Iranian Journal of Seed Research

Homepage: https://yujs.yu.ac.ir/jisr

ISSN: 2383-1480 (Online); 2383-1251 (Print)

Evaluation of the Effect of *Trichoderma harzianum* on Seed Emergence and Early Growth of *Quercus brantii* Seedlings under Greenhouse and Natural Forest Conditions

Zahra Zare MahmoudAbad [1], **Roghayeh Zolfaghari** [2] ✉, and **Payam Fayyaz** [3]

1. Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Yasouj University, Yasouj, Iran. Email: zahrazare4281@gmail.com
2. Corresponding author, Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Yasouj University, Yasouj, Iran. Email: zolfaghari@yu.ac.ir
3. Department of Forest Science and Engineering, Faculty of Agriculture and Natural Resources, Yasouj University, Yasouj, Iran. Email: pfayyaz@yu.ac.ir

Article Info

Article type:

Research Article

Article history:

Received: 7 December 2025
Received: 13 February 2026
Accepted: 16 February 2026

Keywords:

Field trial
Microbial inoculant
Oak seedling
Seed emergence

ABSTRACT

Objective: The oak forests of the Zagros region, as a valuable ecosystem, have experienced extensive degradation in recent years due to various factors, including climate change and human activities. The rehabilitation of these forests requires the production of resilient, high-quality saplings. This study aimed to investigate the effect of the fungus *Trichoderma harzianum* as a biological growth-promoting agent on the seed emergence and early growth of *Quercus brantii* seedlings in order to evaluate its efficacy in improving the growth and physiological parameters of this species under both greenhouse and natural forest conditions.

Method: Seeds collected from mother trees in the Yasouj forest site were planted in pots (under greenhouse conditions) and pits (in the forest), and a biological treatment using a *Trichoderma* fungal solution was applied to the seeds. Subsequently, emergence, growth, and physiological traits of the seedlings were measured and compared throughout the growing season.

Results: The results showed that under greenhouse conditions, the *Trichoderma* treatment significantly increased the seed emergence percentage, photosystem performance index (PI), and chlorophyll index compared with the control group. However, no significant differences were observed in other growth traits, such as height, leaf number, and the dry and fresh weights of plant organs. In contrast, under natural forest conditions, the emergence percentage in the control group was significantly higher than in the *Trichoderma* treatment, and other growth traits showed no significant differences between the two groups. Furthermore, a significant positive correlation was observed between physiological indices (such as performance index and chlorophyll) and some growth traits (such as root length and stem dry weight) under greenhouse conditions.

Conclusions: The findings of this study indicate that the effect of *Trichoderma* fungus on Persian oak is complex and depends on environmental conditions (as evidenced by the significant difference between greenhouse and natural forest field conditions) and the host plant species (in comparison with previous studies on other plants). Therefore, conducting long-term field studies with different *Trichoderma* isolates and concentrations is recommended to achieve more practical results in Zagros restoration programs.

Cite this article: Zare MahmoudAbad, Z., Zolfaghari, R., & Fayyaz, P. (2026). Evaluation of the effect of *Trichoderma harzianum* on seed emergence and early growth of *Quercus brantii* seedlings under greenhouse and natural forest conditions. *Iranian Journal of Seed Research*, *12*(2), 157-170. https://doi.org/10.66224/yujs.12.2.157

© The Author(s).

Publisher: Yasouj University.

DOI: 10.66224/yujs.12.2.157

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.157]

Highlights:

- First study on the effect of *Trichoderma harzianum* on Persian oak (*Quercus brantii*), addressing a key knowledge gap in Zagros forest restoration.
- Simultaneous greenhouse and field trials revealed environment-dependent effects of *Trichoderma*, confirming the necessity of field experiments.
- Limited positive and negative effects challenge the belief that *Trichoderma* is always a growth promoter, emphasizing species-specific and native approaches.

Introduction

The Zagros oak forests, as a valuable ecosystem, have experienced severe degradation in recent years due to various factors, including climate change and human activities (Zolfaghari et al., 2021). The restoration of these forests requires the production of vigorous, high-quality seedlings. Seed bio-priming with beneficial microorganisms, such as *Trichoderma harzianum*, is a promising and eco-friendly method for enhancing seed emergence, seedling vigor, and stress tolerance in many agricultural and tree species (El-Mougy & Abdel-Kader, 2008; Rao et al., 2022).

Numerous studies have reported the positive effects of *Trichoderma* spp. on various crops and forest trees, including improved growth, nutrient uptake, and pathogen resistance (Da-chuan et al., 2015; Zhou et al., 2020; Cabrera-Puerto et al., 2023). However, the effectiveness of *Trichoderma* is known to depend greatly on the host plant species, fungal isolate, and environmental conditions (Ousley et al., 1993, 1994; Ghasemialitappeh et al., 2018).

Notably, no prior research has examined the effect of *Trichoderma* spp. on the dominant and ecologically critical Persian oak (*Quercus brantii*) of the Zagros forests. Given the extensive degradation of this ecosystem in recent decades due to climate change, overgrazing, pests, diseases, and natural regeneration problems (Zolfaghari et al., 2021), understanding the interaction between this beneficial fungus and Persian oak seedlings is essential. This knowledge could contribute to the development of effective protocols for producing robust seedlings in nurseries and increasing the success of reforestation and restoration projects.

Therefore, this study aimed to address this gap by evaluating the impact of *T. harzianum* seed treatment on emergence, early growth, and physiological indices of Persian oak seedlings under both controlled (greenhouse) and natural (forest field) conditions.

Method

Seeds were collected from Persian oak trees in the Yasouj region. A bio-priming treatment was applied by adding 5 ml of a *T. harzianum* spore suspension (10^7 spores/ml, cultured on PDA medium) adjacent to the seeds at planting. The experiment was conducted in two concurrent environments:

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.157]

Greenhouse: Seeds were sown in pots containing a soil, sand, and manure mixture (2:1:1). For each mother tree, 10 pots (2 seeds each) were treated with *Trichoderma*, and 10 pots were used as untreated controls.

Forest field: Seeds were sown in pits. For each mother tree, 3 pits received the *Trichoderma* treatment, and 2 pits were used as controls.

Rate and speed of emergence were monitored. Seedling growth traits (height, leaf number, root length, fresh and dry weights of organs) were also measured at three stages during the growing season. Physiological indices, including the Photosystem Performance Index (PI) and chlorophyll content (SPAD), were also recorded. Data from both settings were analyzed using independent t-tests and correlation analyses (Pearson/Spearman) at a 95% confidence level.

Results

The effects of *Trichoderma* treatment were contrasting and highly environment-dependent.

Greenhouse conditions: The *Trichoderma* treatment significantly increased emergence percentage (83% compared with 75% in the control; $p < 0.05$), Photosystem Performance Index (PI) ($p < 0.01$), and chlorophyll content (SPAD) ($p < 0.05$) (Table 1). However, no significant differences were observed in growth traits, including seedling height, leaf number, root length, or dry and fresh weights of roots, stems, and leaves between the treated and control groups (Table 1).

