



Publisher: Soil Science Society of Iran

Journal of Soil Biology<https://sbj.areeo.ac.ir/>

Research article

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 Gilan province

Ali Lahiji^{*1} and Farhad Rejali²

1- Assistant Professor of Gilan Agricultural and Natural Resources Research and Education Center, rasht, Iran. lahigy_123@yahoo.com

2- Professor of Soil and Water Research Institute Agricultural Research Education and Extension (Frejali@yahoo.com). Organization (AREEO) Karaj, Iran

Article Info

Received:

June 10, 2024

Accepted:

November 23, 2024

Keywords:

Pseudomonas
Leaf chlorosis
Branch dieback
Trichoderma
Hazelnut

Corresponding author's email:

lahigy_123@yahoo.com

DOI:

10.22092/SBJ.2024.36
6006.264

Extended Abstract

Background and Objectives: In the past decades, due to the use of chemical fertilizers, there were many environmental effects, including water and soil pollution and problems related to the health of humans and other living organisms. The policy of sustainable agriculture and sustainable development of agriculture led experts to get more help from living organisms in the soil in order to meet the plant's nutritional needs. Many studies are carried out in order to sustain hazelnut farming and increase productivity. Work aimed at improving soil performance often considers soil physical and chemical properties, but biological properties are equally important and often neglected. One of the new solutions in sustainable agriculture in order to reduce the negative effects of biological and environmental stresses is the use of beneficial soil microorganisms as biological fertilizers. Biological methods are one of the most useful and environmentally friendly methods for improving the growth and nutrition of plants in harsh environmental conditions. Microorganisms present in biofertilizers in different ways such as production of plant hormones such as auxins, cytokinins, gibberellins, prevention of ethylene production, biofixation of nitrogen, dissolution of mineral phosphates, mineralization of organic phosphates and other food elements, as well Dealing with plant pathogens by producing siderophores, making antibiotics, enzymes or fungicidal compounds and competing with harmful microorganisms in the soil improve the growth and performance of plants and their product quality. Biofertilizers are less expensive and do not cause environmental pollution. Gilan province, having more than 19,000 hectares of hazelnut orchards, with the traditional nature of the orchards, the lack of use of modern methods of agricultural operations, including nutrition, are the main factors of low yield and have recently faced the problem dieback of branches. One of the new solutions in sustainable agriculture is to evaluate the performance of plants under stressful conditions, using beneficial soil microorganisms as biological fertilizers to reduce the damage caused by environmental stress. Biological methods are one of the very useful and environmentally friendly methods to improve the growth and nutrition of plants in stressful conditions.

Materials and Methods: In order to investigate the combined effect of chemical fertilizers, *Pseudomonas bacteria* (PGPR) and *Trichoderma* fungi on some morpho-physiological traits of orchards with red rot in two experimental orchards of Rudsar city on hazelnut trees in a randomized complete block design with five Treatment and three repetitions (each treatment and each repetition including three trees) were carried out in the two crop years of 1401-1400. The treatments include: T1- control (gardener custom) T2- soil consumption of 20 kilograms of animal manure for each tree + chemical fertilizer recommendation based on the priority of the feeding plan T3- (T2+ growth-improving bacteria) T4- (T2+ *Trichoderma* mushroom) T5- (T2+ combination of *Trichoderma* fungi and growth-improving bacteria). *Trichoderma* fungus will be equal in population (6×10^7) per gram and *Pseudomonas fluorescens* bacterium (5×10^8) per gram, which was obtained as a growth stimulant from Soil and Water Research Institute of Iran. In order to inoculate trees with *Trichoderma* fungus and *Pseudomonas* bacteria, it was used under each tree by mixing with animal manure and manure.

Results: According to the results of the variance analysis of the data related to the concentration of macro and micro elements in the first year, the effect of chemical fertilizers and the use of trichoderma fungi and growth-stimulating bacteria on the concentration of nitrogen, potassium, zinc, manganese, calcium and magnesium elements in the leaves of hazelnut trees with dieback It is not significant, but the effect of these fungi, bacteria and chemical fertilizers on the concentration of phosphorus and iron elements in the leaves of hazelnut trees is significant at the level of five percent. The results showed that the fifth treatment (combination of chemical fertilizer, organic matter and the use of *Trichoderma* fungus and *Pseudomonas* bacteria) had the most positive effects on the studied traits. These biological factors increased the absorption of nutrients, phosphorus, nitrogen, iron and copper by 68.33, 28.13, 172.48 and 146.33% respectively in hazelnut trees, which led to an increase in greenness and reduction of leaf necrosis in orchards. The integrated use of chemical and biological fertilizers, especially in combination, had an effective role in removing the slowness and stopping the growth and improving the dieback of the branches. This treatment caused a significant increase in vegetative parameters such as leaf width (39.53%), length of branch heads (80.21%), chlorophyll index (100.70%) and yield (28.57%) of hazelnut trees.

Conclusion: The results showed that T4 and T5 treatments had the most effects on the studied traits, and the use of *Trichoderma* fungi and growth-improving bacteria together played a more effective role in significantly increasing vegetative parameters such as leaf width, leaf weight, branch length, They had chlorophyll index as well as performance characteristics such as fruit length, fruit width, fruit weight and total yield. These biological factors improved the absorption of nutrients such as phosphorus, copper and iron by hazelnut trees. Therefore, the combined use of *Trichoderma* fungus and growth-improving bacteria along with organic matter and chemical nutrients were recommended for hazelnut trees with dieback in the region.

Cite this article: Lahiji, A., and 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 Gilan province. Journal of Soil Biology, 12 (2),213-233.





مقاله پژوهشی

بررسی اثر کودهای زیستی بر بهبود جذب عناصر غذایی، رشد و عملکرد درختان فندق استان گیلان

علی لاهیجی^{۱*} و فرهاد رجالی^۲

۱- استادیار بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی گیلان سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، رشت، ایران. lahigy_123@yahoo.com

۲- استاد پژوهش موسسه تحقیقات خاک و آب کشور سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی، کرج، ایران. Frejiali@yahoo.com
دریافت: ۱۴۰۳/۳/۲۱ پذیرش: ۱۴۰۳/۹/۳

چکیده

فندق در استان گیلان سطحی بیش از ۱۹۰۰۰ هکتار را به خود اختصاص داده است. این گیاه ارزشمند در سال‌های اخیر به دلیل عدم استفاده از روش‌های نوین عملیات به زراعی خصوصاً تغذیه تلفیقی، با عملکرد پایین و همچنین با معضل سرخشکیدگی محدود در برخی باغات مواجه شده است. به منظور بررسی اثر تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی باکتری‌های محرک رشد و قارچ *تریکودرما* بر خصوصیات رشدی باغات فندق دارای سرخشکیدگی در دو باغ منطقه اشکورات شهرستان رودسر، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تیمار و سه تکرار در دو سال زراعی ۱۴۰۱-۱۴۰۰ انجام پذیرفت. تیمارهای مورد بررسی شامل: T₁- شاهد (عرف باغدار)، T₂- مصرف خاکی کود دامی به میزان ۲۰ کیلوگرم برای هر درخت + توصیه کود شیمیایی، T₃- (T₂ + باکتری *سودوموناس*)، T₄- (T₂ + قارچ *تریکودرما*)، T₅- (T₂ + ترکیب قارچ *تریکودرما* و باکتری *سودوموناس*) در نظر گرفته شدند. نتایج نشان داد که بیشترین اثرات مثبت را تیمار پنجم (ترکیب کود شیمیایی، ماده آلی و استفاده از قارچ *تریکودرما* و باکتری *سودوموناس*) روی صفات مورد بررسی داشته‌اند. این عوامل زیستی سبب افزایش جذب عناصر غذایی، فسفر، نیتروژن، آهن و مس به ترتیب ۶۸/۳۳، ۲۸/۱۳، ۱۷۲/۴۸ و ۱۴۶/۳۳ درصدی در درختان فندق گردیدند، که منجر به افزایش سبزی‌نگی و کاهش زردی درختان شد. کاربرد تلفیقی کودهای شیمیایی و زیستی خصوصاً به صورت ترکیبی، نقش مؤثری در مرتفع کردن کندی و توقف رشد و بهبود سرخشکیدگی شاخه‌ها داشت. این تیمار سبب افزایش معنی‌دار پارامترهای رویشی مانند پهنک برگ (۳۹/۵۳٪)، طول سرشاخه‌ها (۸۰/۲۱٪)، شاخص کلروفیل (۱۰۰/۷۰٪) و همچنین عملکرد (۲۸/۵۷٪) درختان فندق گردید. لذا استفاده از تیمار تلفیقی حاوی کودهای شیمیایی، مواد آلی و نهادهای زیستی شامل قارچ *تریکودرما* و باکتری *سودوموناس* برای درختان فندق دارای سرخشکیدگی در منطقه توصیه می‌گردد.

واژه‌های کلیدی: *سودوموناس*، زردی برگ، سرخشکیدگی شاخه، *تریکودرما*، فندق

مقدمه

فندق درختچه‌ای از خانواده Betulaceae و از جنس *Corylus* است. این گیاه بومی اروپا، آسیای صغیر و قفقاز بوده، تاکنون ۲۵ گونه مختلف آن در دنیا شناسایی شده است (Hossein-Ava, 2019). گیاه فندق دوستدار شرایط اقلیمی با آب و هوای معتدل سرد و زمستان ملایم و تابستان خنک است این گیاه اصولاً مقاومت خوبی در مقابل سرما دارد و قبل از رسیدن و شکفتن در برابر سرما مقاومت داشته و سرمای کمتر از منفی ۱۸ درجه را نیز تحمل می‌کند، اما شاتون‌ها یا گل‌های نر پس از شکفتن در مقابل سرما حساس بوده و اگر سرما به ۷- تا ۸- درجه سانتی‌گراد زیر صفر برسد خسارت می‌بیند (Ajili Lahiji et al., 2016). براساس گزارش (FAO, 2020) در سال ۲۰۱۹ سطح زیر کشت فندق در جهان در حدود ۶۶۲۵۲۶ هکتار بوده که بیش از ۶۵ درصد آن به کشور ترکیه تعلق دارد. بعد از ترکیه، کشورهای ایتالیا، آمریکا و آذربایجان در رتبه‌های بعد قرار دارند. در چند دهه اخیر، این گیاه ارزشمند مورد توجه همسایه‌گان شمالی قرار گرفته و به طور گسترده در کشورهای آذربایجان و گرجستان در حال کشت می‌باشد. براساس آمارنامه وزارت جهاد کشاورزی در سال ۱۳۹۷، سطح زیر کشت فندق در کشور در حدود ۲۴۷۱۸ هکتار بود که حدود ۸۰ درصد به استان گیلان تعلق دارد. بعد از گیلان، استان‌های قزوین، مازندران، زنجان، اردبیل و قم در رتبه‌های بعدی قرار دارند. میزان تولید فندق در ایران حدود ۲۲۲۹۳ تن می‌باشد که گیلان با ۱۹۰۰۰ تن در رتبه اول، قزوین با ۲۳۶۳ تن، مازندران با ۲۰۰۳ تن، زنجان با ۵۳۶ تن، اردبیل با ۲۷۴ تن و قم با ۲۵۴ تن در رتبه‌های بعد قرار دارند. در سال‌های اخیر سرخشکیدگی فندق به عنوان یک عامل کاهنده عملکرد در استان گیلان، مطرح گردیده که سریعاً باید به علل و عوامل ایجاد این عارضه و همچنین روش‌های کنترل آن شناخت پیدا نمود. براساس مطالعه صورت گرفته، pH بالای خاک و تجمع

