

تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا بر استقرار نهال و خصوصیات مورفولوژیکی رشد بروموس (*Bromus kopetdaghensis*) در

شرایط عرصه‌های مرتعی

- ❖ ریحانه عظیمی؛ دانشجوی دکتری علوم مرتع دانشکده مرتع و آبخیزداری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ایران
- ❖ محمد جنگجو؛ دانشیار دانشکده منابع طبیعی و محیط زیست دانشگاه فردوسی مشهد، ایران
- ❖ حمیدرضا اصغری؛ استادیار دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی شاهرود، ایران

چکیده

در اصلاح مراتع استقرار گیاهان، به‌ویژه در مناطق خشک و نیمه‌خشک، از اهمیت بسیاری برخوردار است. در سال‌های اخیر، از کودهای بیولوژیکی، مانند قارچ‌های همزیست، به منزله رهیافتی مفید برای افزایش حاصلخیزی اراضی و استقرار گیاهان استفاده می‌شود. هدف از این تحقیق بررسی امکان افزایش درصد استقرار و سرعت رشد نشاهای گیاه بروموس (*Bromus kopetdaghensis*) تلقیح‌شده با قارچ میکوریزا آربوسکولار در مرتع بهارکیش قوچان بود. بدین منظور، بذره‌های بروموس در شرایط گلخانه (سینی‌های نشا) کشت شد. سپس، با دو گونه میکوریزا آربوسکولار *Glomus mosseae* و *G. intraradices* در شرایط گلخانه‌های کاغذی منتقل شد. پس از یک ماه نهال‌های گلدانی به عرصه منتقل شد و به صورت طرح آزمایشی کرت‌های خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار کشت شد. میانگین درصد کلونیزه‌شدن ریشه گیاه بروموس با گونه *G. mosseae* حدود ۶۲٫۷ درصد و با میکوریزا *G. intraradices* حدود ۸۱٫۳ درصد بود. همزیستی قارچ میکوریزا به طور معنی‌داری باعث افزایش درصد استقرار در آغاز و پایان فصل رویش شد. تأثیر گونه *G. intraradices* بر استقرار گیاه بروموس بیشتر بود. علاوه بر این، همزیستی با این گونه باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک کل گیاه، و وزن خشک ریشه شد، در حالی که همزیستی با *G. mosseae* باعث کاهش برخی از این صفات شد یا اینکه اثری نداشت. بنابراین، بر اساس نتایج این تحقیق، می‌توان قارچ‌های *G. intraradices* را به عنوان نوعی کود زیستی، به‌منظور افزایش تولید علوفه و استقرار اولیه گیاه بروموس در سطح مراتع نیمه‌خشک و منطقه بهارکیش قوچان توصیه کرد.

واژگان کلیدی: کود بیولوژیکی، کلونیزاسیون، مراتع، نشاکاری.

مقدمه

مراتع از منابع ملی مهم و باارزش کشور به شمار می‌روند. این اکوسیستم‌ها در اقلیم‌های خشک و نیمه‌خشک از اهمیت مضاعفی برخوردارند، زیرا کیفیت محیط زیست، مانند آب و هوا، منظر، و استمرار بهره‌برداری از این سرزمین‌ها، در گرو حفظ پوشش گیاهی طبیعی است؛ در نتیجه، عملیات اصلاح و احیای آن‌ها می‌تواند در حفظ آب و خاک و تأمین نیازمندی‌های کشور نقش اساسی داشته باشد. فقر عناصر غذایی خاک و تنش‌های محیطی در بسیاری از مناطق نیمه‌خشک جهان باعث محدودیت استقرار گیاهان می‌شود.

تحقیق حاضر در راستای کاربرد کودهای بیولوژیکی در عرصه‌های مرتعی به جای نهاده‌های شیمیایی، استقرار گیاهان در اصلاح و توسعه مراتع، و افزایش عملکرد مورد نیاز در مناطق نیمه‌خشک انجام شده است. یکی از این منابع کاربرد قارچ‌های همزیست است. میکروارگانیسم‌های خاک در چرخه عناصر غذایی نقش مهمی دارند و در فرایند تجدید پوشش گیاهی مهم‌اند. احیای پوشش گیاهی یکی از بهترین و مؤثرترین راه‌های کاهش تخریب خاک و جلوگیری از گسترش آن به مناطق مجاور است [۱۹، ۳۴]. به علت شرایط نامطلوب خاک احیای پوشش گیاهی در این مناطق کند است. بنابراین، مدیریت جوامع میکروبی، با تأکید بر جهت‌یابی همزیستی آن، می‌تواند در احیای اکوسیستم‌های مداخله‌کننده نقش مهمی داشته باشد [۳۰].

برخی آزمایش‌ها، که در مقیاس‌های کوچک‌تر انجام شده، نشان‌دهنده اثر مثبت تلقیح میکوریزا در احیای مراتع است [۳۴]. همزیستی گیاهان با قارچ میکوریزا آثار مثبت زیادی در کیفیت گیاه دارد و میکوریزا آثار سوء ناشی از فقر عناصر غذایی و تنش‌های خشکی و شوری را کاهش می‌دهد [۳۳].

