



به‌زرعی کشاورزی

دوره ۲۴ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۱

صفحه‌های ۵۴۴-۵۲۷

DOI: 10.22059/jci.2021.314730.2484

مقاله پژوهشی:

تأثیر همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا بر صفات کمی و کیفی توده‌های بذری گیاه دارویی کاسنی در شرایط گلخانه

علی یزدان‌پناه‌گوه‌ری^۱، مرضیه قنبری جهرمی^{۲*}، وحید زرین‌نیا^۳

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۲. استادیار، گروه علوم باغبانی و زراعی، واحد علوم و تحقیقات تهران، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

۳. استادیار، گروه گیاهپزشکی، مرکز تحقیقات کشاورزی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران.

تاریخ پذیرش مقاله: ۱۴۰۰/۰۱/۳۰

تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۹/۰۹/۱۳

چکیده

میکوریزا یکی از رایج‌ترین میکروارگانیسم‌های همزیست با گیاهان محسوب می‌شود. به‌منظور ارزیابی سازگاری توده‌های مختلف بذری گیاه کاسنی و تلقیح با قارچ میکوریزا، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل دو توده بذری (اردبیل و فارس) و تیمار همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا (*Glomus intraradices*, *Glomus mosseae*) و عدم کاربرد) در سه تکرار در گلخانه در سال ۱۳۹۸ اجرا شد. میزان ترکیبات فیتوشیمیایی (فنول، فلاونوئید و فعالیت آنتی‌اکسیدانی، کلروفیل a، b و کل)، وزن تر و خشک ریشه و طول آن، جذب عناصر معدنی در گیاه کاسنی اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که توده بذری و کاربرد قارچ‌های میکوریزا تأثیر معنی‌داری بر صفات رویشی، مقدار تولید کلروفیل، فنول و فلاونوئید کل و فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه داشت. بالاترین مقدار تولید فنل کل (۳/۷۷ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، فلاونوئید کل (۱/۲۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر)، فعالیت آنتی‌اکسیدانی (۵/۲۳ میلی‌گرم بر گرم وزن تر) و پارامترهای رشد رویشی در تیمار توده اردبیل و تحت کاربرد قارچ *G. intraradices* و کم‌ترین مقدار آن‌ها در توده فارس در شرایط عدم کاربرد قارچ مشاهده شد. نوع توده بذری باعث تغییر در میزان رشد و ترکیبات فیتوشیمیایی گیاه می‌شود. با کاربرد قارچ‌های میکوریزا پارامترهای رشدی بهبود یافتند. تأثیر کاربرد قارچ *G. intraradices*، کارآمدتر از همزیستی ناشی از قارچ *G. mosseae* تشخیص داده شد. براساس نتایج پژوهش حاضر و با توجه به سازگاری میکوریزا با محیط زیست، استفاده از قارچ‌های مذکور به‌منظور افزایش عملکرد انواع گیاهان و به‌ویژه گیاهان دارویی قابل توصیه است.

کلیدواژه‌ها: فعالیت آنتی‌اکسیدانی، فنول کل، کاسنی، کود زیستی، سفر.

Effect of Some Mycorrhizal Fungi Species on Quantitative and Qualitative Properties of Two Landraces of Chicory in Greenhouse Conditions

Ali Yazdan panah gohari¹, Marzieh Ghanbari jahromi^{2*}, Vahid Zarrin nia³

1. M.Sc. Student, Department of Horticultural Sciences and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

2. Assistant Professor, Department of Horticultural Sciences and Agronomy, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

3. Assistant Professor, Department of Plant Protection, Agricultural Research Center, Science and Research Branch, Islamic Azad University, Tehran, Iran.

Received: December 3, 2020

Accepted: April 19, 2021

Abstract

Mycorrhiza is a common group of microorganisms that can establish symbiotic relations with plants. To evaluate symbiosis and compatibility between a collection of chicory seeds and mycorrhizal fungi, through inoculation, a factorial experiment is set up in a randomized complete block design. Two batches of chicory seed (Ardabil and Fars) are inoculated by two species of mycorrhizal fungi (*Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*) with the control group of the seeds not being inoculated at all. Three replicates have been arranged in a greenhouse. The research aims at examining how the two species of mycorrhizal fungi affect several plant traits and the amounts of phytochemical compounds (i.e. phenol, flavonoids, antioxidant activity, chlorophyll a and b, total chlorophyll), fresh and dry weights of roots and root length. It also deals with chicory roots' ability to absorb several elements. Results show that seed batch and mycorrhizal fungi have significant impacts on vegetative traits, chlorophyll content, phenol, total flavonoids, and antioxidant activity in plants. The highest amounts of total phenol production (3.77 mg/g fresh weight), total flavonoids (1.21 mg/g fresh weight), antioxidant activity (5.23 mg/g fresh weight), root growth and chlorophyll content are observed in the Ardabil batch when treated with *G. intraradices*. The lowest amounts of these values are recorded in the Fars batch where no mycorrhizal inoculation has been applied. The two batches of seeds grow into plants with different growth rates and phytochemical compositions. The growth parameters of plants improve in the case of mycorrhizal inoculation. The effects of *G. intraradices* are more efficient than those of *G. mosseae* in symbiosis with chicory plants. Based on the results of the present study and considering the compatibility of mycorrhiza with the environment, the use of these fungi can substantially increase the yield of various plants, especially medicinal plants.

Keywords: Antioxidant activity, biofertilizers, *Chycorium intibus*, phosphorus, total phenol.

۱. مقدمه

میکوریزا از جمله رایج‌ترین و سابقه‌دارترین ارتباط‌های همزیستی در سلسله‌های گیاهی است، به طوری که اکثر گیاهان (حدود ۹۵ درصد گونه‌های گیاهان آوندی) حداقل یکی از تیپ‌های میکوریزایی را دارا هستند (Saleh Rastin, 1998). این قارچ‌ها نقش کلیدی در چرخه عناصر غذایی در اکوسیستم و هم‌چنین مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی دارند (Ali Asghar zad, 1997). قارچ‌های میکوریزا از جمله کودهای بیولوژیک مهم هستند (Brundrett & Tedersoo, 2018) که از طریق افزایش قابلیت جذب فسفر، جذب و انتقال آب، فراهمی مواد غذایی و نیز تقویت جامعه میکروبی خاک باعث بهبود رشد و نمو گیاه می‌شوند (Sheng et al., 2011). از دیگر مزایای این ارتباط مفید می‌توان به تولید هورمون‌های محرک رشد، افزایش عملکرد محصول و کاهش مصرف کودهای شیمیایی اشاره نمود (Kirch et al., 2000)، که مورد اخیر از اهداف مهم کشاورزی پایدار می‌باشد (Ghanbari Kashan et al., 2017).

کاسنی با نام علمی *Chycoreium intibus* L. که به نام شیکوره شناخته می‌شود، گیاهی یک‌ساله و یکی از گیاهان دارویی مهم خانواده گل‌ستاره‌ای‌ها^۱ است (Bais & Ravishankar, 2001). کاسنی حاوی ترکیبات دارویی پلی‌ساکاریدی به نام اینولین، سزکوئی‌ترین، لاکتون‌ها، کومارین‌ها، فلاونوئیدها و شیکوریک‌اسید می‌باشد (Muthusamy et al., 2008). از گیاه کاسنی به دلیل ترکیبات آنتی‌رادیکال و آنتی‌اکسیدانی موجود در ریشه برای درمان ایدز، سرطان و دیابت استفاده می‌شود (Lee & Scagel, 2010). کاسنی منبع غنی از ترکیبات فنلی، ویتامین A، C و هم‌چنین پتاسیم، کلسیم و فسفر می‌باشد (Mulabagal et al., 2009). پژوهش‌گران نشان دادند تلقیح رازیانه با قارچ

مایکوریزا سبب افزایش عملکرد اسانس، تعداد چتر در بوته، زیست‌توده و درصد همزیستی ریشه شد. همزیستی ریشه رازیانه با دو گونه قارچ‌های میکوریزا به نام‌های *Glomus fasciculatum* و *G. macrocrpum*، به طور معنی‌داری غلظت فسفر دانه را بهبود بخشید (Kapoor et al., 2004). در آزمایشی با تلقیح سویه‌های قارچ میکوریزا بر گیاه کاسنی تحت تنش فلزات سنگین و با بررسی اثرات فیتوشیمیایی و فعالیت‌های آنتی‌اکسیدانی بیان شد گیاهان تحت تنش که با سویه‌های میکوریزا تیمار شده بودند، شادابی و تازگی بیش‌تری داشته و وزن خشک آن‌ها افزایش یافته است. هم‌چنین میزان سینامیک‌اسید در ریشه‌هایی که با میکوریزا تلقیح شده بودند، افزایش یافت (Rozpadek et al., 2014). Fadaee et al. (2018) در پژوهشی با بررسی تأثیر القای سویه‌های قارچ میکوریزا (*Glomus intraradiceae* و *Glomus mosseae*) و فسفر بر رشد و ترکیبات فیتوشیمیایی بادرشبو^۲ تحت شرایط تنش خشکی اظهار داشتند که مصرف هر دو سویه میکوریزا در تنش خشکی شدید می‌تواند عملکرد فیزیولوژیک و درصد اسانس بادرشبو را ۴۵ تا ۱۰۰ درصد افزایش بدهد.

تلقیح ترکیبی قارچ میکوریزا و باکتری ریزوبیوم سبب افزایش جذب فسفر، تعداد گره‌ها، وزن خشک ریشه، وزن خشک اندام‌های هوایی و فعالیت نیتروژناز شد (Garg & Chandel, 2011). اهمیت این همزیستی در مورد جذب فسفر بسیار بارز است. زیرا کارایی بالای اندومیکوریزا در جذب فسفر، به‌ویژه در خاک‌هایی که میزان فسفات قابل جذب برای گیاه کم است، بسیار مشهود است (Marcel et al., 2003). تلقیح گیاه چای با سه گونه قارچ میکوریزای *G. intraradices*، *G. versiform* و *G. etunicatum* توانایی بهتری در افزایش مقدار فسفر گیاه داشتند (Kohne et al., 2007).

