

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

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

نشریه فنی

**افزایش زنده‌مانی و بهبود ویژگی‌های رشد
کیکم (*Acer monspessulanum* L.)
در نهالستان با استفاده از قارچ‌های میکوریزی آربسکولار**

نگارش:

محمد متینی‌زاده، الهام نوری، طاهره علی‌زاده و یونس رستمی‌کیا

عنوان طرح منتج به نشریه	کد مصوب
ارزیابی همزیستی میکوریز آربسکولار چند گونه‌ی مختلف درختی و درختچه‌ای جنگل‌های نیمه‌خشک برای تولید نهال‌های میکوریزی گونه‌های ارس، بنه، داغداغان، کیکم و زالزالک	۲-۰۹-۰۹-۹۲۱۰۴



عنوان نشریه: افزایش زنده‌مانی و بهبود ویژگی‌های رشد کیکم (*Acer monspessulanum* L.) در نهالستان با استفاده از قارچ‌های میکوریزی آربسکولار
نگارش:

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

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

طاهره علی‌زاده - کارشناس بخش تحقیقات جنگل، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران، ایران

یونس رستمی‌کیا - استادیار پژوهش، بخش تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی استان اردبیل، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اردبیل، ایران
تهیه شده در: مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور / اداره ترویج و انتقال یافته‌های تحقیقاتی / بخش تحقیقات جنگل

مدیر داخلی: فاطمه عباسپور

ویراستار ادبی: اصغر احمدی

نوبت چاپ: اول

شمارگان: الکترونیکی

قیمت: رایگان

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

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

این نشریه به شماره ۶۴۳۱۳ در تاریخ ۱۴۰۲/۰۷/۲۵ در مرکز اطلاعات و مدارک علمی کشاورزی به ثبت رسیده است.

هدف

- جداسازی و تکثیر قارچ‌های میکوریزی بومی همزیست با گونه کیکم از طبیعت با استفاده از گیاه تله
- برقراری همزیستی میان گونه کیکم و قارچ‌های تکثیرشده
- تولید نهال‌های میکوریزی گونه کیکم و ارزیابی پارامترهای رویشی نهال‌ها

مخاطبان

- محققان، کارشناسان سازمان منابع طبیعی و آبخیزداری کشور، مدیران ادارات منابع طبیعی و تولیدکنندگان نهال
-

فهرست مطالب

چکیده	۱
درخت کیکم و اهمیت آن در جنگل‌های زاگرس	۲
افزایش توانمندی نهال‌ها در جنگل‌کاری	۲
نقش قارچ‌های میکوریز آربسکولار در همزیستی با گیاه	۳
مراحل انجام کار	۶
- جمع‌آوری نمونه‌های خاک و ریشه	۶
- شناسایی قارچ‌های همزیست با ریشه گونه کیکم	۷
- تکثیر اسپور، هیف و قطعات ریشه قارچ‌های میکوریزی با کاشت ذرت	۸
- جمع‌آوری میوه‌های رسیده و اعمال تیمار جوانه‌زنی	۹
- تلقیح بذره‌های تیمار شده کیکم با قارچ‌های میکوریزی و تولید کیکم میکوریزی	۹
نتیجه‌گیری	۱۲
منابع مورد استفاده	۱۳

چکیده

کیکم گونه‌ای است ارزشمند و تأثیرگذار در ترکیب و تنوع عناصر رویشی جنگل‌های زاگرس که جایگاه بسیار ویژه‌ای از نظر اکولوژیک و جنبه‌های زیباشناختی دارد و می‌تواند یکی از گونه‌هایی باشد که از آن در احیا، توسعه و بهبود تنوع رستنی‌های خشبی توده‌های جنگلی مزوفیل که تخریب شده‌اند استفاده شود. یکی از تکنیک‌های زیستی برای تولید نهال سالم و قوی برای نهال‌کاری موفق در رویشگاه‌های تخریب شده، تلقیح ریشه نهال‌ها با میکروارگانیسیم‌های محرک رشد است. قارچ‌های میکوریزی از مهمترین میکروارگانیسیم‌های خاک بوده و با توانایی ایجاد همزیستی با ریشه بیشتر گیاهان در اکوسیستم‌های طبیعی، در جذب آب و مواد غذایی به گیاه میزبان کمک کرده و باعث افزایش زنده‌مانی، رشد و مقاومت آنها در برابر تنش‌های محیطی می‌شوند. در این نشریه، نحوه تولید مایه‌تلقیح قارچ‌های میکوریزی آربسکولار همزیست با کیکم، تولید نهال میکوریزی کیکم در نهالستان و اثر قارچ‌های میکوریزی تشریح شده است.

