

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

وزارت جهاد کشاورزی
سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی
مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

احیای مراتع ییابانی

با استفاده از نهال های میکوریزی نتر

(*Astragalus squarrosus* Bunge)

نگارندگان:

نادیا کمالی، محمد متینی زاده و الهام نوری

عنوان طرح منتج به نشریه	کد مصوب
جداسازی و شناسایی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و تولید نهال‌های میکوریزی سه گونه <i>Astragalus squarrosus</i> و <i>Astragalus effuses</i> <i>Astragalus podolobus</i>	۹۷۰۰۹۱-۰۱۴-۰۹-۰۹-۲



عنوان نشریه: احیای مراتع بیابانی با استفاده از نهال‌های میکوریزی نتر (*Astragalus squarrosus* Bunge)
نگارش:

نادیا کمالی - دانشیار پژوهش بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

محمد متینی‌زاده - دانشیار پژوهش بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

الهام نوری - کارشناس محقق بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

تهیه شده در: مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور، اداره ترویج و انتقال یافته‌های تحقیقاتی، بخش تحقیقات مرتع

مدیر داخلی: فاطمه عباسپور

ویراستار ادبی: مریم نوبخت

صفحه آرا: مریم نوبخت

نوبت چاپ: اول - ۱۴۰۳

شمارگان: الکترونیکی

نشانی: بزرگراه تهران-کرج، خروجی پیکانشهر، شهرک سرو آزاد، خیابان شهید علی گودرزی، بلوار باغ گیاه‌شناسی ملی ایران، مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع کشور

سندوق پستی: ۱۱۶-۱۳۱۸۵ **تلفن:** ۵-۴۴۷۸۷۲۸۲-۰۲۱ **وبسایت:** www.rifr-ac.ir

این نشریه به شماره ۶۶۳۴۴ در تاریخ ۱۴۰۳/۰۸/۲۶ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.

ISBN : 978-964-473-558-5



9 789644 735585

هدف

- تهیه کود زیستی از قارچ‌های آریسکولار همزیست نتر (*Astragalus squarrosus*)
- تولید نهال‌های میکوریزی با استفاده از مایه تلقیح میکوریزی اختصاصی گونه
- احیای مراتع مناطق بیابانی و استپی با استفاده از نهال‌های میکوریزی (*Astragalus squarrosus*)

مخاطبان

- کارشناسان سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور
 - کارشناسان دفاتر فنی بخش مرتع ادارات منابع طبیعی و آبخیزداری کشور
 - بهره‌برداران محلی به‌ویژه ساربانان
-

فهرست

- ۱.....چکیده
- ۲.....نتر (*Astragalus squarrosus*)، مقاوم و سودمند
- ۴.....در همزیستی گیاهان و قارچ‌های میکوریزی آربسکولار چه می‌گذرد؟
- ۵.....همزیستی قارچ‌های آربسکولار و جنس گون
- ۶.....منطقه مورد پژوهش
- ۷.....مراحل انجام کار
- ۱۵.....اندازه‌گیری متغیرهای گیاهی در گلخانه و عرصه
- ۱۹.....نتیجه‌گیری
- ۲۰.....منابع

چکیده

جایگاه مراتع در حفظ امنیت غذایی، منابع آب و خاک و تنوع زیستی هر روزه بیش از پیش نمایان می‌گردد. بوم‌سازگان طبیعی در اثر استفاده نادرست انسانی (بهره‌برداری بی‌رویه، چرای مفرط، معدن‌کاوی، جاده‌سازی و غیره) و شرایط نامساعد طبیعی (خشکسالی، محدودیت منابع آبی، شوری خاک و غیره) به شدت تخریب یافته و با کاهش عملکرد مواجه شده‌اند. بهبود پوشش گیاهی در این مناطق، توسط فرآیندهای طبیعی توالی، بسیار کند صورت می‌گیرد. افزون بر این، کمبود عناصر غذایی موجود در خاک و شرایط نامساعد رویشی، باعث می‌شود تا روش‌های سنتی در احیای اراضی تخریب‌یافته با موفقیت کمی همراه باشد. برای استفاده بهینه از منابع خاک و آب در دسترس، لازم است روش‌های مناسبی را در زمینه افزایش عملکرد گونه‌های گیاهی ارائه داد. همزیستی بین گیاهان و قارچ‌های میکوریزی می‌تواند نتایج مثبت بر زنده‌مانی، استقرار، تولید و عملکرد گیاهان داشته باشد. در سال‌های اخیر، از همزیستی بین میکوریز و گیاهان به‌عنوان ابزاری برای اصلاح و احیای اراضی تخریب‌یافته استفاده شده است. نتر با نام علمی *Astragalus squarrosus* Bunge گستره قابل توجهی از مناطق استپی و بیابانی کشور را به‌خود اختصاص می‌دهد، با توجه به شرایط موجود و عدم امکان زادآوری طبیعی و استقرار این گونه در مراتعی که پیش از این در آن‌ها حضور داشته، استفاده از نهال‌های میکوریزی این گونه برای احیای این مراتع توصیه می‌شود. کارشناسان و بهره‌برداران با کمک این دستورالعمل و با شیوه‌ی گام‌به‌گام امکان تولید مایه تلقیح، نهال‌های میکوریزی و احیای مراتع مناطق خشک و بیابانی را خواهند داشت.

