مقاله پژوهشی **شناسه دیجیتال (DOR): 20.1001.1.20080891.1400.15.4.7.8**

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.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.7.8]

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 می دهد و در مقابل مواد قندی از گیاه میزبان دریافت می کند. حدود ۹۰ تا ۹۵ درصد از گیاهان (با طیف گسترده ای از توانایی برقراری رابطه) با این قارچها تشکیل همزیستی می‌دهند، به‌طوری‌که در این گیاهان مایکوریزا (نه ریشه) اندام اصلی جذب آب و عناصر غذایی محسوب می‌شود (۵ و ۱۷). این قارچ ها 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 به‌طور 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 تاثیر 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 تاثیر تلقیح قارچ میکوریزا بر استقرار و برخی خصوصیات مورفولوژیکی و رشدی گیاه یونجه نشان دادند که می‌توان از قارچ *Glomus intraradices* به‌عنوان یک کودزیستی در افزایش تولید علوفه و استقرار اولیه گیاه یونجه در سطح مراتع نیمه‌خشک استفاده کرد. همزیستی قارچ میکوریزا بطور معنی‌داری سبب افزایش درصد استقرار در ابتدای و انتهای فصل رویش شد. حبیبی و همکاران (۱۳۹۲) به‌منظور 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 تاثیر 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

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.7.8]

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

مزارعی و همکاران (۱۳۹۶) در بررسی تاثیر قارچ مایکوریزا بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک *Silibum marinum* L. دریافتند که کاربرد قارچ مایکوریزا شاخص‌های رشد رویشی، درصد فلاونوئیدها، محتوای آب گیاه، افزایش مقاومت به خشکی، محتوای فسفر و پتاسیم برگ را در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده به‌طور 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 مایکوریزایی نسبت به گیاهان غیر مایکوریزایی آب را از خاک سریع‌تر و کامل‌تر تخلیه می‌کنند و باعث می‌شوند تا پتانسیل آب خاک کاهش بیشتری پیدا کند؛ زیرا در گیاهان مایکوریزی معمولاً اندام هوایی گیاه توسعه بیشتری پیدا کرده، سطح برگ‌ها افزایش یافته و این خود باعث افزایش نیاز تعرقی گیاهان شده، هم‌چنین قارچ‌های مایکوریزا 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 مایکوریزایی مقدار جذب مواد غذایی و رشد را افزایش می‌دهد به طوری‌که به سبب آن مقاومت به تنش‌های محیطی و بیماری‌ها و همچنین عملکرد آن‌ها افزایش یافت. میشرا (۲۰۰۷) گزارش کرد در بسیاری موارد، همزیستی مایکوریزی 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 مایکوریزا باعث افزایش ارتفاع گیاه *Sorghum halepense* L. شده‌است. مرادی و همکاران (۲۰۱۳) در پژوهشی بر روی گیاه *Cicer arietinum* L. بیان کردند که مایکوریزا باعث افزایش وزن خشک ریشه در گیاه نخود شده است. عظیمی و همکاران (۲۰۱۸) در تحقیقات خود نشان دادند که قارچ‌های مایکوریزا 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 مایکوریزا 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 مایکوریزا تأثیر معنی‌داری بر تغذیه گیاهان و تولید زیست توده نداشت. اما با افزایش مقدار فسفر قابل دسترس گیاه، همزیستی مایکوریزا تأثیرات مثبتی بر تجمع فسفر، نیتروژن قابل دسترس و تولید زیست توده گیاه نشان داد. هولند و همکاران (۲۰۱۹) در مورد ارتباط قارچ‌های مایکوریزا و مقاومت و تاب‌آوری درمنه‌زارهای استپی بیان کردند که ساختار جوامع گیاهی از طریق مکانیسم‌هایی مانند چرخه و جذب موادغذایی، پایداری ساختاری خاک و تسهیلگران رشد و رقابت، مانند قارچ‌های مایکوریزا حفظ می‌شود. مایکوریزا تاب‌آوری درمنه‌زارها در برابر خشکسالی، چرا، آتش‌سوزی و مقاومت در برابر حمله گیاهان مهاجم (بسته به ترکیب گونه‌ای جوامع گیاهی و قارچ، وضعیت گیاه میزبان مایکوریزا) را افزایش می‌دهد. سیرپا و همکاران (۲۰۲۰) به مطالعه اثر گونه *Poa secunda* J. Presl. (گونه همراه) در همزیستی مایکوریزا در *Artemisia tridentata* Nutt. پرداختند. تلقیح نهال‌های آرتمیزیا با قارچ‌های مایکوریزا استقرار آنها را پس از کاشت افزایش داد (به میزان کلونیزاسیون ریشه و فراوانی توده‌های قارچ مایکوریزا 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 مایکورزا در ریشه آرتمیزیا را از ۵ درصد به ۱۸ درصد افزایش داد. تفاوت در مقدار فسفر بر روی کلونیزاسیون *P. secunda* نیز تأثیرگذار بود به طوریکه مقدار آن به‌ترتیب ۱۰ درصد و ۳۰ درصد در فسفر بالا و پایین بود. کلونیزاسیون مایکوریزا در *A. tridentata* تحت تأثیر تیمار قرار نگرفت 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