2. *Dracocephalum moldavica* L.

1. Asteraceae

واقع در زرنند کرمان انجام شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در شرایط کنترل شده (دمای شب ۱۷ درجه سانتی‌گراد و دمای روز ۲۴ درجه سانتی‌گراد؛ طول شب و روز ۱۲ ساعت و رطوبت نسبی ۶۵ درصد) اجرا شد. بذر توده فارس از شرکت آذر سبزینه و بذر توده اردبیل جمع‌آوری شده از مزارع نمین تهیه شد. قارچ‌های میکوریزا به نام‌های *Glomus* و *Glomus mosseae* *intraradices* نیز از شرکت زیست‌فناور توران استان سمنان تهیه شد که در هر گرم ۸۰ اسپور وجود داشت، به صورت مخلوط با خاک استفاده شد به طوری که زیر بذر ۲۰ گرم خاک و مایکوریزا ریخته شد.

بذر دو توده کاسنی به مدت سه دقیقه توسط هیپوکلریت سدیم پنج درصد ضدعفونی شد و پس از شست‌وشو با آب استریل ابتدا بذر با مایه قارچ مخلوط و در گلدان‌های پلاستیکی با قطر ۲۰ سانتی‌متر با گنجایش دو کیلوگرم حاوی خاک ضدعفونی شده شامل مخلوط کوکوپیت و پرلایت اتوکلاو شده با نسبت ۱:۲ کشت شد. مقدار لازم میکوریزا برای هر گلدان که حاوی ۱۰ بذر با عمق ۲ سانتی‌متر بود، حدود ۲۰ گرم مخلوط با بستر کشت در زیر بذر (Rahimi et al., 2020)، پس از آماده‌سازی بستر کشت در وسط هر گلدان ریخته و سپس مقداری بستر کشت دوباره روی آن قرار داده و بذر کشت شد و در نهایت روی بذر نیز با لایه نازکی از بستر (مخلوط کوکوپیت و پرلایت) پوشانیده شد (جدول ۲). در انتها در هر گلدان پنج بوته نگهداری شد.

در پژوهشی کاربرد سه گونه قارچ تأثیر بیشتری نسبت به عدم کاربرد روی کلیه صفات اندازه‌گیری در گیاه نعناع فلفلی نشان داد. نتایج حاکی از آن بود که کاربرد کودهای زیستی در بهبود عملکرد بوته کمی و کیفی نعناع فلفلی تأثیر مثبتی داشته و به نظر رسید کودهای زیستی جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی در جهت پایداری تولید و حفظ محیط زیست باشند. همزیستی میکوریزایی در خاک‌های شور باعث افزایش مقاومت گیاه به شوری شد و میزان رشد و عملکرد بوته را در شرایط تنش بهبود داد (Mohammadi et al., 2019).

هدف این پژوهش بررسی تأثیر دو نوع قارچ میکوریزا به نام‌های *Glomus mosseae* و *G. intraradices* بر ماده مؤثره، وزن تر و خشک، جذب عناصر (آهن، روی، فسفر و پتاسیم) و کمک به جذب بهینه مواد غذایی مورد نیاز گیاه، رشد طولی و ایجاد مقاومت در مقابل آفات و بیماری‌ها در گیاه کاسنی است. نتایج حاصل از این پژوهش از این رو دارای اهمیت است که در صورت مثبت بودن اثر تلقیح با قارچ‌های میکوریزا بر توده‌های مدنظر که عملکرد مناسبی دارند، به کمک روش‌های ساده (تلقیح) عملیات نگهداری و کیفیت ماده مؤثره گیاه کاسنی را تحت تأثیر قرار داد.

۲. مواد و روش‌ها

آزمایش حاضر به منظور بررسی اثر دو توده کاسنی و دو نوع قارچ میکوریزا و برهم‌کنش آن‌ها بر عملکرد گیاه کاسنی در سه تکرار در پاییز ۱۳۹۸ در محل گلخانه تجاری ایرانمنش

جدول ۱. برخی ویژگی بستر کاشت مورد استفاده

بستر کاشت	جرم مخصوص حقیقی (gr/cm ³)	جرم مخصوص ظاهری (gr/cm ³)	تخلخل کل (%)	ظرفیت نگهداشت رطوبت (درصد حجمی)	pH	هدایت الکتریکی (dS.m ⁻¹)
کوکوپیت	۰/۷۴	۰/۱۳	۸۳/۲	۱۲۱/۹	۶/۶۲	۱/۳
پرلایت	۱/۲۱	۰/۱۷	۸۶/۲	۳۰/۵	۷/۲۳	۰/۴

۲.۱.۳. قطر ساقه

هر بوته از محل طوقه بریده شد و توسط کولیس، قطر ساقه اندازه‌گیری شد.

۲.۱.۴. ارتفاع بوته

با استفاده از خط‌کش میلی‌متری از نوک بوته تا محل طوقه بوته‌ها اندازه‌گیری شد و توضیح این‌که بوته تا حد ممکن صاف و کشیده نگهداشته شد، تا خطا به حداقل برسد.

۲.۱.۵. تعداد ساقه جانبی

ساقه‌های جانبی هر بوته به صورت جداگانه شمارش و ثبت شد.

۲.۱.۶. اندازه‌گیری فنل کل

برای اندازه‌گیری فنل کل ۰/۱ گرم از نمونه گیاهی در ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵ درصد ساییده و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی نگهداری شد. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در ۴۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد و از محلول رویی برای سنجش فنل استفاده شد. میزان ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره با ۰/۲ میلی‌لیتر فولین سیوکالتو و ۲ میلی‌لیتر آب مخلوط شدند و پس از گذشت سه دقیقه ۱ میلی‌لیتر کربنات سدیم ۱۵ درصد به آن اضافه شد، مخلوط حاصل به مدت دو ساعت در تاریکی نگهداری و سپس جذب هر نمونه با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتر (UV-Visible مدل Cary 50 ساخت آلمان) در طول موج ۷۶۵ نانومتر خوانده شد و با استفاده از منحنی استاندارد غلظت ترکیبات فنلی برحسب میلی‌گرم بر وزن تر محاسبه و ثبت شد (Dorman et al., 2003).

۲.۱.۷. اندازه‌گیری فلاونوئید کل

از روش رنگ‌سنجی کلرید آلومینیوم برای تعیین مقدار فلاونوئیدها استفاده شد. ۰/۵ میلی‌لیتر از عصاره متانولی گیاه (۰/۵ گرم برگ در ۵ میلی‌لیتر متانول) به صورت

بعد از پایان کاشت، آبیاری به روش هیدروپونیک انجام شد. به جهت جلوگیری از آب‌شویی قارچ‌ها از بستر کشت حجم محلول هیدروپونیک ورودی (محلول هوگلند-جدول ۲)، کم شد. آبیاری طبق برنامه آبیاری کشت هیدروپونیک گلخانه موردنظر (از ساعت ۷ صبح الی ۱۶ عصر؛ هر ساعت چهار دقیقه) انجام شده و هر دو روز یک‌بار به گلدان‌ها جهت کنترل شرایط سرکشی می‌شد.

جدول ۲. اجزا و میزان اجزای محلول هوگلند مورد استفاده

مقدار براساس CC	اجزای فرمول هوگلند
۶	نیتрат پتاسیم (KNO ₃)
۴	کلسیم نیترات تترا هیدرات (Ca(NO ₃) ₂ +4H ₂ O)
۲	آمونیم دی هیدروژن فسفات (NH ₄ H ₂ PO ₄)
۱	سولفات منیزیم هپتا هیدرات (MgSO ₄ +7H ₂ O)
۲	ملرید پتاسیم (KCl)
۲	اسید بوریک (H ₃ BO ₃)
۲	سولفات منگنز مونو هیدرات (MnSO ₄ +H ₂ O)
۲	سولفات روی هپتا هیدرات (ZnSO ₄ +7H ₂ O)
۲	سولفات مس پنتا هیدرات (CuSO ₄ +5H ₂ O)
۲	اسید مولیبدیک ((H ₂ MoO ₄ (85%MoO ₃))
۱/۵	کلات آهن (FeEDTA)

۲.۱. متغیرهای مورد بررسی

۲.۱.۱. اندازه‌گیری طول ریشه‌ها

برای اندازه‌گیری صفات مربوط به ریشه، در انتهای آزمایش و زمان خالی کردن گلدان‌ها بوته‌های داخل گلدان با دقت و بدون جدا شدن ریشه‌چه‌ها بیرون آورده شد و سپس طول ریشه‌ها با استفاده از خط‌کش میلی‌متری اندازه‌گیری شد.

۲.۱.۲. تعیین وزن خشک ریشه‌ها

ریشه‌های هر نمونه، در داخل پاکت‌های کاغذی قرار داده شده و در خشک‌کن (آون) با دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت جهت خشک کردن قرار داده شد، سپس وزن خشک با ترازوی دیجیتالی محاسبه شد.

تأثیر همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا بر صفات کمی و کیفی توده‌های بذری گیاه دارویی کاسنی در شرایط گلخانه

۶۴۵ و ۶۶۳ با دستگاه اسپکتروفوتومتر (UV-Visible مدل Cary50 ساخت آلمان) اندازه‌گیری و با استفاده از روابط (۲)، (۳) و (۴) محاسبه شدند.

$$\text{Chla} = [12.7 (\text{D663}) - 2.69 (\text{D645})] \quad (\text{رابطه ۲})$$

$$\text{Chlb} = [22.9 (\text{D645}) - 4.68 (\text{D663})] \quad (\text{رابطه ۳})$$

$$\text{Chl. total} = [2.20 (\text{A645}) + 2.8 (\text{A 663})] \quad (\text{رابطه ۴})$$

نتایج حاصل برحسب میلی‌گرم بر گرم وزن تر محاسبه و ارائه شد (Arnon, 1949).

