Advanced Environmental Sciences ***(Adv. Environ. Sci.)*** **2025, 23(4):825-838** **ISSN: 2588-6177**

Original Article

The Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Improving the Growth Components of Seeds of Different Populations of *Cerasus Mahaleb* (L.) Mill

Received: 2024.07.28
Accepted: 2025.12.27

Bahman Zamani Kebrabadi,[1]* Nahid Jafarian[2]

[1] PhD of Forestry, and Forest Economics, Research Division of Natural Resources, Isfahan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Isfahan, Iran

[2] PhD of Forest Biological, Researcher, Research Division of forests, Rangelands and Watershed, Ilam Agricultural and Natural Resources Research Center (AREEO), Ilam, Iran

EXTENDED ABSTRACT

Introduction: Biofortification of seeds with biofertilizers is one of the newest ways to improve seed quality. Different biological seed priming methods are gradually replacing chemical treatments. Seed strengthening through priming with arbuscular mycorrhizal fungi is one of the most efficient methods for improving and increasing the efficiency of seed yield in plant species. Mahlab species is one of the forest species of Zagros, which grows naturally and is in danger of destruction due to excessive exploitation, which has made its establishment and reproduction difficult. Therefore, the present study was conducted to investigate the effect of arbuscular mycorrhizal fungi in improving the growth components of the seeds of different Mahlab species populations in Isfahan province.

Material and Methods: This research was carried out considering two factors, including Mahlab seeds (10 different forest regions of Fereydounshahr and inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. For this purpose, the effect of seed inoculation of Mahlab species in 10 provenances of the forests of Fereydunshahr, Isfahan province with the most mycorrhizal fungi in five levels including no inoculation of mycorrhizal fungi, inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi *Rhizophagus irregularis*, *Claroideoglomus etunicatum*and*Funneliformis mosseae*. The treatment of three arbuscular mycorrhizal fungi (MIX) on the germination parts of Mahlab species was done factorially in the form of a randomized complete block design with three replications for each treatment and 10 seedlings in a total of 150 pots. To determine the quantitative and qualitative characteristics of the seeds, 100 Mahlab fruits were selected from each region and then the seed weight was measured. After applying mycorrhizal mushroom inoculation treatments, germination tests and germination indices were calculated.

Results and Discussion: The results of the analysis of variance showed that the effect of the region (different seed populations), inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi, and their mutual effect on all investigated components including germination percentage, germination speed, seed vigor index, germination strength, and root length in 1% probability level were significant. The results of comparing the average effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the components of seed germination showed that fungal treatments improved seed germination indices in all different regions (seed provenance) and the lowest germination indices were in the non-inoculation treatment. Arbuscular mycorrhizal fungi were observed. The results showed that mixed inoculation treatment had the greatest effect on the indicators of seed germination seed vigor index (39.20), germination strength (22.38 %), root length (11.66 mm), and stem length (13.76 mm) compared to other treatments. *Funneliformis mosseae* mycorrhizal fungus treatment also showed the best performance in seed germination speed index (0.45). Also, in all different seed genotypes, the highest percentage of germination belonged to the arbuscular mycorrhizal *Funneliformis mosseae* treatment (22.55%).

Conclusion: In general, the results showed that the source of seed collection and arbuscular mycorrhizal fungi were effective in the growth and establishment of Mahlab species seeds. Seed inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi causes the cultivation of healthy and resistant seedlings by increasing and improving the speed, strength, and percentage of seed germination, seed vigor index, and roots length and stem length of Mahlab species seedlings. Therefore, these fungi can be used for the sustainable mass propagation of Mahlab species.

Keywords: Arbuscular mycorrhizal fungi, *Cerasus mahaleb*, Germination, Provenance

How to cite this article:
Zamani Kebrabadi, B., and Jafarian, N. 2026. The Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Improving the Growth Components of Seeds of Different Populations of Cerasus Mahaleb (L.) Mill. Adv. Environ. Sci. 23(4): 825-838.

* **Corresponding Author Email Address:** zamanikebrabadi67@gmail.com
DOI: 10.48308/envs.2025.237065.1442

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

علوم محیطی نوین، ۸۳۸-۸۲۵ : (۴) ۲۳، ۱۴۰۴ شاپا: ۶۱۷۷-۲۵۸۸

مقاله پژوهشی

اثر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در بهبود مؤلفه‌های رشدی بذر جمعیت‌های مختلف گونه محلب (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill)

تاریخ دریافت: ۱۴۰۳/۰۵/۰۷
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۳/۱۰/۰۷

بهمن زمانی کبرآبادی[1]* ، ناهید جعفریان[2]

[1] دکتری جنگل شناسی و اکولوژی جنگل، بخش تحقیقات منابع‌طبیعی، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی استان اصفهان، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، اصفهان، ایران

[2] دکتری علوم‌زیستی جنگل، محقق بخش تحقیقات جنگل‌ها، مراتع و آبخیزداری، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی استان ایلام، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، ایلام، ایران

چکیده مبسوط

سابقه و هدف: تقویت زیستی بذر با کودهای زیستی یکی از جدیدترین روش‌های ارتقای کیفیت بذر است. روش‌های مختلف پرایمینگ زیستی بذر در حال جایگزینی تدریجی تیمارهای شیمیایی هستند. تقویت بذر از طریق پرایمینگ با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار از جمله روش‌های کارآمد در جهت بهبود و افزایش کارآیی عملکرد بذر در گونه‌های گیاهی می‌باشد. گونه محلب یکی از گونه‌های جنگلی زاگرس است که به‌طور طبیعی رویش دارد و به دلایلی از جمله بهره‌برداری‌های بی‌رویه، در معرض خطر نابودی قرار دارد، استقرار و زادآوری آن را با مشکل مواجه کرده است. بنابراین مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در بهبود مؤلفه‌های رشدی بذر گونه محلب در استان اصفهان انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: این پژوهش با در نظر گرفتن دو فاکتور، شامل بذر گونه محلب (جمع‌آوری از ۱۰ منطقه متفاوت جنگل‌های فریدونشهر) و قارچ‌های میکوریزی در پنج سطح شامل عدم تلقیح قارچ میکوریز، تلقیح با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار *Rhizophagus irregularis*، *Claroideoglomus etunicatum*، *Funneliformis mosseae* و تیمار ترکیبی از سه قارچ میکوریز آربوسکولار (MIX)، بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر گونه محلب انجام گرفت. طرح کاشت به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار برای هر تیمار و ۱۰ منطقه جمع‌آوری بذر در مجموع ۱۵۰ عدد بذر تلقیح یافته و شاهد بدون تلقیح انجام گرفت. جهت تعیین صفات کمّی و کیفی بذرها، از هر منطقه ۱۰۰ عدد میوه محلب انتخاب و سپس وزن بذر آنها اندازه‌گیری شد. پس از اعمال تیمارهای تلقیح قارچ میکوریز، شاخص‌های مهم جوانه‌زنی محاسبه شدند.

