

ارزیابی نقش گونه‌های میکوریزا و سطوح فسفر بر صفات مرتبط با برگ و تولید اسانس نعنا فلفلی در شرایط متفاوت آبی

سمیه اسلامی فرد^۱، مهرداد یارنیا^{۲*}، فرهاد فرح‌وش^۲، ابراهیم خلیوند بهروزیار^۲، وهرام رشیدی^۲

تاریخ دریافت: ۹۷/۷/۷ تاریخ پذیرش: ۹۸/۴/۱۹

۱- دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

۲- گروه زراعت و اصلاح نباتات، واحد تبریز، دانشگاه آزاد اسلامی، تبریز، ایران

*نویسنده مسئول: Email: m.yarnia@yahoo.com

چکیده

به منظور مطالعه تاثیر سطوح آبیاری شامل آبیاری پس از ۷۰، ۱۱۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، سطوح کود شیمیایی فسفره شامل کاربرد صفر، ۲۵ و ۵۰ درصد از کود شیمیایی فسفره توصیه شده و قارچ میکوریزی بصورت عدم کاربرد، *G. hoci*، *G. intraradices*، *Glomus mossae* و کاربرد مخلوطی از گونه‌های قارچ‌های میکوریزی بر گیاه نعناع فلفلی آزمایشی به صورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار و در دانشگاه آزاد اسلامی تبریز در دو سال زراعی ۱۳۹۵ و ۱۳۹۶ اجرا شد. در این بررسی، کم‌آبی کاهش معنی‌داری در صفات رویشی، فیزیولوژیک و عملکرد اسانس ایجاد نمود. در حالی که کاربرد مخلوطی از سه گونه میکوریز و وزن خشک کل را تا ۳۶/۹ درصد افزایش داد. در سال اول، مصرف کود فسفره شیمیایی و مخلوط گونه‌های میکوریزی افزایش بیشتری را در وزن خشک کل و عملکرد اسانس باعث گردید. در چین دوم در سال دوم کاربرد ۵۰ درصد مقدار توصیه شده کود شیمیایی فسفره و کاربرد مخلوطی از گونه‌های مورد بررسی باعث افزایش ۳۷/۱۸ و ۳۸/۱۹ درصدی عملکرد اسانس شد. کاربرد کودهای شیمیایی فسفره و میکوریزی در تیمارهای آبیاری باعث بهبود شاخص کلروفیل و محتوای کلروفیل a و b نعناع فلفلی باعث شد. کاربرد مخلوطی از گونه‌های میکوریز و ضمن کاهش مقدار مصرف کود شیمیایی فسفره به ۵۰ درصد توصیه شده می‌تواند باعث بهبود رشد، عملکرد اسانس و برخی خصوصیات فیزیولوژیک گیاه در هر دو شرایط کم‌آبی و آبیاری کامل گردد.

واژه‌های کلیدی: کم‌آبی، فسفر، عملکرد اسانس، میکوریز، نعناع فلفلی

Evaluating the Role of Mycorrhiza Species in Phosphorus Levels on Peppermint Production under Different Water Conditions

Somayyeh Eslami Fard¹, Mehrdad Yarnia^{2*}, Farhad Farahvash², Ebrahim Khalilvand²,
Varahram Rashidi²

Received: September 29, 2018 Accepted: July 10, 2019

1-PhD Student of Agronomy, Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

2- Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Tabriz Branch, Islamic Azad University, Tabriz, Iran.

*Corresponding Author Email: m.yarnia@yahoo.com

Abstract

In order to study the effect of irrigation levels (irrigation after 70, 110 and 150 mm evaporation from pan), phosphate fertilizer levels (control, 25 and 50% recommended phosphorus fertilizer) and mycorrhizal fertilizer (no application, *G. mossae*, *G. intraradices*, *G. hoci* and application of a mixture of mycorrhizal species) on peppermint, a split plot experiment layout based on randomized complete block design with three replications at Azad University of Tabriz during two years of 2017 and 2018. In this study, Dehydration of soil caused a significant reduction in growth, yield and physiological functions, while the application of a mixture of three mycorrhizal species, the total dry weight increased by 36.9%. In the first year, the use of chemical phosphorus fertilizer and mixture of mycorrhizal species increased the total dry weight and essential oil yield. In the second harvest, in the second year, the application of 50% of the recommended dose of phosphorus fertilizer and the application of a mixture of studied species increased the yield of 18.37 and 38.19 percent in essential oil yield. The application of phosphate and mycorrhizal fertilizers in irrigation treatments improved the chlorophyll index and the content of chlorophyll a and b peppermint. Application of a mixture of mycorrhizal species and reducing the amount of phosphorus fertilizer to 50% of the recommended dose can improve the growth, essential oil yield and some physiological characteristics of the plant in both conditions of irrigation and dehydration.

Keywords: Dehydration of Soil, Essential Oil Yield, Mycorrhiza, Peppermint, Phosphorus

(۱۲/۷ درصد) هستند. سایر اجزا شامل پولگون، منتوفوران و لیمون، گلوکوزیدهای فلاونوئید به نام ناریروتین، هسپیریدین، اسید رزمارینیک، اسید سینامیک، اسید کافئیک و سایر اجزا هستند. اسانس این گیاه دارای خواص ضد باکتریایی و آنتی اکسیدانی است (عسگری و همکاران ۲۰۱۶).

مقدمه

نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) از گیاهان دارویی مهم در سرتاسر جهان است. این گیاه مهم‌ترین جز این گیاه $C_{10}H_{19}OH$ ترکیبی مونوترپنه است که در دمای اتاق جامد و به حالت کریستال است. روغن نعناع فلفلی حاوی منتول (۳۷/۴) و منتیل استات (۱۷/۴) درصد و منتون

فسفر نقش مهمی را در متابولیسم کربوهیدرات‌ها برعهده دارد. این عنصر همچنین مقاوت به تنش‌هایی مانند کم‌آبی را در گیاه افزایش می‌دهد (زمانی و همکاران، ۲۰۱۴). فسفر همچنین رشد گیاه را با افزایش رشد ریشه‌ها افزایش می‌دهد (اومار ۲۰۱۴).

همکاری گیاهان با قارچ‌های میکوریزی نقش مهمی را در فرآیندهای میکروبیولوژیکی و اکولوژیکی دارد. در رابطه همیاری، قارچ‌ها به گیاه کمک می‌کنند، فسفر و نیتروژن و تعداد از عناصر میکرو غیر متحرک مانند روی، مس و آهن را جذب کنند. قارچ‌های میکوریزی همچنین جذب آب را توسط گیاه افزایش می‌دهند، مقاومت گیاه را به پاتوژن‌های بیماری‌زا افزایش داده و پاتوژن‌های بیماری‌زا را کنترل می‌کنند. همچنین سازگاری گیاه به تعدادی از عوامل تنش‌زای محیطی مانند کم‌آبی، گرما، شوری، آلودگی فلزات سنگین را افزایش داده، آنزیم‌ها و هورمون‌های خاصی را تولید می‌کنند و حتی در جذب عناصر رادیواکتیو مهم هستند (گارگ و چاندل ۲۰۱۴).

هزومی و همکاران (۲۰۱۵) نشان دادند که کاربرد کود میکوریزی همراه با کم‌آبی بیشترین عملکرد اسانس *Ocimum gratissimum* را تولید کرد، در حالی که کمترین آن مربوط به عدم کاربرد کود میکوریزی و آبیاری کامل بود. کم‌آبی محتوای ترکیبات فنولیکی و پرولین را در این گیاه دارویی افزایش داد، در حالی که محتوای رنگدانه‌های فتوسنتزی تحت تاثیر کم‌آبی کاهش یافت. آرانگو و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که گیاهان تیمار شده با میکوریز، وزن تر، وزن خشک و سطح برگ بیشتری در مقایسه با گیاهان غیر میکوریزی داشتند. تیمار میکوریز باعث افزایش محتوای فسفر، پتاسیم و کلسیم اندام هوایی شد. این تیمار همچنین درصد اسانس و عملکرد اسانس را در نعنای فلفلی افزایش داد. در بین گونه‌های مورد بررسی تیمار با *G. intraradices* A4 بیشترین سطح فسفر را در اندام هوایی و عملکرد اسانس باعث شد. این محققین اظهار داشتند که تیمار نعنای فلفلی با میکوریزی روشی مناسب

کم‌آبی مهمترین عامل تنش‌زای غیرزیستی محدودکننده رشد است که تاثیر منفی بر رشد و تولید گیاهان زراعی دارد. عوامل تنش‌زا باعث فرآیندهای فیزیولوژیکی غیر عادی در گیاهان می‌شود که بر یک یا ترکیبی از عوامل بیولوژیکی و یا محیطی تاثیر می‌گذارد. عوامل تنش‌زا می‌توانند باعث کاهش عملکرد گیاهان شوند که ناشی از به هم ریختگی متابولیسم گیاهان و کاهش رشد است که می‌تواند در نهایت باعث مرگ گیاهان شود (فتحی و بارادی تادی ۲۰۱۶). کاهش آب در دسترس باعث شده است تا تحقیقات روی نیاز آبی گیاهان زراعی و تاثیر کمبود آب بر عملکرد و کیفیت محصول متمرکز شود (اسنودن و همکاران ۲۰۱۳). برای حفظ رشد در گیاهان تحت شرایط کم‌آبی، کاهش مقدار آب مورد نیاز به کار برده شده به روشی که نسبت تولید به ازای واحد آب مصرفی را حفظ نماید (از جمله افزایش کارایی مصرف آب کشاورزی با کارایی مصرف آب توسط گیاه)، ضروری خواهد بود (ون و همکاران ۲۰۱۳) و خیلا و همکاران (۲۰۱۳).

کمبود فسفر رشد گیاهان را کاهش داده و گیاهان نابالغ باقی می‌مانند. فسفر در بسیاری از فرآیندهای ضروری گیاهان دخالت دارد. فسفر از اجزای ATP نقش مهمی را در انتقال انرژی بر عهده دارد. فسفر به جذب مواد غذایی از طریق افزایش رشد ریشه‌ها کمک می‌کند، بنابراین تجمع ماده خشک در گیاه افزایش می‌یابد (نهار و همکاران ۲۰۱۴). فسفر وظایف مهمی را در فعالیت‌های عمده فیزیولوژیکی گیاهان مانند تقسیم سلولی، فتوسنتز و توسعه سیستم ریشه‌ای بر عهده دارد. کمبود فسفر منجر به قهوه‌ای شدن و کوچک ماندن برگ‌ها، ساقه و نمو کند گیاه می‌شود (قندهی و همکاران ۲۰۱۴). گیاهان به شدت تحت تاثیر کمبود فسفر قرار می‌گیرند، چرا که فسفر یکی از اجزای غیر قابل جایگزین شونده اسیدهای نوکلئیک و فسفرلپیدهای غشائی است. علاوه بر آن فسفر نقش مهمی را در انتقال انرژی و تنظیم فعالیت آنزیم‌ها و انتقال سیگنال‌ها بر عهده دارد (سارکر و همکاران ۲۰۱۵).

