نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد 29، شماره 3، پاییز 1394، ص. 348-342
شاپا: 4730 - 2008

Journal of Horticultural Science
Vol. 29, No. 3, Fall 2015, P. 342-348
ISSN: 2008 - 4730

اثر تلقیح گونه‌های قارچ میکوریز (AMF) بر رشد و مواد مؤثره نعناع فلفلی (*Mentha piperita*)

مهدی محمودزاده[1]- میرحسن رسولی صدقیانی[2*]- عباس حسنی[3]- محسن برین[4]

تاریخ دریافت: 1392/04/23
تاریخ پذیرش: 1394/03/06

چکیده

استفاده از پتانسیل میکروبی خاک از جمله قارچ‌های میکوریز آربوسکولار (AMF) برای بهبود رشد و تغذیه گیاه بطور گسترده‌ای مورد توجه قرار گرفته است. این مطالعه به منظور بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر رشد و درصد مواد مؤثره نعناع فلفلی تحت شرایط گلخانه‌ای در قالب طرح کاملاً تصادفی با 4 تیمار قارچ میکوریز آربوسکولار انجام شد. تیمارهای تلقیحی شامل 1) شرایط بدون تلقیح (C)، 2) گلوموس فسیکولاتوم (*Gf*)، 3) گلوموس اینترارادیسز (*Gi*) و 4) گلوموس موسه (*Gm*) بودند. در پایان دوره رشد برخی پارامترهای رشدی شامل ارتفاع، قطر ساقه، تعداد شاخه جانبی، تعداد برگ، وزن تر و خشک برگ و همچنین درصد مواد مؤثره و درصد کلنیزاسیون ریشه نعناع فلفلی اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد تلقیح با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار اثر معنی داری ($P\leq0/05$)، بر روی پارامترهای اندازه‌گیری داشته است. تلقیح با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد برگ، ماده تر و خشک برگ، درصد کلونیزاسیون ریشه و محتوی (25 درصد) و عملکرد اسانس (28 درصد) را افزایش داد. منتول، منتون و 1و 8-سینئول بالاترین فراوانی را در مواد موثره نعناع تشکیل دادند. تأثیر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر وزن خشک ریشه و درصد کلونیزاسیون ریشه معنی‌دار ($P\leq0/05$) بود. بیشترین و کمترین درصد کلونیزاسیون ریشه (به ترتیب 47 و 0 درصد) در گیاهان تلقیح شده با *Gf* و تیمار شاهد مشاهده گردید.

واژه‌های کلیدی: اسانس، گلوموس، کلنیزاسیون ریشه، میکروارگانیسم‌های محرک رشد گیاه

مقدمه

کشت گیاهان دارویی و معطر از دیرباز دارای جایگاه ویژه‌ای در نظام‌های سنتی کشاورزی ایران بوده و این نظام‌ها از نظر ایجاد تنوع و پایداری نقش مهمی ایفا کرده‌اند. از بین گیاهان دارویی می‌توان به نعناع فلفلی اشاره کرد که تغذیه و جذب مناسب عناصر معدنی پر مصرف و بهبود غلظت آن‌ها در گیاه، نقش بسزایی در افزایش عملکرد کمی و کیفی آن دارد. نعناع فلفلی گیاهی دارویی است که تغذیه و جذب مناسب عناصر غذایی نقش بسزایی در افزایش عملکرد کمی و کیفی آن دارد. از برگ‌ها، پیکر رویشی و اسانس نعناع فلفلی در اکثر فرهنگ‌های داروشناسی معتبر به عنوان دارو یاد شده است (18). تمایل به تولید گیاهان دارویی و معطر و تقاضا برای محصولات طبیعی به خصوص در شرایط کشت اکولوژیک در جهان رو به افزایش می‌باشد. کشت اکولوژیک گیاهان دارویی، کیفیت آن‌ها را تضمین کرده و احتمال اثرات منفی روی کیفیت دارویی و عملکرد آن‌ها را نیز کاهش می‌دهد (8). استفاده از پتانسیل میکروارگانیسم‌های محرک رشد گیاه ازجمله PGPR[5] و AMF[6] ها یکی از استراتژی‌های مهم برای نیل به کشاورزی پایدار و حفظ محیط زیست می‌باشد. قارچ‌های هم‌زیست از موجودات ریز مهم به شمار می‌آیند که با ریشه‌ی بیش از 90 در صد گیاهان هم‌زیستی دارند (3). قارچ‌های میکوریزی با داشتن شبکه هیفی گسترده و افزایش سطح و سرعت جذب ریشه، کارایی گیاهان را در جذب آب و عناصر غذایی به ویژه عناصر کم تحرک فسفر، روی و مس افزایش و موجب بهبود رشد آن‌ها می‌شوند (17 و 22). بنابراین قارچ‌های میکوریزا ارتباط مستقیمی بین خاک و ریشه‌ی گیاه ایجاد می‌کنند و در میزان دسترسی عناصر خاک به گیاهان حائز اهمیت‌اند. کلونیزاسیون قارچی ریشه‌ها، وسعت سیستم ریشه‌ای گیاه و ظرفیت جذب عناصر غذایی در گیاه را افزایش می‌دهد (23). عمده‌ترین نقش قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بهبود تغذیه فسفر گیاه میزبان در خاک‌های با سطوح فسفر پایین می‌باشد که دلیل این امر گسترش هیف این قارچ‌ها روی سطوح ریشه و در نتیجه افزایش