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.7.8]

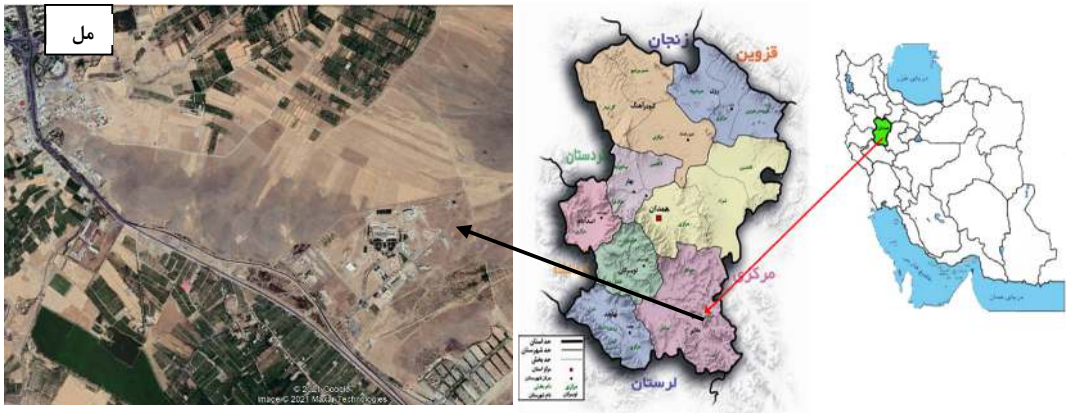
درصد برای آرتمیزیا و ۶۳ درصد برای پوا). گونزالز و همکاران (۲۰۲۰) در بررسی پیامدهای فیزیولوژیکی، محیط زیستی و بیوشیمیایی افزودن مایکوریزا یا عصاره جلبک دریایی (هر دو به تنهایی و به صورت ترکیبی) بر گیاه *Solanum lycopersicum* L. نشان دادند که مایکوریزا منجر به افزایش بیشتر در مقادیر انرژی و گل‌دهی شد؛ 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 مایکوریزا 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 گونه هایی 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 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 مایکوریزا 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 "۱ '۵۱ °۴۸ طول جغرافیایی و ۵۶ '۱۵ °۳۴ عرض جغرافیایی با ارتفاع از سطح دریا ۱۷۸۰ متر قرار دارد (شکل ۱).



