نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال چهاردهم، شماره ۵۳، بهار ۱۳۹۸ / صفحات: ۵۸-۴۷

# تاثیر قارچ‌های مایکوریزا و محلول‌پاشی پوترسین بر صفات بیوشیمیایی و بیوماس اندام هوایی ریحان سبز (*Ocimum ciliatum* L.) در دو چین مختلف برداشت

**سارا فرسرایی، محمد مقدم***

گروه علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

**تاریخ دریافت: ۱۳۹۷/۱۰/۲۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱/۲۰**

**چکیده**

به‌منظور بررسی تاثیر قارچ‌های مایکوریزا و محلول‌پاشی پوترسین بر برخی صفات بیوشیمیایی، میزان اسانس و بیوماس اندام هوایی ریحان سبز (*Ocimum ciliatum* L.)، آزمایشی گلدانی به‌صورت اسپلیت پلات در زمان در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل قارچ مایکوریزا در ۳ سطح (عدم کاربرد، *Glomus mossea*، *Glomus intraradicese*) و محلول‌پاشی پوترسین در سه سطح (۰، ۱ و ۲ میلی‌مولار) به‌عنوان فاکتورهای اصلی و چین برداشت به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد کاربرد قارچ‌های مایکوریزا و پوترسین بر صفات بیوشیمیایی، بیوماس تر و خشک اندام هوایی و میزان اسانس گیاه تاثیر داشتند. بیشترین میزان کلروفیل a و میزان اسانس در تیمار کاربرد قارچ *G. mossea* و پوترسین با غلظت ۲ میلی‌مولار در چین اول مشاهده شدند. بیشترین میزان کلروفیل b و کارتنوئیدها با کاربرد قارچ *G. intraradicese* و پوترسین با غلظت ۲ میلی‌مولار در چین اول بدست آمد. اما با افزایش طول روز و دما در چین دوم برداشت از میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی کاسته شد. بیشترین فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل در تیمار کاربرد قارچ *G. intraradicese* و عدم محلول‌پاشی پوترسین در چین دوم برداشت مشاهده شد. بیوماس تر و خشک اندام هوایی با کاربرد قارچ *G. mossea* به بیشترین میزان خود رسید؛ اما تفاوت معنی‌داری بین دو غلظت پوترسین مشاهده نشد و تنها نسبت به عدم کاربرد پوترسین افزایش معنی‌داری نشان داد. به‌طورکلی کاربرد هر دو نوع قارچ به عنوان کود زیستی همراه با محلول‌پاشی پوترسین در غلظت ۲ میلی‌مولار توانست صفات مورد مطالعه در این تحقیق را به‌طور معنی‌داری بهبود بخشد.

***واژه‌های کلیدی:*** بیوماس، رنگیزه‌های فتوسنتزی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کود زیستی، میزان اسانس

**مقدمه**

قارچ‌های مایکوریزا ریزجاندارانی می‌باشند که به عنوان کود زیستی شناخته شده و در صورت مصرف، در ناحیه ریشه گیاهان تشکیل کلونی داده و به کمک هیف‌های خارجی خود به جذب عناصر از خاک کمک کرده و بدین طریق موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه میزبان می‌گردند (Ochoa-Velasco et al., 2016). این قارچ‌ها قادر به برقراری همزیستی با ریشه اغلب گیاهان خشکی‌زی هستند (Zhu et al., 2016). همزیستی گیاه و ریزجانداران خاکزی مانند مایکوریزا، راهکاری مفید در جهت افزایش مواد آلی خاک، تقویت جوامع میکروبی، افزایش کارایی مصرف نهاده‌های کشاورزی به‌خصوص آب آبیاری و در نهایت بهبود عملکرد کمی و کیفی گیاهان محسوب می‌شود (Aghhavani Shajari et al., 2015).

*نویسنده مسئول: m.moghadam@um.ac.ir

Hazzoumi و همکاران (۲۰۱۵) بیان داشتند که علت سودمندی قارچ‌های مایکوریزا در این می‌باشد که تلقیح مایکوریزایی موجب تغییر متابولیسم گیاه میزبان شده و این تغییر در متابولیسم سبب تولید ترکیبات دفاعی در گیاه می‌شود. همچنین قارچ‌های مایکوریزا با بهبود وضعیت تغذیه‌ای و آبی گیاه از طریق تغییر در مورفولوژی ریشه و افزایش سطح جذب توسط گسترش ریشه‌های خود در خاک و تحریک تبادلات گازی از طریق افزایش ظرفیت مقصد، سبب بهبود رشد گیاه می‌شوند (Dodd and Perez-Alfoka, 2012) و بدین طریق صفات گیاه از جمله رنگیزه‌های فتوسنتزی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل را نیز بهبود می‌بخشند که علت آن می‌تواند ناشی از بهبود وضعیت تغذیه‌ای و روابط آبی گیاه توسط آن قارچ باشد (Beltrano and Ronoco, 2008). نتایج تحقیقات نشان داد که کاربرد مایکوریزا گونه *Glomus mossea* سبب افزایش عملکرد گشنیز (*Coriandrum sativum*) (Kapoor et al., 2002) و ریحان (*Ocimum basilicum*) (Copetta et al., 2006) شد. همچنین کاربرد قارچ مایکوریزا توانست رنگیزه‌های فتوسنتزی رازیانه (*Foeniculum vulgare*) و فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل در گیاه پروانش (*Vinca minor*) را افزایش دهد (Barzegar et al., 2013).

پوترسین ترکیبی بیولوژیکی با فرمول شیمیایی $C_4H_{12}N_2$ و جرم مولی ۸۸/۱۵ گرم بر مول یکی از انواع پلی‌آمین‌ها می‌باشد که در تنظیم فعالیت tRNA نقش دارد؛ دمای ذوب این ماده ۲۷/۵ درجه سانتی‌گراد و دمای جوش آن ۱۵۸/۶ درجه سانتی‌گراد بوده و قابل حل در آب است. درصد نیتروژن موجود در ساختمان پوترسین ۳۱/۷۶ درصد می‌باشد. این ترکیب در اسیدیته ۵-۶ در گیاه به صورت کاتیون می‌باشد (Datta et al., 2011). این ماده یک تنظیم کننده رشد گیاهی بوده که در طیف وسیعی از فرایندهای رشد و نمو شامل تقسیم سلولی، ریخت-زایی، گل‌دهی، تاخیر پیری، پایداری غشاء و... نقش دارد (Kusano et al., 2008). اسپرمیدین (تری آمین)، اسپرمین (تترا آمین) و پوترسین (دی آمین) از مهم‌ترین پلی آمین‌های موجود می‌باشند که از این میان پوترسین به عنوان پیش‌ساز سایر پلی‌آمین‌ها شناخته می‌شود (Martin-Tanguy, 2001). کاربرد خارجی پوترسین برای سلامت انسان خطری ندارد و با جلوگیری از سنتز اتیلن (دارای پیش‌ماده مشترک اس- آدنوزین متیونین با اتیلن می‌باشد)، پیری گیاه را به تاخیر می‌اندازد و از تخریب رنگیزه‌های فتوسنتزی از جمله کلروفیل جلوگیری می‌کند و رشد گیاه را نیز بهبود می‌بخشد (Zokaee Khosroshahi et al., 2007). تحقیقات نشان داده است که کاربرد پوترسین به صورت محلول‌پاشی برگی در گیاه بابونه (*Matricaria chamomolla* L.) باعث بهبود رنگیزه‌های فتوسنتزی و عملکرد این گیاه شد (Mahgoub et al., 2011). همچنین محلول‌پاشی پوترسین موجب شد تا بیوماس اندام هوایی مرزه (*Satureja hortensis*) (Faraji- Mehmani et al., 2014) و ریحان (*Ocimum basilicum*) (Talaat and Laila, 2010) افزایش یابد.