واژه‌های کلیدی: تلقیح قارچ میکوریزی، نهال کیکم، نهالستان

درخت کیکم و اهمیت آن در جنگل‌های زاگرس

کیکم با نام علمی *Acer monspessolaum* L. یکی از گونه‌های مهم جنس *Acer* از خانواده افرا (Aceraceae) و راسته Sapindales است (اسدی و همکاران، ۱۳۹۹). در آسیا، اروپا، آمریکای شمالی و شمال آفریقا پراکنش دارد. در حال حاضر تقریباً ۱۲۶ گونه افرا شناخته شده است که بیش از نیمی از آنها در چین پراکنش دارند (اسدی و همکاران، ۱۳۹۹). پنج زیر گونه آن در ایران به طور عمده در دامنه‌های البرز و زاگرس انتشار دارند (نصیری، ۱۳۸۷). کیکم درخت کوچکی است که ارتفاع آن به‌ندرت به بیش از ده متر می‌رسد. مهمترین صفات شناساگر این جنس، داشتن میوه به شکل دو فندقه بالدار یا دو سامار و برگ‌های متقابل آن است. چوب آن کیفیت بالایی برای ساخت آلات موسیقی و کابینت‌سازی دارد (نصیری، ۱۳۸۷). کیکم یکی از گونه‌های مقاوم منطقه رویشی زاگرس محسوب می‌شود و در جنگل‌های غرب همراه با درختان بلوط مشاهده می‌شود و در ارتفاعات استان کردستان، لرستان، فارس، کرمانشاه و چهارمحال و بختیاری رشد می‌کند (ثابتی، ۱۳۵۵). کیکم با کلیه شرایط سخت محیطی سازگاری داشته و با تحمل شرایط نامساعد، هنوز در فلور این منطقه به طور پراکنده و آمیخته با گونه‌های دیگر نقش مهمی در حفاظت خاک و آبخیزها به عهده دارد. این گونه جزو گونه‌های در حال انقراض و در گروه ذخایر طبیعی مدیریت‌شده قرار دارد که حفظ آن به عنوان یکی از ذخایر توارثی گونه‌های جنگلی، از اهمیت خاصی برخوردار می‌باشد و لازم است در پروژه‌های نهال‌کاری در اراضی تخریب‌شده از آن استفاده شود.

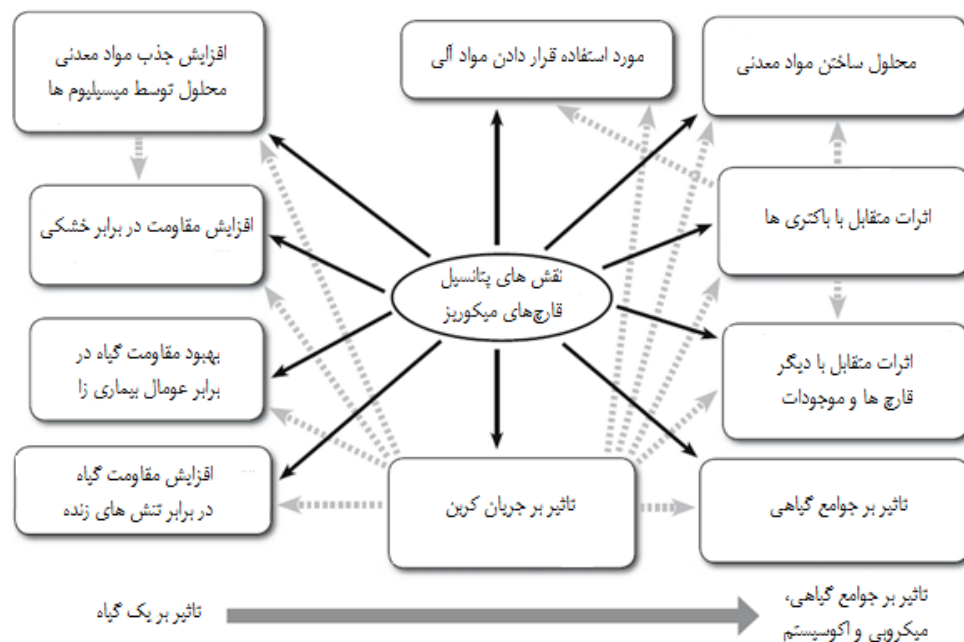
افزایش توانمندی نهال‌ها در جنگل‌کاری

برای افزایش امکان زنده‌مانی، استقرار و رشد و سازگاری نهال‌ها در شرایط سخت محیطی، کیفیت نهال‌های استفاده‌شده بسیار مهم است. به‌طوری‌که استفاده از میکروارگانیزم‌های ریزوسفری همزیست با گیاهان، در افزایش استقرار و بهبود صفات رویشی نهال‌های جنگلی افزایش پیدا کرده است. یکی از این گروه‌های بسیار مهم، قارچ‌های میکوریزی آربسکولار هستند که در جذب آب و عناصر غذایی خاک،

افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی (تنش خشکی)، افزایش مقاومت در برابر عوامل بیماری‌زا و افزایش زنده‌مانی و رشد رویشی گیاه به‌صورت چشمگیری مؤثر هستند. قارچ‌های میکوریز یکی از موجودات همزیست هستند که گیاه می‌تواند به کمک آنها دسترسی خود را برای جذب آب و مواد معدنی مورد نیاز خود افزایش دهد. در واقع در این نوع همزیستی، نه تنها گیاه مواد معدنی مورد نیاز خود را از قارچ می‌گیرد بلکه مقاومت آن هم به خشکی، بیماری و آستانه‌های حرارتی افزایش پیدا می‌کند. قارچ‌های میکوریز برای استفاده گیاهان از مواد غذایی به‌ویژه نیتروژن، فسفر و آب ضروری هستند. در مقابل، منابع اولیه کربن برای قارچ‌های میکوریز بوسیله گیاه تأمین می‌شود، بنابراین قارچ‌های میکوریز آربسکولار برای تأمین کربن کاملاً وابسته به گیاهان هستند و گیاهان در مقابل دریافت مواد غذایی از قارچ، بخشی از کربن تثبیت شده را در فرایند فتوسنتز در اختیار آن قرار می‌دهد. استفاده از این قارچ‌ها به عنوان جایگزین کودهای شیمیایی، آفت‌کش و کنترل‌کننده بیماری‌ها، برای مدیریت بهتر جنگل‌ها مطرح هستند (Dhar and Mridha, 2012).

نقش قارچ‌های میکوریز آربسکولار در همزیستی با گیاه

جذب آب و مواد غذایی: یکی از وظایف مهم این قارچ‌ها جذب مواد غذایی و انتقال آنها به میسیلیوم‌های خارجی است. این قارچ‌ها می‌توانند ۸۰ درصد فسفر و ۲۵ درصد ازت مورد نیاز گیاه را تأمین کنند (Marschner and Dell, 1994). مطالعات نشان داده است که جریان فسفر به درون ریشه گیاهانی که دارای آغشتگی با قارچ‌های آربسکولار است سه تا پنج برابر بیشتر از ریشه‌های بدون قارچ است (Smith et al., 2003).



شکل ۱- نمایی کلی از کارکرد قارچ‌های میکوریز (Finlay RD, 2005) در گیاه میزبان

قارچ‌های میکوریز آربسکولار علاوه بر ازت و فسفر، پتاسیم، کلسیم، گوگرد، مس و روی را نیز از خاک جذب و به گیاه میزبان انتقال می‌دهند (Gildon and Tinker, 1983). تأثیر این قارچ‌ها بر خصوصیات مورفولوژیک و فیزیولوژیک به قدری است که استفاده از این قارچ‌ها در مناطق خشک می‌تواند اثری مشابه با آبیاری داشته باشد (میرزایی و همکاران، ۱۳۹۰).

افزایش مقاومت گیاه: این قارچ‌ها باعث افزایش مقاومت گیاه میزبان به تنش‌های محیطی، مقاومت در برابر خشکی، افزایش مقاومت در برابر شرایط سخت خاکی (Doubkova et al., 2012) و حفاظت در برابر عوامل بیماری‌زا (Sikes et al., 2009) می‌شوند.

بهبود ساختار خاک: شواهد زیادی وجود دارد که نشان می‌دهد هیف قارچ‌های میکوریز آربسکولار تأثیر معنی‌داری در بهبود ساختار خاک و حفاظت آن دارند. رشد هیف‌های خارجی درون خاک باعث بوجود آمدن یک اسکلت خارجی می‌شود که اجزا خاک را در کنار هم نگه می‌دارد (Miller and Jastrow, 2000).

بهبود تکثیر گیاهان: حضور قارچ‌های میکوریز همزیست با ریشه گیاهان باعث افزایش تولید اندام‌های تولیدمثلی در تکثیر غیرجنسی می‌شود. این مسئله نشان می‌دهد که در اثر همزیستی این قارچ‌ها با گیاه انتشار گیاه در زیستگاه‌های جدید افزایش می‌یابد (Gildon and Tinker, 1983).