1، 2و4 – به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، دانشیار و استادیار گروه علوم خاک، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه
(*- نویسنده مسئول: (Email: m.rsadaghiani@urmia.ac.ir
3- دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ارومیه

5- Plant growth-promoting rhizobateria
6 - Arbuscular mycorrhizal fungi

جذب فسفر می‌باشد. هم‌چنین برخی گزارشات ثابت کرده است که تولید اسیدهای آلی توسط این قارچ‌ها، می‌تواند فسفر نامحلول خاک را به اشکال قابل حل در آورده و جذب فسفر را توسط گیاه میزبان افزایش دهد (15 و 16). برخی گزارشات نشان داده‌اند که قارچ‌های میکوریز آربوسکولار وظایف اکوسیستمی متعددی دارند. این ماهیت چندگانه عملکرد قارچ‌های میکوریز آربوسکولار شامل معدنی‌سازی عناصر غذایی آلی، تسریع جوانه زنی، افزایش بردباری گیاه به پاتوژن‌ها، فلزات سنگین و استرس‌های هیدرولیکی (خشکی)، افزایش پایداری خاک و غیره می باشند (10). در پژوهشی که به منظور ارزیابی تأثیر میکوریزا بر رشد و نمو گیاه دارویی ریحان انجام شد، مشاهده شد که کاربرد دو گونه قارچ میکوریزای گلوموس موسه و گلوموس کالدونیوم سبب افزایش چشمگیر غلظت فسفر و عملکرد محصول گیاه شد (24). در تحقیق دیگری، مشخص شد که تلقیح گیاه دارویی گشنیز با دو گونه قارچ میکوریز آربوسکولار سبب افزایش قابل ملاحظهٔ غلظت فسفر در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده، و همچنین سبب افزایش بارز کمیت و کیفیت اسانس می‌شود، به نحوی که مقادیر اجزاء مهمی چون ژرانیول و لینالول در ترکیب اسانس به طور چشمگیری افزایش یافت، اما میزان آنتول و بتا- المن موجود در اسانس در مقایسه با شاهد کاهش یافت (13). گزارش شده که میکوریزها در افزایش رشد و درصد مواد موثره گیاه ریحان تاثیر چشمگیری نشان دادند (18). این پژوهش با هدف بررسی تاثیر مایه-زنی قارچ میکوریز بر افزایش عملکرد اسانس و بهبود برخی پارامترهای رشدی در گیاه نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) انجام شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به‌صورت طرح پایه کاملاً تصادفی با چهار تیمار، شامل سه تیمار قارچی *Gm* (*Glomus mosseae*)، *Gi* (*Glomus intraradices*) و *Gf* (*Glomus fasciculatum*) و *C* (بدون تلقیح) با سه تکرار در گلخانه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه ارومیه اجرا شد. خاک مورد مطالعه در این تحقیق (از خاک‌های استان آذربایجان‌غربی-منطقه نازلو) در ابتدای آزمایش در دو نوبت در اتوکلاو استریل گردید. از گونه‌های قارچ میکوریز آربوسکولار شامل گلوموس موسه، گلوموس فسیکولاتوم و گلوموس اینترارادیسز در تیمارهای جداگانه به‌همراه تیمار بدون قارچ (مجموعاً 4 تیمار قارچ میکوریز) استفاده شد. هر کدام از تیمارها در پنج تکرار و هر واحد آزمایشی مرکب از چهار گلدان بود. مایه تلقیح گونه‌های مختلف قارچ-های میکوریز آربوسکولار در تیمارهای مربوطه حدود 50 گرم برای هر گلدان در زیر و روی ریزوم‌های نعناع فلفلی گلدان اعمال شد. سپس حدود 15 سانتی‌متر روی ریزوم‌ها، خاک ریخته شد. در تیمارهای شاهد نیز کشت گیاه در خاک استریل و با همان مقدار مایه تلقیح استریل‌شده انجام گرفت. به منظور بررسی