۲.۱.۱. تعیین مقدار جذب عنصرهای غذایی

برای مشخص کردن مقدار جذب عنصرهای غذایی در تیمارهای به‌کاررفته (عنصرهای فسفر، پتاسیم، آهن و روی) بعد از تهیه عصاره اندام هوایی به‌روش خاکستر خشک، برای اندازه‌گیری پتاسیم با استفاده از دستگاه فلیم‌فوتومتر (Corning-405) و فسفر به روش کالریتری و رنگ‌سنجی در دستگاه اسپکتروفوتومتر (UV-Visible مدل Cary50 ساخت آلمان) و عنصرهای آهن و روی با استفاده از دستگاه جذب اتمی (Warian-220) مورد ارزیابی قرار گرفتند.

تجزیه و تحلیل داده‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام شد. آنالیز داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری SPSS (Ver. 16) و مقایسه میانگین‌ها به‌روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. رسم شکل‌ها با استفاده از نرم‌افزار Excel صورت گرفت.

۳. نتایج و بحث

۳.۱. صفات مورفولوژی

نتایج به‌دست‌آمده حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر اثرات ساده قارچ میکوریزا و توده بر صفات طول ریشه، وزن خشک و تر ریشه، قطر ساقه، ارتفاع بوته و تعداد

جداگانه با ۱/۵ میلی‌لیتر متانول ۰/۱ میلی‌لیتر کلرید آلومینیوم (۱۰ درصد متانولی)، ۰/۱ میلی‌لیتر استات پتاسیم (۱ مولار) و ۲/۸ میلی‌لیتر آب مقطر ترکیب شد. سپس محلول‌ها در دمای اتاق به‌مدت ۳۰ دقیقه قرار داده شد. جذب نمونه‌ها در طول موج ۴۱۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر (UV-Visible مدل Cary50 ساخت آلمان) قرائت شد (Chang et al., 2002).

۲.۱.۸. اندازه‌گیری ظرفیت به دام‌اندازی رادیکال‌های آزاد (DPPH)

برای تعیین ظرفیت به دام‌اندازی رادیکال‌های آزاد ابتدا محلول ۰/۰۰۴ درصد (وزنی/حجمی) از ماده DPPH با استفاده از متانول ۸۰ درصد در تاریکی تهیه شد. میزان ۲ میلی‌لیتر از محلول DPPH به ۲ میلی‌لیتر از عصاره اتانولی افزوده شد. برای انجام آزمایش پنج غلظت (صفر تا ۱۰۰ میکروگرم بر لیتر) از عصاره حاوی DPPH تهیه و در پنج لوله جداگانه ریخته شد لوله‌های حاوی مخلوط فوق به‌خوبی تکان داده شده و به‌مدت ۶۰ دقیقه در دمای اتاق انکوبه شد. سپس جذب آن‌ها به‌طور جداگانه در طول موج ۵۱۷ نانومتر با استفاده از دستگاه اسپکتروفوتومتر (UV-Visible مدل Cary50 ساخت آلمان) خوانده و برای به‌دست‌آوردن درصد به دام‌اندازی از رابطه (۱) استفاده شد (Kartal et al., 2007):

$$\text{رابطه ۱)} \quad = \text{درصد به دام‌اندازی} \\ (\text{جذب نمونه} - \text{جذب کنترل}) / \text{جذب کنترل} \times 100$$

۲.۱.۹. کلروفیل a, b و کل

برای اندازه‌گیری کلروفیل از روش Arnon (1949) استفاده شد. مقدار ۰/۲ گرم بافت برگ را در هاون کوبیده و ۱۵ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد اضافه کرده و پس از سانتریفیوژ کلروفیل a و b به‌ترتیب در طول موج‌های

بوده است، درحالی‌که طول ریشه تحت کاربرد قارچ‌های میکوریزا *Glomus intraradices* بیش از سایر تیمارها بوده است (جدول ۴).

نتایج اثرات متقابل تیمارها حاکی از این است که بیش‌ترین میزان طول ریشه در توده اردبیل و تحت مصرف قارچ میکوریزا *Glomus intraradices* و پس از آن در توده فارس قارچ *Glomus mosseae* موجب تولید ریشه‌های طولی‌تر شده است (شکل ۱).

افزایش طول ریشه ناشی از کاربرد قارچ میکوریزا پیش از این نیز در گشنیز (Bastami & Majidian, 2016) و گیاه بشقابی^۱ (Farooq et al., 2009) گزارش شد.

شاخه جانبی در بوته در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار بود. درحالی‌که اثر متقابل سویه‌های قارچ و توده در سطح احتمال یک درصد بر میزان ارتفاع بوته و برای صفات طول ریشه، قطر ساقه و نیز تعداد شاخه جانبی در بوته در سطح احتمال پنج درصد معنی‌دار می‌باشد، اما بر میزان وزن خشک و تر ریشه تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۳).

۳.۲. طول ریشه

با توجه به نتایج اثرات ساده تیمار توده بیش‌ترین طول ریشه در توده اردبیل مشاهده شد. در شرایط عدم مصرف قارچ میکوریزا میزان طول ریشه کم‌تر از سایر تیمارها

جدول ۳. نتایج تجزیه واریانس مربوط به ویژگی‌های رویشی توده‌های گیاه کاسنی

منابع تغییرات	درجه آزادی	طول ریشه	وزن خشک ریشه	قطر ساقه	ارتفاع بوته	تعداد شاخه جانبی در بوته
بلوک	۲	۰/۸۰*	۰/۰۴*	۰/۱۳*	۲/۶۷ns	۴/۳۹*
قارچ	۲	۱۶۰/۶۷**	۳/۶۵**	۱۰/۸۸**	۳۱۵۸/۱۷**	۷۷/۳۹**
توده	۱	۶۰/۱۳**	۱/۹۷**	۱/۸۰**	۸۰۰/۰۰**	۵۰/۰۰**
قارچ × توده	۲	۱/۹۷*	۰/۱۴ns	۰/۲۱*	۱۳۸/۵۰**	۲/۱۷*
خطا	۱۰	۰/۱۷	۰/۰۱	۰/۰۱	۲/۷۳	۰/۱۹
ضریب تغییرات (%)	-	۳/۳۷	۵/۷۷	۳/۵۹	۴/۳۱	۳/۹۹

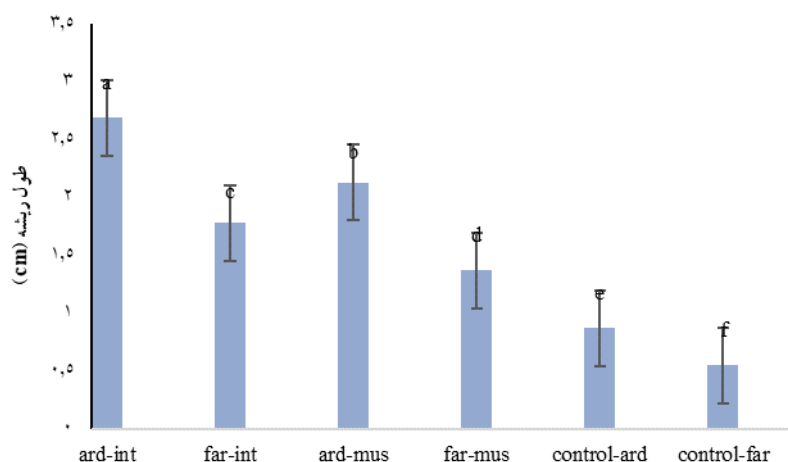
ns و * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و بدون اختلاف معنی‌دار.

جدول ۴. نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده تیمار توده و قارچ میکوریزا بر برخی صفات کمی گیاه کاسنی

تیمار	طول ریشه (cm)	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)	قطر ساقه (mm)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه جانبی در بوته
تیمار توده					
اردبیل	۱۴/۱۳a	۱/۹۰a	۳/۱۸a	۴۵/۰۰a	۱۲/۵۶a
فارس	۱۰/۴۸b	۱/۲۴b	۲/۵۴b	۳۱/۶۷b	۹/۲۲b
تیمار قارچ میکوریزا					
شاهد	۶/۵ c	۰/۷۱ c	۱/۴۰ c	۱۲/۵۰ c	۶/۸۳ c
<i>Glomus mosseae</i>	۱۳/۹۸ b	۱/۷۵ b	۳/۱۳ b	۴۶/۱۷ b	۱۲/۱۷ b
<i>Glomus intraradices</i>	۱۶/۴۳ a	۲/۲۴ a	۴/۰۵ a	۵۶/۳۳ a	۱۳/۶۸ a

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

تأثیر همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا بر صفات کمی و کیفی توده‌های بذری گیاه دارویی کاسنی در شرایط گلخانه



شکل ۱. مقایسه میانگین اثر متقابل توده و قارچ میکوریزا بر میزان طول ریشه کاسنی

ard: توده اردبیل، far: توده فارس، mus: قارچ میکوریزا *Glomus mosseae*، int: قارچ میکوریزا *Glomus intraradices*

۳.۳. وزن خشک ریشه

براساس نتایج اثرات ساده تیمار توده گیاهی در توده اردبیل وزن خشک ریشه بیش از توده فارس بوده است (جدول ۴). با توجه به نتایج اثرات ساده تیمار قارچ‌های میکوریزا، قارچ *Glomus intraradices* بیش از قارچ *Glomus mosseae* موجب افزایش وزن خشک ریشه کاسنی شده است. در شرایط عدم کاربرد قارچ میکوریزا (شاهد): کم‌ترین میزان وزن خشک ریشه اندازه‌گیری شد (جدول ۴).

