مقاله پژوهشی

واکنش دو رقم کنجد (یکتا و ناز تک شاخه) به گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا

معصومه قاسمی و مرتضی زاهدی*

گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه صنعتی اصفهان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۹/۰۴/۰۴، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۹/۱۱/۰۷)

چکیده

یک آزمایش گلدانی به‌منظور ارزیابی تأثیر تلقیح گیاهان با گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا (*Funneliformis mosseae, Rhizophagus irregularis, Claroideoglomus. claroideum, Cl. etanicatum, Glomus versiform, G. fasciculatum, G. caledonium* و *G. geosporum*) بر صفات مرتبط با رشد دو رقم کنجد (یکتا و ناز تک شاخه) در فضای باز مجاور گلخانه‌های علمی- پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. در این آزمایش برهمکنش میکوریزا و رقم بر میزان آغشتگی میکوریزایی، غلظت فسفر، پتاسیم، آهن، روی، کلروفیل، کارتنوئید، کربوهیدرات‌های محلول و وزن خشک اندام هوایی معنی‌دار بود. بیشترین میزان آغشتگی میکوریزایی برای هر دو رقم در تلقیح با گونه قارچ ***Cl. claroideum*** به‌دست آمد. در اثر تلقیح گیاهان غلظت فسفر، پتاسیم، آهن و روی در غالب موارد افزایش یافت. بیشترین میزان افزایش غلظت فسفر (۷۲٪)، آهن (۱۲۶٪) و روی (۵۴٪) به‌ترتیب به گیاهان تلقیح‌شده رقم یکتا با گونه‌های قارچ ***G.fasciculatum***، ***Cl.claroideum*** و ***G.geosporum*** ولی بیشترین میزان افزایش غلظت پتاسیم (۳۸٪) به گیاهان تلقیح‌شده رقم ناز تک شاخه با گونه‌های قارچ ***G.fasciculatum***، ***Cl.etanicatum*** و ***F. mosseae*** بدون تفاوت معنی‌دار با یکدیگر تعلق داشت. تلقیح گیاهان با میکوریزا بسته به نوع رقم و گونه قارچ موجب افزایش و یا کاهش محتوای کلروفیل، کارتنوئید، قندهای محلول و وزن خشک اندام هوایی گردید. وزن خشک اندام هوایی در رقم یکتا تلقیح‌شده با گونه‌های ***R. irregularis*** و ***F. mosseae*** به‌ترتیب ۲۰ و ۲۳ درصد و در رقم ناز تک شاخه تلقیح‌شده با گونه‌های ***G. fasciculatum*** و ***Cl. Clarodium*** به‌ترتیب ۱۷ و ۴۱ درصد افزایش نشان داد و بر این اساس، این چهار گونه مؤثرترین گونه‌های قارچ میکوریزا در همزیستی با ارقام کنجد شناخته شدند.

کلمات کلیدی: کنجد، گونه‌های میکوریزا، عناصر غذایی، رنگدانه‌های فتوسنتزی، کربوهیدرات‌های محلول

مقدمه

کنجد یکی از دانه‌های روغنی و خوراکی مهم در کشاورزی نواحی گرم به‌شمار می‌رود که از گذشته دور مورد استفاده بشر بوده و قدمت زراعت آن اندازه‌ای است که اظهار نظر در مورد زمان و ناحیه دقیق زراعی‌شدن آن بسیار مشکل است (Kermani *et al*., 2019). دانه این گیاه حدود ۵۷ تا ۶۳ درصد روغن خوراکی دارد و در نواحی مختلف کشور مانند فارس، خوزستان، کرمان، بوشهر و اصفهان کشت می‌شود(Najafabadi and Ehsanzadeh, 2017). گرچه کنجد گیاه گرمادوست و محصول مناطق گرمسیری و نیمه‌گرمسیری است ولی با اصلاح

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: mzahedi@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.21.7]

واریته‌های مناسب گسترش کشت آن به مناطق معتدل‌تر نیز امکان‌پذیر شده است (کدخدایی، ۱۳۹۲). با این حال، درصد روغن و عملکرد کنجد در نواحی گرمسیر بیشتر است (خواجه‌پور، ۱۳۷۰).