آهک در عمق پروفیل به همراه تنش‌های رطوبتی، از مهمترین مشکلات باغات فندق گیلان می‌باشد (Ajili Lahiji, and Basirat, 2018). خصوصیات خاکی ذکر شده، مشابه سایر خاک‌های مناطق خشک و کوهستانی کشور، محدودیت‌هایی را برای جذب برخی از عناصرهای غذایی ایجاد می‌کند. حاصلخیزی خاک نه تنها به شرایط فیزیکی خاک و سطح عناصر غذایی بستگی دارد، بلکه ارتباط تنگاتنگی با پدیده‌های زیستی دارد. فعالیت‌های اجرایی که با هدف بهبود حاصلخیزی خاک انجام می‌شود اغلب ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک را در نظر گرفته و ویژگی‌های زیستی خاک اغلب نادیده گرفته می‌شوند (Kizilkaya et al., 2022). رستمی‌کیا و همکاران (Rostamikia et al., 2024) تأثیر سه نوع باکتری *Bacillus subtilis*، *Pseudomonas putida* و *Enterobacter cloacae* را روی نونهال‌های فندق بررسی و عنوان نمودند، بیشترین اندازه ارتفاع، قطر یقه و سطح برگ به ترتیب با ۲۶/۸۸ سانتیمتر، ۷/۱۷ میلی‌متر و ۲۳/۸۷ سانتیمترمربع و بیشترین غلظت نیتروژن ۲/۸۱٪ در تلقیح ترکیبی سه باکتری مشاهده شد. بیشترین وزن خشک ریشه، حجم ریشه، وزن خشک اندام هوایی، زیتوده خشک، شاخص کیفیت نونهال‌ها و بیشترین غلظت فسفر با تلقیح *P. putida* به دست آمد. بیشترین مقدار غلظت آهن و روی به ترتیب در تلقیح با باکتری‌های *P. putida* و *B. subtilis* مشاهده گردید. آنها نتیجه‌گیری نمودند که، تلقیح ریشه نونهال‌ها با باکتری‌های محرک رشد (PGPR)^۱ می‌تواند راهکاری مناسب برای تولید نهال سالم و قوی در نهالستان و همچنین افزایش موفقیت نهال‌کاری در رویشگاه‌های با سطح حاصلخیزی نامطلوب و تخریب یافته فندق باشد. رستمی‌کیا و همکاران (Rostamikia et al., 2022) گزارش نمودند استفاده از نهال‌های فندق تلقیح شده با قارچ‌های میکوریز از طریق بهبود سرعت فتوسنتز و کاهش تعرق، موجب افزایش راندمان آب مصرفی شده و می‌تواند

^۱ - Plant Growth-Promoting Rhizobacteria

خصوص آهن، منگنز و روی توسط گیاه با تولید سیدروفورهای گیاهی مرتبط می‌باشد (Arzanesh et al., 2013). PGPR از طریق تولید آبسزیک اسید که مربوط به پاسخ گیاه به تنش آبی می‌باشد و تولید اکسین که باعث ایجاد ریشه‌های جانبی و افشان و تسهیل انتقال شعاعی آب و افزایش هدایت هیدرولیکی می‌شود سبب بهبود تنظیم اسمزی نهال‌ها می‌شوند (Kothari Boiero et al., 2007; et al., 1990). سودوموناس‌ها از مهم‌ترین باکتری‌های ریزوسفری و فیلوسفری هستند که به دلیل توانایی بالا در رقابت با سایر میکروارگانیسم‌ها در بیشتر محیط‌ها مشاهده می‌شوند (Vyas and Gulati, 2009). گونه‌های سودوموناس که در کنترل قارچ‌های بیماریزا مؤثر بوده با تنظیم اتیلن در گیاه توسط روش‌هایی مانند: تولید سیدروفورها، سنتز آنتی بیوتیک‌ها، تولید هورمون‌های گیاهی، افزایش جذب فسفر توسط گیاه، تثبیت نیتروژن و سنتز آنزیم‌ها، سبب تحریک رشد گیاه می‌شوند (Henry et al., 2008). تریکودرما، قارچی خاکزی، فرصت‌طلب، غیر بیماریزا، همیار با ریشه گیاهان است و به دلیل تنوع متابولیسمی و قدرت رقابتی بالا در بیشتر مناطق، از ریزجانداران غالب فلورقارچی خاک است و جزو متداولترین قارچ‌های استفاده شده در محیط کشت گیاهان زراعی و باغی است (Kaewchai et al., 2010). توان ترشح آنزیم‌های مختلف خارج سلولی در خاک، توان بالای کلنیزاسیون ریزوسفر، قدرت همیاری در ریشه، توان اسپورزایی زیاد، تحمل به شوری از خصوصیات مهم گونه‌های مختلف جنس تریکودرما به حساب می‌آید (Altomare et al., 1999; Harman et al., 2004). موفقیت تریکودرما در ریزوسفر به علت ظرفیت تولید مثل بالا، توانایی زنده ماندن در شرایط بسیار نامطلوب، ایجاد اثرات متقابل تغذیه‌ای با گیاه، ظرفیت بالای تغییر ریزوسفر و مقاومت بالا در برابر قارچ‌های بیماریزای گیاهی است (Benitez et al., 2004). همچنین گونه‌های تریکودرما باعث تغییر متابولیسم گیاه می‌شوند به طوری که منجر به

درصد زنده‌مانی، استقرار و رشد رویشی بیشتری را بدنبال داشته باشد. بر اساس نتایج این پژوهش می‌توان اذعان داشت از نظر بهبود صفات رویشی و فیزیولوژیکی بین قارچ‌های میکوریزی مورد بررسی، قارچ *R. irregularis* برای تلقیح نهال‌های فندق، مناسبتر تشخیص داده شد. رستمی‌کیا و همکاران (Rostamikia et al., 2024) در تأثیر قارچ *Trichoderma harzianum* Rifai بر زنده‌مانی، رشد و تغذیه نهال‌های فندق عنوان نمودند که نهال‌های تلقیح شده فندق با این قارچ وضعیت مطلوب‌تری را در مقایسه با نهال‌های شاهد داشتند. نهال‌های مبدأ فندقلو در تلقیح با قارچ *T. harzianum* از نظر تمامی صفات مورد بررسی نسبت به نهال‌های مبدأ مکش و مکیدی برتری داشتند. زنده‌مانی در این نهال‌ها ۶۵/۸ درصد، ضخامت قطر یقه ۵۲/۲ درصد، ارتفاع ۶/۵۴ درصد، زیتوده‌های خشک ریشه، ساقه و برگ به ترتیب ۴۶/۵، ۶۰/۴۸، و ۳۷/۴۰ درصد و غلظت عناصر غذایی برگ شامل نیتروژن ۲۷/۸۱، فسفر ۲۳/۲۳ و پتاسیم ۳۴/۷ درصد نسبت به نهال‌های مایه‌زنی نشده از مبدأ فندقلو افزایش داشت. در سناریوی تغییرات اقلیمی، استفاده از کودهای معدنی به صورت برگی به ویژه در شرایطی که جذب مواد مغذی از خاک محدود بوده مفید معرفی شده و نشان‌دهنده راه دیگری برای تامین مواد مغذی در طول مراحل رشد بحرانی فندق است (Silvestri et al., 2021). PGPR سبب افزایش جذب آب در گیاه گردیده و با افزایش محتوای رطوبت نسبی در برگ، برای مدت طولانی‌تری روزنه‌ها باز مانده و در نتیجه جذب CO₂، فتوسنتز و تعرق در گیاه افزایش خواهد یافت. با توجه به اینکه PGPR قابلیت دسترسی به عناصری چون نیتروژن و فسفر را از طریق ترشح اسیدهای آلی و توسعه ریشه را افزایش می‌دهند بنابراین، می‌توانند بر جذب عناصر کم‌مصرف نیز مؤثر باشند. یانگ و همکاران (Yang et al., 2011) تولید سیدروفور توسط باکتری‌های جنس سودوموناس و اسیدهای آلی توسط باکتری‌های *آزوسپیریوم* و *ازتوباکتر* اثبات شده است (Ahmad et al., 2006). افزایش جذب عناصر کم‌مصرف به

بیش از ۵۰ سال با دور آبیاری ۱۴ روز یکبار که به صورت فواصل ۶×۶ در خطوط ۷۰ متری کشت شده بودند. درختان دارای کندی رشد، زردی برگ و سرخشکیدگی محدود شاخه‌ها بودند.

اندازه‌گیری ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک باغات فندق

به منظور اجرای طرح، نمونه‌گیری از عمق ۴۰-۰ سانتی‌متری خاک به طور مرکب انجام شد و یک نمونه دوکیلوگرمی به آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات گیلان تحویل گردید. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری گردید. این خصوصیات شامل: بافت خاک به روش هیدرومتری، pH در گل اشباع به وسیله الکترودشیشه‌ای، قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره اشباع با استفاده از دستگاه هدایت سنج الکتریکی، کربن آلی خاک به روش هضم تر، فسفر قابل استفاده به روش اولسن قرائت به وسیله دستگاه اسپکتروفتومتر SECOMAM (مدل UVLine2600، ساخت کشور فرانسه)، مقدار آهک با روش اسید کلریدریک، غلظت پتاسیم قابل جذب تبادل با روش استات آمونیوم و فلیم‌فوتتری (Pich et al., 1992) کلسیم و منیزیم به روش کمپلکسومتری و تیتراسیون با EDTA (Rayan et al., 2001) و عناصر آهن، منگنز، روی و مس به وسیله دستگاه جذب اتمی Termoelemental مدل ICE3500 (Cottenie et al., 1980) اندازه‌گیری گردید.