بهبود استقرار و رشد گیاهان: ریشه‌های گیاهان میکوریزی در مقایسه با گیاهان غیرمیکوریزی می‌توانند به دلیل داشتن هیف‌های خارج ریشه‌ای با حجم بیشتری از خاک در تماس باشند (Joner and Guo et al., 2010; Jakobsen, 1995). قارچ‌های میکوریزی (AMF) رشد گیاه را با بهبود جذب مواد مغذی، جذب آب و متابولیت‌های ثانویه تسهیل می‌کنند و فعالیت‌های فیزیولوژیک و متابولیک گیاه را افزایش می‌دهند (Jahani, et al., 2019; Nell et al., 2010). تأثیر مثبت قارچ‌های میکوریز آربسکولار روی رشد گونه‌های چوبی و علفی توسط پژوهشگران مختلف گزارش شده است. فلاحیان و همکاران (۱۳۸۴) گزارش کردند که همزیستی نهال پسته باغی با قارچ میکوریز آربسکولار *Glomus etunicatum* باعث افزایش وزن خشک ریشه و ساقه، سطح برگ و غلظت عناصر مس، پتاسیم، فسفر و روی در اندام هوایی پس از گذشت سه ماه شد. Williams و همکارانش در سال ۲۰۱۲ به بررسی تفاوت در رشد نهال‌های *Podocarpus cunninghamii* مایه‌زنی شده با شش گونه از قارچ‌های AMF (گونه‌های موجود در ریزوسفر *P. cunninghamii* در جنگل و گونه‌های غیر بومی) با هدف انتخاب مناسب‌ترین گونه‌های میکوریزی برای موفقیت در احیای جنگل‌های تخریب‌شده پرداختند. نتایج آنان نشان داد که نهال‌های مایه‌زنی شده با قارچ‌های میکوریز آربسکولار بومی به مراتب رشد بیشتری نسبت به نهال‌های مایه‌زنی شده با گونه‌های غیر بومی داشته‌اند. نتایج پژوهش Dutt در سال ۲۰۱۳ نشان داد که نهال‌های زردآلوی میکوریزی حاصل از زادمایه قارچ *Glomus fasciculatum*، حداکثر اسپورزایی در ریزوسفر، کلنیزاسیون ریشه، خواص بیوشیمیایی، میزان مواد مغذی برگ و متعاقباً جذب آن را در مقایسه با نهال‌های غیرمیکوریزی داشته‌اند. Lu و همکاران در سال ۲۰۱۵ در مطالعه‌ای به بررسی اثر مایه‌زنی قارچ‌های میکوریز آربسکولار *Glomus intraradices* و *Glomus mosseae* بر رشد و کلنیزاسیون نهال توت سفید (*Morus alba* L.) در شرایط گلخانه‌ای پرداختند. نتایج آنان حکایت از آن داشت که پس از

۹۰ روز، رشد نهال‌ها به طور معنی‌داری تحت تأثیر مایه‌زنی میکوریزی قرار گرفتند. به‌طور کلی نتایج تحقیقات مختلف نشان داده‌اند که استفاده از قارچ‌های همزیست بومی اثرهایی به‌مراتب بیشتر از گونه‌های تجاری رایج دارند (Koziol et al., 2018). این تحقیق نیز به‌منظور استفاده از ظرفیت گونه‌های قارچی بومی همزیست با کیکم برای تولید نهال‌های میکوریزی انجام شد و نتایج مناسب قابل ارائه به بخش‌های اجرا به‌دست آمد.

مراحل انجام کار

- جمع‌آوری نمونه‌های خاک و ریشه

ابتدا نمونه‌های خاک و ریشه در دو فصل بهار و پاییز از ریزوسفر گونه کیکم در رویشگاه جمع‌آوری شد. نمونه‌های خاک از ریزوسفر و ریشه‌های موبین (حدود ۱ میلی‌متر) از درختان انتخابی برای بررسی درصد کلنیزاسیون میکوریزی جمع‌آوری گردید. نمونه‌ها در شرایط سرد به آزمایشگاه منتقل و بعد هر نمونه از الک دو میلی‌متری رد شد (شکل‌های ۲ تا ۴).



شکل ۲- نمونه‌برداری از ریزوسفر گونه کیکم



شکل ۳- توده خاک از ریزوسفر گونه کیکم برای استفاده در جداسازی اسپور



شکل ۴- نمونه ریشه جداشده از ریزوسفر گونه کیکم

– شناسایی قارچ‌های همزیست با ریشه گونه کیکم

برای شناسایی قارچ‌های همزیست براساس مورفولوژی اسپور آنها، ابتدا اسپورها از خاک اطراف ریشه‌های درختان جدا شدند. به این منظور، نمونه‌های خاک در هوا خشک و بعد از الک ۲ میلی‌متری گذرانده شدند. با استفاده از روش Gerdemann و Nicolson (۱۹۶۳)، در زیر میکروسکوپ اسپورهای غیرهم‌شکل مشاهده شده از یکدیگر تفکیک گردیده و جداگانه نگهداری شدند. از هر نمونه تعدادی اسپور بر روی لام گذاشته و با استفاده از چسب کانادا بالزام ثابت و از آنها عکس تهیه شد. برای شناسایی

