نشریه علمی ترویجی فناوری گیاهان دارویی ایران
دوره ۰۲- شماره ۰۲- پیاپند ۰۳-پاییز و زمستان۱۳۹۸

اثر دو گونه قارچ میکوریزا آربوسکولار بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و خصوصیات مورفو فیزیولوژیکی پونه معطر (*Mentha pulegium* L.) در تنش خشکی

The Effect of Two Species of Arbuscular Mycorrhiza Fungi on the Activity of Antioxidant Enzymes and Morphophysiological Characteristics of *Mentha pulegium* L. in Drought Stress

مریم زارع حسن آبادی[۱]، مجید دشتی[۲]، مهدی آخوندی[۳*]

۱.دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

۲.استادیار پژوهشی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مشهد، ایران

۳.عضو هیات علمی گروه زیست شناسی دانشگاه پیام نور(نگارنده مسئول)

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۶/۲۸ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۱۰/۹

چکیده

زارع حسن آبادی، م. دشتی، م. آخوندی، م. اثر دو گونه قارچ میکوریزا آربوسکولار بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و خصوصیات مورفو فیزیولوژیکی پونه معطر (*Mentha pulegium* L.) در تنش خشکی.
نشریه علمی ترویجی فناوری گیاهان دارویی ایران، دوره ۰۲- شماره ۲- پیاپند ۰۳ پاییز و زمستان ۱۳۹۸: صفحه ۹۹-۸۳.

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی و محدودکننده رشد و تولید گیاهان است. هم‌زیستی گیاه با قارچ‌های آربوسکولار میکوریزا (AMF) سبب کاهش اثرات تنش خشکی می‌شود. به‌منظور بررسی تأثیر قارچ‌های میکوریز بر فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی و برخی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی پونه معطر (*Mentha pulegium* L.) تحت تنش خشکی یک آزمایش گلدانی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل دو سطح آبیاری (۶۰ و ۱۰۰ درصد ظرفیت زراعی) و دو گونه قارچ میکوریز *Glomus mosseae* و *Glomus intraradices* بود. نتایج نشان داد که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر تمام صفات مورداندازه‌گیری داشت به‌طوری‌که وزن‌تر و خشک گیاه، محتوای نسبی آب، ارتفاع گیاه، محتوای کلروفیل کل کاهش و درصد کلونیزاسیون ریشه، میزان پرولین و فعالیت آنزیم‌های پراکسیداز و سوپراکسید دیسموتاز افزایش یافت. تأثیر قارچ میکوریز بر تمام صفات مورد اندازه‌گیری معنی‌دار بود و سبب بهبود رشد گیاه پونه معطر گردید. نتایج نشان داد که تلقیح قارچ میکوریز از طریق افزایش تولید ترکیبات آنتی اکسیدانی و فعالیت آنزیم های آنتی اکسیدانی، سبب افزایش تحمل به خشکی آن می شود.

واژه‌های کلیدی: تنش محیطی، *Glomus* sp.، گیاه دارویی، پرولین، کلونیزاسیون.

* آدرس پست الکترونیکی نگارنده مسئول: makhondi@gmail.com

مقدمه

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد. خشکسالی مهم‌ترین عامل محدودکننده رشد گیاه و تولید محصول در سراسر نقاط جهان است (Abedi and Pakniyat, 2010).

بیش از ۸۲ درصد از زمین‌های ایران در منطقه خشک و نیمه‌خشک قرار دارند. کمبود منابع آبی با کاهش محصول و حاصلخیزی خاک، از عوامل اصلی محدودکننده‌ی تولید در سیستم‌های کشاورزی مناطق خشک و نیمه‌خشک است (Hoseininejad et al., 2016).

کمبود آب از راه تأثیر بر متابولیسم سلولی و ایجاد تغییر در بیان ژن‌ها و صفات مورفولوژیکی و نیز هدایت الکتریکی بافت‌ها و خواص اسمزی سلول، رشد و تولید محصول را تحت تأثیر قرار می‌دهد. (Badavi et al.,2015). هم‌چنین باعث بسته شدن روزنه و کاهش ورود CO_2 مورد نیاز در فتوسنتز می شود و با افزایش تشکیل گونه‌های واکنشگر اکسیژن در سیستم‌های نوری، آسیب‌های اکسیداتیو در گیاه تحت تنش ایجاد می کند (Hassanpour and Niknam, 2014 و Esmaielpour et al., 2013).

کم‌آبی هم‌چنین باعث کاهش جذب آب توسط سیستم ریشه گیاه، کاهش تعرق، کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز و هم‌چنین به هم خوردن موازنه هورمونی در گیاه می‌گردد (Auge et al., 2015)

تولید انواع گونه‌های اکسیژن فعال (ROS: Reactive Oxygen Species) از جمله اثرات دیگر تنش خشکی در گیاهان است. ترکیبات ROS شامل مولکول‌های سوپراکسید، هیدروژن پراکسید، رادیکال هیدروکسیل و اکسیژن یکتایی می‌باشند. افزایش ROS با آسیب به متابولیسم سلولی سبب مرگ سلول‌ها می‌شود و با اکسیداسیون لیپیدها و پروتئین‌های غشایی و اسیدهای نوکلئیک، به گیاه آسیب می‌رساند. سلول گیاهی برای کاهش اثرات تخریبی ROSها دارای سیستم‌های آنزیمی و غیرآنزیمی آنتی‌اکسیدان هست که در اثر افزایش تولید رادیکال‌های آزاد، فعال می‌شوند و با تخریب این ترکیبات از بروز آسیب‌های اکسیداتیو و اثرات سوء تنش خشکی جلوگیری می‌کنند. سوپراکسید دیسموتاز با حذف رادیکال سوپراکسید، پراکسیداز، تبدیل هیدروژن پراکسیداز به آب از جمله آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان مهم در سلول گیاهی هستند (Hassanpour and Niknam, 2014).

اغلب گیاهان دارویی و معطر حاوی ترکیبات شیمیایی با خاصیت آنتی‌اکسیدانی می‌باشند. فنل‌ها یکی از گروه‌های اصلی این ترکیبات هستند که به‌صورت آنتی‌اکسیدان و حذف‌کننده رادیکال‌های آزاد عمل می‌کنند (Benabdallah et al., 2016).

گیاهان خانواده نعناع منبع غنی از پلی‌فنل‌ها می‌باشند و خاصیت آنتی‌اکسیدانی بالایی دارند(Abootalebian et.al, 2016).