[۳۸، ۳۵]. در چندین تحقیق بر اهمیت کاربرد میکوریزا در سرعت‌بخشیدن به مراحل توالی در احیای و بازسازی طبیعت تأکید شده است [۶، ۲۴]. معرفی مجدد قارچ میکوریزا توسط انسان برای استقرار مجدد پوشش گیاهی و جوامع قارچ میکوریزا حیاتی است [۳۹]. همزیستی میکوریزا با گیاهان موجب افزایش سرعت توالی در طبیعت می‌شود و می‌تواند ابزاری مفید برای احیای اکوسیستم‌های خشک و نیمه‌خشک باشد [۹]. شاید یکی از دلایل اصلی عدم موفقیت در احیای پوشش گیاهی این مناطق فقدان میکوریزا باشد [۳۶].

در تحقیقی، از تلقیح قارچ‌های میکوریزا و ریزوبیوم‌ها با لگوم‌های چوبی مشخص شد که قارچ‌های میکوریزا موجب استقرار گیاهان در مناطقی گردید که با کمبود آب و مواد غذایی مواجه بودند [۵]. همزیستی میکوریزا با نهال *Pisolithus tinctorius* و *Lactarius deliciosus* نشان داد که میکوریزا شرط لازم برای استقرار نهال‌ها در عرصه‌های طبیعی و تولیدات گیاهی است [۱۴، ۱۵]. درباره آثار میکوریزا در مناطقی که عملیات احیای اصلاح روی پوشش طبیعی صورت گرفته است مطالعات اندکی وجود دارد؛ این موضوع، عمدتاً به علت مشکلات و هزینه‌های تلقیح و مساحت وسیع عرصه‌های طبیعی است [۳۴].

بروموس گیاهی است پایا و از خانواده گندمیان. گونه *Bromus kopetdaghensis* از لحاظ ارزش اقتصادی، تولید علوفه، و مقاومت در برابر خشکی دارای اهمیت است. از آنجا که بیشتر تحقیقات انجام‌شده درباره گیاهان زراعی بوده و در شرایط مزرعه بررسی شده است، این پژوهش نشان‌دهنده ضرورت تحقیقات بیشتر درباره آثار میکوریزا بر گیاه مرتعی بروموس در عرصه‌های طبیعی است. نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش می‌تواند گویای توانایی

کاشت و تلقیح میکوریزایی

نخست بذر گونهٔ علوفه‌ای بروموس در سینی‌های نشای ۱۶۰ تایی کشت شد. نشاهای حاصل، پس از یک ماه، به گلدان‌های کاغذی (ابعاد ۹ × ۷)، که هر گلدان حدود ۱۶۰ گرم خاک گنجایش داشت، منتقل شد و در تیمارهای جداگانه با دو گونه میکوریزا *Glomus intraradices* و *G. mosseae* تلقیح گردید. خاک میکوریزایی از شرکت زیست‌فناور توران تهیه شد. داخل هر گرم از خاک حداقل ۵۰ اسپور زنده وجود داشت. مادهٔ تلقیح شامل خاک + اسپور + ریشهٔ گیاهان + هیف‌های قارچ میکوریزی بود. مقدار مادهٔ تلقیح میکوریزا به خاک گلدان یک به ده (۱/۱۰) بود، که مادهٔ تلقیح لایه لایه به خاک گلدان اضافه شد. قبل از کاشت نشاها در گلدان، نخست در خاک میکوریزایی غلتانده شدند. سپس، در هر گلدان سه نشا کاشته شد. هنگامی که ارتفاع گیاهان به حدود ۳ تا ۵ سانتی‌متر رسید، گلدان‌ها به بیرون از گلخانه منتقل شد. پس از یک هفته، ۹۰ گلدان به عرصهٔ مورد مطالعه در منطقهٔ بهارکیش قوچان انتقال یافت و به صورت طرح آزمایشی کرت‌های خردشده بر پایهٔ طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار و در مساحتی حدود ۳۶۰۰ متر مربع کشت شد.

ارزیابی گیاهان استقرار یافته

استقرار نشاها در دو مرحله ارزیابی شد؛ در اوایل خردادماه، برای نخستین بار، پایه‌های استقرار یافته شمارش شد. سپس، در اوایل مردادماه، در مرحلهٔ بذردهی و قبل از ریزش برگ‌ها، علاوه بر شمارش پایه‌های استقرار یافته، ارتفاع آن‌ها نیز اندازه‌گیری شد. بدین منظور، از هر تیمار نه گیاه به صورت تصادفی انتخاب شد و کاملاً از خاک خارج گردید. طول ریشهٔ نمونه‌ها از یقه تا نوک ریشه با استفاده از خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شد و اعداد به‌دست‌آمده

کاربرد قارچ‌های میکوریزا، به منزلهٔ یک کود زیستی، در افزایش تولید علوفه، استقرار اولیهٔ گیاه بروموس چندسالهٔ *Bromus kopetdaghensis* و تکنیکی برای اصلاح و احیای مراتع نیمه‌خشک بهارکیش قوچان باشد.