جنس ریحان (*Ocimum* spp.) متعلق به خانواده نعناعیان (Lamiaceae) است. به‌طورکلی خاستگاه آن را مناطق گرمسیری و نیمه گرمسیری آسیا، آفریقا، مرکز و جنوب آمریکا می‌دانند (Makari and Kintzios, 2008). گونه‌های مختلف ریحان برای تهیه دمنوش، مقاصد دارویی و ادویه‌ای مورد کشت و کار قرار می‌گیرند و اسانس آن کاربرد وسیعی در صنایع آرایشی- بهداشتی و دارویی دارد (Makari and Kintzios, 2008). سه گونه مهم از این گیاه در ایران وجود دارد و مورد کشت و کار قرار می‌گیرد که شامل *O. ciliatum*، *O. minimum* و *O. basilicum*

می‌باشند (Moghaddam et al., 2012). از جمله خواص دارویی این گیاه می‌توان به خواص ضدالتهابی، ضداسپاسمی، ضدنفخ، ضد استرس، تقویت سیستم ایمنی، ضدسرطانی، کاهنده چربی خون، التیام دهنده زخم معده و تسکین درد اشاره کرد (Gupta et al., 2007; Holm, 1999).

با توجه به اثرات زیان‌بار مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی بر سلامت انسان و محیط زیست باید به دنبال راهکاری در جهت بهبود عملکرد گیاهان بود به نحوی که بر سلامت انسان و محیط زیست اثر سویی نداشته باشند. با عنایت به این موارد و همچنین با توجه به اینکه تاکنون تحقیقی بر روی اثر توام کاربرد قارچ‌های مایکوریزا و پوترسین که یک تنظیم‌کننده رشد گیاهی می‌باشد بر روی ریحان سبز (*Ocimum ciliatum* L.) انجام نشده است، هدف از این تحقیق بررسی کاربرد قارچ‌های مایکوریزا و محلول‌پاشی پوترسین بر صفات بیوشیمیایی، بیوماس تر و خشک اندام هوایی و میزان اسانس گیاه سبزی - دارویی ریحان سبز می‌باشد.

## مواد و روش‌ها

هدف از این آزمایش بررسی تاثیر کاربرد توأم قارچ‌های مایکوریزا و محلول‌پاشی برگی پوترسین بر خصوصیات بیوشیمیایی، بیوماس تر و خشک اندام هوایی و میزان اسانس ریحان سبز (*Ocimum ciliatum* L.) بود. بدین‌منظور آزمایشی گلدانی بصورت اسپلیت پلات در زمان در قالب طرح کاملاً تصادفی و در ۳ تکرار در سال ۱۳۹۶ در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. فاکتورهای آزمایش شامل قارچ مایکوریزا در سه سطح (عدم کاربرد، *Glomus mossea*، *Glomus intraradicese*) و محلول‌پاشی پوترسین در سه سطح (۰، ۱ و ۲ میلی‌مولار) به‌عنوان فاکتور اصلی و زمان برداشت که شامل دو چین برداشت بود به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شد. بذور ریحان سبز از شرکت بذر عنبری تهیه شد و در سینی‌های کشت نشاء محتوی نسبت مساوی کوکوپیت - پرلیت کشت شدند. نشاءها در مرحله ۴ برگی به گلدان‌هایی با قطر دهانه ۳۰ و ارتفاع ۴۰ سانتی‌متر انتقال یافتند. آنالیز خاک مورد استفاده در جدول ۱ آورده شده است. مایه تلقیح قارچ‌های مایکوریزا (شامل اندام‌های رویشی و اسپورهای قارچ‌های مایکوریزا) از شرکت مایکوپرسیکا تهیه شد و قبل از کاشت نشاءها به میزان ۱۰۰ گرم به خاک هر گلدان اضافه و به خوبی مخلوط گردید. کلیه امور زراعی (آبیاری و دفع علف‌های هرز) به صورت یکنواخت در همه تیمارها در طول دوره آزمایش انجام گرفت. پوترسین بصورت محلول‌پاشی برگی و در ۳ مرحله قبل گلدهی، تمام گل و شروع تشکل میوه (بذردهی) انجام شد. اندازه‌گیری صفات یک هفته پس از آخرین محلول‌پاشی پوترسین و در مرحله تمام گل و ابتدای بذردهی انجام گرفت و سپس گیاهان از گره دوم برداشت شدند. مراقبت از گیاهان همچنان ادامه یافت تا آنها مجدد رشد کردند و در همان سه مرحله مشابه چین اول محلول‌پاشی با پوترسین انجام شد و صفات برای بار دوم و در مرحله تمام گل و ابتدای بذردهی گیاه اندازه‌گیری شدند. صفات مورد مطالعه شامل رنگیزه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a، b، کارتنوئیدها و کلروفیل کل)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنل کل، بیوماس تر و خشک اندام هوایی و میزان اسانس بودند.

**جدول ۱:** نتایج آزمون خاک مورد استفاده در این تحقیق

| بافت خاک | رس (٪) | سیلت (٪) | شن (٪) | مواد آلی (٪) | کربن آلی (٪) | EC (dS/m) | pH | CEC (meq/100 gr soil) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| لومی شنی | ۸/۳ | ۱۸/۳ | ۷۳/۴ | ۱/۱۴ | ۰/۶۶ | ۴/۰۹ | ۸/۰۸ | ۸ |

**تهیه عصاره متانولی:** ۰/۵گرم برگ تازه از برگ‌های جوان کاملاً توسعه یافته جدا گردید و در هاون چینی با ۵ میلی‌لیتر متانول ٪۹۹ عصاره‌گیری شد، سپس به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ با سرعت ۴۵۰۰ دور در دقیقه انجام گرفت. سپس عصاره شفاف قسمت فوقانی آن برای اندازه‌گیری صفات بیوشیمیایی جدا شد.

**اندازه‌گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی:** با قرار دادن عصاره متانولی تهیه شده (رقیق شدن با نسبت ۱:۵) در دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج‌های ۴۷۰، ۶۵۳ و ۶۶۶ نانومتر و قرار دادن اعداد بدست آمده از اسپکتروفتومتر در روابط زیر، میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی محاسبه گردید (Wellburn, 1994):

$$Chla = (15.65 \times A666) - (7.34 \times A653)$$
$$Chlb = (27.05 \times A653) - (11/21 \times A666)$$
$$Cx+c = (1000 \times A470 - 2.860 \times Chla - 129.2 \times Chlb) /245$$
$$Chlt = Chla + Chlb + Cx+c$$

که در این روابط Chla: میزان کلروفیل a، Chlb: میزان کلروفیل b، Cx+c: کارتنوئیدها و Chlt: کلروفیل کل می‌باشند.

**اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی:** جهت اندازه‌گیری فعالیت آنتی‌اکسیدانی، ابتدا عصاه متانولی به نسبت ۱ به ۱۰ رقیق شد. سپس به‌منظور غیرفعال کردن رادیکال‌های آزاد به هر نمونه ۴ میلی‌لیتر ماده DPPH (2,2- Diphenyl-1-Picril-hydrazol) اضافه شد. نمونه‌ها به مدت ۳۰ دقیقه در تاریکی قرار داده شد و سپس جذب محلول‌های حاصل و همچنین جذب نمونه شاهد (کلیه مواد بدون نمونه گیاهی) در طول موج ۵۱۷ نانومتر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت شد. درصد بازداری از DPPH با مقایسه نمونه‌های عصاره و نمونه شاهد و استفاده از رابطه زیر به دست آمد (Moon and Terao, 1998).

٪AA:[(جذب نمونه شاهد- جذب نمونه ارزیابی شده)/(جذب نمونه شاهد)]×100

**اندازه‌گیری فنل کل:** جهت تعیین میزان فنل کل موجود در عصاره متانولی تهیه شده از برگ از معرف فولین سیکالتو برای اندازه‌گیری استفاده شد. مقدار جذب محلول با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد. از اسید گالیک جهت استاندارد استفاده شد و مقدار ترکیبات فنلی کل بر اساس معادل میلی‌گرم اسید گالیک در ۱۰۰ گرم وزن خشک بیان شد (Singliton and Rushi, 1965).

**بیوماس تر و خشک اندام هوایی:** بیوماس تر و خشک اندام هوایی با ترازویی به دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شدند و به‌منظور اندازه‌گیری بیوماس خشک اندام هوایی نمونه‌های گیاهی به مدت ۴۸ ساعت درون آون با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد.

**میزان اسانس:** برای اندازه‌گیری میزان اسانس، اندام هوایی گیاهان پس از برداشت در سایه خشک شدند. اسانس به روش تقطیر با آب بوسیله دستگاه کلونجر به مدت ۳ ساعت استحصال شد. برای این منظور مقدار ۳۰ گرم از نمونه‌های خشک شده در بالن دستگاه ریخته و حرارت داده شد.

تجزیه و تحلیل آماری با استفاده از نرم‌افزار minitab17 انجام شد و مقایسه میانگین داده‌ها با آزمون

Bonferroni در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel 2016 استفاده شد.

## نتایج

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که اثر متقابل پوترسین، قارچ مایکوریزا و چین برداشت بر همه شاخص‌های اندازی‌گیری بجز بیوماس تر و خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار شد. با این حال، اثر متقابل پوترسین و مایکوریزا و همچنین اثرات ساده پوترسین، مایکوریزا و چین برداشت بر بیوماس تر و خشک اندام هوایی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار شد (جدول ۲).

**جدول ۲:** تجزیه واریانس اثر قارچ‌های مایکوریزا و پوترسین در دو چین مختلف برداشت بر صفات مورد مطالعه در ریحان سبز (*Ocimum ciliatum*).

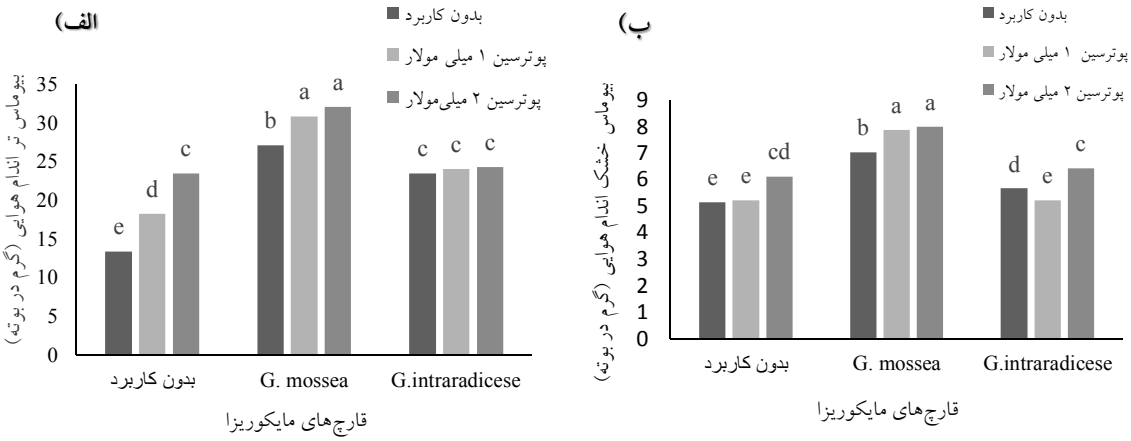
| منابع تغییرات | درجه آزادی | میانگین مربعات | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | کلروفیل a | کلروفیل b | کارتنوئیدها | کلروفیل کل | فعالیت آنتی اکسیدانی | فنل کل | بیوماس تر اندام هوایی | بیوماس خشک اندام هوایی | میزان اسانس |
| تکرار | ۲ | ۰/۲۸$^{ns}$ | ۰/۰۵۶$^{ns}$ | ۰/۵۹۲$^{ns}$ | ۱/۰۳$^{ns}$ | ۰/۵۰$^{ns}$ | ۰/۵۰$^{ns}$ | ۱/۲۶$^{ns}$ | ۰/۰۴$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۹$^{ns}$ |
| پوترسین | ۲ | ۱/۹۸$^{**}$ | ۲/۷۱$^{**}$ | ۰/۱۲۷$^{ns}$ | ۰/۵۵$^{ns}$ | ۷۲/۲۰$^{**}$ | ۱۱۲/۳۴$^{**}$ | ۱۲۷/۳۲$^{**}$ | ۵/۷۷$^{**}$ | ۰/۱۵۱$^{**}$ |
| مایکوریزا | ۲ | ۱۲/۰۷$^{**}$ | ۴/۰۸$^{**}$ | ۱/۰۳۴$^{**}$ | ۴۱/۷۱$^{**}$ | ۵۴/۷۰$^{**}$ | ۹۳/۸۰$^{**}$ | ۱۹۴/۸۲$^{**}$ | ۱۱/۲۷$^{**}$ | ۰/۳۷۶$^{**}$ |
| چین برداشت | ۱ | ۳۶۳/۴۷$^{**}$ | ۱۴۲/۱۲$^{**}$ | ۰/۰۰۰۳$^{ns}$ | ۹۶۷/۵۱$^{**}$ | ۲۲۸۹۵/۲۰$^{**}$ | ۷۵۹/۲۹$^{**}$ | ۱۲۹۹/۷۴$^{**}$ | ۵۹/۱۵$^{**}$ | ۰/۱۰۳$^{**}$ |
| خطای اصلی | ۸ | ۰/۸۲ | ۰/۱۶ | ۰/۳۵۷ | ۰/۰۳۷ | ۳/۰۶ | ۳/۹۹ | ۱/۲۶ | ۰/۱۲ | ۰/۰۰۰۵ |
| پوترسین× مایکوریزا | ۴ | ۴/۲۶$^{**}$ | ۳/۹۰$^{**}$ | ۰/۲۲۱$^{ns}$ | ۱۰/۲۱$^{**}$ | ۵۳/۷۰$^{**}$ | ۱۹/۷۹$^{**}$ | ۲۴۱/۰۹$^{**}$ | ۱۰/۶۵$^{**}$ | ۰/۰۲۹$^{**}$ |
| چین برداشت × پوترسین | ۲ | ۵/۰۹$^{**}$ | ۵/۲۵$^{**}$ | ۲/۶۶۱$^{**}$ | ۳۳/۹۵$^{**}$ | ۱۶۳/۸۰$^{**}$ | ۳۶/۷۰$^{**}$ | ۱/۴۰$^{ns}$ | ۰/۲۲$^{ns}$ | ۰/۰۰۰۲$^{ns}$ |
| چین برداشت × مایکوریزا | ۲ | ۹/۹۶$^{**}$ | ۳/۱۱$^{**}$ | ۲/۱۵$^{**}$ | ۱۲/۱۵$^{**}$ | ۱۱۷/۶۰$^{**}$ | ۸۰/۳۵$^{**}$ | ۱/۹۸$^{ns}$ | ۰/۳۵$^{*}$ | ۰/۰۰۳$^{**}$ |
| پوترسین×مایکور یزا× چین‌برداشت | ۴ | ۱۶/۹۰$^{**}$ | ۱/۲۸$^{**}$ | ۲/۳۷۹$^{**}$ | ۴۲/۳۰$^{**}$ | ۱۸۸/۱۰$^{**}$ | ۱۷۰/۶۶$^{**}$ | ۲/۱۵$^{ns}$ | ۰/۱۲$^{ns}$ | ۰/۰۰۳$^{**}$ |
| خطای فرعی | ۱۸ | ۰/۱۴ | ۰/۰۴۴ | ۰/۱۰۰ | ۰/۲۹ | ۰/۸۰ | ۱/۳۱ | ۰/۸۸ | ۰/۰۴ | ۰/۰۰۰۳ |