Correlation analysis: Positive and significant correlations were observed between physiological indices (PI and chlorophyll) and several growth traits under greenhouse conditions. Specifically, PI showed significant positive correlations with root length ($r = 0.365$, $p < 0.01$), root dry weight ($r = 0.253$, $p < 0.01$), stem dry weight ($r = 0.287$, $p < 0.01$), stem fresh weight ($r = 0.263$, $p < 0.01$), and biomass ($r = 0.228$, $p < 0.05$). Chlorophyll content (SPAD) was positively correlated with leaf fresh weight ($r = 0.293$, $p < 0.05$), stem dry weight ($r = 0.222$, $p < 0.01$), stem fresh weight ($r = 0.187$, $p < 0.05$), and biomass ($r = 0.30$, $p < 0.01$) (Table 1).

Forest field conditions: In contrast, the emergence percentage was significantly lower in the *Trichoderma*-treated group (50%) compared with the control group (64%) ($p < 0.05$) (Table 2). No significant differences were observed in seedling height or leaf number between the two groups (Table 2).

Conclusions

This pioneering study on Persian oak (*Quercus brantii*) revealed that the effect of *Trichoderma harzianum* is complex and highly context-dependent. While the fungus significantly improved seed emergence percentage, Photosystem Performance Index (PI), and chlorophyll content (SPAD) under controlled greenhouse conditions, it unexpectedly reduced emergence in the natural forest field, likely due to competition with native soil microbiota, allelopathic compounds in oak litter, or suboptimal host-fungus interaction. These contrasting results challenge the general assumption that *Trichoderma* consistently promotes plant growth and underscore the critical need for species-specific, native-tailored, and environmentally-

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.157]

validated approaches in forest restoration programs. Given the study's limitations (single isolate, fixed concentration, short duration), future long-term field research with diverse native isolates and optimized concentrations is essential before recommending *Trichoderma* application in Zagros oak restoration projects.

Author Contributions

R. Zolfaghari and P. Fayyaz conceived and designed the research, and performed field operations including seed collection, sampling, and planting in the forest area. Z. Zare Mahmoudabad conducted all greenhouse measurements and laboratory experiments. R. Zolfaghari analyzed the data and wrote the original draft of the manuscript. All authors reviewed and edited the manuscript and approved the final version.

Data Availability Statement

Data available on request from the authors.

Acknowledgements

The authors thank Yasouj University and the Plant Protection Laboratory for financial support and providing the fungal isolate. We also appreciate the Department of Forest Science and Engineering and field assistants for their cooperation. Finally, we thank the anonymous reviewers.

Ethical Considerations

The authors avoided data fabrication, falsification, and plagiarism, and any form of misconduct.

Funding

This research was based on the M.Sc. thesis of Z. Zare Mahmoudabad and was financially supported by Yasouj University.

Conflict of Interest

The authors declare no conflict of interest.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.157]

پژوهش‌های بذر ایران

Homepage: https://yujs.yu.ac.ir/jisr

ISSN: 2383-1480 (Online); 2383-1251 (Print)

ارزیابی تأثیر قارچ تریکودرما بر سبزشدن بذر و رشد اولیه نهال‌های بلوط ایرانی در شرایط گلخانه و عرصه جنگلی

زهرا زارع محمودآباد[۱]، رقیه ذوالفقاری[۲]✉، و پیام فیاض[۳]

۱. گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران. رایانامه: zahrazare4281@gmail.com

۲. نویسنده مسئول، گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران. رایانامه: zolfaghari@yu.ac.ir

۳. گروه علوم و مهندسی جنگل، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه یاسوج، یاسوج، ایران. رایانامه: pfayyaz@yu.ac.ir

اطلاعات مقاله

نوع مقاله:
مقاله پژوهشی

تاریخ دریافت: ۱۴۰۴/۰۹/۱۶
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۴/۱۱/۲۴
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۴/۱۱/۲۷
تاریخ انتشار: ۱۴۰۴/۱۲/۲۹

کلیدواژه‌ها:
آزمایش صحرایی
تلقیح میکروبی
سبزشدن
نهال بلوط

چکیده

هدف: جنگل‌های بلوط زاگرس به‌عنوان یک بوم‌نظام با ارزش، در سال‌های اخیر به دلیل عوامل مختلفی از جمله تغییر اقلیم و فعالیت‌های انسانی دچار تخریب گسترده شده‌اند. احیای این جنگل‌ها نیازمند تولید نهال‌های مقاوم و با کیفیت است. این پژوهش با هدف بررسی تأثیر قارچ تریکودرما (*Trichoderma harzianum*) به عنوان یک عامل زیستی محرک رشد، بر سبزشدن و رشد اولیه نهال‌های بلوط ایرانی (*Quercus brantii*) انجام شد تا کارایی آن در بهبود شاخص‌های رشدی و فیزیولوژیکی این گونه در دو شرایط گلخانه و عرصه جنگلی ارزیابی گردد.

روش پژوهش: برای این کار بذور جمع‌آوری‌شده از درخت بلوط ایرانی در رویشگاه جنگلی یاسوج، در گلدان (گلخانه) و گودال (عرصه) کشت شدند و تیمار زیستی با محلول قارچی تریکودرما روی بذور انجام شد و سپس صفات سبزشدن بذر، رویشی و فیزیولوژیکی نهال‌ها در طول فصل رشد اندازه‌گیری و بین دو گروه شاهد (فاقد) و دارای عامل زیستی قارچ تریکودرما مقایسه شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که در شرایط گلخانه، تیمار تریکودرما به‌طور معنی‌داری موجب افزایش درصد سبزشدن بذر، شاخص عملکرد و شاخص کلروفیل نسبت به گروه شاهد شد. اما در سایر صفات رویشی (مانند ارتفاع، تعداد برگ، وزن خشک و تر اندام‌ها) تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. در مقابل، در شرایط عرصه جنگلی، درصد سبزشدن در گروه شاهد به‌طور معنی‌داری بالاتر از تیمار تریکودرما بود و سایر صفات رویشی مانند ارتفاع نهال و تعداد برگ بین دو گروه شاهد و عامل زیستی قارچ تریکودرما اختلاف معنی‌داری نداشتند. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص‌های فیزیولوژیک (مانند شاخص عملکرد و کلروفیل) با برخی صفات رشد (نظیر طول ریشه و وزن خشک ساقه) در شرایط گلخانه مشاهده شد.

نتیجه‌گیری: یافته‌های این مطالعه حاکی از آن است که اثر قارچ تریکودرما بر بلوط ایرانی پیچیده می‌باشد و وابسته به شرایط محیطی (تفاوت معنادار بین گلخانه و عرصه جنگلی) و گونه گیاه میزبان (در مقایسه با مطالعات پیشین روی سایر گیاهان) است. بنابراین انجام مطالعات بلندمدت میدانی با جدایه‌ها و غلظت‌های مختلف تریکودرما برای دستیابی به نتایج کاربردی‌تر در برنامه‌های احیای زاگرس توصیه می‌شود.