بیش‌ترین مقدار وزن خشک ریشه در توده اردبیل به‌همراه تلقیح با میکوریزا *Glomus intraradices* بود. کم‌ترین وزن خشک ریشه در هر دو توده فارس و اردبیل در شرایط عدم مصرف قارچ میکوریزا مشاهده شد. در حالت کلی، تأثیر تلقیح با قارچ‌های میکوریزا (*Glomus intraradices* و *Glomus mosseae*) برای بالابردن وزن خشک بوته مثبت بود (جدول ۵).

همزیستی گیاهان با قارچ‌های میکوریزایی باعث بهبود خصوصیات رشدی گیاه از جمله توسعه بخش‌های رویشی و افزایش وزن تر و خشک بافت‌های گیاهی می‌شود (Silveira et al., 2006).

با توجه به گزارش‌های مرتبط با افزایش جذب فسفر توسط قارچ‌های میکوریزا در ریحان (Aslani et al., 2012)، دلیل کاهش رشد ریشه در شاهد (بدون تلقیح با میکوریزا) نسبت به تیمارهای تلقیح‌شده با قارچ‌های میکوریزا (شکل ۱) می‌تواند ناشی از کاهش سنتز سیتوکنین در اثر کمبود فسفر باشد، چرا که با کاهش سنتز سیتوکنین رشد اندام‌های هوایی کند شده و در نتیجه تولید و انتقال مواد فتوسنتزی به ریشه کاهش می‌یابد، در نهایت این امر منجر به کاهش رشد ریشه می‌شود (Bahadori et al., 2015).

تلقیح ریحان با سه گونه قارچ میکوریزا باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع ساقه، تعداد و سطح برگ، زیست‌توده، طول و میزان انشعابات جانبی ریشه و همچنین میزان اسانس گیاه در مقایسه با شاهد شد. آن‌ها در مطالعه خود عنوان کردند که زیست‌توده ریحان در شرایط تلقیح با سه گونه قارچ میکوریزا افزایش یافت که دلیل این امر را افزایش راندمان مصرف آب و بهبود جذب و دسترسی به عناصر غذایی برای گیاه تحت شرایط تلقیح با قارچ همزیست ذکر کردند (Copetta et al., 2006).

جدول ۵. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای توده و قارچ میکوریزا بر برخی صفات کمی گیاه کاسنی

تیمارها	طول ریشه (cm)	وزن خشک ریشه (گرم در بوته)	قطر ساقه (mm)	ارتفاع بوته (cm)	تعداد شاخه جانبی در بوته
شاهد	۷/۶۷e	۰/۸۷e	۱/۵۰d	۱۴/۰۰e	۸/۳۳d
اردبیل <i>Glomus mosseae</i>	۱۶/۱۷b	۲/۱۳b	۳/۵۷b	۵۳/۶۷b	۱۳/۳۳b
<i>Glomus intraradices</i>	۱۸/۵۷a	۲/۶۹a	۴/۴۷a	۶۷/۳۳a	۱۶/۰۰a
شاهد	۵/۳۳f	۰/۵۵f	۱/۳۰e	۱۱/۰۰e	۵/۳۳e
فارس <i>Glomus mosseae</i>	۱۱/۸۰d	۱/۳۷d	۲/۷۰c	۳۸/۶۷d	۱۱/۰۰c
<i>Glomus intraradices</i>	۱۴/۳۰c	۱/۷۷c	۳/۶۳b	۴۵/۳۳c	۱۱/۳۳c

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

تیمار توده اردبیل تحت کاربرد قارچ *Glomus mosseae* از نظر رده‌بندی تفاوت معنی‌دار نداشته است و کم‌ترین قطر ساقه مربوط به هر دو توده فارس و اردبیل تحت شرایط عدم مصرف قارچ میکوریزا بوده است (جدول ۵).

۳.۵. ارتفاع بوته

با توجه به نتایج اثرات ساده تیمار توده، گیاهانی با ارتفاع کم‌تر در توده فارس نسبت به توده اردبیل مشاهده شد. قارچ *Glomus intraradices* بیش از قارچ *Glomus mosseae* موجب افزایش ارتفاع بوته گیاه کاسنی شده است. در شرایط عدم کاربرد قارچ میکوریزا (شاهد)؛ کم‌ترین میزان ارتفاع بوته اندازه‌گیری شد (جدول ۴).

بیش‌ترین ارتفاع بوته در توده اردبیل به‌همراه استفاده از سویه میکوریزا *Glomus intraradices* بود و کم‌ترین ارتفاع در توده فارس تحت شرایط عدم مصرف قارچ میکوریزا مشاهده شد. به‌طورکلی، استفاده از سویه‌های میکوریزا موجب افزایش ارتفاع بوته در هر دو توده شد (جدول ۵).

ارتفاع بوته در تیمار کاربرد قارچ‌های میکوریزا نسبت به تیمار شاهد بیش‌تر بود (جدول ۴). نتایج این پژوهش با نتایج سایر پژوهش‌گران همسو بود. قارچ میکوریزا

وجود شبکه گسترده هیف‌های خارجی قارچ میکوریزا به‌عنوان ادامه سیستم ریشه گیاه میزبان قادر است آب و عناصر غذایی (Azcon et al., 2008) را از منافذ دور از دسترس گیاه جذب و به گیاه انتقال می‌دهد و بدین طریق باعث افزایش وزن تر و خشک شاخساره گیاه همزیست می‌شود (Nadiyan, 2011)، که در پژوهش حاضر نیز مشاهده شد.

۳.۴. قطر ساقه

براساس نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده تیمار توده، در توده اردبیل بوته‌هایی با قطر بیش‌تر نسبت به توده فارس مشاهده شده است. قارچ *Glomus intraradices* نسبت به قارچ *Glomus mosseae* تأثیر بیش‌تری بر میزان قطر ساقه گیاه کاسنی داشته است، کم‌ترین قطر ساقه در شرایط شاهد (عدم مصرف قارچ میکوریزا) اندازه‌گیری شده است (جدول ۴).

نتایج اثرات متقابل تیمارها حاکی از این است که بیش‌ترین میزان قطر ساقه در توده اردبیل و تحت مصرف قارچ میکوریزا *Glomus intraradices* و پس از آن در توده فارس قارچ *Glomus mosseae* موجب تولید ساقه‌های قطورتر شده است، قطر ساقه در تیمار اخیر با

تأثیر همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا بر صفات کمی و کیفی توده‌های بذری گیاه دارویی کاسنی در شرایط گلخانه

خشک اندام هوایی و تولید شاخه جانبی بیش‌تر در این گیاه شده است (Ratti *et al.*, 2001)، که در پژوهش اخیر نیز نتایج مشابهی حاصل شد.

سبب افزایش معنی‌دار ارتفاع بوته در گیاه همیشه‌بهار شد، محرک‌های زیستی از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی سبب افزایش فتوسنتز می‌شوند که این امر سبب افزایش ارتفاع گیاه می‌شود (Zlatev & Lidon, 2012).

۷.۳. صفات فیتوشیمیایی

بر اساس نتایج تجزیه واریانس تأثیر تیمارهای مورد مطالعه بر صفات فیتوشیمیایی، اثرات ساده تیمارهای قارچ میکوریزا و توده بر میزان فنل کل، فلاونوئید کل، به دام‌اندازی رادیکال‌های آزاد، کلروفیل b و کلروفیل کل در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود، در حالی که تیمار قارچ میکوریزا بر میزان کلروفیل a در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار نشان داد، با وجود این که توده گیاهی در سطح احتمال یک درصد بر صفت مذکور معنی‌دار شد. اثر بلوک بر میزان فنل کل، فعالیت آنتی‌اکسیدانی و میزان کلروفیل کل اثر معنی‌دار نداشته، در صورتی که بر میزان فلاونوئید کل و کلروفیل b در سطح احتمال پنج درصد و بر میزان کلروفیل a در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار مشاهده شد (جدول ۶). اثرات متقابل تیمارها بر روی میزان فنل کل، فلاونوئید کل و به دام‌اندازی رادیکال‌های آزاد در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار نشان داد در صورتی که بر میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل تفاوت معنی‌دار نشان نداد (جدول ۶).

۶.۳. تعداد شاخه جانبی در بوته

با توجه به نتایج اثرات ساده تیمار توده، تعداد شاخه جانبی شمارش شده در بوته‌های توده اردبیل بیش از توده فارس بوده است. در شرایط عدم مصرف قارچ میکوریزا تعداد شاخه جانبی در بوته کم‌تر از سایر تیمارها بود، کاربرد قارچ *Glomus intraradices* موجب افزایش بیش‌تر تعداد شاخه جانبی در بوته شد (جدول ۴).

بیش‌ترین تعداد شاخه جانبی در بوته در توده اردبیل همراه با تلقیح قارچ *Glomus intraradices* شمارش شد و کم‌ترین تعداد شاخه جانبی در بوته در توده فارس در شرایط عدم کاربرد قارچ میکوریزا مشاهده شد (جدول ۵).