$^{**}$و$^{*}$و$^{ns}$ به‌ترتیب معنی‌دار در سطح ۱ و ۵ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار

نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل پوترسین، قارچ مایکوریزا و چین برداشت حاکی از کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در چین دوم برداشت می‌باشد. به‌طوری‌که کمترین میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی در شاهد (عدم کاربرد قارچ مایکوریزا و پوترسین) و در چین دوم برداشت مشاهده شد و کاربرد قارچ *G. mossea* و محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۲ میلی‌مولار سبب افزایش معنی‌دار کلروفیل a و b شد (جدول ۳).

در مورد کارتنوئیدهای برگ ریحان سبز کاربرد قارچ *G. intraradicese* و محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۲ میلی‌مولار سبب افزایش این صفت شد که تفاوت معنی‌داری با محلول‌پاشی پوترسین در غلظت یک میلی‌مولار نداشت (جدول ۳). بیشترین میزان کلروفیل a (۹/۲۴ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در تیمار کاربرد قارچ *G. mossea* و محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۲ میلی‌مولار و در چین اول

برداشت مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار پوترسین ۲ میلی‌مولار و عدم کاربرد قارچ‌ها در همین چین برداشت نداشت (جدول ۳). کاربرد توام قارچ مایکوریزا گونه *G. intraradicese* و پوترسین با غلظت ۱ میلی‌مولار در چین اول برداشت سبب شد تا بیشترین میزان کلروفیل b (۸/۸۵ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و کارتنوئیدها (۵/۳۳ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در این تیمار مشاهده شود (جدول ۳). فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل در چین دوم برداشت بیشتر از چین اول برداشت بود و در تیمار بدون محلول‌پاشی پوترسین و کاربرد قارچ *G. intraradicese* بیشترین میزان آن‌ها مشاهده شد؛ اما در چین اول برداشت کاربرد قارچ‌ها و پوترسین سبب افزایش این دو صفت شد به طوری که در چین اول برداشت کاربرد قارچ *G. mossea* و محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۲ میلی‌مولار موجب شد تا فعالیت آنتی‌اکسیدانی نسبت به شاهد ۶۹/۹ درصد افزایش یابد (جدول ۳). در مورد فنل کل کاربرد قارچ *G. intraradicese* و محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۲ میلی‌مولار سبب افزایش ۱۰۴/۵ درصدی آن شد (جدول ۳). کمترین میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۲۰/۶۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) و فنل کل (۷/۷۷ میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) در شاهد (بدون کاربرد قارچ و محلول‌پاشی پوترسین) و در چین اول برداشت مشاهده شد (جدول ۳). در چین دوم برداشت میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل به طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول۳). نتایج همچنین نشان داد که بیشترین بیوماس تر و خشک اندام هوایی گیاه در تیمار محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۲ میلی‌مولار و کاربرد قارچ *G. mossea* مشاهده شد که تفاوت معنی‌داری با تیمار ۱ میلی‌مولار و کاربرد قارچ مشابه نداشت (شکل ۱ الف و ب). نتایج همچنین نشان داد که محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۲ میلی‌مولار و کاربرد قارچ *G. mossea* سبب شد تا بیشترین میزان اسانس حاصل شود که این افزایش در چین دوم نسبت به چین اول بیشتر بود (جدول ۳).




**شکل ۱:** اثر متقابل کاربرد سطوح مختلف پوترسین و قارچ‌های مایکوریزا بر بیوماس تر (الف) و خشک (ب) اندام هوایی ریحان سبز (*Ocimum ciliatum*)

**جدول ۳:** اثر متقابل چین برداشت، قارچ مایکوریزا و پوترسین بر صفات مورد مطالعه در این تحقیق در ریحان سبز (*Ocimum ciliatum*).