واژه‌های کلیدی: قارچ‌های آربسکولار، *Astragalus squarrosus*، مایه تلقیح، زیست‌بوم‌های خشک

نتر (*Astragalus squarrosus*)، مقاوم و سودمند

جنس گون (*Astragalus*) متعلق به قبیله Galegeae از تیره نخود است و گیاهانی یک یا چندساله و دارای فرم‌های رویشی متنوع از علفی تا درختچه‌ای را شامل می‌شود. این جنس به‌عنوان بزرگ‌ترین جنس گیاهان آوندی، شامل حدود ۳۴۰۰ گونه و ۲۵۰ بخش است (محمودی و همکاران، ۱۳۸۸).

گون‌ها با ۸۴۴ گونه از بزرگ‌ترین جنس‌های گیاهی ایران محسوب می‌شوند که از این تعداد ۶۲۰ گونه انحصاری ایران هستند (معصومی، ۱۳۹۵). نتر با نام علمی *Astragalus squarrosus* Bunge متعلق به خانواده پروانه‌آسا (Papilionaceae) می‌باشد که در گویش محلی به آن "سوس" هم می‌گویند (مظفریان، ۱۳۷۷). نام‌های مترادف آن در منابع گیاه‌شناسی *Astragalus farsicus* Širj. & Rech.f. و *Astragalus biabanensis* Širj. & Rech.f. می‌باشد (آذرنیوند و همکاران، ۱۳۹۰).

این گیاه چندساله، بوته‌ای، پرپشت یا درختچه‌ای به ارتفاع ۸۰ تا ۱۲۰ سانتی‌متر، دارای ساقه‌ها و شاخه‌های سبز مایل به خاکستری، برگ‌های خاکستری تا نقره‌ای رنگ با کرک‌های ریز سفید و گل‌های ارغوانی تا بنفش که در اراضی مسطح تا تپه‌های شنی که جابه‌جایی ماسه‌های روان است رویش دارد (دستمالچی و عمارتی، ۱۳۷۱). میزان بارندگی در رویشگاه‌های این گونه در بیشتر موارد از ۵۰ تا ۲۵۰ میلی‌متر متغیر است.



شکل (۱) گونه نتر در رویشگاه طرود (استان سمنان)

گونه گون مورد پژوهش، پراکنش گسترده‌ای در پهنه‌های استپی و بیابانی کشور داشته و در ماسه‌زارهای نواحی خشک تا نیمه‌خشک، از مرکز تا گوشه و کنار ایران، به شکل پوشش گیاهی غالب دیده می‌شود. سازگاری بالای این گونه با شرایط سخت اقلیمی، از جمله دمای بالا و خشکسالی شدید، آن را به گزینه‌ای ارزشمند برای تثبیت شن‌های روان و حفاظت از خاک تبدیل کرده است. افزون بر این، این گیاه منبع مهمی از علوفه، به‌ویژه برای شتر، محسوب شده و نقش مؤثری در حفظ چرخه آب و خاک در مناطق خشک و نیمه‌خشک ایفا می‌کند.

در همزیستی گیاهان و قارچ‌های میکوریزی آربسکولار چه می‌گذرد؟

نتایج تحقیقات نشان داده است که در بوم‌سازگان طبیعی، ۹۰ درصد ریشه گیاهان با قارچ‌های میکوریزی همزیستی دارند، این قارچ‌ها نقش بسیار مهمی در تکامل گیاهان از گذشته تا امروز داشته‌اند، همچنین با چالش‌های زیست‌محیطی حال حاضر، اهمیت زیادی در حفظ بقای گیاهان دارند (Berruti et al, 2018; Begum et al., 2021). گیاهان در زمان قرار گرفتن در معرض محدودیت آب و مواد غذایی، فقط از طریق سیستم ریشه قادر به دریافت آب و مواد غذایی نیستند، در این شرایط بحرانی، شبکه گسترده‌ای منشعب از هیف‌های قارچ میکوریزی، راه‌گشای گیاهان برای بقا و ادامه حیات است (Saha et al., 2022). جذب و انتقال آب، عناصر فسفر، نیتروژن، پتاسیم، کلسیم، گوگرد، مس و روی و بسیاری از ریزمغذی‌ها به گیاهان توسط شبکه ایجاد شده از هیف‌های این قارچ‌ها صورت می‌گیرد (Adeyemi et al., 2021).

آنچه استقرار گیاهان را در عرصه‌های طبیعی با کمک قارچ‌های میکوریز آربسکولار، آسان‌تر می‌کند، افزایش مقاومت آنها به انواع تنش‌های محیطی مانند تنش‌های خشکی، شوری، آلودگی به فلزات سنگین، افزایش دمای شدید و ناگهانی و آفت‌ها و بیماری‌ها است (Wang et al., 2023).

مهم‌ترین تهدید حال حاضر خاک‌های جهان، فرسایش است (Montanarella et al, 2016)، قارچ‌های میکوریز آربسکولار با بهبود دانه‌سازی خاک (تشکیل، تثبیت و توسعه خاک‌دانه‌ها)، بهبود ساختمان خاک، تأثیر بر چرخه کربن و نیتروژن، افزایش ترسیب کربن در خاک و تجمع عناصر غذایی در خاک ضمن حفظ خاک و کاهش فرسایش، موجب حاصلخیزی خاک می‌شوند (Fofana et al, 2022).

نتایج به‌دست آمده از پژوهش‌های بیشمار در سطح جهان، در زمینه قارچ‌های میکوریز برای افزایش استقرار و رشد گیاهان نشان داد که استفاده از مایه تلقیح میکوریزی یا تولید نهال‌های میکوریزی موجب افزایش زنده‌مانی و رشد بهتر گیاهان می‌شود (Liu et al., 2021). در واقع قارچ‌های میکوریزی با بهبود حاصلخیزی خاک، کمک به جذب و انتقال آب و مواد غذایی به گیاه و افزایش مقاومت گیاهان به انواع تنش‌های محیطی، موجب افزایش زنده‌مانی، رشد، شادابی، بنیه و زادآوری گیاهان می‌شوند.