بخش قابل استفاده کنجد به‌طور عمده دانه آن است که نزدیک به ۷۵ درصد آن از چربی و پروتئین تشکیل‌شده و در تهیه نان، کیک و شیرینی مورد استفاده قرار می‌گیرد (خواجه‌پور، ۱۳۷۰). در ایران مهم‌ترین کاربرد کنجد، تولید ارده، حلوا ارده و حلوا شکری است ولی دانه آن برای روغن‌گیری نیز کاربرد دارد، به‌طوری‌که نزدیک به ۷۵ تا ۸۰ درصد دانه کنجد تولیدشده در جهان جهت استخراج روغن استفاده می‌شود (کدخدایی، ۱۳۹۲ و یوسف‌زاده، ۱۳۹۶). وجود نوعی روغن بنام سساموِلین موجب افزایش کیفیت، ثبات و پایداری روغن آن در برابر حرارت می‌شود که در سایر روغن‌ها این ترکیب مشاهده نمی‌شود (حقیقت‌نیا و همکارن، ۱۳۹۱). همچنین کنجاله کنجد را می‌توان به‌همراه کنجاله سویا در جیره طیور مصرف نمود. علاوه بر دانه، ریشه و برگ‌های کنجد نیز مصرف دارویی دارند (دینی‌ترکمانی و کارپیتان، ۱۳۸۶).

همزیستی میکوریزا با گیاهان پس از همزیستی خانواده حبوبات با ریزوبیوم، از جمله مهم‌ترین روابط بین گیاهان و میکروارگانیسم‌ها است که به‌منظور افزایش جذب عناصر غذایی و بهبود رشد مورد توجه محققان قرار گرفته است (Askari *et al*., 2019). اکثر گیاهان با گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا قابلیت همزیستی دارند. بیشترین نقش قارچ‌های میکوریزا در افزایش رشد گیاهان به‌دلیل فراهم‌کردن عناصر غذایی برای گیاه میزبان است. این توانایی قارچ‌های میکوریزا در افزایش جذب عناصر عذایی به‌دلیل افزایش سطح خاکی است که ریشه گیاهان می‌تواند با آن در تماس باشد که این کار را با گسترش شبکه‌ای از هیف‌ها در سطح خاک انجام می‌دهند (Aalipour *et al*., 2020). در مطالعه Koocheki و همکاران (۲۰۱۵)، تلقیح گیاهان با دوگونه قارچ میکوریزا *F. mosseae* و *G. intraradices* باعث بهبود فاکتورهای رشدی و عملکرد، راندمان مصرف آب و ویژگی‌های فیزیولوژیک کنجد گردید. در مطالعه Kyriazopoulos و همکاران (۲۰۱۴) گونه *R. intradadices* در مقایسه با گونه *F. mosseae* به نسبت بیشتری باعث افزایش تولید بیوماس در علف باغ (*Dactylis glomerata*) شد. عبداللهی و زارع (۱۳۹۴) بیان داشتند که با تلقیح گیاهان با گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا، عملکرد زیستی گیاه برنج افزایش یافت و گونه *Sebacina vermifera* کارآیی بهتری از این نظر در مقایسه با گونه *G. intraradices* داشت.

به‌منظور کاهش مشکلات ناشی از مصرف کودهای شیمیایی، راهکارهای بیولوژیکی از جمله کاربرد قارچ‌های میکوریزا می‌تواند مورد توجه قرار گیرد. علی‌رغم تحقیقات گسترده‌ای که در مورد همزیستی قارچ‌های میکوریزا با گیاهان مختلف زراعی صورت گرفته است، اطلاعات محدودی در رابطه با همزیستی گیاه کنجد با گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا وجود دارد. لذا، این آزمایش به‌منظور مطالعه اثرات همزیستی هشت گونه قارچ میکوریزا بر جذب عناصر، برخی صفات فیزیولوژیک و تولید بیوماس در دو رقم کنجد اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش گلدانی در فضای باز محوطه مجاور گلخانه‌های آموزشی-پژوهشی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان طی ماه‌های اردیبهشت تا تیر سال ۱۳۹۷ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار انجام شد. در این آزمایش اثرات تلقیح با هشت گونه قارچ میکوریزا *Funneliformis mossae* (*Glomus mossae*), *Rhizophagus irregularis* (*G. intraradices*) *Claroideoglomus. claroideum* (*G. claroideum*), *Cl. etanicatum* (*G. fasciculatum*, *G. versiform*, *G. geosporum*, *G. etanicatum*) و *G. caledonium*) بر دو رقم کنجد (یکتا و ناز تک شاخه) جهت انتخاب مؤثرترین گونه‌های قارچی همزیست با این ارقام مورد مطالعه قرار گرفت. در این آزمایش غلظت فسفر و پتاسیم در خاک مورد استفاده برابر ۲۱/۶ و ۳۸۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم و غلظت نیتروژن ۰/۰۸ درصد بود. قارچ میکوریزا برای هر گونه حاوی جمعیت حدود ۳۰ اسپور در هر گرم بود. جهت تلقیح خاک هر واحد آزمایشی از ماده تلقیح

