



The effect of different biological manure treatments on the viability and growth rate of gum tree and hybrid poplar seedlings in an arid area

Hanieh Shahghobadi¹, Sanam Sharifi Tabesh², Vahid Etemad³, Mohsen Javanmiri Pour^{4*}, Anoushirvan Shirvany³,
Mohammad Matiniazadeh⁵

1- PhD student, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. Karaj, Iran.

2- MSc graduate, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. Karaj, Iran.

3- Associate Professor, Department of Forestry and Forest Economics, Faculty of Natural Resources, University of Tehran. Karaj, Iran.

4- Assistant Professor, Forest and Rangeland Research and Education Department, Agriculture and Natural Resources Research and Education Center in Kermanshah Province, Agricultural Extension Research and Education Organization, Kermanshah, Iran.

5- Associate Professor, Research Institute of Forests and Ranges, Tehran, Iran.

*Corresponding Author: mm.javanmeri@gmail.com

Keywords:

Wood farming, Collar diameter, Height, Mycorrhizal fertilizer, Fast growing species.

Extended Abstract

Introduction and objective: In order to preserve forests and satisfy the wood demands of different cellulose industries, it is crucial for officials and executive planners to prioritize the use of organic fertilizers in forestry development. The aim of this study was to investigate the effects of organic fertilizers, including animal manure, processed fertilizer, and mycorrhiza, on the growth characteristics of two species. The specific growth characteristics examined were collar diameter, height, and survival rate.

Materials and Methods: Three hundred seedlings of Eucalyptus and three hundred seedlings of Mofid hybrid Poplar were planted on the lands of Pars Paper Industries Company, located around Shush County in Khuzestan Province. The seedlings were arranged in a completely randomized block design with three different treatments: animal manure, mycorrhiza, and processed fertilizer, alongside a control treatment. Each treatment was applied with a spacing of 3×3 meters in three replications. In each replication, 25 seedlings were planted in plots with an area of 225 m², totaling approximately one hectare, with a four-meter distance between each adjacent plot. After planting, the first step was to measure the quantitative characteristics, including collar diameter (with millimeter precision) using calipers and seedling height using a Bloom Lays device (with centimeter precision). These measurements were repeated annually at the end of each growth period over the duration of the three-year study.

Received:

11 Jun 2024

Revised:

24 Jul 2024

Accepted:

25 Jul 2024

How to cite this article:

Shahghobadi, H., Sharifi Tabesh, S., Etemad, V., Javanmiri Pour, M., Shirvany, A. & Matiniazadeh, M. (2025). The effect of different biological manure treatments on the viability and growth rate of gum tree and hybrid poplar seedlings in an arid area. *Journal of Drought and Climate change Research* (JDCR), 3(9), 1-16. [10.22077/jdcr.2024.7756.1070](https://doi.org/10.22077/jdcr.2024.7756.1070)



Results and Discussion: In Eucalyptus, the bio-fertilizer treatments resulted in a 100% survival rate, while the control treatment had a survival rate of 97.3%. In the Mofid hybrid poplar, the highest survival rate was observed in the mycorrhiza treatment at 94.7% and the lowest was in the processed fertilizer treatment at 80%.

When comparing the mean collar diameter growth for the Mofid hybrid poplar species, a significant difference was found at the 5% level. The maximum collar diameter growth was recorded in the animal manure treatment (72.2 mm), whereas the minimum was in the control treatment (22.2 mm). For Eucalyptus, the highest mean collar diameter growth was observed in the mycorrhiza treatment (87.6 mm), with the lowest in the control treatment (25.5 mm). Regarding height growth in the Mofid hybrid poplar species, the mycorrhiza treatment resulted in the highest growth (195.75 cm) and the control treatment the lowest (152.5 cm). For Eucalyptus, the highest height growth was in the mycorrhiza treatment (325.5 cm), while the lowest was in the control treatment (209.51 cm). Statistical results indicated that mycorrhiza significantly increased both collar diameter and height in both species. Additionally, Eucalyptus demonstrated superior growth compared to Mofid hybrid poplar, showing 45% more collar diameter growth and 32% more height growth.

Conclusion: Based on the results, the mycorrhiza fertilizer treatment led to better survival rates for both Eucalyptus and the Mofid hybrid poplar species compared to other treatments. Furthermore, it is recommended that under similar environmental conditions and considering the examined characteristics, the survival and growth of Eucalyptus and Mofid hybrid poplar seedlings under the influence of various bio-fertilizer treatments be prioritized. Eucalyptus should be given priority in wood farming and plantation plans due to its superior performance compared to the Mofid hybrid poplar.



اثر کودهای زیستی و کود آلی بر زنده‌مانی و رویش نهال‌های اکالیپتوس و صنوبر هیبرید مفید در یک منطقه خشک

هانی‌ه شاه‌قبادی^۱، صنم شریفی^۲، وحید اعتماد^۳، محسن جوانمیری پور^{۴*}، انوشیروان شیروانی^۵، محمد متینی‌زاده^۵

- ۱- دانشجوی دکتری، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- ۲- دانش‌آموخته کارشناسی ارشد، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- ۳- دانشیار، گروه جنگل‌داری و اقتصاد جنگل، دانشکده منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
- ۴- استادیار، بخش تحقیقات و آموزش جنگل و مرتع، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه، سازمان تحقیقات و آموزش و ترویج کشاورزی، کرمانشاه، ایران.
- ۵- دانشیار، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع، تهران، ایران.

*نویسنده مسئول: mm.javanmeri@gmail.com

چکیده

واژه‌های کلیدی:

زراعت چوب، قطر یقه، ارتفاع، کود
مایکوریزا، گونه‌های تند رشد.

در مناطق خشک، کشاورزی و جنگل‌کاری با چالش‌های زیادی مواجه است که یکی از مهم‌ترین آن‌ها تأمین مواد مغذی و آب کافی برای گیاهان است. در این مناطق، استفاده از کودهای زیستی و آلی می‌تواند تأثیر قابل توجهی بر بهبود رویش و زنده‌مانی نهال‌ها داشته باشد. هدف این پژوهش بررسی تأثیر کودهای زیستی و آلی بر ویژگی‌های رویشی قطر یقه، ارتفاع و زنده‌مانی نهال‌های اکالیپتوس و هیبرید صنوبر در شهرستان شوش بود. در این آزمایش، ۶۰۰ نهال در بلوک‌های کاملاً تصادفی با تیمارهای مختلف کاشته شدند و قطر یقه و ارتفاع آن‌ها اندازه‌گیری شد. بدین‌منظور، نهال‌ها با تیمارهای کودهای حیوانی، مایکوریزا، فرآوری شده و شاهد با فاصله ۳×۳ متر با سه تکرار و در هر تکرار ۲۵ اصله کاشته شدند. مایکوریزا بیشترین زنده‌مانی (۹۴/۷٪) را در صنوبر داشت ولی تفاوت معنی‌داری بین کودها مشاهده نشد. بیشترین رویش قطری مربوط به کود حیوانی (۲/۷۸ میلی‌متر) و کمترین به تیمار شاهد (۲/۲۲ میلی‌متر) بود. همچنین، مایکوریزا بیشترین ارتفاع (۹۵/۷۵ سانتی‌متر) و تیمار شاهد کمترین (۵۲/۱ سانتی‌متر) را داشت. در اکالیپتوس، مایکوریزا بیشترین رویش قطری (۶/۸۷ میلی‌متر) و تیمار شاهد کمترین (۵/۸ میلی‌متر) را نشان داد. همچنین، مایکوریزا بیشترین ارتفاع (۲۵۵/۳ سانتی‌متر) و تیمار شاهد کمترین (۲۰۹/۵ سانتی‌متر) را داشت. مایکوریزا در هر دو گونه باعث افزایش معنی‌دار قطر و ارتفاع و افزایش زنده‌مانی شده است. همچنین، به‌طور کلی اکالیپتوس رشد قطری و ارتفاعی بهتری نسبت به صنوبر داشت، به‌طوری‌که اکالیپتوس از نظر قطری ۴۵٪ و از نظر ارتفاعی ۳۲٪ بیشتر از صنوبر بود.

