرد اسانس متأثر شد و ۱۲ درصد نسبت به شاهد افزایش را نشان داد (جدول ۳؛ شکل ۱). احتمالاً، کاربرد کود اسید آمینه رشد سلولی گیاه را با اثر بر بهبود جذب عناصر غذایی هم‌چون نیتروژن باعث شده و در تشکیل ترکیبات آلی گیاه هم‌چون آنزیم و پروتئین نقش مهمی داشته و به همین جهت رشد رویشی و وزن خشک گیاه و گل را افزایش داده که این عامل باعث افزایش در عملکرد اسانس شده است. Moradi Marjaneh et al. (2018) در پژوهش خود بر روی

شده که مجموع این‌ها می‌تواند عملکرد بیولوژیک را تحت تأثیر قرار داده و باعث افزایش آن شوند.

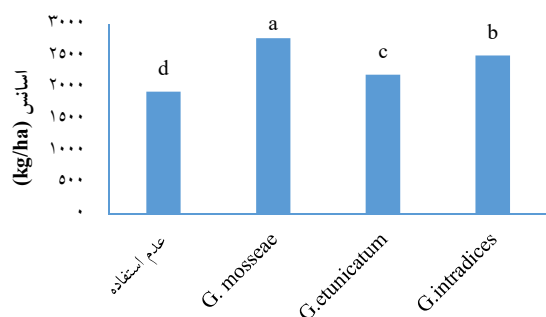
در پژوهش Sasanelli et al. (2009) همزیستی آویشن باغی با مایکوریزا موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی و تعداد شاخه‌های این گیاه شد. به نظر می‌رسد که تولید هورمون‌های گیاهی از قبیل اکسین و سیتوکینین در گیاهان آویشن باغی تلقیح‌شده با مایکوریزا موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی گیاه شده است (Kumar et al., 2012). هم‌چنین قارچ‌های مایکوریزا به دلیل افزایش مؤثر سطح جذب ریشه از طریق ایجاد هیف، سبب افزایش جذب آب و مواد غذایی به وسیله گیاهان می‌شوند و به این طریق، سبب افزایش رشد و زیست‌توده گیاهان می‌شوند (Amouzegar et al., 2016).

### ۳.۶. عملکرد بذر

اثر تیمارهای کود اسید آمینه و مایکوریزا و برهم‌کنش آن‌ها بر صفت عملکرد بذر به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد معنی‌دار شد. تلقیح با گونه *G. mosseae* و استفاده از کود اسید آمینه دارای بیش‌ترین عملکرد بذر بود و این تیمار نسبت به شاهد با همین مایکوریزا اما بدون استفاده از کود اسید آمینه ۲۴ درصد افزایش را نشان داد (جدول ۴). Wahba et al. (2015) بیان کردند که استفاده از انواع اسیدهای آمینه عملکرد بذر را در گیاه گزنه (*Urtica pilulifera* L.) افزایش داد. استفاده از کودهای اسیدهای آمینه می‌تواند به عنوان منبعی برای تأمین نیتروژن مورد نیاز گیاه، در افزایش تولید آسیمیلات‌های گیاه نقش مهمی داشته باشد و در پرشدن دانه مؤثر بوده و نقش تعیین‌کننده‌ای در عملکرد بذر خواهد داشت. می‌توان گفت که فیتوهورمون‌ها و ترکیباتی که با عملکرد و اجزای آن ارتباط معنی‌داری دارند، شامل اسیدهای آمینه هستند (Raeisi et al., 2014).

در بخش‌هایی از دوره رشد گیاه، نیاز به جذب عناصر

*Hyssopus* و *Lavandula angustifolia* (lavender) *officinalis* (hyssop) شد. محلول‌پاشی با کود اسیدآمینه و از طرفی استفاده از قارچ‌های مایکوریزا سبب بهبود شرایط زیست ریشه در خاک، جذب بهتر مواد غذایی از سطوح بیش‌تر خاک، در اختیار قرارگرفتن مواد غذایی چون نیتروژن در زمان موردنیاز شده و همه این‌ها در رشد رویشی و عملکرد بیولوژیک گیاه مؤثر واقع می‌شود و در نتیجه بر عملکرد اسانس تولیدی اثرگذار است.