اثرات همزیستی با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر برخی از ویژگی‌های رویشی گیاه نعناع فلفلی، در مرحله گلدهی کامل، از هر واحد آزمایشی یک گلدان به طور تصادفی گزینش و بوته‌های موجود در یک ریزوم آن به حالت کف‌بر خارج شدند. سپس ارتفاع گیاه، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی، تعداد برگ، ماده تر و خشک برگ، درصد کلونیزاسیون ریشه با روش رنگ‌آمیزی با محلول رنگی تریپان بلو و شمارش خطوط تلاقی شبکه اندازه‌گیری شد (7) و محتوی و عملکرد اسانس اندازه‌گیری گردید. برای استخراج و اندازه‌گیری اسانس نیز، بوته‌های برداشت شده در دمای اتاق (25 درجه سانتی‌گراد) و در سایه به مدت دو هفته خشک شدند و سپس به روش تقطیر با آب (دستگاه کلونجر)، عمل استخراج اسانس انجام گرفت. برای این منظور مقدار 10 گرم از پیکر رویشی خشک شده نعناع فلفلی (شامل برگ‌ها، سرشاخه‌ها و گل‌ها) همراه با مقداری آب مقطر (600 میلی‌لیتر) به درون بالن مخصوص دستگاه ریخته شده و عمل اسانس‌گیری با حرارت دادن بالن محتوی آب و گیاه شروع گردید (4). جداسازی و شناسایی ترکیبات اسانس با استفاده از دستگاه‌های کروماتوگرافی گازی و کروماتوگرافی گازی متصل به طیف سنج جرمی در آزمایشگاه شیمی گیاهی مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور انجام گرفت. 0/2 میکرو لیتر از هر نمونه اسانس به دستگاه طیف سنج جرمی تزریق شده و درصد ترکیبات تشکیل دهنده هر اسانس محاسبه گردید. برای محاسبه شاخص‌های بازداری ترکیبات، مخلوطی از هیدروکربن‌های نرمال C8- C22 به دستگاه طیف سنج جرمی، مطابق با شرایط تزریق نمونه‌های اسانسی تزریق گردید. شناسایی ترکیبات متشکله اسانس با استفاده از شاخص‌های بازداری، بررسی طیف‌های جرمی ترکیبات و مقایسه آن با طیف‌های جرمی استاندارد موجود در کتابخانه‌های کامپیوتری و مراجع معتبر صورت گرفت (6 و 21). تجزیه واریانس و مقایسه میانگین به وسیله نرم‌افزار SPSS و مقایسه میانگین تیمارها بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن با سطح احتمال خطای پنج درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

تاثیر تیمار ها روی صفات رویشی گیاه

نتایج نشان داد که تلقیح قارچ‌های میکوریز آربوسکولار مقادیر پارامترهای رشدی و درصد مواد مؤثره نعناع فلفلی را در مقایسه با تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری ($P\leq 0/05$) افزایش داد (جدول 1).

بر اساس نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (جدول2) بهبود رشد در گیاهان همزیست با قارچ‌های میکوریزا را می‌توان به سطح جذب بیشتر ریشه نسبت داد که در واقع هیف‌های قارچی به عنوان ریشه‌های ثانویه عمل کرده و می‌توانند وارد منافذ بسیار ریزی که حتی تارهای کشنده قادر به نفوذ به آنجا نبوده، شده و از این طریق

میزان جذب آب و عناصر غذایی را توسط گیاه میزبان افـزایش‌دهنـد (21). آزکون آگیلار و باره (1) در پژوهشی تولید تنظیم‌کننده‌های رشد توسط قارچ‌های میکوریز آربوسکولار را بررسی کردند. نتـایج حاصـله نشان داد که در این میکروارگانیسم‌ها حداقل دو ماده شبه جیبرلین و چهار ماده با ویژگی‌های شبه سیتوکینین سنتز مـی‌شـوند کـه باعـث افزایش رشد به‌وسیله جذب عناصر غذایی معدنی می‌شوند.