استفاده از قارچ‌های میکوریزا سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص بیوماس بین ریشه و ساقه آن‌ها و هم‌چنین طول ریشه اثر می‌گذارد (Fan *et al.*, 2011). همزیستی قارچ میکوریزا با ریشه گیاه شیرین‌برگ از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، سبب افزایش فتوسنتز شده و این امر موجب تولید فرآورده بیش‌تر و بهبود رشد، نظیر افزایش وزن تر و

جدول ۶. نتایج تجزیه واریانس مربوط به صفات فیتوشیمیایی گیاه کاسنی

منابع تغییرات	درجه آزادی	فنل کل	فلاونوئیدکل	به دام‌اندازی رادیکال‌های آزاد	کلروفیل a	کلروفیل b	کلروفیل کل
بلوک	۲	۰/۰۴ns	۰/۰۲*	۰/۰۴ns	۰/۰۰۱**	۰/۰۰۰۵*	۰/۰۰۱ns
قارچ	۲	۰/۷۱**	۰/۲۱**	۲/۰۱**	۰/۰۱*	۰/۰۰۶**	۰/۰۳**
توده	۱	۰/۴۹**	۰/۱۷**	۱/۶۹**	۰/۰۱**	۰/۰۰۵**	۰/۰۳**
قارچ × توده	۲	۰/۰۴*	۰/۰۳*	۰/۱۶*	۰/۰۰۰۰۴ns	۰/۰۰۰۰۲ns	۰/۰۰۰۰۰۴ns
خطا	۷	۰/۰۰۴	۰/۰۰۳	۰/۰۲	۰/۰۰۰۰۴	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱
ضریب تغییرات (%)	-	۲/۰۶	۶/۲۲	۲/۹۵	۰/۷۶	۳/۳۳	۰/۶۹

ns و * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد، و غیر معنی‌دار.

۸.۳ میزان فنل کل

بر مبنای نتایج حاصل از مقایسه میانگین اثرات ساده تیمار توده، میزان فنل کل در توده اردبیل بیش از توده فارس محاسبه شد. در شرایط عدم مصرف قارچ میکوریزا میزان فنل کم‌تر از سایر تیمارها بوده است، کاربرد قارچ *Glomus intraradices* بیش از قارچ *Glomus mosseae* موجب افزایش میزان فنل در گیاه کاسنی شده است (جدول ۷).

مقایسه میانگین ترکیبات فنلی نشان داد که بیش‌ترین ترکیبات فنلی مربوط به توده اردبیل تلقیح‌شده با میکوریزا *Glomus intraradices* و کم‌ترین مقدار ترکیبات فنلی مربوط به توده فارس و عدم مصرف قارچ میکوریزا بوده است (شکل ۲).

۹.۳ میزان فلاونوئید کل

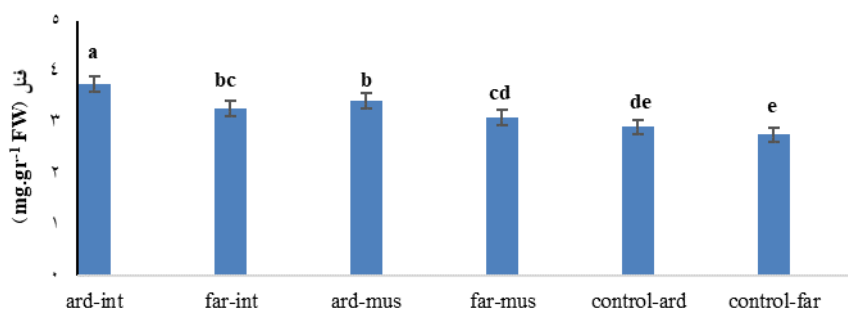
براساس نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده تیمار توده، میزان فلاونوئید کل محاسبه‌شده در بوته کاسنی در توده فارس کم‌تر از توده اردبیل بوده است. قارچ *Glomus intraradices* بیش از قارچ *Glomus mosseae* موجب افزایش میزان فلاونوئید کل شده است. در شرایط عدم کاربرد قارچ میکوریزا (شاهد)، کم‌ترین میزان فلاونوئید کل اندازه‌گیری شد (جدول ۷).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین مقدار ترکیبات فلاونوئیدی مربوط به نمونه‌های توده اردبیل تلقیح‌شده با میکوریزا *Glomus intraradices* و کم‌ترین مقدار مرتبط به توده فارس تحت شرایط عدم کاربرد قارچ میکوریزا می‌باشد (شکل ۳).

جدول ۷. نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده تیمار توده و قارچ میکوریزا بر صفات فیتوشیمیایی گیاه کاسنی

تیمار	کلروفیل a (mg.gr ⁻¹ FW)	کلروفیل b (mg.gr ⁻¹ FW)	کلروفیل کل (mg.gr ⁻¹ FW)
توده			
اردبیل	۰/۸۲a	۰/۲۸a	۱/۲۷a
فارس	۰/۷۸b	۰/۲۵b	۱/۱۹b
تلقیح با قارچ میکوریزا			
شاهد	۰/۷۵ c	۰/۲۳ c	۱/۱۵ c
<i>Glomus mosseae</i>	۰/۸۱ b	۰/۲۷ b	۱/۲۵ b
<i>Glomus intraradices</i>	۰/۸۴ a	۰/۲۹ a	۱/۲۹ a

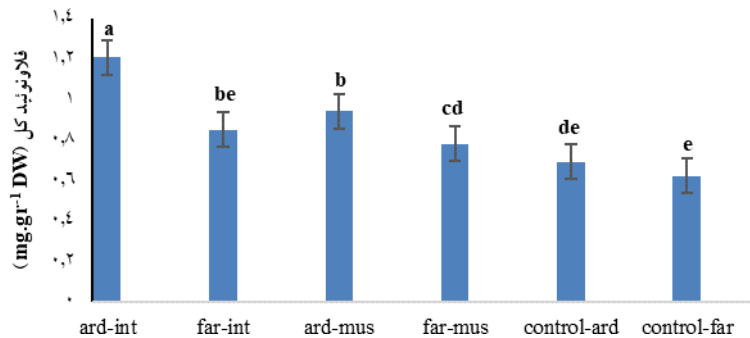
حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.



شکل ۲. مقایسه میانگین اثر متقابل توده و قارچ میکوریزا بر میزان فنل کل اندام هوایی کاسنی

ard: توده اردبیل، far: توده فارس، mus: قارچ میکوریزا *Glomus mosseae*، int: قارچ میکوریزا *Glomus intraradices*

تأثیر همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا بر صفات کمی و کیفی توده‌های بذری گیاه دارویی کاسنی در شرایط گلخانه



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر متقابل توده و قارچ میکوریزا بر میزان فلاونوئید کل اندام هوایی کاسنی

ard: توده اردبیل، far: توده فارس، mus: قارچ میکوریزا *Glomus mosseae*، int: قارچ میکوریزا *Glomus intraradices*

همزیستی کاهو با قارچ میکوریزا به افزایش ترکیبات آنتی‌اکسیدانی منجر شد. تأثیر مثبت میکوریزا به فعال کردن برخی از آنزیم‌های دخیل در تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدانی ارتباط داده شده است (Baslam & Goicoechea, 2012). در ریحان نیز تیمار با قارچ میکوریزا به افزایش تولید ترکیبات آنتی‌اکسیدانی انجامید (Hristozkova et al., 2017). نتایج بررسی حاضر با نتایج سایر پژوهش‌گران همسو بوده است.

۳.۱۱. کلروفیل a

با توجه به نتایج اثرات ساده تیمار توده، میزان کلروفیل a تولیدشده در گیاهان توده اردبیل بیش از توده فارس بوده است. در شرایط عدم مصرف قارچ میکوریزا میزان کلروفیل a کم‌تر از سایر تیمارها بوده است، میزان کلروفیل a تحت کاربرد قارچ *Glomus mosseae* کم‌تر از قارچ *Glomus intraradices* موجب افزایش کلروفیل a در گیاه کاسنی شده است (جدول ۷). بیش‌ترین مقدار کلروفیل a قرائت‌شده توسط اسپکتروفتومتر مربوط به توده اردبیل و با تلقیح قارچ *Glomus intraradices* بود و کم‌ترین میزان کلروفیل a در توده فارس در شرایط عدم تلقیح گزارش شد (جدول ۸).

افزایش در مقدار تولید متابولیت‌های ثانویه با کاربرد قارچ میکوریزا به بهبود جذب عناصر غذایی توسط میزبان (Zimare et al., 2013)، تغییر در فعالیت برخی از آنزیم‌ها (RiterNetto et al., 2014) و فعال‌سازی مسیرهای متابولیکی (Zhang et al., 2013) ارتباط داده شده است؛ در پژوهش حاضر افزایش در تولید فنل و فلاونوئید کل مشاهده شد که به دلیل جذب عناصر غذایی از جمله فسفر، تأمین انرژی لازم و فعال‌سازی مسیر سنتزی این ترکیبات مربوط است.

۳.۱۰. ظرفیت به دام‌اندازی رادیکال‌های آزاد

با توجه به نتایج اثرات ساده تیمار توده، ظرفیت به دام‌اندازی رادیکال آزاد (فعالیت آنتی‌اکسیدانی) در توده اردبیل بیش از توده فارس بود. قارچ *Glomus intraradices* نسبت به قارچ *Glomus mosseae* تأثیر بیش‌تری بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی گیاه کاسنی داشته است، کم‌ترین رادیکال‌های آزاد در شرایط عدم تلقیح به دام افتاده‌اند (جدول ۷). نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها نشان داد بیش‌ترین ظرفیت به دام‌اندازی رادیکال‌های آزاد در توده اردبیل به همراه تلقیح با قارچ *Glomus intraradices* و کم‌ترین ظرفیت به دام‌اندازی رادیکال آزاد مربوط به توده فارس در شرایط عدم کاربرد قارچ میکوریزا محاسبه شده است (جدول ۸).