گیاه پونه معطر از خانواده نعناع (Lamiaceae)، گیاهی دارویی علفی و پایا است. بخش هوایی این گیاه با دارا بودن ویژگی‌های ضد باکتری و ضد قارچی و ضد سرطان، خواص آنتی‌اکسیدانی بالایی دارد و به‌طور سنتی در درمان بسیاری از بیماری‌ها نظیر بیماری‌های گوارشی، پوست، سرماخوردگی، مسمومیت غذایی، برونشیت و توبرکلوزیس استفاده می‌شود و سینوزیت استفاده می‌شود. اسانس پونه در صنایع دارویی و غذایی مورد توجه است و به دلیل دارا بودن منتول، خاصیت بی‌حسی موضعی دارد و برای ضدعفونی محیط نیز به کار می‌رود (Hassanpour and Niknam, 2014; Mahboubi and Haghi , 2008 ; Shahmohamadi et al., 2011; Shirazi et al., 2004).

امروزه استفاده از سیستم‌های زراعی کم نهاده و ابداع شیوه‌های نوین مدیریت بهره‌برداری از منابع به‌منظور دستیابی به اهداف کشاورزی پایدار اهمیت ویژه‌ای پیدا کرده است. از راهکارهای مورد استفاده در تولید گیاهان مقاوم به خشکی استفاده از قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار (AMF) هست که از مهم‌ترین میکروارگانیسم‌های محیط ریشه محسوب می‌شوند و با ریشه بیش از ۹۰ درصد گیاهان همزیستی دارند (Soltanian and Tadayyon, 2015؛ Mahmoudzadeh et al., 2015).

همزیستی ریشه گیاهان با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار یکی از قدیمی‌ترین و رایج‌ترین راهکارهای افزایش جذب عناصر غذایی برای سازگاری با تنش‌های محیطی است(Ortiz et al., 2015).

از مکانیسم‌های احتمالی افزایش تحمل به خشکی در گیاهان میکوریزایی می‌توان به افزایش هدایت آبی ریشه‌ها Tian et al., (2013)، افزایش جذب آب در شرایط رطوبتی کم به‌دلیل گسترش ریسه‌های قارچی، ایجاد تعادل اسمزی و حفظ فشار آماس، افزایش فعالیت فتوسنتزی، تجمع کربوهیدرات‌ها و پرولین و افزایش جذب عناصر غذایی

(Deepika and Kothamasi, 2015) اشاره کرد.

این قارچ‌ها با ایجاد ارتباط بین خاک و ریشه گیاه به دلیل وجود شبکه وسیعی از هیف‌ها، سطح و سرعت جذب ریشه‌ها را افزایش می‌دهند و با بالا بردن کارآیی گیاه در جذب آب و عناصر غذایی سبب بهبود رشد آن‌ها می‌شوند(Soltanian and Tadayyon, 2015؛ Mahmoudzadeh et al., 2015). گیاهان میکوریزی مقاومت بالاتری به تنش خشکی نشان می‌دهند و نیز با جذب بهتر CO2 در دوره‌های خشکی و افزایش سرعت فتوسنتز نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی، خشکی را بهتر تحمل می‌کنند (Ghorbanian et al., 2015).

عمده‌ترین نقش قارچ‌های میکوریز، بهبود تغذیه فسفر گیاه میزبان از طریق گسترش هیف‌ها و نیز تولید اسیدهای آلی توسط قارچ‌ها است که می‌تواند با تبدیل فسفر نامحلول خاک به شکل فسفر قابل‌حل به جذب فسفر توسط گیاه میزبان را افزایش دهد (Mahmoudzadeh et al., 2015).

این قارچ‌ها از طریق افزایش نسبی جذب آب که باعث رقیق شدن اثرات یون‌های سمی می‌شود، افزایش غلظت قندهای محلول در ریشه که منجر به کاهش پتانسیل اسمزی ریشه می‌شود و ایجاد تعادل عناصر غذایی گیاه موجب افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی می‌گردند Tavasoli and (Asgharzadeh, 2009)

تنظیم اسمزی به‌عنوان جزئی مهم از سازوکار تحمل به تنش خشکی در گیاهان در نظر گرفته می‌شود. این پدیده شامل تجمع مولکول‌های آلی نظیر پرولین، بتائین و کربوهیدرات‌ها و یون‌های معدنی همچون پتاسیم و کلسیم هست. در شرایط کمبود آب، در نتیجه تجمع این مواد، پتانسیل اسمزی درون سلول کاهش یافته و آب به درون سلول کشیده می‌شود که به حفظ فشار آماس کمک می‌کند. قارچ‌های میکوریز به فرایند تنظیم اسمز در گیاه کمک می کنند (Lehmann et al., 2010).

تحقیقات گذشته نشان داده است که گیاه پونه معطر دارای پتانسیل کشت در شرایط خشکی می‌باشد ولی تأثیر قارچ AMF به آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی این گیاه در شرایط خشکی بررسی نشده است. با توجه به خواص دارویی فراوان و نیز ارزش غذایی و صنعتی این گیاه و نیز از آنجائی که بخش زیادی از آب و هوای کشور به‌صورت خشک و نیمه‌خشک است. این مطالعه با هدف بررسی تأثیر قارچ میکوریز بر برخی

خصوصیات مورفوفیزیولوژیکی گیاه پونه معطر در شرایط تنش خشکی صورت گرفت.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۹۶-۱۳۹۵ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار در دانشگاه پیام نور واحد بشرویه اجرا شد. تیمارهای مورد بررسی شامل دو سطح آبیاری به‌صورت آبیاری کامل (۱۰۰٪ ظرفیت زراعی) و ۶۰٪ ظرفیت زراعی به‌عنوان سطح تنش و نیز تلقیح قارچ میکوریز *Glomus mosseae* و *Glomus intrardices* و نیز بدون تلقیح (به‌عنوان شاهد) انتخاب شد. مایه تلقیح قارچ از کلینیک گیاه پزشکی ارگانیک همدان تهیه شد.

خاک مورد استفاده (حاوی ۶۵ درصد شن، ۲۵ درصد سیلت و ۱۰ درصد رس) از دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد تهیه و به نسبت ۱:۲ خاک به ماسه آماده سازی شد. سپس خاک‌ها در دمای ۱۲۱ درجه به‌مدت ۱/۵ ساعت اتوکلاو و ضدعفونی گردید و به ازای هر کیلوگرم خاک، ۱۰۰ گرم مایه تلقیح قارچ در گلدان‌های یک کیلوگرمی افزوده شد. بذرها در شرایط گلخانه‌ای ۱۶ ساعت روشنایی/ ۸ ساعت تاریکی و دمای ۱۸/۲۵ (درجه روزانه/ شبانه) کشت شدند و پس از ٤ هفته تحت ظرفیت‌های زراعی ۱۰۰٪ و ۶۰٪ قرار گرفتند. در هر گلدان ۵ گیاه نگه داشته شد.