روش شناسی

این پژوهش در مرتع ییلاقی بهارکیش، واقع در شهرستان قوچان، در استان خراسان رضوی، در سال ۱۳۹۱ انجام شد. متوسط بارندگی منطقه، بر اساس درون‌یابی انجام‌شده از ایستگاه هواشناسی بار نیشابور، ۳۴۶ میلی‌متر است که عمدتاً به صورت برف است و در ماه‌های سرد سال اتفاق می‌افتد. منطقه دارای اقلیم نیمه‌خشک فراسرد است. از نظر پستی و بلندی، شیب‌های تند دارد و جهت آن‌ها عموماً شمالی است، که در حد ارتفاع ۲۰۰۰ تا ۳۲۰۰ متر از سطح دریا قرار دارد. برای اجرای این آزمایش، یک قطعهٔ پنج‌هکتاری انتخاب و از ورود دام به آن جلوگیری شد. قطعهٔ مورد نظر در حدود ارتفاعی ۲۴۰۰ - ۲۵۰۰ متری از سطح دریا و در جهت شیب شمالی واقع شده است. از آنجایی که هدف از این تحقیق بررسی اثر شیب و جهت نبود، سایت مطالعاتی به گونه‌ای انتخاب شد که این عوامل کمترین تأثیر را داشته باشند. سایت مورد مطالعه در مقیاس محلی به حالت ناودیس فراخی (به شکل کاسه) است که دارای شیب شمالی و شیب جنوبی است و شیب آن از صفر تا بیش از ۱۰۰ درصد تغییر می‌کند. خصوصیات خاک منطقه با نمونه‌گیری صحرائی و بررسی‌های آزمایشگاهی تعیین شد. بر این اساس، بافت خاک شنی لوم (۲۰ درصد شن، ۵۶ درصد سیلت، و ۲۴ درصد رس)، هدایت الکتریکی $EC = 0.04 \text{ dS.m}^{-1}$ ، و اسیدیتهٔ خاک $pH = 7.53$ تعیین شد [۱۷].

نرم‌افزار پایگاه اطلاعاتی Excel دسته‌بندی و نمودارهای مربوط تهیه شد. برای آنالیز واریانس و مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار آماری SPSS ver.18 و Minitab ver.16 استفاده شد. میانگین‌ها به روش چنددامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شد.

نتایج

درصد کلونیزه‌شدن ریشه گیاه بروموس با تیمار میکوریزا

اثر تلقیح دو نوع میکوریزا بر درصد کلونیزه‌شدن ریشه بروموس چندساله *Bromus kopetdaghensis* معنی‌دار بود (جدول ۱). مقایسه میانگین آثار این دو نوع میکوریزا در آغاز و پایان فصل رویش نشان داد که مقدار درصد کلونیزه‌شدن ریشه گیاه بروموس با تیمار میکوریزا نوع *G. intraradices* به طور معنی‌داری بیشتر از درصد کلونیزه‌شدن ریشه گیاه بروموس با میکوریزا *G. mosseae* بوده است و این درصد کلونیزه‌شدن قارچ‌های میکوریزا با ریشه این گیاه با گذشت زمان افزایش یافت (شکل ۱).

برحسب واحد سانتی‌متر گزارش شد. پس از اندازه‌گیری طول ریشه و طول ساقه، نمونه‌ها جداگانه در پاکت کاغذی قرار داده شد و پس از خشک‌کردن در سایه، به مدت ۴۸ ساعت، در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در آون خشک شد. وزن خشک ساقه، ریشه، و برگ با ترازوی دیجیتال با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری و ثبت شد.

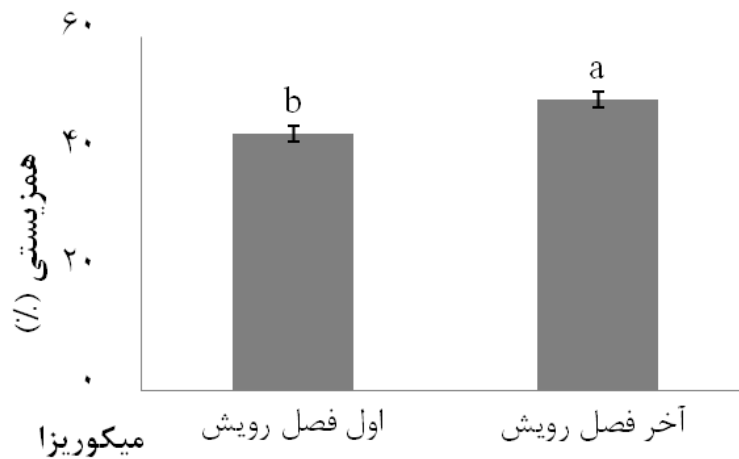
برای تعیین میزان همزیستی میکوریزایی ریشه‌ها و اندازه‌گیری درصد آلودگی میکوریزایی، بخشی از ریشه تازه گیاهان حدود ۰/۲ گرم به صورت تصادفی انتخاب شد و پس از شست‌وشوی کامل با آب به اندازه‌های یک سانتی‌متری قطع و برای آماده‌سازی نمونه‌ها به داخل شیشه‌های حاوی محلول ۱۰ درصد KOH منتقل و به مدت ۴۸ ساعت در دمای اتاق نگهداری شد. سپس، ریشه‌ها شسته شد و برای خشتی کردن محیط قلیایی به مدت دو دقیقه در محلول یک دهم مولار HCl قرار داده شد. برای رنگ‌آمیزی ریشه‌ها از روش تغییر یافته فیلیپس و هیمن [۲۵] استفاده شد. پس از رنگ‌آمیزی ریشه‌ها، برای تعیین درصد کلونیزه‌شدن با ریشه‌ها از روش جیوانتی و موسه [۱۶] استفاده شد. داده‌های آزمایش با استفاده از

جدول ۱. تجزیه واریانس تأثیر زمان و دو گونه میکوریزا بر روی استقرار و همزیستی نهال بروموس

منابع تغییر	درجه آزادی	همزیستی	استقرار
تکرار	۲	۱۴٫۲	۱۷۲٫۲۲
میکوریزا	۲	**۹۴۱۱٫۶	**۵۰۵٫۵۶
خطای اصلی	۴	۳۰٫۲	۱۲۲٫۲۲
فصل رویش	۱	**۱۵۰٫۲	**۴۵۰
میکوریزا* فصل رویش	۲	ns۳٫۶	ns۵۰
خطای فرعی	۶	۱۲٫۵	۳۳٫۳۴

مقادیر میانگین مربعات MS نشان داده شده است.