تاریخ دریافت:

۱۴۰۳/۰۳/۲۲

تاریخ ویرایش:

۱۴۰۳/۰۵/۰۳

تاریخ پذیرش:

۱۴۰۳/۰۵/۰۴

مقدمه

افزایش روزافزون جمعیت در نتیجه افزایش نیاز به چوب و فرآورده‌های آن و دخل و تصرف در جنگل‌ها، اهمیت جنگل‌کاری و تولید چوب خارج از جنگل را بیشتر نموده است (Karimi et al., 2019, Adibnejad & Mohammadi Limaiei, 2020, Sanchouli et al., 2021). اثرات جنگل‌کاری‌ها از قبیل حفظ ارزش‌های محیطی فراوان، در مقایسه با تولید چوب اهمیت و ارزش به‌مراتب بیشتری را دارا است (Saleheh Shooshtari et al., 2012). زراعت چوب شیوه‌ای کارآمد و مؤثر شامل عملیات کاشت گونه‌های تند رشد با هدف برداشت چوب حداکثر با کیفیت مطلوب به‌منظور تأمین مصارف مختلف می‌باشد (Aminpour, 2008, Khayati Nezhad et al., 2018). با توجه به موقعیت جغرافیایی و اولویت صنایع چوب و کاغذ، انواع گونه‌های سوزنی‌برگ و پهن‌برگ در طرح‌های زراعت چوب مورد استفاده قرار می‌گیرند (Shabanian et al., 2019). به همین دلیل کشت گونه‌های تند رشد و چوبده در اطراف مزارع کشاورزی به‌صورت تلفیقی و یا کشت یک نوع گونه درختی در داخل مزارع ترویج داده شد (Kotwal et al., 2008). در ایران و سایر نقاط دنیا به‌دلیل ویژگی‌های منحصر به فردی که گونه‌های جنس صنوبر و اکالیپتوس در مقایسه با دیگر درختان برخوردار هستند، بیشترین سهم زراعت چوب به این گونه‌ها اختصاص داده شده است (Karamian et al., 2015).

از بین درختان اکالیپتوس، گونه کاملدولنسپس (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) علاوه بر رشد ارتفاعی بالا دارای قطر قابل قبولی است و در بیشتر مناطق ریشی ایران از سازگاری خوبی برخوردار بوده و دارای رشد حجمی مطلوبی است (Abbas Aliyan & Zaferani, 2010). این گونه در گذشته در مناطق مختلف خوزستان مورد پژوهش قرار گرفته است و نتایج آزمایش‌ها حاکی از رویش بالا و سازگاری خوب این گونه می‌باشد، اما در صنایع کاغذسازی با محدودیت‌هایی از قبیل بافت متخلخل چوب اکالیپتوس روبه‌رو است که می‌تواند کیفیت پایین‌تر از کاغذ نهایی را باعث شود. همچنین، مواد شیمیایی خاص در چوب اکالیپتوس ممکن است با فرآورده‌های بازیافت کاغذ تداخل داشته باشد و کیفیت بازیافت را کاهش دهد. همچنین، مقاومت بالای

چوب اکالیپتوس در برابر روغن ممکن است در فرآورده‌های صنعتی مرتبط با کاغذسازی به مشکلاتی منجر شود (Gopinath et al., 2018). به همین دلیل تلاش می‌گردد تا از پتانسیل سایر گونه‌های درختی در زمینه تولید چوب مانند صنوبر هیبرید مفید که قابلیت‌های خوبی از نظر سازگاری با مناطق گرم جنوب کشور نشان داده و به‌لحاظ چوب سفید، محدودیتی برای صنایع کاغذسازی کشور ندارد (Jafari Mofidabadi et al., 2016)، به کمک کودهای زیستی استفاده شود. صنوبر مفید، هیبرید بین گونه‌های پده با خصوصیت رشد بطئی ولی مقاوم در شرایط سخت و کبوده (*Populus euphratica*) می‌باشد که گونه‌ای دارای رشد زیاد است.

کود زیستی، یک محصول آلی است که مواد طبیعی مانند کودهای حیوانی، کمپوست، یا میکروارگانیسم‌های مفید را شامل می‌شود. این کودها برای افزایش بهره‌وری خاک و تغذیه گیاهان به‌صورت طبیعی و زیستی استفاده می‌شوند. مصرف کودهای زیستی کم هزینه‌تر از کودهای شیمیایی بوده و در اکوسیستم آلودگی به وجود نمی‌آورند. کودهای زیستی حاوی ریز اندامگانی (میکروارگانیسم) هستند که عناصر غذایی را به میزان کافی برای اطمینان از رشد و نمو مناسب گیاهان در اختیار آنها قرار می‌دهند و همچنین تنظیم فیزیولوژی گیاهان را تسهیل می‌کنند (Azarnia et al., 2015).

Watt و همکاران (۲۰۰۳) گزارش دادند اکالیپتوس تیمار شده با کود مایکوریزا و آبسیزیک اسید بیشترین درصد زنده‌مانی و رشد را داشتند که این مقدار در حدود ۹۶٪ است. چنین نتیجه‌ای با یافته‌های به دست آمده در تحقیق حاضر دارای همسویی است.

یافته‌های تحقیق Cesar و همکاران (۲۰۰۷) نشان داد حضور قارچ‌های ساپروب و میکوریزا آربوسکولار (AM) علاوه بر تأثیر مثبت بر رشد قطری و ارتفاعی گیاه باعث افزایش وزن خشک، طول اندام هوایی، غلظت کل نیتروژن، فسفر و پتاسیم و مقدار کلروفیل در اندام هوایی *E. globulus* شدند که با نتایج تحقیق حاضر در یک راستا قرار دارد.

یافته‌های حاصل از یک تحقیق نشان داد تلقیح قارچ‌های میکوریز آربوسکولار AM یا آروسپیریلوم (*Gigaspora margarita*، *Glomus deserticola*، *G. fasciculatum*، *G.*

شد که مطالعات چشمگیری در ایران (Rohipour & Lashkar-Blouki, 2005; Shushtri, 2005; Karmian et al., 2015; Parsadoost et al., 2017; Calagari et al., 2015; Kohane, 2015; Sugavanam et al., 2000) و در خارج از کشور (Sugavanam et al., 2000; Lovelock et al., 2003; Cesar et al., 2007; Singh et al., 2007) انجام شده است اما تمرکز بیشتر تحقیقات بر روی گونه اکالیپتوس است و اندک پژوهش‌هایی در مورد گونه هیبرید صنوبر مفید انجام شده است. همچنین استفاده از کودهای زیستی (کود حیوانی، میکوریزا و فرآوری) باعث تمایز این پژوهش با مطالعات مشابه شده است.

هدف از این پژوهش، تأثیر تیمارهای مختلف کود زیستی بر ویژگی‌های رویشی و زنده‌مانی درختان تند رشد هیبرید صنوبر مفید (*Populus euphratica* Oliv. X *P. alba* L. و نوعی اکالیپتوس (*Eucalyptus camaldulensis* Dehnh) در یک منطقه خشک است.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

استان خوزستان با مساحتی حدود ۶۴۲۳۶ کیلومتر مربع، بین ۲۹ درجه و ۵۸ دقیقه تا ۳۳ درجه و ۴ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۴۱ دقیقه تا ۵۰ درجه و ۳۹ دقیقه طول شرقی، در جنوب غربی ایران واقع شده است. این استان از شمال غربی با استان ایلام، از شمال با استان لرستان، از شمال شرقی و شرق با استان‌های چهارمحال و بختیاری و کهگیلویه و بویراحمد، از جنوب با خلیج فارس و از غرب با کشور عراق هم‌مرز است. شهرستان شوش ۵/۶ کیلومتر مربع مساحت در ۲۴ کیلومتری جنوب دزفول و ۱۱۵ کیلومتری اهواز بین ۳۲ درجه و ۲ دقیقه عرض شمالی و ۴۷ درجه و ۱ دقیقه طول شرقی قرار دارد (شکل ۱). میانگین ارتفاع از سطح دریا در شهر شوش، ۸۷ متر است.

شهرستان شوش در جلگه خوزستان قرار گرفته است و ناهمواری خاصی در آن دیده نمی‌شود. این شهرستان به‌صورت دشت هموار و جلگه آبرفتی حاصلخیز است. دشت شوش نسبتاً کم‌عرض است که در جهت شمالی و جنوبی قرار گرفته و بین دو رودخانه کرخه و دز محصور شده است. رود شاوور نیز به موازات این دو رود جریان دارد.

رشد، زیست توده، کلونیزاسیون ریشه و غلظت N، P و K بافتی شد و پاسخ‌های قابل توجهی در گیاهان تلقیح شده با *G. versiforme* یا *G. margarita* در ارتباط با *Azospirillum* گزارش شد (Sugavanam et al., 2000) که تأییدکننده نتایج تحقیق حاضر است.

اثرات ترکیب میکوریزا و ژن‌های عملکردی را نسبت به تنوع در محرک‌های شناخته شده رشد درخت با ترکیب بررسی‌های میکوریزا مولکولی زوجی با داده‌های موجودی جنگل در ۱۵ کشور اروپایی آزمایش شد. نتایج نشان داد که ترکیب میکوریزا با تفاوت سه برابری در نرخ رشد درخت حتی هنگام کنترل محرک‌های غیر زنده اولیه رشد درخت مرتبط است. این یافته‌ها نشان می‌دهد که ترکیب میکوریزا یک شاخص زیستی قوی برای محرک‌های زمینه‌ای رشد درخت است و یا اینکه تنوع جوامع میکوریزا جنگل باعث تفاوت در رشد درخت می‌شود (Anthony et al., 2022).

