Sari Agriculture Sciences and Natural Resources University

Ecology of Iranian Forests, Vol. 11, Issue 2, 2023 p: 73-87

OPEN ACCESS

Research Paper

Identification of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Coexist with Plant Species in Different Habitats of Iranian Oak (Quercus brantii Lindl.) in Ilam

Nahid Jafarian[1], Javad Mirzaei[2], Reza Omidipour[3] and Yahya Kooch[4]

1- Ph.D. Student, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran
2- Associate Professor, Department of Forest Science, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran, (Corresponding author: j.mirzaei@mail.ilam.ac.ir)
3- Assistant Professor, Department of Rangeland and Watershed Management, Faculty of Agriculture, University of Ilam, Ilam, Iran
4- Associate Professor, Faculty of Natural Resources & Marine Sciences, Tarbiat Modares University, Noor, Iran

Received: 25 December, 2022 Accepted: 4 April, 2023

Extended Abstract

Background: Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) are a crucial component of soil microflora, forming symbiotic relationships with approximately 80% of plant species. These fungi play a significant role in enhancing plant nutrient uptake, improving soil structure, and promoting ecosystem health. The present study aimed to identify the morphology of arbuscular mycorrhizal fungi across three distinct habitats—Shanachir, Ilam, and Malekshahi—each characterized by different climatic conditions. Additionally, the study focused on two aspect slopes, north and south, within the oak forests of Ilam province. Understanding the diversity and distribution of AMF in these varying environments can provide insights into their ecological roles and the factors influencing their populations.

Methods: To collect soil samples, a total of 20 mixed soil samples were taken from each habitat, ensuring representation from both north and south aspect slopes. This resulted in a comprehensive collection of 60 samples across the three habitats, all obtained through a completely random sampling plan from a depth of 0-20 cm during the spring season. The extraction of AMF spores was conducted using a method that involved sieving and centrifugation with sucrose, which is effective for isolating fungal spores from soil. Identification of the mycorrhizal fungi was performed based on morphological characteristics, utilizing identification keys and reliable online resources. The abundance percentage of each fungal species was calculated based on the proportion of spores belonging to each species within the total sample. To analyze the similarity of fungal species across different habitats and aspect slopes, a Venn diagram was employed. This visual representation allowed for a clear understanding of species overlap and diversity among the sampled areas.

Results: The study identified a total of 39 species of arbuscular mycorrhizal fungi belonging to 11 genera across the three studied areas and two aspect slopes. Specifically, 36 fungal species from 11 genera were recorded in the Ilam habitat, while the Malekshahi habitat yielded 37 species from the same number of genera. In contrast, 34 fungal species from 10 genera were identified in the Shanachir area. The genera Acaulospora and Glomus exhibited the highest relative frequency across all habitats and aspect slopes, indicating their dominance in these ecosystems. Among the identified species, Glomus nanolumen and Acaulospora lacunosa were the most abundant, consistently showing high percentages of fungal species abundance across all habitats. The analysis of species similarity revealed that 30 species of mycorrhizal fungi, accounting for 76.92% of the total species identified, were common among the different habitats. Notably, one endemic species, Glomus macrocarpum, was found exclusively in the Malekshahi region. Statistical analysis indicated a significant difference in spore density among the study areas (p=0.000). The highest spore density was recorded in the Malekshahi and Shanachir habitats, surpassing that of the Ilam habitat. Furthermore, the average spore density was consistently higher in the southern aspect slopes compared to the northern slopes.

Copyright ©2023 Jafarian et al. Published by Sari Agricultural Sciences and Natural Resources University.
This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 Unported License which allows users to read, copy, distribute and make derivative works for non-commercial purposes from the material, as long as the author of the original work is cited properly.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-29]

[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.1.9]

[DOI: 10.61186/ifej.11.22.67]

Specifically, the average spore density varied from 111.20 spores per 100 grams of soil in Ilam to 140.25 spores per 100 grams in Malekshahi. Among the aspect slopes, spore density ranged from 105.60 in the northern Ilam to 150.90 in the southern Malekshahi.

Conclusion: The results of this study demonstrate significant variations in the diversity and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi across different habitats and aspect slopes. The number of fungal species, their distribution patterns, and spore densities varied considerably, with the highest spore density observed in the southern aspect slope and the Malekshahi region. These findings underscore the importance of environmental factors, such as climatic conditions and soil characteristics, in shaping the composition and abundance of mycorrhizal fungi. Understanding the dynamics of AMF in relation to their plant partners is essential for improving ecosystem management and conservation strategies. The presence of endemic species highlights the need for targeted conservation efforts in specific regions. Future research should explore the functional roles of these fungi within their ecosystems and assess how changes in land use and climate may impact their populations and the overall health of forest ecosystems. By fostering a deeper understanding of arbuscular mycorrhizal fungi, we can enhance our ability to maintain and restore the ecological balance in these vital habitats.

Keywords: Climate, Mycorrhiza, Slope aspect, Spore, Symbiosis

How to Cite This Article: Jafarian, N., Mirzaei, J., Omidipour, R., & Kooch, y. (2023). Identification of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Coexist with Plant Species in Different Habitats of Iranian Oak (Quercus brantii Lindl.) in Ilam. *Ecol Iran For*, 11(2), 73-87. https://doi.org/10.61186/ifej.11.22.67

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-29]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.1.9]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.67]

مقاله پژوهشی

شناسایی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار همزیست با گونه‌های گیاهی در رویشگاه‌های مختلف بلوط ایرانی (*Quercus brantii* Lindl.) در ایلام

ناهید جعفریان[۱]، جواد میرزایی[۲]، رضا امیدی‌پور[۳] و یحیی کوچ[۴]

۱- دانشجوی دکتری علوم زیستی جنگل، گروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۲- دانشیارگروه علوم جنگل، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران (نویسنده مسوول: j.mirzaei@ilam.ac.ir)
۳- استادیار گروه مرتع و آبخیزداری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه ایلام، ایلام، ایران
۴- دانشیار دانشکده منابع طبیعی و علوم دریایی، دانشگاه تربیت مدرس، نور، ایران

تاریخ دریافت: ۱۴۰۱/۱۰/۴ تاریخ پذیرش: ۱۴۰۲/۱/۱۵
صفحه: ۷۳ تا ۸۷

چکیده مبسوط

مقدمه و هدف: قارچ‌های میکوریز آربوسکولار یک جز مهم از میکروفلور خاک را تشکیل می‌دهند و با ۸۰ در صد از گونه‌های گیاهی همزیستی دارند. پژوهش حاضر با هدف شناسایی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در سه رویشگاه (شنه‌چیر، ایلام و ملکشاهی) با شرایط اقلیمی مختلف در دو جهت دامنهٔ شمال و جنوب در جنگل‌های استان ایلام انجام گرفت.

مواد و روش‌ها: به‌منظور نمونه‌برداری خاک، در هر رویشگاه و در هر جهت ۲۰ نمونه خاک ترکیبی در دو جهت شمالی و جنوبی برداشت شد. در مجموع ۶۰ قطعه نمونه برای هر سه رویشگاه بر اساس طرح نمونه‌برداری کاملاً تصادفی از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر در فصل بهار برداشت شد. استخراج اسپور قارچ‌های میکوریز با استفاده از روش الک مربوط و سانتریفیوژ کردن با ساکارز و شناسایی قارچ‌ها بر اساس اندازه‌گیری ویژگی‌های ریخت شناسی و با استفاده از کلید شناسایی و سایت‌های اینترنتی معتبر انجام شد. درصد فراوانی گونه‌های قارچی با استفاده از درصد اسپورهای متعلق به یک گونه قارچی نیز محاسبه شد. برای تعیین درصد تشابه گونه‌های قارچی در مناطق و جهت‌های شیب مختلف در هر رویشگاه از نمودار وون استفاده شد.

یافته‌ها: نتایج این مطالعه نشان داد که در مجموع ۳۹ گونه قارچ میکوریز آربوسکولار متعلق به ۱۱ جنس در سه رویشگاه مورد مطالعه و دو جهت شناسایی شدند. ۳۶ گونه قارچی متعلق به ۱۱ جنس در رویشگاه ایلام، ۳۷ گونه قارچ میکوریز متعلق به ۱۱ جنس در ملکشاهی و ۳۴ گونه قارچی متعلق به ۱۰ جنس در شنه‌چیر شناسایی شد. از ۱۱ جنس شناسایی شده بالاترین درصد فراوانی نسبی مربوط به جنس‌های *Acaulospora* و *Glomus* بود. در هر سه رویشگاه و در دو جهت شمالی و جنوبی دو گونه *Glomus nanolumen* و *Acaulospora lacunosa* بالاترین درصد فراوانی گونه قارچی را داشتند. نتایج تشابه گونه‌ها در مناطق مختلف نشان داد که ۳۰ گونه قارچ میکوریز معادل ٪۷۶/۹۲ گونه‌ها در بین مناطق مشترک بودند و یک گونه اندمیک (*Glomus macrocarpum*) در رویشگاه ملکشاهی وجود داشت. نتایج نشان داد تراکم اسپور در مناطق مورد مطالعه اختلاف معنی‌داری داشتند (p=۰/۰۰۰) که در رویشگاه ملکشاهی و شنه‌چیر بیشتر از ایلام بود. میانگین تراکم اسپور در تمام مناطق در جهت جنوبی بیشتر ار شمالی بود. میانگین تراکم اسپورها در مناطق مختلف از ۱۱۱/۲۰ در ایلام تا ۱۴۰/۲۵ در ملکشاهی و در بین جهت‌های مختلف از ۱۰۵/۶۰ در شمال ایلام تا ۱۵۰/۹۰ در جهت جنوبی ملکشاهی متغیر بود.

نتیجه‌گیری: نتیجه مطالعه حاضر نشان داد که قارچ‌های میکوریز در مناطق و جهت‌های مختلف از نظر تعداد گونه قارچی، پراکنش و تعداد اسپور متفاوت بودند و بیشترین تراکم اسپور در جهت‌های جنوبی و در منطقه ملکشاهی مشاهده شد.

واژه‌های کلیدی: اسپور، اقلیم، جهت شیب، میکوریز، همزیستی

مقدمه

قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار (*Arbuscular Mycorrhizal*)، جزو اساسی جوامع میکروبی خاک و همزیست اجباری می‌باشند که با ۸۰ درصد از گونه‌های گیاهی زمینی، همزیستی میکوریزا را تشکیل می‌دهند (Classen et al., 2015). هیف‌های قارچ میکوریز قادرند ناحیه وسیعی از اطراف ناحیه ریشه گیاه را احاطه کنند و مواد مغذی معدنی ثابت (P، Zn و Cu) را برای گیاهانی که در خاک وجود دارند، فراهم کرده و در دسترس گیاهان میزبان قرار دهند (Hayman, 1982). این قارچ‌ها اثرات مفیدی بر توانایی گیاهان فردی می‌گذارند که از جمله این اثرات می‌توان افزایش جذب نیتروژن و فسفر (Hodge and Storer, 2015)، بهبود تحمل به خشکی (Augé, 2001) و تنش شوری (Garg and Chandel, 2011)، افزایش مقاومت پاتوژن گیاهان میزبان (Chaudhry et al., 2013)، تحمل فلزات سنگین (Hildebrandt et al., 2007)، ترسیب خاک (Parihar et al., 2020) و بهبود روابط آب (Augé, 2001) را نام برد. در این همزیستی، گیاهان در ازای دسترسی بهتر به منابع خاک (نیتروژن، فسفر و آب) کربن حاصل از فتوسنتز را با همزیست‌های قارچی به اشتراک می‌گذارند (Smith and Read, 2010). علاوه بر این، قارچ‌های میکوریزی با تنظیم ترکیب جامعه میکروبی ریزوسفر (Veresoglou et al., 2012)، ساختار خاک و چرخه مواد مغذی (Cheng et al., 2012; Leifheit et al., 2015) نقش مهمی را در پایداری اکوسیستم ایفا می‌کنند (Munkvold et al., 2004).