جدول ۸. نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارهای توده و قارچ میکوریزا بر صفات فیتوشیمیایی گیاه کاسنی

تیمارها	فنل کل (mg/g Dw)	فلانونوئید کل (mg/g Dw)	ظرفیت به دام اندازی رادیکال آزاد (%)
شاهد	۲/۹۳e	۰/۶۹de	۳/۷۵d
اردبیل <i>Glomus mosseae</i>	۳/۴۵b	۰/۹۵b	۴/۶۵b
<i>Glomus intraradices</i>	۳/۷۷a	۱/۲۱a	۵/۲۳a
شاهد	۲/۷۷f	۰/۶۲e	۳/۵۰e
فارس <i>Glomus mosseae</i>	۳/۱۰d	۰/۷۸cd	۳/۹۵d
<i>Glomus intraradices</i>	۳/۲۸c	۰/۸۶bc	۴/۳۴c

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

(2005) و با در نظر گرفتن نقش مشارکتی فسفر در تأمین انرژی جهت فتوسنتز (Boomsma & Vyn, 2008)، احتمال دارد که افزایش کلروفیل در تیمارهای حاوی قارچ میکوریزا، به کارکرد فسفر در این رابطه مرتبط باشد. افزایش مقدار کلروفیل b در مطالعه اخیر نیز مشاهده شد.

۱۳.۳. کلروفیل کل

با توجه به نتایج اثرات ساده تیمار توده، میزان کلروفیل کل در توده فارس کم تر از توده اردبیل بوده است. قارچ *Glomus intraradices* نسبت به قارچ *Glomus mosseae* تأثیر بیشتری بر میزان کلروفیل کل گیاه کاسنی داشته است، این در حالی است که کم ترین مقدار کلروفیل کل در شرایط عدم تلقیح محاسبه شده است (جدول ۷). براساس نتایج مقایسه میانگین اثرات متقابل تیمارها، بیشترین جذب کلروفیل کل در توده اردبیل به همراه تلقیح با *Glomus intraradices* و کمترین جذب در توده فارس در شرایط شاهد (عدم تلقیح) صورت گرفته است (جدول ۸). در راستای مشاهدات حاضر، تلقیح گیاه شبدر با قارچهای میکوریزا نیز موجب افزایش سطح برگها و در نتیجه افزایش میزان کلروفیل برگ آنها شده و سرعت فتوسنتز خالص را در کل دوره رشد گیاه افزایش داده است (Wright et al., 1998).

همزیستی قارچ میکوریزا، جذب فسفر را بهبود میبخشد (Boomsma & Vyn, 2008) و در فتوسنتز، فسفر برای تأمین انرژی مشارکت دارد (Zlatev & Lidon, 2012). می توان احتمال داد که دلیل افزایش مقدار کلروفیل در تیمارهایی که میزان فسفر در آنها بیش تر است به کارکرد فسفر در این رابطه بستگی دارد؛ افزایش کلروفیل a در کاسنی در پژوهش حاضر نیز مشاهده شد.

۱۲.۳. کلروفیل b

براساس نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده توده، میزان کلروفیل b در بافت های گیاهان توده اردبیل بیش از توده فارس بوده است. قارچ *Glomus intraradices* بیش از قارچ *Glomus mosseae* موجب افزایش میزان کلروفیل b شده است. در شرایط عدم کاربرد قارچ میکوریزا (شاهد)؛ کمترین میزان کلروفیل b اندازه گیری شد (جدول ۷). بیشترین مقدار کلروفیل b مربوط به توده اردبیل و با تلقیح سویه *Glomus intraradices* بود و کمترین میزان جذب در توده فارس و شرایط عدم تلقیح صورت گرفت (جدول ۸).

در گشنیز کاربرد میکوریزا منجر به افزایش ۸۰ درصد محتوای کلروفیل نسبت به شاهد شد (Bahadori et al., 2015). با توجه به این که همزیستی قارچ میکوریزا جذب فسفر را بهبود میبخشد (Song,

تأثیر همزیستی با گونه‌های قارچ میکوریزا بر صفات کمی و کیفی توده‌های بذری گیاه دارویی کاسنی در شرایط گلخانه

۳.۱۴. نتایج میزان جذب عناصر معدنی

براساس نتایج تجزیه واریانس داده‌ها، تیمارهای قارچ میکوریزا و توده گیاهی بر میزان جذب فسفر، پتاسیم، آهن و روی اندام هوایی گیاه کاسنی در سطح احتمال یک درصد تفاوت معنی‌دار نشان داد، اثر بلوک بر عناصر پتاسیم و آهن در سطح احتمال پنج درصد تفاوت معنی‌دار داشت، اما بر جذب فسفر و روی اثر معنی‌دار مشاهده نشد. این در حالی است که اثرات متقابل تیمارها بر میزان جذب عناصر معدنی (فسفر، پتاسیم، آهن و روی) تفاوت معنی‌دار ایجاد نکرد (جدول ۹).

۳.۱۵. درصد جذب فسفر

براساس نتایج اثرات ساده تیمار توده، بیش‌ترین میزان جذب فسفر در اندام هوایی گیاهان توده اردبیل رخ داده است. قارچ *Glomus intraradices* نسبت به قارچ *Glomus mosseae* تأثیر بیش‌تری بر میزان درصد جذب فسفر گیاه کاسنی داشته است، کم‌ترین جذب فسفر در شرایط عدم تلقیح رخ داد (جدول ۱۰).

بیش‌ترین مقدار جذب فسفر در توده اردبیل و کم‌ترین میزان آن در توده فارس حاصل شد، در تیمار قارچ‌های میکوریزا بیش‌ترین جذب فسفر تحت کاربرد قارچ *Glomus intraradices* اندازه‌گیری شد (جدول ۱۰).

جدول ۹. نتایج تجزیه واریانس مربوط به میزان جذب عناصر در گیاه کاسنی

منابع تغییرات	درجه آزادی	فسفر	پتاسیم	آهن	روی
بلوک	۲	۰/۰۸ns	۳/۵۶*	۰/۰۹*	۰/۵۹ns
قارچ	۲	۴/۳۷**	۱۱۱/۰۷**	۱/۷۹**	۱۱/۲۳**
توده	۱	۰/۸۵**	۳۶/۹۸**	۰/۵۳**	۶/۰۱**
قارچ × توده	۲	۰/۰۷ns	۲/۳۷ns	۰/۰۳ns	۰/۵۱ns
خطا	۱۰	۰/۰۱	۰/۶۱	۰/۰۱	۰/۱۵
ضریب تغییرات (%)	-	۲/۱۶	۲/۶۱	۴/۷۷	۲/۷۱

ns، *، **، *** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و غیر معنی‌دار.

جدول ۱۰. نتایج مقایسه میانگین اثرات ساده تیمار توده و قارچ میکوریزا بر جذب عناصر معدنی اندام هوایی گیاه کاسنی

تیمار	فسفر (mg/g)	پتاسیم (mg/g)	آهن (mg/g)	روی (mg/g)
تیمار توده				
اردبیل	۴/۶۰a	۳۱/۲۹a	۲/۱۲a	۱۴/۷۷a
فارس	۴/۱۷b	۲۸/۴۲b	۱/۷۸b	۱۳/۶۱b
تیمار قارچ میکوریزا				
شاهد	۳/۴۲c	۲۵/۱۲c	۱/۳۵c	۱۲/۶۶c
<i>Glomus mosseae</i>	۴/۷۰b	۳۰/۹۳b	۲/۰۸b	۱۴/۵۸b
<i>Glomus intraradices</i>	۵/۰۳a	۳۳/۵۲a	۲/۴۲a	۱۵/۳۲a

حروف مشترک در هر ستون حاکی از عدم اختلاف معنی‌دار براساس آزمون دانکن در سطح احتمال پنج درصد است.

۱۷.۳. غلظت جذب آهن

با توجه به نتایج اثرات ساده تیمار توده، در توده اردبیل نسبت به توده فارس آهن بیش‌تری در بافت‌های گیاه جذب شده است. در شرایط عدم مصرف قارچ میکوریزا میزان جذب آهن کم‌تر از سایر تیمارها بود، تجمع آهن در بافت‌های گیاه تحت کاربرد قارچ *Glomus intraradices* موجب افزایش بیش‌تر جذب آهن در گیاه شد (جدول ۱۰).

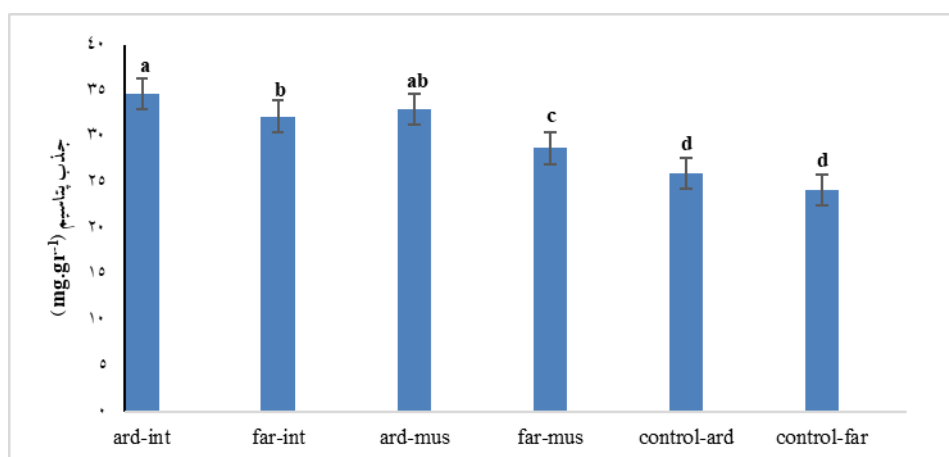
بیش‌ترین مقدار جذب آهن در شرایط استفاده از سویه قارچ میکوریزا *Glomus intraradices* و کم‌ترین میزان تجمع و جذب آهن در شرایط عدم کاربرد قارچ میکوریزا اندازه‌گیری شد (جدول ۱۰).