رشد درخت، خواص خاک، و کلون قارچ ریشه میکوریزا در جنگل‌کاری‌های *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden در سننین مختلف ارزیابی شد. ترکیب جامعه قارچی میکوریزا را با توالی‌یابی با توان عملیاتی بالا شناسایی گردید و یک مدل معادله ساختاری در میان آنها شامل درختان، خاک و قارچ‌های میکوریزا ایجاد شد. یافته‌های اصلی شامل موارد زیر است: (۱) کل فسفر (P) و پتاسیم کل (K) در خاک تحت یک کاهش اولیه قرار گرفت و به‌دنبال آن افزایش با سن‌های مختلف توده. (۲) میزان کلون میکوریزا ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت. (۳) ترکیب جامعه قارچی میکوریزا به‌طور قابل توجهی با سننین مختلف تغییر کرد، اما تغییر قابل توجهی در تنوع وجود نداشت. (۴) *Paraglomus* و *Glomus* جنس غالب بودند که به‌ترتیب ۷۰/۱٪ و ۲۱/۸٪ از فراوانی نسبی را تشکیل می‌دادند. (۵) جنس‌های غالب عمدتاً تحت تأثیر فسفر خاک، محتوای ازت و تراکم ظاهری بودند، اما عوامل اصلی با سن توده متفاوت بودند (Jiang et al., 2024).

در رابطه با پژوهش‌های انجام شده در مورد مقایسه دو گونه اکالیپتوس و هیبرید صنوبر مفید در راستای تأمین نیازهای چوبی، پس از بررسی‌های به عمل آمده مشخص

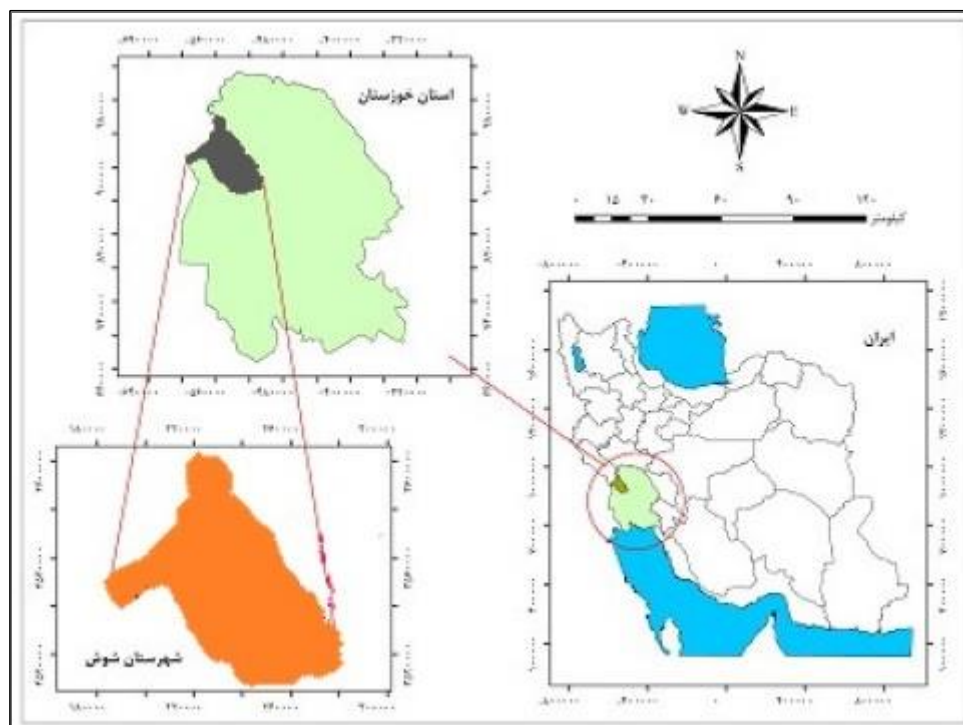
و مطالعات قبلی که از خاک منطقه توسط این شرکت به عمل آمده به‌ترتیب حدود ۱/۰۷ و ۰/۶۲ می‌باشد. خاک منطقه از نظر درصد اسیدیته قلیایی است و میزان آن بالاتر از ۸/۳۱ اعلام گردیده است (جدول ۱).

بر اساس نمونه خاکی که از منطقه برداشت گردیده بافت خاک منطقه مورد مطالعه از نوع شنی- لومی است و میزان فسفر قابل جذب آن ۲/۴۷ میلی گرم در کیلوگرم می‌باشد، درصد ماده آلی و کربن نیز بر اساس این مطالعه

جدول ۱. برخی از پارامترهای فیزیک و شیمی خاک

Table 1. Number of physical and chemical parameters of the soil

C/N	ماده آلی (%) Organic matter (%)	کربن (%) Carbon (%)	آهک (%) Lime (%)	رطوبت خاک (%) Soil moisture (%)	فسفر (ppm) Phosphorus (ppm)	پتاسیم (ppm) potassium (ppm)	نیترژن (%) Nitrogen (%)	پتانسیل هیدروژن pH	هدایت الکتریکی (ds/m)	منیزیم (meq/l) Magnesium (meq/l)	کلسیم (meq/l) Calcium (meq/l)	تخلخل (%) Porosity (%)	بافت خاک Soil texture	وزن مخصوص ظاهری Bulk Density
۱:۱۰	۱۰۷	۰۶۲	۱۹۳۲	۱۶۵	۲۴۷	۱۴۹۶	۰۰۹	۸۳۱	۲	۸	۲۲۸	۴۶	LSC	۱۴۳۱



شکل ۱. موقعیت جغرافیایی شهرستان شوش

Fig 1. Geographical location of Shush city

و نزولات به‌صورت باران می‌باشد. این منطقه حدود ۹ ماه از سال فاقد بارش و همراه با خشکی شدید است. عرصه مورد نظر مسطح و خاک اراضی از نوع آبرفتی، بافت خاک شنی و رسی و مناسب برای صنوبر کاری است. برای آبیاری درختان از پمپاژ آب یک حلقه چاه نیمه عمیق حفر شده در کارخانه استفاده شد.

محل اجرای پژوهش اراضی شرکت صنایع کاغذ پارس واقع در اطراف شهرستان شوش واقع در استان خوزستان به فاصله ۲۰ کیلومتری مرکز استان قرار دارد. این منطقه در عرض ۳۲ درجه و ۲۵ دقیقه شمالی و طول ۴۵ درجه و ۲۰ دقیقه شرقی قرار گرفته و ارتفاع آن از سطح دریا ۳۵۰ متر است. میانگین بارندگی سالیانه حدود ۲۵۰ میلی‌متر

ریشه لخت از نهالستان بزرگ کرج تهیه و به محل کاشت منتقل شد و همچنین نهال اکالیپتوس یک‌ساله از نهالستان بخش خصوصی شهرستان شوش به‌صورت گلدانی تهیه، حمل و کاشت شد.

برای کاشت نهال‌ها، ۶۰۰ چاله به ابعاد ۱×۱×۱ متر توسط بیل مکانیکی حفر شد. در هنگام کاشت اطراف نهال از خاک مرغوب پر گردید و در چاله‌هایی که قرار بود در مورد آن‌ها تیمار کود زیستی اجرا گردد، قبل از پر نمودن چاله خاکی که با کود مخلوط شده به‌خوبی بهم زده شد و در اطراف نهال قرار داده شد. میزان کود حیوانی گاوی و فرآوری شده (کودهای آلی از بقایای گیاهان و موجودات زنده حاصل می‌شوند، مانند کود کمپوست) در هر دو گونه نسبت ۱:۳ و کود مایکوریزا که از کشور جمهوری چک وارد شده بود (*Pisolithus arrhizus* و *Scleroderms citrinum*) با نسبت ۱:۲ با خاک ترکیب شد. عملیات داشت شامل آبیاری هفته‌ای دو بار، وچین علف‌های هرز بین درختان به دفعات مورد نیاز صورت گرفت.

آبیاری سه روز یکبار با شیلنگ از لوله‌کشی آبی انجام شد که در منطقه کاشت نهال‌ها احداث شده بود. مدت زمان دادن آب در همه چاله‌های کاشت به یک مدت معین به‌نحوی بود که تشتک آبیاری کاملاً پر شود به‌طوری که در هر نوبت به هر نهال به‌طور متوسط ۵۰ لیتر آب داده شود. آبیاری در فصول گرم در مواقعی از روز انجام شد که کمترین اتلاف و تبخیر را به‌دنبال داشته باشد. آبیاری درختان صنوبر با آغاز خزان در اواخر پاییز قطع گردید ولی گونه اکالیپتوس در تمام طول سال تا آخر پاییز ۵۰ لیتر ولی در فصل زمستان همان مقدار ولی هر ۱۰ روز یکبار آبیاری شدند. پارامترهای فیزیکی و شیمی آب در جدول ۲ آورده شده است.