***، **، *، ns به ترتیب معنی‌دار در سطح ۰/۰۱، ۰/۰۵، و عدم معنی‌داری



شکل ۱. درصد کلونیزه شدن ریشه گیاه بروموس (*Bromus kopetdaghensis*) در آغاز و پایان فصل رویش

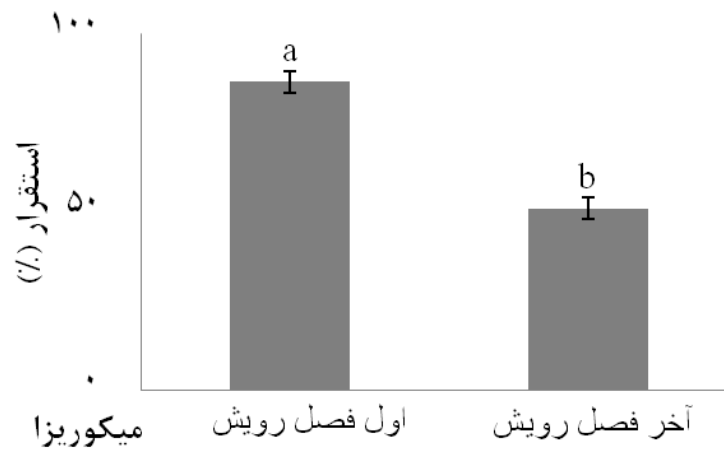
معنی داری در افزایش استقرار نهالها در آغاز و پایان فصل رویش داشت (جدول ۱). با وجود این، در آغاز فصل رویش اثر تسهیل دو گونه میکوریزا بر استقرار بروموس یکسان نبود و تعداد نهال مستقرشده تیمار *G. intraradices* به طور معنی داری بیشتر از تیمار *G. mosseae* و شاهد بود (شکل ۳ الف). در پایان فصل رویش میکوریزا اثر معنی داری در استقرار نهالهای بروموس داشت؛ به طوری که تعداد نهالهای مستقرشده تیمارهای تلقیح شده با میکوریزا بیشتر از تیمار شاهد بود (شکل ۳ ب).

اثر همزیستی میکوریزایی بر میزان استقرار بروموس

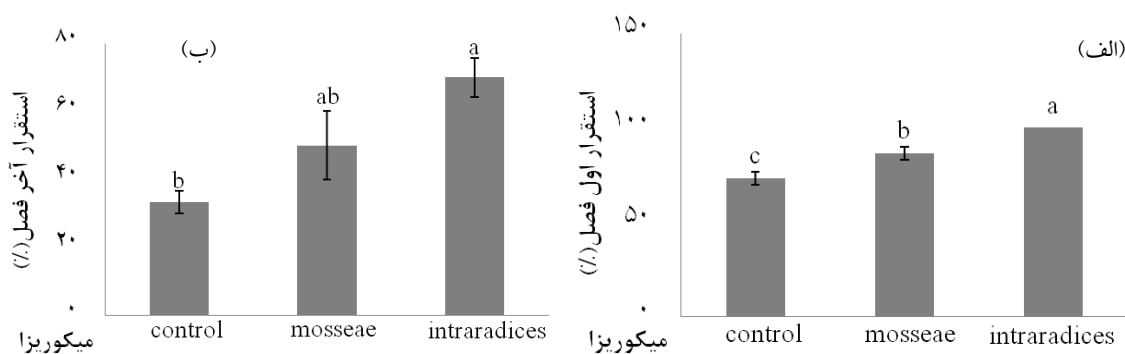
اثر تلقیح دو نوع میکوریزا بر درصد استقرار نهالهای بروموس معنی دار بود (جدول ۱). از آغاز به پایان فصل رویش درصد استقرار گیاه بروموس به طور معنی داری کاهش یافت (شکل ۲).

درصد استقرار نهالهای بروموس در آغاز و پایان فصل رویش

تیمارهای مختلف میکوریزا به طور کلی تأثیر



شکل ۲. درصد استقرار گیاه بروموس در آغاز و پایان فصل رویش



شکل ۳. اثر تیمارهای مختلف بر درصد استقرار گیاه بروموس: الف) آغاز فصل رویش؛ ب) پایان فصل رویش

جدول ۲. تجزیه واریانس تأثیر دو گونه میکوریزا بر روی صفات مورفولوژیک رشد بروموس

میانگین مربعات							
منابع تغییر	درجه آزادی	وزن خشک ریشه	وزن خشک ساقه	وزن خشک کل (گرم)	نسبت وزن خشک ریشه به وزن خشک اندام هوایی	نسبت طول ریشه به طول اندام هوایی	ارتفاع
تکرار	۲	۰٫۰۹	۰٫۰۷	۰٫۲۶	۴۸٫۴۴	۰٫۳۹	۱۸٫۳۸
تیمارهای میکوریزا	۲	**۲۷٫۲۸	**۳٫۳۸	**۴۶٫۷۱	**۱۴۴٫۱۸	*۳٫۶۱	۴۱٫۶۳
خطا	۲۲	۲٫۱۱	۰٫۱۷	۲٫۹۳	۱۷٫۶۳	۰٫۱۳	۶٫۷۴

مقادیر میانگین مربعات MS نشان داده شده است.