نتایج و بحث: نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر منطقه، تلقیح قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و اثر متقابل آن‌ها بر تمامی مؤلفه‌های بررسی شده شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، قدرت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند. نتایج مقایسه میانگین اثر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر نشان داد، تیمارهای قارچی باعث بهبود شاخص‌های جوانه‌زنی بذر در تمام مناطق مختلف (پرووانانس) بذر شدند و کمترین شاخص‌های جوانه‌زنی در تیمار عدم تلقیح قارچ‌های میکوریز آربوسکولار مشاهده شد. براساس نتایج تیمار تلقیح ترکیبی با سه گونه قارچ میکوریز آربوسکولار بیشترین تأثیر را بر شاخص‌های بنیه بذر (۳۹/۲۰)، قدرت جوانه‌زنی (۲۲/۳۸ درصد)، طول ریشه‌چه (۱۱/۶۶ میلی‌متر) و طول ساقه‌چه (۱۳/۷۶ میلی‌متر) داشت. تیمار قارچ میکوریز *Funneliformis mosseae* نیز بهترین عملکرد را در شاخص سرعت جوانه‌زنی بذر (۰/۴۵) از خود نشان داد. همچنین در تمامی پرووانانس مختلف بذر، بیشترین درصد جوانه‌زنی به تیمار قارچ میکوریز آربوسکولار *Funneliformis mosseae* (۲۲/۵۵ درصد) تعلق داشت.

نتیجه‌گیری: به‌طورکلی، نتایج نشان داد که عامل مبدأ جمع‌آوری بذر و تلقیح با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در رشد و استقرار بذر گونه محلب مؤثر واقع شده‌اند. تلقیح بذر با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار سبب پرورش نهال‌های سالم و شاداب از طریق افزایش و بهبود سرعت، قدرت و درصد جوانه‌زنی بذر، بنیه بذر و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه نهال‌های گونه محلب می‌شود. بنابراین می‌توان از این قارچ‌ها به منظور بهبود فرآیند جوانه‌زنی بذر گونه محلب استفاده نمود.

واژه‌های کلیدی: قارچ‌های میکوریز آربوسکولار، محلب، پرووانانس، جوانه‌زنی

استناد به این مقاله: *زمانی کبرآبادی، ب.، و ن.، جعفریان. ۱۴۰۴. اثر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در بهبود مؤلفه‌های رشدی بذر جمعیت‌های مختلف گونه محلب (*Cerasus mahaleb *(L.) Mill). فصلنامه علوم محیطی نوین، ۲۳(۴): ۸۲۵-۸۳۸.*

* **Corresponding Author Email Address:** zamanikebrabadi67@gmail.com
DOI: 10.48308/envs.2025.237065.1442

Copyright: © 2026 by the authors. Submitted for possible open access publication under the terms and conditions of the Creative Commons Attribution (CC BY) license https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

مقدمه

محلب (*Cerasus mahaleb* (L.) Mill) گونه‌ای از جنس *Cerasus* و خانواده *Rosaceae* است که در جنگل‌های زاگرس به‌طور طبیعی رویش دارد. این گونه به دلایلی از جمله بهره‌برداری‌های بی‌رویه، سرنوشتی مشابه گونه‌های دیگر اکوسیستم زاگرس پیدا کرده است و در معرض خطر نابودی قرار دارد که استقرار و زادآوری آن را با مشکل مواجه کرده است (Sekhavati *et al*., 2013). محلب از نظر قانون ملی شدن جنگل‌ها از جمله درختان و درختچه‌های خودرو ایران محسوب گردیده است که در قانون منابع‌طبیعی کشور همراه با گونه‌هایی چون زربین، ارس، شمشاد، سرخدار و ... در دسته اول از جهت اهمیت حفاظت قرار گرفته است (Esmaeili Sharif *et al.,* 2021). بنابراین در جنگل‌های زاگرس باید گونه‌های موجود را حفظ و از نابودی گونه‌های در حال انقراض جلوگیری کرد. با عنایت به در معرض تهدید بودن ذخیره‌گاه‌های ژنتیکی جنگل‌های زاگرس، لزوم تحقیق در مورد راهکارهای تهیه بذر و در نتیجه نهال مطلوب و مقاوم جهت گسترش و واکاری در جنگل‌های زاگرس با گونه‌های بومی امری اجتناب‌ناپذیر است.

بذر مهمترین و اساسی‌ترین بخش گیاه است که در بازسازی، حفظ و انتقال مواد ژنتیکی گیاه و همچنین مکانیزم‌های پراکنش، تکثیر و بقای گیاه در شرایط بسیار سخت نقش اساسی دارد (Tawakal Afshari *et al*., 2017). بیوپرایمینگ یک تکنیک جدید تیمار کردن بذر می‌باشد که با ادغام دو جنبه زیستی (تلقیح بذر با موجودات زنده مفید) و فیزیولوژیکی باعث بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر می‌شود (Reddy, 2013). در سال‌های اخیر رویکرد استفاده از میکروارگانیسم‌های ریزوسفری اعم از باکتری محرک رشد ریشه و قارچ‌های همزیست با گیاهان جهت شکستن خواب بذر، تسریع در جوانه‌زنی بذر و بهبود صفات رویشی نهال‌های جنگلی افزایش پیدا کرده است. میکروارگانسیم‌ها با تأثیر بر پوسته سخت بذر، درصد جوانه‌زنی بذر را افزایش می‌دهند (Rathnan *et al*., 2013).

مطالعات بسیاری در خصوص اثر قارچ‌های میکوریز بر درصد، سرعت جوانه‌زنی، بنیه بذر و اثر این قارچ‌ها بر طول ریشه‌چه و ساقه‌چه در گونه‌های گیاهی مختلف انجام گرفته است که می‌توان به مطالعات (Pirzad & Rahimzadeh, 2019) بر بهبود جوانه‌زنی بذرهای کتان تلقیح شده با قارچ میکوریز، (Senberga *et al*., 2018) در خصوص بهبود جوانه‌زنی بذر در اثر تلقیح با باکتری‌های ریزوبیومی در گیاه باقلا، (Varga, 2015) بر روی شمعدانی جنگلی، مطالعه (Hamidi *et al.*, 2021) در خصوص تأثیر قارچ‌های میکوریزا بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر ذرت و مطالعه نجم و همکاران (Najm *et al*., 2023) بر سرعت رشد و جوانه‌زنی گیاهچه پاپایا اشاره کرد. با این وجود مطالعات در خصوص اثر قارچ بر گونه‌های درختی محدود می‌باشد. (Ballina *et al*., 2017) اثر نور و میکوریزا بر جوانه‌زنی بذر گونه‌های درختی جنگلی (*Tecoma stans (L.) Juss. ex Kunth*, *Senna racemosa* (Mill.) H. S. Irwin & Barneby و *Bauhinia forficata* Link) در مناطق خشک استوایی را مورد مطالعه قرار دادند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که قارچ‌های میکوریز به‌طور قابل‌توجهی سبب بهبود رشد گیاهچه می‌شوند. (2012 Huante *et al*., اثر میکوریز بر روی شش گونه درختی *Swietenia humilis*, *Paeonia lactiflora* Pall., *Ceiba alliodora*, *Tabebuia donnell-smithii*, *Ceiba pentandra* (L.) Gaertn and *Guazuma ulmifolia*) را بررسی و گزارش دادند که تلقیح قارچ میکوریز تولید برگ در همه گونه‌ها را افزایش داد. (Kumar et al., 2024) نیز به مطالعه اثر قارچ‌های میکوریز بر جوانه‌زنی درخت همیشه سبز *Erminalia Arjuna* (Roxb) پرداختند و به این نتیجه رسیدند که بذرهای تلقیح شده با قارچ میکوریزا نسبت به بذرهای بدون تلقیح، ظرفیت جوانه‌زنی، انرژی

جوانه‌زنی، ارزش جوانه‌زنی و میانگین جوانه‌زنی روزانه بیشتری داشتند.