تبریز، به اجرا درآمد. این منطقه در ۵ کیلومتری تبریز، با طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه شمالی و ارتفاع ۱۳۶۰ متر از سطح دریا واقع شده است. براساس طبقه‌بندی اقلیمی دومارتن، منطقه دارای اقلیم نیمه خشک سرد است. میانگین دمای سالانه ۱۰ درجه سیلسیوس، میانگین حداکثر دمای سالانه ۱۶ درجه سیلسیوس و میانگین حداقل دمای سالانه ۲/۲ درجه سیلسیوس است. میانگین بارندگی سالانه‌ی این ناحیه ۲۷۱/۳ میلی‌متر است. pH خاک‌های منطقه در محدوده‌ی قلیایی تا متوسط می‌باشد. قبل از شروع آزمایش جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر خاک نمونه‌برداری انجام گرفت و نمونه‌ها برای تجزیه به آزمایشگاه منتقل شد. نتایج تجزیه خاک نشان داد که خاک مزرعه دارای بافت لوم شنی، شوری ۱/۵۶ ds/m و اسیدیته ۷/۵۳ بود (جدول ۱).

برای افزایش عملکرد اسانس می‌باشد. بر اساس مطالعات انجام شده هدف از این بررسی، تعیین اثرات تنش آبی، سویه‌های میکوریزا و مقادیر فسفر بر برخی صفات فیزیولوژیک و مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد اسانس‌نوع فلفلی و ارزیابی امکان کاهش مصرف کود شیمیایی فسفره و همچنین خسارات تنش کم‌آبی با فراهم نمودن شرایط همزیستی این گیاه با سویه‌های قارچ میکوریزا می‌باشد.

مواد و روش‌ها

به منظور ارزیابی اثر گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزی در سطوح مختلف کود فسفره بر برخی صفات مورفو-فیزیولوژیک نعنای فلفلی در شرایط کم‌آبی، آزمایشی طی دو سال زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ و ۱۳۹۵-۱۳۹۴ در ایستگاه کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد

جدول ۱- مشخصات خاک مزرعه مورد بررسی

پتاسیم محلول (mg ⁻¹)	P (ppm)	pH	هدایت الکتریکی (ds.m ⁻¹)	clay	silt	sand	درصد ماده آلی	درصد کربن آلی
۴۵	۳/۱۵	۷/۵۳	۱/۵۶	۱۱	۱۳	۷۶	۲/۹	۱/۷

۳- گونه *intraradices (Glomus intraradices)* -
۴- گونه *Funneliformis mosseae(mossae)* و
۵- مخلوط هر سه گونه بودند.

در هر کرت، سه ردیف کاشت به صورت جوی‌پشته‌ای با فواصل ۴۵ سانتی‌متر در جهت شرقی غربی ایجاد شد. فاصله کرت‌های فرعی از یکدیگر یک خط نکاشت، فاصله کرت‌های اصلی ۱/۵ متر و فاصله بین دو بلوک ۲ متر در نظر گرفته شد. قبل از کاشت گونه‌های مختلف مایکوریزای تهیه شده از موسسه آب و خاک براساس نقشه آزمایش و به ازای هر نشا مقدار ۹ گرم و در حالت مخلوط از هر گونه ۳ گرم برای هر نشا در چاله محل استقرار نشا اضافه گردید و سپس نشاکاری انجام

این آزمایش به صورت اسپلیت اسپلیت پلات در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار طی دو سال زراعی اجرا شد. تیمارهای آزمایشی شامل: سطوح مختلف کم‌آبی به عنوان عامل اصلی در سه سطح: A₁: آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A (شاهد)، A₂: آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A، A₃: آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کلاس A، سطوح فسفر در سه سطح به عنوان عامل فرعی: (۱) عدم مصرف فسفر، (۲) ۲۵ درصد مقدار توصیه شده و (۳) ۵۰ درصد توصیه شده و گونه‌های مختلف میکوریزا در پنج سطح به عنوان عامل فرعی فرعی شامل: ۱-عدم مصرف (شاهد)، ۲- گونه *Rhizophagus*

$$C_a = 12.7 (A_{663}) - 2.69 (A_{645}) \times V/P50\% \text{ MOW}$$

$$C_b = 22.9 (A_{645}) - 2.69 (A_{663}) \times V/P50\% \text{ MOW}$$

$$C_T = 20.2 (A_{645}) + 8.02 (A_{663}) \times V/P50\% \text{ MOW}$$

$$\text{Carotenoid} = 7.6 (A_{480}) - 14.9 (A_{510}) \times V/P50\% \text{ MOW}$$

برای تعیین درصد اسانس، برگ‌های خشک شده در شرایط سایه توسط آسیاب پودر شده و اسانس به روش تقطیر با آب توسط دستگاه کلونجر استخراج شد. اسانس استخراج شده زرد رنگ با استفاده از سولفات سدیم بدون آب و اتیل اتر رطوبت‌زدایی شده و مقدار به دست آمده به درصد تبدیل شد.

تجزیه و تحلیل آماری داده‌ها بر مبنای مدل آماری آزمایش کرت دو بار خرد شده با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 انجام شد و میانگین تیمارها به روش آزمون چند دامنه‌ی دانکن در سطح پنج درصد مورد مقایسه قرار گرفتند. رسم نمودارها با کمک نرم افزار Excel انجام گرفت.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس صفات بررسی شده در یک چین تولیدی در سال اول آزمایش و دو چین سال دوم تحت تاثیر عوامل آزمایشی در جدول ۲ ارائه شده است.

صفات مرتبط با برگ

شاخص سطح برگ: در این بررسی در سال اول، چین اول و دوم از سال دوم با کاهش آب آبیاری از آبیاری پس از ۷۰ به ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، از شاخص سطح برگ نعنای فلفلی به میزان ۹/۸، ۱۰/۳ و ۱۸/۸ درصد کاسته شد، با این وجود آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تاثیری بر شاخص سطح برگ

پذیرفت. اوایل بهار پس از آماده سازی زمین سطوح مختلف فسفر بر اساس نقشه کاشت در کرت‌های آزمایشی اعمال شدند. نشاهای نعنای فلفلی پس از تهیه و در اواسط اردیبهشت ماه به صورت ریزوم به زمین اصلی انتقال یافت. نشاها با فاصله ۳۰ سانتی‌متر از یکدیگر و در داغ آب پشته‌ها کاشته شدند. بلافاصله پس از کاشت نشاها آبیاری انجام شد. جهت استقرار نشاها، آبیاری هر ۲-۳ روز یک بار صورت پذیرفت. برای کنترل علف هرز در صورت نیاز، وجین دستی در زمان‌های مختلف انجام شد. برای تامین نیاز کود نیتروژنه، اوره بر مبنای ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در سه مرحله، ۱/۳ قبل از کاشت، مرحله ۱/۳ بعد از استقرار نشاها و ۱/۳ در مرحله ۸-۱۰ برگی و قبل از اعمال تیمارهای کم‌آبی مصرف و سطوح تنش کم‌آبی براساس آبیاری پس از تبخیر از تشتک کلاس A اعمال شد. با ظهور گل‌آذین اقدام به برداشت نهایی بوته‌ها گردید. صفات مورد بررسی در هر دو سال شامل شاخص سطح برگ، شاخص کلروفیل، محتوای کلروفیل a، محتوای کلروفیل b، محتوای کاروتنوئید، وزن خشک برگ، درصد اسانس و عملکرد اسانس بود.

در مرحله‌ی گل‌دهی کامل، سطح برگ بوته‌ها با استفاده از رابطه سطح و وزن برگ‌ها تعیین و با محاسبه سطح برگ در واحد سطح، شاخص سطح برگ تعیین شد. برای اندازه‌گیری شاخص کلروفیل از دستگاه کلروفیل سنج مدل ۲۰۰-CCM استفاده شد.

برای تعیین میزان کلروفیل a، b و کل و محتوای کاروتنوئید بر حسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر برگ از روش آرنون^۱ (۱۹۴۹) استفاده شده و دانسیته جذبی عصاره‌ها در طول موج‌های ۶۶۳، ۶۴۵، ۵۱۰ و ۴۸۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت گردید و در روابط زیر جهت اندازه‌گیری پارامترها وارد شد. در این روابط، C کلروفیل، A طول موج، V حجم محلول و W وزن نمونه برگ می‌باشد.

¹ Arnon

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در نعنای فلفلی

سال اول									
منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	شاخص کلروفیل (cci)	کلروفیل a (mg.g ⁻¹)	کلروفیل b (mg.g ⁻¹)	کاروتنوئید (mg.g ⁻¹)	وزن خشک برگ (gr)	درصد اسانس	عملکرد اسانس (gr.m ²)
تکرار	۲	۰/۰۰۳	۰/۲۵۷	۲۶ ۶۱۷/۲	۲۳۸/۰۰۲	۲۶۹۳/۳۲۴	۱/۲۶۵	۰/۰۶۴	۷۳۲/۷۹۷
سطوح آبیاری (A)	۲	۱/۵۳**	۹/۱۶**	۱۹۰۰۹/۱۱۲**	۱۳۴۷۰/۳**	۴۶۹۲۲/۵۷*	۳۹۳/۳۵**	۱/۵۸۱**	۵۲۴۲/۱۰۳**
خطای اصلی میکوریز (B)	۴	۰/۰۵۴	۰/۱۳۸	۲۰۵/۱۱۹	۳۳۰/۷۴۸	۵۸۹۳/۷۱۲	۱۳/۱۰۸	۰/۰۶۱	۱۵۱/۱۱۵
AB	۸	۰/۱۵۱	۰/۵۶۶	۶۷۱/۹۱۴	۳۵۷/۰۶۱	۱۲۸۶/۷۹۵	۲۵/۰۷۴	۰/۱۹۱*	۴۶۹۴/۳۹۶**
خطای فرعی فسفر شیمیایی (C)	۲۴	۰/۰۹۹	۰/۳۴۹	۱۲۰۶/۳۰۱	۱۳۰۱/۸۴۶	۳۱۲۱/۹۰۴	۲۲/۸۰۳	۰/۰۷۵	۴۶۰/۷۷۹
AC	۲	۰/۶۰**	۱/۹۳**	۱۹۷۷۷/۸۱**	۵۸۵۳/۳۶۸*	۷۴۹۰۰/۱۷**	۲۵۱/۳۹**	۰/۸۱۰**	۱۴۴۸۱/۴۱**
BC	۴	۰/۱۰۳	۰/۱۵۹	۲۰۸۰/۸۵۵	۳۷۴/۸۸۶	۱۴۴۲/۶۹۱	۵/۵۰۸	۰/۱۳۹	۲۴۴/۳۶۸
ABC	۸	۰/۱۳۵	۰/۶۰۷*	۶۷۰/۶۰۱	۹۸۳/۳۸۸	۲۴۸۴/۳۷۵	۱۵/۸۰۶	۰/۰۴۲	۳۵۱/۲۱۲
خطای فرعی ضریب تغییرات (%)	۱۶	۰/۱۱۱	۰/۱۶۱	۸۹۶/۳۹	۱۰۷۲/۵۸۵	۳۱۷۲/۶۳	۲۱/۹۷۲	۰/۰۷۶	۳۵۱/۶۹۲
	۶۰	۰/۰۹۶	۰/۲۸۹	۸۴۵/۲۸۲	۱۲۶۴/۵۲۱	۲۳۲۶/۸۴۳	۲۱/۳۶۱	۰/۰۹۳	۳۷۳/۲۰۶
		۸/۸۷	۲۶/۲۶	۸/۳۳	۱۰/۲۴	۸/۹۸	۲۷/۰۱	۱۵/۸۴	۲۳/۶۴