بعد از کاشت نهال‌ها، اولین اقدام اندازه‌گیری‌های مشخصه‌های کمی شامل قطر یقه (دقت میلی‌متر) با دستگاه کولیس و ارتفاع نهال‌ها با دستگاه بلوم‌لایس (دقت سانتی‌متر) بود. پس از پایان اولین دوره رویش، اندازه‌گیری‌های سالانه مجدداً تکرار شد. برای اندازه‌گیری رویش قطری و ارتفاعی درختان اکالیپتوس و صنوبر مفید ارتفاع و قطر یقه نهال‌ها در حین کاشت در پایان دوره رویش در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ مورد اندازه‌گیری قرار گرفت تا میزان رویش سالانه محاسبه شود.

طرح کاشت درختان و جامعه آماری

دو گونه مورد مطالعه، اکالیپتوس (*E. camaldulensis*) و هیبرید صنوبر (*P. euphratica* x *P. alba*) مفید در سال ۱۳۹۸ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی براساس شرایط عرصه و تفاوت‌های آن با سه تیمار متفاوت شامل کود حیوانی (گاوی)، کود مایکوریزادار، کود فرآوری شده و همین‌طور تیمار شاهد در فواصل کاشت ۳×۳ متر با سه تکرار و در هر تکرار ۲۵ اصله نهال در قطعاتی به وسعت ۲۲۵ مترمربع در عرصه‌ای به وسعت حدود یک هکتار به‌نحوی کاشته شد که بین هر قطعه با قطعه مجاور چهار متر فاصله وجود داشته باشد.

برای پوساندن کود دامی، از یک چاله دامی، برای انبار نمودن کود استفاده شد. کود نپوسیده دامی را در چاله ریخته و به‌اندازه یک چهارم آن کاه و کلش و خاک نرم و شن اضافه شد. وجود کاه و کلش موجب تسریع فرآیند تخمیر کود و همچنین سبب تأمین سلولز مورد نیاز میکروارگانیسم‌ها می‌گردد، سپس به‌ازای هر تن کاه و کلش ۱۰۰ تا ۱۵۰ کیلوگرم اوره اضافه شد و مخلوط حاصل را به‌طور یکنواخت مخلوط نموده و روی آن را با نایلون کاملاً پوشانیده شد تا ورودی هوا نداشته باشد. بعد از مدت یک ماه کود دوباره زیر رو شد تا به‌وسیله پمپ سمپاش آب‌پاشی شد تا رطوبت آن افزایش یابد و سپس روی کود پوشانیده شد. بعد از ۳ تا ۴ ماه کود دامی به کلی می‌پوسد و آماده استفاده می‌گردد. پوسیدگی کود سبب می‌شود که از میزان بذر علف‌های هرز و آلودگی به امراض و حشرات کاسته شود. در صورت اضافه کردن گوگرد پودری، در طی فرآیند تجزیه برخی از باکتری‌ها که در کودهای حیوانی موجود است گوگرد را تجزیه می‌کند و طی این تجزیه گاز هیدروژن و اسیدسولفوریک خارج می‌گردد و آفات و لارو حشرات را از بین می‌برد و اسیدسولفوریک باعث کم شدن pH و EC کود می‌گردد و شوری کود را از بین می‌برد. رطوبت موجود نیز آمونیاک و ازت غیر قابل جذب را آزاد می‌کند. در طی این فرآیند نیز می‌توان از باکتری EM استفاده کرد.

برای هر یک از گونه‌ها در مجموع تعداد ۳۰۰ اصله نهال از هر گونه در تمامی قطعات با تیمارهای مشخص (تکرار ۲۵ تایی) غرس گردید. در مجموع دو گونه ۶۰۰ اصله نهال کاشته شد. نهال‌های یک‌ساله صنوبر به‌صورت

جدول ۲. برخی از پارامترهای فیزیک و شیمی آب

Table 2. Numbers of chemical and physical parameters of water

مولیبدن molybdenum (µg/L)	لیتیم lithium (µg/L)	آهن iron (µg/L)	مس copper (µg/L)	کروم Chrome (µg/L)	کبالت Cobalt (µg/L)	کادمیم cadmium (µg/L)	بریلیم beryllium (µg/L)	آرسنیک Arsenic (µg/L)	فاکتور Factor
۱۰	۲۵۰۰	۵۰۰۰	۲۰۰	۱۰۰	۵۰	۱۰	۱۰۰	۱۰۰	مقدار Value
پتانسیل هیدروژن pH	نیتروژن نیتراتی Nitrate nitrogen (mg/L)	هدایت الکتریکی Ec (ds/m)	بر Bor (mg/L)	روی Zinc (µg/L)	وانادیم وانادیم (µg/L)	سلنیوم Selenium (µg/L)	پالادیوم palladium (µg/L)	نیکل Nickel (µg/L)	فاکتور Value
۸.۱	۳۰	۲	۳	۲۰۰۰	۱۰۰	۲۰	۵۰۰۰	۲۰۰	مقدار Factor

آنالیز رویش قطر و ارتفاع

در گونه‌های اوکالپیتوس و صنوبر اثر تیمار کودهای زیستی بر فاکتورهای رویش قطر و ارتفاع دارای اختلاف معنادار در سطح پنج درصد می‌باشد. اثر متقابل فاکتورهای رویش قطر و ارتفاع در تیمارهای کود زیستی و گونه‌های مورد مطالعه نیز معنی‌دار است (جدول ۳).

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها پس از بررسی نرمال بودن داده‌ها با استفاده از آزمون کولموگروف-اسمیرنوف و همگن بودن داده‌ها با استفاده از آزمون لون، تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از آزمون مانوا با نرم‌افزار آماری SPSS (نسخه ۲۲) صورت گرفت و برای مقایسه گروهی میانگین‌ها از آزمون توکی استفاده شد.

نتایج و بحث

جدول ۳. تجزیه واریانس گونه و کود زیستی برای فاکتورهای ارتفاع و قطر

Table 3. Vario and Biomorical fertilizer analysis for height and diameter factors

منبع Source	متغیر وابسته Dependent Variable	مجموع مربعات Sum of Squares	درجه آزادی df	میانگین مربع Mean Square	مقدار F F	معنی‌داری Sig.
گونه‌ها Species	ارتفاع Height	5628587.055	2	2814293.527	721.575	.000
	قطر Diameter	3871.801	2	1935.900	773.392	.000
تیمارها Treatment	ارتفاع Height	6060.672	3	2020.224	.518	.047
	قطر Diameter	78.485	3	26.162	10.452	.000
گونه * تیمار Species * Treatment	ارتفاع Height	179907.455	6	29984.576	7.688	.000
	قطر Diameter	16.739	6	2.790	1.115	.035
خطا Error	ارتفاع Height	2866654.037	735	3900.210		
	قطر Diameter	1839.800	735	2.503		
کل Total	ارتفاع Height	21066707.000	747			
	قطر Diameter	16022.202	747			

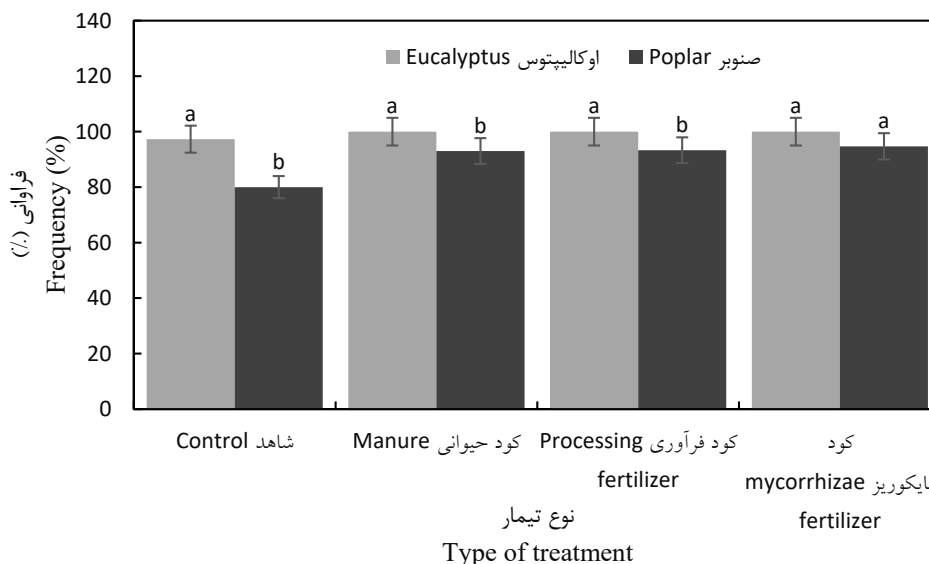
زنده‌مانی

زنده‌مانی نهال‌های اکالپیتوس نسبت به صنوبر دارای درصد زنده‌مانی بیشتری بود. در اکالپیتوس، نهال‌های دارای تیمارهای کود حیوانی، کود فرآوری و کود مایکوریزا زنده‌مانی ۱۰۰ درصد بود اما در تیمار شاهد، ۹۷/۳ درصد

در شکل ۲ نتایج به‌دست آمده برای درصد زنده‌مانی نهال‌های صنوبر و اکالپیتوس ارائه گردیده است. نتایج نشان داد که در تمام تیمارها به‌جز تیمار کود مایکوریزا،

بین کودهای مختلف مشاهده نشد، در حالی که در تیمار شاهد با تفاوت معنی‌داری با تیمارهای کودی، کمترین مقدار (۸۰٪) زنده‌مانی مشاهده گردید (شکل ۲).