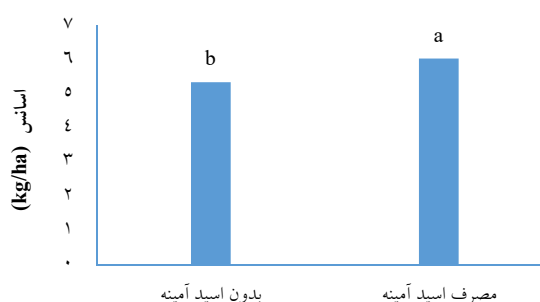


شکل ۲. مقایسه میانگین اثر مایکوریزا بر عملکرد اسانس همیشه‌بهار

### ۳.۸. عملکرد عصاره

اثر برهم‌کنش کاربرد کود اسیدآمینه و مایکوریزا بر صفت عملکرد عصاره در سطح یک درصد معنی‌دار شد. استفاده از کود اسیدآمینه و تلقیح با گونه *G. mosseae* نسبت به تیمار بدون استفاده از اسیدآمینه، باعث افزایش ۱۰ درصدی در عملکرد عصاره شد (جدول ۴؛ شکل ۳). در پژوهشی که توسط Ameri et al. (2007) برای اثر مقادیر مختلف نیتروژن بر گیاه همیشه‌بهار انجام شد نشان دادند که میزان نیتروژن روی میزان مواد مؤثره و کارایی مصرف نیتروژن معنی‌دار بوده و تأثیر آن بر مواد مؤثره (عصاره و اسانس) می‌تواند از راه افزایش عملکرد گل در واحد سطح باشد. با توجه به این‌که یکی از عناصری که در صورت مصرف کود اسیدآمینه در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، نیتروژن می‌باشد. در صورتی‌که

گیاه دارویی رزماری بیان کردند که محلول‌پاشی با اسیدآمینه هیومی‌فورته بیش‌ترین میزان درصد و عملکرد اسانس را داشت. نتایج پژوهش‌های دیگری نیز نشان داد که کاربرد اسیدآمینه باعث افزایش عملکرد اسانس در گیاه گشنیز (*Coriandrum sativum* L.) شد (Rezakhani & Haj, 2017). (Seyed Hadi, 2017)



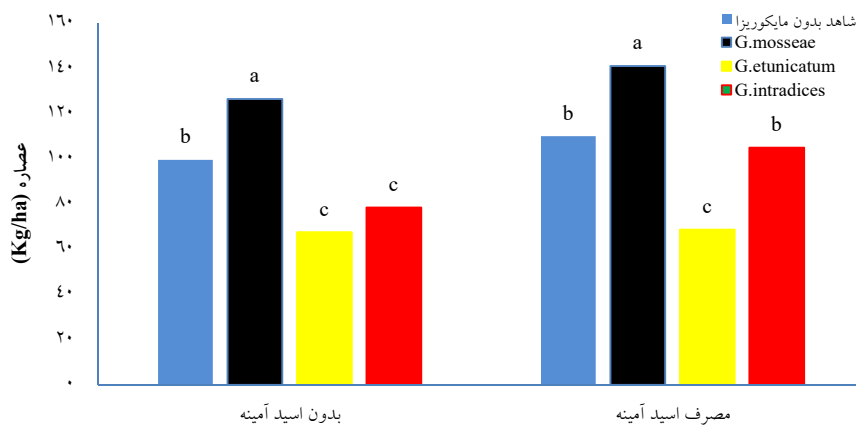
شکل ۱. مقایسه میانگین اثر کود اسیدآمینه سورن بر عملکرد اسانس همیشه‌بهار

تلقیح با گونه *G. mosseae* درصد اسانس را نسبت به دیگر گونه‌های مایکوریزای مورد استفاده در آزمایش بهبود داد و در صفت عملکرد اسانس، نسبت به شاهد بدون تلقیح ۲۲ درصد افزایش مشاهده شد (جدول ۳؛ شکل ۲). در پژوهشی بیش‌ترین میزان درصد و عملکرد اسانس زیره سبز از تیمار *G. intraradices* به‌دست آمد (Haghir, 2017). (Ebrahimabadi et al., 2017). پژوهش دیگری در گیاه دارویی مرزنجوش (*Origanum vulgare*) انجام شد که مشخص شد کاربرد قارچ مایکوریزا سبب افزایش چشم‌گیر میزان اسانس در مقایسه با شاهد شد (Khaosaad et al., 2006). عملکرد اسانس در تلقیح مایکوریزایی حدود ۲۰ درصد بیش‌تر از عدم تلقیح بود (Akbari & Gholami, 2015). (Golubkina et al., 2020) هم بیان کردند که کاربرد قارچ مایکوریزا باعث افزایش در اسانس گیاهان (*Artemisia dracunculus* (tarragon))

اثر محلول پاشی با اسیدهای آمینه و همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا بر ویژگی‌های گیاه دارویی همیشه‌بهار (*Calendula officinalis* L.)