جنبه‌های نوآوری:

- نخستین مطالعه در بررسی اثر قارچ تریکودرما بر بلوط ایرانی، که شکاف دانشی کلیدی در احیای جنگل‌های زاگرس را پُر می‌کند.
- آزمایش‌های همزمان گلخانه‌ای و در عرصه نشان داد که اثرات قارچ تریکودرما وابسته به محیط است و ضرورت انجام آزمایش‌های میدانی را تأیید می‌کند.
- اثرات محدود مثبت و منفی، این باور رایج را که تریکودرما همواره محرک رشد است، به چالش می‌کشد و بر ضرورت رویکردهای گونه‌محور و بومی تأکید می‌نماید.

استناد: زارع محمودآباد، زهرا؛ ذوالفقاری، رقیه؛ و فیاض، پیام (۱۴۰۴). ارزیابی تأثیر قارچ تریکودرما بر سبزشدن بذر و رشد اولیه نهال‌های بلوط ایرانی در شرایط گلخانه و عرصه جنگلی. *پژوهش‌های بذر ایران*، ۱۲(۲)، ۱۷۰-۱۵۷. https://doi.org/10.66224/yujs.12.2.157

ناشر: دانشگاه یاسوج.

© نویسندگان

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.157]

مقدمه

آماده‌سازی بذر[1] یکی از فناوری‌های کلیدی برای ارتقای کیفیت بذر از طریق تسریع سبزشدن و بهینه‌سازی استقرار نهال است. این روش، یک فرآیند کنترل‌شده برای تیمار بذر محسوب می‌شود که طی آن فعالیت‌های متابولیکی بذر افزایش می‌یابد، اما پیش از خروج ریشه‌چه متوقف می‌شود. بایوپرایمینگ (تیمار زیستی بذر) یکی از مناسب‌ترین روش‌ها در این زمینه است که در آن از موجودات زنده سودمند برای محافظت از بذر در برابر عوامل بیماری‌زا و تقویت رشد گیاه استفاده می‌شود. این روش به عنوان رویکردی بی‌خطر، مقرون به‌صرفه و ساده برای مهار زیستی شناخته می‌شود (الموگی و عبدل کادر[2]، ۲۰۰۸).

در سال‌های اخیر، استفاده از ریزجانداران مفید خاک مانند قارچ تریکودرما، توجه پژوهشگران را به‌منظور بهبود شاخص‌های رویشی و سبزشدن نهال‌های جنگلی جلب کرده است. قارچ تریکودرما به عنوان یک عامل زیستی فعال، علاوه بر مهار عوامل بیماری‌زای خاک و افزایش مقاومت گیاه در برابر تنش‌های محیطی، موجب تحریک رشد ریشه و ساقه، افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود استقرار و بقای نهال‌ها در طبیعت می‌شود (رائو[3] و همکاران، ۲۰۲۲؛ تی‌شِیویچ[4] و همکاران، ۲۰۲۲). مطالعات متعددی نیز نشان داده‌اند که همزیستی این قارچ با گیاهان می‌تواند به‌طور معناداری درصد سبزشدن، سرعت رشد و توسعه ریشه‌چه و ساقه‌چه را افزایش دهد (دوس‌سانتوس[5] و همکاران، ۲۰۲۰؛ ریس[6] و همکاران، ۲۰۲۲). چندین مطالعه در ایران به بررسی اثر قارچ تریکودرما بر گونه‌های مختلف درختی پرداخته و نتایج قابل توجهی در زمینه بهبود سبزشدن، رشد و مقاومت نهال‌ها در برابر تنش‌های محیطی گزارش کرده‌اند. به‌عنوان مثال، کشت نهال‌های فندق[7] تلقیح‌شده با قارچ تریکودرما در عرصه‌های جنگلی، پس از چهار سال، موجب برتری معنادار در رشد رویشی و غلظت عناصر غذایی در مقایسه با نهال‌های شاهد (بدون تلقیح) شده است (رستمی‌کیا[8] و همکاران، ۲۰۲۴). همچنین در مطالعه‌ای دیگر در باغات فندق سرخشکیده، استفاده از کودهای زیستی مانند تریکودرما باعث افزایش رشد و عملکرد و رفع سرخشکیدگی گردید (لاهیجی و رجالی[9]، ۲۰۲۵). مطالعه‌ای دیگر روی درختان پسته نشان داد که کاربرد سه گونه قارچ تریکودرما، موجب افزایش رشد طولی شاخه، محتوای کلروفیل و عناصر غذایی در مقایسه با درختان فاقد تیمار شده است (حسین‌زینلی[10] و همکاران، ۲۰۲۰). در مقابل، مطالعه‌ای روی درخت سیب نشان داد که قارچ تریکودرما صرفاً به عنوان مهارکننده بیماری عمل کرده و تأثیر قابل‌ملاحظه‌ای بر رشد درخت نداشته است (مادرید-مولینا[11] و همکاران، ۲۰۲۳). مطالعات خارج از ایران نیز اثرات متنوع تریکودرما را بر گونه‌های جنگلی مختلف نشان داده‌اند. به‌عنوان نمونه، تلقیح قارچ تریکودرما بر گونه بلوط همیشه‌سبز[12] منجر به بهبود کارایی فتوسنتز در شرایط خشکی شد و اثرات مفید آن در اکوتیپ‌های مقاوم به بیماری بارزتر بود بود (کابرا-پوارتو[13] و همکاران، ۲۰۲۳). در مطالعه‌ای دیگر، تأثیر قارچ‌های تریکودرما بر گونه صنوبر بررسی شد و نتایج حاکی از افزایش شدید فعالیت آنزیم‌های دفاعی (مانند کاتالاز) و کاهش معنادار شاخص‌های تنش اکسایشی (مانند مالون‌دی‌آلدهید) بود. همچنین، این تیمار موجب فعال‌سازی چشمگیر ژن‌های کلیدی دفاعی گیاه (تا حدود ۱۵ برابر) در برابر قارچ فوزاریوم و افزایش توانایی رشد درون بافت‌های گیاهی (ریشه و ساقه) شد (ژو[14] و همکاران، ۲۰۲۰). مطالعه روی نهال‌های کاج[15] نیز افزایش ۳۶/۷ درصدی در ارتفاع، ۲۲/۲ درصدی در قطر یقه، ۵۰ درصدی در وزن خشک و ۲۱/۷ درصدی در وزن

[1] Seed Priming
[2] El-Mougy and Abdel Kader
[3] Rao
[4] Ty´skiewicz
[5] Dos Santos
[6] Reyes
[7] *Corylus avellana* L.
[8] Rostamikia
[9] Lahiji & Rejali
[10] Hosseinzeynali
[11] Madrid-Molina
[12] *Quercus ilex*
[13] Cabrera-Puerto
[14] Zhou
[15] *Pinus sylvestris*

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.157]

تر را تنها سه ماه پس از تلقیح در مقایسه با گروه شاهد نشان داد (دا-چوآن[1] و همکاران، ۲۰۱۵).