اجرای طرح در باغات فندق

این طرح به صورت دوساله و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی که هر بلوک شامل یک ردیف از درختان که فاصله هر ردیف از یکدیگر شش متر بود، در اوایل بهمن ماه سال ۱۳۹۹ انجام شد. به منظور اجرای طرح بر اساس نتایج آزمون خاک و توصیه کودی، کودهای

افزایش توسعه ریشه، باروری محصول و مقاومت به تنش-های زنده و غیر زنده می‌گردند (Vinale et al., 2008). رادشر و همکاران (Rudresh et al., 2005) طی یک بررسی گزارش نموده‌اند که تلقیح همزمان تریکودرما، ریزوبیوم و باکتری‌های حل‌کننده فسفات (PSB)^۲ باعث افزایش جذب نیتروژن و فسفر شاخساره گیاه نخود شده است. استفاده از کودهای آلی نظیر ورمی‌کمپوست در کشاورزی پایدار، باعث فراهم شدن عناصر غذایی اصلی و میکرو همراه با برخی آنزیم‌ها و هورمون‌های محرک رشد است که در نهایت منجر به بهبود رشد و عملکرد گیاهان زراعی می‌شوند (Yuvaraj et al., 2021). باتوجه به عدم استفاده باغداران منطقه از کودهای شیمیایی مورد نیاز به-ویژه ریزمغذی‌ها و وقوع تغییرات شدید اقلیمی در منطقه اشکورات شهرستان رودسر در سال‌های اخیر، که سبب افزایش زردی برگ‌ها و خشکیدگی محدود سرشاخه‌ها در باغات فندق استان گردیده است. لذا لازم است که در مدیریت تغذیه باغات فندق استان تجدید نظر صورت گیرد. بر این اساس هدف از انجام این پژوهش، مطالعه اثر کاربرد کودهای شیمیایی، آلی و نهاده‌های زیستی با هدف بررسی اثر بخشی آنها در افزایش رشد، عملکرد، جذب عناصر غذایی و رفع علائم زردی و خشکیدگی محدود سرشاخه‌های درختان فندق منطقه بوده است.

مواد و روشها

محل اجرای طرح

برای انجام این پژوهش دو باغ با همکاری کارشناسان جهاد کشاورزی شهرستان در دو روستای شاهراج و صارم از توابع دهستان ارکم، بخش رحیم آباد شهرستان رودسر استان گیلان انتخاب گردید. مختصات این باغات به شرح ذیل بوده است (صارم: $X=0^{\circ}43'16''$ ؛ $Y=40^{\circ}68'37''$ و شاهراج: $X=0^{\circ}43'14''$ ؛ $Y=40^{\circ}66'18''$). درختان فندق این باغات از رقم (گرد اشکور) و سن آنها

شاخه‌های سال جاری، ابتدا چهار شاخه در چهار جهت درخت انتخاب و پس از علامتگذاری، رشد هر یک در انتهای سال اندازه‌گیری شد و با میانگین‌گیری از این چهار عدد، متوسط رشد شاخه‌های سال جاری درخت تعیین شد. همچنین میزان کلروفیل نسبی با دستگاه کلروفیل سنج پرتابل (Eijkelkamp؛ مدل C9.38، ساخت کشور هلند) اندازه‌گیری شد. این پارامترها در دو سال متوالی اندازه‌گیری گردید.

اندازه‌گیری غلظت عناصر غذایی در برگ درختان فندق

در مرداد ماه که میزان عناصر موجود در برگ‌ها ثابت است، نمونه برگ‌های سالم از چهار طرف درخت به تعداد ۱۰۰ عدد جمع آوری شد. پس از شست و شوی برگ‌ها و قرار گرفتن، در پاکت‌های کاغذی مخصوص، به مدت ۴۸ ساعت درآون با درجه حرارت ۶۵ درجه سلسیوس خشک گردید. پس از آن نمونه‌ها با آسیاب پودر شد. برای تهیه عصاره، یک گرم از نمونه‌های پودر شده در ۵۵۰ دمای درجه سانتیگراد به روش سوزاندن خشک خاکستر شد. برای اندازه‌گیری عناصر در برگ علاوه بر روش‌های ذکر شده در میزان فسفر در برگ به روش رنگ زرد آمونیم مولیبدات-وانادات (Chapman and Pratt, 1961) و نیتروژن با روش کدال (Bremner and Keeney, 1965) اندازه‌گیری گردید. عناصر غذایی موجود در برگ صرفاً در سال اول اندازه‌گیری گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه واریانس داده‌های حاصل با استفاده از نرم افزار MSTAT-C و مقایسه میانگین‌ها بر مبنای آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال پنج درصد مورد ارزیابی قرار گرفت. همچنین داده‌های بدست آمده از نرم افزار و جدول‌ها و نمودارهای مربوطه با استفاده از برنامه‌های Word و Excel ارائه گردید.

شیمیایی با حفر سه چاله زیر سایه‌انداز درخت به عرض ۳۰ و عمق ۴۰ سانتی‌متر با ۲۰ کیلو گرم کود دامی مخلوط و تیمارهای مورد نظر اعمال گردید. برای هر تیمار و هر تکرار سه درخت استفاده گردید. تیمارهای مورد بررسی شامل: T₁-۱ شاهد (عرف باغدار، ۲۰۰ گرم کود اوره) -۲ T₂ مصرف خاکی کود دامی به میزان ۲۰ کیلوگرم برای هر درخت + کودهای شیمیایی براساس آزمون خاک (کود سولفات آمونیم ۷۵۰ گرم در سه مرحله، سوپرفسفات تریپل ۲۵۰ گرم، سولفات پتاسیم ۵۰۰ گرم و کودهای ریز مغذی شامل سولفات آهن، منگنز، مس و روی هر کدام ۱۵۰ گرم) T₃-۳ تیمار ۲ + باکتری سودوموناس T₄-۴ تیمار ۲ + قارچ تریکودرما T₅-۵ تیمار ۲ + ترکیب قارچ‌های تریکودرما و باکتری سودوموناس بودند.

آماده‌سازی و مایه‌زنی درختان فندق با قارچ تریکودرما و باکتری سودوموناس

قارچ تریکودرما در هرگرم پروپاگول با جمعیت $10^7 \times 6$ (CFU/gr)، بر اساس روش شمارش کلنی و با استفاده از محیط‌های کشت مناسب (بکینگ، ۲۰۰۶) و باکتری سودوموناس فلوروسنس با جمعیت $10^8 \times 5$ (CFU/gr) در هرگرم مایه تلقیح از موسسه تحقیقات خاک و آب کشور تهیه گردید. به منظور تلقیح درختان فندق با قارچ تریکودرما و باکتری سودوموناس فلوروسنس از روش ترکیب با کود دامی و چالکود (مجزا از کود شیمیایی) به میزان ۱۰۰ گرم در دو طرف هر درخت استفاده گردید.

اندازه‌گیری پارامترهای رویشی درختان فندق

در انتهای سال زراعی صفات رویشی شامل: شاخص سبزی‌نگی و عرض پهنک برگ، رشد شاخه سال جاری، میزان عملکرد تر، طول و عرض میوه فندق اندازه‌گیری شد. طول شاخه‌ها با استفاده از متر، عرض پهنک برگ، طول و عرض میوه توسط کولیس دیجیتال اندازه‌گیری شد. عملکرد تر با ترازو دستی، وزن برگ و میوه با ترازو دیجیتال اندازه‌گیری شد. برای به دست آوردن رشد

نتایج و بحث

نتایج خاک

درخت فندق دارای ریشه‌هایی افشان و سطحی بوده و بیشتر توسعه ریشه فندق تا عمق ۴۰ cm می‌باشد لذا از این عمق به صورت مرکب در زیر سایه‌انداز درخت نمونه- برداری شده و نتایج ذیل بدست آمد. نتایج داده‌های خاک

جدول ۱- نتایج برخی خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک دو باغ انتخابی منطقه

مشخصات نمونه	% کربن آلی (OC)	آهک % (TNV)	بافت خاک کلاس	رس %	سیلت %	شن %	منگنز (mg/k g)	آهن (mg/ kg)	مس (mg/ kg)	روی (mg/ kg)	منیزیم (mg/k g)	کلسیم (mg/k g)	پتاسیم (mg/k g)	فسفر (mg/k g)	واکنش خاک (pH)	هدایت الکتریکی Ec (dS/m)
باغ منطقه شاهراج (امیری ۱) باغ منطقه	۱/۸۷	۶/۷۵	Sandy Clay Loam	۲۶/۲۳	۲۴/۸۵	۴۸/۹۲	۱۷/۶۹	۵/۴۷	۳/۶۶	۳/۶۶	۱۰	۱۰۴	۴۲۷/۰	۳/۷۶	۸/۲۳	۰/۷۲۷
صارم (عبدی زاده ۲)	۲/۷	۱۴/۶	Loam	۱۴/۹۷	۳۴/۱۷	۵۰/۸۵	۱۳/۹۹	۶/۲۹	۱/۱۷	۳/۲۷	۹۱/۲	۸۰	۵۱۰/۴	۴/۵۹	۷/۹۸	۰/۸۵۸

اثر تیمارها بر جذب عناصر غذایی پرمصرف و کم‌مصرف بر درختان فندق

با توجه به نتایج تجزیه واریانس (جدول ۲)، تأثیر تیمارهای کودهای شیمیایی و تلقیح قارچ تریکودرما و باکتری سودمونس فلورسنس بر غلظت عناصر فسفر و مس در سطح خطای ۵٪ و آهن در سطح خطای ۱٪ معنی‌دار بود. اما اثر تیمارهای کودهای شیمیایی و تلقیح قارچ تریکودرما و باکتری سودمونس فلورسنس بر غلظت عناصر نیتروژن، پتاسیم، روی، منگنز، کلسیم و منیزیم در برگ درختان فندق معنی‌دار نگردید (شکل ۱ و ۲).

جذب نیتروژن

نتایج نشان داد که کاربرد تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شیمیایی در باغات فندق تأثیر معنی‌داری بر غلظت عنصر نیتروژن در برگ درختان نداشت. در بین تیمارهای مورد استفاده تیمار قارچ تریکودرما با ۲/۸۷٪ بالاترین میزان غلظت نیتروژن افزایش ۲۸/۱۲٪ را در مقایسه با شاهد (کمترین میزان نیتروژن ۲/۲۴٪) در برگ درختان

نشان داد که از نظر هدایت الکتریکی و کربن آلی خاک‌ها دارای وضعیت مطلوبی بودند. اما باغات از نظر عناصر غذایی دارای کمبود شدید فسفر و آهن بودند. همچنین نتایج خاک نشان داد که قلیائیت خاک‌ها بسیار بالا بود و میزان آهک نیز در یکی از باغات بیش از ۱۰٪ بود.

فندق نشان داد (شکل ۱). حسین‌زینلی و همکاران (Hosseinzeinali et al., 2019) نیز در بررسی اثر قارچ-های تریکودرما بر بهبود رشد و تغذیه درختان پسته عنوان نمودند، قارچ تریکودرما بر غلظت عنصر نیتروژن معنی‌دار نشده است. جمالی‌فرد و همکاران (Jamalifard et al., 2015) در بررسی تأثیر تیمارهای کود دامی و باکتری سودمونس در دو رقم پسته عنوان نمودند که باکتری سودمونس باعث افزایش جذب نیتروژن، به میزان ۲۲ درصد در رقم قزوینی نسبت به بادامی ریز زرد شد که این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. همچنین دولتی بانه و همکاران (Doulati Baneh et al., 2020) عنوان نمودند که قارچ میکوریزا نتوانست اثر معنی‌داری بر جذب نیتروژن در برگ انگور در مقایسه با شاهد داشته باشد.

جذب فسفر

نتایج نشان داد که کاربرد تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شیمیایی در باغات فندق بر جذب عنصر فسفر در برگ درختان در سطح خطای ۵٪ معنی‌دار شد.