کردند که اثر تلقیح قارچ میکوریزا بر عملکرد عصاره اندام هوایی گیاه همیشه‌بهار در سطح یک درصد معنی‌دار شد.

فراهمی آن کارایی مصرف نیتروژن افزایش و باعث افزایش عصاره گیاه خواهد شد. Motahhari *et al.* (2011) بیان



شکل ۳. اثر متقابل سطوح مختلف میکوریزا و کود اسید آمینه بر عملکرد عصاره همیشه‌بهار

گل با استفاده از این گونه، افزایش ۳۰ درصدی نسبت به شاهد مشاهده شد. محلول پاشی با کود اسید آمینه سورن، توانست در صفات مورد بررسی در این پژوهش بر گیاه دارویی همیشه‌بهار، افزایش هفت تا ۲۴ و ۲۶ درصدی در ارتفاع گیاه، عملکرد بذر و عملکرد بیولوژیک ایجاد کند. در گیاهان دارویی افزایش عملکرد عصاره و اسانس و افزایش مواد مؤثره از اهمیت بالایی برخوردار است و افزایش عملکرد کمی زمانی معنی‌دار خواهد بود، که با افزایش عملکرد کیفی همراه باشد. نتایج بیانگر این بود که در صفات مورد بررسی، اثر میکوریزا بیش‌تر از اثر اسید آمینه بود و نشان‌دهنده این است که با استفاده از میکوریزا می‌توان در جهت افزایش عملکرد و از طرفی کاهش مصرف کودهای شیمیایی اقدام کرد و هزینه تولید را با توجه به قیمت بالای کودهای شیمیایی، کاهش داد. یافته‌ها نشان دادند که استفاده هم‌زمان میکوریزا و کود اسید آمینه سورن می‌تواند در افزایش عملکرد گیاه دارویی همیشه‌بهار مؤثر باشد.

هدف از زراعت گیاهان دارویی، افزایش عملکرد مواد مؤثره دارویی است که در آن‌ها وجود دارد و این افزایش زمانی می‌تواند معنی‌دار باشد که گیاه بتواند در شرایط مناسب رشد کند. همزیستی قارچ با گیاه، می‌تواند تغییراتی را در متابولیت‌های ریشه و اندام هوایی گیاهان ایجاد کند که می‌تواند به دلیل تأثیر مثبت میکوریزا در به دام انداختن مواد غذایی در ریزوسفر ریشه بوده که با حضور قارچ میکوریزا سطح جذب ریشه چندین برابر افزایش می‌یابد و گیاه می‌تواند از مواد غذایی بیش‌تری با صرف هزینه کم‌تر بهره‌مند شود.

#### ۴. نتیجه‌گیری

بر اساس یافته‌های این پژوهش میکوریزا توانست رابطه همزیستی با گیاه همیشه‌بهار ایجاد کند. در بین سه گونه میکوریزای مورد استفاده، گونه *G. mosseae* در اکثر صفات مورد بررسی هم‌چون عملکرد عصاره، اسانس و عملکرد بیولوژیک و عملکرد بذر در گیاه دارویی همیشه‌بهار، دارای مقادیر بالاتری بود. در صفت عملکرد