توزیع قارچ میکوریزی و تولید اسپور عمدتاً تحت‌تأثیر عوامل زیستی (تنوع و ساختار پوشش گیاهی) و غیرزنده (عوامل اقلیمی، توپوگرافی، خشکسالی و خواص فیزیکی و شیمیایی خاک) هستند (Fazlollahi Mohammadi et al., 2016, Rasmussen et al., 2018).

عوامل اقلیمی چون نوسانات فصلی دما (Dumbrell et al., 2011) و الگوهای بارندگی (Alguacil et al., 2015) بر رشد قارچ‌های میکوریزی در خاک تأثیر می‌گذارند. به‌گونه‌ای که ساختار جامعه قارچ میکوریز آربوسکولار در مناطق خشک به‌طور قابل‌توجهی با جنگل‌های مرطوب متفاوت است (Da Silva et al., 2014). بنابراین، جوامع قارچ میکوریز در محیط‌های مختلف به لحاظ شرایط آب و هوایی می‌توانند کاملاً متفاوت باشند (Liu et al., 2017). براساس پژوهش‌های انجام

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-29]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.1.9]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.67]

شده، بالا بودن دما و سطوح رطوبت پایین، ترکیب جامعه میکروبی مرتبط با ریشه را تغییر می‌دهند و بر همزیستی قارچ‌های میکوریزی اثر می‌گذارند (Gavito et al., 2000; Augé, 2001). بنابراین، قارچ‌های میکوریز آربوسکولار یک جزء ضروری برای پیش‌بینی عملکرد اکوسیستم‌های زمینی در رابطه با تغییرات آب و هوایی هستند (Drigo et al., 2008). با توجه به اثرپذیری جوامع قارچی از نوع اقلیم انتخاب قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بومی مناسب و تولید آنها به مقدار کافی و با کیفیت مناسب، یکی از مسائل ضروری به‌منظور افزایش رشد گونه‌های گیاهی میزبان، به‌ویژه تحت تغییرات آب و هوایی است (Berruti et al., 2016). به‌نظر می‌رسد سویه‌های بومی این قارچ‌ها از نظر فیزیولوژیکی، اکولوژیکی و ژنتیکی با محیط در حال تغییر، سازگارتر هستند و می‌توانند برای گیاهان میزبان خود پایدارتر باشند (De Oliveira et al., 2017; Hart et al., 2018). بنابراین آگاهی از ترکیب جوامع قارچی میکوریز و شناسایی جوامع قارچی انعطاف‌پذیر و سازگار با شرایط آب و هوایی، برای حفظ گیاه میزبان در اکوسیستم‌های طبیعی به‌ویژه احیاء گونه‌های بومی در جوامع جنگلی تخریب یافته، با کاربرد استفاده از این قارچ‌ها به‌عنوان کود زیستی به‌منظور افزایش رشد و توسعه نهال در نهالستان و سپس انتقال نهال به طبیعت ضروری می‌باشد.

عوامل توپوگرافی نیز بر جوامع قارچی آربوسکولار اثرگذار می‌باشند. بدین‌صورت که جهت شیب به‌عنوان یک عامل توپوگرافی بر ساختار و توسعه خاک، توزیع مجدد مواد مغذی و در دسترس بودن خاک (Xiao et al., 2019)، تنوع و توزیع پوشش گیاهی (Haidari et al., 2019) و جوامع میکروبی خاک (Schlatter et al., 2018) اثر می‌گذارد و مسئول ناهمگونی ریزمحیط با تغییر نور، دما و آب است (Liang et al., 2017). قارچ‌های میکوریز نیز یکی از جوامع میکروبی خاک هستند که تحت تأثیر شیب قرار می‌گیرند و مطالعات صورت گرفته تفاوت در ترکیب و تنوع این قارچ‌ها در شیب‌های مختلف را نشان می‌دهند (Xu et al., 2020).

با توجه به اهمیت قارچ‌های میکوریز و نقش آنها، مطالعات بسیاری در خصوص شناسایی،اثرات این قارچ‌ها بر گیاهان، تنوع زیستی و همزیستی این قارچ‌ها با گونه‌های گیاهی در کشاورزی، درختان جنگلی و باغی و مراتع انجام شده است که می‌توان به مطالعات جعفرلو و همکاران (Jafarlou et al., 2019) در خصوص اثرات همزیستی این قارچ‌ها بر رشد و فیزیولوژی نهال‌های گونه بیابانی استبرق اشاره کرد که مطالعه آنها نقش قارچ‌های میکوریز در افزایش و تسهیل جذب آب و عناصر تغذیه‌ای، افزایش حجم ریشه، ایجاد کلنیزاسیون ریشه‌ای، بهبود متغیرهای فیزیولوژی نهال استبرق را نشان داد. جیانگ و همکاران (Jiang et al., 2018) جوامع قارچی میکوریز همزیست با ریشه و پاسخ آنها به تغییرات آب و هوایی کوتاه‌مدت و چرا در فلات تبت را شناسایی کردند که تنوع زیستی نسبتا بالایی از قارچ‌های میکوریز آربوسکولار (۲۲ گونه قارچ) را شناسایی کردند. مطالعات مربوط به شناسایی این قارچ‌ها در شرایط اقلیمی و توپوگرافی مختلف محدود می‌باشد. زوو و همکاران (Xu et al., 2020) با بررسی اثر موقعیت شیب بر جوامع قارچ‌های میکوریزی آربوسکولار در مزارع صنوبر نشان دادند که موقعیت شیب اثرات قابل‌توجهی بر همزیستی، تنوع و ترکیب جوامع قارچ‌های میکوریز آربوسکولار دارد، به‌گونه‌ای که همزیستی میکوریزی از شیب بالا به سمت شیب پایین افزایش قابل‌توجهی داشت و تنوع نیز در شیب‌های بالا بیشتر از شیب پایین بود. لیو و همکاران (Liu et al., 2017) در مقایسه جوامع قارچ میکوریز آربوسکولار بین دامنه‌های آفتابی و سایه‌دار دریافتند که ترکیب جامعه قارچ میکوریزی به‌طور قابل‌توجهی بین جهت‌های شیب متفاوت است و طبق نتایج آنها، تنوع، غنای قارچ، تراکم اسپور و همزیستی ریشه در دامنه‌های آفتابی بالاتر از دامنه‌های سایه‌دار بودند. امینیان نسب و همکاران (Aminian Nasab et al., 2021) اثر اقلیم، خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک و میزبان بر فعالیت قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در نه منطقه رفسنجان و اثرپذیری درصد کلونیزاسیون و جمعیت اسپور قارچ میکوریز آربوسکولار با نوع گونه میزبان و اقلیم منطقه، بررسی کردند که نتایج آنها نشان داد که تراکم جمعیت اسپور و درصد کلونیزاسیون قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در هر منطقه با نوع میزبان و اقلیم منطقه در ارتباط می‌باشد. Xu و همکاران (Xu et al., 2022) در مطالعه خود به ابن نتیجه رسیدند که بارندگی سبب افزایش فراوانی قارچ‌های میکوریز می‌شود و افزایش دما سبب تغییر ترکیب جوامع گیاهی می‌شود. همچنین مطالعه آنان نشان داد که جوامع قارچ میکوریز ممکن است بیش از حد انتظار به گرم شدن هوا حساس باشند. وانگ و همکاران (Wang et al., 2022) اثر جهت بر تنوع قارچ‌های میکوریز آربوسکولار را مورد بررسی قرار دادند و به این نتیجه رسیدند که جهت بر تنوع قارچ‌ها اثر نمی‌گذارد اما در جهت‌های شمالی با تابش کمتر، رطوبت بالاتر و مواد مغذی بیشتر عملکرد قارچ‌های میکوریز افزایش می‌یابد و در جهت‌های جنوبی با تابش بیشتر، رطوبت و مواد مغذی کمتر خاک تکثیر قارچ افزایش می‌یابد.

با توجه به محدودیت مطالعات انجام شده در خصوص شناسایی قارچ‌های میکوریزی در شرایط اقلیمی و توپوگرافی مختلف، مطالعه حاضر با هدف شناسایی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در مناطقی با شرایط محیطی مختلف و در دو جهت شمال و جنوب در رویشگاه‌های مختلف بلوط ایرانی در استان ایلام انجام گرفت.

مواد و روش‌ها

منطقه مورد مطالعه

تحقیق حاضر در رویشگاه‌های بلوط ایرانی در استان ایلام انجام گرفت. به‌منظور انجام این تحقیق سه منطقه با شرایط محیطی و میکرواقلیم متفاوت شامل شهرستان‌های ایلام (رویشگاه ارغوان) با طول جغرافیایی "۴۲/۴۷۱ '۲۷ °۴۶ تا "۰/۹۶۷ '۳۱ °۴۶ و عرض جغرافیایی "۸/۹۹۲ '۳۶ °۳۳ تا "۱۵/۷۱۴ '۳۹ °۳۳ با میانگین بارندگی ۷۶۶/۲۴ میلی‌متر، میانگین دمای ۱۳/۹۵ درجه سانتی‌گراد و اقلیم کمی خشک، شهرستان ملکشاهی (رویشگاه کبیرکوه) با طول جغرافیایی "۵۸/۱۴۷ '۲۹ °۴۶ تا "۵۹/۸۳۲ '۳۴ °۴۶ و عرض جغرافیایی "۳۹/۵۹۱ '۲۲ °۳۳ تا "۴۳/۸۶۳ '۲۶ °۳۳ با میانگین بارندگی ۷۱۰/۰۲ میلی‌متر، میانگین دمای ۱۵/۳۴ درجه سانتی‌گراد و

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-29]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.1.9]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.67]

اقلیم نسبتاً خشک و شهرستان مهران (رویشگاه شنه‌چیر) با طول جغرافیایی "۳۲/۵۱۲ '۲۹ °۴۶ تا "۴۱/۶۷۶ '۱۹ °۴۶ و عرض جغرافیایی "۳۳/۰۳۳ '۳۱ °۳۳ تا "۲۲/۶۰۶ '۳۳ °۳۳ با میانگین بارندگی ۶۱۴/۲۵ میلی‌متر، میانگین دمای ۱۷/۷۰ درجه سانتی‌گراد و اقلیم نیمه‌خشک انتخاب شدند. به‌منظور تعیین اقلیم در مناطق مورد مطالعه اطلاعات مربوط به داده‌های هواشناسی از اداره هواشناسی ایلام تهیه شد و سپس، نقشه‌های باران و دما در محیط نرم‌افزار GIS تهیه شد و اطلاعات هواشناسی مربوط به نقاط نمونه‌برداری استخراج و با استفاده از فرمول دمارتن (I_{DM} = P/(T+10)) اقلیم مناطق موردمطالعه به‌دست آمد (Pellicone et al., 2019).