شکل ۱: موقعیت منطقه کشت و محل آزمایش

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

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.7.8]

جدول ۱: میانگین خصوصیات بذر مورد استفاده

وزن هزار دانه (gr)	رطوبت نسبی (٪)	درجه خلوص (٪)	قوه نامیه (٪)	گونه
۷/۳۹ ± ۰/۲۱	۱۵/۱۱ ± ۰/۴۲	۸۰	۷۵	*Bromus tomentellus*

تحقیق به‌صورت گلخانه‌ای و کاشت بذرها در درون گلدان انجام شد. خاک موردنیاز 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، جهت اندازه‌گیری فاکتورهای خاک برداشت گردید. خصوصیات نمونه خاک‌ها در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد که میانگین فاکتورهای مورد اندازه‌گیری در جدول (۲) ارائه شده است.

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

سپس حجم مناسبی از خاک برای استفاده در گلدان‌ها تهیه و به آزمایشگاه منتقل گردید. در آزمایشگاه سنگها، اجزاء گیاهان، بذرهای 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 ۳۰۰ کیلو پاسکال در دستگاه اتوکلاو قرار داده شدند. دو نوع قارچ مایکوریزای *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.

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

ویژگی قارچها		قارچها	
		اینترارادیس	موسه‌آ
سیستماتیک	فرمانرو	Fungi	Fungi
	شاخه	Glomeromycota	Glomeromycota
	رده	Glomeromycetes	Glomeromycetes
	راسته	Glomerales	Glomerales
	تیره	Glomeraceae	Glomeraceae
	جنس	Rhizophagus	Funneliformis
	گونه	*Rhizophagus intraradices*	*Funneliformis mosseae*
مورفولوژی	رنگ	سفید، کرم، زرد، سبز	زرد-قهوه‌ای، نارنجی تیره، قهوه‌ای
	شکل	کروی، نامنظم، اسپور بیضوی	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

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 (۲۱×۱۸) سانتی‌متر در نظر گرفته شد که از همان خاک استریل شده 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 هرگرم 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

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.7.8]

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)

۱۰۰× (تعداد کل بذور)/(تعداد بذرهای جوانه زده) = درصد جوانه‌زنی

رابطه (۲)

۱۰۰× (تعداد کل جوانه‌های اولیه)/(تعداد جوانه‌های زنده‌مانی در پایان فصل) = درصد زنده‌مانی

اندازه‌گیری غلظت عناصر مغذی در اندام‌های هوایی گیاه (Zn. Fe. Mn. Cu. Mg) با استفاده از روش شعله و توسط دستگاه جذب اتمی صورت گرفت. غلظت فسفر توسط دستگاه اسپکتروفتومتر و غلظت پتاسیم توسط فلیم فتومتر اندازه‌گیری شد. غلظت نیتروژن نیز توسط دستگاه کجلدال، 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 کولوموگروف 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).

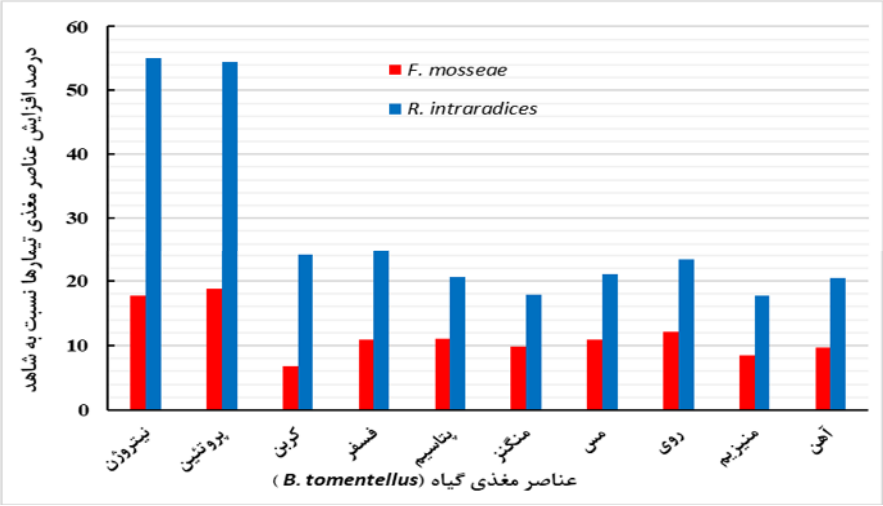
جدول ۴: میانگین و نتایج آنالیز واریانس عناصر مغذی گونه *B. tomentellus* در تیمارهای مختلف قارچ و شاهد

