

تغییرات مولفه‌های رشدی و عناصر مغذی گونه *Bromus tomentellus* تحت تاثیر همزیستی با قارچ

مایکوریزا جهت استفاده در عملیات کپه‌کاری مراتع

بختیار فتاحی^{۱*}، رضا الماسی^۲ و فاطمه قاسمی حاجی‌آبادی^۳

تاریخ دریافت: ۱۴۰۰/۰۴/۱۰ - تاریخ تصویب: ۱۴۰۰/۰۹/۰۴

چکیده

کپه‌کاری از ضرورت‌های اصلاح مراتع در بخش عمده‌ای از مراتع نیمه‌خشک و معتدل است که در بسیاری از موارد موفقیت چندانی نداشته است. بهبود رشد و استقرار گیاهان در این عملیات از اهمیت بسیار بالایی برخوردار است. بدین منظور بهره‌گیری از رابطه هم‌زیستی گیاهان با قارچ‌های مایکوریزا آربوسکولار یکی از روش‌های بسیار موثر در تامین نیاز غذایی گیاه و کاهش تنش‌های محیطی نظیر تنش خشکی است. به‌منظور بررسی تاثیر قارچ مایکوریزا بر مؤلفه‌های رشدی و عناصر مغذی گیاه *Bromus tomentellus* این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه ملایر انجام شد. آزمایش به‌صورت تصادفی و با ۳ تیمار تلقیح با *Rhizophagus intraradices* و *Funneliformis mosseae* و عدم تلقیح (شاهد) و ۳۰ تکرار در هر تیمار انجام شد. عوامل مورفولوژیک مورد بررسی در گیاه شامل درصد جوانه‌زنی، وزن خشک اندام هوایی و ریشه، طول ریشه و ساقه و درصد زنده‌مانی بود. علاوه‌بر میزان عناصر غذایی در گیاه شامل فسفر، نیتروژن، پتاسیم، آهن، منگنز، روی، مس و منیزیم اندازه‌گیری و سپس مقدار پروتئین و کربن تعیین شد. نتایج آزمایشات نشان داد که اگرچه تلقیح با قارچ مایکوریزا دارای اثر مثبت و افزایشی بر روی فاکتورهای مورد مطالعه بوده است، اما قارچ *R. intraradices* نسبت به قارچ *F. mosseae* اثر افزایشی بیشتر و معنی‌داری بر فاکتورها داشت. به طوری که در مورد بسیاری از فاکتورها این میزان بیش از ۳-۲ برابر تیمار شاهد بود. در بین مولفه‌های رشد، ارتفاع ساقه (۵۱ درصد)، جوانه‌زنی (۴۱ درصد) و زنده‌مانی (۴۵ درصد) بیشترین و طول ریشه کمترین افزایش را در مقایسه با تیمار شاهد داشتند. در حالیکه وزن خشک اندام‌های هوایی نیز در تیمار *R. intraradices* افزایش معنی‌داری نشان داد. در بین عناصر و ترکیبات مغذی در گیاه، نیتروژن (۵۴ درصد)، فسفر (۲۴ درصد) و پروتئین (۵۵ درصد) بیشترین افزایش را نشان دادند. در این بین عنصر کربن در تیمار قارچ *R. intraradices* همانند فسفر افزایش معنی‌داری داشت (۲۴ درصد) اما در تیمار *F. mosseae* نسبت به سایر عناصر کمترین افزایش (۶/۷۷ درصد) را داشت. بر اساس نتایج این تحقیق توصیه می‌شود که بمنظور بهبود و افزایش عملکرد گونه‌های کاشته شده در عملیات احیا و اصلاح مراتع از قارچ *R. intraradices* استفاده شود.

واژه‌های کلیدی: مایکوریزا، *Bromus tomentellus*، اصلاح مرتع.

^۱ - استادیار گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

* نویسنده مسئول: fattahi_b@yahoo.com

^۲ - استادیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

^۳ - دانش‌آموخته کارشناسی ارشد مرتعداری، گروه مهندسی طبیعت، دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست، دانشگاه ملایر، ملایر، ایران.

مقدمه

قارچ‌های مایکوریزایی از نظر اکولوژیک اهمیت بسیاری دارند، زیرا این موجودات در داخل و روی ریشه‌های گیاهان میزبان روابط همزیستی ایجاد می‌نمایند. به عبارتی قارچ مواد غذایی و نیتروژن به گیاه می‌دهد و در مقابل مواد قندی از گیاه میزبان دریافت می‌کند. حدود ۹۰ تا ۹۵ درصد از گیاهان (با طیف گسترده‌ای از توانایی برقراری رابطه) با این قارچ‌ها تشکیل همزیستی می‌دهند، به طوری که در این گیاهان مایکوریزا (نه ریشه) اندام اصلی جذب آب و عناصر غذایی محسوب می‌شود (۵ و ۱۷). این قارچ‌ها بعنوان پل زنده بین گیاه و خاک در اکوسیستم عمل می‌نمایند. ریزوسفر مایکوریزایی به دلیل اهمیت و پویایی اثرات متقابل میکروبی که در ریشه‌های مایکوریزایی در خاک ایجاد می‌کند، می‌تواند جایگزین ریزوسفر گیاهان شود (۱۷).

همزیستی مایکوریزایی علاوه بر بهبود تغذیه گیاه قادر است بسیاری از اثرهای نامطلوب تنش‌های محیطی در گیاه میزبان را کاهش دهد، کاهش اثرهای شوری در گیاه (۶)، کاهش غلظت عناصر سنگین در گیاه، بهبود تغذیه گیاه در خاک‌های متراکم (۱۶) و خاک‌های با خاکدانه‌های درشت (۱۹)، کاهش اثرهای نامطلوب بیماری در گیاه و نیز کاهش آثار تنش خشکی در گیاه میزبان از جمله اثرهای مفید این قارچ‌ها هستند. میزان وابستگی گیاه میزبان به قارچ‌های مایکوریزا و یا به عبارتی پاسخ رشد گیاه مایکوریزایی به عوامل مختلف محیطی (مانند شدت نور، درجه حرارت، شرایط خاک) و نیز به مشخصات ریخت شناسی و فیزیولوژیکی گیاه بستگی دارد (۲۱). مایکوریزا به طور مستقیم در افزایش فتوسنتز گیاه میزبان نقش ندارد، بلکه از طریق بهبود جذب آب و تغییر روابط هورمونی، سطح فتوسنتز گیاه میزبان را نسبت به گیاه شاهد افزایش می‌دهد (۱).