پایه‌ها زنده ماندند، هر چند این تفاوت‌ها معنی‌دار نبود. در صنوبر نیز، هر چند بالاترین درصد زنده‌مانی متعلق به تیمار مایکوریزا با ۹۴/۷ درصد بود اما تفاوت معنی‌داری



شکل ۲. درصد زنده‌مانی نهال‌های صنوبر و اکالیپتوس

Fig 2. Survival percentage in Poplar and Eucalyptus seedlings

به سال ۱۳۹۹ به‌طور معنی‌داری تفاوت دارد. بیشترین مقدار میانگین قطر در گونه اکالیپتوس در تیمارهای کود مایکوریزا و کود فرآوری مشاهده شد که مقدار آن‌ها در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ به‌ترتیب برابر با ۴ و ۱۰/۴ سانتی‌متر بود. بیشترین مقدار میانگین قطر در گونه صنوبر در تیمار کود مایکوریزا مشاهده شد که مقدار آن‌ها در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ به‌ترتیب برابر با ۵/۴۱ و ۷/۶ سانتی‌متر بود.

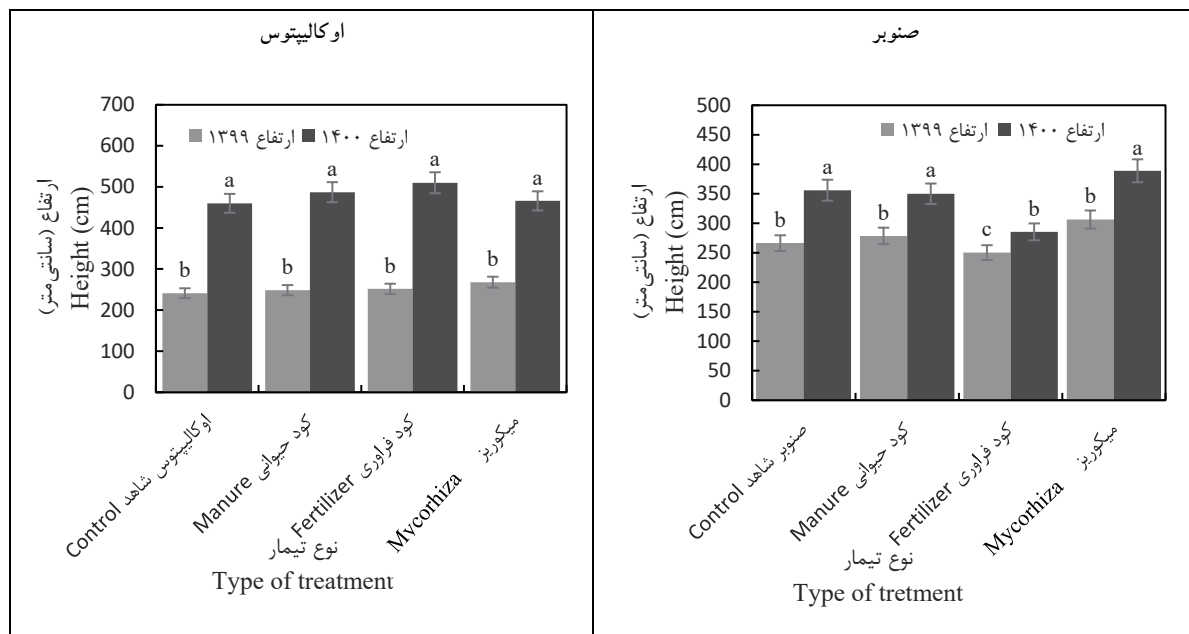
نتایج مقایسه میانگین رویش قطر یقه برای صنوبر در تیمارهای مختلف در شکل ۵ نشان داده شده است. نتایج نشان داد بیشترین رویش قطر یقه برای تیمار کود حیوانی (۲/۷۸ سانتی‌متر) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۲/۲۲ سانتی‌متر) است. مقدار مربوط به تیمارهای مایکوریزا و کود فرآوری به‌ترتیب برابر با ۲/۶ و ۲/۵ سانتی‌متر می‌باشد. صنوبر با تیمار کود مایکوریزا، کود فرآوری و کود حیوانی به‌صورت معناداری بیشتر از تیمار شاهد می‌باشد (شکل ۵). در صنوبر مقدار قطر یقه در تیمار شاهد به‌طور معنی‌داری با سایر تیمارها تفاوت دارد.

میانگین ارتفاع

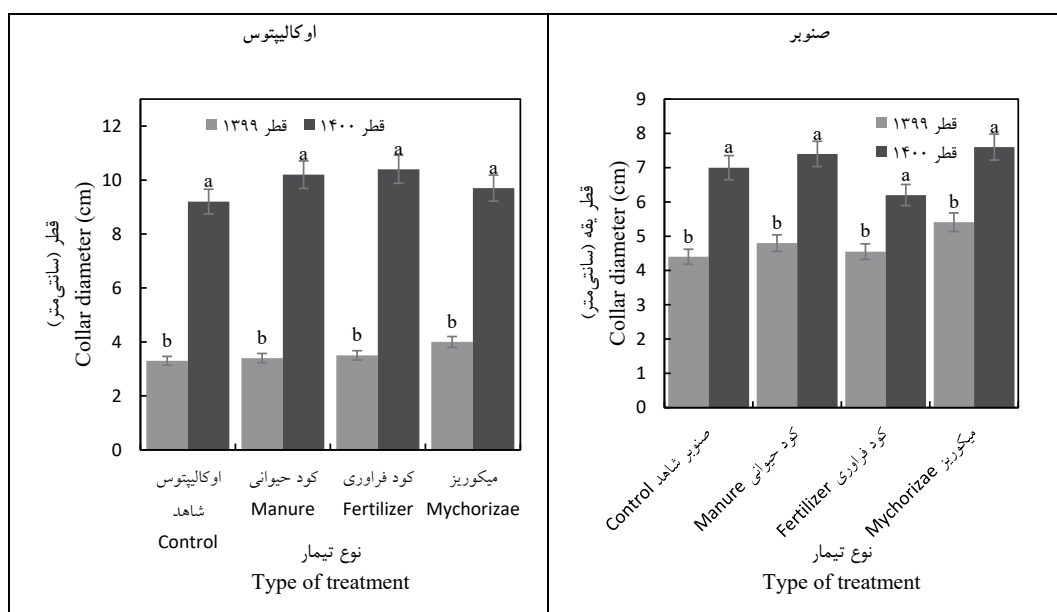
در شکل (۳) میانگین ارتفاع در گونه‌های اکالیپتوس و صنوبر در تیمارهای مختلف در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ ارائه گردیده است. نتایج نشان داد مقدار ارتفاع در گونه اکالیپتوس در تیمارهای مختلف در سال ۱۴۰۰ نسبت به سال ۱۳۹۹ به‌طور معنی‌داری تفاوت دارد در حالی که در گونه صنوبر وضعیت معنی‌داری تا حدودی دارای تفاوت است. بیشترین مقدار میانگین ارتفاع در گونه اکالیپتوس در تیمارهای کود مایکوریزا و کود فرآوری مشاهده شد که مقدار آن‌ها در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ به‌ترتیب برابر با ۲۶۷/۸ و ۵۱۰ سانتی‌متر بود. بیشترین مقدار میانگین ارتفاع در گونه صنوبر در تیمار کود مایکوریزا مشاهده شد که مقدار آن‌ها در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ به‌ترتیب برابر با ۳۰۶/۲۵ و ۳۸۸/۹ سانتی‌متر بود.