بیشترین میزان فسفر برگ (۱/٪) در تیمار T₅ ترکیب قارچ *تری‌کودرما* و باکتری *سودوموناس*، افزایش ۶۸/۳۳ درصدی جذب در مقایسه با تیمار با شاهد (۰/۰۶٪) داشت. اثر متقابل تیمارها در مکان نیز معنی‌دار گردید. با توجه به کمبود عنصر در خاک باغات تحت کشت، این ریزجانداران نقش موثری در حلالیت فسفر در خاک آهکی و جذب فسفر داشتند. آلتومر و همکاران (Altomare et al., 1999) برای نخستین بار توانایی *تری‌کودرما* (هرازنیوم) را در انحلال فسفر گزارش کردند. افزایش جذب عناصر غذایی از جمله فسفر بوسیله افزایش سطح جذب ریشه‌ها (Azarmi et al., 2011) محلول ساختن فسفر از طریق ترشح اسیدهای آلی از جمله مواردی است که این گونه‌های قارچی در افزایش فراهمی فسفر و نیز افزایش جذب آن توسط گیاه به کار می‌گیرند (Wei et al., 2018). این موضوع، اهمیت توان بالای ریزجانداران را در افزایش جذب فسفر توسط گیاه میزبان، خاطر نشان می‌سازد. افزایش جذب فسفر در گیاهان تلقیح شده، به واسطه تأثیر بر افزایش رشد و جذب عناصر غذایی به ویژه فسفر و نیز افزایش حلالیت یون‌ها از طریق افزایش فعالیت آنزیم‌ها می‌باشد، خصوصاً آنزیم فسفاتاز و افزایش تولید هورمون‌های رشد از جمله اکسین و سیتوکینین و در نتیجه افزایش فسفر در منطقه تخلیه ریشه می‌باشد (Zaidi et al., 2004). این نتایج با نتایج حسین‌زینلی (Hosseinzeynali et al., 2019) که عنوان نمود تلقیح درختان پسته با قارچ‌های *تری‌کودرما*ی محرک رشد گیاه نقش موثری در افزایش فسفر برگ داشت و کاربرد این قارچ‌ها باعث افزایش معنی‌دار غلظت فسفر برگ در مقایسه با شاهد گردید مطابقت داشت.

جذب پتاسیم

نتایج نشان داد که کاربرد تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شیمیایی در باغات فندق اختلاف معنی‌داری در جذب عنصر پتاسیم در برگ درختان در مقایسه با شاهد ایجاد نگردید. یکی از مهمترین دلایل آن می‌تواند بالا بودن غلظت پتاسیم در خاک‌های منطقه باشد. در این

ارتباط لایق حقیقی و عباس‌زاده (Layeghhaghighi and Abbaszadeh, 2022) نیز عنوان نمودند که اثر متقابل کود آلی ورمی‌کمپوست و باکتری‌های محرک رشد بر میزان پتاسیم و منیزیم برگ درختان به لیمو (*Lippia citriodora* L. معنی‌دار نشده است و اثر اصلی این باکتری‌ها نیز اختلاف معنی‌داری در میزان غلظت پتاسیم برگ در مقایسه با شاهد ایجاد نمودند. دولتی بانه و همکاران (Doulati Baneh et al., 2020) نیز عنوان نمودند که تغییرات میزان پتاسیم برگ درختان انگور، کمتر تحت تأثیر نوع قارچ‌های بکار گرفته واقع شده است. رستمی‌کیا و همکاران (Rostamikia et al., 2017) در بررسی اثر باکتری‌های محرک رشد بر صفات رویشی و عناصر تغذیه‌ای نونهال‌های فندق اردبیل نیز عنوان نمودند که این باکتری‌ها بر میزان غلظت پتاسیم برگ اثر معنی‌داری ایجاد نمودند. همچنین با نتایج فتاحی و همکاران (Fattahi et al., 2017) در بررسی تأثیر قارچ میکوریز آربسکولار بر جذب و توزیع برخی عنصرهای غذایی در دانهال‌های پسته عنوان نمودند که تفاوتی بین دانهال‌های میکوریزی و بدون آن از نظر میزان انتقال پتاسیم مشاهده نشد، مطابقت دارد. این نتایج، با نتایج حسین‌زینلی و همکاران (Hosseinzeynali et al., 2019) که عنوان نمودند کاربرد هر سه تیمار قارچ *تری‌کودرما* باعث افزایش معنی‌دار غلظت پتاسیم در مقایسه با شاهد گردید، متفاوت است.

جذب کلسیم و منیزیم

نتایج نشان داد که کاربرد تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شیمیایی در باغات فندق بر جذب عناصر کلسیم و منیزیم برگ درختان معنی‌دار نبود. اما این دو عنصر کلسیم و منیزیم در تیمار T₄ (قارچ *تری‌کودرما*) در باغ دوم بالاترین مقدار را به ترتیب ۲/۱٪ و ۳۶/۰٪ افزایشی حدود ۵۰ و ۴۰ درصدی را در مقابل کمترین مقدار تیمار T₂ (تغذیه شیمیایی) ۱/۴ و ۰/۲۶ به خود اختصاص دادند. این نتایج حاکی از تأثیر مثبت هیف‌های قارچ‌های *تری‌کودرما* را

در جذب آب و مواد غذایی می‌باشد. اغلب سویه‌های تریکودرما، با ترشح اسیدهای آلی همچون اسید گلوکونیک، اسید سیتریک و اسید فوماریک محیط اطرف خود را اسیدی می‌کنند و در نتیجه قادر به حل کردن فسفات، منیزیم، ریزمغذی‌های آهن و منگنز خواهند بود (Harman et al., 2004). جمالی‌فرد و همکاران (Jamalifard et al., 2015) در بررسی تاثیر تیمارهای کود دامی و باکتری سودوموناس در دو رقم پسته عنوان نمودند که باکتری سودوموناس باعث افزایش جذب عناصر کلسیم و منیزیم به ترتیب به میزان ۳ و ۲۳ درصد در رقم قزوینی نسبت به بادامی ریز زرد شد که این افزایش از لحاظ آماری معنی‌دار نبود. این نتایج، با نتایج حسین‌زینلی و همکاران (Hosseinzeynali et al., 2019) که حاکی از عدم تاثیر قارچ‌های تریکودرما در باغات پسته رفسنجان بر غلظت عناصر نیتروژن و کلسیم بودند، تطابق دارد.

جذب آهن و منگنز

نتایج نشان داد که کاربرد تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شیمیایی بر جذب عنصر آهن در برگ درختان فندق در سطح خطای ۱٪ معنی‌دار بود. بیشترین میزان آهن (۸۹۱ میلی‌گرم بر کیلوگرم) در تیمار T₅ ترکیب قارچ تریکودرما و باکتری سودوموناس، افزایش ۱۷۲/۴۸ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد (۳۲۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) را داشت. اثر متقابل تیمارها در مکان‌های مختلف نیز در سطح ۱٪ معنی‌دار بود. لایق‌حقیقی و عباس‌زاده (Layeghhaghi and Abbaszadeh, 2022) عنوان نمودند اثر متقابل کود آلی ورمی‌کمپوست و باکتری محرک رشد در درختان به لیمو بر عناصر آهن، منگنز و روی در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بوده است. رسولی و همکاران (Rasouli et al., 2008) در مطالعات خود بر گندم بیان داشتند که باکتری سودوموناس فلورسنس، قادرند با تولید سیدروفور در گیاه تلقیح شده، نقش مهمی در جذب آهن داشته باشند. لی و همکاران (Li, 2015) نقش قارچ تریکودرما هارزیانوم در تنظیم رشد گیاه به دلیل خاصیت

کلات‌کنندگی ترشحات آن دانستند. جمالی‌فرد و همکاران (Jamalifard et al., 2015) عنوان نمودند که اضافه کردن باکتری به دو رقم پسته بادامی باعث افزایش تقریباً ۳۰ و ۶۰ درصدی جذب فسفر، آهن و روی به ترتیب در رقم زرنندی و قزوینی نسبت به شاهد گردید.

در خصوص عنصر منگنز، نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شیمیایی بر جذب عنصر منگنز معنی‌دار نبود. حسین‌زینلی و همکاران (Hosseinzeynali et al., 2019) نیز عنوان نمودند که کاربرد قارچ‌های تریکودرما با صفات محرک رشد گیاهی در باغ پسته تاثیر معنی‌داری بر جذب عنصر منگنز در برگ درختان نداشته است.

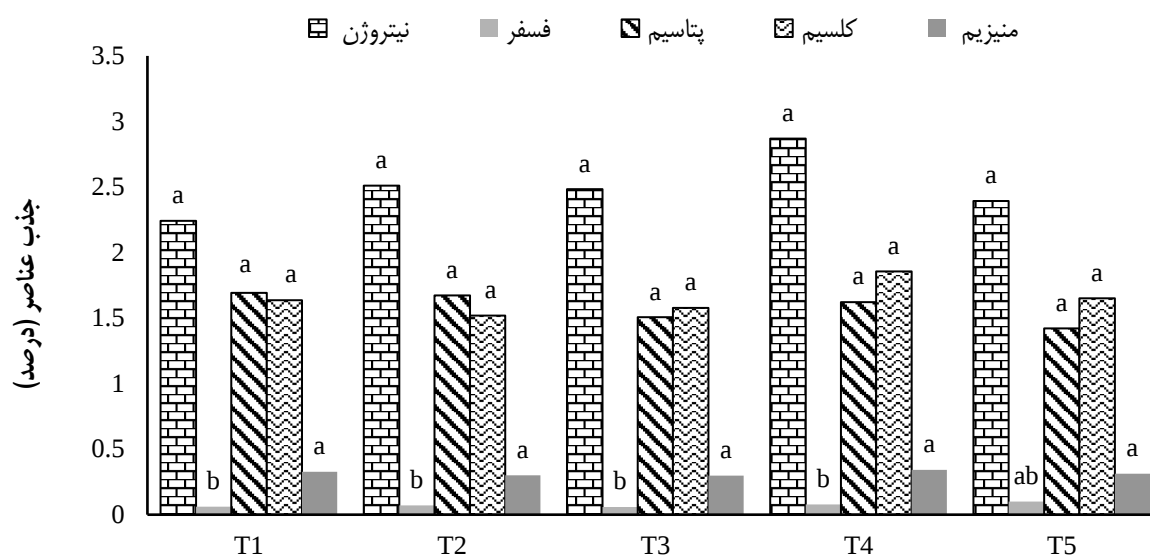
جذب مس و روی

نتایج نشان داد که اثر تیمارهای مختلف کودهای زیستی و شیمیایی بر جذب عنصر مس و روی معنی‌دار نبود. اثر متقابل مکان در تیمارها در خصوص عنصر مس سطح ۵٪ معنی‌دار بود. بیشترین میزان مس در تیمار T₅ (تیمار ترکیبی قارچ تریکودرما و باکتری سودوموناس) با میزان (۱۸/۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) در باغ شماره یک، افزایش ۱۴۶/۳۳٪ در مقایسه با تیمار شاهد (۷/۳۳ میلی‌گرم در کیلوگرم) داشت.