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

بیشترین درصد افزایش عناصر مغذی گیاه در اثر تلقیح با هر دو قارچ مربوط به عنصر نیتروژن می باشد (شکل ۲) به طوریکه قارچ‌های *R. intraradices* و *F. mosseae* مقدار نیتروژن را به‌ترتیب ۵۵/۱ و ۱۷/۷ درصد

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.7.8]

نسبت به شاهد افزایش داده‌اند. درصد افزایش سایر عناصر
در دو تیمار قارچ به شرح زیر می باشد:
قارچ *R. intraradices*: به ترتیب عبارتنداز: پروتئین> فسفر> کربن> روی> مس> پتاسیم> آهن> منگنز > منیزیوم.
قارچ *F. mosseae*: به ترتیب شامل: پروتئین> روی> پتاسیم> فسفر> مس> منگنز> آهن > منیزیوم> کربن می باشند



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

مؤلفه‌های رشدی *Bromus tomentellus*

اندازه‌گیری و آنالیز خصوصیات موفولوژیک 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 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.

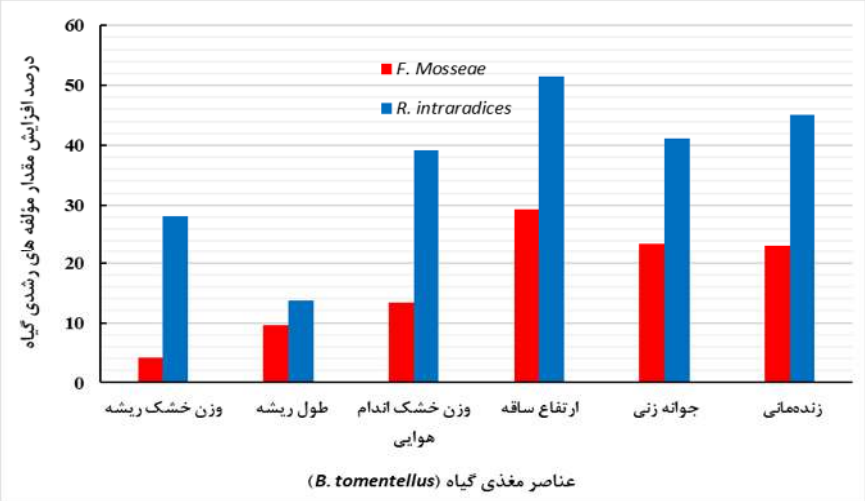
جدول ۵: نتایج آنالیز واریانس فاکتورهای مورفولوژیک گیاه *B. tomentellus* در تیمارهای مختلف قارچ و شاهد

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

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 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

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.7.8]

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



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

بحث و نتیجه‌گیری

عناصر مغذی

قارچ‌های به‌کار رفته در این تحقیق به طور کلی دارای اثر معنی‌داری بر روی مؤلفه‌های رشدی و عناصر مغذی گیاه *B. tomentellus* داشته‌اند و مقادیر مربوط به این خصوصیات را افزایش و بهبود بخشیده‌اند که تاییدکننده نتایج کویرجتا و همکاران (۲۰۰۷)، مبنی بر اثر قارچ‌ها در افزایش بایومس و رشد گیاهان می باشد. 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. بارئا و همکاران (۲۰۱۱) عظیمی و همکاران (۱۳۹۲) و عظیمی و همکاران (۱۳۹۳) نیز نیز در بررسی‌های خود به نتایجی مشابه تحقیق حاضر دست یافتند مبنی بر اینکه قارچ *G. intraradiece* 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 تاثیر تیمار قارچ‌ها داشت، نیتروژن بود. قارچ *R. Intraradices* سبب افزایش ۵۵ درصدی نیتروژن نسبت به شاهد (عدم تلقیح) گردید. این یافته نشان می‌دهد که 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 مایکوریزا 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 مایکوریزا را نشان دادند مطابقت دارد. از طرفی همچنین فعالیت فتوسنتزی، تثبیت CO_2 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 بارئا و همکاران (۲۰۱۱) مبنی بر نقش مایکوریزا 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 تاثیر قارچ‌های مورد استفاده از الگوی تغییرات نیتروژن پیروی می‌کند. گونزالز و همکاران (۲۰۲۰) نیز اثر افزایشی مایکوریزا 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