همزیستی قارچ‌های آربسکولار و جنس گون

همزیستی بین قارچ‌های میکوریز آربسکولار و جنس گون در پژوهش‌های مختلف بررسی و همزیستی میکوریزی در بسیاری از گونه‌های جنس گون مشاهده شده است (Lin et al., 2019; Primieri et al., 2022). مطالعات مختلفی از تأثیر مثبت قارچ‌های میکوریزی بر رشد و عملکرد گونه‌های گون مشاهده شده است که از جمله می‌توان به بهبود استقرار و عملکرد گونه *Astragalus adsurgens* تحت تنش خشکی (Zuo et al., 2022)، تحمل افزایش تنش‌های محیطی در *Astragalus nebrodensis* (Venice et al., 2023)، افزایش مقاومت به قارچ سفیدک (*Erysiphe pisi*) در *Astragalus adsurgens* (Liu et al., 2018)، تحمل تنش سرمایی در جنس گون (Ding et al., 2024) و همچنین همزیستی مؤثر میکوریزی در سه گونه گون *Astragalus squarrosus*، *Astragalus effuses* و *Astragalus podolobus* (کمالی و همکاران، ۱۴۰۰)، اشاره کرد.

منطقه مورد پژوهش

بررسی‌های مورد نظر بر گونه *Astragalus squarrosus* در منطقه ترود (طرود) استان سمنان صورت گرفت. سایت مورد پژوهش در موقعیت جغرافیایی ۳۵ تا ۳۶ درجه عرض شمالی و ۵۵ درجه طول شرقی با ارتفاع متوسط ۸۵۰ متر واقع گردیده است. میانگین بارش سالانه ۱۰۲ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه ۱۶/۹۵ درجه سانتی‌گراد، میانگین کمینه دما ۳/۵۵ درجه سانتی‌گراد در دی و بیشینه دما ۴۰/۴۱ درجه سانتی‌گراد در تیر است. منطقه دارای تیپ فیزیوگرافی دشت‌های دامنه‌ای با خاک‌های کم‌عمق تا نیمه‌عمیق سنگریزه‌دار همراه با املاح به نسبت زیاد است. (شکل ۲). در واقع این منطقه رویشگاه گونه نتر بوده و این گونه در این منطقه به‌صورت تیپ مشاهده می‌شود.

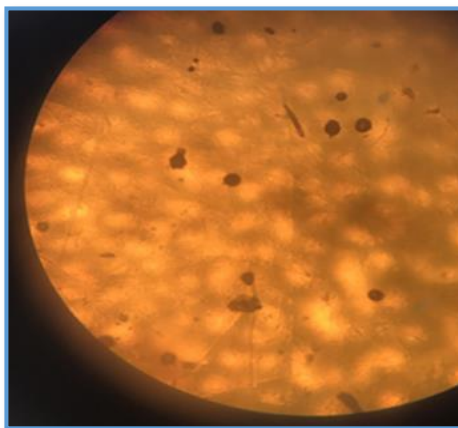


شکل ۲) منطقه مورد پژوهش

مراحل انجام کار

شناسایی قارچ‌های میکوریز آربسکولار همزیست با نتر

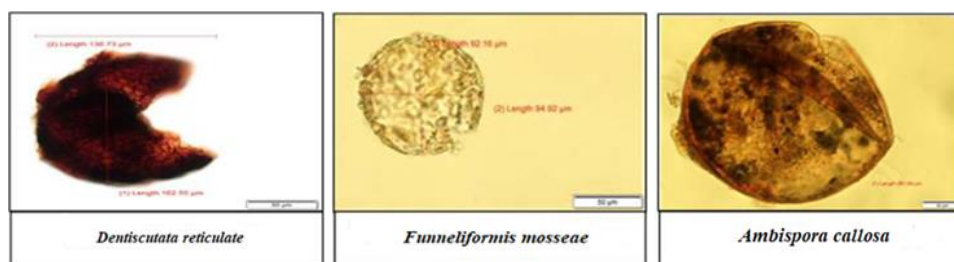
برای شناسایی قارچ‌های غالب میکوریز آربسکولار همزیست با گونه *A. squarrosus*، ابتدا خاک از محیط ریزوسفر گیاه برداشت و به محیط آزمایشگاه منتقل و سپس شناسایی قارچ‌های همزیست از طریق ویژگی‌های مورفولوژیکی انجام شد (شکل‌های ۳ و ۴).