قارچ‌های همزیست میکوریزایی اثر کیفی مثبت در رشد و تغذیه گیاه میزبان دارند. نتایج نشان داده که میکوریزا جذب عناصر ازت، فسفر، گوگرد، پتاسیم، منیزیم، کلسیم، منگنز و آهن را افزایش می‌دهد (Jeffries, 2001)، در این مطالعه نیز در پی کاربرد قارچ‌های میکوریزا میزان جذب و انباشت عناصر غذایی در اندام‌های هوایی گیاه افزایش یافته است.

مشابه نتایج اخیر، کاربرد قارچ میکوریزا سبب افزایش عملکرد و مقدار فسفر اندام هوایی و وزن هزار دانه گشنیز (Ali Abadi-Farahani & Valad Abadi, 2009) و افزایش غلظت فسفر در بافت گیاه اسطوخودوس (Marulanda et al., 2007) شد، که دلیل این امر به مکانیزم عمل قارچ میکوریزا در جذب فسفر ارتباط داده شده است.

۱۶.۳. درصد جذب پتاسیم

براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌های تیمار توده، در توده فارس پتاسیم کم‌تری در بافت‌های گیاه تجمع یافته است. قارچ *Glomus intraradices* بیش از قارچ *Glomus mosseae* موجب افزایش تجمع پتاسیم در بوته گیاه کاسنی شده است. در شرایط عدم کاربرد قارچ میکوریزا (شاهد)، کم‌ترین میزان جذب پتاسیم اندازه‌گیری شد (جدول ۱۰). بیش‌ترین مقدار جذب پتاسیم در شرایط استفاده از سویه قارچ میکوریزا *Glomus intraradices* در توده اردبیل و کم‌ترین مقدار تجمع پتاسیم در هر دو توده در شرایط عدم تلقیح مشاهده شد (شکل ۴).



شکل ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل توده و قارچ میکوریزا بر میزان درصد پتاسیم جذب شده توسط اندام هوایی گیاه کاسنی
ard: توده اردبیل، far: توده فارس، mus: قارچ میکوریزا *Glomus mosseae*، int: قارچ میکوریزا *Glomus intraradices*

۱۸.۳. غلظت جذب روی

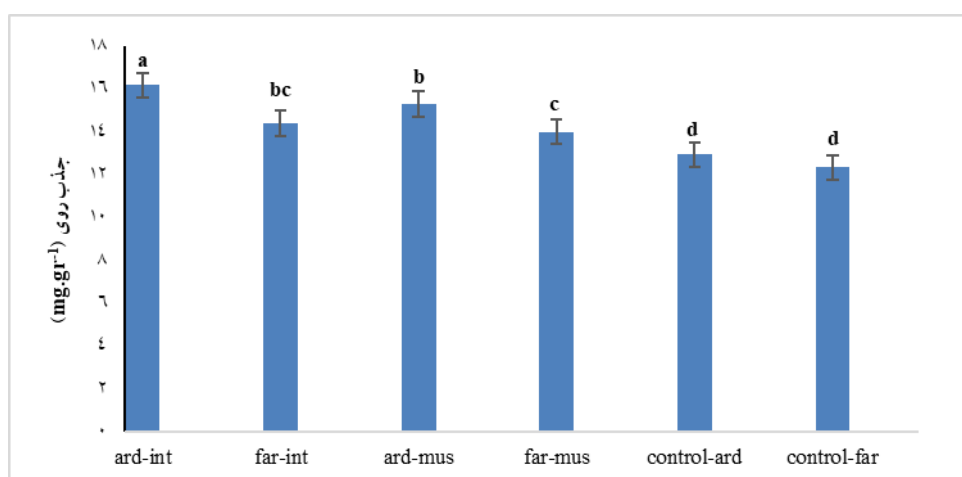
براساس نتایج مقایسه میانگین داده‌های حاصل از اثرات ساده تیمار توده میزان روی جذب‌شده توسط اندام هوایی گیاه در توده اردبیل بیش از توده فارس گزارش شده است. نتایج اثرات ساده تیمار قارچ میکوریزا بیانگر این است که قارچ *Glomus intraradices* نسبت به قارچ *Glomus mosseae* تأثیر بیش‌تری بر میزان جذب روی در گیاه کاسنی داشته است، این در حالی است که کم‌ترین مقدار جذب و تجمع روی در شرایط عدم تلقیح محاسبه شده است (جدول ۱۰).

بیش‌ترین مقدار جذب روی در شرایط استفاده از سویه قارچ میکوریزا *Glomus intraradices* در توده اردبیل و کم‌ترین مقدار جذب روی در هر دو توده در شرایط عدم استفاده از قارچ میکوریزا گزارش شد (شکل ۵).

تلقیح بذر گوجه‌فرنگی با *Glomus mosseae* باعث افزایش ماده خشک ریشه، اندام هوایی و هم‌چنین افزایش غلظت فسفر، پتاسیم، آهن، روی و مس شد (Al-Karaki, 2006)، که با نتایج پژوهش حاضر نیز همسو است.

قارچ میکوریزا در کسب مواد غذایی مغذی از خاک

به‌ویژه عناصر غیرمتحرک نظیر فسفر، روی، مس، هم‌چنین یون‌های پرتحرک نظیر گوگرد، کلسیم، پتاسیم، آهن، منگنز و کلر به گیاه سود می‌رساند. در خاک‌هایی که چنین عناصری دارای کمبود بودند قارچ میکوریزایی کارایی جذب مواد معدنی را افزایش می‌دهد که به افزایش رشد گیاه می‌انجامد (Sharma, 2003). افزایش درصد نیتروژن برگ در گیاهان میکوریزا توانسته است بر هدایت روزنه‌ای این گیاهان اثر گذارد. با توجه به این‌که نیتروژن آمونیومی (NH_4^+) در مقایسه با نیتروژن نیتراتی (NO_3^-) در خاک از تحرک کم‌تری برخوردار است. بنابراین گیاهان میکوریزا جذب نیتروژن آمونیومی را ترجیح می‌دهند؛ هم‌چنین تعداد گونه‌های کم‌تری می‌توانند به‌طور کارآمد نیترات را احیا نمایند. افزایش جذب نیتروژن آمونیومی توسط گیاهان میکوریزایی VAM می‌تواند میزان نیتروفیکاسیون خاک را افزایش دهد. در حضور بقایای در حال تجزیه، افزایش در جذب NH_4^+ گیاه با وساطت قارچ VAM امکان دارد سطح NH_3^+ را کاهش دهد. درنهایت فعالیت اکسیدکننده‌های نیتريت بهتر شده و سطح NO_3^- خاک افزایش می‌یابد (Hamel, 2004).



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر متقابل توده و قارچ میکوریزا بر میزان درصد روی جذب‌شده توسط اندام هوایی گیاه کاسنی
ard: توده اردبیل، far: توده فارس، mus: قارچ میکوریزا *Glomus mosseae*، int: قارچ میکوریزا *Glomus intraradices*

۴. نتیجه‌گیری

در پژوهش حاضر جذب عناصر غذایی در گیاهان به دلیل گسترش میسیلوم قارچ میکوریزا در بافت‌های درونی ریشه، خاک اطراف ریشه و تقویت سیستم جذب گیاه، به مقدار زیادی افزایش یافت. مایکوریزاها با افزایش میزان جذب آب و عناصر غذایی بر میزان رنگدانه‌های فتوسنتزی و تولید ترکیبات فیتوشیمیایی مؤثر واقع شدند. اثر متقابل بین قارچ‌های مایکوریزا و توده‌های مختلف کاسنی بر صفات مختلف نیز مثبت بود، به طوری که در توده اردبیل قارچ *Glomus intraradices* اثر بهتری در اغلب صفات گیاه کاسنی داشت؛ قارچ اخیر توانایی سازگاری بیش‌تری با گیاه و بستر کشت مورد استفاده نشان داد و نتایج بهتری نسبت به قارچ *Glomus mosseae* داشته است. استفاده از کودهای بیولوژیک تأثیر افزایشی در اندام‌های زیرزمینی دارد، که در نتایج این پژوهش نیز مشاهده شد. افزایش در میزان تولید ریشه علاوه بر جذب بهتر عناصر غذایی موجب بهبود تولید فنول و فلاونوئید در گیاه کاسنی شد که در نهایت بر میزان فعالیت آنتی‌اکسیدانی و به دام‌اندازی رادیکال‌های آزاد، مثبت ارزیابی شده است. براساس نتایج پژوهش حاضر و با توجه به سازگاری مایکوریزا با محیط‌زیست و انواع تنش‌های محیطی، استفاده از قارچ‌های مذکور به‌منظور افزایش عملکرد انواع گیاهان و به‌ویژه گیاهان دارویی و نیز کاهش مصرف انواع کودهای شیمیایی قابل توصیه است.