ارتقا کیفیت بذر عملیات فرآوری و فرآیندهایی مانند تیمار بذر با ترکیباتی می‌باشد که موجب بهبود ویژگی‌هایی مانند خلوص فیزیکی، افزایش قابلیت و سرعت جوانه‌زنی می‌گردد. تقویت زیستی بذر با کودهای زیستی از جدیدترین روش‌های ارتقای کیفیت بذر می‌باشد. به‌طوری که روش‌های مختلف پرایمینگ زیستی بذر، در حال جایگزینی تدریجی تیمارهای شیمیایی می‌باشند. اهمیت روابط همزیست قارچ های میکوریز آربوسکولار در احیاء و ترمیم زیست‌بوم‌های تخریب شده هنوز در بسیاری از نقاط جهان مورد توجه واقع نشده است. به این منظور پژوهشی که بتوان تاثیر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار به‌منظور بهبود مؤلفه‌های جوانه‌زنی و استقرار اولیه گیاه، جهت بالا بردن کیفیت نهال‌های پرورش یافته را بررسی کند، ضروری و دارای اهمیت می‌باشد که با بررسی مؤلفه‌های مربوط به جوانه‌زنی و اتکا به یافته‌های پژوهش پیش رو در جهت مهندسی ریشه (تلقیح بذر با میکروارگانیسم‌های مفید خاک‌زی) می‌توان به پرورش نهال‌های سالم و مقاوم از طریق افزایش و بهبود ویژگی‌های رویشی نهال‌های گونه محلب اقدام نمود.

مواد و روش‌ها

آزمایش گلخانه‌ای پژوهش موردنظر در گلخانه مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع‌طبیعی استان اصفهان انجام شد. این پژوهش با دو فاکتور شامل بذر گونه محلب (جمع‌آوری از ۱۰ منطقه متفاوت جنگل‌های زاگرس فریدونشهر- جدول (۱) و چهار سطح قارچ میکوریزا شامل *Rhizophagus irregularis, Funneliformis mosseae* و *Claroideoglomus etunicatum* به‌صورت مجزا، و تلفیق سه قارچ میکوریز (به نسبت مساوی) و نمونه شاهد (بدون قارچ میکوریز) با سه تکرار انجام گرفت.

جدول ۱- مشخصات ۱۰ منطقه مختلف به منظور جمع‌آوری بذر گونه محلب (شهرستان فریدونشهر)

Table 1- Features of 10 region (population) on some properties of seed *cerasus mahlabe* (Faridunshahr)

رویشگاه	طول جغرافیایی	عرض جغرافیایی	ارتفاع از سطح دریا	وزن هزار دانه (گرم)
ذخیره‌گاه جنگلی چال خلیل ۱	"۰۳.۲ ۴۴ °۴۹	"۴۴.۷ ۵۷ °۳۲	۱۸۴۷	۲۴۱
ذخیره‌گاه جنگلی چال خلیل ۲	"۰۱.۴ ۴۴ °۴۹	"۴۳.۴ ۵۷ °۳۲	۱۸۴۴	۳۳۱
چالچرانه	"۵۰.۹ ۴۳ °۴۹	"۰۶.۸ ۵۸ °۳۲	۲۰۰۳	۱۸۲
پشتکوه سوم- دورک	"۲۱.۹ ۵۶ °۴۹	"۴۲.۱ ۳۹ °۳۲	۱۸۰۴	۷۱
ذخیره‌گاه جنگلی چال خلیل ۳	"۳۵.۵ ۴۳ °۴۹	"۴۵.۵ ۵۷ °۳۲	۲۰۰۰	۹۷
پشتکوه سوم- دورک ۲	"۱۶.۷ ۵۶ °۴۹	"۴۲.۵ ۳۹ °۳۲	۱۸۲۷	۱۷۹
پشتکوه دوم- دره سه پستان ۱	"۳۹.۷ ۵۲ °۴۹	"۱۳.۷ ۴۸ °۳۲	۱۹۷۳	۳۳
پشندگان- دره سه پستان ۲	"۰۳.۲ ۵۳ °۴۹	"۴۰.۸ ۴۶ °۳۲	۲۴۵۳	۱۴۱
پشندگان- دره سه پستان ۳	"۴۰.۶ ۵۲ °۴۹	"۳۴.۸ ۴۷ °۳۲	۲۱۴۲	۵۴
کاهگانک	"۴۰.۹ ۵۷ °۴۹	"۵۴.۸ ۳۹ °۳۲	۱۸۳۹	۵۵

جهت تعیین صفات کمّی و کیفی بذرها، از هر منطقه ۱۰۰ عدد میوه محلب انتخاب شد، و سپس وزن بذر محلب با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۰۱ گرم اندازه‌گیری گردید. جهت اطلاع از درصد قوه نامیه بذرها، آزمون تترازولیوم بر اساس دستورالعمل (ISTA, 2011) انجام شد. همچنین در هیپوکلریت‌سدیم ۳ درصد به مدت ۳ دقیقه ضدعفونی سطحی شدند. سپس، سه مرتبه با آب مقطر استریل شستشو گردیدند تا اثر هیپوکلریت‌سدیم حذف شود.

برای حذف کلیه میکروارگانیسم‌های طبیعی و تعیین اثرات هر یک از میکروارگانیسم‌های (باکتری‌ها) مورد استفاده، خاک مورد استفاده در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به مدت یک ساعت اتوکلاو شد (بستر مورد استفاده ماسه الک شده (با قطر متوسط ۲ میلی‌متر) بوده که پیش از استفاده به مدت ۱۵ دقیقه، در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۵ اتمسفر استریل شد. برخی از ویژگی‌های خاک مورد آزمایش به شرح ذیل می‌باشد (جدول ۲).

قارچ‌های میکوریز آربوسکولار *Rhizophagus irregularim* و *Claroideoglomus etunicatum* و *Funneliformis mosseae* از مؤسسه تحقیقات آب و خاک کل کشور (SWRI) تهیه شدند. در خصوص تلقیح بذر با قارچ میکوریز (به نسبت مساوی) ۱۰ گرم مایه تلقیح به‌صورت مایع شامل اسپور (۱۲-۱۰ اسپور در هر گرم بستر)، هیف و قطعات کلنیزه شده (۸۵-۷۵ درصد) و کلنیزه نشده ریشه‌ای در عمق ۵ سانتی‌متری از خاک بستر بذر قرار گرفت (Cranenbrouck *et al*., 2008). مجموعا تعداد ۱۵۰ بذر انتخاب (از ۱۰ منطقه متفاوت) و با سه تکرار در کف ۵۰ عدد پتری‌دیش که روی کاغذ صافی واتمن قرار داده شد. پتری‌دیش‌های محتوی بذرها به داخل ژرمیناتورهایی با دمای ثابت میانگین ۱۵ درجه سانتی‌گراد منتقل شدند. ظروف کشت به طور مرتب بازدید و در صورت کاهش رطوبت بستر، به اندازه لازم آب مقطر (دیونیزه) روی بستر اسپری شد. بذرهایی که جوانه زده و از بستر کاشت بیرون آمدند، به‌عنوان بذر جوانه زده محسوب شدند. تمامی مراحل تلقیح بذور با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار که ذکر شدند، در شرایط استریل و در زیر هود لامینار انجام گرفت (Zamani Kebrabadi *et al*., 2023).