شکل ۳) نمونه‌برداری ریزوسفر و انتقال به آزمایشگاه
برای جداسازی و شناسایی قارچ‌های غالب بومی منطقه

تولید مایه تلقیح میکوریزی

قارچ‌های میکوریزی آربسکولار همزیست‌های اجباری هستند که تکثیر آنها در محیط‌های کشت رایج برای قارچ‌ها امکان‌پذیر نیست. بنابراین برای تکثیر آنها از گیاهانی استفاده می‌شود که شرایط لازم را برای تکثیر قارچ‌های میکوریزی فراهم می‌کنند. این گیاهان به‌طور معمول سرعت رشد بالایی داشته و با توجه به درصد بالای آلودگی ریشه سبب تکثیر فراوان قارچ‌ها می‌گردند. بدین منظور، گیاه ذرت (*Zea mays*) به‌عنوان گیاه تله استفاده می‌شود. تکثیر قارچ‌ها با استفاده از قارچ‌هایی که بیشترین فراوانی را داشتند، صورت گرفت. برای هر گلدان ۱۵۰ قارچ (۵۰ قارچ از سه گونه بومی منطقه که بیشترین فراوانی را داشتند) در زیر لوپ (بینوکولار) جدا و در گلدان ریخته شد و بذر ذرت در گلدان‌های حاوی قارچ‌ها کاشته شد. دو ماه پس از رویش گیاه ذرت، برای افزایش تکثیر قارچ به گلدان‌ها تنش خشکی وارد شد و گلدان‌ها به‌مدت سه ماه آبیاری نشدند. به‌این ترتیب قارچ‌های میکوریزی در شرایط تنش خشکی شروع به تکثیر کرده و خاک گلدان‌ها دارای کود زیستی یا مایه تلقیح می‌شود (شکل ۵).



شکل ۴) قارچ‌های میکوریزی غالب همزیست با گونه *A. squarrosus*

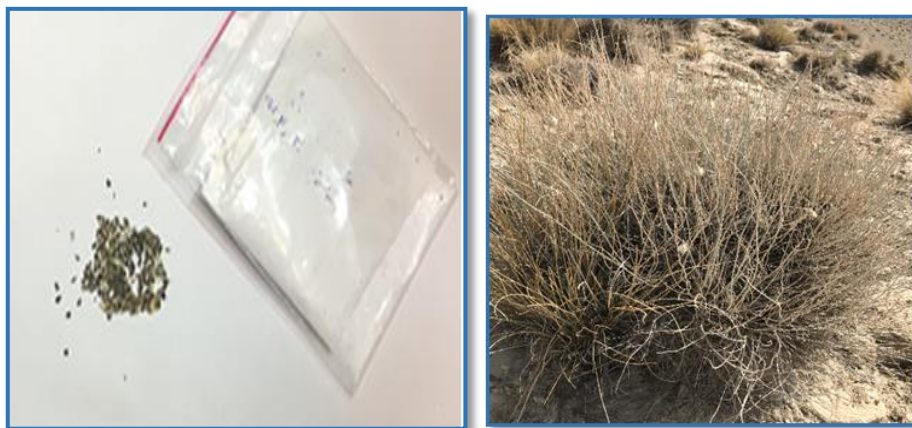


شکل ۵) تولید مایه تلقیح میکوریزی با استفاده از گیاه تله ذرت

جمع‌آوری بذر گون از رویشگاه‌های طبیعی

بهترین زمان جمع‌آوری بذر در مناطق مختلف بسته به زمان شروع افزایش دما متفاوت است، اما به‌طور معمول از اواسط تا اواخر خرداد زمان مناسب جمع‌آوری بذر است، بذرها باید رسیده بوده و از رطوبت مناسب برخوردار باشند (شکل ۶).

۱۰ / احیاء مراتع بیابانی با استفاده از نهال‌های میکوریزی نتر (*Astragalus squarrosus*)



شکل ۶) جمع‌آوری بذر از منطقه طرود استان سمنان

نگهداری و بوجاری بذر

پس از جمع‌آوری بذرهای بوجاری صورت گرفت و بذور نرسیده، پوک و شکسته جدا شد و تا زمان انجام پرایمینگ در ظروف پلاستیکی دربسته، در دمای ۵۰ درجه سانتی‌گراد نگهداری شدند.



شکل ۷) بوجاری بذرهای جمع‌آوری شده

احیاء مراتع بیابانی با استفاده از نهال‌های میکوریزی نتر (*Astragalus squarrosus*) / ۱۱

تیمار خراش‌دهی

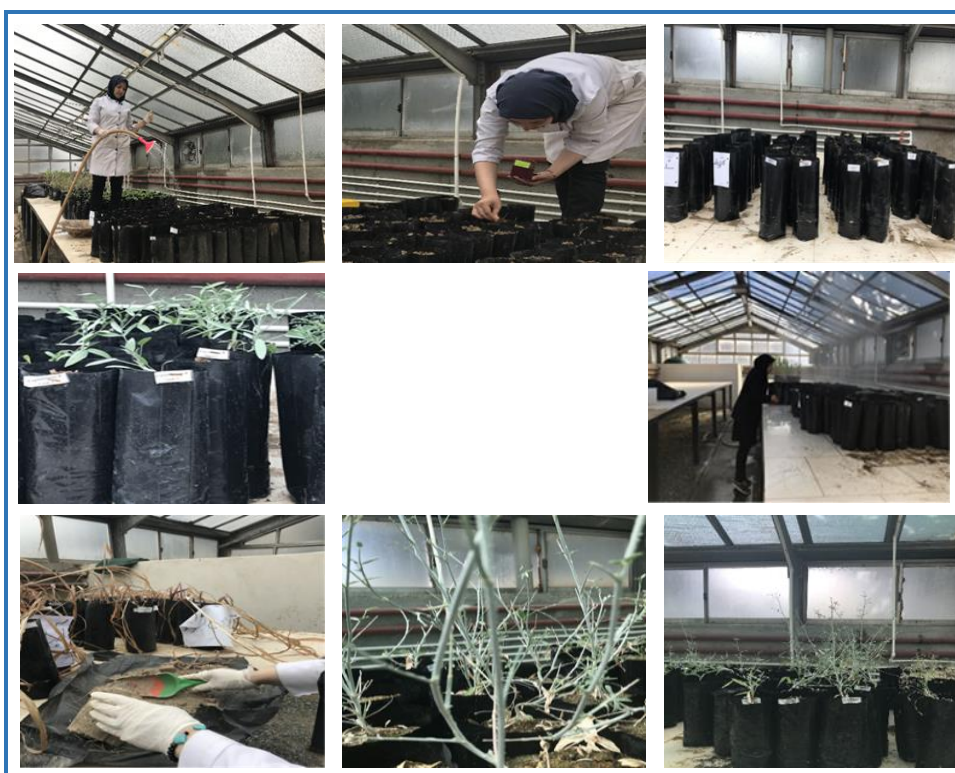
پیش از انجام پرایمینگ خراش‌دهی بذرها توسط سنباده صورت گرفت و به مدت دو ساعت در آب ۴۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند.