۵. تشکر و قدردانی

از جناب آقای مهندس جواد ایرانمش مدیریت محترم مجتمع گلخانه‌ای ایرانمش زرند استان کرمان به‌خاطر در اختیار قراردادن گلخانه و فضای مطالعاتی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

۶. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

- Ali Abadi-Farahani, H., & Valad Abadi, S. A. R. (2009). The role of arbuscular Mycorrhizal fungus on coriander (*Coriandrum sativum* L.) in drought stress conditions. *Journal of Soil Science (Soil and Water Science)*, 24 (1), 69-80.
- Ali Asghar zad, N. (1997). *Soil Microbiology and Biochemistry (Translation 9), First Edition*. University of Tabriz Press. (In Persian).
- Al-Karaki, G. N. (2006). Nursery inoculation of tomato with arbuscular mycorrhizal fungi and subsequent performance under irrigation with saline water. *Scientia Horticulturae*, 109, 1-7.
- Arnon, D. I. (1949). Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in *Beta Vulgaris*. *Plant Physiology*, 24, 1-15.
- Aslani, Z., Hassani, M., Rasooli Sadaghiyani, M., Sefidkon, S., & Barin, M. (2012). Effect of two fungi species of arbuscular mycorrhizal (*Glomus mosseae* and *Glomus intraradices*) on growth, chlorophyll contents and P concentration in Basil (*Ocimum basilicum* L.) under drought stress conditions. *Iranian Medicinal and Aromatic Plants*, 27(2), 471-486. (In Persian).
- Bahadori, F., Sharifi Ashorabadi, A., Mirza, M., Matinizadeh, M., & Abdousi, V. (2015). The effects of plant growth promoting rhizobacteria and arbuscular mycorrhizal fungi on N, P and K uptake and yield of *Thymus daenensis* Clak *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 31(3), 527-538. (In Persian).
- Bais, H. P., & Ravishankar, G. A. (2001). *Cichorium intybus* L. cultivation, processing, utility, value addition and biotechnology, with an emphasis on current status and future prospects. *Journal of Science Food Agriculture*, 81, 467-484.
- Baslam, M., & Goicoechea, N. (2012). Water deficit improved the capacity of arbuscular mycorrhizal fungi (AM FUNGI) for inducing the accumulation of antioxidant compounds in lettuce leaves. *Mycorrhiza*, 22, 347-359.
- Bastami, A., & Majidian, M. (2016). Comparison between mycorrhizal fungi, phosphate biofertilizer and manure application on growth parameters and dry weight of coriander (*Coriandrum sativum* L.) Medicinal plant. *Journal of Science and Technology of Greenhouse Culture*, 7(2), 23-33. (In Persian).

- Brundrett, M. C., & Tedersoo, L. (2018). Evolutionary history of mycorrhizal symbioses and global host plant diversity. *New Phytologist Trust*, 220(4), 1108-1115.
- Chang, Y. L., Kim, D. O., Lee, K. W., Lee, H. J., & Lee, C. Y. (2002). Vitamin C equivalent antioxidant capacity (VCEAC) of phenolic phytochemicals. *Journal of Agricultural and food chemistry*, 50(13), 3713-3717.
- Copetta, A., Lingua, G., & Berta, G. (2006). Effects of three AM fungi on growth, distribution of glandular hairs, and essential oil production in *Ocimum basilicum* L. var. Genovese. *Mycorrhiza*, 16, 485-494.
- Dorman, H. J. D., Peltoketo, A., Hiltunen, R., & Tikkanen, M. J. (2003). Characterisation of the antioxidant properties of de-odourised aqueous extracts from selected Lamiaceae herbs. *Food Chemistry*, 83, 255-262.
- Fadaee, E., Parvizi Y., Gerdakane M., & Khanahmadi M. (2018). The Effects of Mycorrhiza (*Glomus mosseae* and *Glomus intraradiceae*) and Phosphorus on Growth and Phytochemical Traits of *Dracocephalum moldavica* L. under Drought Stress. *Journal of Medicinal Plants*, 17(2), 117-130. (In Persian).
- Fan, L., Dalpé, Y., Fang, Ch., Dubé, C., & Khanizadeh, Sh. (2011). Influence of arbuscular Mycorrhizale on biomass and root morphology of selected strawberry cultivars under salt stress. *Botany*, 89 (6), 397-403.
- Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D., & Basra, S. M. A. (2009). Plant drought stress: Effects, mechanisms and management. *Agronomy for sustainable development*, 29, 185-212.
- 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*, 4, 1-35.
- Ghanbari Kashan, M., Mirzakhani, M., & Farid Hashemi, S. (2017). Effect of organic and N and P chemical fertilizers application on oil percentage and some of ecological traits of *Carthamus tinctorious*. *Agricultural Science and Sustainable Production*, 27(4), 203-2016.
- Hamel, C. (2004). Impact of arbuscular mycorrhizal fungi on N and P cycling in the root zone. *Canadian Journal of Soil Science*, 84(4), 383-395.
- Hristozkova, M., Gigova, L., Geneva Stancheva, I., Vasileva, I., Sichanova, M., & Mincheva, J. (2017). Mycorrhizal fungi and microalgae modulate antioxidant capacity of basil plants. *Journal of Plant Protection Research*, 57(4), 10pp.
- Jeffries, P. (2001). *Achievements in the past and outlook for the future of AMF*. Research School of Biosciences, University. Of kent, Canterbury, kent CT27NJ, VK.
- Kapoor, R., Giri, B., & Mukerji, K. G. (2004). Improved growth and essential oil yield and quality in (*Foeniculum vulgare* mill.) on mycorrhizal inoculation supplemented with P-fertilizer. *Bio resource Technology*, 93, 307-311.
- Kartal, N., Sokmen, M., Tepe, B., Daferera, D., Polissiou, M., & Sokmen, A. (2007). Investigation of the antioxidant properties of *Ferula orientalis* L. using a suitable extraction procedure. *Food Chemistry*, 100(2), 584-589.
- Kirch, H. H., Vera-Estrella, R., Gollack, D., Quigley, F., Michalowski, C. B., Barkl, B. J., & Bohnert, H. J. (2000). Expression of water channel proteins in *Mesembryanthemum crystallinum*. *Plant Physiology*, 123, 111-124.
- Kohne, A., Haghparast Tanha, M., & Ramazanpour, H. (2007). The effect of arbuscular mycorrhizal fungi and phosphorus on the amount of phosphorus uptake by tea seedlings in sterile soil. *Journal of Agricultural Sciences*, 38(1), 11-17. (In Persian).
- Lee, J., & Scagel, C. F. (2010). Chicoric acid levels in commercial basil (*Ocimum basilicum*) and *Echinacea purpurea* products. *Journal of functional foods*, 2, 77-84.
- Marcel, G. A., viemken, A., & Sanders, I. R. (2003). Different arbuscular mycorrhizal fungi alter coexistence and resource distribution between cooccurring plant. *New Phytologist*, 157, 569-578.
- Mohammadi Sardouyeh, S., Boroomand, N., & Moghbeli, E. (2019). Effect of different mycorrhizal species inoculation on concentration of nutrient elements, yield per plant and antioxidant activity in Peppermint (*Mentha piperita*) under salt stress. *Journal of Soil Management and Sustainable Production*, 8(4), 127-142. (In Persian).
- Mulabagal, V., Wang, H., Ngouajio, M., & Nair, M. G. (2009). Characterization and quantification of health beneficial anthocyanins in leaf chicory (*Cichorium intybus*) varieties. *European Food Research and Technology*, 230, 47-53.
- Muthusamy, V. S., Anand, S., Sangeetha, K. N., Sujatha, S., Arun, B., & Lakshami, B. S. (2008). Tannins present in *Cichorium intybus* enhance glucose uptake and inhibit adipogenesis in 3T3-L1 adipocytes through PTP1B inhibition. *Chemico Biological Interactions Journal*, 174(1), 69-78.

- Nadiyan, H. (2011). Effect of drought stress and Mycorrhizal symbiosis on phosphorus growth and absorption by two different sorghum cultivars in root morphology. *Journal of Agricultural Science and Technology, Water and Soil Science*, 15(57), 127-140.
- Rahimi, A., Dovlati, B., Amirnia, R., & Heydarzade, S. (2020). Effect of application of mycorrhizal fungus and Azotobacter on physiological characteristics of *Trigonella foenum-graecum* L. under water stress conditions. *Iranian Journal of Plant Biology*, 11(4). (In Persian).
- Ratti, N., Kumar, S., Verma, H. N., & Gautams, S. P. (2001). Improvement in bioavailability of tricalcium phosphate to *Cymbopogon martini* var. motia by Rhizobacteria, AMF and Azospirillum inoculation. *Microbiology Research*, 156, 145-149.
- Riter Netto, A. F., Freitas, M. S., Martins, M. A., Carvalho, A. J., & Vitorazi Filho, J. Á. (2014). Efeito de fungos micorrízicos arbusculares na bioprodução de fenóis totais e no crescimento de *Passiflora alata* Curtis. *Revista Brasileira de Plantas Mediciniais*, 16, 1-9.
- Rozpadek, P., Wezowicz, K., Stojakowska, A., Malarz, J., Surowka, E., Sobczyk, P., Anielska, R., Wazny, R., Miszałski, Z., & Turnau, K. (2014). Mycorrhizal fungi modulate phytochemical production and antioxidant activity of *Chichoriyum intibus* L. (Astraceae) under metal toxicity. *Chemosphere journal*, 112, 217-224.
- Saleh Rastin, N. (1998). Biological fertilizers. *Journal of soil and water sciences*, 12(3), 1-36. (In Persian).
- Sharma, A. K. (2003). Biofertilizer for sustainable agriculture. *Agrobios (India)*. 407.
- Sheng, M., Tang, M., Zhang, F. F., & Huang, Y. H. (2011). Influence of arbuscular mycorrhiza on organic solutes in maize leaves under salt stress. *Mycorrhiza*, 21, 423-430.
- Zhang, R. Q., Zhu, H. H., Zhao, H. Q., & Yao, Q. (2013). Arbuscular mycorrhizal fungal inoculation increases phenolic synthesis in clover roots via hydrogen peroxide, salicylic acid and nitric oxide signaling pathways. *Journal of Plant Physiology*, 170(1), 74-79.
- Zimare, S. B., Borde, M. Y., Jite, P. K., & Malpathak, N. P. (2013). Effect of AM Fungi (Gf, Gm) on Biomass and Gymnemic Acid Content of *Gymnema Sylvestre* (Retz.). The Proceedings of the National Academy of Sciences, India, Section B. *Biological Sciences*, 83, 439-45.
- Zlatev, Z., & Lidon, F. C. (2012). An overview on drought induced changes in plant growth, water relations and photosynthesis. *Emirates Journal of Food and Agriculture*, 24, 57-72.3.