پس از اعمال تیمارهای تلقیح قارچ میکوریز، آزمون جوانه‌زنی و شاخص‌های جوانه‌زنی محاسبه شدند. بدین‌منظور، تعداد بذرهای جوانه‌زده به‌صورت روزانه شمارش و در نهایت شاخص‌های مرتبط با جوانه‌زنی با استفاده از رابطه‌های (۱ تا ۵) محاسبه و در جدول (۳) ارائه شده است.

جدول ۲- ویژگی‌های فیزیکوشیمیایی خاک

Table 2– Soil physicochemical properties

متغیر Variable	مقدار Value	متغیر Variable	مقدار value
عمق Depth (cm)	0-20	روی قابل جذب Absorbable zinc (mg kg^{-1})	5.9
قابلیت هدایت الکتریکی Electrical conductivity (ds/m^{-1})	1.5	منگنز قابل جذب Absorbable manganese (mg kg^{-1})	3.88
اسیدیته pH	7.72	آهن قابل جذب Absorbable iron (mg kg^{-1})	1.1
ازت کل N total (%)	0.16	شن Sand (%)	50
کربن آلی Organic carbon (%)	1.6	سیلت Silt (%)	30
فسفر قابل جذب Absorbable phosphorus (mg kg^{-1})	14.5	رس Clay (%)	20
پتاسیم قابل جذب Absorbable potassium (mg kg^{-1})	257	بافت Texture (%)	لوم Lumens
مس قابل جذب Available copper (mg kg^{-1})	1.8		

جدول ۳. فرمول محاسبه شاخص‌ها جوانه‌زنی بذر
Table 3- Formula for calculating indices seed germination

شماره معادله Equation number	شاخص Indicator	فرمول شاخص Index formula	منابع References
۱	قدرت جوانه‌زنی germination strength	GE= Mcgr/(N ×100)	(Zamani Kebrabadi *et al.*, 2023)
۲	بنیه بذر seed vigor	GVI = GP × Mean (PL+RL)/100	(ISTA, 2011)
۳	سرعت جوانه‌زنی germination speed	GR = ∑(Gt / Dt)	(Karsa and Abebie, 2012)
۴	درصد جوانه‌زنی germination percentage	GP= (NG / TN) × 100	(Zamani Kebrabadi *et al.*, 2023)
۵	طول ریشه‌چه و ساقه‌چه root length and stem length	اندازه‌گیری (میلی‌متر) Mm	-

($Mcgr$) ماکزیمم درصد تجمعی بذرهای جوانه‌زده، (Gt) تعداد بذرهای جوانه‌زده در روز tام، (Dt) تعداد روزهای پس از کاشت، (N) حداکثر میانگین جوانه‌زنی روزانه، (PL) طول ساقه‌چه به سانتی‌متر، (RL) طول ریشه‌چه سانتی‌متر، (NG) تعداد بذر جوانه‌زده، (TN) تعداد کل بذر کشت شده.

آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار برای هر تیمار (پنج تیمار قارچ میکوریز و شاهد) و ۱۰ منطقه متفاوت جمع‌آوری بذر در مجموع ۱۵۰ عدد بذر انجام شد. تجزیه‌وتحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. برای نرمال بودن داده‌ها از آزمون نرمالیته Shapiro-Wilk و برای تعیین معنی‌دار بودن اثر تیمارهای مختلف با صفات مورفولوژیکی از آزمون تجزیه واریانس در قالب طرح کاملاً تصادفی استفاده شد و میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) در سطح آماری ۵ درصد مقایسه شدند.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس در بخش آزمایشگاهی نشان داد اثر مناطق جمع‌آوری بذر، تلقیح قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و اثر متقابل آنها بر تمامی مؤلفه‌های بررسی شده شامل درصد جوانه‌زنی، سرعت جوانه‌زنی، شاخص بنیه بذر، قدرت جوانه‌زنی و طول ریشه‌چه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. در بین مؤلفه‌های اندازه گیری شده طول ساقه‌چه در اثر متقابل مناطق جمع‌آوری بذر و تلقیح قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار نبود، در حالی که به تنهایی هر دو تیمار قارچ‌های میکوریز آربوسکولار و مناطق جمع‌آوری بذر بر تمامی مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بودند (جدول ۳).

جدول ۴- نتایج تجزیه واریانس اثر مناطق جمع‌آوری بذر و قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر برخی از ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر گونه محلب

Table 4- Analysis of variance results of the effect of regions (population) and arbuscular mycorrhizal fungi on some characteristics of seed germination *cerasus mahlabe*

میانگین مربعات Mean square							
طول ساقه‌چه stem length	طول ریشه‌چه root length	قدرت جوانه‌زنی germination strength	شاخص بنیه بذر seed vigor index	سرعت جوانه‌زنی بذر seed germination speed	درصد جوانه‌زنی بذر seed germination percentage	درجه آزادی df	منبع تغییرات SO.V
28.06**	23.12**	374.4**	543.7**	0.0036**	384.6**	9	منطقه Region
20.92**	45.70**	169.4**	3457.4**	0.0008**	97.92**	4	قارچ میکوریز Mycorrhizal fungi
0.07	0.36**	2.64**	16.85**	0.00001**	1.21**	36	منطقه×قارچ Region×Fungi
0.06	0.07	0.46	0.89	0.000003	0.61	100	خطا Error
3.24	2.56	3.69	4.04	4.67	5.10		ضریب تغییرات(٪) Coefficient of variation (٪)

* و **: به ترتیب معنی‌دار شدن در سطح آماری ۵ و ۱ درصد

نتایج جدول مقایسه میانگین اثر مناطق مختلف جمع‌آوری بذر بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر نشان داد، در ژنوتیپ ذخیره‌گاه جنگلی چال‌خلیل ۱ بیشترین درصد جوانه‌زنی و درصد جوانه‌زنی بذر در ژنوتیپ‌های ذخیره‌گاه جنگلی چال‌خلیل ۲ و پشتکوه سوم- دورک ۲ در رتبه بعدی قرار گرفتند (با هم اختلاف معنی‌داری نشان ندادند).

شاخص جوانه‌زنی از پارامترهای مهم در تعیین جوانه‌زنی بذر می‌باشد که دارای ارتباط مستقیمی با کیفیت و قدرت زیست بذرها است. هر چه کیفیت بذرها مناسب‌تر، درصد جوانه‌زنی و تعداد بذرهای جوانه زده بیشتر و شاخص جوانه‌زنی بالاتر است (Afkari, 2018). درصد جوانه‌زنی بیشتر در ژنوتیپ‌های ذخیره‌گاه جنگلی چال خلیل ۱ می‌تواند نشان‌دهنده کیفیت بیشتر بذر در این منطقه نسبت به سایر مناطق باشد.