اسپورهای قارچی، از کلیدهای Morton و Benny (۱۹۹۰) و Trappe (۱۹۸۲) و اطلاعات سایت INVAM (۲۰۰۳) استفاده شد. اسپورها همچنین در خاک نگهداری شد. در این پژوهش شش گونه قارچ آربسکولار از چهار جنس *Funneliformis*، *Claroideoglomus*، *Rhizophagus* و *Septoglomus* به‌عنوان گونه‌های همزیست با کیکم معرفی شدند که سه گونه به جنس *Rhizophagus* تعلق داشت.

– تکثیر اسپور، هیف و قطعات ریشه قارچ‌های میکوریزی با کاشت ذرت

با توجه به اینکه قارچ‌های میکوریزی آربسکولار همزیست‌های اجباری هستند و تکثیر آنها در محیط‌های کشت رایج برای قارچ‌ها امکان‌پذیر نیست، برای تکثیر آنها از روش کشت تله‌ای و گیاه ذرت (با ترکیب خاک، ماسه استریل‌شده و پرلیت) که مناسب‌ترین روش برای تولید و تکثیر انبوه است، استفاده شود. پس از چهار ماه، مایه تلقیح که شامل اسپور، هیف و قطعات ریشه بود به‌دست می‌آید و از آن برای تولید نهال‌های میکوریزی کیکم استفاده می‌شود (شکل ۵ و ۶).



شکل ۵- کشت ذرت و تلقیح اسپورهای جداشده از ریزوسفر گونه کیکم برای تولید مایه تلقیح



شکل ۶- تولید اسپور و هیف قارچ‌های میکوریزی از کشت تله‌ای ذرت

- جمع‌آوری میوه‌های رسیده و اعمال تیمار جوانه‌زنی

جمع‌آوری میوه‌های رسیده از پایه‌های سالم و شاداب این گونه، در اوایل پاییز انجام می‌شود. با توجه به اینکه بذر کیکم دارای دو نوع خواب فیزیکی و فیزیولوژی است. از این رو، تسریع در جوانه‌زنی و شکستن خواب بذر، باید در طی دو مرحله انجام شود. از آنجا که بهترین شرایط جوانه‌زنی بذرهای کیکم، ضدعفونی سطحی و سرمادهی در بستر ماسه مرطوب است (نصیری، ۱۳۸۷)، بنابراین بذر را برای ۲۴ ساعت در آب معمولی خیس کنید، سپس داخل ماسه مرطوب برای مدت چهار ماه در یخچال ۴ درجه سانتی‌گراد نگهداری نمایید.

- تلقیح بذرهای تیمار شده کیکم با قارچ‌های میکوریزی و تولید کیکم میکوریزی

در این مرحله، پس از جمع‌آوری بذرهای کیکم، در بستر کشت هر گلدان (اطراف ریشه نونهال‌ها) - ۱۰۰ گرم پروپاگول قارچ میکوریزی در عمق ۵ سانتی‌متری خاک گلدان‌ها (که از قبل استریل شده بودند) قرار داده و بلافاصله با خاک پوشانده شوند. اولین آبیاری بلافاصله بعد از تلقیح نونهال‌ها و در ادامه تا پایان فصل رویش هر چهار روز یکبار، آبیاری انجام شود. عملیات وجین و کنترل علف‌های هرز به صورت دستی انجام خواهد شد. تأثیر قارچ‌های میکوریزی آربسکولار تلقیح‌شده روی گونه کیکم در شکل‌های ۷ و ۸ و نمودارهای ۱ تا ۳ مشاهده می‌شود.