## ۵. تشکر و قدردانی

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

## ۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

## ۷. منابع

- Abdel Aziz, N. G., Mazher, A. A. M., & Farahat, M. M., (2010). Response of vegetative growth and chemical constituents of Thuja orientalis L. plant to foliar application of different amino acids at Nubaria. *Journal of American Science*, 6(3), 295-301.
- Abdel-Mawgoud, A. M. R., El-Bassiouny, A. M., Ghoname, A., & Abou-Hussein, S. D. (2011). Foliar Application of Amino Acids and Micronutrients Enhance Performance of Green Bean Crop under Newly Reclaimed Land Conditions. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5(6), 51-55.
- Aghababaei, F., Raiesi, F., & Nadian, H. (2011). Effect of mycorrhizal symbiosis on nutrient uptake by some commercial almond genotypes in a sandy loam soil. *Journal of Soil Research*, 25(2), 138-147.
- Akbari, I., & Gholami, A. (2015). Evaluation of mycorrhizal fungi, vermicompost and humic acid on essence yield and root colonization of fennel. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 13(4), 840-853. (In Persian).
- Alshaal, T., & El-Ramady, H. (2017). Foliar Application: from Plant Nutrition to Biofortification. *The Environment, Biodiversity & Soil Security*, 1, 71-83. DOI: 10.21608/jenvbs.2017.1089.1006.
- Amanifar, S., & Toghranegar, Z. (2020). The efficiency of arbuscular mycorrhiza for improving tolerance of *Valeriana officinalis* L. and enhancing valerenic acid accumulation under salinity stress. *Industrial Crops & Products*, 147 (2020) 112234. DOI:10.1016/j.indcrop.2020.112234.
- Ameri, A. A., Nassiri Mahallati, M., & Rezvani Moghadam, P. (2007). Effects of different nitrogen levels and plant density on flower, essential oils and extract production and nitrogen use efficiency of Marigold (*Calendula officinalis*). *Iranian Journal of Crop Research*, 5(2), 315-325. (In Persian).
- Aminifard, M. H., Gholami, M., Bayat, H., & Moradi Nezhad, F. (2020). The Effect of Fulvic Acid and Amino Acid Application on Physiological Characteristics, Growth and Yield of Coriander (*Coriandrum sativum* L.) as a Medicinal Plant. *Journal of Agroecology*, 12(3), 373-388. (In Persian).
- Amouzegar, M., Abbaspour, A., Shahsavani, S., Asghari, H. R., & Parsaeiyan, M. (2016). Effects of phosphorus fertilizers and Arbuscular Mycorrhiza fungi symbiosis with sunflower on Pb availability in a contaminated soil. *Journal of Water and Soil Science*, 19(74), 39-50. (In Persian).
- Asadi, M., Nasiri, Y., Mola Ali Abasiyan, S., & Morshedloo, M. R., (2018). Evaluation of Quantitative and Qualitative Yield of Peppermint under Amino Acids, Chemical and Organic Fertilizers. *Journal of Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 28(2), 257-275. (In Persian).
- Calvo, P., Nelson, L., & Kloepper, J. (2014). Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant Soil*, 383, 3-41.
- Chitrakar, B., Zhang, M., & Bhandari, B. (2019). Edible flowers with the common name "marigold": Their therapeutic values and processing. *Trends in Food Science & Technology*, 89, 76-87. DOI: 10.1016/j.tifs.2019.05.008.
- Diagne, N., Ngom, M., Ibrahima Djighaly, P., Fall, D., Hoher, V., & Svistoonof, S. (2020). Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Plant Growth and Performance: Importance in Biotic and Abiotic Stressed Regulation. *Diversity*, 12, 370. DOI:10.3390/d12100370.
- El-Abagy, H.M., El-Tohamy, W.A., Abdel-Mawgoud, A.M.R., & Abou-hussein, S.D. (2014). Effect of Different Amino Acid Sources and Application Rates on Yield and Quality of Onion in the Newly Reclaimed Lands. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 3(1), 81-88.
- El-Said, M.A.A., & Mahdy, A.Y., (2016). Response of two wheat cultivars to foliar application with amino acids under low levels of nitrogen fertilization. *Middle East Journal of Agriculture Research*, 5, 462-472.
- Ertani, A., Pizzeghelio, D., Altissimo, A., & Nardi, S. (2013). Use of meat hydrolyzate derived from tanning residues as plant biostimulant for hydroponically grown maize. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 176, 287-296. DOI: 10.1002/jpln.201200020.
- Escher, G.B., Borges, L.D.C., Santos, J.S., Cruz, T.M., Marques, M.B., do Carmo, M.A.V.,