قطر یقه

مقدار میانگین قطر یقه در تیمارهای مورد استفاده برای گونه‌های اکالیپتوس و صنوبر در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰ در شکل (۴) ارائه شده است. مقدار قطر یقه در صنوبر و اکالیپتوس در تیمارهای مختلف در سال ۱۴۰۰ نسبت



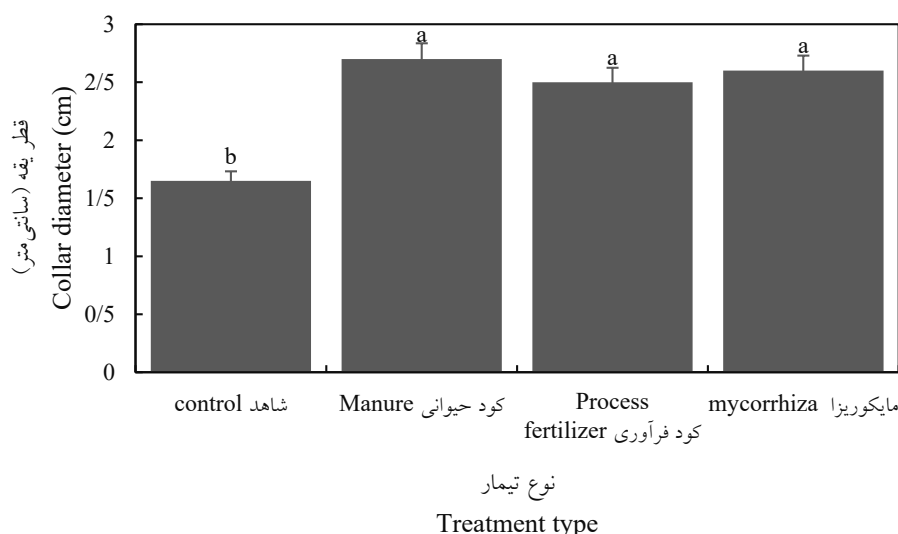
شکل ۳. میانگین ارتفاع در گونه‌های اوکالپتوس و صنوبر در تیمارهای مختلف در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰
 Fig 3. The average height of Eucalyptus and Poplar in different treatments in 2020 and 2021



شکل ۴. میانگین قطر یقه در گونه‌های اوکالپتوس و صنوبر در تیمارهای مختلف در سال‌های ۱۳۹۹ و ۱۴۰۰
 Fig 34.3. The average collar diameter of Eucalyptus and Poplar in different treatments during 2020 and 2021

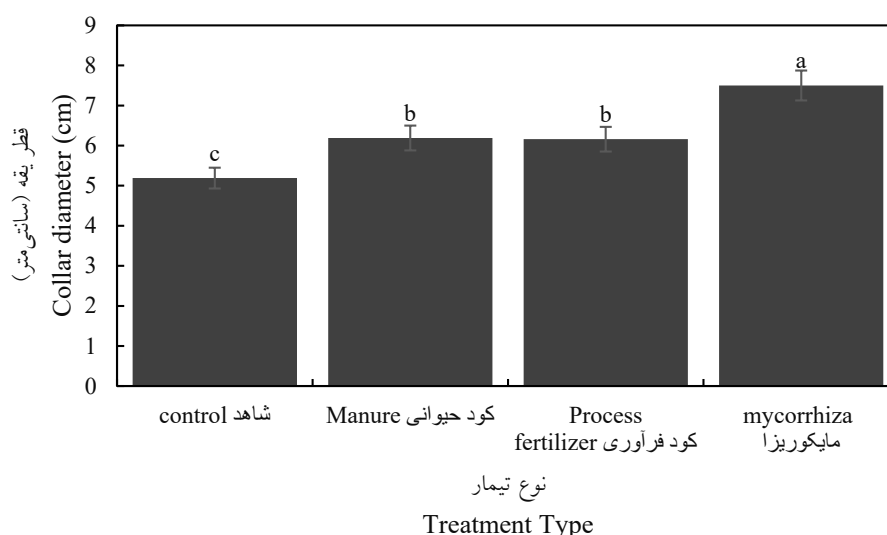
نشان داد بیشترین رویش قطر یقه برای تیمار کود میکوریزا (۶/۸۷ سانتی‌متر) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۵/۸ سانتی‌متر) می‌باشد. اوکالپتوس با تیمار کود میکوریزا به‌صورت معناداری بیشتر از تیمار شاهد می‌باشد (شکل ۶).

نتایج مقایسه میانگین رویش قطر یقه برای اوکالپتوس در تیمارهای مختلف در شکل ۵ نشان ارائه شده است. نتایج نشان داد مقدار قطر یقه در تیمارهای کود میکوریزا و شاهد به‌طور معنی‌داری با سایر تیمارها تفاوت دارند. نتایج مقایسه میانگین رویش قطر یقه در اوکالپتوس



شکل ۵. مقایسه میانگین رویش قطر یقه گونه صنوبر در تیمارهای مختلف

Fig5. Comparison of the mean collar diameter of the Poplar in different treatments

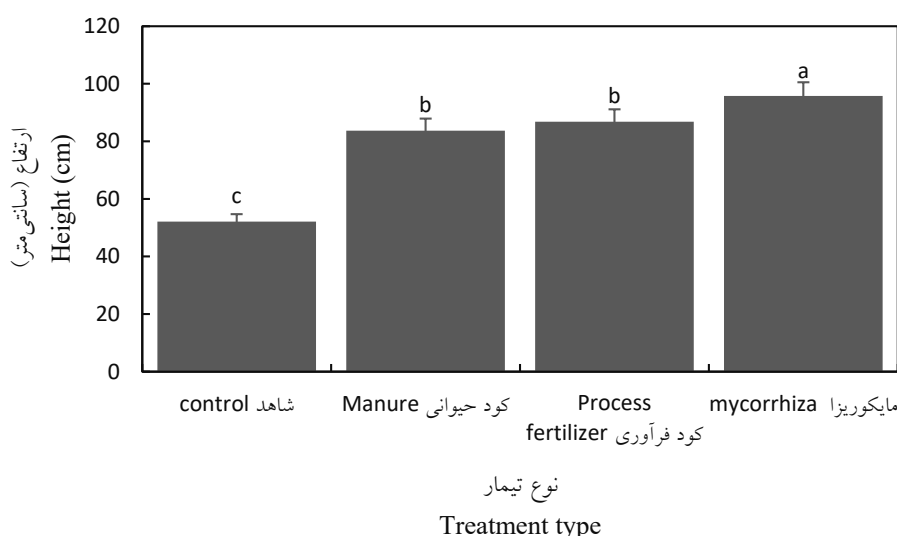


شکل ۶. مقایسه میانگین‌ها در قطر یقه گونه اکالیپتوس

Fig6. Comparison of the mean collar diameter of the Eucalyptus in different treatments

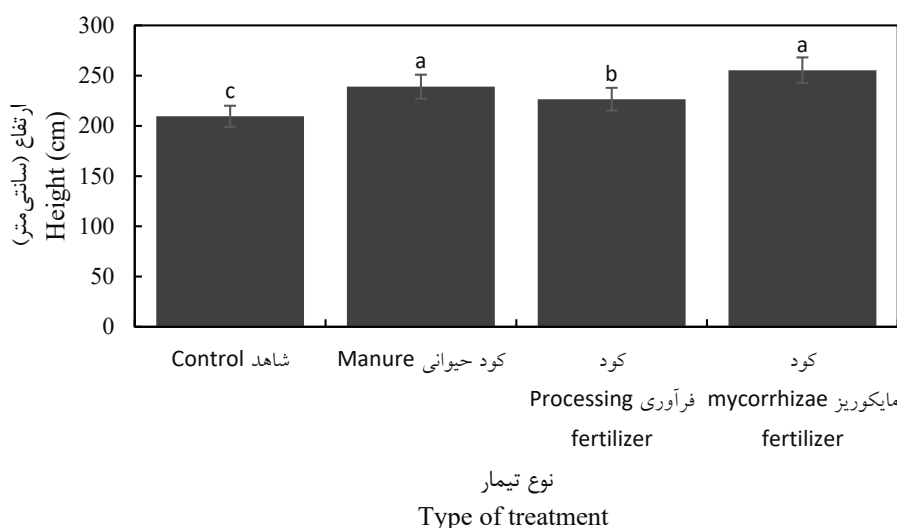
در اوکالیپتوس مقدار ارتفاع در بین تیمارهای مختلف به‌طور معنی‌داری با همدیگر تفاوت دارند. نتایج مقایسه میانگین رویش ارتفاع در گونه اکالیپتوس نشان داد بیشترین رویش ارتفاع برای تیمار کود مایکوریزا (۲۵۵/۳ سانتی‌متر) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۲۰۹/۵۱ سانتی‌متر) می‌باشد. ارتفاع گونه اکالیپتوس با تیمار کود مایکوریزا و حیوانی به‌صورت معناداری بیشتر از تیمار شاهد می‌باشد (شکل ۸).

نتایج مقایسه میانگین رویش ارتفاعی برای صنوبر در شکل ۷ نشان داده شده است. نتایج نشان داد که بیشترین رویش ارتفاعی برای تیمارهای کود مایکوریزا (۹۵/۷۵ سانتی‌متر)، کود فرآوری (۸۶/۸ سانتی‌متر) و کود حیوانی (۸۳/۷ سانتی‌متر) و کمترین آن مربوط به تیمار شاهد (۵۲/۱ سانتی‌متر) می‌باشد. در صنوبر مقدار ارتفاع در تیمار کود مایکوریزا به‌طور معنی‌داری از سایر تیمارها بیشتر است.