در ژنوتیپ ذخیره‌گاه جنگلی چال‌خلیل ۱ بیشترین شاخص بنیه بذر بود. کمترین مقدار شاخص بنیه بذر برخلاف درصد و سرعت جوانه‌زنی در ژنوتیپ چال‌خلیل ۳ مشاهده شد. در ژنوتیپ ذخیره‌گاه جنگلی چال‌خلیل ۱ بیشترین قدرت جوانه‌زنی بذر و قدرت جوانه‌زنی بذر در ژنوتیپ‌های پشتکوه سوم- دورک ۲ و ذخیره‌گاه جنگلی چال‌خلیل ۲ در رتبه بعدی قرار گرفتند (با هم اختلاف معنی‌داری نشان دادند). مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد، در منطقه ذخیره‌گاه جنگلی چال‌خلیل ۱ بیشترین سرعت جوانه‌زنی بذر و ذخیره‌گاه جنگلی چال‌خلیل ۲ در رتبه بعدی قرار گرفت. همچنین منطقه ذخیره‌گاه جنگلی چال‌خلیل ۱ بیشترین طول ریشه‌چه بذر را نشان داد. در این منطقه بیشترین طول ساقه‌چه بذر و پشتکوه سوم- دورک ۲ و ذخیره‌گاه جنگلی چال‌خلیل ۲ در رتبه‌های بعدی قرار گرفتند (با هم اختلاف معنی‌داری نشان دادند). همچنین کمترین طول ساقه‌چه بذر در منطقه پشندگان- دره سه‌پستان ۲ میلی‌متر مشاهده شد، که بین مناطق پشندگان- دره سه‌پستان و کاهگانک اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۵).

جدول ۵- مقایسه میانگین اثر منطقه جمع آوری بذر بر برخی از ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر گونه محلب

Table 5- Comparison of the average effect of region (population) on some properties of seed germination *cerasus mahlabe*

منطقه Region	درصد جوانه‌زنی بذر seed germination percentage	سرعت جوانه‌زنی بذر Seed germination speed	شاخص بنیه بذر seed vigor index	قدرت جوانه‌زنی germination strength	طول ریشه‌چه root length	طول ساقه‌چه stem length
ذخیره‌گاه جنگلی چال‌خلیل ۱ ChalKhalil 1	28.69±2.4[a]	0.080±0.4[a]	39.09±2.08[a]	27.98±1.32[a]	15.50±1.4[a]	12.72±0.28[a]
ذخیره‌گاه جنگلی چال‌خلیل ۲ ChalKhalil 2	23.61±1.8 b	0.058±0.2[b]	32.31±2.64[c]	24.47±1.03[b]	14.41±0.92[c]	12.02±0.48[c]
چال‌چرانه	19.65±1.14 [c]	0.048±0.14[c]	30.4±1.40[d]	22.41±1.78[d]	13.81±1.23[d]	11.42±1.01[d]
پشتکوه سوم- دورک Pushtkoh 3 Dorak	12.80±0.86 [g]	0.026±0.4[f]	23.13±1.65[h]	16.15±1.32[f]	12.47±1.02[f]	10.09±1.01[g]
ذخیره‌گاه جنگلی چال خلیل ۳ ChalKhalil 3	12.37±1.02 [g]	0.023±0.065[g]	21.84±2.54[i]	15.39±1.3[g]	12.28±0.89[g]	9.6±1.43[h]
پشتکوه‌سوم- دورک ۲ Pushtkoh 3- Dorak 2	23.37±2.36 [b]	0.046±0.08[c]	34.77±2.96[b]	26.33±2.00[b]	14.59±1.67[b]	12.51±1.25[b]
پشتکوه‌دوم- دره سه‌پستان Pushtkoh 2- Sapastan Valley	16.51 ±1.5[d]	0.036±0.05[d]	29.05±2.4[e]	20.91±2.41[e]	13.82±1.64[d]	10.89±1.36[e]
پشندگان- دره سه‌پستان ۱ Poshandegan - Sapastan Valley 1	12.69 ±1.01[f]	0.027±0.01[e]	27.84±2.08[f]	18.59±1.46[f]	12.93±1.87[e]	10.63±1.22[f]
پشندگان- دره سه‌پستان ۲ Poshandegan - Sapastan Valley 2	8.50 ±0.8[h]	0.021±0.01[h]	23.32±2.63[h]	13.33±1.21[i]	12.03±2.4[h]	9.40±1.23[i]
کاهگانک kahganak	13.34 ±1.12 [e]	0.028±0.04[e]	25.08±2.64[g]	18.55±1.69[f]	13.02±1.03[e]	10.56±0.8[f]
LSD	0.57	0.0012	0.69	0.47	0.14	0.19

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف متفاوت هستند، در سطح پنج درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌دار دارند. (میانگین ± انحراف معیار)

In each column, means with different letters are significantly different at the five percent level of the LSD test.

جدول مقایسه میانگین اثر قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر مؤلفه‌های جوانه‌زنی بذر نشان داد، تیمارهای قارچی باعث بهبود درصد جوانه‌زنی بذر در تمام مناطق مختلف بذر شدند، به‌طوری که کمترین درصد جوانه‌زنی در تیمار عدم تلقیح قارچ‌های میکوریز آربوسکولار (۱۳/۰۵ درصد) مشاهده شد. در تمامی ژنوتیپ‌های مختلف بذر بیشترین درصد جوانه‌زنی مربوط به تیمار قارچ میکوریز آربوسکولار *Funneliformis mosseae* (۲۲/۵۵ درصد) بود. تیمار ترکیبی از قارچ‌های میکوریز آربوسکولار (تیمار MIX) دارای اختلاف معنی‌دار با قارچ میکوریز آربوسکولار *Funneliformis mosseae* بود. در تمام مناطق مختلف تیمار قارچ میکوریز *Funneliformis mosseae* بیشترین درصد جوانه‌زنی را نشان داد. به‌طوری که این قارچ درصد جوانه‌زنی را ۱/۳۴ برابر نسبت به تیمار عدم تلقیح با قارچ میکوریزی (شاهد) افزایش داد. در این راستا پژوهش‌های پیشین افزایش درصد جوانه‌زنی در نتیجه تلقیح با قارچ میکوریز را نشان داده‌اند. به‌طوری که (Afkari, 2018) در مطالعه‌ای، تاثیر تلقیح بذر با قارچ میکوریزا آربوسکولار بر برخی شاخص‌های بیوشیمیایی و جوانه‌زنی بذر ذرت تحت تنش خشکی را مورد بررسی قرار داد و به این نتیجه رسید

که تلقیح بذر با قارچ‌های میکوریز (*Funneliformis mosseae*، *Rhizoglomus fasciculatum* و *Claroideoglomus etunicatum*) درصد جوانه‌زنی بذر، شاخص میزان جوانه‌زنی را نسبت به شرایط عدم تلقیح افزایش می‌دهد. (Hamidi *et al.*, 2021) در مطالعه خود تاثیر باکتری‌های محرک رشد و قارچ‌های میکوریزا بر ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر تایید و نتایج آنان نشان داد که بالاترین درصد جوانه‌زنی بذر، مربوط به بذرهای تلقیح شده باکتری سه جنس و قارچ *Funneliformis mosseae* بود. این در حالی است که برخی از مطالعات نشان دادند که حضور اسپور قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار جوانه‌زنی بذر را کاهش می‌دهد که می‌توان به مطالعه وارگا (Varga, 2015)بر روی شمعدانی جنگلی (*Geranium sylvaticum* L)، اسکوبار وارگا و همکاران (Escobar-Vargas *et al.*, 2022) بر جوانه‌زنی بذر *Lactuca sativa* و مطالعات وو و همکاران (Wu *et al.*, 2014) و باربر و همکاران (Barber *et al.*, 2013) اشاره کرد. این مطالعات نشان می‌دهند که قارچ‌های میکوریز آربوسکولار ممکن است باعث جوانه‌زنی بذر شوند، اما مکانیزم تا حد زیادی ناشناخته باقیمانده است که اثرات منفی این قارچ‌ها بر جوانه‌زنی می‌تواند بدین علت باشد که ترشحات اسپور قارچ میکوریز قادر به سرکوب جوانه‌زنی بذر، در گیاهان انگلی است (Louarn *et al.*, 2012). اگر چه اثرات قارچ میکوریز آربوسکولار بر جوانه‌زنی بذر و استقرار گیاهچه، اثرات مثبت قارچ میکوریز آربوسکولار برای رشد گیاه (Smith and Read, 2008) و تولیدمثل (Koide, 2010) گزارش شده است. اما هنوز اثر قارچ‌های میکوریز بر استقرار نهال، یا به‌ویژه جوانه‌زنی بذر نسبتاً ناشناخته است که نیاز به مطالعات بیشتری دارد.