- Azevedo, L., Furtado, M.M., Sant, Ana, A.S., Wen, M.C., et al. (2019). From the field to the pot: Phytochemical and functional analyses of *Calendula officinalis* L. flower for incorporation in an organic yogurt. *Antioxidants*, 8, 559. DOI: 10.3390/antiox8110559.
- Evelin, H., Devi, T.S., Gupta, S., & Kapoor, R., (2019). Mitigation of salinity stress in plants by arbuscular mycorrhizal symbiosis: current understanding and new challenges. *Frontiers in Plant Science*, 10, 470. DOI: 10.3389/fpls.2019.00470.
- Ghaith, R.H., & Galal, R.M. (2014). Response of Pea Plant (*Pisum sativum* L.) Growth and Yield for Spraying of Amino Acid and Boron. *Egyptian Journal of Applied Science*, 29, 154-173.
- Ghazi Manas, M., Banj Shafiee, S., Haj Seyed Hadi, M.R., & Darzi, M.T., (2013). Effects of vermicompost and nitrogen on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Journal of Applied Research on Medicinal and Aromatic Plants*, 29(2), 269-280. (In Persian with English Summary)
- Golubkina, N., Logvinenko, L., Novitsky, M., Zamana, S., Sokolov, S., Molchanova, A., Shevchuk, O., Sekara, A., Tallarita, A., & Caruso, G., (2020). Yield, Essential Oil and Quality Performances of *Artemisia dracunculoides*, *Hyssopus officinalis* and *Lavandula angustifolia* as Affected by Arbuscular Mycorrhizal Fungi under Organic Management. *Plants*, 9, 375. doi: 10.3390/plants9030375.
- Golzadeh, H., Mehrafarin, A., Naghdi Badi, H., Fazeli, F., Ghaderi, A., & 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).
- Guang-Ming, H., Ying-Ning, Z., Qiang-Sheng, W., Yong-Jie, X., & Kamil K. (2020). Mycorrhizal roles in plant growth, gas exchange, root morphology, and nutrient uptake of walnuts. *Plant, Soil and Environment*, 66(6), 295-302. DOI: 10.17221/240/2020-PSE.
- Haghir Ebrahimabadi, A., Hatami, M., Karimzadeh Asl, K., & Ghorbanpour, M. (2017). Effect of Mycorrhizal Fungi and Biophosphor Fertilizer on Growth Features, Yield and Yield Components, and Essential Oil Constituents in *Cuminum cyminum* L. *Journal of Medicinal Plants*, 17(2), 174-184. (In Persian).
- Haj Seyed Hadi, M. R., & Rezaee Ghale, H. (2016). Effects of vermicompost and foliar application of amino acids and urea on quantitative and qualitative yield of chamomile (*Matricaria chamomilla* L.). *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(6), 1058-1070. (In Persian).
- Halpern, M., Bar-Tal, A., Ofek, M., Minz, D., Muller, T., & Yermiyahu, U. (2015). The Use of Biostimulants for Enhancing Nutrient Uptake. In: Sparks, D.L. (Ed.), *Advances in Agronomy*, 141-174. DOI: 10.1016/bs.agron.2014.10.001.
- Hamzehii, J., & Sadeghi Mayabadi, F. (2013). Effect of Irrigation Cycle and Arbuscular Mycorrhiza on Chlorophyll Index, Yield and Yield Components of Grain Sorghum. *Journal of Production and Processing of Crops and Horticulture*. 4(12), 211-220. (In Persian).
- Hounsoume, N., Hounsoume, B., Tomos, D., & Edwards-Jones, G. (2008). Plant metabolites and nutritional quality of vegetables. *Journal of Food Science*, 73(4), 48-65. <http://dx.doi.org/10.1111/j.1750-3841.2008.00716.x>
- Jami, N., Rahimi, A., Sedaghati, E., & Naghizadeh, M. (2019). Effects of Mycorrhiza Inoculation and Vermicompost Levels on some Nutrient Concentrations and Corm Criteria of Saffron (*Crocus sativus* L.) under Kerman Climatic Conditions. *Journal of Saffron Research (semi-annual)*, 7(2), 217-234. <http://dx.doi.org/10.22077/jsr.2019.1990.1074>. (In Persian).
- Khaosaad, T., Vierheilg, H., Nell, M., ZitterlEglseer, K., & Novak, J. (2006). Arbuscular mycorrhiza alters the concentration of essential oils in oregano (*Origanum* sp., Lamiaceae). *Mycorrhiza*, 16(6), 443-446.
- Khoramdel, S., Koocheki, A., Nassiri Mahalati, M., & 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. DOI: 10.22067/GSC.V6I2.2435. (In Persian).
- Kozłowska, J., Stachowiak, N., & Prus, W. (2019). Stability studies of collagen-based microspheres with *Calendula officinalis* flower extract. *Polymer Degradation and Stability*, 163, 214-219. DOI: 10.1016/j.polymdegradstab.2019.03.015.
- Kumar, V., Sarma, M. K., Saharan, K., Srivastava, R., Kumar, L., Sahai, V., Bisaria, V.S., & Sharma, A. K. (2012). Effect of formulated root endophytic fungus *Piriformospora indica* and plant growth promoting rhizobacteria fluorescent pseudomonads R 62 and R 81 on *Vigna mungo*. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 28, 595-603. DOI: 10.1007/s11274-011-0852-x
- Lehnert, H. A., Serfling, M., Enders, W., & Friedt, F. (2017). Genetics of mycorrhizal symbiosis in winter wheat (*Triticum aestivum*). *New Phytologist*, 779-791. DOI: 10.1111/nph.14595