شکل ۷. مقایسه میانگین رویش ارتفاع در گونه صنوبر

Fig7. Comparison of the average growth height of the Poplar

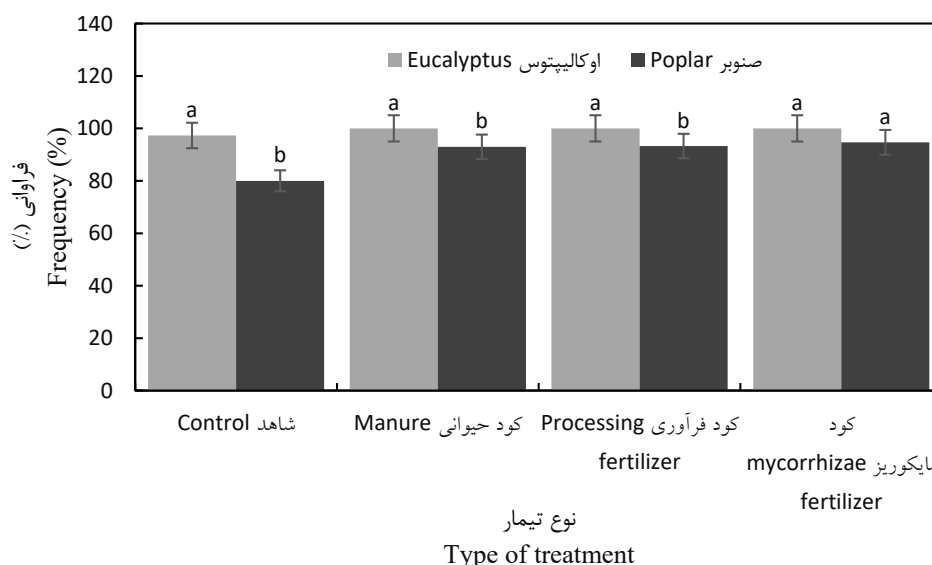


شکل ۸. مقایسه میانگین‌های ارتفاع گونه اکالیپتوس

Fig 8. Comparing the height averages of the Eucalyptus

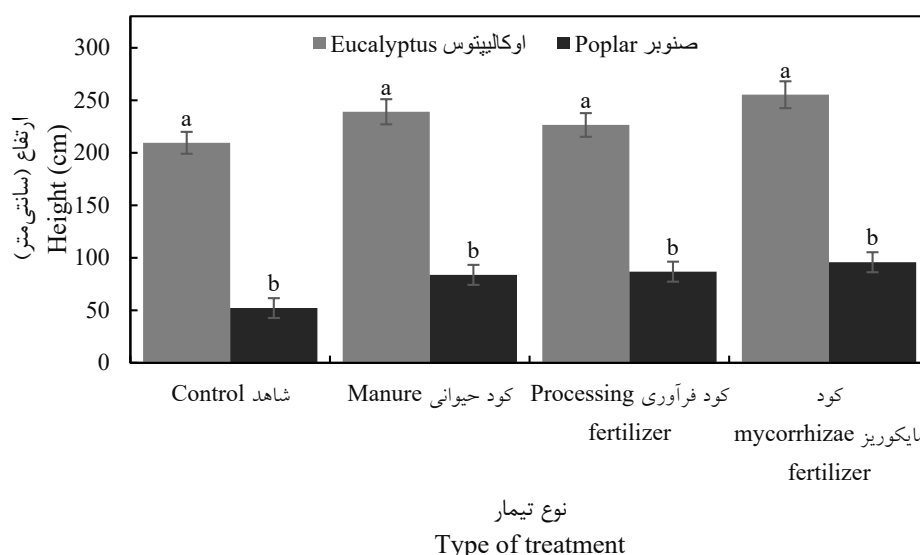
نتایج پژوهش حاضر نشان داد استفاده از کود زیستی بر زنده‌مانی، رشد قطری و رشد ارتفاعی گونه اکالیپتوس تأثیر مثبت دارد. همچنین زنده‌مانی در نهال‌های دارای تیمار بیشتر از نهال شاهد هر گونه است که نتایج به‌دست آمده با نتیجه به‌دست آمده در تحقیق Lovelock و همکاران (۲۰۰۳) هم‌راستا است. در تحقیق یاد شده، در رابطه با تأثیر مایکوریزا بر رشد درختان جنگل‌های استوایی به این نتیجه رسیدند که کود مایکوریزا باعث افزایش رشد و همچنین حفظ تنوع گیاهی در جنگل می‌شود. همین محقق در تحقیق دیگری با توجه مطالعه‌ای که بر روی

مقایسه میانگین قطر تیمارهای مختلف در دو گونه اکالیپتوس و هیبرید صنوبر مفید در شکل (۹) ارائه شده است. نتایج مقایسه میانگین قطر یقه در گونه‌های اکالیپتوس و صنوبر مفید نشان داد قطر یقه برای گونه اکالیپتوس با ۶/۴ میلی‌متر از قطر یقه صنوبر با ۲/۵ سانتی‌متر بیشتر می‌باشد (شکل ۹). نتایج مقایسه میانگین رویش ارتفاع در گونه‌های اکالیپتوس و صنوبر مفید نشان داد ارتفاع برای گونه اکالیپتوس با ۲۳۲/۷ سانتی‌متر از قطر یقه صنوبر با ۷۹/۶ سانتی‌متر بیشتر می‌باشد (شکل ۱۰).



شکل ۹. مقایسه میانگین قطر تیمارهای مختلف در دو گونه اکالیپتوس و هیبرید صنوبر مفید

Fig9. Comparison of the average diameter of different treatments in the Eucalyptus and the Mofid hybrid poplar



شکل ۱۰. مقایسه میانگین ارتفاع تیمارهای مختلف در دو گونه اکالیپتوس و هیبرید صنوبر مفید

Fig 10. Comparison of the average height of different treatments in the Eucalyptus and the Mofid hybrid poplar

Beauchamp *et al.*, 2005؛ 2011). یافته‌های تحقیق Beauchamp و همکاران (۲۰۰۵) در مورد تأثیر تلقیح قارچ میکوریزی بر رشد گونه صنوبر نشان داد باعث افزایش رشد حجمی و ارتفاعی صنوبر گردید با نتایج مطالعه حاضر همخوانی دارد. همچنین نتایج پژوهش حاضر نشان داد استفاده از تیمار مایکوریزا باعث افزایش درصد زنده‌مانی گونه صنوبر نسبت به گونه شاهد خودش می‌شود. این نتایج همسو با مطالعات Hoeksema و همکاران (۲۰۱۰) است. آن‌ها در پژوهش خود به این نکته اشاره می‌کنند که میکوریزا

گونه چنار انجام داد نتیجه گرفت که قارچ میکوریزا در کنار کودهای شیمیایی و آلی، به‌عنوان یک کود زیستی مناسب موجب رشد مطلوب درخت چنار شد (Lovelock *et al.*, 2003).

حاصل نتایج پژوهش انجام شده بر گونه هیبرید صنوبر مفید حاکی از افزایش ارتفاع و قطر نهال‌های غرس شده می‌باشد. کود مایکوریزا، باعث افزایش رشد چشمگیر این گونه نسبت به سایر تیمارهای اعمال شده گردیده است. افزایش رشد در گیاهان تلقیح شده با میکوریزا توسط محققین دیگر نیز گزارش شده است (Rooney *et al.*,