با این حال، اثر تریکودرما همواره مثبت نبوده و به عوامل متعددی مانند گونه قارچ، غلظت و شرایط تیمار بستگی دارد. به‌عنوان مثال، مطالعه روی اثر شش سویه تریکودرما بر سبزشدن و رشد کاهو نشان داد که تقریباً تمام سویه‌ها (به جز دو مورد در غلظت پایین) سبزشدن را مهار کردند. در سطح رویشی نیز در غلظت بالاتر (۱ درصد)، اثر سویه‌ها متفاوت بود و برخی رشد را افزایش و برخی دیگر کاهش دادند. جالب‌تر اینکه، اتوکلاو کردن قارچ (غیرفعال‌سازی حرارتی) اثر آن را به‌طور قابل‌توجهی تغییر داد؛ به‌طوری‌که سویه‌های بازدارنده ممکن است به محرک رشد تبدیل شوند و بالعکس. همچنین در غلظت پایین (۰/۱ درصد)، هیچ سویه‌ای رشد را افزایش نداد. بنابراین، اثر تریکودرما بر کاهو کاملاً به نوع سویه، غلظت، زنده یا غیرفعال بودن قارچ و زمان‌بندی استفاده بستگی داشت و می‌توانست هم بازدارنده و هم محرک رشد باشد (اوسلی[2] و همکاران، ۱۹۹۳). مطالعه دیگری نیز روی کاهو کاهو تأیید کرد که اثرات مفید بر رشد لزوماً با اثرات اولیه بر سبزشدن مرتبط نیست و یک سویه می‌تواند همزمان با مهار سبزشدن، رشد نهال را به‌طور قوی تقویت کند (اوسلی و همکاران، ۱۹۹۴).

اگرچه اثرات مثبت قارچ تریکودرما بر رشد و سلامت بسیاری از محصولات کشاورزی و درختان جنگلی به خوبی مستند شده است، تاکنون هیچ پژوهشی به بررسی کاربرد آن بر گونه غالب و بااهمیت جنگل‌های زاگرس، بلوط ایرانی[3] انجام نشده است. شناخت دقیق تعامل بین این قارچ مفید و نهال‌های بلوط ایرانی می‌تواند گامی مهم در جهت توسعه پروتکل‌های مؤثر برای تولید نهال‌های قوی و مقاوم در نهالستان‌ها و افزایش موفقیت پروژه‌های جنگل‌کاری و احیاء باشد. این ضرورت به‌ویژه با توجه به تخریب گسترده بوم‌نظام زاگرس در دهه‌های اخیر تحت تأثیر عوامل مخرب متعدد از جمله تغییر اقلیم، چرای بی‌رویه، آفات و بیماری‌ها و مشکلات احیای طبیعی، بیش از پیش احساس می‌شود (ذوالفقاری[4] و همکاران، ۲۰۲۱). بنابراین، این تحقیق می‌تواند راهکارهای نوینی برای احیای مناطق تخریب‌شده و ارتقای کیفیت نهال‌کاری ارائه دهد.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری بذور و تولید نهال: برای انجام این تحقیق، بذور ۲۰ درخت بلوط ایرانی واقع در جنگل‌های اطراف یاسوج در آبان ماه جمع‌آوری شدند و سپس بخشی از این بذور در عرصه جنگلی و بخشی در گلدان‌های پلاستیکی در گلخانه کاشته شدند.

برای انجام آزمایشات گلخانه‌ای، دو بذر در داخل گلدان پلاستیکی به صورت افقی کاشته شدند. بستر کشت شامل مخلوطی از خاک جنگلی، ماسه و کود دامی با نسبت ۲:۱:۱ بود. برای هر درخت مادری ۱۰ گلدان و در هر گلدان ۲ بذر قرار داده شد. بنابراین در مجموع ۲۰ نهال برای هر درخت مادری درنظر گرفته شد.

کاشت بذور جمع آوری‌شده از درختان بلوط ایرانی در عرصه جنگلی نیز بدین صورت بود که بذور در گودال‌هایی با فاصله یک متر از هم کاشته شدند و در داخل هر گودال دو عدد بذر بلوط ایرانی از هر درخت مادری قرار داده شد. تعداد تکرار از هر درخت مادری ۱۰ عدد بذر (یا ۵ گودال) بود که ۳ گودال با قارچ تریکودرما آغشته شدند (تیمار زیستی) و ۲ گودال دیگر فاقد قارچ تریکودرما (شاهد) بودند. برای گودال‌های تیمار زیستی به میزان ۵ میلی‌لیتر قارچ تریکودرما در کنار هر عدد بذر در گودال ریخته شد و سپس بذور کاشته شدند. برای کاشت بذور در گلخانه نیز همین کار انجام شد و نیمی از گلدانهای بذور هر درخت مادری با قارچ تریکودرما آغشته شد و برای نیمی دیگر این‌کار انجام نگرفت. برای گلدان‌های تیمار زیستی، ۵ میلی‌لیتر از قارچ در کنار بذور داخل گلدان ریخته شد. گلدان‌ها در طول مدت آزمایش به‌طور مرتب آبیاری شدند تا بذور سبز گردد و سپس درصد و سرعت سبزشدن و نیز صفات رویشی نهال‌ها در زمان‌های مختلف ثبت گردید.

[1] Da-chuan
[2] Ousley
[3] *Quercus brantii*
[4] Zolfaghari

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.157]

آماده‌سازی محیط کشت قارچ تریکودرما و تلقیح آن به بذور: جدایه‌ی قارچی مورد استفاده در این پژوهش *Trichoderma harzianum* (OQ410448) از کلکسیون میکروبی آزمایشگاه گیاهپزشکی دانشگاه یاسوج تهیه گردید. برای تهیه‌ی سوسپانسیون اسپور، از محیط کشت جامد PDA (سیب‌زمینی-دکستروز-آگار) حاوی ۵/۰ درصد آگار استفاده شد. محیط‌کشت آماده‌شده پس از اتوکلاو در دمای ۱۲۰ درجه سلسیوس، درون ظروف پتری ریخته شد و قارچ بر روی آن کشت گردید. پس از ۷ روز، غلظت اسپورهای قارچ بر اساس روش شمارش کلنی و با استفاده از لام هموسیتومتر زیر میکروسکوپ تعیین و با آب مقطر به غلظت 10^7 اسپور در میلی‌لیتر رسانده شد (مومنی[1] و همکاران، ۲۰۲۳) و برای تلقیح بذور در گلدان و عرصه جنگلی مورد استفاده قرار گرفت.

در این پژوهش، تلقیح بذرها با قارچ *Trichoderma harzianum* به‌صورت ریختن سوسپانسیون اسپور در مجاورت بذر انجام گردید. بدین‌ترتیب که پس از قرار دادن بذر درون گلدان (در گلخانه) یا گودال (در عرصه جنگلی) در عمق مناسب کاشت، مقدار ۵ میلی‌لیتر از سوسپانسیون قارچ با غلظت 10^7 اسپور در میلی‌لیتر، در کنار هر بذر و در تماس مستقیم با آن ریخته شد و سپس بذر با بستر کشت (خاک) پوشانده شد. در گروه شاهد، به‌جای سوسپانسیون قارچ، همان مقدار آب مقطر استریل در کنار بذر ریخته شد. این روش در تمام تکرارها (گلدان‌ها و گودال‌ها) برای هر دو محیط گلخانه و عرصه جنگلی به‌طور یکسان اجرا گردید. برای جلوگیری از شستشوی سوسپانسیون قارچی، آبیاری گلدان‌ها به‌صورت آرام انجام شد.