شکل ۸) تیمار خراش‌دهی و قراردادن در آب ۴۵ درجه سانتی‌گراد

تهیه نهال میکوریزی

بذر گونه *A. squarrosus* را در گلدان‌هایی پر شده با خاک با بافت سبک (دو قسمت خاک + یک قسمت ماسه + یک قسمت کود حیوانی پوسیده) و دارای مایه تلقیح میکوریزی (مایه تلقیح میکوریزی به نسبت یک به ده به صورت لایه لایه به خاک گلدان اضافه می‌شود)، کاشتیم. گیاهان پس از رسیدن به اندازه مناسب، در نهایت آماده کاشت در عرصه شدند (شکل ۹).



شکل ۹) تولید نهال میکوریزی نتر

زمان کاشت نهال‌ها در عرصه

بهترین زمان برای انتقال نهال‌های گلدانی با توجه به شرایط آب و هوایی و شروع بارندگی‌های بهاره، اسفند است. آبیاری گلدان‌ها قبل از انتقال به عرصه نیز ضروری است (شکل ۱۰).



شکل ۱۰) انتخاب زمان و انتقال و کاشت نهال‌ها به عرصه

روش کاشت

برای کاشت نهال‌های گلدانی در عرصه، چاله‌های فلسی‌شکل به قطر ۲۰ و عمق ۳۰ سانتی‌متر و به فاصله ۳ متر از یکدیگر حفر کرده و پس از پاره نمودن قسمت ته و اطراف گلدان پلاستیکی، آن را داخل چاله قرار داده و اطرافش با خاک پر شد. گلدان را باید طوری درون چاله قرار داد که سطح آن کمی پایین‌تر از سطح زمین قرار گیرد تا آب به‌خوبی به‌سمت بوته هدایت شود (شکل ۱۱).



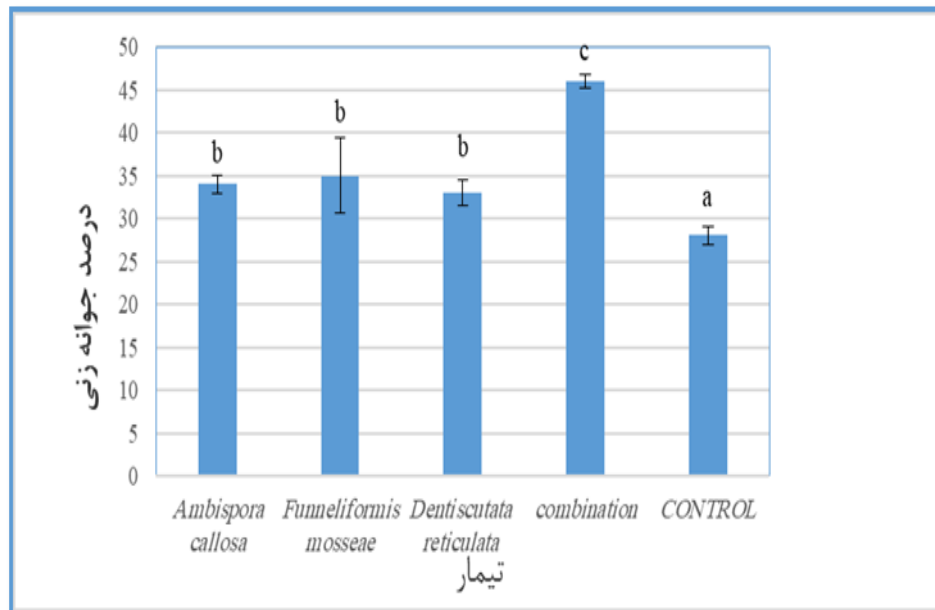
شکل ۱۱) کاشت در عرصه شهرستان طرود (استان سمنان)



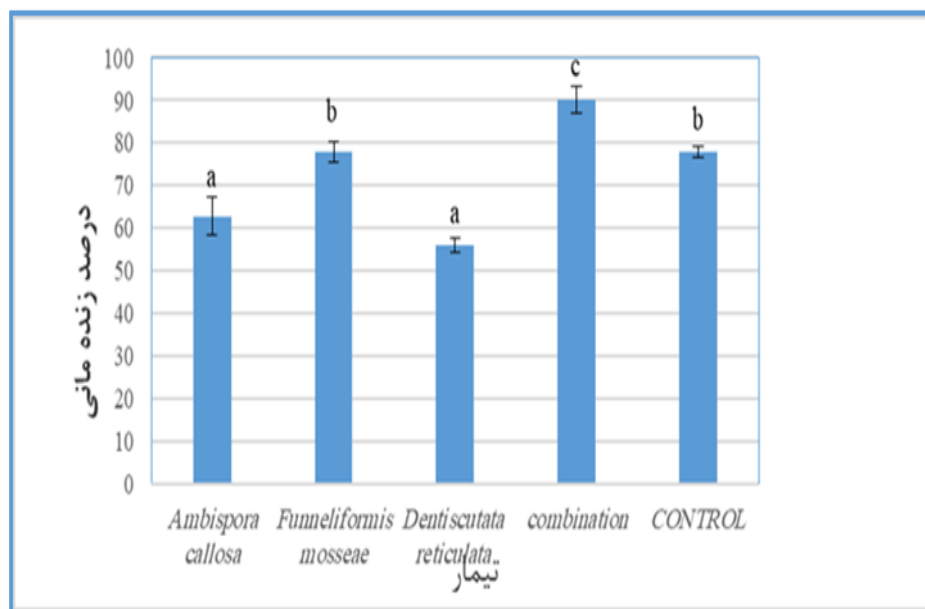
شکل ۱۲) استقرار نهال‌های میکوریزی شده در عرصه