نتایج این تحقیق با یافته‌های الکراکی و کلرک (2) که تاثیر قارچ میکوریز آربوسکولار را بر گیـاه گنـدم تحـت شـرایط تـنش خشـکی بررسی کردند همخوانی دارد. دلیل افزایش عملکرد ماده تر و خشک و وزن خشک ریشهٔ گیاهان میکـوریزایی نسـبت بـه گیاهـان شـاهد را می‌توان به افزایش میزان جذب عناصر غذایی، پیکر رویشـی گیـاه و درنتیجه افزایش عملکرد گیـاه در تیمارهـای میکـوریزایی و افـزایش میزان جذب عناصر غذایی و درصد کلونیزاسیون ریشه در تیمارهـای قارچی نسبت داد.

درصد کلونیزاسیون ریشه

نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به تـأثیر قـارچ‌هـای میکـوریز آربوسکولار بر درصد کلونیزاسیون ریشه (شکل 1)، بیانگر آنست کـه بین تیمارهای قارچی از نظر تأثیر بر درصد کلونیزاسیون ریشه اختلاف معنی‌داری (در سطح احتمال 1 درصد) وجود دارد. به طوری که تیمار قارچی *Gf* بیشترین تأثیر را بـر درصـد کلونیزاسـیون ریشـه دارد. در حالی‌که بین دو تیمار قارچی دیگر از نظر تأثیر بر درصد کلونیزاسیون ریشه اختلاف معنی‌داری وجود نداشت که ممکن است نشـان دهنـده همزیستی مؤثر گلوموس فسیکولاتوم با ریشـه گیـاه باشـد. افـزایش درصد کلونیزاسیون در قارچ گلوموس فسیکولاتوم نسبت به دو گونـه دیگر به گیـاه میزبـان و گونـه قـارچی بسـتگی دارد. ممکـن اسـت ایزوله‌های یک گونه که از مناطق مختلف جمع‌آوری شـده باشـند، از نظر درصد کلونیزاسیون باهم اختلاف داشـته باشـند، هـر چنـد ایـن ایزوله‌ها از نظرمورفولوژی مشابه بوده ولی از نظر فیزیولـوژی ممکـن است متفاوت عمل نمایند (9). پتانسیل بالای گونـه فسـیکولاتوم در کلونیزاسیون گیاه ریحان نیز گزارش شده است (17).

تاثیر تیمارها روی صفات بیوشیمیایی

میزان اسانس

نتایج مقایسه میانگین‌های مربوط به تـأثیر قـارچ‌هـای میکـوریز آربوسکولار بر درصد و عملکرد اسانس نشان می‌دهد که بـین تیمـار شاهد و تیمارهای تلقیح شده با قارچ‌هـای میکـوریز آربوسـکولار بـه استثناء قارچ *Gm* اختلاف معنـی‌داری (در سـطح احتمـال 1 درصـد) وجود دارد (شکل 2).

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار (AMF) بر برخی صفات اندازه‌گیری شده در گیاه نعناع فلفلی
Table 1- Analysis of variance of AMF effect on some measured properties in peppermint (*Mentha piperita*)

منابع تغییر Source of variance	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)								
		ارتفاع بوته Plant height	قطر ساقه Stem diameter	تعداد برگ Leaf number	تعداد شاخه‌های جانبی Number of lateral branches	درصد کلونیزاسیون Colonization %	درصد اسانس Essential oil %	عملکرد اسانس Essential oil Yield	عملکرد ماده تر در گلدان Shoot FW yield	عملکرد ماده خشک در گلدان Shoot DW yield	وزن خشک ریشه Root DW
تیمار (Treatment)	3	353.29**	0.3422**	52322.71**	429.31**	41.29**	0.1562**	0.003**	1219.23**	42.55**	0.6107**
اشتباه آزمایشی (Error)	19	13.51	0.1184	1733.61	46.66	3.19	0.0338	0.0005	122.91	7.37	0.1148
ضریب تغییرات (CV)	-	5.23%	12.6%	8.96%	19.78	4.14%	7.11%	10.69%	12.45%	14.69%	16.60%