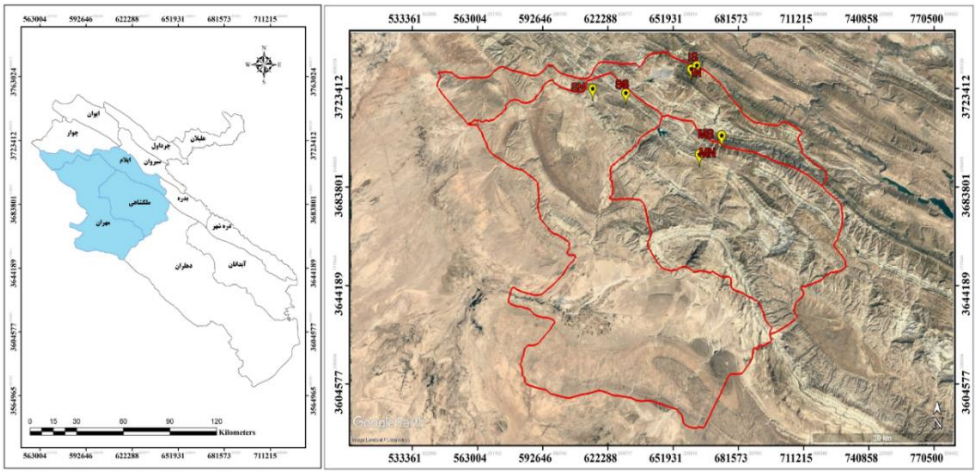
در رویشگاه‌های موردمطالعه، درختان جنگلی چون بلوط و بنه غالب بودند.گونه‌های علفی زیر اشکوب در مناطق مورد مطالعه در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- گونه‌های علفی شناسایی شده در مناطق مورد مطالعه

Table 1. Grass species identified in the studied areas

خانواده جنس و گونه Family Genus and Species	شنه چیر Shanachi) (r	ملکشاهی Maleksha) (hi	ایلام Ila) (m
Amaranthaceae			
Noaea mucronata	❊		
Apiaceae			
Erengium billardieri	*		
Lagoecia cuminoides	*		
Asparagaceae			
Bellevalia glauca	❊	❊	❊
Muscari neglectum		*	
Astracease			
Onopordum heteracantha	*	*	*
Scorzonera calycilata		*	
Berberidaceae			
Bongardia chrysogonum		*	
Boraginaceae			
Alyssum linifolium	❊	❊	❊
Alyssum marginatum			❊
Anchusa italica	❊		
Lepidium draba	*		
Crambe orientalis	*	*	
Myosotis refracta	*		
Onosma bulbotrichum		❊	❊
Onosma microcarpum	❊		
Rochelia disperma			*
Sinapis arvensis	*	*	
Caprifoliaceae			
Scabiosa leucactis	*		
Valerianella vesicaria	*	*	*
Caryophyllaceae			
Minuartia lineata	*		
Minuartia meyeri	*	*	*
Vaccaria grandiflora	*	*	
Compositae			
Achillia conferta	❊		
Anthemis haussknechtii	❊	❊	
Pallenis pygmaeus	*		
Carthamus oxyacantha	*		
Centaurea bruguierana	*		
Centaurea intricata		*	
Cirsium congestum	❊		❊
Cirsium spectable	❊		
Cousinia haussknechtii	*	*	*
Cymbolaena griffithii		*	
Echinops kotschyi	*		
Gundelia tournefortii	*	*	
Jurinea carduiformis	*	*	
Picnomon acarna	*	*	*
Scariola orientalis	*		
Senecio vernalis	*		*
Taraxacum montanum	*	*	*
Tragopogon longirostris		*	
Euphorbiaceae			
Euphorbia aleppica	❊	❊	❊
Euphorbia cheiradenia			❊
Euphorbia condylocarpa	❊		
Euphorbia denticulata	❊	❊	❊
Euphorbia granulata			❊
Euphorbia helioscopia	❊		
Euphorbia macrostiegia			❊
Geraniaceae			
Erodium gruinum	*	*	*
Erodium oxyrrhynchum	*		
Geranium tuberosum	*	*	*
Iridaceae			
Crocus haussknechtii	*	*	
Lamiaceae			
Marrubium astracanicum			*
Phlomis olivieri			❊
Phlomis persica	❊	❊	❊
Stachys inflata	*	*	
Teucrium polium	*		
Ziziphora tenuior	*	*	*
Leguminosae			
Astragalus compactus		❊	
Astragalus curviflorus	❊	❊	❊
Tragacantha faciculifolius		*	
Astragalus gossypinus		❊	
Astragalus sieberi	❊		
Medicago monantha	❊	❊	
Medicago lupulina		❊	❊
Medicago orbicularis	❊		
Medicago radiata			❊
Medicago sativa	❊	❊	
Melilotus officinalis	❊		
Onobrychis caput-gali	*		
Onobychis cornata	*		
Sophora alopecuroides			*
Trifolium campester	❊		
Trifolium lappaceum	❊		
Trifolium repens	❊		
Trifolium resupinatum	❊	❊	
Vicia peregrina		❊	❊
Papaveraceae			
Papaver dubium	*		
Plantaginaceae			
Veronica orientalis	*		
Plumbaginaceae			
Acantholimon blakelockii	❊	❊	❊
Poaceae			
Aegilops crassa	❊	❊	
Aegilops tauschii	❊		❊
Aegilops umbellulata	❊		❊
Avena wiestii	❊	❊	❊
Boissiera squarrosa	❊	❊	❊
Bromus danthoniae	❊	❊	❊
Bromus sericeus			❊
Bromus sterilis		❊	❊
Bromus tectorum	❊	❊	❊
Bromus tomentellus		❊	❊
Dactylis glomerata		*	
Echinaria capitata	*		
Festuca ovina		❊	
Heterantheliu m piliferum	❊	❊	
Hordeum bulbosum		❊	❊
Lolium rigidum	❊		
Rostraria phleoides		❊	
Poa bulbosa	❊	❊	❊
Poa pratensis			❊
Stipa hohenackeriana	❊	❊	
Taeniatherum crinitum	❊	❊	❊
Hordeum murinum	❊	❊	❊
Sanguisorba minor			❊
Rubiaceae			
Galium aparine	❊		❊
Scrophulariaceae			
Verbascum kurficum			❊

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-29]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.1.9]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.67]



شکل ۱- موقعیت منطقه مورد مطالعه در استان ایلام: SS جهت جنوبی شنه چیر، SN جهت شمالی شنه چیر، MS جهت جنوبی ملکشاهی، MN جهت شمالی ملکشاهی، IS جهت جنوبی ایلام، IN جهت شمالی ایلام

Figure 1. Location of the study area in Ilam province: SS -SN, MS- MN, IS - IN –indicate the south and north aspect in Shanachir, Malekshahi and Ilam habitats, respectively

نمونه‌برداری از خاک

به‌منظور نمونه‌برداری، در هر رویشگاه از ۲۰ قطعه نمونه تصادفی به ابعاد ۲۰×۲۰ مترمربعی استفاده شد. برای کمی کردن اثرات جهت شیب در هر رویشگاه، نمونه‌برداری در دو جهت غالب (شمالی و جنوبی) انجام شد (در هر جهت ۱۰ نمونه). در مجموع ۶۰ قطعه نمونه برای هر سه رویشگاه و در دو جهت شمالی و جنوبی بر اساس طرح نمونه‌برداری کاملاً تصادفی (Completely randomized design) برداشت شد. یک نمونه خاک ترکیبی از چهارگوشه و مرکز هر قطعه نمونه از عمق ۲۰-۰ سانتی‌متر خاک در فصل بهار و با استفاده از بیلچه برداشت (Bouamri et al., 2006) و به آزمایشگاه منتقل شد. نمونه‌های خاک در آزمایشگاه به‌منظور شناسایی قارچهای میکوریزی هوا خشک شدند.

شناسایی قارچهای میکوریز آربوسکولار و آنالیز داده‌ها

با استفاده از روش الک مرطوب و سانتریفیوژ کردن با ساکارز اقدام به استخراج اسپور قارچ شد (Manimegalai et al., 2011). لازم به ذکر است که از دو گرم خاک خشک برای استخراج استفاده انجام شد. شناسایی قارچها براساس اندازه‌گیری ویژگی‌های موریخت‌شناسی نظیر شکل، رنگ، اندازه، تعداد لایه و شکل ریسه انجام شد (Schenck and Perez, 1990). شناسایی گونه‌های قارچ میکوریز با استفاده از کلید شناسایی Schenck و Perez (Schenck and perez, 1989) و سایت‌های اینترنتی معتبر: http: invam.caf.wvu.edu و www.amf-phylogeny.com انجام گرفت. خصوصیات گونه‌های قارچی شناسایی شده در جدول ۳ ارائه شده است. درصد فراوانی نسبی (Fi=(Ni/N)*100) قارچهای میکوریز آربوسکولار با استفاده از درصد اسپورهای متعلق به یک گونه قارچی محاسبه گردید. Fi: درصد فراوانی نسبی، Ni: تعداد افراد در گونه iام؛ N: تعداد کل افراد.

تجزیه و تحلیل داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار R-studio و Exel 2019 انجام گرفت. فراوانی گونه‌های قارچی و جنس قارچ در مناطق موردمطالعه با استفاده از نرم‌افزار اکسل انجام گرفت. تعیین درصد مشابهت گونه‌های قارچی در مناطق و جهت‌های جغرافیایی مختلف در هر رویشگاه و ترسیم نمودار وون در نرم‌افزار R-studio و با استفاده از پکیج ggven انجام گرفت. به‌منظور ارزیابی اثر منطقه و جهت بر تراکم قارچ از آنالیز تجزیه واریانس دو طرفه در قالب از مدل خطی عمومی (GLM) و سپس آزمون دانکن (برای اثر منطقه) و t-student (برای جهت شیب) استفاده شد.

نتایج و بحث

براساس نتایج تحقیق حاضر در مجموع ۳۹ گونه قارچی متعلق به ۱۱ جنس شناسایی شد. از بین گونه‌های شناسایی شده ۷ گونه از جنس *Acaulospora*، ۶ گونه از جنس‌های *Glomus*، *Diversispora* و *Funneliformis*، ۴ گونه از جنس *Rhizophagus*، ۳ گونه از جنس‌های *Septoglomus* و *Claroideoglomus* و از جنس‌های *Archaeospora*، *Dominikia*، *Enterophospora* و *Pacispora* تنها ۱ گونه قارچی وجود داشت. میرزایی و همکاران (Mirzaei et al., 2017) قارچهای همزیست با گونه‌های گیاهی در منطقه حفاظت شده مانشت و قلارنگ در استان ایلام را شناسایی کردند و ۳۵ گونه قارچی متعلق به ۱۰ جنس را شناسایی کردند.

بررسی‌های انجام شده براساس تفکیک رویشگاه برای شناسایی قارچهای میکوریز نشان داد که در رویشگاه شنه‌چیر ۳۴ گونه قارچی متعلق به ۱۰ جنس شناسایی شد. از این تعداد، ۷ گونه از جنس *Acaulospora*، ۶ گونه از جنس‌های *Diversispora* و *Funneliformis*، ۳ گونه از جنس‌های *Glomus*، *Rhizophagus*، *Septoglomus*، *Claroideoglomus* و ۱ گونه از جنس‌های *Archaeospora*، *Enterophospora* و *Pacispora* شناسایی شدند. گونه قارچی *G. nanolumen* با فراوانی ۱۹/۲۶ و *A. lacunosa* با فراوانی ۱۴/۴ درصد بالاترین فراوانی و گونه‌های *F. verruculosus*، *C. walker* و *F. caledonius* به ترتیب با ۰/۰۴، ۰/۰۴ و ۰/۰۸ درصد کمترین فراوانی را در رویشگاه شنه‌چیر داشتند (جدول ۲).