منابع

- Abbas Aliyan, V. H., & Zafarani, H. (2010). Eucalyptus is a suitable tree species for saline and waterlogged lands, Scientific, Specialized, *Agricultural Monthly*, No. 789 [In Persian]. DOI: 10.1016/j.agee.2016.08.025
- Adibnejad, M. & Mohammadi Limaiei, S. (2020). Determining the optimal economic exploitation age of Pinus taeda species in northern Iran. *Environmental Science and Technology*, 22(3), 229-239 [In Persian]. <https://sid.ir/paper/401238/en>
- Anthony, M.A., Crowther, T.W., van der Linde, S. (2022). Forest tree growth is linked to mycorrhizal fungal composition and function across Europe. *ISME J*, (16), 1327–1336. <https://doi.org/10.1038/s41396-021-01159-7>
- Azarnia, M., Safikhani, S. & biabani A. (2015). The effect of Bio-Fertilizer on Crops yield, sustainable agriculture and organic farming. *Journal of Biosafety*, 8 (2), 85-97 [In Persian]. <http://dorl.net/dor/20.1001.1.27170632.1394.8.2.9.6>
- Beauchamp, V.B., Stromberg, J.C. & Stutz, J.C. (2005). Interactions between Tamarix ramosissima (Saltcedar), Populus fremontii (Cottonwood), and Mycorrhizal Fungi: Effects on Seedling Growth and Plant Species Coexistence. *Plant Soil*, 275, 221-231. <https://doi.org/10.1007/s11104-005-1740-7>
- Calagari, M., salehi shanjani, P. & Banj Shafiei, S. (2017). Growth comparison of two poplar species (*Populus alba* and *Populus euphratica*) and their hybrid in the saline and non-saline soils. *Journal of Plant Research (Iranian Journal of Biology)*, 30(1), 143-154 [In Persian]. <https://dor.isc.ac/dor/20.1001.1.23832592.1396.30.1.13.2>
- باعث افزایش سطح جذب ریشه به دلیل افزایش در تعداد ریشه‌های جانبی می‌شود و توسعه ریشه‌های جانبی یک رویکرد مهم است که گستره جذب و حجم بستر مورد استفاده ریشه را افزایش می‌دهد و در نهایت به زنده‌مانی و تحمل خشکی نهال کمک می‌کند. همچنین Dempster و همکاران (۲۰۱۲) به این موضوع اشاره کردند که استفاده از قارچ میکوریزا در نهال اکالیپتوس باعث ارتقای رشد و افزایش محتوای فسفر گیاهچه می‌شود که منجر به افزایش درصد زنده‌مانی گونه‌ها می‌شود.
- نتایج بررسی سیستم‌های زراعی مبتنی بر صنوبر در هند نشان داد صنوبر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه و پایدارتر از سایر تناوب‌های زراعی است زیرا درصد زنده‌مانی بالاتری نسبت به دیگر گونه‌ها دارد (Singh et al., 2007). نتایج کاشت دو هیبرید صنوبر (Populus 11-11 و 01D-) در کرت‌هایی در فواصل ۰/۵، ۱ و ۲ متر در طی یک دوره ۷ ساله نشان داد، درصد زنده‌مانی این گونه حدود ۹۸ درصد می‌باشد (Sannigrahi et al., 2010). این یافته‌ها با نتایج تحقیق حاضر در مورد نرخ زنده‌مانی صنوبر تفاوت دارد. علت این عدم همخوانی در رابطه با گونه صنوبر، فاصله مکانی و نحوه حمل و نقل این گونه بوده است که احتمالاً باعث افزایش تلفات و درصد زنده‌مانی کمتر نسبت به اکالیپتوس شده است.
- نتیجه‌گیری**
- با توجه به نتایج حاصل از این مطالعه پیشنهاد می‌شود در شرایط محیطی یکسان و با توجه به ویژگی‌های بررسی شده زنده‌مانی تحت تأثیر تیمارهای مختلف کود زیستی بر میزان زنده‌مانی و رویش نهال اکالیپتوس و هیبرید صنوبر مفید در طرح‌های زراعت چوب و جنگل کاری گونه اکالیپتوس دارای عملکرد بهتری بوده و نسبت به هیبرید صنوبر مفید در اولویت کاشت قرار دارد.
- سپاسگزاری**
- از شرکت صنایع کاغذ پارس که در طی مراحل مختلف انجام این تحقیق نهایت همکاری را داشتند، صمیمانه سپاسگزاریم.

- grandis Plantations at Different Ages in Southern Jiangxi, China. *Journal of Fungi*, 10(6), 404. <https://doi.org/10.3390/jof10060404>.
- Karimi, H., Karami, G. & Mousavi, S. M. (2019). Investigating of characteristic and contexts of agroforestry system development. *Human & Environment*, 17(2), 79-90. <https://www.magiran.com/p2038936>
- Karamian, R. (2015). Sustainable Forestry: Concepts, Challenges, and Opportunities. *Sustainable Development*, 25(3), 223-235
- Kotwal, P. C., Omprakash, M. D., Gairola, S. & Dugaya, D. (2008). Ecological indicators: Imperative to sustainable forest management. *Ecological Indicators*, 8(1), 104-107. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2007.01.004>.
- Lovelock, C.E., Andersen, K. & Morton, J.B. (2003). Arbuscular mycorrhizal communities in tropical forests are affected by host tree species and environment. *Oecologia*, 135, 268-279. <https://doi.org/10.1007/s00442-002-1166-3>.
- Khayati Nezhad, S., hosseinzadeh, O. , Hajjarian, M. , & Abdi, M. (2018). Strategic planning for wood farming development (Case study: Urmia). *Iranian Journal of Wood and Paper Industries*, 8(4), 533-548. [Dor:20.1001.1.20089066.1396.8.4.5.4](https://doi.org/10.1001/1.20089066.1396.8.4.5.4)
- Parsadoost, F., Dehghani, M., Tedinnejad, M. & Calagri, M. (2021). The effect of salinity stress on the physiological and vegetative characteristics of two poplar species and their hybrids. [http://dorl.net/dor/20.1001.1.23222727.1400.10.41.122](https://doi.org/10.1001/1.23222727.1400.10.41.122).
- Rooney, D. C., Prosser, J. I., Bending, G. D., Baggs, E. M., Killham K. & Hodge, A. (2011). Effect of arbuscular mycorrhizal colonisation on the growth and phosphorus nutrition of *Populus euramericana* c.v. Ghoy. *Biomass and Bioenergy*, Cesar, A., Herrera, M. A. & Ocampo, J. A. (2007). Beneficial effect of saprobe and arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Eucalyptus globulus* co-cultured with *Glycine max* in soil contaminated with heavy metals. *Journal of Environmental Management*, 84 (1), 93-99. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2006.05.005>.
- Dempster, D. N., Gleeson, D. B., Solaiman, Z. I., Jones, D. L. & Murphy, D. V. (2012). Decreased soil microbial biomass and nitrogen mineralisation with *Eucalyptus* biochar addition to a coarse textured soil. *Plant and Soil*, 354(1), 311-324. <https://doi.org/10.1007/s11104-011-1067-5>.
- Hoeksema, J. D., V. B. Chaudhary, C. A. Gehring, N. C. Johnson, J. Karst, R. T. Koide, A. Pringle, C. Zabinski, J. D. Bever, J. C. Moore, G. W. T. Wilson, Klironomos, J. N. & Umbanhowar, J. (2010). A meta-analysis of context dependency in plant response to inoculations with mycorrhizal fungi. *Ecology Letters*, 13, 394-407. <https://doi.org/10.1111/j.1461-0248.2009.01430.x>.
- Gopinath, B., Kifley, A., Flood, V.M. & Mitchell, P. (2018). Physical Activity as a Determinant of Successful Aging over Ten Years. *Science Reports*, 12, 8(1), 10522. [doi: 10.1038/s41598-018-28526-3](https://doi.org/10.1038/s41598-018-28526-3).
- Jafari Mofidabadi, A. Ghameri-Zare, A. & Iranmanesh, Y. (2016). Yield evaluation of new interspecific poplar hybrids introduced to Chaharmahal and Bakhtiari province for poplar plantation. *Iranian Journal of Rangelands and Forests Plant Breeding and Genetic Research*, 24 (2), 243-248. <https://doi.org/10.22092/ijrfpbgr.2017.109414>.
- Jiang Y, Mo X-Y, Liu L-T, Lai G-Z, & Qiu G-W. (2024). Changes in the Arbuscular Mycorrhizal Fungal Community in the Roots of *Eucalyptus*

- Watt, M., Whitehead, D., Mason, E., Richardson, B. & Kimberely, M. (2003). The influence of weed competition for light and water on growth and dry matter partitioning of young *Pinus radiata*, at a dryland site. *Forest Ecology and Management*, 183 (1-3), 363-376. [https://doi.org/10.1016/S0378-1127\(03\)00139-7](https://doi.org/10.1016/S0378-1127(03)00139-7).
- 35, 4605-4612. <https://doi.org/10.1016/j.biombioe.2011.08.015>.
- Saleheh Shooshtari, M. H. & Rouhipour, H. (2005). Eucalyptus species trial on sandy dunes of Khuzestan province (Iran). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 13(4), 475-500 [In Persian]. <http://irdoi.ir/563-433-730-761>.
- Sannigrahi, P., A.J. Ragauskas, & Tuskan, G.A. (2010). Poplar as a feedstock for biofuels: A review of compositional characteristics. *Biofuels, Bioproducts, Biorefining* 4, 209-226. <https://doi.org/10.1002/bbb.206>.
- Sanchouli, A., Rafighi, A., Tabarsa, T. & Agharkakli, B. M. (2021). Assessment and Comparison the Factors Affecting Wood Farming in Golestan Province based on Experts and Wood Farmers' Point of View. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, 28(3): 21-35 [In Persian]. <https://doi.org/10.22069/jwfst.2021.17236.1833>
- Shabanian, N., Heydari, M. & Zeinivand, M. (2010). Effect of afforestation with broad leaved and conifer species on herbaceous diversity and some physico-chemical properties of soil (Case study: Dushan afforestation -Sanandaj). *Iranian Journal of Forest and Poplar Research*, 18(3), 446-437 [In Persian]. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/20113224411>.
- Singh, B. & Sharma, K. N. (2007). Tree growth and nutrient status of soil in a poplar (*Populus deltoides* Bartr.) -based agroforestry system in Punjab, India. *Agroforestry Systems*, 70(2), 125-134. <https://doi.org/10.1007/s10457-007-9048-7>.
- Sugavanam, V., Udaiyan, K. & Devaraj, P. (2000). Effect of different abscular mycorrhizal fungi and azospirillum on eucalyptus tereticorinis seedlings. *Journal of Tropical Forest Science*, 12 (1), 37-43. <https://www.jstor.org/stable/23616401>.