حسین‌زینلی و همکاران (Hosseinzeynali et al., 2019) در بررسی تاثیر قارچ‌های تریکودرمای محرک رشد بر بهبود رشد و تغذیه درختان پسته عنوان نمودند که تیمارهای قارچی تاثیر معنی‌داری بر غلظت مس و منگنز برگ درختان نداشته است، اما تاثیر معنی‌داری بر غلظت عنصر روی برگ درختان پسته داشت. جمالی‌فرد و همکاران (Jamalifard et al., 2015) نیز عنوان نمودند که اضافه کردن باکتری به دو رقم پسته بادامی باعث افزایش جذب عناصر مس و منگنز به ترتیب به میزان ۲۵ و ۳ درصدی در رقم قزوینی نسبت به بادامی ریز زرد شد که این افزایش از لحاظ آماری نیز معنی‌دار نبود و نشان دهنده پاسخ یکسان دو رقم در جذب این عناصر در حضور

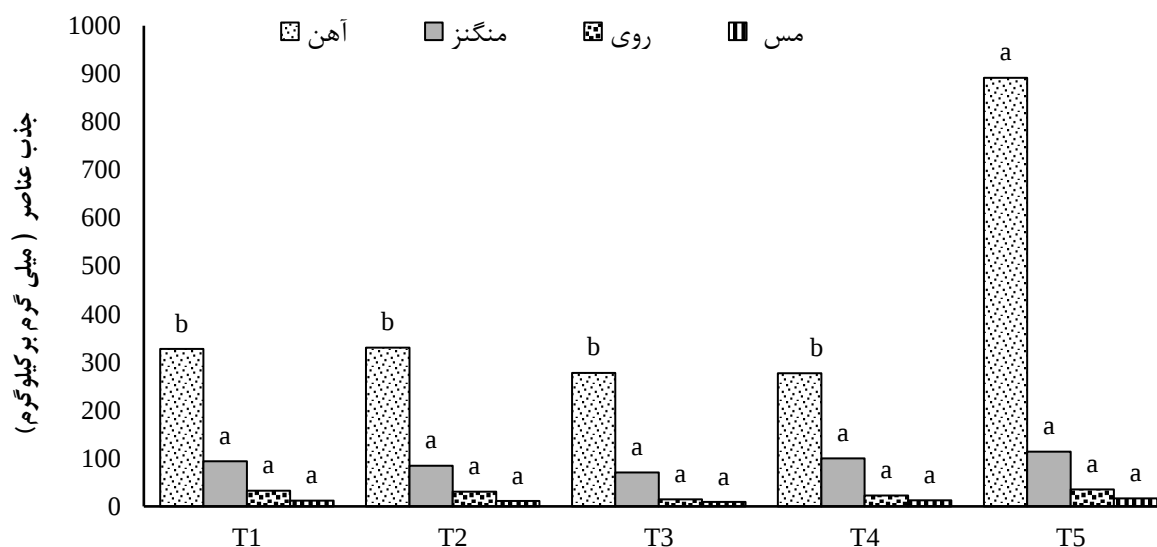
برابر، پنج برابر و ۳۴٪، نسبت به درختان شاهد چنار را افزایش دادند مطابقت نداشت.

باکتری بوده است. این نتایج با نتایج عالی‌پور و همکاران (Aalipour et al., 2015) که عنوان نمودند این کودهای زیستی غلظت عناصر فسفر، روی، آهن، به ترتیب چهار



تیمارها

شکل ۱- میانگین تاثیر تیمارهای مختلف بر جذب عناصر پرمصرف: T1 شاهد، T2 کودهای شیمیایی براساس آزمون خاک، T3 تیمار ۲ + باکتری سودوموناس، T4 تیمار ۲+ قارچ تریکودرما، T5 تیمار ۲ + (قارچ های تریکودرما و باکتری سودوموناس)، حروف مشترک بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد است.



تیمارها

شکل ۲- میانگین تاثیر تیمارهای مختلف بر جذب عناصر کم مصرف: T1 شاهد، T2 کودهای شیمیایی براساس آزمون خاک، T3 تیمار ۲ + باکتری سودوموناس، T4 تیمار ۲+ قارچ تریکودرما، T5 تیمار ۲ + (قارچ های تریکودرما و باکتری سودوموناس)، حروف مشترک بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد است.

جدول ۲- آنالیز واریانس (میانگین مربعات) غلظت عناصر ماکرو و میکرو برگ فندق تحت تأثیر تیمارهای شیمیایی و زیستی

منابع تغییرات	درجه آزادی	منگنز (mg/kg)	مس (mg/kg)	آهن (mg/kg)	روی (mg/kg)	منیزیم (%)	کلسیم (%)	پتاسیم (%)	فسفر (%)	نیتروژن (%)
مکان	۱	۵۴/۴۳ ^{NS}	۲۶۶/۲۸*	۴۳۲۸۱/۵۸*	۲۴۱۱/۹۸*	۰/۰۱۳**	۰/۷۲۳**	۱/۸۴۵**	۰/۰۱۹**	۰/۱۴۶ ^{NS}
خطا	۴	۱۶۵۵	۲۸/۴	۵۲۰۸۹	۱۹۵	۰	۰/۰۱	۰/۰۱	۰/۰۰۱	۰/۱۶
تیمار	۴	۱۵۸۷/۷۷ ^{NS}	۴۷/۸۸ ^{NS}	۴۱۹۷۰۴/۶۳**	۴۱۶/۸۵ ^{NS}	۰/۰۰۳ ^{NS}	۰/۰۹۸ ^{NS}	۰/۰۸۱ ^{NS}	۰/۰۰۲*	۰/۳۲۳ ^{NS}
تیمار* مکان	۴	۸۴۵/۰۶ ^{NS}	۶۹/۲۵*	۴۴۲۷۹۱/۷۳**	۳۵۲/۲۳ ^{NS}	۰/۰۰۱ ^{NS}	۰/۰۵۴ ^{NS}	۰/۰۶۵ ^{NS}	۰/۰۰۲*	۰/۳۵۱ ^{NS}
خطا	۱۶	۱۳۴۰	۲۶/۳	۷۷۸۶۵	۲۲۷	۰	۰/۰۴	۰/۰۴	۰/۰۰۱	۰/۲۵۰

*, ** و NS: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی دار

اثر تیمارها بر صفات رویشی درختان

رشد سرشاخه

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۳ و ۴) نشان داد که اثر اصلی تیمارهای مختلف زیستی و شیمیایی بر رشد سر شاخه‌ها در سطح خطای ۱٪ معنی دار بود. بیشترین میزان رشد رویشی سرشاخه‌ها در تیمار T5 ترکیب قارچ تریکودرما و باکتری سودوموناس (۱۳۶/۶ سانتی متر) افزایش رشد ۸۰/۲۱ درصدی را در مقایسه با شاهد (۷۵/۸ سانتی متر) داشت.

حسین زینلی و همکاران (Hosseinzeynali et al., 2019) گزارش کردند تأثیر قارچ‌های تریکودرما در تغذیه درختان پسته در شرایط نسبتاً شور و خشک، طول شاخه و تعداد جوانه و سطح برگ رویشی به ترتیب ۵۵/۸، ۳۷/۴ و ۵۰ درصد در مقایسه با درختان شاهد افزایش داد. رستمی‌کیاء و همکاران (۱۴۰۳) نیز عنوان نمودند که بیشترین رویش ارتفاعی با ۶/۵۴ سانتی متر، بیشترین مقدار زیاده ریشه، ساقه و برگ به ترتیب با ۲۲/۵۱، ۲۰/۵۰ و ۵/۳۲ گرم به نهال‌های فندق با مبدأ فندقلو در اثر تلقیح با قارچ تریکودرما و کمترین مقدار آن به نهال‌های شاهد اختصاص دارد، آنها عنوان نمودند که قارچ تریکودرما با بهبود سیستم ریشه‌ای و افزایش سطح ریشه نهال‌ها، جذب آب و عناصر غذایی را توسط گیاه تسهیل کرده و سبب

افزایش رشد رویشی نهال‌های فندق گردیده است. در این راستا، استون و همکاران (Estau et al., 2003) با بررسی اثر تلقیح قارچ‌های میکوریزی بر نهال‌های زیتون در شرایط نهالستان و عرصه در شمال شرقی اسپانیا نشان دادند که این قارچ‌ها باعث افزایش رشد رویشی نهال‌ها شدند. سینگ و همکاران (Singh et al., 2010) بر این باورند که گونه های قارچی تریکودرما به دلیل افزایش جذب مواد مغذی سبب افزایش رشد گیاهان می‌شوند.

عرض پهنک و وزن برگ

اثر اصلی تیمارهای مختلف زیستی و شیمیایی بر عرض پهنک و وزن برگ در سطح خطای ۱٪ معنی دار بود. بیشترین عرض پهنک در تیمار T4 تیمار تریکودرما (۱۱/۸۶ میلی متر) افزایش ۳۹/۵۳ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد (۸/۵ میلی متر) داشت. بیشترین میزان وزن برگ در تیمار T5، تیمار ترکیبی باکتری سودوموناس و قارچ تریکودرما (۱/۷ گرم) افزایش دو برابری در مقایسه با تیمار شاهد (۰/۸ گرم) را داشت. افزایش عملکرد و ویژگی های رشد می‌تواند به دلیل افزایش سطح جذب ریشه‌ها از طریق نفوذ میسلیوم قارچ در خاک و بالطبع دسترسی گیاه به حجم بیشتری از خاک گردد (Sonar et al., 2013). باکتری‌ها نیز می‌توانند از طریق تأمین منابع غذایی و انواع

آنزیم‌های مانند کاتالاز و پراکسیداز نسبت داده‌اند و نقش این آنزیم‌ها در سنتز کلروفیل یک فاکتور مهم محسوب می‌شود (Kavino et al., 2010).

زینلی‌بافقی و همکاران (Zainli Bafghi et al., 2018) با بررسی تأثیر باکتری‌های محرک رشد بر صفات رشدی و فیزیولوژیکی درختان پسته عنوان نمود که اثرات سطوح مختلف باکتری‌های محرک رشد و اثرات متقابل آنها بر روی شاخص‌های رشدی نشان‌دهنده افزایش در تمام شاخص‌های رشدی به خصوص در تیمارهای استفاده ترکیبی از این عوامل است، به نحوی که همواره کمترین شاخص‌ها مربوط به تیمار شاهد و بیشترین شاخص‌ها مربوط به تیمار کاربرد باکتری می‌باشد. آنها بیشترین میزان محتوای کلروفیل کل مربوط به تیمار استفاده از باکتری محرک رشد (R8) در مورد هر سه رقم اکبری، احمدآقایی و بادامی عنوان نمودند.