تیمارهای قارچ میکوریز آربوسکولار شاخص بنیه بذر را در تمام مناطق مختلف بذر افزایش دادند. به‌طوری که کمترین شاخص بنیه بذر در تیمار عدم تلقیح قارچ میکوریز آربوسکولار مشاهده شد. همچنین در تمامی مناطق مختلف بذر بیشترین شاخص بنیه بذر مربوط به تیمار ترکیبی میکوریزی (تیمار MIX) بود که میزان این شاخص در تیمار ترکیبی دو برابر تیمار شاهد بود. قارچ میکوریز آربوسکولار *Funneliformis mosseae* نیز در رتبه بعدی با مقدار عددی شاخص بنیه بذر ۳۱/۱۳ قرار گرفت. (Najm *et al.*, 2023) بنیه بهتر گیاه پاپایا در شرایط تلقیح شده با میکوریزا نسبت به گیاهان تلقیح نشده راگزارش دادند. مطالعه حمیدی و همکاران (Hamidi *et al.*, 2021)نیز نشان داد که تلقیح باکتری‌های محرک رشد و قارچ‌های میکوریز از طریق تولید مواد تحریک‌کننده رشد علاوه بر این که سبب تحریک جوانه‌زنی بذر و سرعت جوانه‌زنی می‌شود، از طریق سازوکار تولید مواد تنظیم‌کننده رشد و افزایش جوانه‌زنی بذر و بنیه گیاهچه توانسته‌اند سبب افزایش بهبود کیفیت و بهبود بنیه گیاهچه در ذرت به‌خصوص در مرحله ظهور گیاهچه و استقرار آن مؤثر واقع شده باشند.

بر اساس نتایج تمامی تیمارهای میکوریزی باعث بهبود و افزایش قدرت جوانه‌زنی بذر در تمام مناطق مختلف بذر شدند، در تمامی مناطق مختلف بذر، بیشترین قدرت جوانه‌زنی مربوط به تیمار ترکیبی میکوریزی (تیمار MIX) بود و تیمار قارچ میکوریز آربوسکولار *Funneliformis mosseae* در رتبه دوم قرار گرفت. مطالعه آذرنیا و همکاران (Azarnia *et al.*, 2016) در خصوص اثر تلقیح میکوریزی و پرایمینگ بذر بر برخی خصوصیات ریشه و بخش هوایی عدس نشان داد که اثرات اصلی و متقابل تیمارهای پرایمینگ و تیمارهای تلقیح میکوریزی بر قدرت بذر معنی‌دار می‌باشد. به گونه‌ای که اثر همه تیمارهای پرایمینگ در سطوح مختلف قارچ‌های میکوریزی در مقایسه با تیمار شاهد در هر سطح، قدرت بذر را افزایش دادند. کومار و همکاران (Kumar *et al.*, 2024) اثر قارچ‌های میکوریز را بر جوانه‌زنی درخت همیشه سبز *Erminalia Arjuna* (Roxb) بررسی کردند. نتایج مطالعه آنان نشان داد که بذرهای جوانه زده با تلقیح قارچ میکوریزا نسبت به بذرهای بدون تلقیح قدرت جوانه‌زنی (۸۳/۸۸ درصد) بالاتری داشتند. قارچ میکوریزی به‌عنوان عوامل محافظتی،

یک سپر در اطراف بذر ایجاد می‌کند و منجر به جوانه‌زنی بیشتر بذر می‌شود (Tiwari *et al*. 2022).

تلقیح با قارچ‌های میکوریز آربوسکولار سرعت جوانه‌زنی بذر در تمام مناطق مختلف بذر را افزایش دادند. در تمام مناطق مختلف بذر، تیمار ترکیبی میکوریزی (تیمار MIX) بیشترین سرعت جوانه‌زنی و تیمار عدم تلقیح میکوریزی (تیمار شاهد) کمترین میزان را نشان داد. سرعت جوانه‌زنی در تیمار ترکیبی تقریبا دو برابر تیمار شاهد بود. همچنین نتایج نشان داد در بین تیمارهای قارچ میکوریز آربوسکولار تیمار *Claroideoglomus etunicatum* کمترین مقدار سرعت جوانه‌زنی بذر را از خود نشان داد.

مطابق با نتایج پژوهش حاضر سرعت جوانه‌زنی نیز در شرایط تلقیح با قارچ میکوریز افزایش می‌یابد. مطالعات متعددی افزایش سرعت جوانه‌زنی بذر را به دلیل تاثیر مثبت میکوریزا گزارش کرده‌اند (Alghamdi *et al*., 2019; Shao *et al*., 2020; Figura *et al*., 2021). (Solaiman *et al*., 2005) در مطالعه خود افزایش درصد و سرعت جوانه‌زنی در شرایط تلقیح قارچ و باکتری در بررسی واکنش بذر نخود نسبت به شرایط عدم تلقیح را نشان دادند (Senberga *et al*., 2018) بهبود جوانه‌زنی بذر در اثر تلقیح با باکتری‌های ریزوبیومی و نیز تلقیح توام باکتری و قارچ میکوریز در گیاه باقلا (Rahimzadeh and Pirzad, 2019) نیز بهبود جوانه‌زنی بذرهای کتان تلقیح شده با باکتری پسودوموناس و تلقیح توام باکتری و قارچ میکوریز را گزارش دادند. قارچ‌های میکوریز آربوسکولار به دلیل فراهم آوردن مواد مغذی اهمیت بسیاری برای جوانه‌زنی بذر و متعاقب آن استقرار گیاه دارند (Dearnaley, 2007). مطالعات در سطح آزمایشگاهی، نشان داده است که قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بر جوانه‌زنی بذر در گونه‌های جنگلی تاثیر مثبت دارند (Ballina *et al*., 2017). در شرایط طبیعی، شبکه‌های هیف قارچ‌های میکوریز ممکن است بر جوانه‌زنی و استقرار نهال تاثیر مثبت بگذارند (Varga, 2015). مطالعاتی در خصوص گونه‌های درختی وجود دارد که نشان می‌دهد که اثرات مثبت قارچ‌های میکوریز بر جوانه‌زنی به دلیل عملکرد پوششی محافظ این قارچ‌ها بر روی دانه‌ها است که از آلوده شدن توسط پاتوژن‌ها جلوگیری می‌کند (Huante *et al*., 2012; Ballina *et al*., 2017). (Fernandez-Zarate *et al*., 2022) به این نتیجه رسیدند که پارامترهای جوانه‌زنی با تیمار میکوریزا در گونه *Cinchona officinalis* L. (Rubiaceae) عملکرد بهتری داشتند. نجم و همکاران (Najm *et al*., 2023) نیز به این نتیجه رسیدند که قارچ میکوریزا در تسریع فرآیند جوانه‌زنی و افزایش رشدونمو گیاهچه پاپایا (*Carica papaya*) نقش داشت. به گونه‌ای که تلقیح بستر کشت با قارچ میکوریزا، درصد جوانه‌زنی و شاخص سرعت جوانه‌زنی را افزایش داد. دلیل این امر را می‌توان این‌گونه گزارش کرد که استریگولاکتون‌های گیاهی در طی فرآیند کلونیزاسیون به‌عنوان ترکیبات سیگنال دهنده عمل می‌کنند و سبب تحریک جوانه‌زنی بذر می‌شوند. از طرف دیگر، افزایش تولید آکسین‌ها و سیتوکینین‌ها که باعث رشد گیاه می‌شوند، با میکوریزا آربوسکولار در ارتباط است (Gutowski, 2015).