اندازه‌گیری متغیرهای گیاهی در گلخانه و عرصه

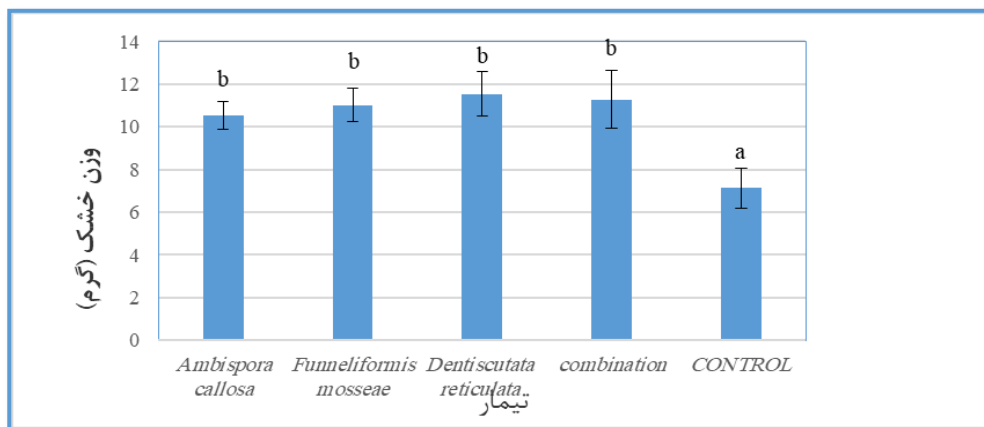
تیمار نهال‌های نته با سه گونه قارچ میکوریز آریسکولار (*Ambispora callosa*، *Funneliformis mosseae*، *Dentiscutata reticulata*) و تیمار مخلوط سه قارچ بر متغیرهای گیاهی شامل درصد جوانه‌زنی بذرها، درصد زنده‌مانی، وزن خشک کل گیاه و طول ریشه گیاه در شرایط گلخانه تاثیر مثبت معنی‌داری داشت. البته شایان ذکر است که تاثیر میکوریزی شدن بر درصد زنده‌مانی نهال‌ها فقط در تیمار مخلوط قارچ و تیمار قارچ *Funneliformis mosseae* مشاهده شد (شکل‌های ۱۳، ۱۴، ۱۵ و ۱۶).



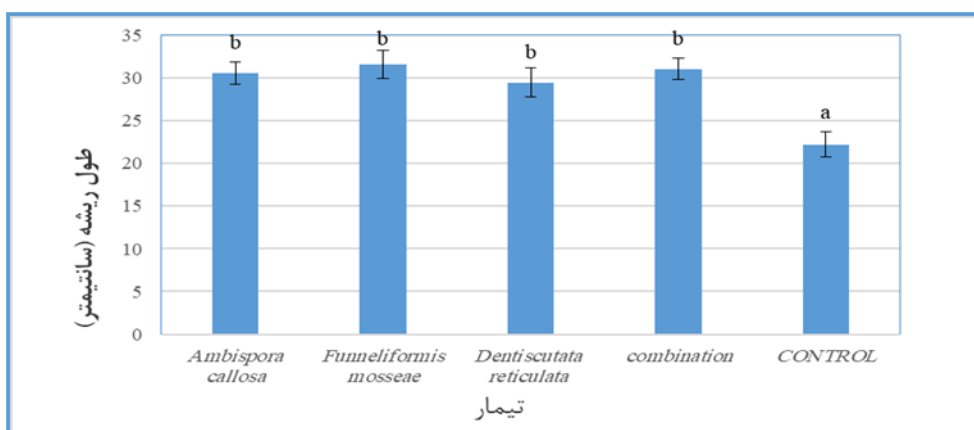
شکل ۱۳. میانگین درصد جوانه‌زنی *A. squarrosus* تحت تأثیر تیمارهای قارچی