♦ افزایش زنده‌مانی و بهبود ویژگی‌های رشد کیکم / ۱۰

در نهالستان با استفاده از قارچ‌های میکوریزی آربسکولار



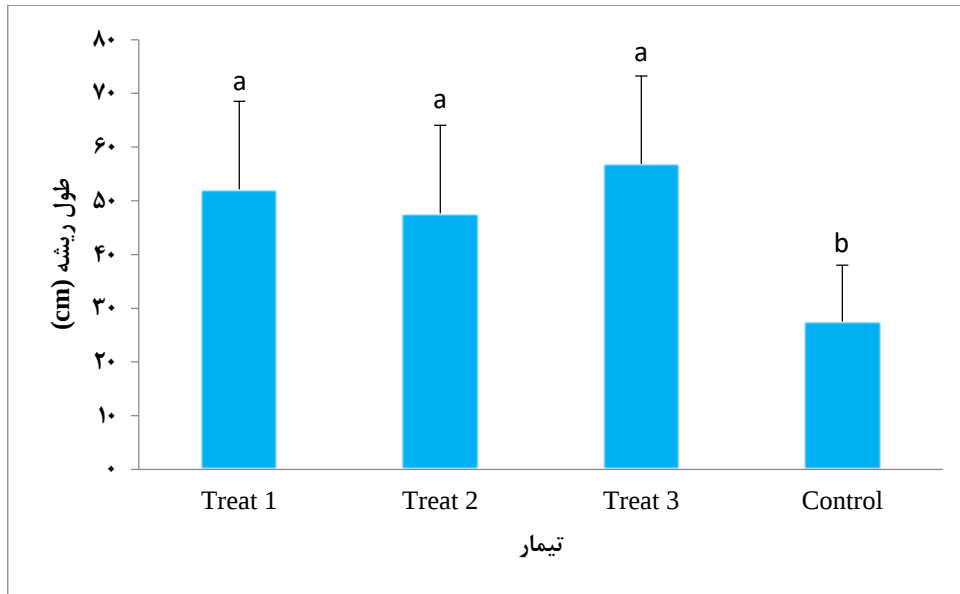
شکل ۷- مقایسه رشد ارتفاعی نهال‌های میکوریزی کیکم (سمت راست)
با نهال‌های شاهد (سمت چپ)



شکل ۸- مقایسه ریشه نهال‌های کیکم میکوریزی (سمت راست)
با نهال‌های شاهد (سمت چپ)

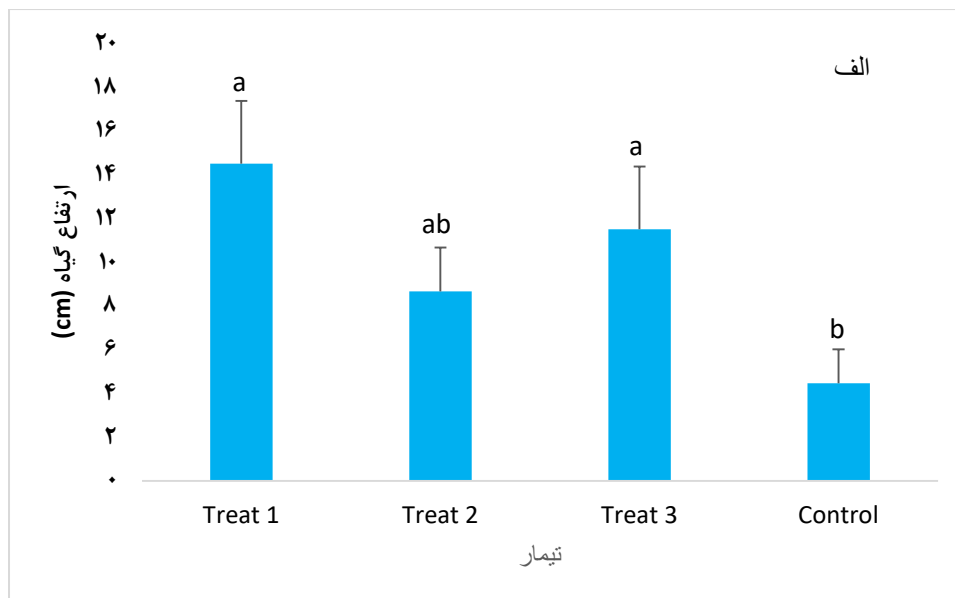
♦ افزایش زنده‌مانی و بهبود ویژگی‌های رشد کیکم / ۱۱