ادامه جدول ۲

چین اول سال دوم									
منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	شاخص کلروفیل (cci)	کلروفیل a (mg.g ⁻¹)	کلروفیل b (mg.g ⁻¹)	کاروتنوئید (mg.g ⁻¹)	وزن خشک برگ (gr)	درصد اسانس	عملکرد اسانس (gr.m ²)
تکرار	۲	۰/۰۴۶	۰/۱۰۵	۷۵۷/۰۱	۱۸۳۲/۴۱۹	۱۴۵۸/۶۴۱	۲/۲۰۳	۰/۰۲۹	۴۷۰/۳۰۸
سطوح آبیاری (A)	۲	۰/۷۵۳	۵/۴۱*	۱۲۳۳۵/۴۹*	۱۴۶۹۴/۵۲*	۳۶۰۳۱/۴۷۸*	۱۵۴/۸**	۲/۷۲۴**	۴۷۲۰/۸۶۰*
خطای اصلی میکوریز (B)	۴	۰/۰۴۷	۰/۳۴۳	۱۵۸۸/۱۹	۹۲۷/۲۶۳	۳۲۷۳/۹۹۳	۴/۶۶۲	۰/۰۲۳	۳۴۴/۰۴۸
AB	۸	۰/۱۴۱	۰/۳۱۸	۳۶۲۴/۷۶**	۴۲۹۶/۳۰۴**	۷۶۷۸/۸۱۸	۲۵/۹۰**	۰/۴۸۰**	۲۵۰۲/۸۸**
خطای فرعی فسفر شیمیایی (C)	۲۴	۰/۰۴۷	۰/۵۷۸	۵۷۲/۶۳۱	۸۸۷/۴۳۴	۲۳۹۷/۰۵۳	۷/۷۷۲	۰/۲۳۰*	۴۹۳/۵۹۳*
AC	۲	۰/۶۱**	۱/۲۲۶	۸۱۶۴/۱**	۱۱۰۳۶/۱۶۱**	۸۹۸۸/۱۱۳*	۶۱/۸۵**	۱/۲۱۴**	۱۲۴۶۴/۹**
BC	۴	۰/۰۱۹	۰/۳۵۷	۱۹۶۳/۷۲۱	۱۳۰۰/۰۴۱	۳۲۷۴/۴۸	۱۴/۱۱۱	۰/۲۶۸	۲۳۳/۹۲۲
ABC	۸	۰/۱۲۲*	۰/۴۳۲	۱۳۴۳/۵۲۵	۲۰۸۱/۹۹۵*	۲۳۲۵/۵۶	۵/۲۰۱	۰/۱۲۴	۳۲۸/۰۲۱
خطای فرعی ضریب تغییرات (%)	۱۶	۰/۰۷۲	۰/۳۹۸	۷۸۶/۱۴۲	۵۴۲/۷۶	۲۲۸۱/۲۴۱	۷/۴۸۵	۰/۱۳۳	۴۳۰/۹۱۴*
	۶۰	۰/۰۴۷	۰/۴۸۲	۸۴۶/۱۹	۹۵۷/۸۹۷	۲۲۵۰/۹۴۷	۶/۴۵۱	۰/۱۱۲	۲۲۹/۹۲۹
		۹/۲	۳۵/۹۸	۸/۳۵	۸/۹	۹/۰۲	۲۳/۲۵	۱۶/۴۶	۲۳/۹۲

ادامه جدول ۲

چین دوم سال دوم									
منابع تغییر	درجه آزادی	شاخص سطح برگ	شاخص کلروفیل (cci)	کلروفیل a (mg.g ⁻¹)	کلروفیل b (mg.g ⁻¹)	کاروتنوئید (mg.g ⁻¹)	وزن خشک برگ (gr)	درصد اسانس	عملکرد اسانس (gr.m ²)
تکرار	۲	۰/۰۰۶	۰/۴۶۶	۲۵۶۶/۸۹	۸۸۶/۷۳۴	۳۰۴۳/۱۳۹	۰/۲۶۱	۰/۰۱۲	۲/۶۶
سطوح آبیاری (A)	۲	۱/۱۸۸**	۴/۱۲۱**	۱۹۸۶۴/۶۳۱**	۱۹۲۹۳/۲۴۶**	۴۰۹۳۱/۵۷۸**	۹/۱۳۸**	۱/۷۸۳**	۱۷/۶۷۱
خطای اصلی میکوریز (B)	۴	۰/۰۱۸	۰/۱۱۲	۷۷۸/۴۶۸	۱۳۴/۰۴۲	۹۹۵/۹۰۷	۰/۱۶	۰/۰۶۶	۱۰/۳۳۹
AB	۸	۰/۰۳۴	۱/۰۹۳*	۹۳۵۰/۴۸۳**	۷۸۷۳/۰۲۴*	۶۵۴۰/۰۷	۱/۰۰۴**	۰/۳۷۴**	۱۰/۱۸۵۳**
خطای فرعی فسفر شیمیایی (C)	۲۴	۰/۰۷۳	۰/۳۵	۸۷۳/۸۱۴	۷۵۸/۳۳۳	۲۳۵۷/۴۷۴	۰/۳۳۲	۰/۰۸۲	۶/۹۳۵
AC	۲	۰/۶۵۵**	۳/۴۴۷**	۱۷۳۸۷/۱۳۵**	۱۵۱۶۷/۹۵۵*	۱۸۰۰۲/۲۰۸**	۳/۶۸۸**	۰/۷۵۷**	۲۸۷/۱۲۶**
BC	۴	۰/۰۰۴	۰/۱۸۹	۵۱۶/۰۹۶	۱۵۹۱/۶۰۹	۲۶۲/۶۸۹	۰/۸۵۱	۰/۲۱۸*	۱۷/۴۱۴
ABC	۸	۰/۰۴۹	۱/۰۶۷**	۱۱۲۸/۰۳۴	۵۱۴/۴۲۸	۳۴۷۰/۱۹۸	۰/۷۵۹	۰/۱۵۶*	۱۳/۳۳۲
خطای فرعی ضریب تغییرات (%)	۱۶	۰/۰۷۴	۰/۳۵۵	۱۵۰۲/۰۵۴	۷۳۹/۵۱	۲۶۴۹/۴۰۴	۰/۲۷۵	۰/۱۲۲	۱۲/۴۲۷
	۶۰	۰/۰۷۴	۰/۳۶۳	۸۴۱/۲۶۳	۱۱۲۷/۰۰۸	۱۶۵۵/۵۳۱	۰/۵۴۷	۰/۰۷۳	۱۱/۹۱۶
		۱۷/۲۷	۳۰/۳۲	۸/۲۳	۹/۵۵	۷/۷۱	۱۸/۵۸	۱۶/۲۲	۲۳/۲۴

کاربرد ۵۰ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره، *G. mossae* افزایش معنی‌دار ۱۳/۶ درصدی را در شاخص سطح برگ نعناع فلفلی باعث شد (جدول ۶). آرانگو و همکاران (۲۰۱۲) نیز تاثیر گونه‌های مختلف میکوریزا را بر سطح برگ بررسی و اعلام کردند که کاربرد میکوریزا افزایش معنی‌داری را در سطح برگ نعناع فلفلی باعث شد. در بررسی این محققین کاربرد کود شیمیایی فسفره نیز افزایش معنی‌داری را در سطح برگ نعناع فلفلی باعث شد، ولی میزان تاثیر وابسته به گونه میکوریز بود. بیشترین سطح برگ با کاربرد کود شیمیایی فسفره و گونه *Glomus intraradices* به دست آمد.

کلروفیل

در سال اول، چین اول و چین دوم از سال دوم، تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به ترتیب به میزان ۲۱/۲، ۲۶/۳۷ و ۲۰ درصد از شاخص کلروفیل در برگ‌های نعناع فلفلی کاست (جدول ۳). بررسی‌های مختلف نشان داده است که در شرایط کم آبی شدید از میزان تولید کلروفیل کاسته می‌شود. چرا که پیش ساز کلروفیل در اثر افزایش تولید پرولین کاهش می‌یابد (فلکزاس و مدرانو ۲۰۰۸). گیاهانی که در شرایط تنش خشکی قرار می‌گیرند، جذب منیزیم و آهن از خاک در آنها کاهش می‌یابد که نتیجه آن کاهش میزان سنتز کلروفیل می‌باشد (کلس و اونجل ۲۰۰۴). از طرف دیگر، از مهمترین اثرات منفی ناشی از تنش کم آبی در گیاهان افزایش رادیکال‌های آزاد بوده که سبب پراکسیداسیون و در نتیجه تجزیه کلروفیل می‌شود (فلکزاس مدرانو ۲۰۰۸).