- Miller, A.J., Fan, X., Shen, Q., & Smith, S.J. (2007). Amino acids and nitrate as signals for the regulation of nitrogen acquisition. *Journal of Experimental Botany*, 59, 111-119. DOI: 10.1093/jxb/erm208.
- Mirzaei, M. M., Ghorbani, S., Roozbehani, A., & Sadeghi Shoa, M. (2016). Investigation of different methods of increasing soil fertility through organic, chemical and biological fertilizers on the essential oil of marigold (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Agriculture and Plant Breeding*, 11(4), 37-53. (In Persian).
- Mishra, A.K., Mishra, A., & Chattopadhyay, P. (2018). Screening of acute and sub-chronic dermal toxicity of *Calendula officinalis* L. essential oil. *Regulatory Toxicology and Pharmacology*, 98, 184-189. DOI: 10.1016/j.yrtph.2018.07.027.
- Moghadasan, Sh., Safipour Afshar, A., & Saeid Nematpour, F. (2016). The Role of Mycorrhiza in Drought Tolerance of Marigold (*Calendula officinalis* L.). *Journal of Crop Ecophysiology*, 9(4), 521-532.
- Moradi Marjaneh, E., Golavi, M., Ramroudi, M., & Salouki, M. (2018). Investigation of some qualitative characteristics of rosemary plant under the influence of foliar application of various nutrients at different harvest times. *Journal of Crop Production*, 11(4), 119-134. DOI: 10.22069/ejcp.2019.13979.2064.
- Motahhari, M., Hani, A., & Moradi, P. (2011). The effect of phosphorus fertilizer and mycorrhizal fungus on yield, yield components and active ingredients of marigold. *The first national conference on new topics in agriculture*. Article COI Code: NCNCA01\_273. <https://civilica.com/doc/162880/>. (In Persian).
- Omer, E. A., Said-Al Ahl, H. A. H., El Gendy, A. G., Shaban, Kh. A., & Hussein, M.S. (2013). Effect of Amino Acids Application on Production, Volatile Oil and Chemical Composition of Chamomile Cultivated in Saline Soil at Sinai. *Journal of Applied Sciences Research*, 9(4), 3006-3021, 2013
- Omidbeigi, R. (2000). *Production and processing of medicinal plants*. Volume I, Second Edition, Tarahan Publication. pp 424. (In Persian).
- Oosterhuis, D. M., & Weir, B. L. (2010). *Foliar fertilization of cotton*. Physiology of Cotton. DOI 10.1007/978-90-481-3195-2-25, p: 272-288. [https://www.researchgate.net/publication/226243985\\_Foliar\\_Fertilization\\_of\\_Cotton](https://www.researchgate.net/publication/226243985_Foliar_Fertilization_of_Cotton).
- Raeisi, M., Farahani, L., & Palashi, M. (2014). Changes of qualitative and quantitative properties of radish (*Raphanus sativus* L.) under foliar spraying through amino acid. *International Journal of Biosciences*, 4(1), 463-468. <http://dx.doi.org/10.12692/ijb/4.1.463-468>.
- Rezakhani, A., & 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. DOI: 10.22059/ijfcs.2017.210745.654144. (In Persian).
- Rouphael, Y., & Colla, G. (2018). Synergistic Biostimulatory Action: Designing the Next Generation of Plant Biostimulants for Sustainable Agriculture. *Frontiers in Plant Science*, 9, 1655. DOI: 10.3389/fpls.2018.01655.
- Sabbagh, S.K., Poorabdollah, A., Sirousmehr, A., & Gholamalizadeh-Ahangar, A. (2017). Bio-fertilizers and Systemic Acquired Resistance in Fusarium Infected Wheat. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 19(2), 453-464.
- Sanikhani, M., Akbari, A., & Kheiry, A. (2019). Effect of phenylalanine and tryptophan on morphological and physiological characteristics in colocynth plant (*Citrullus colocynthis* L.). *Plant Process and Function*, 9(35), 317-327. (In Persian).
- Sasanelli, N., Anton, A., Takacs, T., Addabbo, T. D., Biro, I., & Malov, X. (2009). Influence of arbuscular mycorrhizal fungi on the nematicidal properties of leaf extracts of *Thymus vulgaris* L. *Helminthologia*, 46(4), 230-240. DOI: 10.2478/s11687-009-0043-6.
- Shao, Y. D., Zhang, D. J., Hu, X. C., Wu, Q. S., Jiang, C. J., Xia, T. J., Gao, X. B., & Kuca, K. (2018). Mycorrhiza-induced changes in root growth and nutrient absorption of tea plants. *Plant, Soil and Environment*, 64(6), 283-289. DOI.org/10.17221/126/2018-PSE.
- Shafeek, M.R., Hafez, M.M., Mahmoud, A.R., & Ali, A.H. (2014). Comparative Effect on N-Fixing Bacterial with Foliar Application of Amino Acid Mixed on Growth and Yield of Pea Plants (*Pisum sativum* L.). *Middle East Journal of Applied Sciences*, 4, 755-761.
- Shehata, S. M., Abdel-Azem, H. S., Abou El-Yazied, A., & El-Gizawy, A. M. (2011). Effect of Foliar Spraying with Amino Acids and Seaweed Extract on Growth Chemical Constituents, Yield and its Quality of Celeriac Plant. *European Journal of Scientific Research*, 58(2), 257-65.
- Mohammadi, S., Tabrizi, L., Delshad, M., & Moteshare Zadeh, B. (2013). Investigation of growth and yield of pot marigold (*Calendula*