به‌منظور اعمال تنش خشکی ظرفیت زراعی و سطح تنش خشکی بر اساس درصد رطوبت وزنی ایجاد شدند. به این صورت که ابتدا با قرار دادن ۵۰۰۰ گرم خاک در داخل آون به مدت ٤۸ ساعت، و توزین آن، وزن خشک خاک تعیین شد. سپس ۳ عدد گلدان با وزن و اندازه مشابه کاملاً اشباع گردید و اجازه داده شد تا آب ثقلی از گلدان‌ها خارج گردد. در این حالت وزن گلدان نشان دهنده مجموع وزن خاک خشک + وزن گلدان + وزن آب در حد ظرفیت زراعی می‌باشد و تیمارهای مختلف بر این اساس محاسبه شدند. آبیاری و توزین گلدان‌ها هر روز در میان از طریق تعیین کسری آب موجود، برای هر دو تیمار شاهد (بدون تنش) و تحت تنش با توجه به مجموع وزن تر ۵ بوته در هر گلدان محاسبه گردید. دو ماه بعد از اعمال تنش خشکی (۷۵ روز پس از کاشت بذر) تعداد ۳ بوته در مرحله گل دهی برای هر تیمار جهت سنجش‌های مورد نظر برداشت شدند. صفات رویشی شامل ارتفاع گیاه، تعداد برگ، وزن‌تر و خشک گیاه اندازه‌گیری شد. برای اندازه‌گیری وزن خشک نمونه گیاهی به‌مدت ٤۸ ساعت در آون ۷۰ درجه خشک‌شده و

وزن خشک گیاه با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم تعیین شد.

برای تعیین محتوای نسبی آب برگ به روش ۰/۵ گرم بافت برگ در ۱۰۰ سی‌سی آب مقطر برای ۲٤ ساعت در تاریکی قرار گرفتند و وزن برگ در حال آماس اندازه‌گیری شد (TW) سپس نمونه‌ها به‌مدت ٤۸ ساعت در آون ٦٥ درجه قرار داده شدند و پس از اندازه‌گیری وزن خشک (DW)، محتوای آب نسبی برگ از طریق معادله ۱ محاسبه شد: که در آن FW وزن اولیه برگ است Castillo (,1996).

معادله ۱:

$$\%RWC= (FW-DW/\ TW-DW)\times 100$$

در سنجش کلروفیل به روش Lichtenthaler (1987)، ۰/۱ گرم برگ تازه را در یک هاون چینی با ٤ سی‌سی استون ۸۰٪ ساییده شد تا به‌صورت توده یکنواختی در آید. نمونه حاصل به‌مدت ٥ دقیقه سانتریفیوژ گردید (۳۰۰۰ دور). سپس جذب محلول رویی در طول‌موج‌های در طول‌موج‌های ٦٤۷ و ٦٦٤ نانومتر اندازه‌گیری و غلظت کلروفیل از معادلات ۲ محاسبه شد:

معادله ۲:

Chl_a (mg. g-1) FW = (12.25 A664 – 2.79 A647)

Chl_b (mg. g-1) FW = (21.21 A647 – 5.1 A664)

Chl_T (mg. g-1) FW = Chl_a + Chl_b

که در آن Chl_a، Chl_b و Chl_T به‌ترتیب غلظت کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل و A664 و A647 به‌ترتیب میزان جذب در طول‌موج‌های ٦٦٤ و ٦٤۷ است.

برای سنجش پرولین از روش Bates و همکاران (1973) استفاده شد، به این منظور ۰/۲ گرم بافت تازه برگ با ٤ سی‌سی اسید سولفوسالیسیلیک ۳ درصد ساییده و با کاغذ صافی صاف شد. محلول حاصل به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ٤۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ شد. سپس ۲ سی‌سی نمونه با ۲ سی‌سی معرف ناین‌هیدرین و ۲ سی‌سی اسیداستیک گلاسیال مخلوط و به مدت یک ساعت در حمام آب ۱۰۰ درجه قرار گرفتند. سپس ٤ سی‌سی تولوئن افزوده و به مدت ۲۰ ثانیه میکس شد که به تشکیل دو فاز منجر گردید. جذب فاز بالایی در طول‌موج ٥۲۰nm اندازه‌گیری شد.

برای تعیین فعالیت آنزیم سوپراکسید دیسموتاز بر اساس بازدارندگی احیای نوری نیتروبلوتترازولیوم (NBT)، به ۲۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۳ سی‌سی مخلوط واکنش (EDTA 0.1mM, NBT 75µM، متیونین 13mM و ریبوفلاوین 4 µM در بافر فسفات 50mM در pH 7.5) افزوده شد و پس از ۱۰

دقیقه قرارگیری نمونه در زیر لامپ فلورسانت (40W)، جذب محلول نمونه در ٥٦٠ نانومتر تعیین شد(Giannopolitis and Reis, 1997). فعالیت آنزیم به‌صورت واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین گزارش شد.

اندازه‌گیری فعالیت آنزیم پراکسیداز به روش Chance and Maehly (1955) صورت گرفت. به ۱۰۰ میکرولیتر عصاره آنزیمی، ۲/۷ سی‌سی بافر فسفات (25 mM، pH= 6.8)، ۱۰۰ میکرولیتر گایاکول 20 mM و ۱۰۰ میکرولیتر آب‌اکسیژنه 40 mM افزوده شد. جذب نمونه‌ها ۱۵ و ۷۵ ثانیه پس از افزودن آب‌اکسیژنه اندازه‌گیری شد فعالیت آنزیم برحسب تغییرات واحد جذب در دقیقه در هر میلی‌گرم پروتئین محاسبه شد. برای تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه، از روش Geneva و همکاران (2010) استفاده گردید.

نتایج به‌دست‌آمده توسط نرم‌افزار آماری SPSS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح ٥٪ و برای رسم نمودار از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

خصوصیات رشدی

نتایج آنالیز آماری نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش معنی‌دار وزن‌تر و خشک و ارتفاع گیاه شد ($P\leq$۰/۰٥). کاهش صفات رویشی گیاه در شرایط تنش خشکی توسط Badavi و همکاران (2015) و Ruiz-Lozano و همکاران (2001) گزارش شده است. گیاه در شرایط تنش، ارتفاع خود را کم می‌کند و روزنه‌ها را می‌بندد که این امر سبب کاهش جذب دی‌اکسیدکربن و فتوسنتز می‌شود. یکی دیگر از دلایل کاهش وزن خشک گیاه، کاهش جذب، انتقال و مصرف مواد غذایی توسط گیاه تحت تنش است (Esmaielpour et al., 2013).