| چین برداشت | قارچ مایکوریزا | پوترسین (میلی‌مولار) | کلروفیل a (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) | کلروفیل b (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) | کارتنوئیدها (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) | کلروفیل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) | فعالیت آنتی‌اکسیدانی (٪) | فنل کل (میلی‌گرم در گرم وزن تر برگ) | میزان اسانس (٪) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| اول | بدون کاربرد | ۰ | ۶/۷۰$^{cde}$ | ۶/۶۰$^{ef}$ | ۳/۵۸$^{b-d}$ | ۲۲/۹۴$^{c}$ | ۲۰/۶۷$^{j}$ | ۷/۷۷$^{l}$ | ۰/۴۵$^{j}$ |
| | | ۱ | ۷/۰۹$^{cd}$ | ۷/۱۱$^{de}$ | ۲/۹۴$^{c-e}$ | ۲۶/۴۵$^{a}$ | ۲۸/۷۱$^{gh}$ | ۱۱/۳۲$^{j-l}$ | ۰/۵۱$^{i}$ |
| | | ۲ | ۹/۰۲$^{a}$ | ۸/۰۲$^{bc}$ | ۲/۸۴$^{de}$ | ۲۲/۵۰$^{cd}$ | ۲۵/۳۹$^{i}$ | ۱۴/۳۵$^{h-j}$ | ۰/۵۵$^{i}$ |
| | *Glomus mossea* | ۰ | ۸/۱۹$^{b}$ | ۶/۷۵$^{d-f}$ | ۳/۷۱$^{b-d}$ | ۲۳/۳۴$^{c}$ | ۳۲/۶۵$^{ef}$ | ۸/۷۱$^{kl}$ | ۰/۶۲$^{h}$ |
| | | ۱ | ۶/۳۹$^{d-g}$ | ۷/۳۸$^{cd}$ | ۳/۶۴$^{b-d}$ | ۲۳/۰۴$^{c}$ | ۳۵/۰۴$^{e}$ | ۱۲/۳۵$^{i-k}$ | ۰/۷۱$^{f}$ |
| | | ۲ | ۹/۲۴$^{a}$ | ۸/۳۸$^{ab}$ | ۳/۶۸$^{b-e}$ | ۲۰/۵۵$^{d-f}$ | ۳۵/۱۲$^{e}$ | ۱۱/۳۳$^{j-l}$ | ۰/۹۶$^{b}$ |
| | *Glomus intraradicese* | ۰ | ۶/۲۱$^{e-g}$ | ۷/۳۶$^{c-e}$ | ۳/۵۴$^{c-e}$ | ۲۴/۱۲$^{bc}$ | ۲۴/۳۰$^{i}$ | ۸/۶۹$^{kl}$ | ۰/۶۶$^{gh}$ |
| | | ۱ | ۵/۱۲$^{hi}$ | ۸/۸۵$^{a}$ | ۵/۳۳$^{a}$ | ۲۰/۹۰$^{de}$ | ۲۷/۱۶$^{hi}$ | ۱۳/۳۲$^{h-j}$ | ۰/۶۵$^{h}$ |
| | | ۲ | ۷/۱۷$^{c}$ | ۸/۲۶$^{ab}$ | ۳/۹۸$^{b-d}$ | ۲۵/۹۷$^{ab}$ | ۳۱/۵۴$^{ef}$ | ۱۵/۸۹$^{g-i}$ | ۰/۷۳$^{f}$ |
| دوم | بدون کاربرد | ۰ | ۳/۴۵$^{k}$ | ۲/۸۵$^{k}$ | ۲/۴۰$^{e}$ | ۹/۹۷$^{m}$ | ۷۲/۳۷$^{ab}$ | ۲۵/۷۲$^{ab}$ | ۰/۵۱$^{i}$ |
| | | ۱ | ۴/۰۶$^{jk}$ | ۳/۸۶$^{ij}$ | ۳/۹۴$^{b-d}$ | ۱۲/۱۸$^{ki}$ | ۶۶/۴۱$^{c}$ | ۲۱/۹۷$^{b-e}$ | ۰/۵۵$^{i}$ |
| | | ۲ | ۵/۱۱$^{hi}$ | ۳/۸۱$^{j}$ | ۳/۶۳$^{b-d}$ | ۱۴/۱۰$^{jk}$ | ۵۲/۷۸$^{d}$ | ۱۷/۳۳$^{f-h}$ | ۰/۶۲$^{h}$ |
| | *Glomus mossea* | ۰ | ۵/۸۷$^{fg}$ | ۳/۰۲$^{k}$ | ۳/۱۹$^{c-e}$ | ۱۰/۲۷$^{lm}$ | ۷۱/۴۸$^{b}$ | ۲۳/۷۲$^{a-d}$ | ۰/۷۴$^{ef}$ |
| | | ۱ | ۴/۰۳$^{jk}$ | ۴/۷۰$^{hi}$ | ۳/۶۴$^{b-d}$ | ۱۸/۷۶$^{fg}$ | ۷۲/۳۷$^{ab}$ | ۱۹/۵۷$^{c-g}$ | ۰/۷۸$^{de}$ |
| | | ۲ | ۶/۹۵$^{cd}$ | ۴/۱۷$^{fg}$ | ۳/۴۸$^{b-e}$ | ۱۵/۲۴$^{ij}$ | ۷۱/۳۶$^{b}$ | ۲۰/۰۳$^{d-g}$ | ۱/۰۵$^{a}$ |
| | *Glomus intraradicese* | ۰ | ۴/۶۱$^{ij}$ | ۵/۳۱$^{gh}$ | ۴/۰۷$^{bc}$ | ۱۹/۲۶$^{e-g}$ | ۷۴/۹۷$^{a}$ | ۲۷/۲۳$^{a}$ | ۰/۷۰$^{fg}$ |
| | | ۱ | ۴/۰۳$^{jk}$ | ۶/۰۲$^{ij}$ | ۴/۴۸$^{ab}$ | ۱۷/۶۹$^{gh}$ | ۷۳/۶۳$^{ab}$ | ۲۶/۷۷$^{a}$ | ۰/۸۲$^{cd}$ |
| | | ۲ | ۵/۶۸$^{gh}$ | ۶/۰۶$^{ij}$ | ۴/۴۴$^{ab}$ | ۱۶/۱۵$^{hi}$ | ۷۲/۷۱$^{ab}$ | ۲۴/۴۷$^{a-c}$ | ۰/۸۵$^{c}$ |

در هر ستون اعداد دارای حداقل یک حرف مشابه بر اساس آزمون Bonferoni در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معناداری با هم ندارند.

## بحث

زمان و تعداد چین برداشت از جمله فاکتورهایی می‌باشند که به شدت بر عملکرد و کیفیت محصولات تاثیرگذار می‌باشند (Clark and Menany, 1984). بر این اساس و مطابق با نتایج این تحقیق در چین دوم برداشت چون گیاه به اواخر دوره زندگی خود نزدیک می‌شود؛ بیوماس تر و خشک آن کاهش و رنگیزه‌های فتوسنتزی آن تخریب می‌گردند. همچنین در این تحقیق چین دوم برداشت مصادف با روزهای بلند تابستان و بالارفتن دما بود که موجب وارد شدن مقداری تنش به گیاه شده و صفات رشدی گیاه و همچنین رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه را کاهش داد و در مقابل فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل در چین دوم برداشت به منظور محافظت از گیاه به طور معنی‌داری افزایش یافتند. در چین اول برداشت محلول‌پاشی پوترسین و کاربرد قارچ‌ها سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی شد؛ اما در چین دوم برداشت از افزایش بیش از حد این دو صفت جلوگیری نموده و آن‌ها را کاهش داد. ترکیبات آنتی‌اکسیدانی و فنل‌ها بخشی از رژیم غذایی انسان را تشکیل داده و بزرگ‌ترین نفع رایج آن‌ها فعالیت‌های ضدسرطانی و آنتی‌اکسیدانی آن‌ها است (Mozdastan et al., 2015). این ترکیبات