شکل ۱۴. میانگین درصد زنده‌مانی *A. squarrosus* تحت تأثیر تیمارهای قارچی

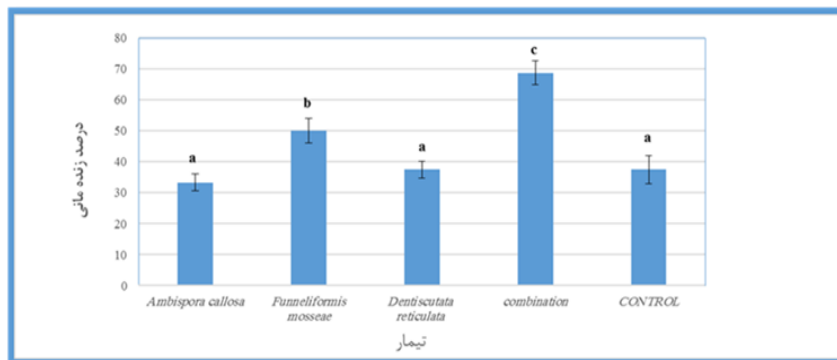


شکل ۱۵) وزن خشک *A. squarrosus* تحت تأثیر تیمارهای قارچی

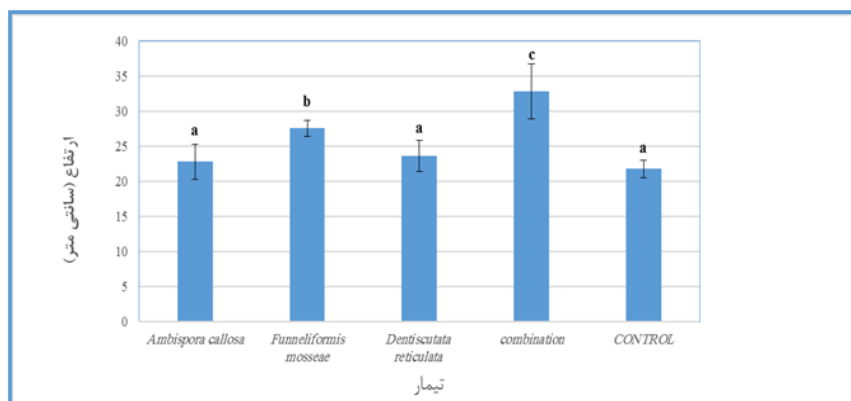


شکل ۱۶) طول ریشه *A. squarrosus* تحت تأثیر تیمارهای قارچی

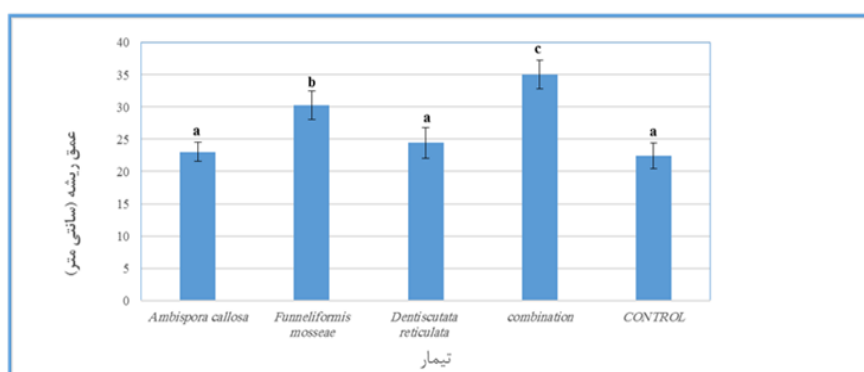
در عرصه کاشت نیز درصد زنده‌مانی، ارتفاع بوته و عمق ریشه‌دوانی نهال‌های میکوریزی شده با تیمارهای مخلوط قارچی و قارچ *Funneliformis mosseae* به‌طور معنی‌داری بیشتر از نهال‌های شاهد بود (شکل‌های ۱۷، ۱۸ و ۱۹).



شکل ۱۷) درصد زنده مانده نهال‌های میکوریزی *A. squarrosus* در عرصه



شکل ۱۸). ارتفاع نهال‌های میکوریزی *A. squarrosus* در عرصه



شکل ۱۹). عمق ریشه نهال‌های میکوریزی *A. squarrosus* در عرصه

نتیجه‌گیری

انتخاب نتر، برای انجام این تحقیق، به دلیل عدم استقرار موفقیت آمیز این گونه در طرح پژوهشی "کشت و استقرار گونه‌های پهن‌برگان بومی مهم مرتعی"، در شرایط فعلی مراتع کشور بوده‌است. پژوهش حاضر نشان داد که تلقیح میکوریزی این گونه با استفاده از قارچ‌های بومی همزیست با گیاه موجب افزایش درصد استقرار و زنده‌مانی گیاه و همچنین بهبود عملکرد آن می‌شود. از میان تیمارهای مورد پژوهش، استفاده از تیمار مخلوط سه قارچ تأثیر بیشتری بر استقرار و رشد گیاه داشت. افزون بر استقرار بیشتر نهال‌های میکوریزی در عرصه نسبت به نهال‌های شاهد، افزایش عمق ریشه‌دوانی در نهال‌های میکوریزی نیز مشاهده شد. این متغیر با توجه به اینکه گیاهان مناطق خشک ناچار به دریافت آب از اعماق بیشتر خاک هستند، از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. زیرا، با توجه به مسئله تغییر اقلیم که تغییرات عمده‌ای به‌ویژه بر دما و بارش داشته‌است، تحمل شرایط سخت و استقرار در محیط برای بسیاری از گیاهان دشوار و گاهی غیرممکن شده است، یافته‌های پژوهش حاضر نشان داد که استفاده از نهال‌های میکوریزی شده نتر برای کاشت در عرصه می‌تواند توانایی این گیاهان برای تحمل شرایط سخت را بیشتر و راحت‌تر کند.