قارچ میکوریز مقدار وزن‌تر، خشک و ارتفاع گیاه را به‌طور معنی‌داری افزایش داد. ارتفاع گیاه در شرایط بدون تنش از ۳۰ سانتی‌متر در شاهد به ۳۷ سانتی‌متر در گیاه میکوریزی، و در شرایط تنش از ۲۲ سانتی‌متر در شاهد به ۳۱ سانتی متر در گیاه میکوریزی افزایش یافت. وزن خشک در شرایط بدون تنش از ۳/٦۲ گرم در شاهد به ٤/۸۱ در گیاه میکوریزی، و در شرایط تنش از ۲/۷۳ گرم در شاهد به ۳/٦۹ گرم در گیاه میکوریزی افزایش یافت. گونه‌های مختلف میکوریز، اختلاف معنی‌داری باهم داشتند ولی اختلاف آن‌ها با شاهد غیرمیکوریزی معنی‌دار بود. علت این امر را می‌توان به تأثیر میکوریز برجذب فسفر خاک نسبت داد که با ترشح فسفاتاز به شکل

محلول درآمده و برای ریشه قابل‌جذب می‌شود. میکوریز هم‌چنین با گسترش ریسه‌ها، سطح جذب ریشه را افزایش می‌دهد و میزان جذب آب و مواد غذایی را بالا می‌برد (Ghorbanian et al., 2015؛ Esmaielpour et al., 2013).

Moghadasan و همکاران (2015) با بررسی نقش میکوریزا در تحمل به خشکی در گیاه همیشه‌بهار گزارش دادند که در شرایط تنش خشکی خصوصیات رشدی، نظیر ارتفاع گیاه، تعداد و سطح برگ، وزن‌تر و خشک‌ریشه و ساقه و میزان کلروفیل‌های a و b در گیاهان میکوریزایی و غیرمیکوریزایی به‌طور معنی‌داری کاهش یافتند. اما کاربرد میکوریزا سبب افزایش پارامترهای رشدی و رنگیزه‌های فتوسنتزی در گیاهان میکوریزایی نسبت به گیاهان غیرمیکوریزایی شد.

محتوای نسبی آب (RWC)

تنش خشکی و میکوریز دارای اثر معنی‌داری بر محتوای نسبی آب برگ در سطح احتمال ۵ درصد داشتند. محتوای نسبی آب برگ در گیاهان تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که با نتایج Nadiu and Naraly (2001) مطابقت داشت، ولی افزایش ۲/۳ برابری محتوای نسبی آب در گیاهان میکوریزی معنی‌دار بود و در شرایط تنش از ۱۰٪ در گیاهان شاهد به ۲۳٪ در گیاهان میکوریزی رسید. افزایش محتوای رطوبت نسبی در گیاهان میکوریزی کاهو توسط Badavi و همکاران (2015) و گیاهان میکوریزی رز توسط Henderson and Davies (1990) نیز گزارش‌شده است(جدول ۱).

جدول ۱: مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری شده پونه معطر تحت تأثیر سطوح خشکی و همزیستی با قارچ میکوریز

سطح رطوبت	تلقیح قارچ	وزن‌تر گیاه (گرم)	وزن خشک گیاه (گرم)	ارتفاع گیاه (cm)	محتوی نسبی آب (٪)	درصد کلونیزاسیون (٪)
۶۰٪	کنترل	۳۵ c	۲/۷۳ c	۲۲ c	۱۰ c	-
	G. mosseae	۴۱ b	۳/۵۷b	۲۹ b	۱۷ b	۵۰ ab
	G.intradices	۴۳ b	۳/۶۹ b	۳۱ b	۲۳ a	۵۸ a
۱۰۰٪	کنترل	۴۲ b	۳/۶۲b	۳۰ b	۱۴ b	-
	G. mosseae	۵۲ a	۴/۷۰ a	۳۴ ab	۲۱ ab	۴۱ b
	G.intradices	۵۶ a	۴/۸۱ a	۳۷ a	۲۵ a	۴۸ b

میانگین‌های با حروف مشترک بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵ ٪اختلاف معنی‌داری ندارند.

محتوای نسبی آب برگ در گیاهان میکوریزی اختلافی باهم نداشت ولی اختلاف آن‌ها با شاهد غیرمیکوریزی معنی‌دار بود. دلیل احتمالی افزایش محتوی نسبی آب در گیاهان میکوریزی این است که میکوریز با گسترش سطح جذب ریشه، سبب افزایش جذب آب می‌شود و روابط آبی را در گیاه میزبان بهبود می‌بخشد (Auge و همکاران، 2015). هم‌چنین، تجمع یون‌ها یا مواد آلی در واکوئل سلول‌های برگ تحت تنش خشکی، در گیاهان میکوریزی بیشتر انجام می‌شود و باعث کاهش پتانسیل اسمزی سلول‌های برگ می‌گردد. تمام این تغییرات موجب تغییر نسبت آب در گیاهان میکوریزی می‌شود(Wu et al., 2007).

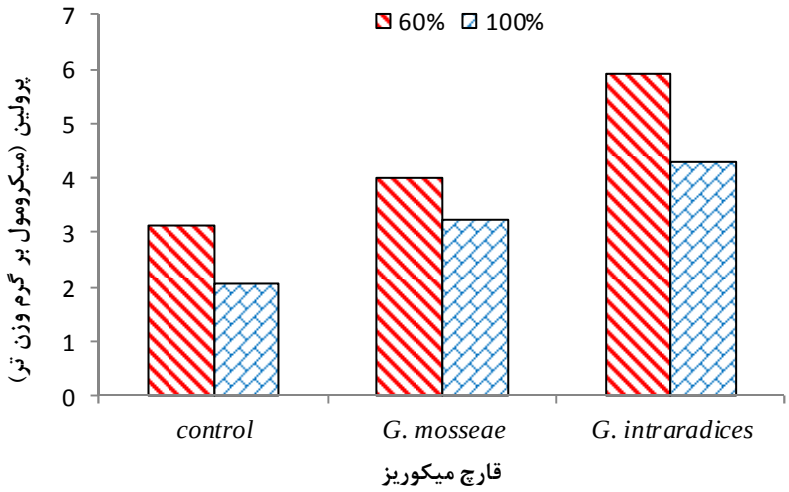
درصد کلونیزاسیون ریشه

طبق نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها تنش خشکی تأثیر معنی‌داری بر درصد کلونیزاسیون ریشه در سطح ۵ درصد داشت (جدول ۱). درصد کلونیزاسیون ریشه در گیاهان تلقیح شده با *G. intraradices*، بیش از گیاهان تلقیح شده با *G. mosseae* بود، ولی اختلاف معنی‌داری نداشتند. کلونیزاسیون ریشه در گیاهان شاهد غیرمیکوریزی صورت نگرفت. تنش خشکی میزان کلونیزاسیون را در گیاهان میکوریزی به‌طور معنی‌داری افزایش داد. میزان درصد کلونیزاسیون در یک‌گونه قارچی، به نوع قارچ و گونه گیاه بستگی دارد (Aslani et al., 2010). Savaghebi و همکاران (2010) نشان دادند که در چنین شرایطی، درصد کلونیزاسیون ریشه گندم در اثر تلقیح با قارچ‌های مایکوریزی نسبت به عدم تلقیح افزایش یافت.