بیشترین اثر مفید همزیستی مایکوریزا با ریشه گیاهان؛ جذب عناصر غذایی و در نتیجه رشد بیشتر گیاه میزبان است. مایکوریزا با افزایش سرعت جذب عناصر کم تحرک در خاک (مقدار عنصر جذب شده در واحد طول ریشه و در واحد زمان) مانند فسفر (۱۳) و روی قادر است تغذیه گیاه میزبان را در شرایط کمبود عناصر غذایی خاک

بهبود بخشد (۲۲). افزایش جذب فسفر توسط گیاه میزبان به دلیل حضور انشعابات فراوان هیف‌های داخلی مایکوریزا در داخل سلول‌های پوست ریشه گیاه و شبکه گسترده هیف‌های خارجی این قارچ‌ها به درون خاک است که در مجموع سطح وسیعی را برای انتقال عناصر غذایی به خصوص فسفر به گیاه میزبان فراهم می‌نماید (۲۱). تحقیقات متعددی در رابطه با تأثیر قارچ بر رشد گیاهان انجام شده است که در ادامه به مهمترین این مطالعات که در ارتباط با برخی گونه‌های مرتعی هستند اشاره می‌شود. رضوانی و همکاران (۱۳۸۸) در بررسی اثر قارچ‌های مایکوریزا بر ویژگی‌های ریشه و غلظت برخی عناصر مغذی یونجه دریافتند که قارچ‌ها وزن خشک ریشه‌ها و قابلیت جذب و انتقال فسفر، روی و پتاسیم را به طور معنی‌داری افزایش دادند. عظیمی و همکاران (۱۳۹۲) در بررسی تأثیر تلقیح قارچ مایکوریزا بر استقرار و برخی خصوصیات مورفولوژیکی و رشدی گیاه یونجه نشان دادند که می‌توان از قارچ *Glomus intraradices* به عنوان یک کودزیستی در افزایش تولید علوفه و استقرار اولیه گیاه یونجه در سطح مراتع نیمه‌خشک استفاده کرد. همزیستی قارچ مایکوریزا بطور معنی‌داری سبب افزایش درصد استقرار در ابتدای و انتهای فصل رویش شد. حبیبی و همکاران (۱۳۹۲) به منظور بررسی اثر قارچ مایکوریزا بر روی رشد و جذب عناصر غذایی گندم در شرایط شور، به این نتیجه دست یافته‌اند که تیمار قارچ‌های بومی (خاک غیراستریل) باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی، پتاسیم، فسفر و نیتروژن بیشتر نسبت به گیاهان فاقد مایکوریزا شده است. همچنین تلقیح با قارچ مایکوریزا موجب بهبود جذب یونی از طریق افزایش جذب پتاسیم و فسفر و کاهش سدیم گردید. عظیمی و همکاران (۱۳۹۳) تأثیر تلقیح دو قارچ مایکوریزا (*Glomus mosseae*, *G. intraradices*) بر استقرار نهال و خصوصیات مورفولوژیکی رشد گیاه *Bromus kopetdaghensis* را مورد بررسی قرار دادند. نتایج آنان نشان داد که تأثیر قارچ *G. intraradices* بیشتر بود و موجب افزایش وزن خشک ریشه و اندام‌های هوایی گیاه بروموس شد. در حالیکه قارچ *G. mosseae* اثر معنی‌داری نداشت، بنابراین قارچ *G. intraradices* را به عنوان کود

زیستی، جهت افزایش تولید علوفه و استقرار گیاه بروموس در مراتع نیمه خشک توصیه کردند.

مزارعی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی تاثیر قارچ میکوریزا بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک *Silibum maritimum* L. دریافتند که کاربرد قارچ میکوریزا شاخص‌های رشد رویشی، درصد فلاونوئیدها، محتوای آب گیاه، افزایش مقاومت به خشکی، محتوای فسفر و پتاسیم برگ را در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده به طور معنی‌داری افزایش داد. زارع حسن آبادی و همکاران (۱۳۹۸) نشان دادند که تلقیح *Mentha pulegium* L. با دو گونه قارچ آربوسکولار موجب افزایش وزن تر و خشک و ارتفاع گیاه شده است. ماجیو و همکاران (۲۰۰۱) اظهار داشتند گیاهان دارای همزیستی میکوریزایی نسبت به گیاهان غیر میکوریزایی آب را از خاک سریع‌تر و کامل‌تر تخلیه می‌کنند و باعث می‌شوند تا پتانسیل آب خاک کاهش بیشتری پیدا کند؛ زیرا در گیاهان میکوریزی معمولاً اندام هوایی گیاه توسعه بیشتری پیدا کرده، سطح برگ‌ها افزایش یافته و این خود باعث افزایش نیاز تعرقی گیاهان شده، همچنین قارچ‌های میکوریزا در گیاهانی که دارای ریشه‌های بدون انشعاب هستند، کارایی بیشتری در افزایش تعداد انشعابات و طول ریشه داشته و سیستم ریشه‌ای آن‌ها توسعه بیشتری در خاک دارد. کاپور و همکاران (۲۰۰۴) نشان دادند که تلقیح گیاهان با قارچ‌های میکوریزایی مقدار جذب مواد غذایی و رشد را افزایش می‌دهد به طوری که به سبب آن مقاومت به تنش‌های محیطی و بیماری‌ها و همچنین عملکرد آن‌ها افزایش یافت. میشر (۲۰۰۷) گزارش کرد در بسیاری موارد، همزیستی میکوریزی در ریزوسفر، نقش واسطه‌ای را بین ریشه گیاه و توده خاک عهده‌دار است و به گیاه در جهت جذب آب و عناصر غذایی (به‌ویژه فسفر) از خاک کمک می‌نماید. ویدادا و همکاران (۲۰۰۷) نیز بیان کردند که میکوریزا باعث افزایش ارتفاع گیاه *Sorghum halepense* L. شده است. مرادی و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی بر روی گیاه *Cicer arietinum* L. بیان کردند که میکوریزا باعث افزایش وزن خشک ریشه در گیاه نخود شده است. عظیمی و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقات خود نشان دادند که قارچ‌های میکوریزا به طور معنی‌داری استقرار نهالها گیاه *Ziziphora clinopodioides* را به‌طور متوسط

۵۳ درصد ارتفاع را ۱۰ درصد و وزن خشک آنرا ۱۲ درصد افزایش دادند. هاک و همکاران (۲۰۱۹) در مطالعه اثر قارچ میکوریزا بر روی رشد، مواد معدنی و تثبیت بیولوژیکی نیتروژن گیاه *Melilotus alba med.* (لگوم علوفه‌ای) در گراسلندهای نیمه‌گرمسیری نشان دادند وقتی که مقدار فسفر قابل دسترس گیاه پایین است میکوریزا تأثیر معنی‌داری بر تغذیه گیاهان و تولید زیست توده نداشت. اما با افزایش مقدار فسفر قابل دسترس گیاه، همزیستی میکوریزا تأثیرات مثبتی بر تجمع فسفر، نیتروژن قابل دسترس و تولید زیست توده گیاه نشان داد. هولند و همکاران (۲۰۱۹) در مورد ارتباط قارچ‌های میکوریزا و مقاومت و تاب‌آوری درمنه‌زارهای استپی بیان کردند که ساختار جوامع گیاهی از طریق مکانیسم‌هایی مانند چرخه جذب موادغذایی، پایداری ساختاری خاک و تسهیلگران رشد و رقابت، مانند قارچ‌های میکوریزا حفظ می‌شود. میکوریزا تاب‌آوری درمنه‌زارها در برابر خشکسالی، چراه آتش‌سوزی و مقاومت در برابر حمله گیاهان مهاجم (بسته به ترکیب گونه‌ای جوامع گیاهی و قارچ، وضعیت گیاه میزبان میکوریزا) را افزایش می‌دهد. سیرپا و همکاران (۲۰۲۰) به مطالعه اثر گونه *Poa secunda* J. Presl. (گونه همراه) در همزیستی میکوریزا در *Artemisia tridentata* Nutt. پرداختند. تلقیح نهال‌های آرتیمیزیا با قارچ‌های میکوریزا استقرار آنها را پس از کاشت افزایش داد (به میزان کلونیزاسیون ریشه و فراوانی توده‌های قارچ میکوریزا در نهال‌های کاشته شده بستگی دارد). اثرات گونه همراه در دو سطح کود فسفر ۵ و ۲۵۰ میلی مولار آزمایش شد. نه کشت مخلوط و نه تفاوت در مقدار کود فسفر بر چگالی اسپور در خاک گلدان تأثیر نداشت. در مقابل، کشت مخلوط در فسفر پایین، کلونیزاسیون میکوریزا در ریشه آرتیمیزیا را از ۵ درصد به ۱۸ درصد افزایش داد. تفاوت در مقدار فسفر بر روی کلونیزاسیون *P. secunda* نیز تأثیرگذار بود به طوری که مقدار آن به ترتیب ۱۰ درصد و ۳۰ درصد در فسفر بالا و پایین بود. کلونیزاسیون میکوریزا در *A. tridentata* تحت تأثیر تیمار قرار نرفت و بین ۱۲ درصد تا ۲۰ درصد متغیر بود. در گونه *P. secunda*، کلونیزاسیون کمتر بود و با مقدار فسفر رابطه معکوس نشان داد. کشت مخلوط بیشترین مقدار کلونیزاسیون را در مقدار پایین فسفر داشت (۷۰