***، **، * ns به ترتیب معنی دار در سطح ۰٫۰۱، ۰٫۰۵، و عدم معنی داری

اثر همزیستی میکوریزا بر خصوصیات مورفولوژیکی و رشد اندام‌های گیاه

بروموس

بر اساس تحلیل واریانس انجام شده، مشخص شد که تلقیح گیاه بروموس با قارچ‌های میکوریزا اثر معنی داری در وزن خشک کل، ریشه، اندام هوایی نسبت طول ریشه به طول اندام هوایی، و نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه داشت (جدول ۲).

وزن خشک اندام هوایی

مقایسه میانگین‌های این دو گونه نشان داد که بین تیمار *G. intraradices* با تیمارهای شاهد و *G. mosseae* تفاوت معنی داری وجود دارد. تلقیح گیاهان بروموس با میکوریزا باعث افزایش وزن خشک اندام هوایی این گیاه شد، اما تنها تفاوت معنی دار در تیمار تلقیح شده با *G. intraradices* بود، در حالی که بین بروموس‌های تیمار شده با *G. mosseae* و شاهد تفاوتی وجود نداشت (شکل ۴ الف).

وزن خشک ریشه

با توجه به نتایج، مشخص شد که میکوریزا *G. intraradices* و *G. mosseae* در افزایش وزن خشک ریشه نسبت به تیمار شاهد اثر معنی‌دار داشت. با توجه به نتایج مقایسات میانگین، تیمار *G. intraradices* تأثیر بیشتری در وزن خشک ریشه داشت و وزن خشک بیشتری نسبت به *G. mosseae* و تیمار شاهد تولید کرد (شکل ۴ ب).

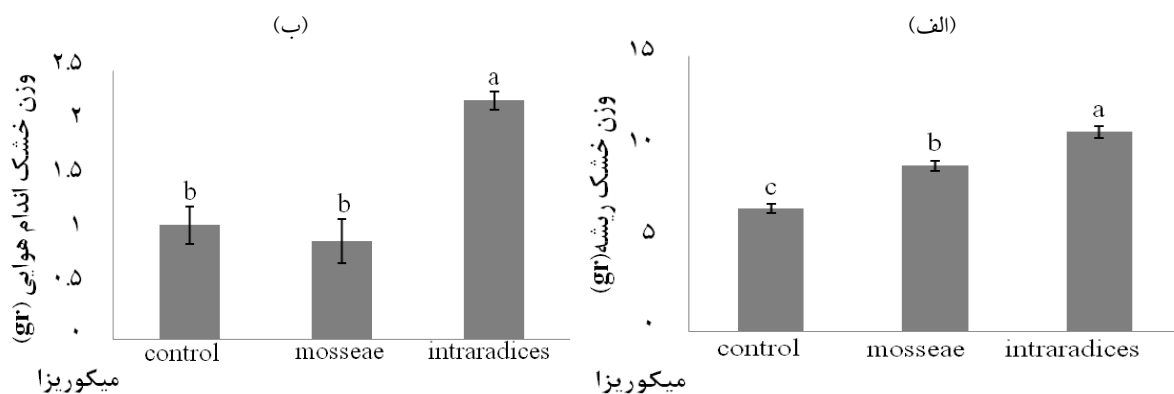
نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه

مقایسه میانگین‌های این دو گونه نشان داد که بین تیمار *G. intraradices* با *G. mosseae* تفاوت معنی‌داری وجود دارد، اما بین تیمار شاهد با دو نوع

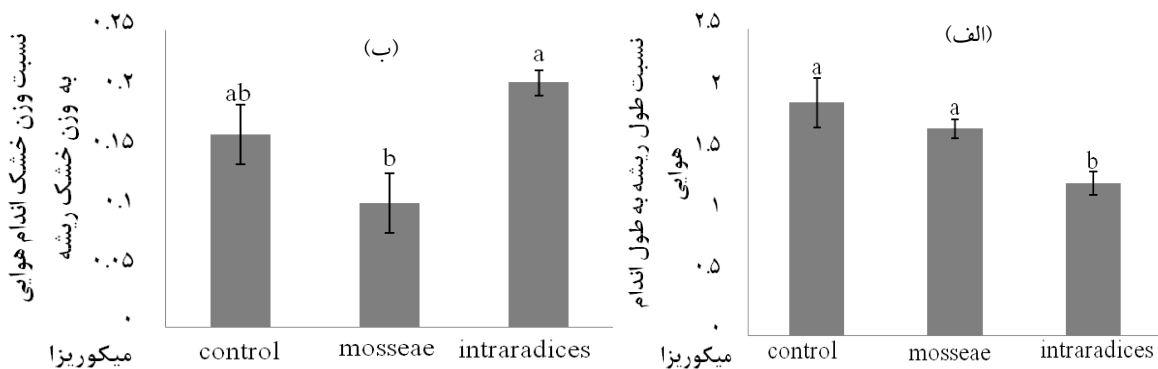
میکوریزا تفاوت معنی‌داری وجود نداشت. تیمار *G. intraradices* نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه را افزایش داد، اما *G. mosseae* موجب کاهش نسبت وزن خشک اندام هوایی به ریشه شد (شکل ۵ الف).

نسبت طول ریشه به طول اندام هوایی

با توجه به نتایج مقایسات میانگین، بین تیمار شاهد و *G. mosseae* تفاوت معنی‌داری وجود نداشت، اما این دو با میکوریزا *G. intraradices* تفاوت معنی‌داری داشتند؛ به طوری که همزیستی با میکوریزا *G. intraradices* موجب کاهش نسبت طول ریشه به طول اندام هوایی شد (شکل ۵ ب).