تیمارهای قارچ میکوریز آربوسکولار باعث بهبود و افزایش طول ریشه‌چه بذر در تمام مناطق مختلف بذر شدند، به‌طوری که کمترین طول ریشه‌چه بذر در تیمار عدم تلقیح میکوریزی (شاهد) مشاهده شد. نتایج نشان داد در تمامی مناطق مختلف بذر بیشترین طول ریشه‌چه بذر مربوط به تیمار ترکیبی از قارچ‌های میکوریزی (تیمار MIX) بود. تیمار قارچ میکوریز آربوسکولار *Funneliformis mosseae* در رتبه دوم قرار گرفت. تمامی تیمارهای قارچ میکوریز باعث بهبود و افزایش طول ساقه‌چه بذر در تمام مناطق مختلف بذر شدند، در تمامی مناطق مختلف بذر، بیشترین طول ساقه‌چه بذر مربوط به تیمار قارچ میکوریز آربوسکولار *Funneliformis mosseae* بود. همچنین تیمار ترکیبی از قارچ میکوریزی (تیمار MIX) دارای اختلاف معنی‌دار با قارچ میکوریز *Funneliformis mosseae* و دارای مقدار طول ساقه‌چه

بذر بود. نتیجه مطالعه (Gholinezhad *et al.*, 2020) در گیاه سویا نشان داد که تلقیح با قارچ میکوریزا گونه *Funneliformis mosseae* و *Rhizophagus intraradices* در مقایسه با عدم تلقیح قارچ، شاخص بنیه بذر، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و طول گیاهچه افزایش داد که همسو با نتایج مطالعه حاضر است. (Wang 2023 *et al.*, افزایش طول ریشه در نتیجه تلقیح قارچ میکوریز را در گونه درختچه‌ای درمنه و (Ebrahimi *et al.*, 2023) در گونه قیچ (*Zygophyllum eurypterum*) و (Thakur and Shinde, 2020 طول ریشه و ساقه بیشتری در حالت تلقیح با قارچ میکوریز در گیاه نخود (*Cicer arietinum*) را گزارش کردند.

جدول ۶- مقایسه میانگین تأثیر قارچ بر برخی از ویژگی‌های جوانه‌زنی بذر گونه محلب

Table 6- Comparison of the average effect of fungus on some properties of *cerasus mahlabe* seed germination

طول ساقه‌چه stem length	طول ریشه‌چه root length	قدرت جوانه‌زنی germination strength	شاخص بنیه بذر seed vigor index	سرعت جوانه‌زنی بذر seed germination speed	درصد جوانه‌زنی بذر seed germination percentage	قارچ Fungi
11.78 ±0.85^{e}	9.07±1.03^{d}	14.21±1.43^{e}	14.91±1.01^{e}	0.03±0.01^{e}	13.05±1.4^{e}	شاهد
13.66±1.07^{b}	11.16±1.4^{b}	20.77±1.74^{b}	31.13±2.4^{b}	0.045±0.02^{a}	22.55±2.4^{a}	*Funneliformis mosseae*
12.74±1.52^{d}	10.23±1.65^{c}	18.34±1.41^{d}	20.13±2.63^{d}	0.042±0.01^{c}	20.44±1.74^{c}	*Rhizophagus irregularis*
13.04±0.84^{c}	10.31±1.4^{c}	19.34±1.96^{c}	22.05±2.4^{c}	0.041±0.01^{d}	19.82±2.4^{d}	*Claroideoglomus etunicatum*
13.76±1.36^{a}	11.66±1.01^{a}	22.38±1.24^{a}	39.20 ±2.9^{a}	0.044 b±0.01^{b}	21.40 ±2.3^{b}	Combination treatment (Mix)
0.13	0.09	0.33	0.49	0.0008	0.40	LSD

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حروف متفاوت هستند، در سطح پنج درصد آزمون LSD اختلاف معنی‌دار دارند.(میانگین ± انحراف معیار)

In each column, means with different letters are significantly different at the five percent level of the LSD test.

نتیجه‌گیری

نتایج این مطالعه نشان می‌دهد که قارچ‌های میکوریزی، کودهای زیستی مفیدی برای بهبود مؤلفه‌های رشدی بذر و در نهایت تولید و تکثیر نهال گونه محلب می‌باشند که به‌طور قابل‌توجهی سرعت، قدرت و درصد جوانه‌زنی بذر، بنیه بذر و طول ریشه‌چه و ساقه‌چه را بهبود می‌بخشد. بنابراین می‌توان از این قارچ‌ها به‌منظور تکثیر انبوه پایدار این گونه مهم جنگلی استفاده نمود.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله نویسندگان مقاله مراتب تقدیر و تشکر خود را از مرکز تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی و منابع‌طبیعی استان اصفهان و بخش تحقیقات منابع‌طبیعی این مرکز اعلام می‌دارند.

منابع

References

Alghamdi, S. A. (2019). Influence of mycorrhizae fungi on seed germination and growth in terrestrial and epiphytic orchids. Saudi Journal of Biological Sciences. 26(3), 495–502.

Azarnia, M., Biabani, A., Gholizadeh, A., Eisvand, H. R. & Gholamalipour Alamdari, E., (2016). Effect

Afkari, A., (2018). The effect of seed inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi on some chemical characteristics and seed germination of corn (SC704) under drought stress. Iranian Journal of Seed Science and Technology. 8(1), 253-264. (In Persian)

of Mycorrhizal Inoculation and Grain Priming on Some Quantity and Quality Properties of Lentil (Lens culinaris L.). Journal of Water and Soil. 2(3), 27-53. (In Persian with English abstract)

Ballina, H.S., Ruiz, E., Ambriz, E. & Alvarado, C.J., (2017). Efecto de la luz y micorrizas en la germinacion de semillas de arboles de selvas secas. Madera Bosques. 23(3), 29–37.

Barber, N.A., Kiers, E.T., Theis, N., Hazzard, R.V. & Adler. L.S., (2013). Linking agricultural practices, mycorrhizal fungi, and traits mediating plant-insect interactions. Ecological Applications. 23, 1519 – 1530

Cranenbrouck, S., Declerck, S. & de Bloulois, H.D., (2008). International Training on in Vitro Culture of Arbuscular Mycorrhizal Fungi. Univercité Cattholique de Louvain

Dearnaley, J.D.W. (2007). Further advances in orchid mycorrhizal research. Mycorrhiza. 17(6), 475–486.