برخوردار است. برای این منظور در این تحقیق گونه *Bromus tomentellus* انتخاب شد که در عملیاتهای کپه‌کاری بطور وسیعی از آن استفاده می‌شود و برای بهبود عملکرد آن از دو گونه قارچ *Rhizophagus intraradices* و *Funneliformis mosseae* استفاده شد. این درحالی است که تاکنون در مورد اثر این قارچ‌ها بر روی خصوصیات این گونه تحقیقات موثری انجام نشده است؛ بنابراین تحقیق حاضر با هدف بررسی اثر قارچ میکوریزا بر مؤلفه‌های رشدی و عناصر مغذی برموس که در عملیاتهای احیا و اصلاح مراتع کاربرد دارد انجام گرفت.

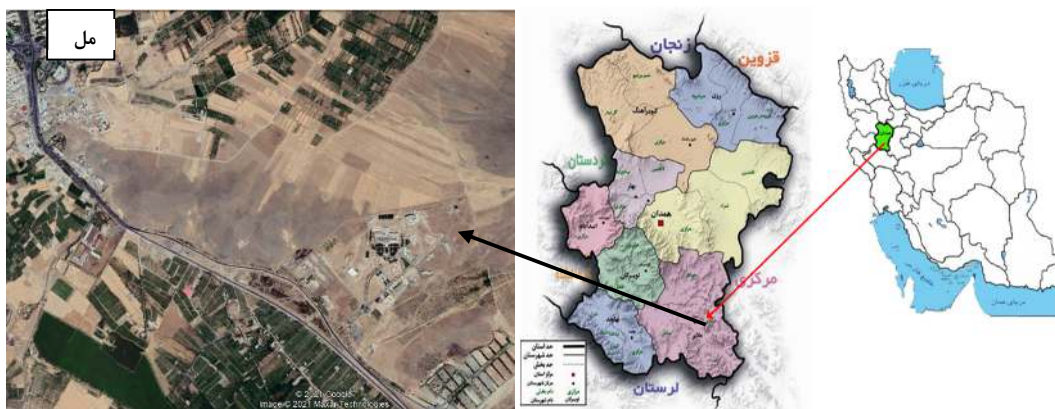
مواد و روش‌ها

معرفی منطقه

این مطالعه در گلخانه و مزرعه تحقیقاتی دانشگاه ملایر انجام شد. گلخانه از لحاظ مختصات جغرافیایی، در ۱۳° ۵۱' ۴۸° طول جغرافیایی و ۵۶° ۱۵' ۳۴° عرض جغرافیایی با ارتفاع از سطح دریا ۱۷۸۰ متر قرار دارد (شکل ۱).

درصد برای آرتمی‌زیا و ۶۳ درصد برای پوا). گونزالز و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی پیامدهای فیزیولوژیکی، محیط زیستی و بیوشیمیایی افزودن میکوریزا یا عصاره جلبک دریایی (هر دو به تنهایی و به صورت ترکیبی) بر گیاه *Solanum lycopersicum* L. نشان دادند که میکوریزا منجر به افزایش بیشتر در مقادیر انرژی و گل‌دهی شد؛ ولی رشد، پروتئین، کربوهیدرات و چربی گیاه را کمتر افزایش داد. در مقابل، جلبک محتوای پروتئین و رشد ریشه را به مقدار بیشتری افزایش داد. با این حال، ترکیبی از میکوریزا و جلبک منجر به یک اثر فزاینده در رشد اندام‌های هوایی، ریشه، محتوای پروتئین و کربوهیدرات شد.

مراتع کشور در شرایط فعلی به دلیل چرای نامناسب، واگذاری بیش از حد مجاز و کمبود بارش وضعیت نامناسبی دارند و به همین دلیل بخش عمده از مراتع نیازمند عملیاتهای احیا و اصلاح از طریق کپه‌کاری و بذرکاری و ... هستند. در این راستا انتخاب بذر گونه‌هایی که برای این کار مناسب هستند و ایجاد ساز و کاری که بتواند سبز شدن و استقرار گونه‌ها را تقویت کند از اهمیت بسیار زیادی



شکل ۱: موقعیت منطقه کشت و محل آزمایش

این تحقیق، تعداد ۳۰ نمونه (هر نمونه با تعداد ۱۰۰ بذر) به صورت تصادفی از کیسه‌های بذر موجود تهیه گردید و فاکتورهای مربوطه در آزمایشگاه اندازه‌گیری شدند (جدول ۱).

روش کار

گونه گیاهی مورد استفاده در این تحقیق بذر *Bromus tomentellus* است که از مجموعه بذری تهیه شد که برای عملیات کپه‌کاری در مراتع استان همدان بکار گرفته می‌شد. برای اندازه‌گیری تعدادی از فاکتورهای بذر مورد استفاده در

جدول ۱: میانگین خصوصیات بذر مورد استفاده

وزن هزار دانه (g)	رطوبت نسبی (%)	درجه خلوص (%)	قوه نامیه (%)	گونه
۷/۳۹ ± ۰/۲۱	۱۵/۱۱ ± ۰/۴۲	۸۰	۷۵	<i>Bromus tomentellus</i>

جهت اندازه‌گیری فاکتورهای خاک برداشت گردید. خصوصیات نمونه خاک‌ها در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد که میانگین فاکتورهای مورد اندازه‌گیری در جدول (۲) ارائه شده است.

تحقیق به صورت گلخانه‌ای و کاشت بذرها در درون گلدان انجام شد. خاک مورد نیاز برای پر کردن گلدان‌ها از عرصه مرتعی تحقیقاتی دانشگاه (مشابه مناطق کپه‌کاری) تهیه گردید. در ابتدا تعداد ۶ نمونه خاک بصورت تصادفی از محدوده‌ای که خاک آن برای گلدان‌ها استفاده می‌شد،

جدول ۲: میانگین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مورد استفاده برای گلدان‌ها

بافت خاک	سیلت	رس	شن	pH	Ec (dc/m)	OC (%)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	Ca (mg/kg)	شنی لومی
	۸/۳۸	۸/۰۱	۸۳/۶	۷/۴۸	۰/۲۱	۰/۹۸	۰/۲۰	۱۹/۸۵	۳۳۶/۵	۲/۵۶	

۳۰۰ کیلو پاسکال در دستگاه اتوکلاو قرار داده شدند. دو نوع قارچ میکوریزی *Rhizophagus intraradices* و *Funneliformis mosseae* نیز برای تلقیح بذرها انتخاب شدند (جدول ۳). پس از آماده‌سازی خاک، بذرها، قارچ‌ها و خاک‌های استریل شده برای مراحل بعدی کشت به گلخانه منتقل شدند.