شکل ۴. اثر تیمارهای مختلف میکوریزا بر (الف) وزن خشک اندام هوایی؛ (ب) وزن خشک ریشه گیاه بروموس



شکل ۵. اثر تیمارهای مختلف میکوریزا بر (الف) نسبت وزن خشک اندام هوایی به وزن خشک ریشه؛ (ب) نسبت طول ریشه به طول اندام هوایی گیاه بروموس

ارتفاع گیاه

از مقایسه ارتفاع گیاه بروموس در تیمارهای مختلف میکوریزایی معلوم شد که اثر هیچ یک از تیمارهای به کار برده شده در ارتفاع گیاه بروموس معنی دار نبود (جدول ۲).

بحث و نتیجه گیری

بررسی درصد کلونیزه شدن میکوریزاها با گیاه بروموس

در این تحقیق مشخص شد که گیاه بروموس قادر است با قارچ میکوریز همزیستی داشته است و همچنین درصد کلونیزه شدن آن با گونه میکوریزا *G. intraradices* بیشتر از *G. mosseae* بود. درصد همزیستی قارچ های میکوریزا با گذشت زمان افزایش یافت. در بعضی از تحقیقات مشخص شد که گونه های دیگری از بروموس از جمله *Bromus rubens* و *Bromus tectorum* با اندومیکوریزاها از گروه *Glomus* همزیستی داشت [۲، ۲۲].

اثر همزیستی میکوریزا بر استقرار بروموس

حضور قارچ های میکوریزا و همزیستی آن با گیاه بروموس باعث افزایش توانایی تسهیل آن ها در استقرار گیاهان شد. تسهیل در استقرار اولیه پایه های بروموس در نتیجه فراهم بودن رطوبت، فسفر، نیتروژن، و مواد آلی بیشتر در تلقیح میکوریزایی ایجاد می شود [۹، ۲۶]. میکوریزا *G. intraradices* در استقرار گیاه بروموس تأثیر بیشتری داشت، شاید به این علت است که *G. intraradices* باعث افزایش کارایی بیشتر مصرف آب (*WUE*) تحت شرایط خشکی می شود؛ در نتیجه، این امر به تحمل و دوام گیاه در شرایط سخت محیطی منجر شد [۲۳]. در تحقیقی مشخص شد که میکوریزا *G. intraradices* در مناطق بیابانی تأثیر بسیار زیادی در بهبود استقرار

گیاهان دارد [۳۱]. همچنین *G. intraradices* همزیستی بیشتری با این گیاه داشت و به همین دلیل باعث افزایش درصد استقرار و احیای مراتع شد [۳۷].

اثر همزیستی میکوریزا بر خصوصیات مورفولوژیک و رشد اندام های گیاه بروموس

نتایج آزمایش نشان داد که قارچ های میکوریزا در برخی از خصوصیات مورفولوژیک و رشد اندام های گیاه علوفه ای بروموس چندساله *Bromus kopetdaghensis* تأثیر مطلوبی داشت؛ این نتایج با نتایج تحقیقات گذشته، که نشان داده است تلقیح میکوریزایی در افزایش پارامترهای رویشی گیاهان نقش دارد، مطابقت دارد [۱، ۴]؛ در این میان قارچ میکوریزا *G. intraradices*، علاوه بر افزایش بسیار معنی دار درصد همزیستی، در برخی خصوصیات رویشی آن نیز تأثیر فراوانی داشته است. تلقیح میکوریزایی موجب افزایش جذب مواد غذایی و آب در طول دوره رشد شد؛ در نتیجه، باعث افزایش رشد گیاه شد [۲۸].

قارچ های AM در ایجاد همزیستی با گیاهان میزبان غیراختصاصی عمل می کنند. تقریباً هر AM می تواند با یک گونه میزبان همزیستی تشکیل بدهد. با توجه به نتایج این تحقیق، سویه *G. intraradices* دارای بیشترین کارایی در افزایش وزن بیوماس یا عملکرد بود. تلقیح گیاه علوفه ای بروموس با قارچ *G. intraradices* تأثیر معنی داری نسبت به گونه *G. mosseae* و شاهد در افزایش وزن خشک اندام هوایی داشت. گیاهان همزیست با سویه مناسب میکوریزا جذب آب و عناصر غذایی (به ویژه فسفر) بیشتری دارند؛ در نتیجه، این نقش میکوریزا باعث افزایش فعالیت فتوسنتزی و تثبیت CO_2 و تولید سطح برگ بیشتر می شود که، در نهایت، باعث افزایش بیوماس اندام هوایی، به دلیل افزایش جذب

همزیستی میکوریزا *G. intraradices* با نهال بروموس باعث کاهش نسبت طول ریشه به ساقه شد. پایین بودن نسبت طول ریشه به طول اندام هوایی در این آزمایش نشان‌دهنده همزیستی میکوریزا بر گیاهان استقرار یافته است، زیرا در شرایطی که عناصر غذایی کم بود، قارچ میکوریزا با کمک به جذب عناصر غذایی و آب کارایی فتوسنتز را بهبود بخشید؛ در نتیجه، انرژی برای افزایش طول ریشه در گیاه مصرف نشد و این امر به تحمل گیاه و حفظ گیاهچه‌ها کمک کرد [۲۰].