بیشتر در برگ قرار داشته و لذا افزایش جزئی آن‌ها در گیاه مفید می‌باشد که در این تحقیق نیز افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی تحت تیمارهای پوترسین و مایکوریزا در چین اول برداشت مشاهده شد؛ اما در چین دوم به علت بالارفتن دما و وارد شدن مقداری تنش به گیاه میزان این ترکیبات در گیاه به منظور حفاظت از آن افزایش یافت و تیمار پوترسین و مایکوریزا در این شرایط با کاهش اثرات تنش وارده به گیاه از افزایش بیش از حد این ترکیبات جلوگیری نمود و آن‌ها را کاهش داد. افزایش در محتوای رنگیزه‌های فتوسنتزی توسط قارچ‌های میکوریزا، پیش از این توسط Moraes و همکارانش (۲۰۰۴) در گیاه دارویی *Podophyllum peltatum* L.، Krishna و همکارانش (۲۰۰۵) در انگور (*Vitis vinifera* L.) مورد بررسی قرار گرفت که با نتایج به دست آمده در این تحقیق همخوانی دارد. همچنین مطابق با نتایج این تحقیق کاربرد قارچ مایکوریزا سبب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاه دارویی رازیانه (*Foeniculum vulgare*) شد (Barzegar et al., 2013). کاربرد قارچ مایکوریزا سبب افزایش بیوماس نعناع فلفلی (*Mentha piperita*) (Mahmoudzadeh et al., 2016)، زوفا (*Hyssopus officinalis*) (Shabahang et al., 2014)، آویشن باغی (*Thymes vulgaris*) (Azimi et al., 2014)، شوید (*Anethum graveolens*) (Hashemzadeh et al., 2014) و شنبلیله (*Trigonella foenum-graecum*) (Irankhah et al., 2016) شد که با نتایج حاصل از این تحقیق مطابقت دارد. همچنین محلول‌پاشی پوترسین سبب افزایش وزن تر و خشک اندام هوایی در *Dahlia pinnata* شد (Mahgoub et al., 2011). علت این افزایش در رنگیزه‌های فتوسنتزی و بیوماس اندام هوایی در شرایط استفاده از قارچ‌های مایکوریزا در گیاه مورد مطالعه در این تحقیق و همچنین در تحقیقات گذشته این است که قارچ‌های مایکوریزا از طریق نفوذ در حفرات بسیار ریز خاک، نفوذ ریشه‌های موئین گیاه به نقاط غیرقابل دسترس خاک را افزایش داده و از طریق توسعه یک سیستم ریشه‌ای وسیع، افزایش کارایی فتوسنتزی و ظرفیت هدایت آب، افزایش جذب عناصر غذایی، دفع پاتوژن‌های خاکی و غیره موجب افزایش قدرت حیات گیاهان طی فرایند سازگاری می‌شوند (Kapoor et al., 2008)، در نتیجه شرایط رشدی گیاه را بهبود می‌بخشند و رنگیزه‌های فتوسنتزی را افزایش می‌دهد. این همین امر افزایش بیوماس و رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه مورد مطالعه در این تحقیق را به اثبات می‌رساند. همچنین قارچ‌های مایکوریزا سطح جذب نیتروژن، آهن و منیزیم گیاه را افزایش داده و از آنجایی که این عناصر نقش اساسی در ساختار کلروفیل دارند سبب می‌شوند تا رنگیزه‌های فتوسنتزی به صورت معنی‌داری افزایش یابند (Chaudhary et al., 2007; Krishna et al., 2005). علاوه بر آن قارچ‌های مایکوریزا نقش مهمی در جذب فسفر توسط گیاه داشته و از این طریق می‌توانند موجب بهبود فتوسنتز و در نتیجه افزایش در محتوا و سازماندهی کلروپلاست‌های برگی شوند (Selvaraj and Chellappan, 2006). اثر قارچ‌های میکوریزا بر میزان ترکیبات فنلی و فعالیت آنتی‌اکسیدانی نیز در گیاه انگور توسط Krishna و همکارانش در سال (۲۰۰۵) گزارش شده است. باتوجه به اهمیت زیاد ترکیبات فنلی در مکانیسم دفاعی گیاهان در برابر عوامل بیماری‌زا می‌توان از قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار برای افزایش محتوای فنل گیاهان استفاده کرد. ترکیبات فنلی، به خاطر خاصیت ضد میکروبی خود، از تولید سم توسط عوامل بیماری‌زا جلوگیری می‌کنند و بدین طریق فعالیت

آنتی‌اکسیدانی گیاه را افزایش می‌دهند (Karishna, 2005). علت افزایش در وزن تر و خشک این گیاه و همچنین گیاه مورد مطالعه در این تحقیق و همچنین بهبود دیگر صفات مورد مطالعه در این گیاه توسط محلول‌پاشی پوترسین را می‌توان چنین اثبات نمود که کاربرد پوترسین سبب افزیش تقسیم سلولی در گیاه شده و این افزایش در تقسیم سلولی رشد گیاه را افزایش می‌دهد. نتیجه متابولیسم گیاه بهبود یافته و رنگیزه‌های فتوسنتزی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل در گیاه افزایش می‌یابند (Mahgoub et al., 2011؛ Talaat, 2005). پوترسین همچنین سبب افزایش جذب عناصری همچون پتاسیم و منیزیم نیز شده و از آنجایی که منیزیم یکی از اجزای اصلی ساختمان کلروفیل می‌باشد؛ بنابراین موجب بهبود رنگیزه‌های فتوسنتزی گیاه می‌شود (Abdel Aziz , 2009; El-Bassiouny et al., 2008). همچنین نتایج نشان داد که محلول‌پاشی پوترسین مطابق با نتایج این تحقیق در مرزه (Faraji- Mehmani et al., 2014)، پروانش (Talaat, 2005) و ریحان (Talaat, 2010) نیز سبب افزایش بیوماس گردید. پلی‌آمین‌ها به علت دارا بودن پیش‌ماده مشترک با اتیلن از سنتز اتیلن جلوگیری نموده و بدین‌ترتیب از تخریب کلروفیل توسط اتیلن جلوگیری می‌نمایند و در نتیجه افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی را در پی دارند و این افزایش در رنگیزه‌های فتوسنتزی افزایش بیوماس و فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل گیاه تیمار شده با پوترسین را نیز به اثبات می‌رساند (Abd El-Rahman et al., 2012). پلی‌آمین‌ها همچنین در ساختار خود دارای نیتروژن بوده که با محلول‌پاشی این تنظیم کننده رشد گیاهی، نیتروژن موجود در ساختمان آن در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و رشد گیاه را بهبود می‌بخشد. بیشترین نقش پوترسین در ذخیره نیتروژن در گیاه در طول مرحله گلدهی اتفاق می‌افتد (Pritsa and Demetios, 2005). پوترسین ترکیبی است که نقش آنتی‌اکسیدانی نیز دارد و وظیفه حفاظت از گیاه در برابر شرایط سخت را دارا بوده و همچنین سبب افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل گیاه نیز می‌گردد (Groppa and Benavides, 2008) که این دلیلی برای افزایش فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل گیاه مورد مطالعه در این تحقیق می‌باشد. نتایج پژوهش سایر محققین نیز این امر را اثبات می‌کند به‌طوری که Amin و همکاران (۲۰۱۱) نشان دادند که محلول‌پاشی پوترسین سبب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل در پیاز شد. همچنین محلول‌پاشی پوترسین سبب افزایش اسانس در شمعدانی معطر (*Pelargonium graveolens* L.) (Ayad et al., 2010) و ریحان (*Ocimum basilicum* L.) (Talaat, 2010) شد. علت افزایش میزان اسانس با کاربرد تنظیم کننده رشد می‌تواند به این دلیل باشد که این ترکیبات رشد رویشی گیاه را افزایش داده و کیفیت گیاه را بهبود می‌بخشند (Gharib, 2006). همچنین می‌توان چنین گفت که بخش عمده اسانس‌ها، ترکیبات ترپنوئیدی بودند که نیتروژن پیش ماده این ترکیبات است. بنابراین پوترسین به علت دارا بودن نیتروژن در ساختار خود فراهمی نیتروژن برای گیاه را افزایش داده و به این ترتیب میزان اسانس گیاه را بهبود بخشیده است (Rahimzadeh et al., 2008). از دلایل بهبود کیفیت و افزایش اسانس گیاهان دارویی از جمله گیاه مورد مطالعه در این تحقیق تحت کاربرد قارچ‌های مایکوریزا، اثرات متقابل گیاه و قارچ و ارسال سیگنال‌هایی توسط قارچ و ارسال پاسخ دفاعی توسط گیاه ذکر شده است (Imre et al., 1998). همچنین متابولیت‌های ثانویه گیاه تحت کاربرد قارچ‌های مایکوریزا تحریک می‌شوند (Demir, 2004). به بیان دیگر Gupta و همکاران (۲۰۰۲) خاطر نشان کردند از آنجائی که واحدهای سازنده