سپس حجم مناسبی از خاک برای استفاده در گلدان‌ها تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه سنگها، اجزاء گیاهان، بذرها قابل مشاهده و سایر زوائد خاک جدا شدند. سپس خاک‌ها را در ظروف آلومینیومی ریخته و جهت استریل شدن و حذف آفات، عوامل بیماری‌زا و ... به مدت یک ساعت در دمای ۱۲۱ درجه سیلسیوس و فشار

جدول ۳: نتایج آزمون خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل اجرای آزمایش

ویژگی قارچ‌ها	قارچ‌ها	
	اینتراردیس	موسه‌آ
فرمانرو	Fungi	Fungi
شاخه	Glomeromycota	Glomeromycota
رده	Glomeromycetes	Glomeromycetes
سیستماتیک	Glomerales	Glomerales
تیره	Glomeraceae	Glomeraceae
جنس	Rhizophagus	Funneliformis
گونه	<i>Rhizophagus intraradices</i>	<i>Funneliformis mosseae</i>
رنگ	سفید، گرم، زرد، سبز	زرد-قهوه‌ای، نارنجی تیره، قهوه‌ای
مورفولوژی	کروی، نامنظم، اسپور بیضی	کروی، گاهی نامنظم
اندازه	40-140 μm, mean=93.3 μm (n = 170)	100-260 μm, mean=195 μm (n=166)
شرکت تولید کننده	Glomus	Glomus

عرصه پر شده بودند در درون گلدان‌ها ریخته شد. پس از آن درون هر گلدان به تعداد ۲۰ عدد بذر و قارچ به مقدار ۱۰۰ اسپور در هر گرم از خاک (مطابق دستورالعمل شرکت تولید کننده) به استثنا شاهد ریخته شد (به هر گلدان ۵ گرم خاک قارچ‌دار اضافه شد) و با خاک به ارتفاع حدود ۲-۱ سانتیمتر خاکپوش شدند. سپس روی بذرها حدود ۱ تا

کشت و اجرای آزمایش در گلخانه در بر گیرنده سه تیمار به شرح زیر بود:
تلقیح با *R. intraradice* (۳۰ تکرار)، تلقیح با *F. Mosseae* (۳۰ تکرار) و عدم تلقیح یا شاهد (۳۰ تکرار) که در مجموع، تعداد ۹۰ گلدان نایلونی به ابعاد (۱۸×۲۱) سانتی‌متر در نظر گرفته شد که از همان خاک استریل شده

توسط دستگاه جذب اتمی صورت گرفت. غلظت فسفر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و غلظت پتاسیم توسط فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد. غلظت نیتروژن نیز توسط دستگاه کج‌دال، ماده آلی و کربن با استفاده از روش احتراق خشک (سوزاندن) و کلسیم نیز به روش تیتراسیون اندازه‌گیری شدند. مقدار پروتئین خام نیز بر اساس معادلات نیتروژن-پروتئین برآورد شد (۷). تجزیه و تحلیل داده‌های آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SPSS_{ver.18} انجام شد که در آن، نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف اسمیرنوف، مقایسه میانگین‌های تیمارها به روش آنالیز واریانس یک‌طرفه و وجود اختلاف معنی‌داری بین تیمارها با استفاده از آزمون دانکن بررسی شد.

نتایج

عناصر مغذی اندام‌های هوایی گونه *Bromus tomentellus*

آنالیز آزمایشگاهی عناصر مغذی گیاه بروموس در تیمارهای سه گانه نشان داد که هر دو تیمار قارچ نسبت به شاهد در کلیه عناصر با اطمینان ۹۵ درصد برتری معنی‌داری دارند ($p < 0.05$) به طوری که تیمار قارچ باعث افزایش مقدار عناصر در گیاه شد (جدول ۴). در بین تیمار قارچ‌ها نیز تیمار *R. intraradices*، باعث افزایش معنی‌دار عناصر نسبت به تیمار *F. mosseae* شد (جدول ۴).

۲ سانتی‌متر با خاک پوشانده شد. تمامی گل‌دان‌ها پس از کشت به میزان یکسان آبیاری شدند و در دما و نور طبیعی در زمین مجاور گلخانه آزمایشی قرار گرفتند تا شرایط کاملا طبیعی عرصه برای آنها شبیه سازی شود. بذرها بعد از گذشت ۲ هفته شروع به جوانه‌زنی کردند. به تدریج که نهال‌ها سبز شدند، تعداد نهال‌های سبز شده در هر گل‌دان در هر روز ثبت شد تا درصد جوانه‌زنی و درصد زنده‌مانی در پایان فصل به‌دست آید. بعد از گذشت ۹ ماه از کشت، گل‌دان‌های نایلونی پاره و نهال‌ها به مدت ۶ ساعت در آب قرار داده شدند تا خاک از ریشه‌ها جدا شود. سپس مؤلفه‌های رشدی گیاه شامل ارتفاع ساقه و طول ریشه توسط خط‌کش اندازه‌گیری شد. نهال‌ها به مدت یک هفته در هوای آزاد (به دور از تابش مستقیم خورشید) خشک شدند. مؤلفه‌های رشدی دیگر شامل وزن خشک ریشه و اندام هوایی توسط ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری شد هم‌چنین درصد جوانه‌زنی از رابطه (۱) و درصد زنده‌مانی از رابطه (۲) به‌دست آمد.

رابطه (۱)

$$100 \times (\text{تعداد کل بذور}) / (\text{تعداد بذره‌های جوانه زده}) = \text{درصد جوانه‌زنی}$$

رابطه (۲)

$$100 \times (\text{تعداد کل جوانه‌های اولیه}) / (\text{تعداد جوانه‌های زنده‌مانی در پایان فصل}) = \text{درصد زنده‌مانی}$$

اندازه‌گیری غلظت عناصر مغذی در اندام‌های هوایی گیاه (Zn. Fe. Mn. Cu. Mg) با استفاده از روش شعله و

جدول ۴: میانگین و نتایج آنالیز واریانس عناصر مغذی گونه *B. tomentellus* در تیمارهای مختلف قارچ و شاهد

Sig.	F	تیمار		شاهد	عناصر
		<i>F. mosseae</i>	<i>R. intraradices</i>		
۰/۰۱۲	۱۱/۷۰	۱/۷۳ ± ۰/۰۸ ^b	۲/۲۸ ± ۰/۱۹ ^a	۱/۴۷ ± ۰/۰۴ ^c	نیتروژن (/)
۰/۰۱۸	۲۰/۷۳	۰/۲۰۷ ± ۰/۰۶ ^b	۰/۲۶۳ ± ۰/۰۷ ^a	۰/۱۸۵ ± ۰/۰۳ ^b	فسفر (/)
۰/۰۲۷	۲۰/۸۱۲	۲/۰۲۲ ± ۰/۱۱ ^{ab}	۲/۲۰۷ ± ۰/۱۶ ^a	۱/۹۱۰ ± ۰/۱۰ ^b	پتاسیم (/)
۰/۰۱۵	۲۱/۴۵	۶۳/۰۹ ± ۱/۵۰ ^b	۶۷/۶۸ ± ۱/۳۰ ^a	۵۷/۴۰ ± ۱/۳۰ ^c	منگنز (mg/Kg)
۰/۰۱۰	۲۱/۳۹	۱۰/۰۲ ± ۰/۲۳ ^{ab}	۱۰/۵۹ ± ۰/۱۹ ^a	۹/۰۴ ± ۰/۱۵ ^b	مس (mg/Kg)
۰/۰۰۹	۲۱/۶۲	۳۳/۰۷ ± ۰/۷۷ ^b	۳۶/۳۹ ± ۰/۶۲ ^a	۲۹/۵۱ ± ۰/۶۹ ^c	روی (mg/Kg)
۰/۰۳۵	۲۲/۴۸	۱/۵۳ ± ۰/۰۴ ^{ab}	۱/۶۶ ± ۰/۰۳ ^a	۱/۴۱ ± ۰/۰۷ ^b	منیزیم (mg/Kg)
۰/۰۱۴	۲۱/۵۳	۸۸/۵۲ ± ۲/۱۲ ^b	۹۷/۲۵ ± ۱/۷۰ ^a	۸۰/۷۰ ± ۱/۴۵ ^c	آهن (mg/Kg)
۰/۰۱۸	۱۱/۶۷	۱۰/۸۴ ± ۰/۳۹ ^b	۱۴/۰۸ ± ۱/۲۱ ^a	۹/۱۲ ± ۰/۰۰ ^c	پروتئین (/)
۰/۰۰۸	۳۶/۷۵	۱۷/۹۷ ± ۰/۲۲ ^b	۲۰/۸۹ ± ۰/۵۵ ^a	۱۶/۸۳ ± ۰/۰۰ ^b	کربن آلی (/)