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-29]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.1.9]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.67]

در رویشگاه ملکشاهی ۳۷ گونه قارچ میکوریز متعلق به ۱۱ جنس شناسایی شد.از این تعداد، ۷ گونه متعلق به جنس *Acaulospora*، ۶ گونه از جنس *Glomus*، ۵ گونه از جنس‌های *Diversispora* و *Funneliformis*، ۴ گونه از جنس *Rhizophagus*، ۳ گونه از جنس‌های *Claroideoglomus* و *Septoglomus* و ۱ گونه از جنس‌های *Archaeospora*، *Dominikia*، *Enterophospora* و *Pacispora* شناسایی شدند. گونه‌های قارچی *G. nanolumen* با فراوانی ۱۵/۲ درصد، *A. lacunosa* با فراوانی ۱۰/۲و *A. gedanensis* با فراوانی ۱۰/۱ بالاترین فراوانی و گونه‌های *A. capsicula*، *C. walker*، *D. arenaria*، *D. spurca*، *F. verruculosus*، *G. pustulatum*، *Pac. Scintillans* و*R. clarus* با ۰/۱ درصد کمترین فراوانی را در رویشگاه ملکشاهی داشتند (جدول ۲).

در رویشگاه ایلام ۳۶ گونه قارچی متعلق به ۱۱ جنس شناسایی شد. از این تعداد، ۷ گونه از جنس *Acaulospora*، ۶ گونه از جنس *Funneliformis*، ۵ گونه از جنس‌های *Diversispora* و *Glomus*، ۴ گونه از جنس *Rhizophagus*، ۳ گونه از جنس *Septoglomus*، ۲ گونه از جنس *Claroideoglomus* و ۱ گونه از جنس‌های *Archaeospora*، *Dominikia*، *Enterophospora* و *Pacispora* شناسایی شدند. گونه‌های قارچی *A. lacunosa* با فراوانی ۱۹/۷۸ و *G. nanolumen* با فراوانی ۱۷/۶۷ درصد بالاترین فراوانی و گونه‌های *D. gibbosa*، *Dom. Minuta*، *G. pustulatum*، *Pac. Scintillans* و *R. clarus* با ۰/۰۴ درصد کمترین فراوانی را در رویشگاه ایلام داشتند (جدول ۲). از آنجایی‌که مهمترین فاکتورهای محیطی مؤثر بر رابطه همزیستی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار شامل خاک، نوع گیاه میزبان و شرایط اقلیمی می‌باشند (Bainard et al., 2011; Dumbrell et al., 2011)، که بر نوع و فراوانی قارچ‌های میکوریز آربوسکولار موجود در نواحی مختلف تأثیرگذار هستند (Aminian Nasab et al., 2021). در این راستا مطالعه حاضر نیز تفاوت در فراوانی و نوع قارچ‌ها در رویشگاه‌هایی با شرایط محیطی مختلف را نشان داد که اثرپذیری شرایط محیطی متفاوت بر قارچ‌ها را اثبات کرد.

براساس نتیجه تحقیق حاضر شناسایی ۳۹ گونه قارچ میکوریز در تمام مناطق مورد مطالعه و در دو جهت شمال و جنوب، نشان‌دهنده تنوع بالا در مناطق مورد مطالعه می‌باشد. همچنین براساس نتایج فراوانی هر گونه قارچی، پراکنش و تعداد گونه‌های قارچی علاوه بر مناطق مختلف، در جهت‌های شمالی و جنوبی متفاوت بود. به‌گونه‌ای که در رویشگاه شنه‌چیر در جهت جنوبی رویشگاه ۳۳ گونه گونه متعلق به ۱۰ جنس و در جهت شمالی آن ۳۰ گونه متعلق به ۱۰ جنس، در جهت جنوبی ملکشاهی ۳۶ گونه متعلق به ۱۱ جنس و در جهت شمالی ۳۰ گونه متعلق به ۱۰ جنس و در جهت جنوبی ایلام ۳۳ گونه متعلق به ۱۱ جنس و در جهت شمالی آن ۲۹ گونه قارچ میکوریز متعلق به ۹ جنس شناسایی شد (جدول ۳).

براساس این نتایج تعداد گونه‌های قارچی شناسایی شده در مناطقی با موقعیت شیب جنوبی بیشتر از شیب شمالی است. مطالعات سایر محققین نیز حاکی از تفاوت فراوانی گونه‌های قارچی در مناطق و جهت‌های مختلف می‌باشد. اسلام و همکاران (Islam et al., 2019) در مطالعه‌ای به بررسی جوامع قارچی در چهار منطقه با اقلیم‌های متفاوت از نیمه‌خشک تا نیمه‌مرطوب پرداختند و ۸۲ واحد تاکسونومیک عملیاتی متعلق به ۸ جنس قارچ میکوریز آربوسکولار را شناسایی کردند و دریافتند که با تغییر شرایط آب و هوایی، فراوانی نسبی قارچ‌های میکوریز به‌طور قابل‌توجهی تغییر می‌کند. لیو و همکاران (Liu et al., 2017) نیز در مطالعه‌ای مقایسه جوامع قارچ میکوریز آربوسکولار بین دامنه‌های آفتابی و سایه‌دار انجام دادند و براساس نتایج آنان ترکیب جامعه قارچ میکوریز آربوسکولار به‌طور قابل‌توجهی بین موقعیت‌های شیب متفاوت بود، و دامنه‌های آفتابی تنوع و غنای قارچ میکوریزی و همچنین تراکم اسپور، کل کلونیزاسیون ریشه، فراوانی آربوسکول، فراوانی وزیکول، و کلونیزاسیون هیف به‌طور قابل‌توجهی بالاتر از دامنه‌های سایه‌دار بود.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-29]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.1.9]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.67]

جدول ۲- فراوانی نسبی قارچ میکوریز آربوسکولار در جهت و رویشگاه‌های مختلف

Table 2. The relative abundance of arbuscular mycorrhizal fungi in different Slope Aspects and habitats

Genera	Species	فراوانی نسبی (٪) Relative abundance (%)								
		شنه‌چیر (Shanachir)			ملکشاهی (Malekshahi)			ایلام (Ilam)		
		جنوبی south	شمالی north	کل Total	جنوبی south	شمالی north	کل Total	جنوبی south	شمالی north	کل Total
Acaulospora	*A. capsicula*	2.70	3.23	2.96	0.13	-	0.1	0.77	1.04	0.90
	A. gedanensis	4.38	5.91	5.12	10.34	9.72	10.1	5.05	3.31	4.23
	A. koskei	0.88	0.79	0.83	0.46	0.77	0.6	0.60	0.66	0.63
	A. lacunose	14.68	13.56	14.14	11.07	9.10	10.2	18.84	20.83	19.78
	A. mellea	0.44	0.87	0.64	0.46	0.77	0.6	0.26	1.42	0.81
	A. paulinae	5.92	5.05	5.50	3.91	2.24	3.1	2.23	2.46	2.34
	A. thomii	1.83	2.44	2.12	2.58	3.32	2.9	0.94	1.99	1.44
Archaeospora	*Ar. Schenckii*	0.15	0.08	0.11	0.13	0.93	0.5	0.17	0.19	0.18
Claroideoglomus	*C. etunicatum*	4.82	6.23	5.50	3.71	1.54	2.7	3.34	3.98	3.64
	C. lamellosum	3.73	3.39	3.56	2.52	1.47	2.0	1.11	1.61	1.35
	C. walker	0.07	-	0.04	0.20	-	0.1	-	–	–
Diversispora	*D. arenaria*	0.07	0.63	0.34	0.13	0.15	0.1	-	1.14	0.54
	D. aurantia	2.99	2.92	2.96	5.04	2.24	3.7	5.05	4.17	4.63
	D. eburnean	0.44	0.39	0.42	0.40	2.08	1.2	1.88	0.19	1.08
	D. gibbosa	0.15	0.47	0.30	-	-	–	0.09	–	0.04
	D. spurca	0.29	0.16	0.23	-	0.31	0.1	-	–	–
	D. versiformis	2.70	3.15	2.92	6.96	3.63	5.4	2.57	4.17	3.33
Dominikia	*Dom. Minuta*	-	-	–	0.46	0.85	0.6	0.09	–	0.04
Entrophospora	*E. infrequens*	1.31	2.52	1.90	0.93	1.39	1.1	0.51	4.73	2.52
Funneliformis	*F. badius*	1.02	0.79	0.91	2.78	2.78	2.8	4.28	1.52	2.97
	F. caledonius	-	0.16	0.08	-	-	–	0.60	0.57	0.58
	F. coronatus	5.62	4.73	5.20	3.91	8.18	5.9	1.54	3.13	2.29
	F. geosporus	0.15	0.39	0.27	0.80	-	0.4	1.63	0.09	0.90
	F. mosseae	3.29	2.29	2.81	2.05	2.47	2.2	1.97	3.03	2.47
	F. verruculosus	0.07	-	0.04	0.07	0.23	0.1	-	0.38	0.18
Glomus	*G. fuegianum*	-	-	–	0.99	0.08	0.6	0.26	–	0.13
	G. nanolumen	20.60	17.82	19.26	15.51	14.74	15.2	20.12	14.96	17.67
	G. macrocarpum	-	-	–	0.27	0.23	0.2	-	–	–
	G. microcarpum	0.22	-	0.11	0.60	3.16	1.8	0.51	–	0.27
	G. pustulatum	-	-	–	0.13	-	0.1	0.09	–	0.04
	Glomus sp	7.38	8.75	8.04	7.42	8.64	8.0	9.08	10.23	9.62
Pacispora	*Pac. scintillans*	1.53	1.58	1.55	0.13	-	0.1	0.09	–	0.04
Rhizophagus	*R. aggregatus*	0.29	0.16	0.23	0.46	0.39	0.4	0.94	1.23	1.08
	R. clarus	-	-	–	0.20	-	0.1	-	0.09	0.04
	R. fasciculatus	1.24	0.71	0.99	2.05	0.69	1.4	0.86	0.28	0.58
	R. intraradices	3.29	2.05	2.69	1.79	1.00	1.4	0.60	1.14	0.85
Septoglomus	*S. constrictum*	6.94	8.36	7.62	8.55	10.65	9.5	12.41	10.89	11.69
	S. deserticola	0.44	0.39	0.42	2.52	6.25	4.2	1.46	0.57	1.03
	S. xanthium	0.37	-	0.19	0.33	-	0.2	0.09	–	0.04
تعداد قارچ	39	33	30	34	36	30	37	33	29	36