اسانس‌ها (ایزوپرنوئیدها) مانند ایزوپنتنیل پیروفسفات و دی متیل آلیل پیروفسفات، نیاز مبرم به ATP و NADPH دارند. با توجه به این موضوع که حضور عناصری نظیر نیتروژن و فسفر برای تشکیل ترکیبات ضروری می باشد از این رو همزیستی مایکوریزایی از طریق جذب کارآمد فسفر و تا حدودی نیتروژن توسط ریشه، موجب افزایش اسانس گیاهان دارویی می‌گردد که Barzegar و همکاران (۲۰۱۳) در رازیانه نیز این امر را مطابق با نتایج این تحقیق به اثبات رساندند.

## نتیجه‌گیری نهایی

به کار بردن کودهای زیستی و تنظیم کننده‌های رشد گیاهی می‌تواند موجب بهبود خصوصیات رشدی، بیوشیمیایی و میزان اسانس گیاه گردد. در این تحقیق نتایج نشان داد که کاربرد قارچ مایکوریزا به عنوان یک کود زیستی، پوترسین به عنوان یک تنظیم کننده رشد گیاهی و چین‌های مختلف برداشت بر خصوصیات بیوشیمیایی، بیوماس و میزان اسانس ریحان تاثیرگذار بودند. در چین اول برداشت کاربرد قارچ مایکوریزا و محلول‌پاشی پوترسین سبب افزایش رنگیزه‌های فتوسنتزی، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل ریحان سبز شد؛ اما در چین دوم برداشت با توجه به افزایش دمای هوا و طولانی شدن روز و همچنین با رسیدن گیاه به اواخر دوران رشد خود از میزان رنگیزه‌های فتوسنتزی کاسته شد و در مقابل فعالیت آنتی‌اکسیدانی و فنل کل به منظور محافظت از گیاه افزایش یافتند. همچنین کاربرد قارچ *G. mossea* و محلول‌پاشی پوترسین توانست بیوماس تر و خشک گیاه را افزایش دهد. در مجموع کاربرد هر دو نوع قارچ‌های مایکوریزا و محلول‌پاشی پوترسین با غلظت ۲ میلی‌مولار بیشترین اثر را بر صفات مورد مطالعه در این تحقیق داشتند.

**References**


**Abdel Aziz Nahed, G., Tahalobna, S. and Ibrahim Soad, M.M. (2009).** Some studies on the effect of putrescine, ascorbic acid and thiamine on growth, flowering and some chemical constituents of gladiolus plants at nubaria. Ozeam Journal of Applied Sciences. 2(2): 169-179.

**Abd El-Rahman, G.F., Hoda, M.M. and Ensherah, A.H.A. (2012).** Effect of GA3 and potassium nitrate in different dates on fruit set, yield and splitting of Washington navel. Nature Science. 10(1): 148.

**Aghhavani Shajari, M., Rezvani Moghaddam, P., Ghorbani, R. and Nasiri Mahallati, M. (2015).** Effects of single and combined application of organic, biological and chemical fertilizers on quantitative and qualitative yield of coriander (*Coriandrum sativum*). Journal of Horticultural Science. 29(4): 486-500.

**Amin, A.A., Fatma Gharib, A.E., El-Awad, M., and El-Sherbeny, M.R. (2011).** Physiological response of onion plants to foliar application of putrescine and glutamine. Scientia Horticulturae. 129(3): 353-360.

**Ayad, H.S., Reda, F. and Abdalla. M.S.A. (2010).** Effect of putrescine and zinc on vegetative growth, photosynthetic pigments lipid peroxidation and essential oil content of geranium (*Pelargonium graveolens* L.). World Journal Agriculture Science. 6(5): 601-608.

**Azimi, R., Jang Ju, M. and Asghari, H.R. (2014).** Effects of mycorrhiza symbiosis on initial establishment and morphological traits of thyme (*Thymus vulgaris*) under natural conditions. Iranian Journal of Field Crops Research. 11(4): 666-676.

**Barzegar, M., Afshari, H., Borhan, N., Laei, Gh. and Zadehbagheri, M. (2013).** The Effect of planting date and symbiotic mycorrhiza fungi on physiological characteristics and active ingredients of three medicinal plants cultivars of fennel (*Foenicumlum vulgare* Mill.) endemic to Iran. Eco-phytochemical Journal of Medical Plants. 1(2): 64-75.

**Beltrano, J. and Ronco, M.G. (2008).** Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus claroideum*: Effect on growth and cell membrane stability. Brazilian Journal of Plant Physiology. 20(1): 29-37.

**Chaudhary, V., Kapoor, R. and Bhatnagar, A.K. (2007).** Effect of arbuscular mycorrhiza and phosphorus application on artemisinin concentration in *Artemisia annua* L. Mycorrhiza. 17: 581-587.

**Clark, R.J. and Menary, R.C. (1984).** The effect of two harvests per year on the yield and composition of Tasmanian peppermint oil (*Mentha piperita* L.). Journal of the Science of Food and Agriculture. 35: 1191-1195.

**Copetta, A., Lingua, G. and Berta, G. (2006).** Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. Mycorrhiza. 16: 485–494.

**Datta, M., Palit, R., Sengupta, C., Pandit, M.K. and Banerjee, S. (2011).** Plant growth promoting rhizobacteria enhance growth and yield of chilli (*Capsicum annuum* L.) under field conditions Plant growth promoting rhizobacteria. Australian Journal of Crop Science. 5(5): 531-536.

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

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

**El-Bassiouny, H.M.S., Mostafa, H. A., El-Khawas, S.A., Hassanein, R.A., Khalil, S.I. and Abd Elmonem, A.A. (2008).** Physiological responses of wheat plant to foliar treatments with arginine or putrescine. Australian Journal of Basic and Applied Sciences. 2(4): 1390-1403.

**Faraji- mehmani, A., Esmaielpour, B., Sefikon, F. and Khorramdel, S. (2014).** Effects of foliar spraying with salicylic acid and putrescine on growth characteristics and yield of summer savory (*Satureja hortensis* L.). Iranian Journal of Field Crops Research. 14(1): 73-85.

**Gharib, A.A. and Hanafy Ahmed, A.H. (2006).** Response of pea plants (*Pisum sativum* L.) to foliar application of Putrescine, glucose, foliar feed and silicon. The Journal of Agricultural Science, Mansoura University. 30 (12): 7563-7579.

**Gupta, M.L., Prasad, A., Ram, M. and Kumar, S. (2002).** Effect of the vesicular arbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasciulatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions .Bioresource Technology. 81 : 77-9.