اندازه‌گیری خصوصیات سبزشدن، رویش و زنده‌مانی نهال‌ها در گلخانه و عرصه: به‌منظور محاسبه‌ی درصد و سرعت سبزشدن بذرهای تیمارشده با قارچ تریکودرما در گلخانه، شمارش بذرهای جوانه‌زده از لحظه‌ی ظهور اولین جوانه تا زمان توقف کامل سبزشدن، در فواصل زمانی دو روزه انجام گرفت. سپس شاخص‌های سبزشدن شامل درصد سبز شدن (EP) (رابطه ۱) و میانگین زمان سبزشدن (MET) (رابطه ۲) به عنوان شاخص سرعت سبزشدن محاسبه شد. در روابط ۱ و ۲، تعداد بذر کاشته‌شده (N)، تعداد کل بذر سبزشده در پایان آزمایش (n)، تعداد بذر سبزشده در روز iام (ni) و زمان از شروع آزمایش (ti) درنظر گرفته شدند (ذوالفقاری و همکاران، ۲۰۲۴).

رابطه ۱: $EP\% = (n/N)\times 100$

رابطه ۲: $MET = \sum(ni\times ti)/\sum ni$

پایش رشد نهال‌ها در گلخانه در سه نوبت اوایل خرداد (مرحله‌ی اولیه پس از سبزشدن)، اوایل تیر (یک ماه بعد) و اوایل مهر (پایان فصل رویش) انجام شد. در هر نوبت، ارتفاع نهال (با خط‌کش بر حسب سانتی‌متر) و تعداد برگ‌ها ثبت گردید.

اندازه‌گیری شاخص‌های فیزیولوژیک نیز در تیرماه و بین ساعات ۱۰ تا ۱۲ صبح روی همه‌ی نهال‌ها انجام شد. شاخص کلروفیل (SPAD) با دستگاه کلروفیل‌متر مدل SPAD-502و پارامترهای عملکرد فتوسیستم شامل Fv/Fm، شاخص عملکرد (Performance Index) و زمان تا رسیدن به فلورسانس بیشینه، با استفاده از دستگاه کلروفیل فلورسانس (فلورومتر) مدل Handy PEA اندازه‌گیری گردید.

وزن‌تر و خشک اندام‌های مختلف (برگ، ریشه و ساقه) و نیز طول ریشه در پایان فصل رویش (اوایل مهر) و پس از برداشت کامل نهال‌ها از گلدان، با ترازوی دیجیتال و خط‌کش اندازه‌گیری شدند. نسبت ریشه به ساقه نیز محاسبه گردید. برای اندازه‌گیری وزن خشک، اندام‌ها به‌مدت ۴۸ ساعت در آون با دمای ۸۰ درجه‌ی سلسیوس قرار داده شدند و سپس توزین شدند.

در عرصه جنگلی نیز درصد سبزشدن بذرها در خردادماه، و ارتفاع و تعداد برگ نهال‌ها در پایان فصل رویش (اوایل مهر) ثبت و اندازه‌گیری شد.

آنالیز آماری: پیش از انجام تجزیه و تحلیل‌های آماری، داده‌ها از نظر مفروضه‌های همگنی واریانس و توزیع طبیعی مورد بررسی قرار گرفتند. سپس مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده مانند صفات رویشی و

[1] Momeni

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.157]

فیزیولوژیک در نهال‌های بلوط ایرانی بین دو گروه شاهد و دارای قارچ تریکودرما در گلخانه و عرصه با استفاده از آزمون t مستقل با حدود اطمینان ۹۵ درصد انجام شد. همبستگی بین صفات اندازه‌گیری‌شده نیز بین صفات با استفاده از آزمون‌های مناسب (پیرسون یا اسپیرمن) محاسبه شد.

نتایج و بحث

مقایسه میانگین صفات رویشی و فیزیولوژیکی نهال‌های کاشته‌شده در گلخانه نشان داد که تنها درصد سبزشدن، میزان شاخص عملکرد فتوسیستم و کلروفیل در بین دو گروه شاهد و تیمار زیستی قارچ تریکودرما معنی‌دار بود، به طوری که میزان این صفات در تیمار استفاده شده با قارچ زیستی تریکودرما بالاتر از نهال‌های شاهد بود (جدول ۱).

اما مقایسه صفات رویشی و سبزشدن برای نهال‌های کاشته‌شده در عرصه جنگلی نیز نشان داد که تنها درصد سبزشدن بین دو گروه تفاوت معنی‌دار داشت و میزان آن در نهال‌های فاقد قارچ تریکودرما بیشتر بود. اما در سایر صفات رویشی مانند ارتفاع نهال و تعداد برگ تفاوت معنی‌داری بین دو گروه وجود نداشت (جدول ۲).

همبستگی بین صفات رویشی و فیزیولوژیکی نهال‌ها در گلخانه نیز نشان داد که بین میزان عملکرد فتوسیستم با طول ریشه (۰/۳۶۵**)، وزن خشک ریشه (۰/۲۵۳**)، وزن خشک ساقه (۰/۲۸۷**)، وزن تر ساقه (۰/۲۶۳**) و زی‌توده (۰/۲۲۸*) رابطه مثبت معنی‌دار وجود داشت. همچنین طول ریشه با شاخص عملکرد فتوسیستم رابطه مثبت معنی‌دار (۰/۲۸۲**) نشان داد. ارتباط مثبت معنی‌دار بین دمای سطح برگ با وزن خشک ریشه (۰/۲۷۲**)، نسبت ریشه به ساقه (۰/۲۱۷*) و زی‌توده (۰/۲۲۲*) هم مشاهده گردید. از طرف دیگر شاخص کلروفیل با وزن تر برگ (۰/۲۹۳*)، وزن خشک ساقه (۰/۲۲۲**)، وزن تر ساقه (۰/۱۸۷*) و زی‌توده (۰/۳۰**) ارتباط مثبت معنی‌دار نشان داد.

نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد قارچ *Trichoderma harzianum* بر نهال‌های بلوط ایرانی تأثیری محدود و وابسته به شرایط محیطی دارد، به‌طوری‌که در شرایط گلخانه برخی صفات مانند درصد سبزشدن، شاخص عملکرد فتوسیستم و شاخص کلروفیل به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، در حالی که سایر صفات رویشی اختلاف معنی‌داری بین نهال‌های شاهد و تیمارشده با قارچ تریکودرما مشاهده نشد. در مقابل، در شرایط طبیعی عرصه جنگلی تنها درصد سبزشدن بین تیمارها متفاوت بود و برخلاف انتظار، میزان سبزشدن در شرایط شاهد بیشتر از تیمار تریکودرما ثبت شد. این الگوهای متضاد نشان می‌دهد که نقش تریکودرما بر بلوط ایرانی ساده و خطی نیست، بلکه به شرایط محیطی (تفاوت آشکار بین گلخانه و عرصه جنگلی) نیز وابسته است. اگرچه در این پژوهش تنها از یک جدایه از *Trichoderma harzianum* استفاده شده است، اما تحقیقات قاسمی‌علی‌تپه[1] و همکاران (۲۰۱۸) نشان داد که تنها برخی جدایه‌های تریکودرما جداسازی‌شده از خاک استان قزوین و گلستان روی کلزا[2] اثر مثبت دارند و این اثر در تمام سویه‌ها مشاهده نمی‌شود. بنابراین نوع جدایه قارچ نیز عاملی تعیین‌کننده در بروز اثرات متفاوت تریکودرما محسوب می‌شود که بررسی آن در پژوهش‌های آتی با جدایه‌های بومی مختلف روی بلوط ایرانی ضروری به‌نظر می‌رسد. همچنین، پژوهش‌ها حاکی از وجود تعاملات پیچیده بین ترکیبات شیمیایی خاص گونه‌های گیاهی (مانند بلوط) و ریزجانداران خاک است که می‌تواند نتایج متفاوتی را درپی داشته باشد (بویکو[3] و همکاران، ۲۰۲۱). به‌نظر می‌رسد در عرصه جنگلی، حضور مواد دگرآسیب‌رسان در لاشبرگ بلوط و نیز رقابت یا تولید متابولیت‌های ثانویه توسط قارچ در محیط طبیعی و ناهمگن خاک، موجب مهار سبزشدن بذرهای تلقیح‌شده بوده است. چنین اثرات بازدارنده‌ای که در برخی موارد حتی منجر به نکروز ریشه‌چه یا مرگ گیاهچه می‌شوند، در مطالعات دیگر نیز گزارش شده است (منزیس[4]، ۱۹۹۳؛ سلار و والیک[5]، ۲۰۰۵). از سوی دیگر، در محیط مساعد و کنترل‌شده گلخانه‌ای که شرایط برای استقرار قارچ و بذر مساعدتر است، افزایش محدود در برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی مشاهده شد.

[1] Ghasemialitappeh
[2] *Brassica napus* L.
[3] Boyko
[4] Menzies
[5] Celar and Valic

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]
[DOI: 10.66224/yujs.12.2.157]

جدول ۱. مقایسه میانگین صفات رویشی و فیزیولوژیکی نهال‌های بلوط ایرانی در تیمار قارچ تریکودرما و شاهد در شرایط گلخانه

Table 1. Mean comparison of growth and physiological traits of Persian oak seedlings between *Trichoderma*-treated and control groups under greenhouse conditions

صفات اندازه‌گیری شده Trait measurements	شاهد Control	تریکودرما Trichoderma	صفات اندازه‌گیری شده Trait measurements	شاهد Control	تریکودرما Trichoderma
درصد سبزشدن بذر Seed emergence percentage	75±15[b]	83±13.5[a]	وزن خشک ریشه Root fresh weight (g)	1.02±0.5[a]	1.12±0.5[a]
میانگین زمان سبزشدن Mean emergence time (day)	21.4±11[a]	26±9.5[a]	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g)	0.98±0.01[a]	0.95±0.04[a]
ارتفاع (۱) Height 1 (cm)	6.53±2.7[a]	6.57±2.6[a]	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g)	0.34±0.16[a]	0.36±0.15[a]
تعداد برگ (۱) Number of leaves 1	5.5±2.4[a]	5.9±2[a]	نسبت ریشه به ساقه Root/shoot	2.49±0.88[a]	2.53±0.89[a]
ارتفاع (۲) Height 2 (cm)	7.29±2.76[a]	7.21±2.67[a]	وزن خشک زی‌توده Biomass dry weight (g)	1.44±0.64[a]	1.55±0.71[a]
تعداد برگ (۲) Number of leaves 2	4.9±2.27[a]	5.07±2.1[a]	عملکرد فتوسیستم Fv/Fm	0.75±0.06[a]	0.75±0.08[a]
ارتفاع (۳) Height 3 (cm)	8.47±3.23[a]	8.0±2.69[a]	شاخص عملکرد فتوسیستم Performance index of Photosystem II (PI)	7.48±2.89[b]	7.97±2.82[a]
طول ریشه Length of root (cm)	39.4±11[a]	41.3±9.5[a]	زمان تا فلورسانس بیشینه Time to max. fluorescence	1.89±0.87[a]	1.89±0.89[a]
وزن تر برگ Leaf fresh weight (g)	0.24±0.31[a]	0.17±0.11[a]	شاخص کلروفیل SPAD	52.3±6.32[b]	53.8±6.6[a]
وزن تر ساقه Stem fresh weight (g)	0.64±0.34[a]	0.70±0.29[a]			

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین آنهاست.

Different letters in each row indicate significant differences between them.

جدول ۲. مقایسه میانگین صفات سبزشدن بذر و رویشی نهال‌های بلوط ایرانی در تیمار قارچ تریکودرما و شاهد در عرصه جنگلی

Table 2. Mean comparison of seed emergence and growth traits of Persian oak seedlings between *Trichoderma*-treated and control groups in the natural forest site

صفات اندازه‌گیری‌شده Trait measurements	شاهد Control	تریکودرما Trichoderma
درصد سبزشدن بذر Seed emergence percentage	64±37[b]	50±35[a]
ارتفاع Height (cm)	6.25±2.1[a]	6.51±2.4[a]
تعداد برگ Number of leaves	6.44±2.3[a]	6.89±2.98[a]

حروف متفاوت در هر ردیف نشان‌دهنده تفاوت معنی‌دار بین آنهاست.

Different letters in each row indicate significant differences between them

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.157]