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]
[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.7.8]

نسبت به شاهد) نشان داد. به طوریکه تاثیر این قارچ بر روی این فاکتور معنی‌دار نبود. در حالیکه قارچ *R. Intraradices* 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. مایکوریزا 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 مایکوریزا افزایشی معنی‌داری از خود نشان داد به طوریکه قارچ *R. intraradices* 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. intraradices* 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)، میشرا (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 مایکوریزا را گزارش داده بودند مطابقت دارد.

در مورد سایر عناصر مغذی گیاه (Mg، Cu، Fe، Mn، 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. intraradices* حدود دو برابر تیمار *F. mosseae* بود، به طوری‌که برای دو قارچ به ترتیب: روی ۲۳/۳ و ۱۲ درصد، منیزیوم 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 گیاه می‌شود و جذب عناصر غذایی را به‌وسیله گیاهان تحریک می‌کند. نتایج فوق با یافته‌های رضوانی و همکاران (۱۳۸۸)، کاپور و همکاران (۲۰۰۴) و میشرا (۲۰۰۷) مطابقت دارد که افزایش عناصر مغذی در اثر تیمار قارچ‌ها را بیان کرده بوند.

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 مایکوریزا مورد استفاده برای تلقیح بذر اثر معنی‌داری بر افزایش درصد جوانه‌زنی داشتند، به‌طوری که *R.intraadices* 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 داده اند. قارچ *R. intraadices* 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. intraadices* 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. intraradices* و *F. mosseae* به‌ترتیب ۳۹ و ۱۳ درصد وزن خشک اندام‌های هوایی را

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.7.8]

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 می رسد که قارچ *R. intraadices* 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 میشرا (۲۰۰۷) همخوانی دارد.

درصد زنده‌مانی گیاه در تیمارهای *R. intraradices* و *F. mosseae* به ترتیب با ۴۵و ۲۳ درصد افزایش نسبت به شاهد، دومین مؤلفه رشدی است که بیشترین تاثیرپذیری را از تیمار قارچ‌ها نشان داد. عظیمی و همکاران (۱۳۹۳)، عظیمی و همکاران (۱۳۹۲) و هولند و همکاران (۲۰۱۹) نیز در نتایجی مشابه با این تحقیق، افزایش استقرار و زنده‌مانی گیاهان تلقیح شده با قارچ مایکوریزا را گزارش کردند. به نظر می‌رسد که وجود هیف‌های گسترده قارچ در 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 تاثیر قارچ‌ها قرار گرفتند. در بین صفات اندازه‌گیری شده ارتفاع ساقه و درصد زنده‌مانی از بیشترین تاثیرپذیری برخوردار بودند. در بین اندام‌های زیر زمینی نیز، هیچ‌کدام از قارچ‌ها تاثیر معنی‌داری بر طول ریشه نداشتند. در بین عناصر مغذی نیتروژن گیاه بیشترین افزایش را در اثر تلقیح گیاه با قارچ داشت. بنابران 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 علاوه‌بر آن، با افزایش میزان نیتروژن و سایر عناصر مغذی در گیاه، به بهبود کیفیت علوفه در تغذیه دام کمک شود.

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

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.7.8]

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. Sirousmehr & 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)

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.7.8]

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. Almasi[2] and F. Ghasemi Hajiabadi[3]

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.

[Downloaded from rangelandsrm.ir on 2026-05-28]

[DOR: 20.1001.1.20080891.1400.15.4.7.8]