شاخص‌های عملکرد درختان

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جداول ۳ و ۴) نشان داد که اثر اصلی تیمارهای مختلف زیستی و شیمیایی بر صفات عملکردی مانند عملکرد تر، وزن میوه، طول میوه و عرض میوه در سطح خطای ۱٪ معنی‌دار بود. بیشترین مقدار عملکرد در تیمار T5 تیمار ترکیبی قارچ و باکتری (۸/۱ kg/tree) افزایش ۲۸/۵۷ درصدی در مقایسه با شاهد (۶/۳ kg/tree) را نشان داد. بیشترین وزن و طول میوه به ترتیب (۲/۳۵ گرم) و (۱۷/۶۵ میلی‌متر) در تیمار T4 (قارچ تریکودرما) در مقایسه با تیمار شاهد افزایش ۳۸/۲۴ و ۱۱/۷۱ درصدی را نشان دادند. بیشترین عرض میوه در تیمار T5 (۱۸/۹۹ میلی‌متر) افزایش ۱۰/۵۳ درصدی در مقایسه با شاهد را داشت. به طور کلی استفاده از قارچ‌ها باعث بهبود وضعیت شاخص‌های زایشی و رویشی در گیاهان می‌شود. بسیاری از مطالعات نشان می‌دهد که حضور باکتری در ریزوسفر و اندو-ریزوسفر گیاه میزبان، آثار معنی‌داری در بهبود شاخص‌های مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی گیاه و در نتیجه ازدیاد

پروتئینهای مورد نیاز گیاه، موجب بهبود خصوصیات شیمیایی، فیزیکی و زیستی خاک، افزایش تولید اسیدهای آمینه و آلی، کاهش اثرات تنش‌های محیطی از طریق افزایش مقاومت گیاه و حفظ رطوبت بیشتر در اطراف ریشه شوند، در نتیجه رشد گیاه را بهبود می‌بخشند (Mokaram-Kashtiban et al., 2020).

حسین‌زینلی و همکاران (Hosseinzeinali et al., 2019)

نیز در بررسی تأثیر قارچ‌های تریکودرمای محرک رشد بر بهبود رشد و تغذیه درختان پسته عنوان نمودند که تیمارهای تلقیح شده با سه تیمار قارچی تریکودرما پارامترهای رویشی شامل طول شاخه تا (۶۰٪)، تعداد جوانه رویشی تا (۳۰٪)، سطح برگ تا (۵۰٪) در درختان پسته به طور معنی‌داری در مقایسه با شاهد بدون تلقیح افزایش داده است. رستمی‌کیاء و همکاران (Rostamikia et al., 2017) بیشترین ارتفاع و قطر یقه نونهال‌های فندق اردبیل به ترتیب با ۲۶/۸۸ سانتی‌متر و ۷/۱۷ میلی‌متر در تلقیح تلفیقی سه گونه PGPR به دست آمد، اندازه سطح برگ در تلقیح مجزا و ترکیبی باکتری‌ها نسبت به شاهد بزرگتر بود. نظری و همکاران (Nazeri et al., 2023) نیز بیان نمودند تلقیح قارچ تریکودرما سبب افزایش معنی‌دار محتوی نسبی آب برگ نهال‌های تلقیح شده درختان هلو در مقایسه با نهال‌های شاهد شد.

شاخص سبزی‌نگی

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جداول ۳ و ۴) نشان داد که اثر اصلی تیمارهای مختلف زیستی و شیمیایی برای شاخص کلروفیل در سطح خطای ۱٪ معنی‌دار بود. بیشترین میزان کلروفیل برگ در تیمار T3 تیمار باکتری (۱۴/۳۱) افزایش ۱۰۰/۷۰ درصدی در مقایسه با تیمار شاهد (۷/۱۳) را داشت. به نظر می‌رسد که دلیل این افزایش به جهت جذب بیشتر عناصری چون آهن باشد که نقشی اساسی در ساختمان کلروفیل دارند. بیان شده است که باکتری سودوموناس بر میزان کلروفیل تأثیر معنی‌داری داشته است، این افزایش کلروفیل را به افزایش فعالیت

محصول پدید می‌آورد (Egamberdiyeva *et al.*, 2004).
فرخوند و همکاران (Farrokhvand *et al.*, 2020) عنوان
نموده‌اند که حضور تریکودرما در خاک موجب آزاد سازی
عناصر معدنی قابل جذب برای گیاه می‌شود. تغذیه مناسب
موجب افزایش رشد و میزان ماده خشک گیاه در نتیجه
تحریک گلدهی می‌گردد (Cuevas, 2006). حقیقت‌نیا و
رجالی و (Haghighatnia And Rejali, 2022) مصرف
قارچ مایکورایزا تحت شرایط تنش شدید رطوبتی
در درختان لیمو سبب افزایش عملکرد، وزن میوه، قطر میوه،
کلروفیل برگ، رطوبت نسبی برگ، غلظت فسفر برگ
و کارایی مصرف آب گردید. رضائی‌چیان و همکاران
(Rezaei Chianeh *et al.*, 2017) در بررسی اثر کود آلی
و زیستی بر عملکرد و برخی خصوصیات کیفی بالنگوی
شهری در شرایط دیم عنوان نمود بیشترین عملکرد دانه،
محتوی اسانس، عملکرد موسیلاژ و درصد پروتئین دانه از
تیمار ترکیبی سه گانه ۷۵ درصد ورمی‌کمپوست + کود
زیستی + ۲۵ درصد کود شیمیایی به دست آمد. نظری و
همکاران (Nazeri *et al.*, 2023) نیز بیان نمودند تلقیح
قارچ تریکودرما سبب افزایش معنی‌دار وزن تر، ماده خشک
نهال‌های تلقیح شده درختان هلو در مقایسه با نهال‌های
شاهد شد.

جدول ۳- آنالیز واریانس صفات رویشی و عملکردی درختان فندق تحت تأثیر تیمارهای شیمیایی و زیستی

منابع تغییرات	درجه آزادی	عرض میوه (mm)	طول میوه (mm)	وزن میوه (g)	کلروفیل	وزن برگ (g)	عرض پهنک (mm)	رشد سرشاخه (cm)	عملکرد میوه تر (kg/tree)
سال	۱	۰/۰۸۶ ^{ns}	۰/۵۳۶ ^{ns}	۰/۱۲۹ ^{ns}	۲/۱۹ ^{ns}	۲/۶۸ ^{**}	۳/۱۶ ^{ns}	۱۶۵۱۱/۳۶ ^{**}	۱۵۰۵/۰۰ ^{**}
مکان	۱	۴/۱۰ ^{ns}	۰/۶۷۲ ^{ns}	۰/۷۷۱ ^{**}	۲۱/۹۰۱ ^{**}	۰/۷۴۱ ^{**}	۳۳/۴۴ ^{**}	۱۸۷۰/۵۳ ^{**}	۱۰۴۴/۱۷ ^{**}
سال × مکان	۱	۰/۰۲۸ ^{ns}	۰/۱۴۵ ^{ns}	۰/۹۸۳ ^{**}	۱/۴۷۶ ^{ns}	۰/۷۲۴ ^{**}	۰/۱۳ ^{ns}	۸/۰۸۹ ^{ns}	۰/۹۳۷ ^s
خطا	۸	۱/۰۶	۰/۳۱	۰/۰۴	۲/۱۱	۰/۰۵	۰/۷	۲۷۴	۱۳/۱
تیمار	۴	۵/۸۷ ^{**}	۶/۸۱ ^{**}	۰/۷۲۱ ^{**}	۹۱/۵۶ ^{**}	۱/۳۷ ^{**}	۱۸/۸۸ ^{**}	۸۰۳۴/۶۴ ^{**}	۵۹/۸۱ ^{**}
تیمار × سال	۴	۰/۹۳۴ ^{ns}	۱/۱۰۹ ^{**}	۰/۰۵۸ ^{ns}	۱۳/۵۲ ^{**}	۱/۱۹ ^{**}	۰/۸۰۵ ^{ns}	۲۰۲/۳۸ ^{ns}	۴/۲۸ ^{ns}
تیمار × مکان	۴	۲/۶۹ [*]	۱/۳۸ ^{**}	۰/۱۰۸ [*]	۴/۳۸ ^{ns}	۰/۲۲۹ ^{**}	۲/۵۸ ^{ns}	۲۲۴/۵۲ ^{ns}	۵۵/۳۹ ^{**}
تیمار × سال × مکان	۴	۱/۹۱۸ ^{ns}	۰/۷۰۳ [*]	۰/۰۸۱ ^{ns}	۹/۱۹ ^{**}	۰/۳۵۱ ^{**}	۲/۹۹۶ ^{ns}	۶۷/۹۸۴ ^{ns}	۲/۱۲۵ ^{ns}
خطا	۳۲	۰/۲۴	۰/۲۴	۰/۰۵	۲/۲۴	۰/۰۳۵	۱/۷۵	۱۲۳	۴/۵۲

*, **, ns: به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد و غیر معنی‌دار

جدول ۴- مقایسه میانگین اثرات ساده تیمارهای شیمیایی و زیستی بر صفات رویشی و عملکردی درختان فندق

تیمارها	عملکرد میوه تر (kg/tree)	رشد سرشاخه (cm)	عرض پهنک (mm)	وزن برگ (g)	کلروفیل	وزن میوه (g)	عرض میوه (mm)	طول میوه (mm)
۱- تیمار شاهد	۶/۳۹ ^b	۷۵/۸۲ ^c	۸/۸۶ ^c	۰/۸۳۱ ^c	۷/۳۲ ^c	۱/۷۳ ^b	۱۷/۱۵ ^b	۱۵/۸۱ ^c
۲- تیمار تغذیه شیمیایی	۷/۸۱ ^a	۱۱۷/۸۵ ^b	۱۱/۷۵ ^{ab}	۱/۳۶ ^b	۱۳/۳۶ ^{ab}	۲/۱۷ ^a	۱۸/۵۱ ^a	۱۶/۸۷ ^b
۳- تغذیه شیمیایی + باکتری بهبود دهنده رشد	۸/۰۳ ^a	۱۳۴/۹۰ ^a	۱۰/۶۷ ^b	۱/۳۳ ^b	۱۴/۳۱ ^a	۲/۲۵ ^a	۱۸/۶۳ ^a	۱۷/۲۶ ^{ab}
۴- تغذیه شیمیایی + قارچ تریکودرما	۷/۹۷ ^a	۱۳۴/۹۷ ^a	۱۱/۸۷ ^a	۱/۶۶ ^a	۱۲/۹۸ ^b	۲/۳۵ ^a	۱۸/۳۵ ^a	۱۷/۶۵ ^a
۵- تغذیه شیمیایی + باکتری بهبود دهنده رشد + قارچ تریکودرما	۸/۱۳ ^a	۱۳۶/۵۹ ^a	۱۱/۵۷ ^{ab}	۱/۶۵ ^a	۱۲/۷۲ ^b	۲/۳۷ ^a	۱۸/۹۹ ^a	۱۷/۵۸ ^a

حروف مشترک بیانگر عدم وجود اختلاف معنی‌داری در سطح پنج درصد است.