این موضوع مطابق نتایج مطالعاتی است که نشان داده‌اند تریکودرما می‌تواند در شرایط بهینه با تحریک فتوسنتز، فعال‌سازی آنزیم‌های دفاعی و بهبود جذب عناصر غذایی باعث رشد بهتر گیاه شود (دا-چوآن و همکاران، ۲۰۱۵؛ ژو و همکاران، ۲۰۲؛ ریس و همکاران، ۲۰۲۲) ، با این حال، در مطالعه حاضر اثرات مثبت تنها به چند صفت خاص محدود شد و در بسیاری از ویژگی‌های رویشی تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد. یکی از دلایل احتمالی این محدودیت ماهیت بذر بلوط ایرانی است. بذر بلوط دارای ذخیره غذایی بسیار زیاد است و فرآیند سبزشدن آن بطور عمده تحت تأثیر مستقیم عوامل محیطی مانند رطوبت و دما قرار می‌گیرد. بنابراین، ممکن است محرک‌های رشد تولیدشده توسط تریکودرما در مقایسه با منابع داخلی بذر، نقش کم‌رنگ‌تری در سبزشدن و استقرار اولیه این گونه داشته باشند. در کنار نتایج رشد و فیزیولوژی، بررسی همبستگی بین صفات فیزیولوژیک و رویشی در این پژوهش نیز چشم‌انداز مهمی را درباره پتانسیل تریکودرما ارائه می‌دهد. وجود ارتباط مثبت و معنی‌دار میان شاخص‌های مهم فیزیولوژیک مانند عملکرد فتوسیستم و شاخص کلروفیل با صفات رشد نظیر طول ریشه، وزن خشک ریشه، وزن خشک و تر ساقه و زی‌توده نشان می‌دهد که بهبود وضعیت فیزیولوژیک نهال، به‌طور مستقیم موجب رشد بهتر در مراحل بعدی می‌شود. بنابراین، حتی اگر اثر تریکودرما در مرحله اولیه رشد محدود بوده باشد، تقویت فیزیولوژی گیاه می‌تواند زمینه‌ساز پاسخ‌های رشدی واضح‌تر و قوی‌تر در مراحل بعدی رشد و به‌خصوص در سال‌های بعد باشد. این موضوع با شواهد علمی همخوانی دارد که نشان داده‌اند افزایش کارایی فتوسنتزی و وضعیت فیزیولوژیک تحت تأثیر تریکودرما می‌تواند تحمل نهال‌ها به تنش‌ها را در بلندمدت افزایش دهد، به طوری که مطالعه روی گونه بلوط همیشه سبز نشان داد که در شرایط آبیاری تفاوت معنی‌دار بین نهال‌های تیمار شاهد و تلقیح شده با تریکودرما وجود نداشت اما در شرایط تنش خشکی عملکرد رویشی بهتری داشتند (کابرا-پوارتو و همکاران، ۲۰۲۳). علاوه بر این، تفاوت نتایج حاصل از شرایط گلخانه و عرصه، که در بسیاری از پژوهش‌های مشابه نیز تأیید شده است، می‌تواند بر اهمیت اعتبارسنجی میدانی یافته‌های آزمایشگاهی تأکید نماید (اوسلی و همکاران، ۱۹۹۴؛ حاجی‌قراری[1]، ۲۰۱۰).

نتیجه‌گیری

در مجموع، پژوهش حاضر به‌عنوان نخستین مطالعه در زمینه بررسی اثر قارچ *Trichoderma harzianum* بر نهال‌های بلوط ایرانی نشان داد که برخلاف اثرات مثبت و قابل‌توجه گزارش‌شده برای این قارچ روی بسیاری از گونه‌های زراعی و باغی، تأثیر آن بر این گونه جنگلی لزوماً بهبود دهنده نبوده و به‌شدت به شرایط محیطی وابسته است. این یافته، ضرورت اتخاذ رویکردی گونه‌محور در مدیریت زیستی و احیای جنگل‌ها را تأیید کرده و بر لزوم توجه به ویژگی‌های بوم‌شناسی، نیازهای فیزیولوژیک و میکروبیوتای خاص هر گونه تأکید می‌نماید.

با توجه به محدودیت‌های این پژوهش (استفاده از تنها یک جدایه و یک غلظت معین از قارچ)، برای بهره‌گیری مؤثر و واقع‌بینانه از قارچ تریکودرما در برنامه‌های احیای جنگل‌های زاگرس، انجام پژوهش‌های تکمیلی در محورهای زیر ضروری به‌نظر می‌رسد:

۱- غربالگری جدایه‌های بومی و سازگار تریکودرما که به‌طور طبیعی در خاک‌های جنگل‌های زاگرس وجود دارند. زیرا ممکن است سازگاری بیشتری با بلوط ایرانی داشته و اثرات محرک‌تری نشان دهند. بنابراین، شناسایی و مقایسه عملکرد جدایه‌های بومی مختلف روی جوانه‌زنی و رشد نهال‌ها، گامی اساسی در جهت دستیابی به مؤثرترین تیمار زیستی خواهد بود.

۲- با توجه به تأثیر قطعی غلظت در بروز اثرات تحریکی یا بازدارندگی تریکودرما (همان‌گونه که در مطالعات پیشین مستند شده است)، طراحی آزمایش‌هایی با غلظت‌های گوناگون (از ۱۰۵ تا ۱۰۹ اسپور در میلی‌لیتر) به منظور تعیین غلظت بهینه برای بلوط ایرانی در شرایط مختلف محیطی، از ضروری‌ترین نیازهای پژوهشی آینده محسوب می‌شود.

۳- با توجه به تفاوت قابل‌توجه نتایج بین شرایط گلخانه و عرصه جنگلی در این پژوهش، پایش اثرات تریکودرما در مراحل مختلف رشد (نهالستان، استقرار در

[1] Hajieghrari

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.157]

عرصه و سال‌های بعد) و در بازه‌های زمانی چندساله برای ارزیابی واقع‌بینانه از کارایی این قارچ در پروژه‌های احیاء، امری اجتناب‌ناپذیر است.

۴- با توجه به اینکه زاگرس با بحران‌هایی همچون بیماری ذغالی بلوط مواجه است، مطالعاتی که توانایی جدایه‌های مختلف تریکودرما را در مهار زیستی عوامل بیماری‌زای بلوط (هم‌زمان با ارزیابی اثرات رشدی) بررسی نمایند، می‌توانند راهکارهای کاربردی و مؤثری برای مدیریت تلفیقی جنگل ارائه دهند.

ملاحظات اخلاقی

پیروی از اصول اخلاق پژوهش

نویسنده اصول اخلاقی را در انجام و انتشار این پژوهش علمی رعایت نموده و این موضوع مورد تأیید ایشان است.

مشارکت نویسندگان

رقیه ذوالفقاری و پیام فیاض، پژوهش را طراحی نموده و عملیات صحرایی شامل جمع‌آوری بذر، نمونه‌برداری و کاشت در عرصه‌ی جنگلی را انجام دادند. زهرا زارع محمودآباد، تمامی اندازه‌گیری‌های گلخانه‌ای و آزمایش‌های آزمایشگاهی را انجام داد. رقیه ذوالفقاری، تحلیل داده‌ها و نگارش نسخه‌ی اولیه‌ی مقاله را بر عهده داشت. همه‌ی نویسندگان در بازنگری نسخه‌ی نهایی مقاله مشارکت داشته و نسخه‌ی نهایی را تأیید نموده‌اند.

تعارض منافع

بنا بر اظهار نویسندگان این مقاله تعارض منافع ندارد.

حامی مالی

این پژوهش برگرفته از پایان‌نامه‌ی کارشناسی ارشد خانم زهرا زارع محمودآباد بوده و هزینه‌های اجرایی آن توسط دانشگاه یاسوج تأمین گردیده است.

سپاسگزاری

نویسندگان از دانشگاه یاسوج و آزمایشگاه گیاه‌پزشکی به‌خاطر تأمین اعتبار و جدایه قارچی سپاسگزارند. همچنین از گروه علوم و مهندسی جنگل و دستیاران صحرایی به‌خاطر همکاری تشکر می‌کنند. در پایان، از داوران ناشناس قدردانی می‌شود.