**Gupta, P., Yadav, D.K., Siripurapu, K.B., Palit, G. and Maurya, R. (2007).** Constituents of *Ocimum sanctum* with antistress activity. Journal of Natural Products. 70 (9): 1410-1416.

**Groppa, M.D. and Benavides, M.P. (2008).** Polyamines and abiotic stress: recent advances. Amino Acids. 34: 35-45.

**Hashemzadeh, F., Mirshekari, B., Yarnia, M., Rahimzadeh Khoei, F., Tarinejhad A. and Farzanian, M. (2014).** Effect of Bio and Chemical Fertilizers on Yield, Yield Components and Mycorrhizal Colonization Percent on Common Dill (*Anethum graveolens* L.). Journal of Crop Ecophysiology. 8(3): 257-270.

**Hazzoumi, Z., Moustakime, Y., Elharchli, E. and Amrani Joutei, Kh. (2015).** Effect of arbuscular mycorrhizal fungi and water stress on ultrastructural change of glandular hairs and essential oil compositions in *Ocimum gratissimum*. Chemical and Biological Technologies in Agriculture. 2:10.

**Holm, Y. (1999).** Bioactivity of basil. In: Holm,Y. & Hiltuen, R., (eds.). Basil: The genus *Ocimum*. Hawood Academic, Amsterdam. pp. 113-135.

**Imre E., Somssich I.E. and Hahlbrok K. (1998).** Pathogen defense in plant-a paradigm of biological complexity. Trends in Plant Science. 3(3): 86–90.

**Irankhah, S., Gangali, A., Lahooti, M. and Mashreghi, M. (2016).** Investigating the effect of *Pseudomonas putida* and *Glomus intraradices* on some morphological and Biochemical characteristics of (*Trigonella foenum-graecum* L). Journal of Horticultural Science. 30(1): 112-121.

**Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, K.G. (2002).** *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(5): 459-463.

**Kapoor, R., Sharma, D. and Bhatnagar, A.K. (2008).** Arbuscular mycorrhizae in micro propagation systems and their potential applications. Scientia Horticulture. 116: 227-239.

**Krishna, H., Singh, S.K., Sharma, R.R., Khawale, R.N., Grover, M. and Patel, V.B. (2005).** Biochemical changes in micropropagated grape (*Vitis vinifera* L.) plantlets due to arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculated during ex vitro acclimatization. Scientia Horticulture. 106:554-567.

**Kusano, T., Berberich, T., Tateda, C. and Takahashi, Y. (2008).** Polyamines: essential

factors for growth and survival. Planta. 228: 367-381.

**Mahgoub, M.H., Abd-El Aziz, N. G. and Mazhar, A.M.A. (2011).** Response of *Dahlia pinnata* L. plant to foliar spray with putrescine and thimine on growth, flowering and photosynthetic. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 10 (5): 769-775.

**Mahmoudzadeh, M., Rasouli Sadaghiani, M.H., Asgari Lajayer, H. and Hasani. A. (2016).** The effect of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) and arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) inoculation on nutrient uptake and some morphological factors in peppermint (*Mentha piperita*). Electronic Journal of Soil Management and Sustainable Production. 6(1): 161-176.

**Makari, O. and Kintzios, S. (2008).** *Ocimum* sp. (Basil): Botany, cultivation, pharmaceutical properties, and biotechnology. Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants. 13(3): 123-150.

**Martin-Tanguy, J. (2001)**. Metabolism and function of polyamines in plants: recent development (new approaches). Plant Growth Regulation. 34: 135-148.

**Moghaddam, M., Omidbeigi, R., Salimi, A. and Naghavi, M.R. (2012).** An assessment of genetic diversity among Iranian populations of basil (*Ocimum* spp.) using morphological traits. Iranian Journal of Horticultural Science. 44(3): 227-243.

**Mozdastan, S., Ebrahimzadeh, M.A. and Khalili, M. (2015).** Comparing the impact of different extraction methods on antioxidant activities of myrtle (*Myrtus communis* L.). Journal of Mazandaran University of Medical Sciences. 25: 10-24.

**Moon, J.H. and Terao, J. (1998).** Antioxidant activity of caffeic acid and dihydrocaffeic acid in lard and human low-density lipoprotein. Journal of Agricultural and Food Chemistry. 46(12): 5062-5065.

**Moraes, R.M., Andrade, Z.D., Bedir, E., Dayan, F.E., Lata, H., Khan, I. and Pereira, A.M.S. (2004).** Arbuscular mycorrhiza improves acclimatization and increases lignin content of micropropagated mayapple (*Podophyllum peltatum* L.). Plant Science. 166: 23-29.

**Ochoa-Velasco, C.E., Valadez-Blanco, R., SalasCoronado, R., Sustaita-Rivera, F., Hernández Carlos, B., García-Ortega, S. and Santos-Sánchez, N.F. (2016).** Effect of nitrogen fertilization and Bacillus licheniformis biofertilizer addition on the antioxidants compounds and antioxidant activity of greenhouse cultivated tomato fruits (*Solanum lycopersicum* L. var. Sheva). Scientia Horticulturae. 201: 338-345.

**Pritsa, T. S. and Demetios, G.V. (2005).** Correlation of ovary and leaf spermidine and spermine content with the alternate bearing habit of olive. Journal of Plant Physiology.162: 1284-1291.

**Rahimzadeh, S., Sohrabi, Y., Heidari, G. and Pirzad, A. (2008).** Effect of biofertilizers application on some morphological characteristics and yield of dragonhead (*Dracocephalum moldavica* L.). Journal of Horticulture Science. 25 (3): 335-343.

**Selvaraj, T. and Chellappan, P. (2006).** Arbuscular mycorrhizae: a diverse personality. Journal of Central European Agriculture. 7(2): 349-358.

**Shabahang, J., Khorramdel, S., Siahmargue, A., Gheshm, R. and Jafari, L. (2014).** Evaluation of integrated management of organic manure application and mycorrhiza inoculation on growth criteria, qualitative and essential oil yield of hyssop (*Hyssopus officinalis* L.) under Mashhad climatic conditions. Journal of Agroecology. 6(2): 353-363.

**Singliton, V.L. and Rossi, J.A. (1965).** Colorimetry of total phenolics with phosphomolybdic phosphotungstic acid reagents. American Journal of Enology and Viticulture. 16(3): 144-158.

**Talaat, I. M. (2005).** Physiological effect of Salicylic acid and tryptophan on *Pelargonium graveolens*. Egyptian Journal of Applied Sciences. 20: 751-760.

**Talaat, I. M. and Laila, K. (2010).** Physiological response of sweet basil plants (*Ocimum basilicum* L.) to putrescine and trans-cinnamic acid. American-Eurasian Journal of Agricultural and Environmental Sciences. 8(4): 438-445.

**Wellburn, A.R. (1994).** The spectral determination of chlorophylls and b as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. Journal of Plant Physiology. 144: 307-313.

**Zhu, X., Song, F., Liu, S. and Liu, F. (2016).** Arbuscular mycorrhiza improve growth, nitrogen uptake, and nitrogen use efficiency in wheat grown under elevated $CO_2$. Mycorrhiza. 26(2): 133-140.

**Zokaee Khosroshahi, M.R., Esna-Ashari, M. and Ershadi, A. (2007).** Effect of exogenous putrescine on postharvest life of strawberry fruit. Scientia Horticulturae. 114: 27-32