- officinalis* L.) under arbuscular mycorrhizal fungi symbiosis and heavy metal stress conditions. *Journal of Ecological Agriculture*, 3(2), 48-59. (In Persian).
- Slavov, A., Ognyanov, M., & Vasileva, I. (2020). Pectic polysaccharides extracted from pot marigold (*Calendula officinalis*) industrial waste. *Food Hydrocolloids*, 101, 105545. DOI: 10.1016/j.foodhyd.2019.105545.
- Smith, S. E., & Read, D. J. (2010). *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press: Cambridge, MA, USA, ISBN, 978-0-08-055934-6.
- Souri, M. K., & Yarahmadi, B. (2015). Effect of Amino Chelates Foliar Application on Growth and Development of Marigold (*Calendula officinalis*) plant. *Plant Production Technology*, 15(2), 109-119. (In Persian).
- Tantawy, A.S., Abdel-Mawgoud, A.M.R., El-Nemr, M.A., & Ghorra Chamoun, Y. (2009). Alleviation of Salinity Effects on Tomato Plants by Application of Amino Acids and Growth Regulators. *European Journal of Scientific Research*, 30(3), 484-494.
- Torabmadi, S., Abedy, B., & Saberli, 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).
- Wahba, H. E., Motawe, H. M., & Ibrahim, A. Y. (2015). Growth and chemical composition of *Urtica pilulifera* L. plant as influenced by foliar application of some amino acids. *Journal of Materials and Environmental Science*, 6 (2), 499-509.
- Yaghoubi Suraki, F., Souri, M. K., & Arzani, K. (2018). The effect of foliar application of ammonium sulfate on vegetative growth, yield and characteristics quality of greenhouse cucumber. *Science and Technology of Greenhouse Crops*, 9(1), 41-50. (In Persian).
- Zhang, F., Wang, P., Zou, Y. N., Wu, Q. S., & Kuca, K. (2019). Effects of mycorrhizal fungi on root-hair growth and hormone levels of taproot and lateral roots in trifoliolate orange under drought stress. *Archives of Agronomy and Soil Science*, 65, 1316-1330. DOI: 10.1080/03650340.2018.1563780.