(شکل ۲) به طوریکه قارچ‌های *R. intraradices* و *F. mosseae* مقدار نیتروژن را به ترتیب ۵۵/۱ و ۱۷/۷ درصد

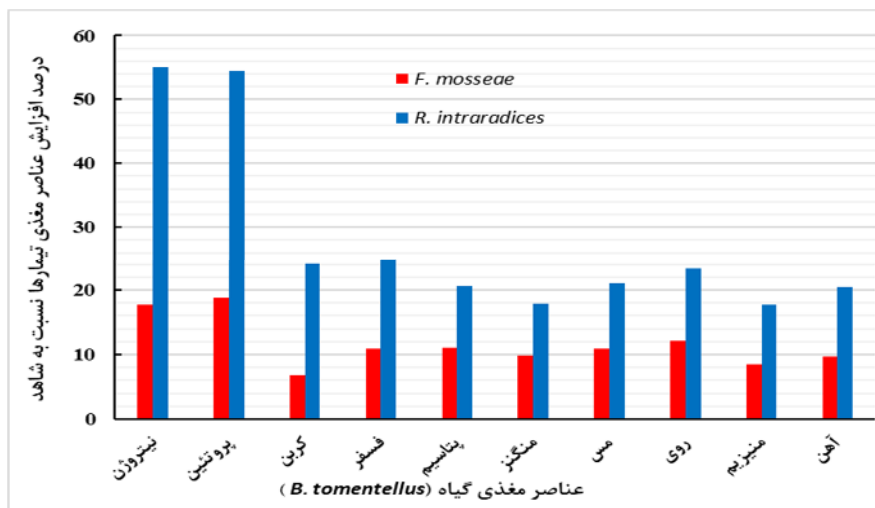
بیشترین درصد افزایش عناصر مغذی گیاه در اثر تلقیح با هر دو قارچ مربوط به عنصر نیتروژن می باشد

نسبت به شاهد افزایش داده‌اند. درصد افزایش سایر عناصر

در دو تیمار قارچ به شرح زیر می باشد:

قارچ *R. intraradices*: به ترتیب عبارتند از: پروتئین < فسفر < کربن < روی < مس < پتاسیم < آهن < منگنز < منیزیم.

قارچ *F. mosseae*: به ترتیب شامل: پروتئین < روی < پتاسیم < فسفر < مس < منگنز < آهن < منیزیم < کربن می باشند



شکل ۲: افزایش عناصر مغذی گیاه *B. tomentellus* تحت تاثیر تیمار قارچ‌ها

معنی‌داری بر روی افزایش مقادیر خصوصیات اندام‌های هوایی (وزن خشک، ارتفاع ساقه)، درصد جوانه‌زنی و زنده‌مانی بذر داشته است ($p < 0.05$). در مورد کلیه خصوصیات مورد بررسی، اثر قارچ *R. intraradices* بیشتر از اثر قارچ *F. mosseae* بود.

مؤلفه‌های رشدی *Bromus tomentellus*

اندازه‌گیری و آنالیز خصوصیات مورفولوژیک گیاه بروموس در مقایسه تیمارهای قارچ و شاهد نشان داد (جدول ۵) که اگرچه تیمارهای قارچ باعث افزایش مقدار کلیه فاکتورها شده اند ولی اثر آنها بر روی ویژگی‌های اندام‌های زیرزمینی (وزن خشک ریشه و طول ریشه) معنی‌دار نبوده است ($p > 0.05$) در حالیکه قارچ‌ها اثر

جدول ۵: نتایج آنالیز واریانس فاکتورهای مورفولوژیک گیاه *B. tomentellus* در تیمارهای مختلف قارچ و شاهد

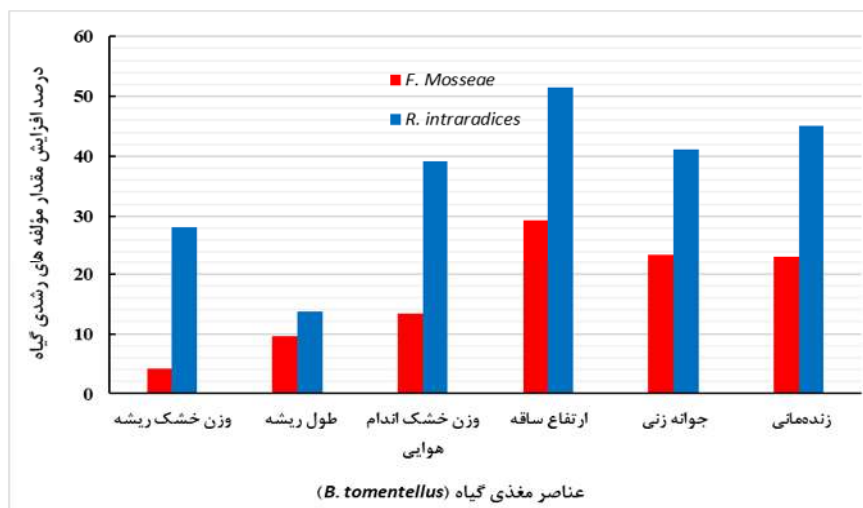
Sig.	F	تیمار		شاهد	فاکتور
		<i>F. mosseae</i>	<i>R. intraradices</i>		
۰/۳۴	۱/۱۵	۲/۴۵ ± ۰/۲۰ ^a	۳/۰۱ ± ۰/۱۲ ^a	۲/۳۵ ± ۰/۱۲ ^a	وزن خشک ریشه (g)
۰/۲۲۱	۱/۷۱	۲۶/۶۰ ± ۱/۰۵ ^a	۲۷/۶۰ ± ۰/۱۷ ^a	۲۴/۲۶ ± ۰/۶۷ ^a	طول ریشه (cm)
۰/۰۳۸	۳/۰۱	۱/۷۷ ± ۰/۰۹ ^{ab}	۲/۱۷ ± ۰/۲۱ ^a	۱/۵۶ ± ۰/۰۵ ^b	وزن خشک اندام هوایی (g)
۰/۰۴۷	۳/۰۱	۴/۱۰ ± ۰/۱۸ ^{ab}	۴/۸۰ ± ۰/۳۷ ^a	۳/۱۷ ± ۰/۳۶ ^b	ارتفاع ساقه (cm)
۰/۰۲۰	۴/۰۳	۵۱/۰۵ ± ۲/۷۶ ^b	۵۸/۳۴ ± ۳/۲۹ ^a	۴۱/۳۳ ± ۳/۲۴ ^c	جوانه‌زنی (/)
۰/۰۰	۱۱/۹۱	۴۵/۶ ± ۰/۴۲ ^b	۵۳/۷ ± ۰/۴۰ ^a	۳۷/۰۱ ± ۰/۴۰ ^c	زنده‌مانی (/)