در این تحقیق مشخص شد که گیاه بروموس قادر است با قارچ‌های میکوریزا همزیستی داشته باشد و همچنین درصد کلونیزه شدن آن با گونه میکوریزا *G. intraradices* بیشتر بود. نهال‌های تلقیح شده با قارچ *G. intraradices* بیشترین توانایی را در استقرار مناطق نیمه‌خشک بهارکیش قوچان داشتند. همچنین، تلقیح نهال‌ها با میکوریزا باعث افزایش بیوماس و تولید گیاهان شد. نتایج حاصل از این بررسی بیانگر توانایی کاربرد قارچ‌های میکوریزا، به منزله یک کود زیستی، در افزایش تولید علوفه و استقرار اولیه گیاه بروموس چندساله *Bromus kopetdaghensis* در سطح مرتع نیمه‌خشک بهارکیش قوچان است.

آب و مواد غذایی و همچنین فعالیت فتوسنتزی، می‌شود [۲۰]. این موضوع نشان می‌دهد که سوبیه مناسب میکوریزا (*G. intraradices*) به جذب بیشتر آب، مواد غذایی، پتاسیم، فسفر، نیتروژن، و مواد معدنی به گیاه کمک بیشتری می‌کند و باعث بهبود ساختار و ثبات خاک می‌شود؛ در نتیجه، باعث افزایش بیوماس و رشد گیاه نسبت به گیاهان شاهد می‌شود و به استقرار آن‌ها در شرایط سخت محیطی کمک می‌کند [۹، ۱۱، ۱۲، ۱۳، ۲۹]. تلقیح گیاه علوفه‌ای بروموس چندساله *Bromus kopetdaghensis* با هر دو نوع قارچ میکوریزا باعث افزایش وزن خشک ریشه شد.

قارچ‌ها با تولید هورمون‌های گیاهی و افزایش فعالیت آنزیم‌ها می‌توانند رشد گیاه یا رشد ریشه را تشدید کنند؛ در نتیجه، ظرفیت جذب عناصر غذایی را بالا می‌برند و شانس گیاه را در اجتناب از خشکی افزایش می‌دهند. هیف‌های خارجی میکوریزا اصلی‌ترین عامل تأمین کربن در خاک به‌شمار می‌روند [۲، ۳، ۶، ۷]. ارتفاع گیاه در هر دو تیمار تفاوت معنی‌داری نداشت، ولی میکوریزا *G. intraradices* به طور نسبی باعث افزایش این دو شده بود؛ در نتیجه، افزایش طول اندام هوایی در

References

- [1] Ahmad khan, I., Ahmad, Sh., Sarvat N.M., Moazzam, N., Athar, M. and Shabir, Sh. (2007). Growth response of Buffel Grass (*Cenchrus ciliaris*) to hosphorus and mycorrhizal inoculation, *Agriculturae Conspectus Scientificus*, 72(2): 129-132.
- [2] Alguacil, M.D., Caravaca, F., Diaz, G., Marin, P. and Roldán, A. (2004). Establishment of *Retama sphaerocarpa* L. seedlings on a degraded semi arid soil as influence by Mycorrhizal inoculation and sewage-sludge amendmen, *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 167, 637-644.
- [3] Alguacil, M.M., Torrecillas, E., Roldán, A., Díaz, G. and Torres, M.P. (2012). Perennial plant species from semiarid gypsum soils support higher AMF diversity in roots than the annual *Bromus rubens*, *Soil Biology and Biochemistry*, 49, 132-138.
- [4] Atayese, M. (2007). Feild response of groundnut (*Arachis hypogea*) cultivars to mycorrhizal inoculation phosphorus fertilizer in Abeokuta, South West Nigeria American-Eurasian, *Journal of Agriculture and Environment*, 2(1): 16-23.
- [5] Azcón-Aguilar, C., Barea, J.M., Gianinazzi, S. and Gianinazzi-Pearson, V. (2009). *MycorRhizas Functional Processes and Ecological Impact*, Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg.
- [6] Barea, J.M. and Honrubia, M. (2004). The plant mycorrhization directed forestal. In: Vallejo, R., Alloza, J.A. (Eds.), *Advances in the studio of Mediterranean forest management*, Environmental Studies Center Foundation CEAM Mediterranean, Valencia, 215-260.
- [7] Barea, J.M., Pozo, M.J., Azcon, R. and Azcon, C. (2005). Microbial co-operation in the rhizosphere, *Journal of Experimental Botany*, 56(417): 1761-1778.
- [8] Barea, J.M., Ferrol, N., Azcón-Aguilar, C. and Azcón, R. (2008). Mycorrhizal symbioses, Series. In: White, P.J., Hammond, J.P. (Eds.), *The Ecophysiology of Plant- Phosphorus Interactions*, *Plant Ecophysiology*, 7, 143-163.
- [9] Barea, J.M. (2011). *Mycorrhizal Research in Spain: past, present and future*, In: Megías, M., Rivilla, R., Mateos, P., Leon, M., Delgado, MJ, Gonzalez, E., Soto, MJ, Rodelas, B., Bedmar, E.J. (Eds.), *Fundamentals and applications of agro-environmental beneficial plant-microbe interactions*, SEFIN. In press.
- [10] Barea, J.M., Palenzuela, J., Cornejo, Sánchez-Castro, P.I., Navarro-Fernández, C., Lopéz-García, A. Estrada, B., Azcón, R., Ferrol, N. and Azcón-Aguilar, C. (2011). Ecological and functional roles of mycorrhizas in semi-arid ecosystems of Southeast Spain, *Journal of Arid Environments*, 75(5): 1292-1301.
- [11] Caravaca, F., Barea, J.M. and Roldán, A. (2002). Synergistic influence of an arbuscular Mycorrhizal fungus and organic amendment on *Pistacia lentiscus* L. seedlings afforested in adegraded semi arid soil, *Soil Biology & Biochemistry*, 34, 1139-1145.
- [12] Caravaca, F., Alguacil, M.M., Figueroa, D., Barea, J.M. and Roldán, A. (2003). Reestablishment of *Retama sphaerocarpa* as a target species for reclamation of soil Physical and biological properties in a semi-arid Mediterranean area, *Forest Ecology and Management*, 182, 49-58.
- [13] Caravaca, F., Alguacil, M.M., Barea, J.M. and Roldán, A. (2005). Survival of inocula and Native AM fungi species associated with shrubs in a degraded Mediterranean ecosystem, *Soil Biology and Biochemistry*, 37, 227-233.
- [14] Díaz, G., Carrillo, C. and Honrubia, M. (2009). Production of *Pinus halepensis* seedlings Inoculated with the edible fungus *Lactarius deliciosus* under nursery conditions, *New Forests*, 38, 215-227.
- [15] Díaz, G., Carrillo, C. and Honrubia, M. (2010). Mycorrhization, growth and nutrition of *Pinus halepensis* seedlings fertilized with different doses and sources of nitrogen, *Annals of Forest Science*, 67, 405.