جدول ۳- خصوصیات مورفولوژی گونه‌های قارچی

Table 3. Morphology Characteristics of fungal species

میانگین ضخامت دیواره هیف (میکرومتر) Hyphal wall thickness (µm)	لایه هیف Hyphal layer	شکل هیف hyphae shape	لایه‌های اسپور Spore layers	اندازه اسپور (میکرومتر) Spore size (µm)	رنگ اسپور Spore color	نام گونه‌های قارچی
–	–	–	3	(180) 279 (380)	نارنجی قهوه‌ای تا قرمز قهوه‌ای Orange brown to red brown	*A. capsicula*
–	–	–	2	(55) 65 (75)	زرد رنگ پریده تا زرد لیمویی pale yellow to lemon yellow	*A. gedanensis*
–	–	–	3	(120) 187 (240)	زرد–قهوه ای کم رنگ تا نارنجی– قهوه ای تیره، اکثراً قهوه ای کم رنگ Pale yellow-brown to dark orange-brown, most pale orange-brown	*A. koskei*
–	–	–	2	(80) 120 (130)	زرد تا زرد مایل به قرمز، نارنجی قهوه‌ای، نارنجی قهوه ای تیره Yellow to red-yellow, orange-brown, dark orange-brown	*A. lacunosa*
–	–	–	3	(90) 120 (140)	زرد رنگ پریده تا نارنجی، نارنجی قهوه‌ای کمرنگ تا قهوه‌ای نارنجی تیره Pale yellow to orange, pale orange-brown to dark orange-brown	*A. mellea*
–	–	–	3	(60) 72 (95)	شیشه‌ای تا زرد رنگ پریده Hyaline to pale yellow	*A. paulinae*
–	–	–	3	(150) 185 (240)	نارنجی مایل به قهوه‌ای Brownish orange	*A. thomii*
–	–	–	3	50 (64) (80)	شیشه‌ای Completely hyaline	*Ar. schenckii*
2.2	2	راست یا خمیده، استوانه‌ای اندکی نامنظم Straight or curved, slightly irregular cylindrical	2	(75) 95 (135)	زرد رنگ پریده تا زرد Pale yellow to yellow	*C. etunicatum*
5.1	3	راست یا کج، استوانه‌ای یا اندکی نامنظم، گاهی استوانه، ندرتاً دارای فرورفتگی Straight or crooked, cylindrical or slightly irregular, sometimes cylindrical, rarely concave	3	(60) 100 (140)	،کرم تا زرد کم رنگ cream to pale yellow	*C. lamellosum*
2.1	2	راست یا کج، غالبا نامنظم، ندرتا قیفی شکل یا دارای فرورفتگی Straight or crooked, often irregular, rarely funnel-shaped or concave	3	(55) 81 (95)	سفید تا زرد رنگ پریده White to pale yellow	*C. walkeri*
1.1	1-3	راست یا کج، استوانه‌ای، ندرتا دارای فرورفتگی Straight or crooked, cylindrical, rarely concave	3	(55) 97 (120)	خاکستری، زرد، قهوه‌ای Gray, yellow, brown	*D. arenaria*
1.1	1-3	راست یا کج، استوانه‌ای اندکی نامنظم، ندرتا دارای فرورفتگی Straight or crooked, slightly irregular cylindrical, rarely concave	3	(70) 98 (120)	زرد نارنجی، خاکی Yellow orange	*D. aurantia*

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-29]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.1.9]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.67]

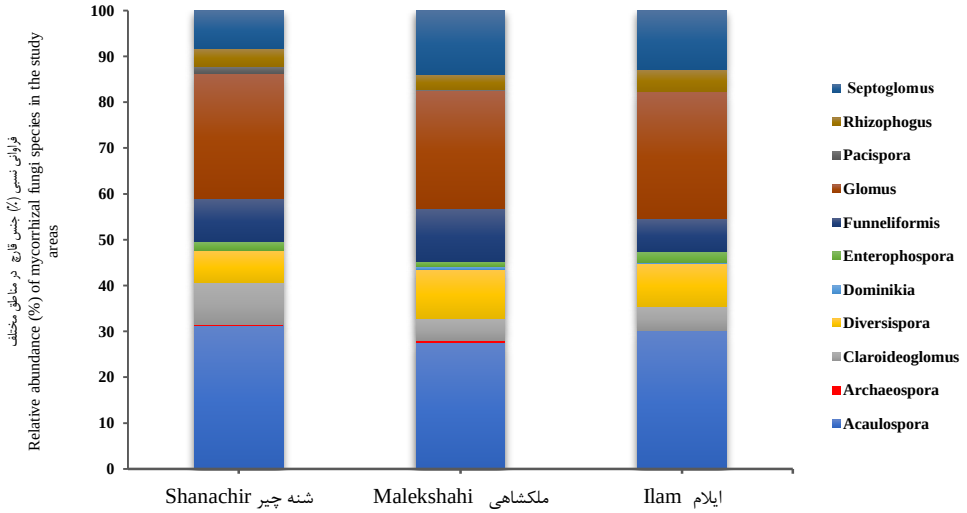
ادامه جدول ۳- Continued Table 3.

D. eburnea	سفید روشن تا کرم کمرنگ Bright white to pale cream	(92) 108 (146)	2	راست یا کج، استوانه‌ای یا اندکی نامنظم، ندرتا دارای فرورفتگی Straight or crooked, cylindrical or slightly irregular, rarely concave	2	1.6
D. gibbosa	شیشه‌ای تا زرد روشن hyalineto light yellow	(70) 93-115 (140)	4	راست یا کج، استوانه‌ای گاهی نامنظم Straight or crooked, sometimes irregular cylindrical	3	1.6
D. spurca	شیشه‌ای تا زرد رنگ پریده Subhyaline to pale yellow brown	(75) 86 (110)	3	راست یا کج، استوانه‌ای Straight or crooked, cylindrical	2	1
D. versiformis	زرد رنگ پریده تا زرد تیره Pale yellow to dark yellow	(80) 106 (150)	2	راست یا کج، استوانه‌ای اندکی یا نامنظم Straight or crooked, slightly cylindrical or irregular	2	1.8
Dom. minuta	شیشه‌ای hyaline	(18) 39 (65)	2	استوانه‌ای اندکی نامنظم، ندرتاً دارای فرورفتگی slightly irregular cylinder, rarely with a depression	2	1
E. infrequens	زرد طلایی تا نارنجی قهوه‌ای تا نارنجی قهوه‌ای تیره، بیشتر به سمت نارنجی تیره Goldan to Light orange-brown to dark orange-brown, most toward the darker orange.	(95) 135 (175)	4	–	–	–
F. badius	نارنجی مایل به قهوه‌ای یا قهوه‌ای مایل به قرمز Orange-brown or brown red	(35) 55 (65)	3	راست یا کج، استوانه ای اندکی نامنظم Straight or crooked, slightly irregular cylinder	2	4.4
F. caledonius	نارنجی مایل به زرد کمرنگ تا زرد قهوه‌ای Pale orange-yellow to yellow-brown	90 (224) (370)	4	راست یا کج، استوانه‌ای و ندرتاً قیفی یا دارای فرورفتگی Straight or crooked, cylindrical and rarely funnel or concave	4	19
F. coronatus	نارنجی تا قهوه‌ای تا نارنجی قهوه‌ای تیره Orange to brown to dark brown orange	(80) 160 (220)	2	قیفی شکل Funnel shaped	2	2.6
F. geosporus	زرد نارنجی Yellow orange	(120) 176 (240)	3	صاف یا کج، قیفی تا استوانه‌ای Straight or crooked, funnel to cylindrical	2	4.5
F. mosseae	کاهی تا قهوه‌ای تیره نارنجی Straw to dark orange-brown	(80) 185 (280)	3	قیفی شکل Funnel shaped	3	2.4
F. verruculosus	زرد تا نارنجی Yellow to orange	(100) 171 (240)	3	راست یا کج، قیفی تا تقریبا استوانه‌ای Straight or crooked, funnel to almost cylindrical	2	5.6
G. fuegianum	زرد رنگ پریده تا قهوه‌ای متمایل به زرد Pale yellow to brown yellow	(20) 47 (60)	2	راست تا کج، قیفی شکل، گاهی استوانه‌ای دارای فرورفتگی Straight to crooked, funnel-shaped, sometimes cylindrical with a depression	2	2.7
G. nanolumen	شیشه ای، سفید مایل به زرد، زرد رنگ پریده hyaline, white yellow, pale yellow	(13) 36 (43)	2	راست یا خمیده، قیفی شکل Straight or curved, funnel-shaped	2	–
G. macrocarpum	زرد Yellow	(110) 115 (120)	2	راست یا خمیده، استوانه‌ای به سمت نامنظم، ندرتا دارای فرورفتگی Straight or curved, cylindrical to irregular, rarely concave	2	6.4
G. microcarpum	زرد تا زرد طلایی Yellow to golden yellow	(23) 39 (55)	2	راست یا خمیده‌ای، استوانه‌ای به سمت نامنظمی Straight or curved, cylindrical to irregular	2	2.4
G. pustulatum	نارنجی تیره dark orange	(85) 100 (110)	3	راست یا کج، استوانه‌ای یا نامنظم Straight or crooked, cylindrical or irregular	2	1.3
Glomus sp	سفید سبز تا سبز یشمی White green to jade green	(35) 50 (75) 180-237	2-3	منقبض، استوانه‌ای Constricted, cylindrical	1-3	2.5
Pac. scintillans	شیشه‌ای تا نارنجی سفید Hyaline to orange-white	(70) 107 (165)	3	راست یا اندکی خمیده، استوانه‌ای، گاهی اندکی دارای فرورفتگی Straight or slightly curved, cylindrical, sometimes slightly concave	1	1.5
R. aggregatus	زرد، نارنجی Yellow, orange	(40) 86 (150)	3	غالباً راست یا منحنی، استوانه‌ای تا نسبتاً قیفی. پایه اسپور ندرتاً متورم یا منقبض Often straight or curved, cylindrical to moderately funnel-shaped. Spore base rarely swollen or contracted	3	14.3
R. clarus	سفید تا زرد قهوه‌ای با زرد کم رنگ تا قهوه‌ای زرد کم رنگ white to yellow-brown, with many pale yellow to pale yellow brown	(70) 106 (150)	3	راست تا خمیده، استوانه‌ای تا قیفی شکل Straight to curved, cylindrical to funnel-shaped	3	13.3
R. fasciculatus	زرد رنگ پریده pale yellow	50 (105) (130)	3	راست تا اندکی خمیده، استوانه‌ای Straight to slightly curved, cylindrical	2	8.6
R. intraradices	شیشه‌ای، زرد رنگ پریده تا زرد Orange-brown to dark brown	(40) 93 (140)	3	راست یا خمیده، استوانه‌ای یا اندکی نامنظم، به ندرت دارای فرورفتگی Straight or curved, cylindrical or slightly irregular, rarely concave	3	10.2
S. constrictum	نارنجی مایل به قهوه‌ای تا قهوه‌ای تیره Orange-brown to dark brown	(100) 160 (220)	2	راست یا خمیده، معمولاً فرو رفتگی علامت دار به سمت پایه اسپور Straight or curved, usually a marked depression towards the base of the spore	2	6
S. deserticola	زرد رنگ پریده تا نارنجی Pale yellow to orange	(70) 89 (115)	2	راست یا خمیده نامنظم، قیفی شکل ندرتاً فرورفته Straight or irregularly curved, funnel-shaped rarely depressed	2	2.6
S. xanthium	زرد روشن تا زرد تیره Light yellow to dark yellow	(23) 50 (70)	3	راست یا کج، استوانه‌ای، ندرتاً دارای فرورفتگی Straight or crooked, cylindrical, rarely concave	3	5.6