نعناع فلفلی نداشت (جدول ۳). در بررسی قنبری و همکاران (۲۰۱۳) نیز نشان داده شده است که کم آبی باعث کاهش معنی‌دار سطح برگ‌های نعناع فلفلی می‌شود. کم آبی با کاهش تقسیم و طویل شدن سلول‌ها از طول برگ می‌کاهد (فاروق و همکاران، ۲۰۱۲). کاهش رشد در اثر کم آبی ناشی از کاهش تقسیم سلولی، طویل شدن سلول و تمایز است که وقایع ژنتیکی فیزیولوژیکی، اکولوژیکی و مورفولوژیکی را درگیر می‌کند. کم آبی پتانسیل آبی برگ‌ها را کاهش می‌دهد و در نتیجه رشد برگ‌ها و سطح برگ کاهش می‌یابد (اکرم و همکاران ۲۰۱۲).

در این مطالعه در سال اول و چین دوم از سال دوم، تیمار کاربرد ۵۰ درصد دز توصیه شده کود فسفره شاخص سطح برگ را به ترتیب به میزان ۶/۸ و ۱۵/۷ درصد افزایش داد (جدول ۴). بررسی‌های آناتومیک نشان داده است که با کاربرد کود فسفره طول سلول‌های برگ افزایش می‌یابد که این امر باعث افزایش رشد برگ‌ها می‌شود (کاونانو و همکاران ۲۰۰۶).

در چین اول سال دوم تاثیر کود شیمیایی فسفره وابسته به کاربرد میکوریز بود. بیشترین شاخص سطح برگ نعناع فلفلی با ۲/۶۲ متعلق به تیمار کاربرد ۲۵ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره همراه با *G. hoci* بود. کمترین آن نیز با ۲/۱ در تیمار کاربرد ۵۰ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره و عدم کاربرد میکوریزا به دست آمد. با توجه به نتایج در صورت عدم کاربرد کود شیمیایی فسفره، میکوریزا تاثیری معنی‌داری بر شاخص سطح برگ نعناع فلفلی نداشت ولی با کاربرد کود شیمیایی فسفره نتایج متفاوتی به دست آمد. در تیمار

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های صفات در نعنای فلفلی تحت تاثیر سطوح آبیاری

سال اول						
شاخص	وزن خشک	کاروتنوئید	کلروفیل b	کلروفیل a	شاخص	سطوح آبیاری
سطح برگ	برگ (gr)	(mg.g ⁻¹)	(mg.g ⁻¹)	(mg.g ⁻¹)	کلروفیل (cci)	(میلی متر تبخیر از تشتک)
۱/۷۱۱a	۴/۴۴۴a	۵۵۲/۶a	۳۵۳/۹b	۳۶۳/۷a	۲/۰۷۳a	۷۰
۱/۵۸۷a	۳/۹۵۳b	۵۳۵/۸a	۳۷۱/۰a	۳۶۵/۷a	۲/۲۳۸a	۱۱۰
۱/۳۸۹b	۳/۵۴۴c	۴۹۴/۱b	۳۲۹/۸c	۳۲۸/۴b	۱/۶۵۱b	۱۵۰

ادامه جدول ۳

چین اول سال دوم						
شاخص	وزن خشک	کاروتنوئید	کلروفیل b	کلروفیل a	شاخص	کلروفیل (cci)
سطح برگ	برگ (gr)	(mg.g ⁻¹)	(mg.g ⁻¹)	(mg.g ⁻¹)		
a ۲/۴۷۱	a ۱۲/۵۱	a ۵۵۳/۸	ab ۳۵۰/۶	a ۳۵۹/۲	a ۲/۰۸۲	
a ۲/۳۷۸	a ۱۱/۳۸	ab ۵۲۶/۳	a ۳۶۳/۶	a ۳۵۷/۵	a ۲/۱۷۶	
b ۲/۲۱۶	b ۸/۸۸۷	b ۴۹۷/۲	b ۳۳۰/۷	b ۳۲۷/۱	b ۱/۵۳۳	

ادامه جدول ۳

چین دوم سال دوم						
شاخص	وزن خشک	کاروتنوئید	کلروفیل b	کلروفیل a	شاخص	کلروفیل (cci)
عملکرد	شاخص	برگ (gr)	(mg.g ⁻¹)	(mg.g ⁻¹)	(mg.g ⁻¹)	(cci)
اسانس (gr.m ²)	سطح برگ					
a ۸۷/۱۹	a ۲/۶۴۲	a ۱۹/۵۶	a ۵۶۶/۸	a ۳۵۰/۰	b ۳۴۹/۲	b ۲/۰۲۳
a ۸۸/۶۹	a ۳/۵۳۶	a ۱۷/۹۴	ab ۵۴۲/۱	a ۳۶۳/۰	a ۳۶۹/۴	a ۲/۵۰۴
b ۶۹/۲۹	b ۲/۲۸۲	b ۱۳/۸۳	b ۵۰۲/۷	b ۳۲۸/۷	c ۳۲۸/۳	c ۱/۶۰۲

در سال اول، کاربرد ۵۰ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره محتوای کلروفیل a را به ترتیب ۱۰/۴۱ درصد افزایش داد (جدول ۴). در چین دوم از سال دوم نیز تیمار کاربرد ۵۰ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره افزایش معنی‌دار محتوای کلروفیل a به میزان ۱۰/۹ درصد گردید (جدول ۴). خلیل و یوسف (۲۰۱۴) نیز در گیاه *Lepidium sativum* مشاهده نمودند که کاربرد کود شیمیایی فسفره باعث افزایش میزان کلروفیل a می‌شود. با افزایش سطح کود فسفره میزان افزایش بیشتری در این صفت به دست آمد.

محتوای کلروفیل a: در این بررسی در سال اول، چین اول و چین دوم از سال دوم تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کاهش ۵/۸، ۸/۹ و ۸/۹ درصدی را در محتوای کلروفیل a برگ‌های نعنای فلفلی باعث گردید (جدول ۳). بررسی‌ها نشان داده است که در بین عوامل تنش‌زا کمبود آب، بیشترین کاهش را در میزان کلروفیل برگ‌های گیاهان زراعی ناشی می‌شود که دلیل اصلی آن تولید فرم‌های فعال اکسیژن در تیلاکوئیدها است (کیانی و همکاران ۲۰۰۸).

جدول ۴- مقایسه میانگین‌های صفات در نعنای فلفلی تحت تاثیر سطوح کود شیمیایی فسفره

سال اول							
عملکرد اسانس (gr.m ²)	شاخص سطح برگ	وزن خشک برگ (gr)	درصد اسانس	کاروتنوئید (mg.g ⁻¹)	کلروفیل b (mg.g ⁻¹)	کلروفیل a (mg.g ⁻¹)	سطوح کود شیمیایی فسفره (درصد از دز مطلوب)
۱۲/۹۱b	۱/۴۶vb	۳/۷۸۲b	۱/۸۲b	۵۱۲/۱b	۳۴۲/۵b	۳۸۳/۳b	۰
۱۷/۷۱a	۱/۶۹۸a	۴/۳۰۹a	۱/۸۶b	۵۰۰/۱a	۳۷۲/۷a	۳۷۵/۰a	۲۵
۱۳/۹۴b	۱/۵۲۲b	۳/۸۵۱b	۲/۰۷a	۵۲۰/۳b	۳۳۹/۵b	۳۴۴/۴b	۵۰

ادامه جدول ۴

چین دوم سال دوم					چین اول سال دوم					
عملکرد اسانس (gr.m ²)	شاخص سطح برگ	وزن خشک برگ (gr)	درصد اسانس	کاروتنوئید (mg.g ⁻¹)	کلروفیل b (mg.g ⁻¹)	کلروفیل a (mg.g ⁻¹)	وزن خشک برگ (gr)	درصد اسانس	کاروتنوئید (mg.gr)	محتوای کلروفیل b (mg.gr)
۶۹/۶vb	۳/۳۷۱b	۱۶/۲۰b	۱/۸۲vb	۵۰۷/۳b	۳۳۶/۱b	۳۳۸/۰b	۱۰/۰۸b	۱/۹۲۸b	۵۱۱/۳b	۳۳۲/۹b
۷۳/۱۶b	۳/۴۸۷ab	۱۵/۳۴b	۱/۸۶۴b	۵۲۰/۷b	۳۴۶/۷ab	۳۳۵/۸b	۱۰/۴۳b	۱/۹۲۸b	۵۲۶/۵ab	۳۵۴/۴a
۱۰۲/۳a	۳/۶۰۲a	۱۹/۷۹a	۲/۰۷۶a	۵۸۳/۷a	۳۵۸/۹a	۳۷۳/۲a	۱۲/۲۶a	۲/۲۲۲a	۵۳۹/۵a	۳۵۷/۶a

نیز نتایج مشابهی به دست آمد و تنها کاربرد توام کودها افزایش معنی‌داری را در محتوای کلروفیل a باعث گردید. در تیمار کاربرد مخلوط هر سه گونه محتوای کلروفیل a به میزان ۳۸۱ میلی گرم در گرم وزن تر برگ‌های نعنای فلفلی به دست آمد که در مقایسه با عدم کاربرد میکوریزا به میزان ۱۴/۷ درصد بیشتر بود (جدول ۵). هزومی و همکاران (۲۰۱۵) نیز اثر مثبت کاربرد *G. intraradices* را بر محتوای کلروفیل *Ocimum gratissimum* مشاهده نمودند.

محتوای کلروفیل b: نتایج نشان داد که در سال اول، چین اول و چین دوم از سال دوم آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشنگ به میزان ۶، ۵/۶۸ و ۶/۷ درصد کلروفیل b برگ‌های نعنای فلفلی را نسبت به آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر کاهش داد (جدول ۳). رهداری و همکاران (۲۰۱۲) اعلام کرده است کاهش در میزان کلروفیل تحت تاثیر خشکی، به شدت تنش بستگی دارد، کاهش در میزان کلروفیل نتیجه کاهش تولید

در چین اول از سال دوم در صورت عدم کاربرد کود شیمیایی فسفره، بیشترین محتوای کلروفیل a مربوط به کاربرد ترکیبی گونه‌های قارچ‌های میکوریزی بود. این تیمار همراه با *G. intraradices* افزایش معنی‌داری را بر محتوای کلروفیل a باعث شدند، ولی سایر گونه‌های قارچ میکوریزی تاثیر معنی‌داری بر این صفت نداشتند. کاربرد *G. intraradices* و کاربرد مخلوط هر سه گونه محتوای کلروفیل a را در برگ‌های نعنای فلفلی به ترتیب به میزان ۱۲/۴ و ۲۰/۱ درصد افزایش دادند (جدول ۶). تامیزینیان و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان دادند که کاربرد کود زیستی میکوریزا افزایش معنی‌داری را در محتوای کلروفیل a در گیاه دارویی *Coleus aromaticus* باعث شد.