در نهالستان با استفاده از قارچ‌های میکوریزی آربسکولار



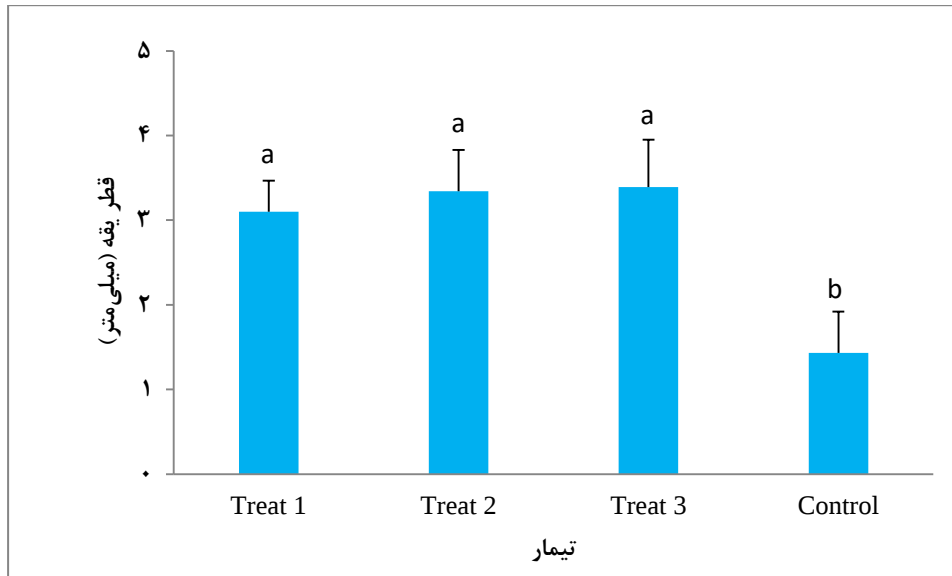
نمودار ۱- اثر تیمارهای مختلف قارچ‌های آربسکولار بر طول ریشه نهال‌های کیکم

(Treat 1: *Funneliformis geosporum*, Treat 2: *Septoglomus constrictum* و Treat 3: مخلوط تیمار ۱ و ۲)



نمودار ۲- اثر تیمارهای مختلف قارچ‌های آربسکولار بر ارتفاع نهال‌های کیکم

(Treat 1: *Funneliformis geosporum*, Treat 2: *Septoglomus constrictum* و Treat 3: مخلوط تیمار ۱ و ۲)



نمودار ۳- اثر تیمارهای مختلف قارچ‌های آربسکولار بر قطر یقه نهال‌های کیکم

(Treat 1: *Funneliformis geosporum*, Treat 2: *Septoglomus constrictum* و Treat 3: مخلوط تیمار ۱ و ۲)

نتیجه‌گیری

یافته‌های به‌دست‌آمده از این تحقیق، نشان‌دهنده اثرگذاری تلقیح قارچ‌های میکوریزی آربسکولار بر رویش بهتر نهال‌های کیکم در نهالستان بود که این موضوع می‌تواند منجر به تولید نهال‌های توانمندی برای استفاده در برنامه‌های احیا و توسعه جنگل شود. بالطبع افزایش توانمندی نهال‌ها، قدرت زنده‌مانی و استقرار بیشتری به آنها می‌دهد و سبب کاهش هزینه‌های جنگل‌کاری و واکاری‌های بعدی آن خواهد شد.

منابع مورد استفاده

- اسدی، ف.، شریف نیا، ف.، سلیم پور، ف.، مجد، را. ۱۳۹۹. نکاتی جدید در بازنگری گونه های افرا (*Acer L.*) در ایران. زیست شناسی تکوینی، ۱۲(۲): ۳۵-۴۰.
- ثابتی، ح.، ۱۳۵۵. جنگل ها و درختان و درختچه های ایران، انتشارات سازمان تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی، تهران، ایران، ۸۰۶ صفحه.
- فلاحیان. ف.، عباسپور، ح.، و فهیمی، ح.، ۱۳۸۴. بررسی تاثیر قارچ اندومیکوریز بر تغذیه معدنی و رشد گیاه پسته درشوری، مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۸۲، صفحات ۶۷-۸۶.
- میرزایی، ج.، اکبری نیا، م.، محمدی گل تپه، ا.، شریفی، م.، رضایی دانش ی.، ۱۳۹۰. تاثیر قارچ‌های میکوریز آربسکولار بر برخی ویژگی‌های مورفولوژیک و فیزیولوژیک نهال‌های خنجوک (*Pistacia khinjuk*) تحت تنش خشکی. تحقیقات جنگل و صنوبر ایران. جلد ۱۹، شماره ۲، ۳۰۰-۲۹۱.
- نصیری، م. ۱۳۸۷. تعیین تیمار مطلوب جهت شکستن خواب و افزایش جوانه زنی بذر کیکم (*Acer monspesalunum L.*). تحقیقات ژنتیک و اصلاح گیاهان مرتعی و جنگلی ایران، ۱۶(۱): ۹۴-۱۰۵.
- Augé, R.M., 2004. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. Canadian Journal of Soil Science, 84: 373-381.
- Carrillo-Garcia, Á., De La Luz, J.L.L., Bashan, Y., and Bethlenfalvay, G.J. (1999). Nurse plants, mycorrhizae, and plant establishment in a disturbed area of the Sonoran Desert. Restoration Ecology, 7: 321-335.
- Dhar & Mridha, 2012. Dhar PP, Mridha MAU. Biodiversity of arbuscular mycorrhizal associations in some forest trees of Aagoonia, Bangladesh. The Indian Forester, 138: 344-348.
- Doubková M., Van Dijk, A.I., Sabel, D., Wagner, W., Blöschl, G. 2012. Evaluation of the predicted error of the soil moisture retrieval from C-band SAR by comparison against modelled soil moisture estimates over Australia. Remote Sensing of Environment, 120: 188-196.
- Dutt, S., Saharma, S.D. and Kumar, P. 2013. Arbuscular mycorrhizas and Zn fertilization modify growth and physiological behavior of apricot (*Prunus armeniaca L.*). Scientia Horticulturae, 155: 97-104.
- Finlay, R.D., 2005. Action and interaction in the mycorrhizal hyphosphere: a re-evaluation of the role of mycorrhizal symbiosis in nutrient acquisition and plant ecology. In: BassiriRad H, editor. Nutrient acquisition by plants: an ecological perspective. Heidelberg: Springer-Verlag, p. 221-276.