علت افزایش کلونیزاسیون در شرایط تنش، تأثیر قارچ میکوریز در افزایش جذب آب در گیاهان همزیست است و سازگاری بهتر و توانایی بالای گونه قارچی در کلونیزاسیون ریشه تحت شرایط تنش را نشان می دهد. این گونه‌ها با حفظ رشد گیاه میزبان و جذب بیشتر آب در شرایط تنش خشکی، کارایی گیاه را افزایش می‌دهند(Badavi et al., 2015). این نتایج با نتایج حاصل از تحقیقات Porcel and Ruiz-Lozano (2004) و Auge (2001) مطابقت دارد.

پرولین

تنش خشکی سبب افزایش معنی‌دار سطح پرولین برگ پونه معطر در هر دو گیاه میکوریزی و غیرمیکوریزی گردید (شکل ۱).



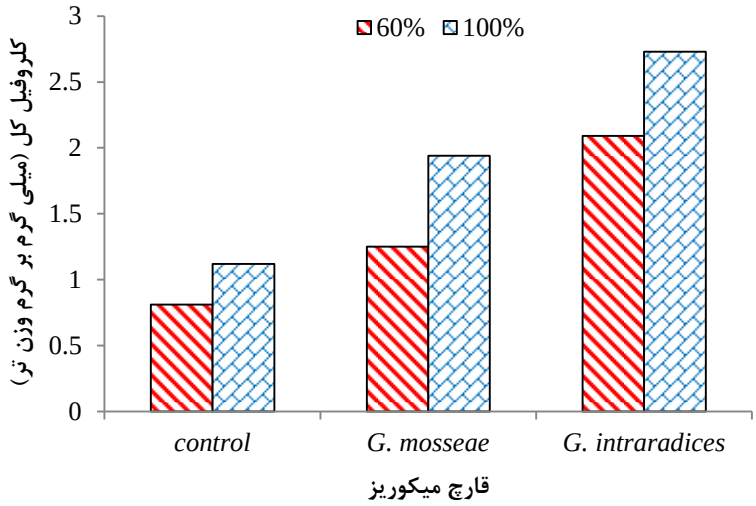
شکل ۱. تأثیر میکوریز و تنش خشکی بر محتوای پرولین در پونه معطر

مقدار پرولین در شرایط تنش از ۳/۲ میکرومول در گرم وزن‌تر در گیاهان شاهد به ٦/٥ میکرومول در گرم وزن‌تر در گیاهان میکوریزی رسید. افزایش سطح پرولین در گیاهان میکوریزی تحت تنش با یافته‌های Alishah و همکاران (2006) و Khalid و همکاران (2006) مطابقت داشت.

مطالعات نشان داده‌اند که مقدار پرولین در گیاهان میکوریزی تحت تنش، کاهش یا افزایش می‌یابد. زیرا گونه‌های مختلف قارچ، اثرات متفاوتی را نشان می‌دهند. کم‌ترین مقدار پرولین در گیاهان شاهد غیرمیکوریزی در حالت آبیاری کامل و بیش‌ترین مقدار آن در گیاهان تلقیح شده با *G. intraradices* تحت تنش خشکی مشاهده گردید. تجمع پرولین یکی از مکانیسم‌های تحمل خشکی است که با جلوگیری از آسیب‌های غشایی و حفظ تورژسانس سبب حفاظت گیاه میزبان می‌شود(Porcel and Ruiz-Lozano, 2004). در آزمایش Heidari and Karami (2013) استفاده از گونه‌های میکوریزایی افزایش معنی‌داری در میزان پرولین موجود در برگ گیاه آفتابگردان نشان داد.

محتوای کلروفیل کل

میکوریز و تنش خشکی اثر معنی‌داری بر محتوی کلروفیل کل برگ پونه معطر در سطح ۵ درصد نشان داد (شکل ۲).



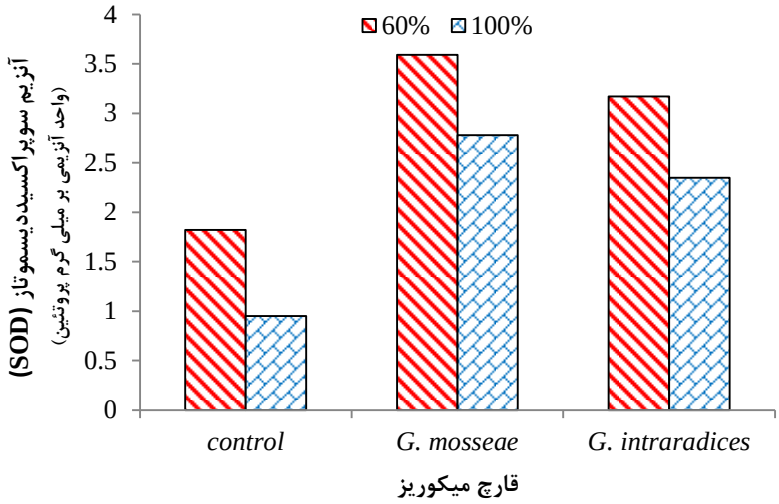
شکل۲. تأثیر میکوریز و تنش خشکی بر محتوای کلروفیل کل در پونه معطر

مقدار کلروفیل در شرایط تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش بافت. سطح کلروفیل در شرایط تنش از ۰/۹ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر در گیاهان شاهد به ۲/۲ میلی‌گرم در گرم وزن‌تر در گیاهان میکوریزی رسید که با نتایج Misra and Srivastava (2000) در نعناع ژاپنی مطابقت داشت. تنش خشکی با اثر بر خشک شدن برگ و شکسته شدن کلروفیل و نیز ممانعت از ساختار کلروفیل، سبب کاهش سطح کلروفیل برگ می‌شود و با اثر بر بسته شدن روزنه‌ها و کاهش ورود CO_2، میزان فتوسنتز را کاهش می‌دهد.

در شرایط تنش خشکی، گیاهان پونه معطر میکوریزی محتوای کلروفیل بالاتری نسبت به گیاهان غیرمیکوریزی داشتند. در گیاهان میکوریزی به علت افزایش سطح برگ، بهبود جذب فسفر و نیز افزایش سطح هورمون‌های جیبرلین و سیتوکینین (که سبب باز شدن روزنه‌های برگ و تنظیم محتوای کلروفیل می‌شوند) فتوسنتز بیشتری صورت می‌گیرد. این یافته‌ها توسط Demir (2004) گزارش‌شده است.