در سال اول، کاربرد گونه‌های قارچ میکوریزی به تنهایی تاثیر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل a در برگ‌های نعنای فلفلی نداشت و تنها کاربرد گونه‌ها به صورت توام اثر معنی‌داری بر محتوای کلروفیل a داشته و این صفت را به میزان ۱۳/۳ درصد افزایش داد. در سال دوم

در چین دوم از سال دوم کاربرد *G. intraradices* و مخلوط هر سه گونه اثر افزایشی معنی‌داری معادل به ترتیب ۷/۲ و ۱۴/۲ درصد در محتوای کلروفیل b داشتند (جدول ۵).

محتوای کارتنوئید برگ: در این بررسی، در سال اول، چین اول و چین دوم از سال دوم تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک کاهشی به ترتیب ۱۱/۳۱، ۱۰/۲۲ و ۱۰/۵ درصدی را در محتوای کارتنوئید در برگ‌های نعنای فلفلی باعث شد (جدول ۳). بررسی‌ها نشان داده که عوامل محیطی مختلفی می‌توانند تاثیر متفاوتی در میزان تولید کارتنوئیدها داشته باشند. عباسی و همکاران (۲۰۱۴) در ماشک نشان دادند که کم‌آبی کاهش معنی‌داری را در کل محتوای کاروتنوئیدها باعث می‌شود.

در سال اول کاربرد انفرادی گونه‌های میکوریزا تاثیری بر محتوای کارتنوئید در برگ‌های نعنای فلفلی نداشت، ولی کاربرد تلفیقی گونه‌های قارچ میکوریزی اثر معنی‌داری بر محتوای کاروتنوئید در برگ‌های نعنای فلفلی داشت. در این شرایط محتوای کاروتنوئید ۵۸۰ میلی گرم در گرم وزن تر برگ نعنای فلفلی بود که در مقایسه با عدم کاربرد میکوریزا ۱۱/۹ درصد بیشتر بود (جدول ۵). در بررسی مشابهی رحمتزاده و کمال کاظمی تبار (۲۰۱۳) نیز مشاهده نمودند که کاربرد میکوریز افزایش معنی‌داری را در محتوای کاروتنوئیدها در برگ‌های *Catharanthus roseus* باعث می‌شود. رابینسون و همکاران (۲۰۱۴) در کنجد نشان دادند با کاربرد کود میکوریزی بر محتوای کاروتنوئیدهای برگ‌ها چه در شرایط آبیاری کامل و چه در شرایط کم‌آبی افزوده شد.

کلروفیل در گیاهان و تخریب کلروفیل‌های موجود است. هزومی و همکاران (۲۰۱۵) طی بررسی که انجام دادند، مشاهده نمودند که کم‌آبی محتوای کلروفیل b را در گیاه دارویی *Ocimum gratissimum* کاهش می‌دهد.

در سال اول و چین اول از سال دوم کاربرد ۵۰ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره، محتوای کلروفیل b برگ‌های نعنای فلفلی را به ترتیب به میزان ۶/۷ و ۶/۵۶ کاهش داد (جدول ۴). خلیل و یوسف (۲۰۱۴) تاثیر سطوح مختلف کود شیمیایی فسفره و کاربرد قارچ میکوریزی را بر خصوصیات فیزیولوژیک گیاه دارویی *Lepidium sativum* بررسی و مشاهده نمودند که کاربرد کود زیستی میکوریزی همراه با کود فسفره شیمیایی، افزایشی ۲۸۳ درصدی در میزان کلروفیل b برگ‌های *Lepidium sativum* باعث شد.

در چین دوم از سال دوم محتوای کلروفیل b تحت تاثیر کاربرد ۲۵ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره قرار نگرفت، ولی کاربرد ۵۰ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره اثر معنی‌دار افزایشی بر محتوای کلروفیل b در برگ‌های نعنای فلفلی داشت و این صفت را به میزان ۸/۷ درصد افزایش داد (جدول ۴).

در سال اول و چین اول از سال دوم تنها کاربرد تلفیقی گونه‌های قارچ میکوریزی اثر معنی‌دار و مثبتی را بر محتوای کلروفیل b در برگ‌های نعنای فلفلی داشت. در شرایط کاربرد تلفیقی گونه‌های قارچ میکوریزی محتوای کلروفیل b در برگ‌های نعنای فلفلی در مقایسه با عدم کاربرد کود به ترتیب به میزان ۱۳/۳ و ۹/۳۹ درصد بیشتر بود (جدول ۵). تامیزینیان و همکاران (۲۰۰۹) نیز نشان دادند که کاربرد کود زیستی میکوریزی افزایش معنی‌داری را در محتوای کلروفیل b در گیاه دارویی *Coleus aromaticus* باعث شد.

جدول ۵- مقایسه میانگین‌های صفات در نعنای فلفلی تحت تاثیر میکوریزا

نوع کود میکوریزی	سال اول			چین اول سال دوم			چین دوم سال دوم		
	کلروفیل a (mg.g ⁻¹)	کلروفیل b (mg.g ⁻¹)	وزن خشک برگ (gr)	کلروفیل a (mg.g ⁻¹)	کلروفیل b (mg.g ⁻¹)	وزن خشک برگ (gr)	کلروفیل a (mg.g ⁻¹)	کلروفیل b (mg.g ⁻¹)	وزن خشک برگ (gr)
شاهد	۳۳۲/۳b	۳۳۰/۴c	۱۳/۱۷b	۳۳۳/۵b	۹/۶۰۰b	۳۳۳/۵b	۳۳۰/۰b	۳۳۰/۰b	۳۳۰/۰b
<i>G. intraradices</i>	۳۴۲/۰ b	۳۵۴/۶ b	۱۴/۳۰b	۳۴۲/۷ab	۱۰/۲۷ab	۳۴۲/۷ab	۳۴۰/۰b	۳۴۰/۰b	۳۴۰/۰b
<i>G. mossae</i>	۳۵۲/۰ b	۳۴۴/۵ bc	۳/۸۸۹b	۳۵۱/۴ab	۱۱/۳۴ab	۳۵۱/۴ab	۳۴۸/۷ab	۳۴۸/۷ab	۳۴۸/۷ab
<i>G. hoci</i>	۳۵۴/۷ b	۳۵۱/۱bc	۴/۰۵۹ab	۳۴۹/۳ab	۱۲/۰۶a	۳۴۹/۳ab	۳۴۲/۳b	۳۴۲/۳b	۳۴۲/۳b
مخلوط هرسه گونه	۳۸۱/۹ a	۳۷۷/۲a	۴/۲۷۴a	۳۶۴/۸a	۱۱/۳۶ab	۳۶۴/۸a	۳۷۴/۰a	۳۷۴/۰a	۳۷۴/۰a

وزن خشک برگ: در سال اول، چین اول و چین

دوم از سال دوم تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، وزن خشک برگ‌ها را در مقایسه با آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به ترتیب به میزان ۲۹/۲، ۲۸/۹ و ۲۰/۲۵ درصد کاهش داد (جدول ۳). سرحدی و همکاران (۲۰۱۴) نیز نشان دادند که کم‌آبی باعث کاهش معنی‌دار وزن خشک برگ‌ها در گیاه دارویی *Indigofera tinctoria* می‌شود. این محققین کاهش میزان اسمیلاسیون خالص برگ‌ها را از دلایل مهم کاهش وزن خشک برگ بیان کردند.

در سال اول، چین اول و چین دوم از سال دوم کاربرد ۵۰ درصد کود شیمیایی فسفره وزن خشک برگ‌ها را به ترتیب به میزان ۲۲/۱، ۲۱/۶ و ۱۳/۹ درصد افزایش داد. کاربرد ۲۵ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک برگ‌ها در نعنای فلفلی نداشت (جدول ۴). سیلوا و همکاران (۲۰۱۴) نیز طی بررسی خود افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ‌های نعنای فلفلی را با افزایش سطح کاربرد کود شیمیایی فسفره به دست آوردند. کاربرد کودهای فسفره و میکوریزی به روش‌های مختلف می‌توانند بر وزن خشک برگ‌های گلرنگ بیفزایند. فسفر از عناصر غذایی ضروری برای رشد برگ‌ها است. این عنصر غذایی در تولید برگ‌های جدید و افزایش سطح هر برگ در گیاهان نقش مهمی دارد (ترینداده و همکاران ۲۰۱۰).

در سال اول و چین دوم از سال دوم، کاربرد هر یک از گونه‌های میکوریزی به تنهایی تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک برگ‌های نعنای فلفلی نداشت ولی کاربرد مخلوطی از گونه‌ها اثر معنی‌داری بر وزن خشک برگ داشته و این صفت را به میزان ۱۹/۶ و ۱۳/۲ درصد افزایش داد. این در حالی است که در چین اول از سال دوم *G. intraradices* و *G. mossae* کاربرد مخلوط سه گونه تاثیر معنی‌داری بر وزن خشک برگ‌های نعنای فلفلی نداشت و کاربرد *G. hoci* اثر افزایشی معنی‌دار معادل ۲۶/۶ درصدی بر وزن خشک برگ‌های نعنای فلفلی داشت (جدول ۵). کاناده و بوسال (۲۰۱۴) تاثیر کاربرد سطوح مختلف کود فسفره شیمیایی را همراه با کاربرد قارچ میکوریزی در گیاه *Cassia tora* مطالعه و مشاهده نمودند که وزن خشک برگ با کاربرد کود زیستی میکوریزی به ویژه در شرایط عدم کاربرد کود شیمیایی فسفره افزایش یافت. در این بررسی اختلاف معنی‌داری بین گونه‌های قارچ میکوریزی از نظر وزن خشک برگ مشاهده گردید. سیلوا و همکاران (۲۰۱۴) نیز طی بررسی خود افزایش معنی‌دار وزن خشک برگ‌های نعنای فلفلی را با کاربرد کود میکوریزی به دست آوردند.

تولید اسانس

درصد اسانس: بر اساس نتایج حاصل از تجزیه واریانس صفات در سال اول و چین اول از سال دوم، اثر متقابل سطوح آبیاری و نوع کود میکوریزی و اثر کود

تیمارهای *G. hoci*، *G. intraradices* و کاربرد مخلوط هر سه گونه، کاهش آب آبیاری از آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک به آبیاری پس از ۱۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک، افزایش به ترتیب ۲۷/۷، ۴۳/۷ و ۴۷ درصدی را در درصد اسانس نعناع فلفلی باعث گردید. عباس زاده و همکاران (۲۰۱۲) در گیاه دارویی *Melissa officinalis* نشان دادند که کم آبی افزایش معنی دار درصد اسانس این گیاه دارویی باعث می شود. ایزدی و همکاران (۱۳۸۸) تاثیر رژیم های مختلف آبیاری را بر درصد اسانس نعناع فلفلی بررسی نمودند، این محققین مشاهده نمودند که با افت محتوای رطوبتی خاک، بر درصد اسانس نعناع فلفلی به طور معنی داری افزوده شد. بر اساس اظهار نظر این محققین اعمال تنش های ملایم و به نسبت شدید برای به دست آوردن درصد بالاتر اسانس مناسب خواهد بود. در بررسی این محققین درصد اسانس تحت تاثیر کم آبی تا ۱۸۰ درصد افزایش یافت.