رویشی با یکدیگر اختلاف معنی‌داری دارند. درصد افزایش فاکتورهای گیاه نشان می‌دهد که هر دو قارچ بر روی اندام‌های هوایی نسبت به اندام‌های زیرزمینی تاثیر بیشتری

درصد افزایش مؤلفه‌های رشدی گیاه تحت تاثیر تلقیح دو قارچ نسبت به تیمار شاهد نشان داد (شکل ۳) که دو قارچ مورد استفاده، به استثنای طول ریشه، در سایر صفات

F. mosseae intraradices مربوط به طول ریشه و در قارچ *F. mosseae* مربوط به وزن خشک ریشه می‌باشد (شکل ۳).

داشته‌اند. بیشترین درصد افزایش فاکتورهای گیاهی در اثر تلقیح هر دو قارچ در مقایسه با تیمار شاهد مربوط به ارتفاع ساقه می‌باشد. کمترین درصد افزایش در اثر قارچ *R.*



شکل ۳: افزایش مقدار شاخص‌های مورفولوژیک گیاه *B. tomentellus* تحت تأثیر تیمار قارچ‌ها

قارچ *R. Intraradices* نسبت به قارچ *F. Mosseae* (۱۸) درصد بیشتر از شاهد) توانایی گیاه را در جذب عناصر به بیش از سه برابر افزایش داد. به نظر می‌رسد هیف‌های قارچ میکوریزا با افزایش سطح جذب ریشه، دسترسی گیاهان به آب و عناصر غذایی در مناطق دورتر از ریشه را امکانپذیر می‌کنند. نتایج این پژوهش با یافته‌های هاک و همکاران (۲۰۱۹) و حبیبی و همکاران (۱۳۹۲) که تجمع بیشتر نیتروژن در حضور میکوریزا را نشان دادند مطابقت دارد. از طرفی همچنین فعالیت فتوسنتزی، تثبیت CO₂ و سطح برگ در اثر تلقیح قارچ افزایش یافته که به معنای افزایش بایومس یا رشد اندام هوایی است که با نتایج کورجتا و همکاران (۲۰۰۷) و بارثا و همکاران (۲۰۱۱) مبنی بر نقش میکوریزا در بهبود عملکرد رشدی گیاهان مطابقت دارد. با توجه به اینکه عنصر اصلی تشکیل دهنده پروتئین، نیتروژن است؛ می‌توان گفت که الگوی تغییرات پروتئین تحت تأثیر قارچ‌های مورد استفاده از الگوی تغییرات نیتروژن پیروی می‌کند. گونزالز و همکاران (۲۰۲۰) نیز اثر افزایشی میکوریزا بر پروتئین و کربوهیدرات را در گیاه بیان کرده بودند. در بین کلیه عناصر گیاه، فاکتور کربن کمترین افزایش را در تیمار قارچ *F. Mosseae* (حدود ۷ درصد

بحث و نتیجه‌گیری عناصر مغذی

قارچ‌های به‌کار رفته در این تحقیق به طور کلی دارای اثر معنی‌داری بر روی مولفه‌های رشدی و عناصر مغذی گیاه *B. tomentellus* داشته‌اند و مقادیر مربوط به این خصوصیات را افزایش و بهبود بخشیده‌اند که تاییدکننده نتایج کورجتا و همکاران (۲۰۰۷)، مبنی بر اثر قارچ‌ها در افزایش بایومس و رشد گیاهان می‌باشد. همچنین بین اثر بخشی دو گونه قارچ بکاررفته نیز تفاوت معنی‌داری ملاحظه شد. قارچ *R. Intraradices* در مورد کلیه فاکتورهای اندازه‌گیری شده گیاه اثر افزایشی بیشتری نسبت به قارچ *F. Mosseae* نشان داد. بارثا و همکاران (۲۰۱۱) عظیمی و همکاران (۱۳۹۲) و عظیمی و همکاران (۱۳۹۳) نیز در بررسی‌های خود به نتایجی مشابه تحقیق حاضر دست یافتند مبنی بر اینکه قارچ *G. intraradiceae* به جذب بیشتر آب، مواد غذایی، پتاسیم، فسفر، نیتروژن و مواد معدنی به گیاه کمک بیشتری می‌کند. عنصری از گیاه که بیشترین افزایش را تحت تأثیر تیمار قارچ‌ها داشت، نیتروژن بود. قارچ *R. Intraradices* سبب افزایش ۵۵ درصدی نیتروژن نسبت به شاهد (عدم تلقیح) گردید. این یافته نشان می‌دهد که

گیاه می‌شود و جذب عناصر غذایی را به‌وسیله گیاهان تحریک می‌کند. نتایج فوق با یافته‌های رضوانی و همکاران (۱۳۸۸)، کاپور و همکاران (۲۰۰۴) و میسرا (۲۰۰۷) مطابقت دارد که افزایش عناصر مغذی در اثر تیمار قارچ‌ها را بیان کرده‌اند.

مؤلفه‌های رشدی

مؤلفه‌های رشدی در چهار گروه: مرحله بذری (درصد جوانه‌زنی)، اندام‌های هوایی (ارتفاع ساقه، بایومس اندام‌های هوایی)، اندام‌های زیرزمینی (طول ریشه و بایومس ریشه) و مرحله انتهایی رشد (درصد زنده‌مانی) اندازه‌گیری شدند. هر دو نوع قارچ میکوریزا مورد استفاده برای تلقیح بذر اثر معنی‌داری بر افزایش درصد جوانه‌زنی داشتند، به‌طوری‌که *R. intradices* و *F. mosseae* جوانه‌زنی را به ترتیب ۴۱/۱۵ و ۲۳/۵۱ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد و این با نتایج عظیمی و همکاران (۱۳۹۲)، عظیمی و همکاران (۱۳۹۳) و عظیمی و همکاران (۲۰۱۸) مطابقت دارد. اگر چه هر دو قارچ بر هر دو بخش اندام‌های هوایی و زیرزمینی اثر افزایشی از خود نشان دادند، ولی اثر آنها فقط بر روی اندام‌های هوایی معنی‌داری بود که مشابه با یافته‌های حبیبی و همکاران (۱۳۹۲)، عظیمی و همکاران (۱۳۹۳)، مزارعی و همکاران (۱۳۹۶) و زارع حسن ابادی (۱۳۹۸)، گونزالز و همکاران (۲۰۲۰) و هاک و همکاران (۲۰۱۹) است که افزایش وزن اندام‌های هوایی در اثر قارچ را گزارش کردند.