**و*: به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد
** and *: significant at 1 % and 5 % level, respectively

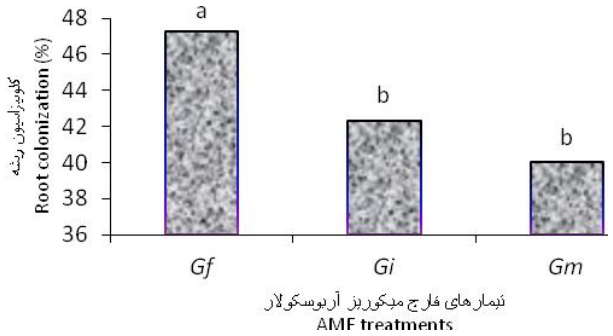
جدول 2-اثر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر برخی صفات رویشی گیاه نعناع فلفلی

Table 2- The AMF effect on some measured properties in peppermint (*Mentha piperita*)

تیمار (Treatments)	ارتفاع بوته Plant height (cm)	قطر ساقه Stem diameter (mm)	تعداد برگ Leaf number	تعداد شاخه‌های جانبی No. of lateral branches	عملکرد ماده تر در گلدان Shoot fresh weight (g pot^{-1})	عملکرد ماده خشک در گلدان Shoot dry weight (g pot^{-1})
C	51.78 c	2.06 b	380 b	15 c	52.86 b	11.9 c
Gm	69.08 b	2.83 a	406 a	23 bc	70.76 b	14.68 bc
Gi	68.75 b	2.60 ab	368 a	34 ab	91.78 a	18.7 ab
Gf	77.16 a	2.88 a	416 a	46 a	94.67 a	20.9 a

میانگین‌های دارای حروف مشترک در سطح احتمال 5 درصد آزمون دانکن تفاوت معنی‌داری ندارند. *C*، *Gm*، *Gi* و *Gf* بترتیب بیانگر شرایط کنترل، تلقیح با *Glomus mosseae*، *Glomus intraradices* و *Glomus fasciculatum* می باشند.

Means with similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.
C, Gm, Gi and Gf shows control, *Glomus mosseae*, *Glomus intraradices* and *Glomus fasciculatum*, respectively.



شکل 1- اثر تلقیح AMF بر درصد کلونیزاسیون ریشه نعناع فلفلی

(*Gm*: *Glomus mosseae; Gi*: *Glomus intraradices*; *Gf*: *Glomus fasciculatum*)

Figure 1- The AMF effects on root colonization in peppermint (*Mentha piperita*).

حروف غیر مشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5% بین آنها است (آزمون دانکن)

***C, Gm, Gi* and *Gf* shows control, *Glomus mosseae, Glomus intraradices* and *Glomus fasciculatum*, respectively.** Means with similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

این افزایش درصد اسانس می‌تواند ناشی از تأثیر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر جذب عناصر غذایی متعددی هم‌چون نیتروژن، کلسیم و پتاسیم باشد.

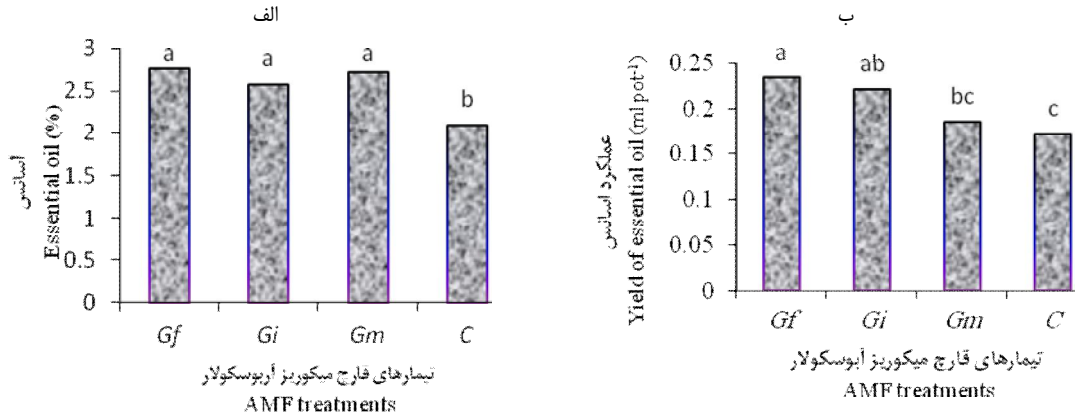
در این پژوهش بیشترین درصد و عملکرد اسانس را گیاهان تلقیح شده با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار نشان دادند. که می‌توان به افزایش رشد گیاه (افزایش پیکر رویشی)، به‌علت بهبود جذب عناصر غذایی نسبت داد. مطالعات نشان داده که افزایش اسانس (رزمارینیک اسید و کافئیک اسید) قسمت هوایی ریحان تلقیح شده با گلوموس گیگاسپورا (5) و مرزنجوش تلقیح شده با گلوموس موسه (14)، بخاطر بهبود جذب فسفر در گیاهان میکوریزایی می‌باشد.