شیمیایی فسفره در صفت درصد اسانس معنی دار بود (جدول ۲). در هر دو چین بیشترین درصد اسانس نعناع فلفلی به ترتیب با ۲/۳۴ و ۲/۵ درصد مربوط به تیمار کاربرد مخلوط هر سه گونه در سطح آبیاری پس از ۱۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک بود. در کل کم آبی افزایش درصد اسانس نعناع فلفلی را باعث گردید. در سال اول بررسی در *G. hoci*، کم آبی تاثیر معنی داری بر درصد اسانس نعناع فلفلی نداشت، ولی در سایر تیمارهای کود میکوریزی کم آبی افزایش معنی داری را در درصد اسانس باعث گردید. در تیمارهای عدم کاربرد کود زیستی، *G. intraradices* و کاربرد مخلوط هر سه گونه با کاهش آب آبیاری از آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک به آبیاری پس از ۱۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک افزایشی ۱۹/۵، ۳۷/۱ و ۲۸/۵ درصدی را در درصد اسانس نعناع فلفلی باعث شد (جدول ۶). این در حالی است که در چین اول سال دوم، در صورت عدم کاربرد کود میکوریزی و *G. mossae*، کاهش آب آبیاری تاثیری بر درصد اسانس نعناع فلفلی نداشت، ولی در

جدول ۶- مقایسه میانگین های صفات در نعناع فلفلی تحت تاثیر سطوح آبیاری و میکوریز

چین اول سال دوم	سال اول	نوع کود میکوریزی	سطوح آبیاری (میلی متر تبخیر از تشتک)
درصد اسانس	درصد اسانس		
۱/۶۶۷e	۱/۶۴۴g	شاهد	۷۰
۱/۸۱۱de	۱/۶۳۳g	<i>G. intraradices</i>	۷۰
۱/۸۷۸cde	۱/۷۴۴defg	<i>G. mossae</i>	۷۰
۱/۶۷۸e	۱/۷۳۳efg	<i>G. hoci</i>	۷۰
۱/۷۲۲e	۱/۸۲۲cdefg	مخلوط هر سه گونه	۷۰
۱/۹۴۴cde	۱/۷۰۰fg	شاهد	۱۱۰
۲/۱۲۲bcd	۲/۰۴۴bcd	<i>G. intraradices</i>	۱۱۰
۲/۱۷۸abc	۲/۱۰۰abc	<i>G. mossae</i>	۱۱۰
۲/۰۸۹bcd	۲/۰۲۲bcde	<i>G. hoci</i>	۱۱۰
۲/۳۶۷ab	۱/۹۷۸bcdef	مخلوط هر سه گونه	۱۱۰
۱/۹۳۳cde	۱/۹۶۷bcdef	شاهد	۱۵۰
۲/۳۱۱ab	۲/۲۵۶ab	<i>G. intraradices</i>	۱۵۰
۱/۹۳۳cde	۱/۸۴۴cdefg	<i>G. mossae</i>	۱۵۰
۲/۳۰۰ab	۲/۰۰۰bcdef	<i>G. hoci</i>	۱۵۰
۲/۵۵۶a	۲/۳۴۴a	مخلوط هر سه گونه	۱۵۰

اسانس تحت تاثیر کود میکوریزی قرار نگرفت. در تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی متر تبخیر از تشتک تنها کاربرد

در سال اول و چین اول سال دوم بررسی در سطح آبیاری پس از ۷۰ میلی متر تبخیر از تشتک درصد

آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشنگ تاثیر معنی داری بر درصد اسانس نداشت، ولی تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشنگ افزایش ۱۶/۴ درصدی را در درصد اسانس باعث گردید. در تیمارهای کاربرد کود شیمیایی فسفره نتایج متفاوتی به دست آمد. در تیمار کاربرد ۵۰ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره تیمار آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشنگ تاثیری بر درصد اسانس نداشت. ولی تیمار آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشنگ افزایش ۶/۴ درصدی را در درصد اسانس باعث گردید (جدول ۸). در این بررسی در بین ترکیب‌های تیماری کودی بیشترین درصد اسانس با ۲ درصد مربوط به *G. hoci* همراه با کاربرد ۲۵ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره و کمترین آن با ۱/۳ درصد متعلق به کاربرد مخلوط هر سه گونه همراه با کاربرد ۵۰ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره بود. در این مطالعه تنها این دو تیمار در مقایسه با تیمار عدم کاربرد کود اختلاف معنی‌داری را نشان دادند. تیمار *G. hoci* همراه با کاربرد ۲۵ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره افزایش ۱۷/۶ و تیمار کاربرد مخلوط هر سه گونه همراه با کاربرد ۵۰ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره کاهش ۲۱/۶ درصدی درصد اسانس نعنای فلفلی را باعث شد (جدول ۷). آرانگو و همکاران (۲۰۱۲) نشان دادند که کاربرد کود میکوریزی افزایش معنی‌داری را در درصد اسانس نعنای فلفلی باعث شد، ولی گونه‌های مختلف کود میکوریزی بر وزن تر کل اثر متفاوتی داشتند. گونه *Glomus intraradices* A₄ موثرترین گونه در افزایش این صفت بود. در بررسی این محققین کاربرد کود شیمیایی فسفره نیز افزایش معنی داری را در درصد اسانس نعنای فلفلی باعث شد، ولی میزان تاثیر وابسته به گونه میکوریز مورد بررسی بود. بیشترین درصد اسانس با کاربرد کود شیمیایی فسفره و گونه *Glomus intraradices* A₄ به دست آمد.

عملکرد اسانس: با توجه به نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌های عملکرد اسانس نعنای فلفلی تحت

مخلوط هر سه گونه اثر افزایش معنی‌داری بر درصد اسانس نعنای فلفلی داشت (جدول ۶). افزایش درصد اسانس گیاهان دارویی با کاربرد کود میکوریز توسط ذوالفقاری و ذوالفقاری و همکاران (۲۰۱۳) نیز در گیاهان دارویی *Ocimum basilicum* گزارش شده است. ذوالفقاری و همکاران (۲۰۱۳) نشان دادند که تاثیر گونه‌های مختلف قارچ‌های میکوریزی از نظر تاثیر بر درصد اسانس *Ocimum basilicum* متفاوت است. در بررسی این محققین تلقیح گیاهان با *G. mossae* افزایشی چهار برابری را در درصد اسانس این گیاه باعث شد.

در سال اول و چین اول سال دوم، تیمار کاربرد ۲۵ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره تاثیر معنی‌داری بر درصد اسانس نعنای فلفلی نداشت، ولی تیمار کاربرد ۵۰ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره اثر معنی‌داری بر این صفت داشته و این صفت را به میزان ۱۳/۶ و ۱۵ درصد افزایش داد (جدول ۴). ترکیبات دارویی ناشی از متابولیسم ثانوی هستند که تحت تاثیر کاربرد کودها قرار می‌گیرند. کود شیمیایی فسفره از جمله کودهایی است که نقش مثبت آن در افزایش تولید متابولیت‌های ثانوی در گیاهان به اثبات رسیده است (نل و همکاران ۲۰۰۹). سحرخیز و همکاران (۲۰۱۱) در بررسی که بر روی گیاه دارویی *Osmium sanctum* انجام دادند، مشاهده نمودند که کاربرد کود شیمیایی فسفره افزایش معنی‌دار ۱۸ درصدی را در درصد اسانس *Osmium sanctum* باعث می‌شود. در این بررسی تیمارهای کاربرد ۳۸ کیلوگرم در هکتار کود فسفره شیمیایی همراه با گونه *Glomus intraradices* و مخلوطی از هر سه گونه مورد بررسی درصد اسانس را در مقایسه با عدم کاربرد کود شیمیایی و زیستی ۱۹ درصد افزایش داد.

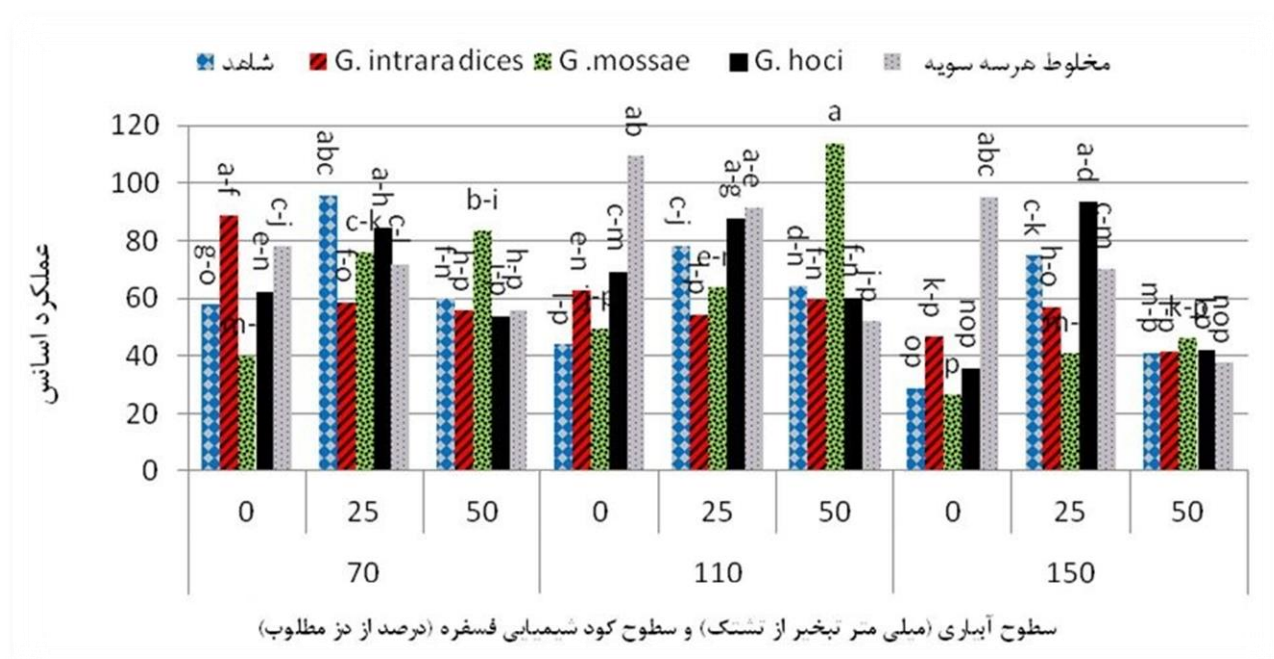
در چین دوم سال دوم، بر هم کنش سطوح آبیاری در کود شیمیایی فسفره و سطح کود شیمیایی فسفره در میکوریز در صفت درصد اسانس معنی‌دار بود (جدول ۲). در این بررسی در شرایط عدم کاربرد کود، تیمار