فاکتورهای وزن خشک ریشه و طول ریشه تغییرات معنی‌داری نداشتند در حالیکه گونزالز و همکاران (۲۰۲۰) و مرادی و همکاران (۲۰۱۳) به نتایجی مغایر با این تحقیق دست یافته و افزایش زیست توده ریشه را گزارش داده‌اند. قارچ *R. intradices* وزن خشک ریشه و طول آن را به ترتیب ۲۸ و ۱۳/۷ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داد در حالیکه این افزایش در تیمار قارچ *F. mosseae* برای وزن خشک ریشه و طول آن به ترتیب ۴/۲۵ و ۹/۷ درصد بود. این مقایسه نشان می‌دهد که قارچ *R. intradices* حدود هفت برابر بیشتر از قارچ *F. mosseae* در خصوص افزایش وزن خشک ریشه مؤثر بوده است، از بررسی نتایج می‌توان دریافت که تیمارهای *R. intradices* و *F. mosseae* به‌ترتیب ۳۹ و ۱۳ درصد وزن خشک اندام‌های هوایی را

نسبت به شاهد) نشان داد. به‌طوریکه تاثیر این قارچ بر روی این فاکتور معنی‌دار نبود. در حالیکه قارچ *R. intradices* بعد از نیتروژن، بیشترین درصد افزایش را با ۲۵ درصد در فسفر و کربن ایجاد کرد (حدود ۲۵ درصد برای هر دو عنصر). در حالی‌که قارچ *F. Mosseae* مقدار فسفر گیاه را فقط ۱۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. رضوانی و همکاران (۱۳۸۸) و حبیبی و همکاران (۱۳۹۲) نیز در نتایجی مشابه، افزایش میزان فسفر گیاه در اثر تلقیح با قارچ را گزارش داده‌اند. میکوریزا با تولید اسیدهای آلی و آنزیم فسفاتاز منجر به افزایش حلالیت فسفر خاک می‌شود و به‌وسیله هیف‌های خارجی، این عنصر را در اختیار گیاه قرار می‌دهد (۲۲). این در حالی است که سیرپا و همکاران (۲۰۲۰) رابطه معکوسی را بین همزیستی قارچ و گونه *P. secunda* نشان دادند بطوریکه بیشترین کلونیزاسیون و همزیستی قارچ در مقادیر کم فسفر اتفاق افتاد. مقدار پتاسیم گیاه نیز در اثر تلقیح با قارچ میکوریزا افزایشی معنی‌داری از خود نشان داد به‌طوری‌که قارچ *R. intradices* باعث افزایش بیشتر پتاسیم گیاه به مقدار ۲۱ درصد نسبت به تیمار شاهد (عدم تلقیح) شد. در حالی‌که این افزایش برای تیمار *F. mosseae* نسبت به شاهد در حدود ۱۱ درصد بود؛ بنابراین به‌نظر می‌رسد که قارچ *R. intradices* توانایی بیشتری (در حدود ۲ برابر) در گیاه برای جذب پتاسیم خاک فراهم می‌کند. این نتایج با پژوهش‌های حبیبی و همکاران (۱۳۹۲)، کاپور و همکاران (۲۰۰۴)، میسرا (۲۰۰۷) و رضوانی و همکاران (۱۳۸۸) مزارعی و همکاران (۱۳۹۶) که به ترتیب افزایش جذب پتاسیم و سایر عناصر مغذی در گیاه در اثر تلقیح با قارچ میکوریزا را گزارش داده بودند مطابقت دارد.

در مورد سایر عناصر مغذی گیاه (Mn, Fe, Cu, Mg, Zn) نتایج نشان داد که هر دو تیمار قارچ باعث افزایش مقدار غلظت این عناصر در گیاه نسبت به تیمار شاهد شدند. مقدار این افزایش در تیمار *R. intradices* حدود دو برابر تیمار *F. mosseae* بود، به طوری‌که برای دو قارچ به ترتیب: روی ۲۳/۳ و ۱۲ درصد، منیزیم ۱۷/۷ و ۸/۵ درصد، آهن ۲۰/۵ و ۹/۷ درصد، مس ۲۱/۱ و ۱۰/۸ درصد، منگنز ۱۷/۹ و ۹/۹ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش داشتند. همزیستی میکوریزایی سبب افزایش پتانسیل جذب ریشه

اطراف ریشه، جذب آب و عناصر را برای گیاه تازه سبز شده راحت‌تر کرده است.

به‌طوری کلی، نتایج نشان داد هر دو قارچ *R. intraradices* و *F. mosseae* اثری افزایشی در ویژگی‌های مورفولوژیک و عناصر مغذی گیاه *B. tomentellus* داشتند. اما در این بین، قارچ *R. intraradices* اثر معنی‌داری قوی تری در افزایش و بهبود شاخص‌های گیاه از خود نشان داد. در بین اندام‌های گیاه نیز، اندام‌های هوایی بیشتر تحت تأثیر قارچ‌ها قرار گرفتند. در بین صفات اندازه‌گیری شده ارتفاع ساقه و درصد زنده‌مانی از بیشترین تأثیرپذیری برخوردار بودند. در بین اندام‌های زیر زمینی نیز، هیچ‌کدام از قارچ‌ها تأثیر معنی‌داری بر طول ریشه نداشتند. در بین عناصر مغذی نیتروژن گیاه بیشترین افزایش را در اثر تلقیح گیاه با قارچ داشت. بنابراین برای استفاده از نتایج این تحقیق در عملیات اصلاح و احیا مراتع پیشنهاد می‌شود که از قارچ *R. intraradices* استفاده شود تا با افزایش درصد زنده‌مانی به موفقیت طرح‌های کپه‌کاری کمک شود و نیز علاوه بر آن، با افزایش میزان نیتروژن و سایر عناصر مغذی در گیاه، به بهبود کیفیت علوفه در تغذیه دام کمک شود.

نسبت به شاهد افزایش دادند. در بین مؤلفه‌های رشدی، ارتفاع ساقه گیاه به‌ترتیب در تیمارهای *R. intraradices* و *F. mosseae* با ۵۱ و ۳۰ درصد نسبت به تیمار شاهد، بیشترین افزایش را داشت. در همین رابطه زارع‌حسن‌آبادی و همکاران (۱۳۹۸)، ماجیو و همکاران (۲۰۰۱) ویدادا و همکاران (۲۰۰۷) و عظیمی و همکاران (۲۰۱۸) نیز به نتایج مشابهی در مورد افزایش ارتفاع ساقه و رشد اندام‌های دست یافتند. به نظر می‌رسد که قارچ *R. intraradices* به علت افزایش در سطح تماس با خاک از طریق هیف‌ها، کلونی‌زایی ریشه، جذب عناصر غذایی و تجمع ماده خشک نقش موثرتری در بهبود مولفه‌های رشدی ریشه و اندام‌های هوایی داشته است که با یافته‌های کاپور و همکاران (۲۰۰۴) و میسرا (۲۰۰۷) همخوانی دارد.

درصد زنده‌مانی گیاه در تیمارهای *R. intraradices* و *F. mosseae* به ترتیب با ۴۵ و ۲۳ درصد افزایش نسبت به شاهد، دومین مؤلفه رشدی است که بیشترین تأثیرپذیری را از تیمار قارچ‌ها نشان داد. عظیمی و همکاران (۱۳۹۳)، عظیمی و همکاران (۱۳۹۲) و هولند و همکاران (۲۰۱۹) نیز در نتایج مشابه با این تحقیق، افزایش استقرار و زنده‌مانی گیاهان تلقیح شده با قارچ میکوریزا را گزارش کردند. به نظر می‌رسد که وجود هیف‌های گسترده قارچ در