آنزیم سوپراکسید دیسموتاز (SOD)

نتایج حاصل از مقایسه میانگین‌ها اثر معنی‌دار تنش خشکی و میکوریز را بر فعالیت آنزیم SOD نشان داد (شکل ۳).



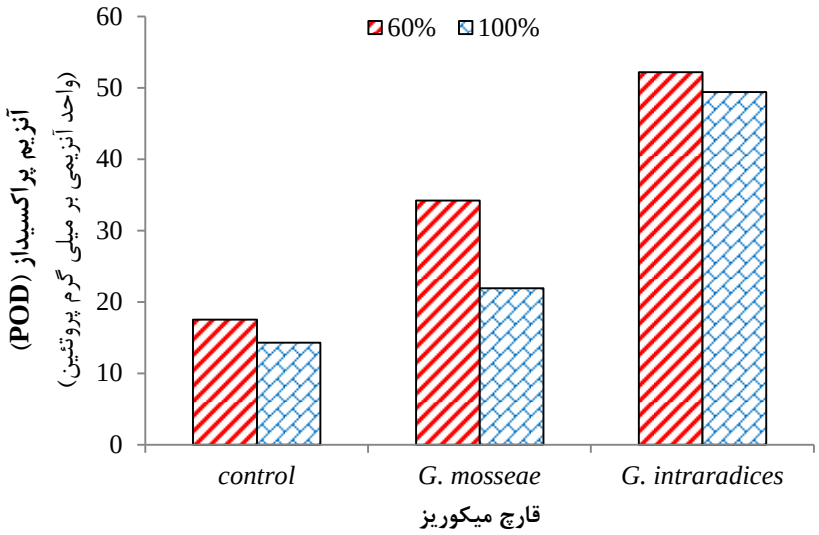
شکل ۳. تأثیر میکوریز و تنش خشکی بر فعالیت آنزیم سوپر اکسید دیسموتاز(SOD) در پونه معطر

فعالیت این آنزیم در شرایط تنش خشکی به‌صورت معنی‌داری در حدود دو برابر افزایش یافت و از ۱/۷۵ واحد آنزیمی در میلی‌گرم پروتئین در شاهد تحت تنش به ۳/٦۵ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین در گیاه میکوریزی تحت تنش رسید که با نتایج Turkan و همکاران (2005) مطابقت داشت. در حالت تنش خشکی میزان بیشتری از رادیکال‌های آزاد، مانند سوپراکسید تولید می‌شود و گیاه برای مقابله با اثرات زیان‌آور این رادیکال SOD بیشتری تولید می‌کند (Abrishamchi et al., 2013).

میکوریز سبب افزایش معنی‌دار فعالیت SOD تحت شرایط تنش می‌گردد. Porcel and Ruiz-Lozano (2004) و Ortiz و همکاران (2015) نیز نتایج مشابهی گزارش دادند.

آنزیم پراکسیداز (POX)

تنش خشکی و میکوریز اثر معنی‌داری بر فعالیت آنزیم پراکسیداز داشتند. فعالیت این آنزیم در شرایط تنش خشکی به‌طور معنی‌داری حدود ۲/۷ برابر افزایش داشت و از ۱۸ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین در شاهد تحت تنش به ۵۳ واحد آنزیمی بر میلی‌گرم پروتئین در گیاه میکوریزی تحت تنش رسید (شکل ٤).



شکل ٤. تأثیر میکوریز و تنش خشکی بر فعالیت آنزیم پراکسیداز(POX) در پونه معطر

این یافته توسط Mafakheri و همکاران (2011) در نخود نیز گزارش‌شده است. فعالیت POX در گیاهان میکوریزی پونه به‌طور معنی‌داری بالاتر از گیاهان غیرمیکوریزی بود. آنزیم پراکسیداز با جلوگیری از پر اکسیداسیون لیپید و خروج الکترولیت‌ها مانع آسیب غشا طی تنش خشکی می‌شود (Salehi et al., 2014). طبق مطالعات گذشته فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدان از قبیل POX و SOD و کاتالاز در گونه‌های مقاوم به تنش خشکی افزایش می‌یابد تا رادیکال‌های تولید شده را حذف کنند (Abrishamchi et al., 2013).

یافته های ترویجی

گیاهان در طول حیات خود به‌طور مداوم در معرض تنش‌های محیطی قرار می‌گیرند. تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیر زیستی است که به‌ویژه در نواحی گرم و خشک، بخش قابل توجهی از اراضی کشاورزی را تحت تأثیر قرار می‌دهد و رشد گیاهان را با محدودیت روبرو می‌سازد. کاربرد قارچ میکوریز سبب محافظت گیاه میزبان در برابر تنش خشکی می‌شود زیرا که گیاه را در برابر تنش اکسیداتیو ناشی از تنش خشکی حفاظت می‌کند.

تنش خشکی تولید انواع رادیکال‌های آزاد اکسیژن (ROS) را در گیاه القا می‌کند و گیاه جهت بقا و سازش با شرایط تنش، تغییرات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی در خود ایجاد می‌کند. مکانیسم‌هایی که تنش اکسیداتیو را در گیاه کاهش می‌دهند، نقش مهمی در سازگاری گیاه با تنش دارند. سطح بالای ترکیبات و

آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی افزایش تحمل گیاه در برابر اثرات تنش را نشان می‌دهد.

به علت تأثیر مثبت میکوریز در افزایش جذب عناصر غذایی از خاک، بهبود بخشیدن به روابط آبی گیاه، افزایش راندمان مصرف آب در گیاه و در نهایت بالا بردن مقاومت گیاه به تنش های خشکی و نیز با توجه به وجود بحران آب در کشور، این جنبه از رابطه همزیستی به وجود آمده بین گیاه میزبان و قارچ همزیست بسیار اهمیت دارد.

همزیستی ریشه گیاه پونه معطر با قارچ میکوریز سبب افزایش توانایی گیاه در جذب آب و مواد غذایی به تحمل شرایط خشکی توسط گیاه کمک کرده است. همچنین گیاه پونه معطر با افزایش تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدانی (پرولین) و افزایش فعالیت آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی (سوپراکسید دیسموتاز و پراکسیداز) اثرات تنش خشکی را کاهش داد. افزایش زیست‌توده در گیاهان میکوریزی نیز ناشی از تأثیر میکوریز برجذب فسفر خاک و افزایش سطح جذب مواد غذایی است. کاربرد میکوریز سبب افزایش پاسخ‌های آنتی‌اکسیدانی و بهبود رشد گیاه تحت تنش خشکی گردید. به نظر می‌رسد همزیستی ریشه گیاه پونه با قارچ میکوریز و در نتیجه افزایش توانایی گیاه در جذب آب و املاح به تحمل شرایط خشکی توسط گیاه کمک کرده است.