- [16] Giovannetti, M. and Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots, *New Phytologist*, 84, 489-500.
- [17] Jankju, M., Delavari, A. and Ganjali, A. (2008). Interseeding Of range plants *Bromus kopetdaghensis* in shrub lands rangeland, *Journal of Iranian range management society*, 457-469.
- [18] Jennifer, A.W., Tallaksen, J. and Charvat, I. (2008). The effects of arbuscular mycorrhizal fungal inoculation at a roadside prairie restoration site, *Mycologia*, 100(1): 6-11.
- [19] Jiang, S.C., He, N.P., Wu, L. and Zhou, D.W. (2009). Vegetation restoration of secondary bare saline-alkali patches in the Songnen plain, China, *Applied Vegetation Science*, 2009, 01048.x.
- [20] Johnson, D., Leake, J.R., Ostle, N., Ineson, P. and Read, D.J. (2002). In situ ¹³C₂ pulse labelling of upland grassland demonstrates a rapid pathway of carbon flux from arbuscular mycorrhizal mycelia to the soil, *New Phytologist*, 153, 327-334.
- [21] Mehrvarz, S., Chaichi, M.R., and Alikhani, H.A. (2008). Effects of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on yield and yield component of Barley (*Hordeum vulgare*), *Journal Agriculture and Environment*, 3(6), 822-828.
- [22] Melissa, A., Danelle, M., Newcombe, G., Lynn, K., Carta, A. and Adnan Ismaiel, R. (2012). A mutualistic interaction between a fungivorous nematode and a fungus within the endophytic community of *Bromus tectorum*, *Fungal Ecology*, 5(5): 610-623.
- [23] Miller, R.M. and Jastrow, J.D. (2000). *The application of VA mycorrhizae to ecosystem restoration and reclamation*, In: Allen MF, ed. *Mycorrhizal functioning: an integrative plant-fungal process*, New York: Chapman and Hall, 467p.
- [24] Morte, A., Zamora, M., Gutiérrez, A. and Honrubia, M. (2009). *Deserttruffle cultivation in Semiarid Mediterranean areas*, In: Azcón-Aguilar, C., Barea, J.M., Gianinazzi, S., Gianinazzi-Pearson, V. (Eds.), *Mycorrhizas Functional Processes and Ecological Impact*, Springer- Verlag, Berlin, Heidelberg, 233 p.
- [25] Phillips, J.M. and Hayman, D.S. (1970). Improved procedure for clearing roots and staining parasites and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection, *Transactions of the British Mycological Society*, 55, 158-161.
- [26] Porrás-Soriano, A., Soriano-Martín, M.L., Porrás-Piedra, A. and Azcón, R. (2009). Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions, *Journal of Plant Physiology*, 166, 1350-1359.
- [27] Querejeta, J.I., Barea, J.M., Allen, M.F., Caravaca, F. and Roldán, A. (2003). Differential Response of ¹³C and water use efficiency to arbuscular mycorrhizal infection in Two arid land woody plant species, *Oecologia*, 135, 510-515.
- [28] Querejeta, J.I., Allen, M.F., Caravaca, F. and Roldán, A. (2006). Differential modulation of Host plant $\delta^{13}C$ and $\delta^{18}O$ by native and nonnative arbuscular Mycorrhizal fungi in a semiarid environment, *New Phytologist*, 169, 379-387.
- [29] Querejeta, J.I., Allen, M.F., Alguacil, M.M. and Roldán, A. (2007). Plant isotopic composition provides insight into mechanisms underlying growth stimulation by AM Fungi in a semiarid environment, *Functional Plant Biology*, 34, 683-691.
- [30] Renata, G., Bruno, T. and Danielle., K. (2010). The role of arbuscular mycorrhizal fungi and cattle manure in the establishment of *Tocoyena seloana* Schum, In mined dune areas, *European Journal of Soil Biology*, 46, 237-242.
- [31] Requena, N., Pérez-Solís, E., Azcón-Aguilar, C., Jeffries, P. and Barea, J.M. (2001). Management of indigenous plant-microbe symbioses aids restoration of Desertified ecosystems, *Applied and Environmental Microbiology*, 67, 495-498.
- [32] Sharma, D., Kapoor, R. and Bhatnagar, A.K. (2009). Differential growth response of *Curculigo orchioides* to native arbuscular mycorrhizal fungal (AMF) communities varying in number and fungal components, *European Journal of Soil Biology*, 45, 328-333.