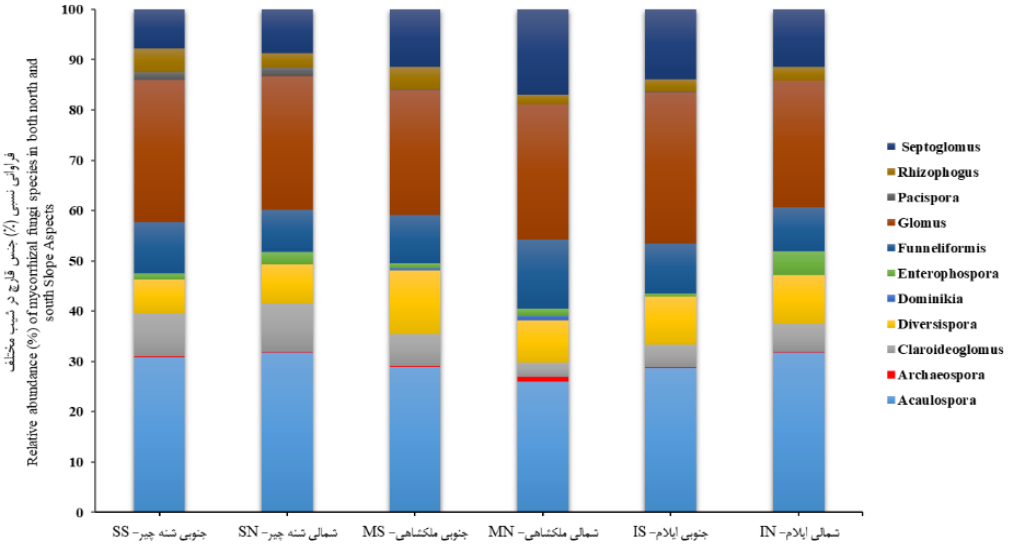
براساس نتایج حاصل از فراوانی نسبی جنس قارچ در مناطق مورد مطالعه، از بین ۱۱ جنس شناسایی شده، بیشترین فراوانی متعلق به دو جنس *Acaulospora* با ۳۱/۳۲، ۳۰/۱۳ و ۲۷/۵۶ به ترتیب در رویشگاه شنه چیر، ایلام و ملکشاهی و جنس *Glomus* با فراوانی نسبی، ۲۷/۷۴ در رویشگاه ایلام، ۲۷/۴۲ درصد در رویشگاه شنه چیر و فراوانی ۲۵/۸۱ درصد در رویشگاه ملکشاهی را به خود اختصاص دادند (شکل۲). در شکل ۳ نیز فراوانی جنس‌های قارچی در جهت‌های مختلف نشان داده شده است. نتایج سایر مطالعات در مناطق خشک در توافق با غالبیت جنس *Glomus* (Da Silva et al., 2014; Liu et al., 2017) می‌باشد. میرزایی و همکاران (Mirzaei et al., 2017) در بررسی قارچ‌های همزیست با گونه‌های گیاهی در منطقه حفاظت شده مانشت و به این نتیجه رسیدند که جنس *Glomus* بیشترین فراوانی را در منطقه مورد مطالعه دارد. جنس *Glomus* به‌عنوان یکی از جنس‌های خانواده *Glomeraceae* از معروفترین قارچ‌های میکوریز آربوسکولار

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-29]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.1.9]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.67]

می‌باشد (Beyene et al., 1996) که دارای سازگاری بالا در شرایط خشک و شور می‌باشند (Chaudhry et al., 2013). با توجه به اقلیم مناطق مورد مطالعه (کمی خشک، نسبتاً خشک و نیمه‌خشک) غالبیت این جنس قابل توجیه می‌باشد. جنس *Glomus* طیف وسیعی از تنوع ژنتیکی را شامل می‌شود و دامنه اکولوژیکی گسترده‌ای را نشان می‌دهد (Öpik et al., 2013)، و این توانایی را دارد که از طریق تکه‌های میسلیوم یا قطعات ریشه میکوریزا، همزیستی را انجام دهد، به‌طوری‌که زنده می‌ماند و به‌راحتی تکثیر می‌شود (Biermann and Linderman, 1983).

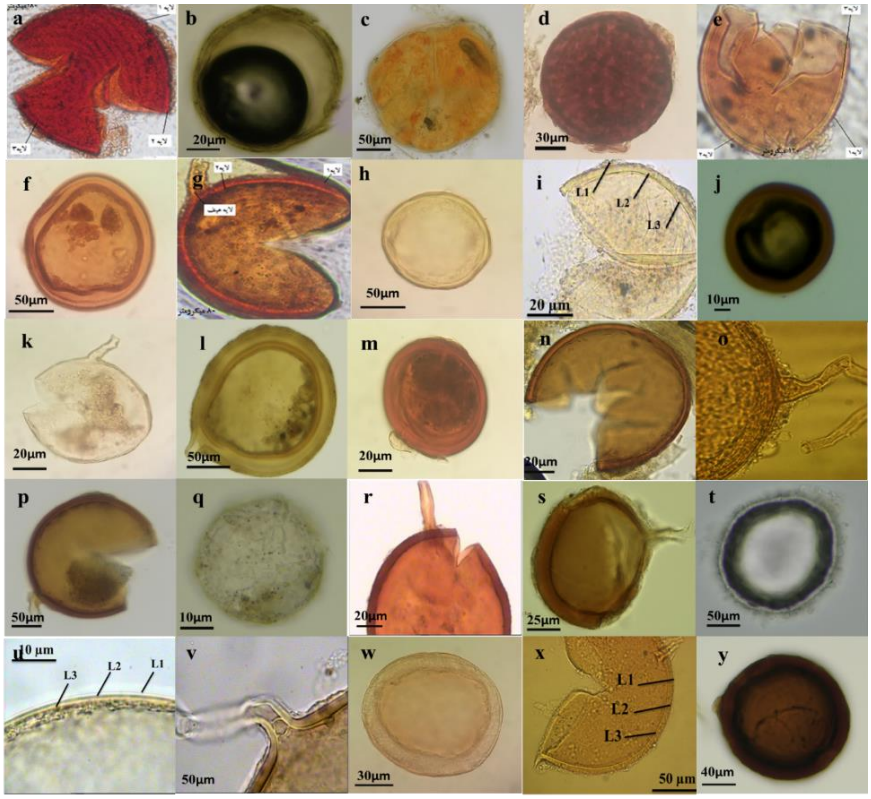


شکل ۲- فراوانی نسبی (٪) جنس‌های قارچ میکوریز در مناطق مورد مطالعه
Figure 2. Relative abundance (%) of mycorrhizal fungi species in the study areas



شکل ۳- فراوانی نسبی (٪) جنس‌های قارچ میکوریز در دو جهت شمالی و جنوبی در رویشگاه‌های مورد مطالعه
Figure 3. Relative abundance (%) of mycorrhizal fungi species in both north and south Slope Aspects in the studied areas (SS -SN, MS- MN, IS - IN –indicate the south and north aspect in Shanachir, Malekshahi and Ilam habitats, respectivel.)

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-29]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.1.9]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.67]



شکل ۲- تصاویر برخی از گونه‌های قارچی شناسایی شده

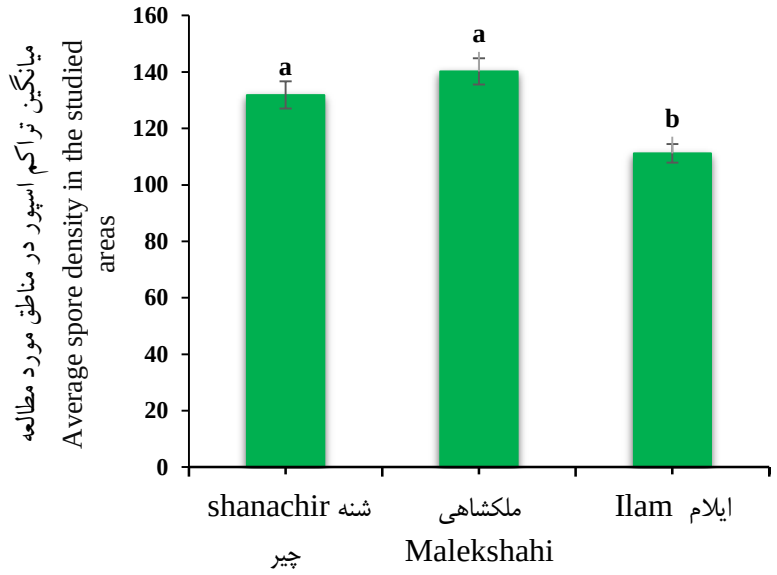
Figure 2. Images of some identified fungal species

a) A. capsicula, b) A. gedanensis, c) A. koskei, d) A. lacunose, e) A. mellea, f) A. thomii, g) C. etunicatum, h) C. lamellosum, i) C. walker, j) D. arenaria, k) D. eburnea, l) E. infrequens, m) F. badius, n) F. geosporus, o) F. mosseae, p) F. verruculosus, q) G. nanolumen, r) G. macrocarpum, s) G. pustulatum, t) Glomus sp., u) R. aggregatus, v) R. clarus, w) R. fasciculatus, x) R. intraradices, y) S. constrictum

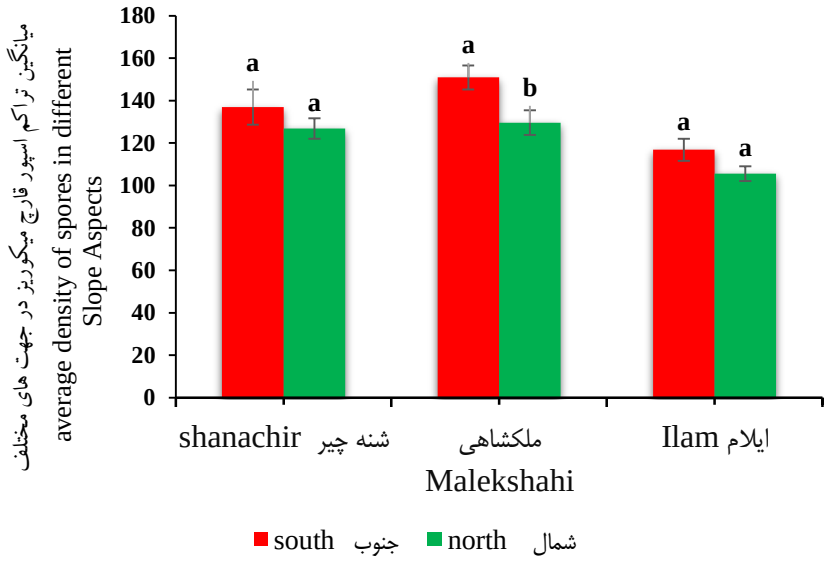
نتایج نشان داد که مناطق مختلف از نظر تراکم اسپور با هم اختلاف معنی‌داری (p=۰/۰۰۰) دارند. براساس نتایج مقایسه میانگین بیشترین تراکم اسپور در رویشگاه ملکشاهی و شنه‌چیر وجود داشت (شکل ۴). همچنین نتایج مربوط به تراکم اسپور در جهت‌های مختلف در هر رویشگاه نشان داد که در رویشگاه ملکشاهی بین جهت شمالی و جنوبی از نظر تراکم اسپور اختلاف معنی‌داری (p=۰/۰۱۷) وجود دارد و بیشترین تراکم در جهت جنوبی مشاهده شد. در رویشگاه ایلام (p=۰/۰۹۱) و شنه چیر (p=۰/۳۰۹) گرچه اختلاف معنی‌داری بین جهت‌های شمالی و جنوبی وجود نداشت اما میزان تراکم اسپور در جهت جنوبی بیشتر بود (شکل ۵). امینیان نسب و همکاران (Aminian Nasab et al., 2021) نیز اثر اقلیم، خصوصیات خاک و گونه میزبان بر فعالیت قارچ‌های میکوریز آربوسکولار در ۹ منطقه از شهرستان رفسنجان پرداختند و نتایج آنان ارتباط بین جمعیت اسپور قارچ‌های میکوریز با نوع گونه میزبان و اقلیم منطقه را تأیید کرد و نشان داد که تراکم اسپور در مناطق با اقلیم نیمه‌خشک و کوهستانی بیشتر از مناطق با اقلیم خشک و دشت بود. در مطالعه حاضر نیز میزان تراکم اسپور در رویشگاه شنه‌چیر با اقلیم نیمه‌خشک و ملکشاهی با اقلیم نسبتاً خشک بیشتر از ایلام با اقلیم کمی خشک بود. با افزایش میزان خشکی و نامساعد شدن شرایط جوی (کمبود رطوبت، افزایش دما)، قارچ‌های میکوریز آربوسکولار تحت تنش قرار گرفته و اسپورزایی می‌کنند. همچنین در جهت‌های جنوبی میزان نور دریافتی به کف جنگل بیشتر و حداکثر تبخیر و تعرق و حداقل رطوبت وجود دارد (Aazami et al., 2018). بنابراین در شرایط نامناسب از نظر رطوبت و مواد مغذی در شیب‌های جنوبی ممکن است گیاهان به‌منظور برآوردن نیازهای خود برای رشد، به قارچ‌های میکوریز آربوسکولار بیشتر وابسته باشند که سبب ارتباط قوی‌تری بین قارچ‌های میکوریزی و گیاهان برای غلبه بر شرایط سخت و ایجاد همزیستی بیشتر می‌شود ولی در شیب‌های شمالی که دارای شرایط نسبتاً غنی از نظر آب و مواد مغذی می‌باشند، گیاهان ممکن است مواد مغذی کافی را از خاک بدون کمک قارچ‌های میکوریز جذب کنند که سبب کاهش تدریجی وابستگی گیاهان به قارچ‌های میکوریز می‌شود (Liu et al., 2017).