نتیجه گیری کلی

کاربرد کودهای زیستی محرک رشد گیاه (قارچ *تریکودرما* و *باکتری سودموناس*) نقش مؤثری در افزایش معنی دار خصوصیات رویشی مانند، رشد سرشاخه، میزان کلروفیل، پهنک برگ، وزن برگ و خصوصیات عملکردی مانند، طول میوه، عرض میوه و وزن میوه و نهایتاً عملکرد درختان فندق داشتند. کاربرد این کودهای زیستی جذب عناصر غذایی مانند فسفر، مس و آهن را به طور معنی داری در درختان فندق افزایش دادند. استفاده از این ریزجانداران مفید خاکزی خصوصاً به صورت ترکیبی (قارچ *تریکودرما* و *باکتری سودموناس*) به عنوان کودهای زیستی همراه با کودهای شیمیایی می تواند راهکار مناسبی جهت غلبه بر تنش های محیطی، بهبود جذب عناصر غذایی، بهبود

سبزیگی، رفع سرخشیدگی، افزایش رشد و عملکرد درختان فندق منطقه اشکورات رودسر باشد. نتایج این تحقیق می تواند تاثیر کاربرد تلفیقی کودهای آلی، زیستی و مقدار مناسب از کودهای شیمیایی براساس آزمون خاک را در شرایط سخت اقلیمی نشان دهد.

سپاسگزاری

بدین وسیله نویسندگان از سازمان جهاد کشاورزی استان گیلان، به ویژه جناب آقای مهندس مسعود الماسی ریاست وقت سازمان جهاد کشاورزی استان و آقای مهندس کامران میرحسینی و آقای مهندس منوچهر پارسافر جهت حمایت ها و تامین مالی پروژه تقدیر و تشکر می نمایند.

References

1. Aalipour, H., Nikbakht, A., Etemidi, N., Noorbakhsh, F. and Rejali, F. 2015. Investigating the effect of *mycorrhizal* fungi on the growth and nutrient absorption of plantain trees. Crop and Horticulture Processing Production, 6 (21), 81-89. (In persian)
2. Ahmad, F., Ahmad I., and Khan, M.S. 2006. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. Microbial Research 36: 1-9.
3. Ajili Lahiji, A. Basirat, M. 2018. Investigating the chemical and physical characteristics of the soils of hazelnut orchards in Gilan province. The 16th Iran Soil Science Congress, Aug, 5. 2018, Zanzan, Iran. (In Persian)
4. Ajili Lahiji, A., Javadi Mojadad, D., Mahboob Khomami, A., Padasht Dahkaei, M., Almasi, M., Adili A., Mirhosseini, K., Shirin Fekar, A. and Mohammadpour, P. 2016. Investigating the nutritional status of hazelnut orchards in Gilan province, final report of the research project, Soil and Water Research Institute, Gilan Agricultural and Natural Resources Research Center. (In persian)
5. Altomare, C., Norvell, W.A., Björkman, T., and Harman, G.E. 1999. Solubilization of phosphates and micronutrients by the plant-growth-promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* 1295-22. Applied and Environmental Microbiology, 65, 2926-2933.
6. Anith, K.N., Faseela, K.M., Archana, P.A., and Prathapan, K.D. 2011. Compatibility of Piriformospora indica and Trichoderma harzianum as dual inoculants in blackpepper (*Piper nigrum* L.). Symbiosis 55, 11-17.
7. Arzanesh, M., Beeny Aghil, N., Ghorbanli, M. and Shahbazi, M. 2013. Effect of plant growth stimulating bacteria on growth parameters and concentration of low consumption elements in two canola cultivars under salt stress. Journal of Soil Management and Sustainable Production, 2(2), 153-163. (In persian)
8. Azarmi, R., Hajieghrari, B., and Giglou, A. 2011. Effect of *Trichoderma* isolates on tomato seedling growth response and nutrient uptake. African Journal of Biotechnology 10: 5850-5855.
9. Benitez, T., Rincon, A.M., Limon, M.C., and Codon, A.C. 2004. Biocontrol mechanisms of Trichoderma strains. International Microbiology, 7 (4), 249-260.
10. Bjorkman, T., Blanchard, L.M., and Harman, G.E. 1998. Growth enhancement of shrunken-2 (sh2) sweet corn by *Trichoderma harzianum* 1295-22, effect of environmental stress. Journal of American Society for Horticultural Science 123(1), 35-40.
11. Boiero, L., Perrig, D., Masciarelli, O., Pena, C., Cassán, F. and Luna, V. 2007. Phytohormone production by strains of *Bradyrhizobium japonicum* and possible physiological and technological implications. Applied Microbiology and Biotechnology 74(4), 874-880.
12. Bremner, J.M., and Keeney, D.R. 1965. Steam distillation methods for determination of ammonium nitrate and nitrate. Analytica Chimica Acta 32: 465-495.
13. Caravaca, F., Barea, J.M., Figueroa, D., and Roldán, A. 2002. Assessing the effectiveness of *mycorrhizal* inoculation and soil compost addition for enhancing reafforestation with *Olea europaea* subsp. *sylvestris* through changes in soil biological and physical parameters. Applied Soil Ecology 20, 107-118.
14. Chapman, H.D., and Pratt, P.F. 1961. Ammonium vanadate-molybdate method for determination of phosphorus. Methods of analysis for soils, Plants and Water, 11, 83-94.
15. Contreras-Cornejo, H. A., Ortiz-Castro, R. and Lopez-Bucio, J. 2013. Promotion of plant growth and the induction of systemic defence by *Trichoderma* Physiology, genetics and gene expression. Trichoderma Biology and Applications., 21, 175-196.
16. Copping, L.G. 1998. The Biopesticide manual. 1 st ed. British Crop Protection Council, UK, 333 P.P.
17. Cottenie, A. 1980. Methods of plant analysis. In soil and plant testing as a

- basis of fertilizer recommendations. FAO Soils Bulletin, Rome, Italy, 64-100.
18. Cuevas, C. 2006. Soil Inoculation with *Trichoderma pseudokoningii* rifai enhances yield of rice. Philippine Science 135(1), 31-37.
19. Doulati Baneh, H., Ghanishayeste, F., and Nourjou, A. 2020. Effect of *arbuscular mycorrhizal* fungus treatments on growth and some nutrient elements uptake of grapevine cv 'Rasha' (*Vitis vinifera* L.) under deficit irrigation stress condition', Iranian Journal of Horticultural Science, 51(1), pp. 109-121. (In persian)
20. Egamberdiyeva, D., Juraeva, D., Poberejskaya, S., Myachina, O., Teryuhova, P., Seydalieva, L. and Aliev, A. 2004. Improvement of wheat and cotton growth and nutrient uptake by phosphate solubilizing bacteria. Proceedings of the 26th Southern Conservation Tillage Conference for Sustainable Agriculture. Raleigh, North Carolina, June 8-9, Pp, 58-66.
21. Elad, Y., Lifshitz, R., and Baker, R. 1985. Enzymatic activity of the mycoparasite *Pythium nunn* during interaction with host and non-host fungi. Physiological Plant Pathology, 27, 131-148.
22. Estaun, V., Camprub, A., and Calvet, C. 2003. Nursery and field response of olive tree inoculated with two *arbuscular mycorrhiza* fungi *Glomus intraradices* and *Glomus mosseae*. Journal of the American Society for Horticultural Science, 128 (5), 767-775.
23. Fallah Nosratabad, A. and Khoshru, B. 2024. Potentials and challenges of biofertilizers in sustainable agriculture, Journal of Soil Biology, 12(1), 19-63.
24. FAO, 2020. Statistical database of FAO. Available online at: <http://www.fao.org>.
25. Farrokhvand, I., Reezi, S., Barzegar, R., Fattahi, M. 2020. Effect of symbiosis of several *mycorrhiza arbuscular* fungi species on some quality and physiological indices of potted lisianthus flower (*Eustoma grandiflorum* 'Matador Blue'), Iranian Journal of Horticultural Science, 50 (4), 815-824. (In persian)
26. Fattahi, M., Shamshiri, M.H., and Naslolahpournmoghadam, S. 2017. Effect of *arbuscular mycorrhizal* (*Glomus mosseae*) on the uptake and distribution of elements (P, K, Ca, Mg, Na, Cl, Cu and Zn) in Pistachio seedlings 'Sarakh's', 'Abareghi' and 'Bane Baqi' (*P. eurycarpa* × *P. mutica*) in salinity conditions', Iranian Journal of Horticultural Science, 48(1), pp. 175-189. (In persian)
27. Gharghani A., Hosseini, A. and Zarei, M. 2016. The effect of *arbuscular* root fungi on seasonal changes of some growth and physiological indicators of apple rootstocks in a calcareous soil. Iranian Journal of Horticultural Sciences and Techniques, 18 (3), 315-328. (In persian)
28. Ghasimnejad, A. and Bababizad, V. 2012. The influence of piri fungus (*Priformospora indica*) on vegetative growth and the content of caffeic acid of leaves of artichoke (*Cynara scolymus* L.) plant, Plant Production Research, 18 (1), 133-140. (In persian)
29. Glick, BR. 2005. Modulation of plant ethylene levels by the bacterial enzyme ACC deaminase. FEMS Microbiology Letters, 251, 1-7.
30. Gupta, ML., Prasad, A., Ram, M., and Kumar, S. 2002. Effect of the *vesicular arbuscular mycorrhizal* (VAM) fungus *Glomus fasciculatum* on the essential oil yield related characters and nutrient acquisition in the crops of different cultivars of menthol mint (*Mentha arvensis*) under field conditions. Bioresource Technology 81(4), 77-79.
31. Harman, GE., Howell, CR., Viterbo, A., Chet, I., and Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species-opportunistic, avirulent plant symbionts. Nature Reviews 2, 43-56.
32. Henry, S., Texier, S., Hallet, S., Bru, D., Dambreville, C., Chèneby, D., Bizouard, F., Germon, J.C. and Philippot, L. 2008. Disentangling the rhizosphere effect on nitrate reducers and denitrifiers, insight into the role of root exudates. *Environmental Microbiology*, 10 (11), 3082-3092.