اجزای اسانس

جدول 3 ترکیبات شناسایی شده به وسیله GC و درصد هر کدام از آنها را در تیمارهای مختلف نشان می‌دهد. در اسانس حاصل از تیمار *C* (تیمار بدون کاربرد قارچ‌های میکوریز آربوسکولار)، 19 ترکیب شناسایی شد.

ترکیبات عمده اسانس در این تیمار به ترتیب مقدار عبارت بودند از: منتول[1] (42/27)، منتون[2] (15/41)، 1و8- سینئول[3] (8/35)، ایزومنتون[4] (7/70)، منتوفوران[5] (5/48) و پولیگون[6] (4/36) که در مجموع 83/57 از کل اجزاء اسانس را تشکیل می دهند.

1- Menthol
2- Menthone
3- 1,8- cineole
4- Iso menthone
5- Menthofuran
6- Pulegone



شکل2- تاثیر تلقیح AMF بر درصد (الف) و عملکرد (ب) اسانس نعناع فلفلی (C، *Gm*، *Gi* و *Gf* بترتیب بیانگر شرایط کنترل، تلقیح با *Glomus mosseae*، *Glomus intraradices* و *Glomus fasciculatum* می باشند.)

حروف غیر مشابه نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال 5% بین آنها است (آزمون دانکن).

Figure 2- The AMF inoculation effects on essential oil **percent (a) and yield (b) in peppermint (*Mentha piperita*) *C, Gm, Gi* and *Gf* shows control, *Glomus mosseae, Glomus intraradices* and Glomus *fasciculatum*, respectively**. Means similar letter(s) are not significantly different at 5% probability level, using Duncan's Multiple Range Test.

در اسانس حاصل از تیمار *Gm* (تیمار تلقیح شده با گلوموس موسه)، 22 ترکیب شناسایی شد. ترکیبات عمده اسانس در این تیمار به ترتیب مقدار عبارت بودند از: منتول (30/18)، منتون (19/33)، ایزومنتون (16/37)، 1و8- سینئول (8/83)، پولگون (6/72)، منتوفوران (5/54) و پی- منتا-3 و 8- دین[1] (1/80) که در مجموع 88/77 از کل اجزاء اسانس را تشکیل می دهند.

در اسانس حاصل از تیمار *Gf* (تیمار تلقیح شده با گلوموس فسیکولاتوم)، 23 ترکیب شناسایی شد. ترکیبات عمده اسانس در این تیمار به ترتیب مقدار عبارت بودند از: منتول (29/3)، منتون (17/62)، ایزومنتون (16/23)، 1و8- سینئول (9/99)، پولگون (6/60)، منتوفوران (5/87)، پی- منتا- 3 و 8- دین (2/00) و بتا- پینن[2] (1/80) که در مجموع 89/36 از کل اجزاء اسانس را تشکیل می دهند.