این تحقیق نشان داد به‌منظور استفاده‌ی بهینه از منابع آب و عناصر غذایی، می‌توان با آبیاری معادل ٦٠ درصد نیاز آبی گیاه و مصرف کودهای میکوریزی به نتایج قابل قبولی دست‌یافت . لذا با مدیریت صحیح منابع آب و کاربرد میکوریزها می‌توان صفات رشدی گیاه را افزایش داد، زمینه مناسب جذب عناصر غذایی را در گیاه ایجاد نمود و اثرات زیان‌بار تنش خشکی را کاهش داد، بدون آنکه عملکرد کمی و کیفی گیاه کاهش پیدا کند. همچنین در هزینه‌های مربوط به تأمین و توزیع کودهای شیمیایی صرفه‌جویی به عمل آورد و از اثرات سوءمصرف بی‌رویه آن‌ها اجتناب نمود، که این امر گامی مهم در جهت حرکت به سوی کشاورزی پایدار می باشد. بنابراین برای حصول عملکرد مطلوب در این گیاه حفظ رطوبت در سطح ٦٠٪ ظرفیت زراعی و تلقیح آن با قارچ میکوریز پیشنهاد می‌شود.

Reference

Abedi, T., and Pakniyat, H., 2010. Antioxidant enzyme changes in response to drought stress in ten cultivars of oilseed rape (*Brassica napus* L.). Czech Journal of Genetics and Plant Breeding, 46: 27-34.

Abootalebian, M., Keramat, J., Kadivar, M., Ahmadi, F., Abdinian, M., 2016. Comparison of total phenolic and antioxidant activity of different *Mentha spicata* and *M. longifolia* accessions, Annals of Agricultural Science, 61: 175-179.

Abrishamchi, P., Ganjeali, A., and Sakeni, H., 2013. Evaluation of morphological traits, proline content and antioxidant enzymes activity in chickpea genotypes (*Cicer arietinum* L.) under drought stress. Iranian Journal of Pulses Research, 1391(2).

Alishah, H.M., Heidari, R., Hassani, A., and Dizaji, A.A., 2006. Effect of water stress on some morphological and biochemical characteristics of purple basil (*Ocimum basilicum*). Journal of Biological Sciences, 6: 763-767.

Aslani, Z., Hassani, A., Rasooli Sadagiyani, M., Sefidkon, F., Barin, and M., Gheibi, S., 2010. Effect of symbiosis with mycorrhiza fungi on some physiological characteristics of basil (*Osimum basilicum*) under drought stress. Environmental Stresses in Crop Sciences, 2(2), 109-117.

Auge, R.M., 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza, 11: 34-42.

Auge, R.M., Toler, H.D., and Saxton, A.M., 2015. Arbuscular mycorrhizal symbiosis alters stomatal conductance of host plants more under drought than under amply watered conditions: a meta-analysis. Mycorrhiza, 25 (1): 13-24.

Badavi, H., Alemzade Ansari, N., Mahmoodi sorestani, M., and Eskandari, F., .2015. Effects of drought stress and mycorrhizal fungi on some morphophysiological characteristics of lettuce (*Lactuca sativa* L.). Journal of Plant Productions (Agronomy, Breeding and Horticulture), 38(3), 27-39.

Bates, L., Waldren, R.P., and Teare, I.D., 1973. Rapid determination of free proline for water-stress studies. Plant and Soil, 39: 205-207.

Benabdallah, A., Rahmoune, C., Boumendje, M., Aissi, O., and Messaoud, C., .2016. Total phenolic content and antioxidant activity of six wild *Mentha* species (Lamiaceae) from northeast of Algeria, Asian Pacific Journal of Tropical Biomedicine, 6: 760-766.

Castillo, F.J., 1996. Antioxidative protection in the inducible CAM plant *Sedum album* L. following the imposition of severe water stress and recovery. Oecologia. 107: 469-477.

Chance, M., and Maehly, A.C., 1955. Assay of catalases and peroxidases. Meth. Enzymol, 2: 764-817.

Deepika, S., and Kothamasi, D., 2015. Soil moisture-a regulator of arbuscular mycorrhizal fungal community assembly and symbiotic phosphorus uptake. Mycorrhiza, 25 (1): 67-75.

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

Esmaielpour B., Jalilvand P., and Hadian J., 2013. Effects of drought stress and arbuscular mycorrhizal fungi on some morphophysiological traits and yield of savory (*Satureja hortensis* L.). Agroecology, 5(2), 169-177.

Geneva, M.P., Stancheva, I.V., Boychinova, M., Mincheva, N., and Yonova, P.A., 2010. Effects of foliar fertilization and arbuscular mycorrhizal colonization on *Salvia officinalis* L. growth, antioxidant capacity, and essential oil composition. Journal of the Science of Food and Agriculture, 90: 696-702.

Ghorbanian, D., r, F., e, A., 2015. Effects of Mycorrhizal Fungi and Different Levels of Phosphorus on Growth of *Zea mays* L. under Water Stress Condition. Journal of Water Research in Agriculture, 28.4(4), 677-689.

Giannopolitis, C.N., and Reis, S.K., 1997. Superoxide dismutase I. Occurrence in higher plants. Plant Physiol, 59: 309-314.

Hassanpour, H., and Niknam, V., 2014. Effect of water deficit stress on growth and antioxidant enzyme activity of *Mentha Pulegium* L. at flowering stage. Journal of Plant process and function, 3 (8): 25-34.

Heidari, M., and Karami, V., 2013. Effects of water stress and different mycorrhiza species on grain yield, yield components, chlorophyll content and biochemical components of sunflower. Environmental Stresses in Crop Sciences, 6(1), 17-26.

Henderson, J.C., and Davies, F.T., 1990. Drought acclimation and the morphology of mycorrhizal *Rosa hybrida* L. cv. Ferdy are independent of leaf elemental content. New Phytol, 115: 503-510.

Hoseininejad, S., Masoud Sinaki, J., and Abedini, M., 2016. Effects of drought stress and mycorrhizae fungi application on yield and some agronomical and physiological characteristics of sunflower cultivars. Applied Field Crops Research, 29(1), 95-102.

Khalid, K.A., 2006. Influence of water stress on growth, essential oil, and chemical composition of herbs (*Ocimum* sp.). International Agrophysics, 20: 289-296.

Lehmann, S., Funck, D., Szabados, L., and Rentsch, D., 2010. Proline metabolism and transport in plant development. Amino Acids, 39: 949-962.

Lichtenthaler, H.K., 1987. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic bio membranes. Methods in Enzymology, 148: 350-382.