33. Hossein-Ava, S., Razavi Ahri, v. and Javadi, D. 2019. Identification and registration of some genotypes of hazelnut using morphological characteristics, final report of Seedling and Seed Breeding Research Institute, Horticulture Research Department, Karaj. (In persian)
34. Hosseini, S. S., Rejali, F. and Keshavarz, P. 2024. Effect of Some Biofertilizers on the Physiological Characteristics of Wheat Flag Leaves and Rhizosphere Enzyme Activities at Different Irrigation Levels. *Journal of Soil Biology*, 12(1), 65-88.
35. Hosseinzeynali, A., Abbaszadeh Dehaji, P., Alaei, H., Hosseinifard, J. and Akhgar, A. 2019. Investigating the effect of growth-stimulating *Trichoderma* fungi on improving the growth and nutrition of pistachio trees in garden conditions, *Journal of Soil Biology*, 8 (2), 115-128. (In persian)
36. Jamalifard, A., Abbas zadeh Dehji, P. and Akhgar, A. 2015. Investigation of the response of two pistachio cultivars, Zarand and Qazvini, in terms of growth and nutrition, to the application of cow manure and *fluorescent Pseudomonas*, *Journal of Soil Biology*, 4 (2), 177-188. (In persian)
37. Kaewchai, S., Soyong, K., Hyde, KD. 2010. *Mycofungicides* and fungal biofertilizers. *Fungal Diversity*, 38, 25-50.
38. Kavino, M., Harish, S., Kumar, N., Saravanakumar, D. and Samiyappan, R. 2010. Effect of chitinolytic PGPR on growth, yield and physiological attributes of banana (*Musa* spp.) under field conditions. *Applied Soil Ecology*, 45, 71-77.
39. Kizilkaya, R., and Dumbadze, G., GÜLSER, C., and Jgenti, L. 2022. Impact of NPK fertilization on hazelnut yield and soil chemical-microbiological properties of Hazelnut Orchards in eastern Georgia. *Eusian Journal of Soil Science (EJSS)*, 11, 206-215. <https://doi.org/10.18393/ejss.1060314>.
40. Kothari, S.K., Marschner, H., and Romheld, V. 1990. Direct and indirect effects of VA *mycorrhiza* fungi and rhizosphere microorganisms on acquisition of mineral nutrients by maize in a calcareous soil. *New Phytology*, 116, 637-645
41. Layeghhaghighi, M., Abbaszadeh, B. 2022. Evaluation quantitative, qualitative traits and elements adsorption of lemon verbena (*Lippia citriodora* L.) under biochar, vermicompost and plant growth promoting *rhizobacteria*. *Horticultural Sciences of Iran*, 53 (3), 679-667. (In persian)
42. Li, RX., Cai, F., Pang, G., Shen, QR., Li, R. and Chen, W. 2015. Solubilisation of phosphate and micronutrients by *Trichoderma harzianum* and its relationship with the promotion of tomato plant growth. *PLoS One*. 10(6): e013008.
43. Mohammadi Eshkaftaki, M. and Rejali, F. 2021. Effect of mycorrhizal symbiosis on growth properties and colonization of common Almond rootstock at water deficit conditions. *Journal of Soil Biology*, 9(1), 15-28.
44. Mohammadi, Kh., Qalavand, A., Agha Alikhani, M., Sohrabi, Y. and Heydari, G. 2019. The effectiveness of chickpea seed quality from different systems of increasing soil fertility. *Crop Production*, 3(1): 103-119. (In persian)
45. Mokaram-Kashtiban, S., Hosseini, S. M., Tabari Kouchaksaraie, M., and Younesi, H. 2020. Bioavailability of soil heavy metals as influenced by biochar and rhizosphere bacteria in the white willow (*Salix alba* L.) phytoremediation process, *Applied Soil Research*, 7(4), 196-211. (In persian)
46. Moradi, R., Nasiri Mahalati, M., Rizvani Moghadam, P., Lekzian, A., and Nejad Ali, A. 2018. The Effect of Application of Organic and Biological Fertilizers on Quantity and Quality Essential Oil of (*Foeniculum vulgare* Mill.) Fennel. *Horticultural Sciences*, 25 (1), 25-33. (In persian)
47. Nazeri, M., Tabatabai, J. and Sharfi, Y. 2023. Evaluation of Yield and Quality of Peach Fruit (*Prunus persica* var Red Top) Cultivated under Split Roots System, Inoculated with Fungi and Irrigated with different Levels *Horticultural Sciences*, 37 (1), 119-105. (In persian)

48. Nicolosi, E., Leotta, G., and Raiti, G., 2009. Effect of foliar fertilization on hazelnuts growing in Mount Etna area. *Acta Horticulturae* 845, 373-378.
49. Olsen, J.L.; Cacka, J.F. 2009. Foliar Fertilizers on Hazelnuts in Oregon, USA. *Acta Horti*, 845, 349-352.
50. Pich, A.L., Miller, R.H. and Keeney, D.R. 1992. Method of Soil Analysis. Part II: Chemical and Mineralogical Properties (2nded.). Madison, Wisconsin.
51. Rafiee, H. Naghdi Badi, H. Mehrafarin, A. Qaderi, A. Zarinpanjeh, N. Sekara, A. and Zand, E. 2016. Application of Plant Biostimulants as New Approach to Improve the Biological Responses of Medicinal Plants- A Critical Review. *Journal of Medicinal Plants*, 15(59), 6-39.
52. Rasouli, M.H.S., Barin, M., and Jalili, F. 2008. The effect of PGPR inoculation on the growth of wheat. International meeting on soil fertility land management and agroclimatology. Turkey, Pp, 891-898.
53. Rayan, J.R., Estefan, G. and Rashid, A. 2001. Soil and Plant Analysis Laboratory Manual (2nded.). ICADRA. Syria.
54. Rejali, F. And Haghighat, H. 2022. Effects of *arbuscular mycorrhizal* fungi and irrigation levels on yield and growth characteristics of lemon trees (*Citrus aurantifolia*) in Darab, *Soil Biology*, 10(1), 21-32. (In persian)
55. Rezaei Chianeh, A., Faridvand, Sh., Amirmia, R., Mahdavi Kia, H. and Rahimi, A. 2017. Effect of Organic and Biofertilizers on Yield and Some Qualitative Characteristics of the Dragon's Head (*Lallemantia iberica*) in Dryfarming Conditions, *Agricultural Knowledge and Sustainable Production*, 28(4), 25-40. (In persian)
56. Rostamikia, Y., Matinizadaeh, M. and Rahmani, A. 2022. The effect of seed origin and *mycorrhizal* inoculation on the vegetative and physiological characteristics of hazelnut seedlings in Fandoghlo region, *Journal of Forest and Wood Products*, 72 (2): 153-141. (In persian)
57. Rostamikia, Y., Matinizadaeh, M. and Rahmani, A. 2024. The effect of Rifai fungus *Trichoderma harzianum* on the survival, growth and nutrition of forest hazelnut seedlings in the conditions of the forest area of Fandaghlo, *Wood and Forest Science and Technology Research*, 31 (1), 61-43. (In persian)
58. Rostamikia, Y., Tabari Kochaksaraei, M., Asgharzadeh, A. and Rahmani, A. 2017. The effect of growth-promoting bacteria on vegetative traits and nutritional elements of hazelnut seedlings (*Corylus avellana*) in Ardabil Hazelnut Nursery, *Iran Forest and Poplar Research*, 25 (1), 116-126. (In persian)
59. Rudresh, D.L., Shivaprakash, M.K., and Prasad, R.D. 2005. Effect of combined application of *Rhizobium*, *phosphate solubilizing bacterium* and *Trichoderma spp.* on growth, nutrient uptake and yield of chickpea (*Cicer aritenium L.*). *Applied Soil Ecological*, 28, 139-146.
60. Silvestri, C.; Bacchetta, L.; Bellincontro, A., and Cristofori, V. 2021. Advances in Cultivar Choice, Hazelnut Orchard Management, and Nut Storage to Enhance Product Quality and Safety. An Overview. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, 101, 27-43.
61. Singh, V., Singh, P., Yadav, R., Awasthi, S., Joshi, B., Singh, R., Lal, R. and Duttamajumder, S. 2010. Increasing the efficacy of *Trichoderma harzianum* for nutrient uptake and control of red rot in sugarcane. *Journal of Horticulture and Forestry*, 2, 66-71.
62. Snare, L. 2008. Hazelnut production. Primefacts. Profitable & Sustainable Primary Industry. Primefact 765, 8p. Available at: https://www.dpi.nsw.gov.au/data/assets/pdf_file/0007/247939/Hazelnut-production.
63. Sonar, B.A., Kamble, V.R., and Chavan, P.D. 2013. Native AM fungal colonization in three Hibiscus species under NaCl induced salinity. *Journal of Pharmaceutical and Biological Sciences*, 5(6), 7-13.
64. Tous, J., Romero, A., Plana, J., Sentis, X., and Ferrán, J. 2004. Effect of nitrogen, boron and iron fertilization on

- yield and nut quality of Negret hazelnut trees. ISHS Acta Horticulturae 686: VI International Congress on Hazelnut. Pp. 277-280.
65. Vaid, S.K., Kumar, B., Sharma, A., Shukla, A.K. and Srivastava, P.C. 2014. Effect of zinc solubilizing bacteria on growth promotion and zinc nutrition of rice. Journal of Soil Science and Plant Nutrition, 14(4), 889-910.
66. Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L., Marra, R., Woo, S.L. and Lorito, M. 2008. Trichoderma-plant-pathogen interactions. Soil Biology and Biochemistry, 40, 1-10.
67. Vyas, P., and Gulati, A. 2009. Organic acid production in vitro and plant growth promotion in maize under controlled environment by phosphate-solubilizing fluorescent *Pseudomonas*. BMC Microbiology 9(1), 174-183.
68. Wei, L., and Zhai, Q. 2010. The dynamics and correlation between nitrogen, phosphorus, potassium and calcium in a hazelnut fruit during its development. Frontiers of Agriculture in China, 4(3), 352-357.
69. Wei, Y., Zhao, Y., Shi, M., Cao, Z., Lu, Q., Yang, T., Fan, Y. and Wei, Z. 2018. Effect of organic acids production and bacterial community on the possible mechanism of phosphorus solubilization during composting with enriched phosphate-solubilizing bacteria inoculation. Bioresource Technology, 247, 190 -199.
70. Wu, Q.S., and Xia, R.X. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. Journal of Plant Physiology, 163, 417-425.
71. Yadidia, I., Srivastva, A.K., Kapulnik, Y. and Chet, I. 2001. Effect of *Trichoderma harizanum* on microelement concentrations and increased growth of cucumber plants. Plant and Soil, 235 (2), 235-242.
72. Yang, M.M., Mavrodi, D.V., Mavrodi, O.V., Bonsall, R.F., Parejko, J.A., Paulitz, T.C., Thomashow, L.S., Yang, H.T., Weller, D.M., and Guo J.H. 2011. Biological control of take-all by fluorescent *Pseudomonas* spp. from Chinese wheat fields. Phytopathology, 101 (14), 81-91.
73. Yuvaraj, A., Thangaraj, R., Ravindran, B., Chang, S., and Karmegam, N. 2021. Centrality of cattle solid wastes in vermicomposting technology: A cleaner resource recovery and biowaste recycling option for agricultural and environmental sustainability. Environmental Pollution, 268, 115688.
74. Zaidi, A., Khan, M.S. and Aamil, M. 2004. Bioassociative effect of rhizospheric microorganisms on growth, yield and nutrient uptake of greengram. Journal of Plant Nutrition 27, 599-610.
75. Zainli Bafghi, M., Gholamnejad, J., Esmailzadeh Hosseini, A., Shirmardi, M. and Jafari, A. 2018. The effect of growth-promoting bacteria on growth and physiological traits of pistachio in saline soil, Garden Plant Nutrition Journal, (2) 2, 107-129. (In persian)
76. Zhang, X., Wu, N., and Li, C. 2005. Physiological and growth responses of *Populus davidiana* ecotypes to different soil water contents. Arid Environment, 60, 567-579.
77. Zhao, L., Wang, F., Zhang, Y., and Zhang, J. 2014. Involvement of *Trichoderma asperellum* strain T6 in regulating iron acquisition in plants. Journal Basic Microbiology, 54, 115-124.