تأثیر سطوح آبیاری، عملکرد اسانس به طور منفی تأثیر سطوح آبیاری قرار گرفت. با کاهش آب آبیاری از آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک عملکرد اسانس در سال اول از ۸۷ گرم به ۶۹ گرم رسید که معادل ۲۰/۵ درصد کاهش در این صفت بود. آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تأثیر معنی‌داری بر عملکرد اسانس نعنای فلفلی نداشت (جدول ۳). در سال اول و چین دوم از سال دوم کاربرد کود شیمیایی فسفره افزایش معنی‌داری را در عملکرد اسانس نعنای فلفلی باعث گردید. کاربرد ۵۰ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره افزایش معنی‌دار ۴۶/۸ و ۳۷/۱ درصدی را در عملکرد اسانس نعنای فلفلی باعث گردید، ولی سایر سطوح کود شیمیایی فسفره تأثیر معنی‌داری بر این صفت نداشت (جدول ۴). صدیق و همکاران (۲۰۱۳) نیز تأثیر کاربرد سطوح مختلف کود شیمیایی فسفره را بر عملکرد اسانس گیاه دارویی *Cuminum cyminum* بررسی و مشاهده نمودند که کاربرد ۶۰ کیلوگرم در هکتار کود شیمیایی فسفره افزایش ۵۷ درصدی را در عملکرد اسانس *Cuminum cyminum* گردید. طلایی و همکاران (۲۰۱۵) و درزی و همکاران (۲۰۱۲) نیز نتایج مشابهی را در *Carum copticum* و *foeniculum vulgare* گزارش نمودند.

در سال اول در بین تیمارهای میکوریزا، تنها *G. intraradices* اثر افزایشی معنی‌داری بر عملکرد اسانس داشت. با کاربرد *G. intraradices* عملکرد اسانس ۸۲/۲ گرم به دست آمد که در مقایسه با عدم کاربرد آن به میزان ۲۸/۷ درصد بیشتر بود. کاربرد انفرادی *G. mossae* و *G. hoci* تأثیر معنی‌داری بر عملکرد اسانس نعنای فلفلی نداشت. کاربرد تلفیقی گونه‌های

میکوریزا افزایش بیشتری (۵۸/۲ درصد) را در عملکرد اسانس نعنای فلفلی باعث گردید (جدول ۵). در چین دوم از سال دوم کاربرد انفرادی میکوریزا تأثیر معنی‌داری بر عملکرد اسانس بوته‌های نعنای فلفلی نداشت و تنها کاربرد توام گونه‌های میکوریزا اثر افزایشی معنی‌داری را در عملکرد اسانس باعث گردید. در شرایط کاربرد مخلوط هر سه گونه، عملکرد اسانس ۱۸/۲ گرم بود که در مقایسه با عدم کاربرد کود میکوریزی به میزان ۳۸/۱ درصد بیشتر بود (جدول ۵). سیلوا و همکاران (۲۰۱۴) گزارش نمودند که کاربرد تلفیقی کودهای میکوریزی تأثیر مثبت بیشتری را بر عملکرد اسانس *Mentha piperita* باعث می‌شود.

در چین اول از سال دوم بیشترین عملکرد اسانس با ۱۱۳ گرم با کاربرد *G. mossae* همراه با ۵۰ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره و سطح آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به دست آمد. کمترین آن نیز با ۲۶/۱ گرم در شرایط کاربرد *G. mossae* به تنهایی و سطح آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک به دست آمد. در این مطالعه در شرایط آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک استفاده از *G. intraradices* به تنهایی و *G. mossae* همراه با کاربرد ۲۵ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره کاهشی معادل ۴۷/۲ و ۴۶/۹ درصد در عملکرد اسانس نعنای فلفلی باعث شدند (جدول ۸).



شکل ۱- مقایسه میانگین‌های عملکرد اسانس تحت تاثیر سطوح آبیاری، کود شیمیایی فسفره و گونه‌های مختلف میکوریزی

دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره، استفاده از *G. hoci* و کاربرد مخلوط هر سه گونه همراه با ۲۵ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره افزایشی به ترتیب ۲۳۹، ۱۵۸، ۲۳۲ و ۱۴۶ درصدی را در عملکرد اسانس نعنای فلفلی باعث گردید. آرنگو و همکاران (۲۰۱۲) تاثیر کاربرد و عدم کاربرد کود شیمیایی فسفره را همراه با گونه‌های مختلف کودهای میکوریزی بر عملکرد اسانس مریم گلی بررسی و نشان داد که تاثیر گونه‌های مختلف کود میکوریزی همراه با کاربرد کود شیمیایی فسفره و یا بدون کاربرد کود شیمیایی فسفره متفاوت است. در بررسی این محقق گونه *G. intraradices* همراه با کاربرد کود شیمیایی فسفره موثرترین ترکیب کودی در افزایش عملکرد اسانس بود.

با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه در تیمار آبیاری پس از ۷۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک، کاربرد ۲۵ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره افزایش ۶۵/۹ درصدی را در عملکرد اسانس نعنای فلفلی باعث گردید، ولی سایر تیمارهای کودی تاثیری بر عملکرد اسانس نعنای فلفلی نداشت. در سطح آبیاری پس از ۱۱۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تیمارهای کاربرد مخلوط سه گونه، *G. mossae* همراه با کاربرد ۵۰ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره، کاربرد *G. hoci* و کاربرد مخلوط هر سه گونه همراه با ۲۵ درصد دز توصیه شده کود شیمیایی فسفره افزایش معنی‌دار به ترتیب ۱۵۳، ۱۶۲، ۱۰۲ و ۱۱۱ درصدی در عملکرد اسانس نعنای فلفلی باعث شد. در سطح آبیاری پس از ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک نیز کاربرد مخلوط هر سه گونه، کاربرد ۲۵ درصد

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های صفات در نعنای فلفلی تحت تاثیر سطوح کود شیمیایی فسفره و میکوریز

سطوح کود شیمیایی فسفره (درصد از دز مطلوب)	نوع کود میکوریزی	شاخص	چین اول سال دوم		شاخص
			سطح برگ	شاخص	
۰	شاهد	۱/۵۶۷ c	۲/۲۲۲de	۱/۵۳۳e	۱/۷۱۱bcde
۰	<i>G. intraradices</i>	۲/۴۷۸ab	۲/۴۱۱abcd	۲/۵۲۲ab	۱/۷۰۰bcde
۰	<i>G. mossae</i>	۱/۶۳۳bc	۲/۲۴۴de	۱/۷۵۶cde	۱/۴۱۱ef
۰	<i>G. hoci</i>	۱/۸۰۰bc	۲/۳۶۷bcde	۱/۹۱۱cde	۱/۵۳۳cdef
۰	مخلوط هرسه سویه	۱/۸۵۶bc	۲/۴۵۶abcd	۲/۱۰۰bcde	۱/۷۶۷bcd
۲۵	شاهد	۱/۷۴۴bc	۳۴۴/۶bcdefg	۲/۱۳۳e	۱/۶۵۶bcde
۲۵	<i>G. intraradices</i>	۱/۸۸۹bc	۳۳۵/۰cdefg	۱/۹۵۶bcde	۱/۵۲۲def
۲۵	<i>G. mossae</i>	۱/۸۱۱bc	۳۸۷/۶a	۱/۷۲۲de	۱/۶۶۷bcde
۲۵	<i>G. hoci</i>	۱/۹۶۷bc	۳۴۹/۳bcdef	۲/۳۱۱cde	۱/۶۵۶bcde
۲۵	مخلوط هرسه سویه	۱/۸۲۲bc	۳۳۰/۰efg	۱/۹۱۱cde	۱/۳۴۴f
۵۰	شاهد	۲/۲۳۳bc	۳۶۳/۹abcde	۲/۵۳۳abc	۱/۸۳۳abc
۵۰	<i>G. intraradices</i>	۲/۰۷۸bc	۳۳۲/۸defg	۲/۲۲۲de	۱/۶۲۲bcdef
۵۰	<i>G. mossae</i>	۲/۰۰۰bc	۳۶۷/۲abc	۲/۲۲۲de	۱/۶۶۷bcde
۵۰	<i>G. hoci</i>	۳/۱۵۶a	۳۴۷/۵bcdef	۲/۶۲۲a	۲/۰۸۹a
۵۰	مخلوط هرسه سویه	۱/۷۷۸bc	۳۶۵/۲abcd	۲/۵۸۹ab	۱/۸۷۸ab

جدول ۸- مقایسه میانگین‌های صفات در نعنای فلفلی تحت تاثیر سطوح کود شیمیایی فسفره و میکوریز

سطوح آبیاری (میلی متر تبخیر از تشتک)	سطوح کود شیمیایی فسفره (درصد از دز مطلوب)	چین دوم سال دوم (درصد اسانس)
۷۰	۰	۱/۴۰۷de
۷۰	۲۵	۱/۶۰۷cd
۷۰	۵۰	۱/۳۶۷e
۱۱۰	۰	۱/۶۷۳c
۱۱۰	۲۵	۱/۷۷۳bc
۱۱۰	۵۰	۱/۶۴۰c
۱۵۰	۰	۱/۵۸۷cd
۱۵۰	۲۵	۲/۰۵۳a
۱۵۰	۵۰	۱/۹۲۷ab

نتیجه گیری کلی

بر اساس نتایج این آزمایش، در صورت وجود آب کافی استفاده از کود شیمیایی فسفره و یا کاربرد *G. intraradices* می‌تواند تولید اسانس نعنای فلفلی را افزایش دهد ولی با کاهش دسترسی به آب استفاده

ترکیبی از گونه‌های میکوریزا حتی بدون استفاده از کود شیمیایی و یا استفاده از *G. mossae* به همراه دز ۵۰ درصد از کود شیمیایی توصیه شده تولید بالای برگ و اسانس را حتی نسبت به آبیاری کامل به همراه خواهد داشت، در شدت‌های بالای کم‌آبی نیز استفاده ترکیبی از

برخوردار خواهد بود. در این بررسی با مصرف حدود نصف آب در گیاه به همراه ترکیبی از گونه‌های میکوریزا بدون استفاده از کود شیمیایی می‌توان تولیدی معادل با شرایط آبی مطلوب به دست آورد.