Mafakheri, A., Siosemardeh, A., Bahramnejad, B., Struik, P.C., and Sohrabi, Y., 2011. Effect of drought stress and subsequent recovery on protein, carbohydrate contents, catalase and peroxidase activities in three chickpea (*Cicer arietinum*) cultivars. Australian Journal of Crop Science, 5: 1255-1260.

Mahboubi, M., and Haghi, G., 2008. Antimicrobial activity and chemical composition of *Mentha pulegium* L. essential oil. Ethnopharmacol, 19: 325-327.

Mahmoudzadeh., M., Rasouli-Sadaghiani M.H., Hassani A., and Barin M., 2015. The Role of Mycorrhizal Inoculation on Growth and Essential Oil of Peppermint (*Mentha piperita*). Journal of Horticulture Science, 29(3), 342-348.

Misra, A., and Srivastava, N.K., 2000. Influence of water stress on Japanese mint. Journal of Herbs, Spices & Medicinal Plants, 7: 51-58.

Moghadasan, S., Safipour Afshar, A., and Saeid Nematpour, F., 2015. The Role of Mycorrhiza in Drought Tolerance of Marigold (*Calendula officinalis* L.). Journal of Crop Ecophysiology, 9(36(4)), 521-532.

Nadiu, T., and Naraly, A., 2001. Screening of drought tolerance in green gram (*Vigna radiate* L. Wilczeek) genotypes under reducing soil moisture, Indian Journal of Plant Physiology, 6 (2):197-201.

Ortiz, N., Armada, E., Duque, E., Roldan, A., and Azcon, R., 2015. Contribution of arbuscular mycorrhizal fungi and/or bacteria to enhancing plant drought tolerance

under natural soil conditions: effectiveness of autochthonous or allochthonous strains. Journal of Plant Physiology, 174: 87-96.

Porcel, R., and Ruiz-Lozano, J.M., 2004. Arbuscular mycorrhizal influence on leaf water potential, solute accumulation, and oxidative stress in soybean plants subjected to drought stress. Journal of Experimental Botany, 55: 1743-1750.

Ruiz-Lozano, J.M., Collados, C., Jose, M., and Azcon, B.R., 2001. Cloning of cDNAs encoding SODs from lettuce plants which show differential regulation by arbuscular mycorrhizal symbiosis and by drought stress. Experimental Botany, 52: 2241-2242.

Salehi, P., Izadpanah, M., and Calagari, M., 2014. Effects of drought on osmotic adjustment, antioxidant enzymes and pigments in wild *Achillea tinctoria* populations. Ethno-Pharmaceutical Products, 1: 43-54.

Savaghebi, A., Sadat, Gh., Rejali, F., Farahbakhsh M., Khavaz K., and Shirmardi, M., 2010. Effects of some Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Plant Growth Promoting Rhizo bacteria on the growth and yield indices of two wheat varieties in a saline soil. Journal of Water and Soil, 24(1).

ShahMohamadi, R., Sariri, R., Rasa, M., Ghafoori, H., Mahmud Reza, A., Nasuti, S. and Tahery, M., 2011. Chemical composition and antimicrobial activity of flowering aerial parts *Mentha pulegium* from Gilan. Pharmacology, 3: 651-659.

Shirazi, F.H., Ahmadi, N., and Kamelinejad, M., 2004. Evaluation of northern Iran Mentha pulegium cytotoxicity. Daru Journal, 12: 106-110.

Soltanian, M., and Tadayyon, A., 2015. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on some agronomic characteristics on linseed (*Linum ussitatissimum* L.) under drought stress. Journal of Plant Production Research, 22(2), 1-21.

Tavasoli, A., and Asgharzadeh, N., 2009. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on nutrient uptake and yield onion (*Allium cepa* L.) in saline soil in field conditions. Journal of Water and Soil, 19 (1): 145-158.

Tian, M., Chen, Y.L., Li, M. and Liu, R. J., 2013. Structure and function of Arbuscular mycorrhiza: a review. Ying Yong Sheng Tai XueBao, 24 (8): 2369-2376.

Turkan, I., Bor, M., Ozdemir, F., and Koca, H., 2005. Differential responses of lipid peroxidation and antioxidants in the leaves of drought-tolerant *P. acutifolius* Gray and drought sensitive *P. vulgaris* L. subjected to poly ethylene glycol mediated water stress. Plant Science, 168: 223-231.

Wu, Q.S., Xia, R.X., Zou, Y.N., and Wang, G.Y., 2007. Osmotic solute responses of mycorrhizal citrus (*Poncitrus trifoliate*) seedling to drought stress. Acta physiologica Plantarum, 29: 543-549.

The effect of two species of arbuscular mycorrhiza fungi on the activity of antioxidant enzymes and morphophysiological characteristics of *Mentha pulegium* l. in drought stress

M. Zare Hassanabdi[1], M. Dashti[2], M. Akhondi[3*]

1. PhD. student of Plant Physiology, Ferdowsi University of Mashhad
2. Assistant Professor, Khorasan-e-Razavi Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREEO), Mashhad, Iran.
3. Department of Biology, Payame Noor University, Iran.(Corresponding author)

Received: September 2019 Accepted: December 2019

Abstract

Zare Hassanabdi, M., Dashti, M., Akhondi, M. The Effect of Two Species of Arbuscular Mycorrhiza Fungi on the Activity of Antioxidant Enzymes and Morphophysiological Characteristics of *Mentha pulegium* L. in Drought Stress.
Iranian Medicinal Plants Technology. Vol 02, No. 02, 2020. Page 07 :83-99(in Persian).

Drought stress as one of the most important environmental stresses, eventually leads to the restriction of growth and production of plants. Plant symbiosis with arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) reduces the effects of drought stress. In order to investigate the effect of mycorrhizal fungi on antioxidant enzymes activity and some morphological and physiological characteristics of Mentha pulegium L under drought stress, a pot experiment was conducted in a factorial experiment in the randomized complete design with three replications. Treatments included two levels of irrigation (60 and 100% crop capacity) and two species of mycorrhizal (*Glomus mosseae* and *G. intraradices*). The results showed that drought stress had significant effects on all measured traits, to the extent that the fresh and dry weight of the plant, relative water content, plant height, total chlorophyll content, and the percentage of root colonization, proline content and activity of peroxidase and superoxide dismutase were increased. The effects of mycorrhiza fungus on all of the measured traits were significant and improved the growth of the *Mentha pulegium* L. Results showed inoculation of mycorrhiza fungi improves plant resistance to drought stress via increasing of antioxidant compounds production and antioxidant enzymes activities.

Keywords: Environmental stress, *Glomus* sp., Medicinal plant, Proline, Colonization.

Email address of the corresponding author: makhondi@gmail.com