همچنین براساس نتایج میانگین تراکم اسپورها در دو گرم از نمونه‌های مورد بررسی در مناطق مختلف از ۱۱۱/۲۰ در ایلام تا ۱۴۰/۲۵ بود. همچنین در بین جهت‌ها از ۱۰۵/۶۰ در شمال ایلام تا ۱۵۰/۹۰ در جهت جنوبی ملکشاهی متغییر بود.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-29]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.1.9]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.67]



شکل ۴- میانگین تراکم اسپور در مناطق مورد مطالعه
Figure 4. Average spore density in the studied areas



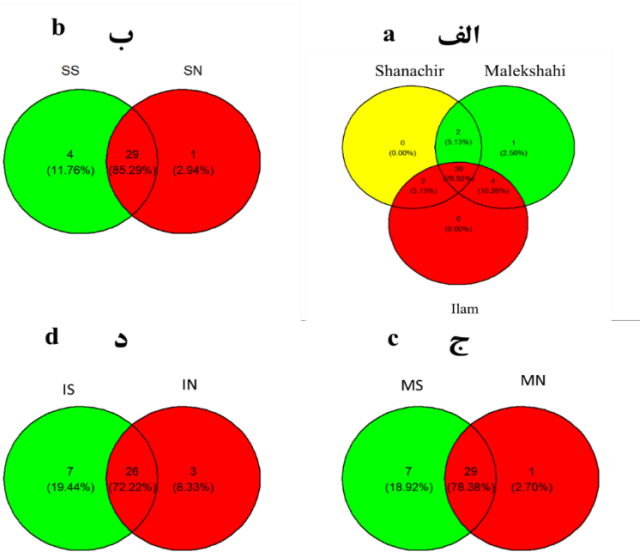
شکل ۵- میانگین تراکم اسپور در جهت‌های شیب مختلف در مناطق مورد مطالعه
Figure 5. The average density of spores in different Slope Aspects in the studied areas

براساس نتایج حاصل درصد تشابه گونه‌ها با استفاده از نمودار وون در سه رویشگاه مورد مطالعه، ۳۰ گونه (۷۶/۹۲٪) در بین مناطق مشترک بودند، اشتراک این گونه در مناطق مختلف می‌تواند به‌علت سازش پذیری بالا و پراکنش وسیع این گونه‌های قارچی باشد. نتایج ما نشان داد که برخی از گونه‌های قارچی شناسایی شده در تحقیق حاضر تنها در یک رویشگاه خاص یا در جهت خاصی قرار داشتند و گونه اندمیک آن رویشگاه بودند. براساس نتایج یک گونه اندمیک (۲/۵۶٪) (*G. macrocarpum*) در رویشگاه ملکشاهی وجود داشت که می‌تواند به‌دلایلی چون سازش‌پذیری کم گونه به شرایط محیطی در دیگر مناطق مورد مطالعه و حساسیت و عدم پایداری این گونه باشد (Jafarian et al., 2018). دو گونه مشترک (۵/۱۳٪)، در ملکشاهی و شنه‌چیر، دو گونه (۵/۱۳٪) مشترک در ایلام و شنه‌چیر و چهار گونه مشترک (۱۰/۲۶٪) در ایلام و ملکشاهی مشاهده شد (شکل ۶).

در تحقیق حاضر نمودار وون برای جهت‌های شمال و جنوب به تفکیک هر رویشگاه رسم شد. براساس نتایج در رویشگاه شنه چیر ۲۹ گونه مشترک (۸۵/۲۹٪) در جهت شمال و جنوب، ۴ گونه اندمیک (۱۱/۷۶٪) در جهت جنوبی (*C. walkeri*، *F. verruculosus*، *G. microcarpum* و *S. xanthium*) و یک گونه اندمیک (۲/۹۴٪) در جهت شمال (*F. caledonius*) مشاهده شد. در رویشگاه ملکشاهی ۲۹ گونه مشترک (۷۸/۳۸٪) در دو جهت، هفت گونه اندمیک در جهت جنوبی (۱۸/۹۲ ٪) (*A. capsicula*، *C. walkeri*

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-29]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.1.9]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.67]

Pac. Scintillans، *G. pustulatum*، *F. geosporus* *R. clarus* و *S. xanthium*) و یک گونه اندمیک (۲/۷۰٪) در جهت شمالی (*D. spurca*) وجود داشت. در رویشگاه ایلام ۲۶ گونه مشترک (۷۲/۲۲٪) در دو جهت، ۷ گونه اندمیک (۱۹/۴۴٪) در جهت جنوبی (*D. gibbosa*، *Dom. minuta*، *G. fuegianum*، *G. microcarpum*، *G. pustulatum* *Pac. Scintillans* و *S. xanthium*) و ۳ گونه اندمیک (۸/۳۳٪) در جهت شمالی (*F. verruculosus*، *R. clarus* و *D. arenaria*) وجود داشت (شکل ۶).



شکل ۶- نمودار وون مناطق مختلف و جهت شمال و جنوب در هر رویشگاه: الف) نمودار وون سه رویشگاه (شنه‌چیر، ملکشاهی و ایلام)، ب) SS جهت جنوبی شنه چیر، SN جهت شمالی شنه چیر، پ) MS جهت جنوبی ملکشاهی، MN جهت شمالی ملکشاهی، ت) IS جهت جنوبی ایلام، IN جهت شمالی ایلام

Figure 6. Venn diagram of different habitats and north and south Slope Aspects in each habitat: a) Venn diagram of three habitats (Shanachir, Malekshahi and Ilam), SS -SN, MS- MN, IS - IN –indicate the south and north aspect in Shanachir, Malekshahi and Ilam habitats, respectively

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این مطالعه نشان داد که در مجموع ۳۹ گونه قارچ میکوریز آربوسکولار متعلق به ۱۱ جنس در سه رویشگاه مورد مطالعه و دو جهت شناسایی شد. به گونه‌ای که ۳۶ گونه قارچی متعلق به ۱۱ جنس گونه قارچی در رویشگاه ایلام، ۳۷ گونه قارچ میکوریز متعلق به ۱۱ جنس در ملکشاهی و ۳۴ گونه قارچی متعلق به ۱۰ جنس در شنه چیر شناسایی شد. در تمام مناطق و جهت‌ها دو گونه *G. nanolumen* و*A. lacunosa* بالاترین درصد فراوانی گونه قارچی را داشتند. بالاترین درصد فراوانی نسبی جنس قارچ نیز متعلق به دو جنس *Acaulospora* و *Glomus* بود. بین تراکم اسپور در مناطق مورد مطالعه نیز اختلاف معنی‌داری وجود داشت به گونه‌ای که تراکم اسپور قارچ در رویشگاه ملکشاهی و شنه‌چیر بیشتر از ایلام بود. همچنین تراکم اسپور در جهت جنوبی بیشتر از جهت شمالی بود.

منابع

Aazami, A., Hosseni, A., and Hoseianzadeh. J. (2018). "The effect of depth and aspect on soil moisture in dieback affected oak forests (Case study: Meleh siah Forest, Ilam Province). *Ecology of Iranian Forests*, 6(11), 41-50. (In Persian). :DIO 10.29252/ifej.6.11.41

Alguacil, M., Torrecillas E., Lozano Z., & Roldán, A. (2015). "Arbuscular mycorrhizal fungi communities in a coral cay system (Morrocoy, Venezuela) and their relationships with environmental variables." Science of the Total Environment, 505, 805-813. https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2014.10.030

Aminian Nasab, P., Sedaqhati, E., Hosseini S., and Saberi Riseh, R. 2021. "Investigation of climate, Soil physico-chemical properties and host on Arbuscular mycorrhizal fungi activity in Rafsanian." *Biological control of pests and plant diseases*, 9(2), 216-197 (In Persian). DIO: 10.22059/JBIOC.2022.327964.308

Augé, R. M. (2001). "Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis." *Mycorrhiza*, 11(1), 3-42.

Bainard, L. D., M. Koch, A., & Gordon, A.M. (2011). "Influence of trees on the spatial structure of arbuscular mycorrhizal communities in a temperate tree-based intercropping system." *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 144(1), 13-20. https://doi.org/10.1016/j.agee.2011.07.014

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-29]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.1.9]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.67]

Berruti, A., Lumini, E., Balestrini R., & Bianciotto. V. (2016). "Arbuscular mycorrhizal fungi as natural biofertilizers: let's benefit from past successes." *Frontiers in microbiology*, 6, 1559. DIO: 10.3389/fmicb.2015.01559

Beyene, S., Ricken, B., & Hoefner. W. (1996). "Effects of arbuscular mycorrhizal fungus on dry matter yield, as well as P and K concentrations in maize (Zea mays L.) at increasing levels of P supply." Angewandte Botanik (Germany).

Biermann, B. & Linderman, R. (1983). "Use of vesicular-arbuscular mycorrhizal roots, intraradical vesicles and extraradical vesicles as inoculum." *New Phytologist*, 95(1), 97-105. https://doi.org/10.1111/j.1469-8137.1983.tb03472.x

Bouamri, R., Dalpe, Y., Serrhini, M. N., & Bennani, A. (2006). "Arbuscular mycorrhizal fungi species associated with rhizosphere of Phoenix dactylifera L. in Morocco." *African Journal of Biotechnology*, 5(6), 510-516.