گونه‌های میکوریزا بدون مصرف کود شیمیایی و یا استفاده از *G. hoci* به همراه ۲۵٪ کود شیمیایی توصیه شده محصولی تقریباً معادل آبیاری کامل تولید می‌کند. این موضوع نشان می‌دهد که با استفاده از میکوریزا در شرایط عدم کمبود آب این گیاه از توان تولید بالایی

منابع مورد استفاده

- Abbasi A R, Sarvestani R, Mohammadi B and Bagheri A. 2014. Drought stress-induced changes at physiological and biochemical levels in some common vetch (*Vicia sativa* L.) Genotypes. Journal of Agricultural Science and Technology, 16: 505-516.
- Akram HM, Sattar A, Ali A and Nadeem M. 2012. Agro-physiological performance of wheat genotypes under normal moisture and drought conditions. Iranian Journal of Plant Physiology, 4 (2): 361-374.
- Arango MC, Ruscitti MF, Ronco MG and Beltrano F. 2012. Mycorrhizal fungi inoculation and phosphorus fertilizer on growth, essential oil production and nutrient uptake in peppermint (*Mentha piperita* L.). Rev. Bras. Pl. Med, Botucatu, 14: 692-699.
- Arango MC, Ruscitti MF, Ronco MG, Beltrano F. 2012. Mycorrhizal fungi inoculation and phosphorus fertilizer on growth, essential oil production and nutrient uptake in peppermint (*Mentha piperita* L.). Revista Brasileira de Plantas Medicinai, 14: 692-699.
- Askary M, Mehdi Talebi S, Amini F and Dousti Balout Bangan A. 2016. Effect of NaCl and iron oxide nanoparticles on *Mentha piperita* essential oil composition. Environmental and Experimental Biology, 14: 27-32.
- Darzi MT, 2012. Effect of biofertilizers application on quantitative and qualitative yield of fennel (*Foeniculum vulgare*) in a sustainable production system. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 4: 187-192.
- Farooq M, Wahid A, Kobayashi N, Fujita D and Basra SMA. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, SpringerVerlag (Germany), 29 (1):185-212.
- Fathi A. and Barari Tari D. 2016. Effect of drought stress and its mechanism in plants. International Journal of Life Sciences 10 (1): 1 - 6.
- Flexas J and Medrano H. 2008. Drought-inhibition of photosynthesis in C3- plants: Stomatal and nonstomatal limitation revisited. Annals of Botany, 183: 183-189.
- Gandhi A, Muralidharan G and Sudhakar E. 2014. Isolation and identification of elite phosphate solubilizing bacteria from soil under paddy cultivation. International Letters of Natural Sciences, 11(1): 62-68.
- Garg N and Chandel S. 2010. Arbuscular mycorrhizal networks: process and functions. A review. Agronomy for Sustainable Development, 30: 581-599.
- Ghanbari M and Ariafar S. 2013. The effect of water deficit and zeolite application on growth traits and oil yield of medicinal peppermint (*Mentha piperita*). International Journal of Aromatic plants, 3: 32-39.
- Hazzoumi Z, Moustakime Y, Elharchli E and Amrani Joutei K. 2015. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and water stress on growth, phenolic compounds, glandular hairs, and yield of essential oil in basil (*Ocimum gratissimum* L.). Hazzoumi et al. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 2:10.
- Hazzoumi, Z., Y. Moustakime, E. Elharchli and K. Amrani Joutei. 2015. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and water stress on growth, phenolic compounds, glandular hairs, and yield of essential oil in basil (*Ocimum gratissimum* L.). Hazzoumi et al. Chemical and Biological Technologies in Agriculture, 2:10

- Kanade AM and Bhosale RS. 2014. Influence of VAM (*Glomus fasciculum*) on Vegetative and Reproductive Parameters of *Cassia tora* Linn. International Journal of Life Sciences, 2(4): 363-365.
- Kavanova M, Alfredo Lattanzi F, Alberto Grimoldi A and Schnyder H. 2006. Phosphorus deficiency decreases cell division and elongation in grass leaves. Plant Physiology, 141: 766-775.
- Keles Y and Oncel I. 2004. Growth and solute composition on two wheat species experiencing combined influence of stress conditions. Russian Journal of Plant Physiology, 51: 203-208.
- Khalil SE and Yousef RMM. 2014. Interaction effects of different soil moisture levels, arbuscular mycorrhizal fungi and three phosphate levels on growth, yield and photosynthetic activity of garden cress (*Lepidium sativum* L.) plant. International Journal of Advanced Research, 2: 723-737.
- Khila SB, Douh B, Mguidiche A, Ruget F, Mansour M and Boujelben A. 2013. Yield and Water use efficiency of a durum wheat (*Triticum durum* Desf.) cultivar under the Influence of various irrigation levels in a Mediterranean climate. Journal of Natural Product and Plant Resources, 3 (1):78-87.
- Kiani SP, Maury P, Sarrafi A and Grieu P. 2008. QTL analysis of chlorophyll fluorescence parameters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. Plant Science, 175: 565-573.
- Morgan B and Dolphin D. 2010. Synthesis and structure of biomimetic porphyrins.Metal Complexes with Tetrapyrrole Ligands I, 115-203
- Nahar K and Gretzmacher R. 2011. Response of shoot and root development of seven tomato cultivars in hydroponic system under water stress. Academic Journal of Plant Sciences, 4 (2): 57-63.
- Nell M, Otsch MV, Vierheilig H, Steinkellner S, Zitterl-Eglseer K, Franza C and Novaka J. 2009. Effect of phosphorus uptake on growth and secondary metabolites of garden sage (*Salvia officinalis* L.). Journal of the Science of Food and Agriculture, 89: 1090-1096.
- Omar A. 2014. Effect of FYM and phosphorus fertilization on yield and its component of maize. Asian Journal of Crop Science. 5: 1-12.
- Pal J, Adhikari RS and Negi JS. 2016. Effect of different level of nitrogen, phosphorus and potassium on growth and green herb yield of *Origanum vulgare*. International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences, 5(2): 425-429.
- Rahdari P and Hoseini SM. 2012. Drought stress: a review. International journal of Agronomy and Plant Production, 3 (10): 443-446.
- Rahmatzadeh S and Kamal Kazemitabar S. 2013. Biochemical and antioxidant changes in regenerated periwinkle plantlets due to mycorrhizal colonization during acclimatization. International Journal of Agriculture and Crop Sciences, 5: 1535-1540.
- Ramezani S, Reza Rezaei M and Sotoudehnia P. 2009. Improved growth, yield and essential oil content of basil grown under different levels of phosphorus sprays in the field. Journal of Applied Biological Sciences, 3(2): 105-110.
- Robinson J, Nithya K, Ramya R, Karthikbalan B and Kripa K. 2014. Effect of vesicular arbuscular mycorrhiza *Glomus fasciculatum* on the growth and physiological response in *Sesamum indicum* L. International Letters of Natural Sciences, 23: 47-62.
- Saharkhiz M, Merikhi M, Zarei M and Teixeira da Silva J. 2011. Responce of *Ocimum sanctum* to inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi and fertilization with different phosphorus sources. Medicinal and Aromatic Plant Science and Biotechnology, 5: 114-118.
- Sarhadi H, Reza Afsharmanesh G and Mokhtari, Z. 2014. Effect of drought stress on some morphological traits and seed yield of indigo (*Indigofera tinctoria* L.) under different levels of nitrogen. TLS, 2319-5037.

- Sarkar J, Ray A, Chakraborty B and Chakraborty U. 2016. Antioxidative changes in *Citrus reticulata* L. induced by drought stress and its effect on root colonization by arbuscular mycorrhizal fungi. *European Journal of Biological Research*, 6 (1): 1-13.
- Sarker BC, Rashid P and Karmoker J. 2015. Anatomical changes of lentil (*Lens culinaris* Medik.) under phosphorus deficiency stress. *Bangladesh Journal of Botany*, 44(1): 73-78.
- Sedigh A, Azizi K and Azizi F. 2013. Studying the effects of biological and chemical fertilizing systems on yield and yield components of cumin (*Cuminum cyminum* L.). *International Journal of Agriculture and Crop Sciences*, 7(2): 60-65.
- Silva FA, Silva FSB and Maia LC. 2014. Biotechnical application of arbuscular mycorrhizal fungi used in the production of foliar biomolecules in ironwood seedlings [*Libidibia ferrea* (Mart. ex Tul.) L.P. Queiroz var. *ferrea*]. *Journal of Medicinal Plant Research*, 8(20): 814-819.
- Talaei GH, Ghazi Harsini M, Asghar Ghaderi A, Feizi M and Shahgholi H. 2015. Effect of biological phosphate and chemical phosphorus fertilizer on growth, quantity and quality of ajowan (*Carum copticum*). *International Journal of Life Sciences Research*, 5(2): 8-14.
- Thamizhiniyan P, Panneerselvam M and Lenin M. 2009. Studies on the growth and biochemical activity of *coleus aromaticus* benth. As influenced by am fungi and azospirillum. *Recent Research in Science and Technology*, 1(6): 259-263.
- Trindade RS, Paulo Araújo A and Grandi Teixeira M. 2010. Leaf area of common bean genotypes during early pod filling as related to plant adaptation to limited phosphorus supply. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 34: 115-124.
- Wen Y, Rowland DL, Piccinni G, Tom Cothren J, Leskovar DI, Kemanian AR and Woodard JD. 2013. Lint yield, lint quality, and economic returns of cotton production under traditional and regulated deficit irrigation schemes in southwest Texas. *The Journal of Cotton Science*, 17:10-22.
- Zamani Z, Zeinali H, Masood Sinaki J and Madani H. 2014. Effect of nitrogen and phosphorous fertilizers on the yield and secondary metabolites of medicinal plant *Rubia tinctorum* L. under saline conditions. *Iranian Journal of Plant Physiology*. 4 (2): 949-955.
- Zolfaghari M, Nazeri V, Sefidkon F and Rejali F. 2013. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and essential oil content and composition of *Ocimum basilicum* L. *Iranian Journal of Plant Physiology*, 3 (2): 643-650.