- Gerdemann J.W., Nicolson T.H., 1968. Spores of mycorrhizal Endogenic species extracted for soil by wet sieving and decanting. Transactions of the British Mycological Society. 1968: 46: 235-244.
- Gildon, A., Tinker, P.B., 1983. Interactions of vesicular -arbuscular mycorrhizal infection and heavy metals in plants. I. The effects of heavy metals on the development of vesicular -arbuscular mycorrhizas. New Phytologist, 95: 247 -261.
- Govindarajulu, M., Pfeffer, P.E., Jin, H., Abubaker, J., Douds, D.D., Allen, J.W., Bucking, H., Lammers, P.J., Shachar-Hill, Y., 2005. Nitrogen transfer in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. Nature 435: 819-823.
- Guo Y.A., Ni, Y., Huang, J., 2010. Effects of rhizobium, arbuscular mycorrhiza and lime on nodulation, growth and nutrient uptake of lucerne in acid purplish soil in China. Tropical Grasslands, 44(2): 109-114.
- Jahani, M., Daghighi, S., Daghighi, M., Nakhaie, A., 2009. Identification of mycorrhiza in Jujube tree (*Ziziphus jujuba* mill) and the effect of the age of the tree on the quantity of mycorrhiza. Journal of Plant Production, 16(1): 75- 86.
- Joner EJ, Jakobsen I., 1995. Growth and extracellular phosphatase activity of arbuscular mycorrhizal hyphae as influenced by soil organic matter. Soil Biology and Biochemistry, 27(9): 1153-9.
- Klironomos, J.N., 2002. Feedback with soil biota contributes to plant rarity and invasiveness in communities. Nature, 417: 67-70.
- Koziol, L., Schultz, P.A., House, G.L., Bauer, J.T., Middleton, E.L., Bever, J. D., 2018. The plant microbiome and native plant restoration: The example of native mycorrhizal fungi. BioScience, 68 (12): 996–1006.
- Lu, Q.Y., Wu, Z.J, Xia, Z.S., Xie, L.H., 2015. A new nepovirus identified in mulberry (*Morus alba* L.) in China. Archives of Virology, 160: 851–855.
- Marschner, H., Dell, B., 1994. Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant and Soil, 59: 89–102.
- Miller, R.M., Reinhardt, D.R., Jastrow, J.D., 2000. External hyphal production of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in pasture and tallgrass prairie communities. Oecologia, 103: 17–23.
- Morton, J.B., Benny, G.L. 1990. Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): a new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. Mycotaxon, 37: 471 -491.
- Nell, M., Wawrosch, C., Steinkellner, S., Vierheilig, H., Kopp, B., Lössl, A., Franz, C., Novak, J., Zitterl-Eglseer, K., 2010. Root colonization by symbiotic arbuscular

mycorrhizal fungi increases sesquiterpenic acid concentrations in *Valeriana officinalis* L. *Planta Medica*, 76(04): 393-8.

- Sikes, B.A., Cottenie, K., Klironomos, J.N., 2009. Plant and fungal identity determines pathogen protection of plant roots by arbuscular mycorrhizas. *Journal of Ecology*, 97: 1274-1280.
- Smith, S.E., Read, D.J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press Inc., London, UK.
- Smith, S.E., Smith, F.A., Jakobsen, I. 2003. Mycorrhizal fungi can dominate phosphate supply to plants irrespective of growth responses. *Plant Physiology*, 133: 16–20.
- Trappe, J.M., 1982. Synoptic keys to the genera and species of zygomycetous mycorrhizal fungi, *Phytopathology*, 72: 1102–1108.
- Williams, A., Ridgway, H.J., Norton, D.A. 2012. Different arbuscular mycorrhizae and competition with an exotic grass affect the growth of *Podocarpus cunninghamii* Colenso cuttings. *New Forests*, 44: 183–195.