منابع

- آذرنیوند، ح.، طولیلی، ع.، صادقی، س. ع.، جعفری، م.، زارع، م. ع. ۱۳۹۱. بررسی خصوصیات بوم‌شناختی گونه نتر (*Astragalus squarrosus*) در رویشگاه‌های کاشان. نشریه مرتع و بیابان، دوره ۱۸، شماره ۳، ۳۸۳-۳۷۲.
- دستمالچی، ح. و عمارتی، ع. ۱۳۷۱. بررسی گونه‌های گیاهی سازگار شده در مناطق بیابانی و کویری کاشان. مجموعه مقالات سمینار بررسی مسائل مناطق بیابانی و کویری ایران، یزد، ۵۱۳-۵۰۷.
- کمالی، ن.، متینی‌زاده، م.، نوری، الف.، سوری، م.، دهقان، ر. ۱۴۰۰. جداسازی و شناسایی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و تولید نهال‌های میکوریزی سه گونه *Astragalus squarrosus*، *Astragalus effuses* و *Astragalus podolobus*، نشریه مرتع، سال پانزدهم، شماره سوم، ۴۲۰-۴۱۱.
- محمودی، م.، معصومی، ع.ا. و حمزه‌ای، ب. ۱۳۸۸. پراکنش جغرافیایی گون در ایران. رستنی‌ها، ۱۰(۱): ۱۳۲-۱۱۲.
- معصومی، ع.ا. ۱۳۹۵. نقش گونستان‌ها در تعادل اکوسیستم. طبیعت ایران، ۱(۱): ۴۷-۴.
- Adeyemi, N. O., Atayese, M. O., Sakariyawo, O. S., Azeez, J. O., and Ridwan, M. (2021). Arbuscular mycorrhizal fungi species differentially regulate plant growth, phosphorus uptake and stress tolerance of soybean in lead contaminated soil. J. Plant Nutr. 44, 1633–1648.
- Begum, N., Akhtar, K., Ahanger, M. A., Iqbal, M., Wang, P. P., Mustafa, N. S., et al. (2021). Arbuscular mycorrhizal fungi improve growth, essential oil, secondary metabolism, and yield of tobacco (*Nicotiana tabacum* L.) under drought stress conditions. Environ. Sci. pollut. Res. 28, 45276–45295.
- Berruti A., Lumini E., Balestrini R., Bianciotto V. (2018). Arbuscular Mycorrhizal Fungi as Natural Biofertilizers: Let's Benefit from Past Successes. Front. Microbiol., 6: 1-13.
- Ding, J. J., Zhou, G. J., Chen, X. J., Xu, W., Gao, X. M., Zhang, Y. Z., Jiang, B., Li, H. F., Wang, K. L. (2024). Analysis of Microbial Diversity and Community Structure of Rhizosphere Soil of Three *Astragalus* Species Grown in Special High-Cold Environment of Northwestern Yunnan, China. Microorganisms, 12, 539.
- Fofana, Fl. Abdoulaye., Nakabonge, G., Ssekandi, J., Founoune-Mboup, H., Obeng, S. A., Ndiaye, A., Badji, A., Ngom, K. (2022). Roles of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Soil Fertility: Contribution in the Improvement of Physical, Chemical, and Biological Properties of the Soil. Front. Fungal Biol. 3:723892. 1-11.

- Lin, J., He, R., Ping, L., Wu, W. J., and Li, Q. (2019). Preliminary separation and identification of arbuscular mycorrhizal fungi from rhizosphere soil of *Astragalus membranaceus* in Shanxi. *J. Shanxi Coll. Trad. Chinese Med.* 20, 337–339+343.
- Liu, L., Li, D., Ma, Y. L., Shen, H. T., Zhao, S. M., and Wang, Y. F. (2021). Combined application of arbuscular mycorrhizal fungi and exogenous melatonin alleviates drought stress and improves plant growth in tobacco seedlings. *J. Plant Growth Regul.* 40, 1074–1087.
- Liu, Y., Feng, X., Gao, P., Li, Y., Christensen, M. J., Duan, T. (2018). Arbuscular mycorrhiza fungi increased the susceptibility of *Astragalus adsurgens* to powdery mildew caused by *Erysiphe pisi*. *Journal on Fungal Biology*, Volume 9, 134-148.
- Montanarella, L., Pennock, D. J., McKenzie, N., Badraoui, M., Chude, V., Baptista, I., et al. (2016). World's soils are under threat. *Soil* 2, 79–82.
- Primieri, S., Magnoli, S. M., Koffel, T., Stürmer, S. L., and Bever, J. D. (2022). Perennial, but not annual legumes synergistically benefit from infection with arbuscular mycorrhizal fungi and rhizobia: a meta-analysis. *New Phytol.* 233, 505–514.
- Saha, H., Kaloterakis, N., Harvey, J. A., van der Putten, W. H., and Biere, A. (2022). Effects of light quality on colonization of tomato roots by AMF and implications for growth and defense. *Plants-Basel* 11, 861.
- Venice, F., Colasuonno, P., Lombardo, E., Lumini, E., Bianciotto, V., Gargano, M. L., ... Mello, A. (2023). First morphological and molecular investigation of the mycobiota associated with *Astragalus nebrodensis* in its natural environment (Madonie mountains, Sicily). *Plant Biosystems - An International Journal Dealing with All Aspects of Plant Biology*, 157(3), 688–698.
- Wang, M., Wang Z., Guo M., Qu, L., Biere, A. (2023). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and herbivore infestation depend on availability of soil water and nutrients. *frontiers, Front. Plant Sci.* 14:1101932, 1-13.
- Zuo, Y., Hu, Q., Qin, L., Liu, J., He, X. (2022). Species identity and combinations differ in their overall benefits to *Astragalus adsurgens* plants inoculated with single or multiple endophytic fungi under drought conditions. *Front. Plant Sci.*, 07, Sec. Plant Abiotic Stress, Volume 13, 1-10.