Chaudhry, M. S., Saeed, M. & Nasim, F. (2013). "Soil chemical heterogeneity may affect the diversity of arbuscular-mycorrhizal fungi in the rhizosphere of Tamarix aphylla under arid climate." Analele Stiintifice ale Universitatii Alexandru Ioan Cuza din Iasi. Sectiunea II A, *Biologie Vegetala*, 59(2).

Cheng, L., Booker, F.L., Tu, C., Burkey, K.O., Zhou, L., Shew, H.D., Rufty, T.W. & Hu, S. (2012). "Arbuscular mycorrhizal fungi increase organic carbon decomposition under elevated CO2." *Science*, 337(6098), 1084-1087. DOI: 10.1126/science.1224304

Classen, A. T., Sundqvist, M.K., Henning, J.A., Newman, G.S., Moore, J.A.M., Cregger, M.A., Moorhead, L.C., & Patterson, C.M. (2015). "Direct and indirect effects of climate change on soil microbial and soil microbial-plant interactions: What lies ahead?" *Ecosphere*, 6(8), 1-21. DOI:10.1890/ES15-00217.1

Da Silva, I. R., DeMello, C.M.A., Neto, R.A.F., da Silva, D.K.A., de Melo, A.L., Oehl, F. & Maia, L.C. (2014). "Diversity of arbuscular mycorrhizal fungi along an environmental gradient in the Brazilian semiarid." *Applied Soil Ecology*, 84, 166-175. https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2014.07.008

De Oliveira, J. R. G., de Resende, M., de Melo, N.F., & Yano-Melo, A.M. (2017). " Symbiotic compatibility between arbuscular mycorrhizal fungi (autoctone or exotic) and three native species of the Caatinga in different phosphorus levels." *Acta Scientiarum. Biological Sciences*, 39(1), 59-69. https://doi.org/10.4025/actascibiolsci.v39i1.33486

Drigo, B., Kowalchuk, G.A., & van Veen, J.A. (2008). "Climate change goes underground: effects of elevated atmospheric CO 2 on microbial community structure and activities in the rhizosphere." *Biology and Fertility of Soils*, 44, 667-679. DOI:10.1007/s00374-008-0277-3

Dumbrell, A. J., Ashton, P.D., Aziz, N., Feng, G., Nelson, M., Dytham, C., Fitter, A. H., & Helgason, T. (2011). "Distinct seasonal assemblages of arbuscular mycorrhizal fungi revealed by massively parallel pyrosequencing." *New Phytologist*, 190(3), 794-804. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2010.03636.x

Fazlollahi Mohammadi, M., Kooch, Y., & Said-Pullicino, D. (2016). "Slope gradient and shape effects on soil profiles in the northern mountainous forests of Iran." *Eurasian soil science*, 49, 1366-1374. DOI:10.1134/S1064229316120061

Garg, N., & Chandel, S. (2011). "Effect of mycorrhizal inoculation on growth, nitrogen fixation, and nutrient uptake in *Cicer arietinum* (L.) under salt stress." *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 35(2), 205-214. DOI:10.3906/tar-0908-12

Gavito, M. E., Curtis, P.S., Mikkelsen T.N., & Jakobsen, I. (2000). "Atmospheric CO2 and mycorrhiza effects on biomass allocation and nutrient uptake of nodulated pea (*Pisum sativum* L.) plants." *Journal of Experimental Botany*, 51(352), 1931-1938. https://doi.org/10.1093/jexbot/51.352.1931

Haidari, R. H., Sohrabi Zadeh, A., and Haidari, M. 2019. "Effect of Physiographic Factors on Plant Biodiversity in the Central Zagros Forests (Case Study: Educational Forest of Razi University of Kermanshah)." Ecology of Iranian Forest, 7(13), 66-75 (In Persian). DIO: 10.29252/ifej.7.13.66

Hart, M. M., Antunes, P.M., Chaudhary, V.B., & Abbott, L.K. (2018). "Fungal inoculants in the field: Is the reward greater than the risk?" *Functional Ecology*, 32(1), 126-135. https://doi.org/10.1111/1365-2435.12976

Hayman, D. (1982). "Influence of soil and fertility on activity and survival of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi." *Phytopathol*. 72: 1119-1125.

Hildebrandt, U., M. Regvar and H. Bothe. 2007. "Arbuscular mycorrhiza and heavy metal tolerance." *Phytochemistry*, 68(1), 139-146. DOI: 10.1016/j.phytochem.2006.09.023

Hodge, A., & Storer, K. (2015). "Arbuscular mycorrhiza and nitrogen: implications for individual plants through to ecosystems." *Plant and soil*, 386, 1-19. DOI:10.1007/s11104-014-2162-1

Islam, M. N., Germida, J.J., & Walley, F.L. (2019). "Responses of arbuscular mycorrhizal fungal communities to soil core transplantation across Saskatchewan prairie climatic regions." *Canadian Journal of Soil Science*, 100(1), 81-96. DOI:10.1139/cjss-2019-0053

Jafarian, N., Mirzae, J., Morad, M., and Heydari, M. 2018. "Biodiversity and colonization of arbuscular mycorrhizal fungi with some species of zagros forest." Forest and Wood Products, 71(1), 35-47 (In Persian). DIO: 10.22059/JFWP.2018.245316.875

Jafarlou, M.B., Badehian, Z. and Delpasand, J. (2019). Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi colonization on Growth and Physiology of Calotropis Procera Seedlings to Water Stress Response. 32(2), 305 -314 (In Persian). DIO: 20.1001.1.23832592.1398.32.2.14.9

Jiang, S., Pan, J., Shi, G., Dorji, T., Hopping, K. A., Klein, J. A., Liu, Y., & Feng, H. (2018). "Identification of root-colonizing AM fungal communities and their responses to short-term climate change and grazing on Tibetan plateau." *Symbiosis*, 74, 159-166. DOI:10.1007/s13199-017-0497-0

Leifheit, E., Verbruggen, E., & Rillig, M.C. (2015). "Arbuscular mycorrhizal fungi reduce decomposition of woody plant litter while increasing soil aggregation." *Soil Biology and Biochemistry*, 81, 323-328. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2014.12.003

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-29]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.1.9]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.67]

Liang, Y.M., Su, Y., He, X., Chen, X., & Hu, Y. (2017). "Various effects on the abundance and composition of arbuscular mycorrhizal fungal communities in soils in karst shrub ecosystems." *Huan Jing Ke Xue= Huanjing Kexue*, 38(11), 4828-4835. DOI: 10.13227/j.hjkx.201704153

Liu, M., Zheng, R., Bai, S., Bai, Y., & Wang, J. (2017). "Slope aspect influences arbuscular mycorrhizal fungus communities in arid ecosystems of the Daqingshan Mountains, Inner Mongolia, North China." *Mycorrhiza*, 27: 189-200. DOI: 10.1007/s00572-016-0739-7

Manimegalai, V., Selvaraj, T. & Ambikapathy, V. (2011). "Studies on isolation and identification of VAM fungi in Solanum viarum Dunal of medicinal plants." *Adv Appl Sci Res*, 2(4), 621-628.

Mirzaei, J., Dostcami, S., & Moradi, M. (2017). "Identification of arbuscular mycorrhizal fungi associated with plant species in the Manesht and Ghalarang protected area." *Forest and Wood Products*, 70(4), 549-557. DOI:10.22059/JFWP.2018.126715.639 (In Persian).

Munkvold, L., Kjoller, R.M., Rosendahl, S., & Jakobsen, I.(2004). "High functional diversity within species of arbuscular mycorrhizal fungi." *New Phytologist*, 164(2), 357-364. DOI:10.1111/j.1469-8137.2004.01169.x

Öpik, M., Zobel, M., Cantero, J.J., Davison, J., Facelli, J.M., Hiiesalu, I., Jairus, T., Kalwij, J.M., Koorem, K., Leal, M.E. (2013). "Global sampling of plant roots expands the described molecular diversity of arbuscular mycorrhizal fungi." *Mycorrhiza*, 23, 411-430. DOI: 10.1007/s00572-013-0482-2

Parihar, M., Rakshit, A., Meena, V.S., Gupta, V.K., Rana, K., Choudhary, M., Tiwari, G., Mishra, P.K., Pattanayak, A., Bisht, J.K., Jatav, S.S., Khati, P., & Jatav, H. (2020). " The potential of arbuscular mycorrhizal fungi in C cycling: a review." *Archives of Microbiology*, 202, 1581-1596. DOI: 10.1007/s00203-020-01915-x

Pellicone, G., Caloieroand, I., Caloiero. (2019). "The De Martonne aridity index in Calabria (Southern Italy)." *Journal of Maps*, 15(2), 788-796. https://doi.org/10.1080/17445647.2019.1673840

Rasmussen, P. U., Hugerth, L.W., Blanchet, F.G., Andersson, A.F., Lindahl, B.D., Tack, A. J. (2018). "Multiscale patterns and drivers of arbuscular mycorrhizal fungal communities in the roots and root-associated soil of a wild perennial herb." *New Phytologist*, 220(4), 1248-1261. DOI: 10.1111/nph.15088

Schenck, N. C., & Perez, Y. (1990). Manual for the identification of VA mycorrhizal fungi, Synergistic publications Gainesville.

Schlatter, D. C., Kahl, K., Carlson, B., Huggins, D.R., & Paulitz, T. (2018). "Fungal community composition and diversity vary with soil depth and landscape position in a no-till wheat-based cropping system." *FEMS microbiology ecology*, 94(7), fiy098. https://doi.org/10.1093/femsec/fiy098

Smith, S. E., & Read, D. J. (2010). Mycorrhizal symbiosis, Academic press. 3rd ed.; 800 pp.

Veresoglou, S. D., Shaw, L.J., Hooker, J.E. & Sen, R. (2012). "Arbuscular mycorrhizal modulation of diazotrophic and denitrifying microbial communities in the (mycor) rhizosphere of Plantago lanceolata." *Soil Biology and Biochemistry*, 53, 78-81. https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2012.05.007

Wang, Q., Pan, J., Ke, Y., Yu, S., Murray, P. J., Luo, T., Zhang, L., Liu, W. 2022. Impact of Aspect on Arbuscular Mycorrhizal Fungal Diversity and Community Composition in a Natural *Toona ciliata* var. *pubescens* Forest in Subtropical China. Forests, 13(12), 2100. https://doi.org/10.3390/f13122100

Xiao, Y., Yang, L., Nie, X., Li, C., Xiong, F., Wang, L. & Zhou, G. (2019). "Effects of slope position on phylogenetic diversity and structure of alpine shrub community." *Chinese Journal of Ecology*, 38(6), 1611. DOI:10.13292/j. 1000-4890.201906.023/

Xu, X., Wang, X., Cleary, M., Wang, P., Lu, N., Sun, Y., & Rönnberg, J. (2020). "Slope position rather than thinning intensity affects arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) community in Chinese fir plantations." *Forests*, 11(3), 273. DOI://doi.org/10.3390/f11030273

Xu, X., Qiu, Y., Zhang, K., Yang, F., Chen, M., Lue, X., Yan, X., Wang, P., Zhang, Y., Chen, H., Guo, H., Jiang, L., Hu, S. 2022. Climate warming promotes deterministic assembly of arbuscular mycorrhizal fungal communities. *Glob Chang Biol*, 28(3), 1147-1161. Doi: 10.1111/gcb.15945.

[Downloaded from ifej.sanru.ac.ir on 2025-07-29]
[DOR: 20.1001.1.24237140.1402.11.22.1.9]
[DOI: 10.61186/ifej.11.22.67]