References

1. Auge, R.M., 2001. Stomatal behavior of arbuscular mycorrhizal plant: 201-237. In: Kapulnik, Y. and Douds, D.D., (Eds.). *Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands, 365p.
2. Azimi, R., G.A. Heahmati & M.K. Kianian, 2018. Effects of Drought Stress and Mycorrhiza on Viability and Vegetative Growth Characteristics of *Ziziphora clinopodioides* Lam. *Journal of Rangeland Science*, 8(3): 253-263.
3. Azimi, R., M. Jangjou & H.R. Asgari, 2013. The effect of mycorrhiza inoculation on seedling establishment and some morphological-growth characteristics of alfalfa (*Medicago sativa* L.) in Baharkish-Quchan rangelands. *Agroecology*, 5(4): 424-432. (In Persian)
4. Azimi, R., M. Jangjou & H.R. Asgari, 2014. The effect of mycorrhiza inoculation on seedling establishment and morphological characteristics of *Bromus kopetdaghensis* growth in rangelands. *Iranian Journal of Natural Resources, Range & Watershed Management*, 67(4): 559-570. (In Persian)
5. Bago, B., P.E. Pfeffer, & Y. Shachar-Hill, 2000. Carbon metabolism and transport in arbuscular mycorrhizas. *Plant Physiology*, 124: 949-957.
6. Evelin, H., R. Kapoor & B. Giri. 2009. Arbuscular mycorrhizal fungi in alleviation of salt stress: a review. *Annals of Botany*, 104: 1263-1280.
7. Fattahi, B., S. Aghabeigi Amin, M. Ghorbanpour Delivand & M. Maleki, 2019. Ecological factors on habitat of *Acantholimon oliganthum* in mountainous rangelands in Hamedan Province. *Journal of Rangeland*, 13(2): 337-349. (In Persian)
8. González-González, M.F., H. Ocampo-Alvarez, F. Santacruz-Ruvalcaba, C.V. Sánchez-Hernández, K. Casarrubias-Castillo, A. Becerril-Espinosa & R.M. Hernández-Herrera, 2020. Physiological, ecological, and

- biochemical implications in tomato plants of two plant biostimulants: Arbuscular mycorrhizal fungi and seaweed extract. *Frontiers in plant science*, 11:1-18.
9. Habibi, S., M. Farzaneh & M. Meskarbashee, 2013. The effect of inoculation of Mycorrhiza (*Glomus spp.*) On the growth and uptake of wheat nutrients under saline conditions. *Journal of Research of Soil and Water*, 44(3): 311-320. (In Persian)
 10. Hack, C. M., M. Porta, R. Schäufele, & A. A. Grimoldi, 2019. Arbuscular mycorrhiza mediated effects on growth, mineral nutrition and biological nitrogen fixation of *Melilotus alba* Med. in a subtropical grassland soil. *Applied Soil Ecology*, 134: 38-44.
 11. Hovland, M., R. Mata-González, R.P. Schreiner & T.J. Rodhouse, 2019. Fungal facilitation in rangelands: Do arbuscular mycorrhizal fungi mediate resilience and resistance in sagebrush steppe? *Rangeland ecology & management*, 72(4): 678-691.
 12. Kapoor, R., B. Giri & K.G. Mukurji, 2004. Improved growth and essential oil yield and quality in *foeniculum vulgare* Mill. on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bioresource Technology*, 93: 307-311.
 13. Maggio, A.M., J. Christopher, P. Voil & G.L. Hammer, 2001. The role of root architectural traits in adaptation of wheat to water-limited environments. *Functional Plant Biology*, 33: 823-837.
 14. Mazaraie, A., A.R. Sirosmehr & Z. Babaei, 2017. Effect of mycorrhizal fungi on some morphological & physiological characteristics of Milk thistle (*Silybum marianum* (L.) Gaertn.) under drought stress. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 33 (4): 620-635. (In Persian)
 15. Mishra, R.R., 2007. *Soil microbiology*. Translated by: A. Fallah, H. Besharati, & H. Khosravi. Aeeizh Publisher, 179 pp.
 16. Moradi, S., J. Sheikhi & M. Zarei, 2013. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobium on shoot and root growth of chickpea in a calcareous soil. *International Journal of Agriculture*, 3(2): 381-385.
 17. Querejeta, J.I., M.F. Allen, M.M. Alguacil & A. Roldan, 2007. Plant isotopic composition provides insight into mechanisms underlying growth stimulation by AM Fungi in a semiarid environment. *Journal of Functional Plant Biology*, 34: 683-691.
 18. Rezvani, M., M.R. Ardakani, F. Rejali, Gh. Nour Mohammadi, F. Zaafarian & S. Teymouri, 2009. The effect of different strains of mycorrhizal fungi on root characteristics and concentrations of phosphorus, potassium, zinc and iron of alfalfa *Medicago sativa*. *Journal of ecology of agricultural plants*, 5(15): 56-66. (In Persian)
 19. Sajedi, N. & F. Rejali, 2011. The effect of drought stress, zinc application and mycorrhizal inoculation on the uptake of trace elements in maize. *Iranian Journal of Soil Research*, 25(2): 8-12. (In Persian)
 20. Serpe, M.D., A. Thompson & E. Petzinger, 2020. Effects of a companion plant on the formation of mycorrhizal propagules in *Artemisia tridentata* seedlings. *Rangeland Ecology & Management*, 73(1): 138-146.
 21. Smith, S.E. & F.A. Smith, 2011. Roles of arbuscular mycorrhizals in plant nutrition and growth: new paradigms from cellular to ecosystems scales. *Annual Review of plant Biology*, 63: 227-250.
 22. Song H., 2005. Effects of vam on host plant in condition of drought stress and its mechanisms. *Electronic journal of Biology*, 1(3): 44-48.
 23. Widada, J., D.I. Damarjaya & S. Kabirun, 2007. The interactive effects of arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobacteria on the growth and nutrients uptake of sorghum in acid soil. *First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization*, 102: 173-177.
 24. Zare Hassanabdi, M., M. Dashti & M. Akhondi, 2020. 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*, 2(2): 83-99. (In Persian)

Changes of morphological characteristics and nutrients of *Bromus tomentellus* under the influence of coexistence with mycorrhiza fungi for use in range seeding operation

B. Fattahi*¹, R. Almasi² and F. Ghasemi Hajiabadi³

Received: 01 July 2021, Accepted: 25 November 2021

Abstract

Range Seeding (Pit-Seeding) is one of the necessities of rangeland improvement in most of the semi-arid and temperate rangelands, which in many cases has not been very successful. Improving the growth and establishment of plants in these operations is very important. For this purpose, taking advantage of the coexistence of plants with arbuscular mycorrhiza fungi is one of the most effective methods in meeting the nutritional needs of plants and reducing environmental stresses such as drought stress. In order to investigate the effect of mycorrhiza fungus on morphological characteristics and nutrients of *Bromus tomentellus*, this study was conducted in the greenhouse and research farm of Malayer University. The experiment was performed randomly with 3 inoculation treatments with *Rhizophagus intraradices* and *Funneliformis mosseae* and no inoculation (control) and 30 replications in each treatment. Morphological factors studied in the plant included germination percentage, shoot and root dry weight, root and stem length and viability percentage. Nutrients included phosphorus, nitrogen, potassium, iron, manganese, zinc, copper and magnesium of plants, as well as plant protein and carbon were measured. The results showed that although inoculation with mycorrhiza had a positive and increasing effect on the studied factors, *R. intraradices* had a more additive effect on the factors than *F. mosseae*. So that for many factors, this increase was 2-3 times higher than the control treatment. Among morphological indices, stem height (51%), germination percentage (41%) and viability percentage (45%) had the highest and root length had the lowest increase compared to the control treatment. Also among the elements and nutrients Nitrogen (54%), phosphorus (24%) and protein (55%) showed the highest increase. Meanwhile, the element carbon in the treatment of *R. intraradices* like phosphorus had a significant increase (24%) but in the treatment of *F. mosseae* had the least increase compared to other elements (6.77%). Based on the results of this study, it is recommended to use *R. intraradices* in order to improve and increase the yield of planted species in rangeland rehabilitation and improvement operations.

Keywords: Mycorrhiza, *Bromus tomentellus*, Rangeland Rehabilitation

¹- Assistant professor, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, Malayer University, Malayer, Iran.

* Corresponding Author: fattahi_b@yahoo.com

²- Assistant professor, Faculty of Agricultural Science, Malayer University, Malayer, Iran.

³- Post graduated M.Sc. of Rangeland Science, Faculty of Natural Resources and Environmental Sciences, Malayer University, Malayer, Iran.