در اسانس حاصل از تیمار *Gi* (تیمار تلقیح شده با گلوموس اینترارادیسز)، 23 ترکیب شناسایی شد. ترکیبات عمده اسانس در این تیمار به ترتیب مقدار عبارت بودند از: منتول (29/75)، ایزومنتون (16/43)، منتون (16/13)، 1 و 8- سینئول (9/19)، پولگون (7/34)، منتوفوران (3/84)، پی- منتا- 3 و 8- دین (2/26)، لیمونن(1/92) و بتا- پینن (1/70) که در مجموع 88/56 از کل اجزاء اسانس را تشکیل می‌دهند (جدول 2). بیشترین تغییر مشاهده شده در اثر تلقیح قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در اجزاء منتول، منتون و ایزو منتون مشاهده شد. بدین ترتیب که مایه کوبی قارچها باعث افزایش مقادیر منتون و ایزومنتون گردیدند (جدول 2). ایجاد تغییرات کیفی در اسانس گیاهان مختلف در اثر تلقیح میکوریزایی توسط محققین مختلف گزارش گردیده است. افزایش محتوی مونوترپن‌ها در گیاه درمنه (20)، افزایش مقادیر ژرانیول و لینالول و کاهش مقادیر آنتول و بتا-المن در اسانس گشنیز (12)، افزایش مقادیر لیمونن و کارون در اسانس شوید و افزایش مقدار تیمول در اسانس زنیان (11) مثال‌های بارزی از تأثیر مایه‌کوبی با قارچ میکوریزا بر اجزاء متشکله اسانس گیاهان می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این پژوهش نشان می‌دهد که قارچ‌های میکوریز آربوسکولار دارای تأثیر معنی‌دار بر پارامترهای رویشی گیاه (شامل ارتفاع بوته، قطر ساقه، تعداد شاخه‌های جانبی، مجموع طول شاخه‌های جانبی، طول متوسط میانگره، تعداد برگ، عملکرد ماده تر در گلدان، عملکرد ماده خشک در گلدان و وزن خشک ریشه) نعناع فلفلی می‌باشند.

همچنین با توجه به نتایج بدست آمده می‌توان بیان کرد که افزایش جذب عناصر غذایی و در نتیجه افزایش پیکر رویشی گیاه در تیمارهای میکوریزی نسبت به تیمار شاهد، موجب افزایش عملکرد و درصد اسانس گیاه نعناع فلفلی گردید. تلقیح قارچی در مقایسه با شرایط بدون تلقیح سبب افزایش معنی‌دار درصد مواد مؤثره نعناع گردید.

1- P-mentha-3,8- diene
2- β- pinene

جدول 3- ترکیبات شناسایی شده در اسانس حاصل از تیمارهای مختلف AMF و شاهد در گیاه نعناع فلفلی

Table 3- Identified compounds of peppermint essential oil in different treatments of AMF and control

نام ترکیب Combination	شاخص بازداری RI	شاهد Control	*G. mosseae*	*G. fasciculatum*	*G. intraradices*
α- thujene	930	-	-	0.11	0.11
α- pinene	937	0.81	0.63	0.97	0.86
Sabinene	975	0.72	0.62	0.81	0.80
β- pinene	979	1.50	1.40	1.80	1.70
Myrcene	991	0.50	0.39	0.62	0.51
α- phellandrene	1003	-	0.17	0.5	0.43
Limonene	1027	1.99	1.14	1.55	1.92
1,8- cineole	1030	8.35	8.83	9.99	9.19
γ- terpinene	1060	-	0.16	0.14	0.19
p-mentha -3 , 8-diene	1073	1.64	1.80	2.04	2.26
Trans sabinene hydrate	1095	0.37	0.37	0.36	0.44
Menthone	1152	15.41	19.33	17.23	16.13
Isomenthone	1163	7.70	16.37	16.23	16.43
Menthofuran	1164	5.48	5.54	5.87	3.84
Neo menthol	1166	2.35	1.51	1.55	1.63
Menthol	1171	42.27	30.11	29.3	29.75
Isomenthol	1182	0.39	0.39	0.33	0.22
Pulegone	1236	4.36	6.72	6.6	7.34
Piperitone	1252	0.25	0.25	0.19	0.29
Menthyl acetate	1295	0.62	0.79	0.54	1.62
E- caryophyllene	1418	0.81	1.16	1.19	1.54
α- humulene	1455	-	0.19	0.22	0.25
γ- muurolene	1480	0.50	0.67	0.69	1.03

به‌طورکلی منتول بالاترین فراوانی مواد مؤثره نعناع را تشکیل داد. وضعیت مطلوب گیاهان میکوریزی بخاطر افزایش سطح جذب و در نتیجه تغذیه بهتر و عملکرد بیشتر بوده است. هم‌چنین از بین سه گونه قارچی بکار برده شده در این پژوهش گیاهان همزیست با قارچ گلوموس فسیکولاتوم بیشترین تأثیر را در کلونیزاسیون ریشه و غلظت اسانس نشان دادند. با توجه به نقش مفید و موثر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار می‌توان از این میکروارگانیسم‌ها برای بهبود و افزایش ماده مؤثره گیاهان دارویی از جمله نعناع بهره برد.