منابع

References

Boyko, H. O., Puzrina, N. V., Bondar, A. O., & Hryb, V. M. (2021). The influence of microbial agents and biological products based on them on the biometric parameters of *Pinus sylvestris* L. seedlings. *Proceedings of the Forestry Academy of Sciences of Ukraine*, *23*, 68-78. https://doi.org/10.15421/412128

Cabrera-Puerto, R. J., Ruiz-Gómez, F. J., & Navarro-Cerrillo, R. M. (2023). Beneficial microorganisms and water stress influence *Quercus ilex* seedlings' response to *Phytophthora cinnamomi* Rands. *Forests*, *14*(5), 870. https://doi.org/10.3390/f14050870

Celar, F., & Valic, N. (2005). Effects of *Trichoderma* spp and *Glicladium roseum* culture filtrates on seed germination of vegetables and maize. *Journal of Plant Diseases and Protection*, *112*(4), 343-350.

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.157]

Da-chuan, Y. I. N., Li-bin, Y. A. N. G., Xun, D. E. N. G., Chet, I., & Rui-qing, S. O. N. G. (2015). How *Trichoderma virens* affects growth indicators, physiological and biochemical parameters of *Pinus sylvestris* var. Mongolica seedlings. *Journal of Beijing Forestry University, 37*(1), 78-91. https://dx.doi.org/10.13332/j.cnki.jbfu.2015.01.012

Dos Santos, M. F., Dos Santos, L. E., da Costa, D. L., Vieira, T. A., & Lustosa, D. C. (2020). *Trichoderma spp.* on treatment of *Handroanthus serratifolius* seeds: effect on seedling germination and development. *Heliyon, 6*(6), e04044. https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2020.e04044

El-Mougy NS, Abdel-Kader MM (2008) Long-term activity of bio-priming seed treatment for biological control of faba bean root rot pathogens. *Australasian Plant Pathology, 37*(5), 464-471. https://doi.org/10.1071/AP08043

Ghasemialitappeh, M., Sadravi, M., & Mirabadi, A. (2018). Isolation and identification of *Trichoderma* species and investigating their seed treatment effect on rapeseed (*Brassica napus* L.) germination. *Cercetări Agronomice în Moldova, 3*(175), 43-50. https://doi.org/10.2478/cerce-2018-0024

Hajieghrari, B. (2010). Effects of some Iranian *Trichoderma* isolates on maize seed germination and seedling vigor. *African journal of Biotechnology, 9*(28), 4342-4347. https://doi.org/10.5897/AJB10.172

Hosseinzeynali, A., Abbaszadeh dahaji, P., Alaei, H., Hosseinifard, J., & Akhgar, A. (2020). Effect of *Trichoderma* on growth and nutrition of pistachio trees under common garden condition. *Journal of Sol Biology*, *8*(2), 115-128. (In Persian) https://doi.org/10.22092/sbj.2020.122735

Lahiji, A., & Rejali, F. (2025). Investigating the effect of biofertilizers on improving the absorption of nutrients, growth and yield of hazelnut (*Corylus avellana* L.) trees in Eshkavrat area of Rudsar city in Guilan province. *Journal of Soil Biology*, *12*(2), 213-233. (In Persian)

Madrid-Molina, M., Perez-Alvarez, S., Escobedo-Bonilla, C. M., & Urias-Garcia, C. (2023). Application of *Trichoderma asperellum* in apple trees as a growth regulator and antagonist for the control of *Alternaria sp. Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca, 51*(1), 13108-13108. https://doi.org/10.15835/nbha51113108

Menzies, J. G. (1993). A strain of *Trichoderma viride* pathogenic to germinating seedlings of cucumber, paper and tomato. *Plant Pathology, 42*, 784-791. https://doi.org/10.1111/j.1365-3059.1993.tb01565.x

Momeni, K., Moradi, A., Mahmoudi, S., & Latif Manesh, H. (2023). The effect of biopriming and gibberellin on the quality and germination properties of parsley seed (*Petroselinum crispum*). *Iranian Journal of Seed Research, 10*(1), 1-17. (In Persian) https://dx.doi.org/10.61186/yujs.10.1.1

Ousley, M. A., Lynch, J. M., & Whipps, J. M. (1993). Effect of *Trichoderma* on plant growth: a balance between inhibition and growth promotion. *Microbial Ecology, 26*(3), 277-285. https://doi.org/10.1007/BF00176959

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.157]

Ousley, M. A., Lynch, J. M., & Whipps, J. M. (1994). Potential of *Trichoderma spp.* as consistent plant growth stimulators. *Biology and Fertility of Soils*, *17*(2), 85-90. https://doi.org/10.1007/BF00337738

Rao, Y., Zeng, L., Jiang, H., Mei, L., & Wang, Y. (2022). *Trichoderma atroviride* LZ42 releases volatile organic compounds promoting plant growth and suppressing *Fusarium* wilt disease in tomato seedlings. *BMC Microbiology*, *22*, 88. https://doi.org/10.1186/s12866-022-02511-3

Reyes, F. C., Quiroz, D. C., Ceja, J. E. S., Sánchez, A. R., & Reyes, J. T. S. (2022). Efectos del pretratamiento con Trichoderma y Bacillus en la germinación de semillas de Agave victoriae-reginae T. Moore. *Revista Mexicana de Ciencias Forestales*, *13*(69), 56-72. (In Spanich) https://doi.org/10.29298/rmcf.v13i69.844

Rostamikia, Y., Matinizadeh, M., & Rahmani, A. (2024). The effect of *Trichoderma harzianum* on survival, growth and nutrition of hazelnut seedlings under field conditions of Fandoglou forest. *Journal of Wood and Forest Science and Technology*, *31*(1), 43-61. (In Persian) https://doi.org/10.22069/jwfst.2024.22116.2055

Ty´skiewicz, R.; Nowak, A.; Ozimek, E.; Jaroszuk-Sciseł, J. (2022). *Trichoderma*: The current status of its application in agriculture for the biocontrol of fungal phytopathogens and stimulation of plant growth. *International Journal of Molecular Sciences*, *23*, 2329. https://doi.org/10.3390/ijms23042329

Zhou, C., Guo, R., Ji, S., Fan, H., Wang, J., Wang, Y., & Liu, Z. (2020). Isolation of *Trichoderma* from forestry model base and the antifungal properties of isolate TpsT17 toward *Fusarium oxysporum*. *Microbiological Research*, *231*, 126371. https://doi.org/10.1016/j.micres.2019.126371

Zolfaghari, R., Fayyaz, P., Jahantab, E., & Bergmeier, E. (2021). Habitat variation and vulnerability of *Quercus brantii* woodlands in the Zagros Mountains, Iran. *Turkish Journal of Botany*, *45*(7), 688-700. https://doi.org/10.3906/bot-2104-4

Zolfaghari, R., Zare, Z., & Fayyaz, P. (2024). Assessment of crown health effects on the growth and regeneration of Persian oak trees (*Quercus brantii*). In 2024 7th National Forest Conference of Iran (Lorestan University, Khoramabad) (pp. 1-11). (In Persian)

[Downloaded from yujs.yu.ac.ir on 2026-11-23]

[DOI: 10.66224/yujs.12.2.157]