Ebrahimi, N., S.H. Kaboli, Rejalii, F. & Zolfaghari. A.A., (2023). Effect of Biofertilizers (rhizobacteria and mycorrhizal fungi) on Growth Characteristics of Zygophyllum eurypterum. JAST. 25 (6), 1417-1429

Escobar-Vargas, S., C.F.V. Aguirre, F.A. & Rivera Páez. (2022). Arbuscular Mycorrhizal Fungi Prevent Mercury Toxicity in Lactuca sativa (L.) Seed Germination. Pollution. 8(3), 1014-1025.

Esmaeili Sharif, M., Zamani Kebrabadi, B. & Dehqani, M. (2021). Influence of Arbuscular mycorrhiza fungi on morphological characteristics of Cerasus Mahaleb L. one year old seedlings under drought stress. Forest and Wood Products.74(1), 15-28.

Fernandez-Zarate, F.H., Huaccha-Castillo, A.E., Quiñones-Huatangari, L., Vaca-Marquina, S.P., Sanchez-Santillan, T., Morales-Rojas, E., Seminario-Cunya, A., Guelac-Santillan, M., Barturén-Vega, L.M. & Coronel-Bustamante, D., (2022). Effect of arbuscular mycorrhiza on germination and initial growth of Cinchona officinalis L. (Rubiaceae). Forest Science and Technology 18(4): 182-189.

Figura, T., Tylova, E., Jersakova, J., Vohnik, M. & Ponert, J., (2021). Fungal symbionts may modulate nitrate inhibitory effect on orchid seed germination. Mycorrhiza. 31, 231–241.

Gholinezhad, A., Samsami, N., & Abhari, A., (2020). Effect of Drought Stress, Mycorrhiza and Bacteria on Mother Plant on Produced Seed Vigor and its Related Traits in Soybean (Glycine max cv. Kosar). Iranian Journal of Seed Research. 7(1), 99-119. (In Persian with English abstract)

Gutowski, V. (2015). The effect of mycorrhizae on seed germination, development, and reproductive yield of Rapid Gro Radish. Essai. 13(1), 43-46.

Hamidi, A., Asgharzadeh, A., Khavari, A., Akbari Vala, S. & Choukan, R. (2021). Effect of Plant Growth Promoting Bacteria (PGPB) and Mycorrhizae Fungi on three Maize (Zea mays L.) Hybrids Some Seed Germination and Seedling Vigour Trait. Journal of agricultural Science and sustainable production. 31(3), 149- 167. (In Persian with English abstract)

Huante, P., Ceccon, E., Orozco-Segovia, A., Sanchez-Coronado, M.E., Acosta, I. & Rincon, E., (2012). The role of arbuscular mycorrhizal fungi on the early-stage restoration of seasonally dry tropical forest in Chamela, Mexico. Revista Arvore. 36(2), 279 –289.

ISTA (International Seed Testing Association). (2011). International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.

Karsa, K.K. & Abebie. B., (2012). Influence of seed priming on seed germination and vigor traits of Vicia villosa ssp. dasycarpa (Ten.). African Journal of Agricultural Research. 7(21), 3202-3208.

Koide, R. T. (2010). Mycorrhizal symbiosis and plant reproduction. In H. Koltai and Y. Kapulnik [eds.] Arbuscular mycorrhizas: physiology and function. 297–320. Springer.

Kumar, R., Bhardwaj, A.K. & Chandra, K.K., (2024). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on the germination of Terminalia arjuna plants grown in fly ash under nursery conditions. Forestist. 74(2), 142-146.

Louarn, J., Carbonne, F., Delavault, P., Bécard, G. & Rochange, S., (2012). Reduced germination of Orobanche cumana seeds in the presence of arbuscular mycorrhizal fungi or their exudates. PLoS ONE. 7, e49273

Najm, A., Aran, M. & Rahimian Boogar, A., (2023). The effect of seed inoculation with mycorrhizal fungi on germination and growth indicators of two papaya (Carica papaya L.) varieties in different culture substrates. Iranian Journal of Seed Science andTechnology. 12(4), 69-84. (In Persian with English abstract)

Rahimzadeh, S. & Pirzad, A., (2019). Pseudomonas and mycorrhizal fungi co-inoculation alter seed quality of flax under various water supply conditions. Industrial Crops & Products. 129, 518–524.

Rathnan, R.K., John, D. & Balasaravanan, T., (2013). Isolation, screening, identifica-tion and optimized productionof extra cellular cellulose from Bacillus subtilisusing cellulosic waste as carbonsource. J. Microbiol. Biotechnol. Food Science. 2 (6), 2383–2386

Reddy, P. P., (2013). Recent Advances in crop protection. Springer.

Sabeti, H., (1976). Forests, Trees and Shrubs of Iran. Yazd University Press, Yazd. 810p.

Sekhavati, N., Akbarinia, M., Khazaei Pool, S., Zanganeh, H. & Mirzaei, J. (2013). Study of Site and Silvicultural Characteristics of Rock Cherry (Cerasus mahaleb (L.) Mill in Kermanshah Province. Journal of Sciences and Techniques in Natural Resources. 7(3), 27-39.

Senberga, A., Dubova, L. & Alsina, I., (2018). Germinat ion and growth of primary roots of inoculated bean (Vicia faba) seeds under different temperatures. Agronomy Research. 16(1), 243 253.

Shao, S.C., Luo, Y. & Jacquemyn, H., (2020). Co-cultures of mycorrhizae fungi do not increase germination and seedling development in the epiphytic orchid Dendrobium nobile. Frontiers in Plant Science. 11, 571426.

Smith, S. E. & Read, D. J., (2008). Mycorrhizal symbiosis. Academic Press, London.

Solaiman, A.R.M., Rabbani, M.G. & Moll, M.N., (2005). Effect of inoculation of Rhizobium and Arbuscular Mycorriza, poultry litter, nitrogen and phosphorus on growth and yield in chickpea. Korean Journal of Crop Science. 50 (4), 256 -261

Tawakal Afshari, R., Abbasi Sorki, A. & Ghasemi, A., (2017). Seed technology and the basics of its biology. Tehran University Publications.

Thakur, J. & Shinde, B.P., (2020). Effect of water stress and AM fungi on the growth performance of pea plant. International Journal of Applied Biology. 4(1), 36-43.

Tiwari, R.S., Chandra, K.K., Dubey, S. & Tripathi, S., (2022). Influence of packaging materials and Storage Conditions on seed germination ability and biochemical changes in some medicinal plants of Indian forests. Frontiers in Forests and Global Change. 5, 868237.

Varga, S., (2015). Effects of arbuscular mycorrhizal fungi and maternal plant sex on seed germination and early plant establishment. Am J Bot. 102(3),358–366.

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 Plant Science. 14,1101932. doi: 10.3389/ fpls.2023.1101932

Wu, J., Wang, F., MA, L., Yang, J., Huang, X., AN. G. & Liu. S., (2014). Seedling performance of Phragmites australis (Cav.) Trin ex. Steudel in the presence of arbuscular mycorrhizal fungi. Journal of Applied Microbiology. 116, 1593 – 1606.

Zamani Kebrabadi, B., Jaberalansar, Z. & Esmaeili Sharif, M., (2023). Investigating the effect of bacteria PGPR in stimulating germination and improving the growth components of seeds Cerasus mahaleb (L.) Mill (Study area: Faridunshahr, Isfahan province). Seed Research. 13 (2), 77-93. (In Persian with English abstract)

Zanganeh, H.,)1999(. Report of existence Cerasus mahaleb (L.) Mill. in Kermanshah province forests. Published by Forests, Range and Watershed Management Organization, Tehran, 13p.

This page is intentionally left blank.