منابع

1- Azcon-Aguilar C. and Barea, J.M. 1996. Arbuscular mycorrhizas and biological control of soil-borne plant pathogens – an overview of the mechanisms involved, Mycorrhiza , 6 :457–464

2- Al-Karaki G.N., and Clark R.B. 1998. Growth, mineral acquisition, and water use by mycorrhiza wheat grown under water stress. Journal of Plant Nutrition, 21(2): 263-276.

3- Brudrett M.C. 2002. Coevolution of roots and mycorrhizas of land plants. New Phytologist, 154: 275-304.

4- Charles D.J. and Simon J.E. 1990. Comparison of extraction methods for the rapid determination of essential oil content and composition of basil. Journal American Society for Horticultural Science، 115: 458-462.

5- Copetta A., Lingua G. and Berta G. 2006. Effect of three AM fungi on growth distribution of glandular hairs، and essential oil production in Ocimum basilicum L. var. Genoves. Mycorrhiza، 16: 485-494.

6- Davies, N.W. 1990. Gas chromatographic retention indices of monoterpens of methyl silicons and carbowax 20m phases. Journal of chromatography, 503: 1-24.

7- Giovannetti M. and Mosse B. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist, 84: 489-500.

8- Griffe P., Metha S. and Shankar D. 2000. Organic production of medicinal, aromatic and dry yielding plants (MADP) with inputs. FRLHT Publications, New Delhi.

9- Jarstfer A.C., Koppenol P.F. and Sylvia D.M. 1998. Tissue magnesium and calcium effects on arbuscular mycorrhiza development and fungal reproduction. Mycorrhiza, 7: 237-242.

10- Jeffries P., Gianinazzi S., Perotto S., Turnau K. and Barea J.M. 2003. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. Biology and Fertility of Soils, 37: 1-16.

11- Kapoor R., Giri B. and Mukerji K.G. 2002a. *Glomus macrocarpum*: a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens L.*) and carum (*Trachyspermum ammi Sprague*). World Journal of Microbiology and Biotechnology, 18: 459-463.
12- Kapoor R., Giri B. and Mukerji K.G. 2002b. Mycorrhization of coriander (*coriandrum sativum*) to enhance the concentration and quality of essential oil. Journal of the Science of Food and Agriculture, 82: 339-342.
13- Kapoor R., Chaudhary V. and Bhatnager A.K. 2007. Effect of arbuscular mycorrhizal and phosphorus application on artemisin concentiration in *Artemisia annua*. Mycorrhiza, 17: 581-587.
14- Khaosaad T., Vierheilig H., Nell M., Zitterl-Eglseer K. and Novak J. 2006. Arbuscular mycorrhiza alters the concentration of essential oils in oregano (*Origanum sp.*, Lamiaceae). Mycorrhiza, 16: 443-446.
15- Lapeyrie F. 1988. Oxalate synthesis from soil bicarbonate by fungus *Paxillus involutus*. Plant and Soil, 110: 3-8.
16- Lindermann R. 2000. Effects of mycorrhizas on plant tolerances to diseases. *In*: Kapulnik Y. and Douds DJ. (Eds), Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, pp. 345–365.
17- Marschner H. and Dell B. 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant and Soil 159: 89-102.
18- Omid Beigi, R. 2000. Findings from the Production of Medicinal Plants. Astane Ghodse Razavi Press, Volume 3 (In Persian)
19- Rasouli-Sadaghiani M.H., Hassani A., Barin M., Rezaee Danesh Y. and Sefidkon F. 2010. Effects of AM fungi on growth, essential oil production and nutrients uptake in basil. Journal of Medicinal Plants Research. 4(21): 2222-2228.
20- Rapparini F., Bertazza G. and Baraldi R. 1996. Growth and carbohydrate status of *Pyrus communis L.* plantlets inoculated with *Glomus sp*. Agronomie, 16: 653–661.
21- Shibamoto, T. 1987. Retention indices in essential oil analysis. Pp. 259-275. In: Capillary gas chromatography in essential oil. Eds., Sandra P. and Bicchi C., Dr. Alfred Heuthig Verlag, New York.
22- Smith S.E and Read D.J. 1997. Mycorrhizal symbiosis, second ed. Academic Press, London, 605.
23- Toussaint J.P. and Smith, E. 2007. Arbuscular mycorrhizal fungi can induce the production of phytochemicals in sweet basil irrespective of phosphorus nutrition. Mycorrhiza, 17: 291-297.