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.21.7]

قارچ که شامل مخلوطی از خاک، ریسه، اسپور و سایر اندامک‌های تکثیری قارچ بود، استفاده شد. ۳۰ گرم از ماده تلقیح به‌صورت لایه‌ای در عمق ۳ سانتی‌متری خاک گلدان (حدود ۲ سانتی‌متر زیر بذر) قرار داده شد. ابتدا ۱۰ بذر در هر گلدان کاشته شد و پس از استقرار، گیاهان تنک‌شده و تعداد ۳ بوته در هر گلدان نگهداری شد.

صفات مورد ارزیابی: در این آزمایش صفات غلظت عناصر، درصد کلونیزاسیون، فسفر، پتاسیم، روی و آهن، غلظت کربوهیدرات‌های محلول، غلظت کلروفیل و کارتنوئید و وزن خشک اندام هوایی اندازه‌گیری شد.

برای اندازه‌گیری وزن خشک اندام هوایی پس از برداشت گیاهان قبل از نیام‌بندی، اندام هوایی هر یک از واحدهای آزمایشی به‌صورت مجزا داخل پاکت قرار داده شد و به‌مدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۵ درجه سانتی‌گراد خشک و با ترازوی دقیق توزین شد. اندازه‌گیری محتوای کلروفیل براساس میزان جذب نوری هر یک از عصاره‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر محتوای کلروفیل محاسبه گردید (Lichtenhaler, 1987).

اندازه‌گیری محتوای کربوهیدارت‌های محلول در اندام هوایی با استفاده از روش تغییر داده شده ایریگوین انجام شد (Irigoyen *et al.*, 1992). برای این منظور مقدار ۰/۵ گرم نمونه برگ منجمدشده با ۵ میلی‌لیتر اتانول ۹۵٪ در هاون چینی له گردید. محلول رویی از عصاره به‌دست آمده جمع‌آوری شد و عملیات استخراج بر روی رسوبات برگی باقیمانده طی دو مرحله شستشو با اتانول ۷۰٪ ادامه یافت. عصاره‌های الکلی جمع‌آوری‌شده به‌مدت ۱۰ دقیقه در دمای ۴ درجه سلسیوس و سرعت ۳۵۰۰ دور سانتریفیوژ گردید و تا زمان تعیین قندهای محلول کل، داخل لوله آزمایش درپوشدار در دمای ۴ درجه سلسیوس نگهداری شدند. ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره الکلی تهیه‌شده در لوله‌های آزمایش درپوشدار ۱۵ میلی‌لیتری ریخته شد و ۳ میلی‌لیتر معرف آنترون تازه (۱۵۰میلی‌گرم آنترون خالص در ۱۰۰ میلی‌لیتر اسید سولفوریک ۷۲ درصد به آرامی و در گرمای ملایم) آماده شده، به آن اضافه شد. سپس لوله‌های آزمایش به‌مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده شدند. پس از خنک‌شدن لوله‌های آزمایش، جذب نمونه‌ها در طول‌موج ۶۲۵ نانومتر با دستگاه طیف‌سنج مرئی خوانده شد.

برای اندازه‌گیری غلظت عناصر در گیاه به روش خاکسترگیری خشک (Dry ashing) عمل شد. در این روش یک گرم از نمونه گیاهی آسیاب‌شده در کروزه چینی ریخته شده و به‌مدت ۲ ساعت در کوره الکتریکی تحت حرارت ۵۵۰ درجه سلسیوس قرار داده شد تا مواد آلی آن سوخته و به خاکستر تبدیل شوند. سپس به کروزه‌ها ۵ میلی‌لیتر اسید کلریدریک ۲ نرمال افزوده و با حرارت‌دادن ملایم کروزه روی هات پلیت مواد خاکسترشده در اسید حل شد. سپس محلول تهیه‌شده از کاغذ صافی واتمن شماره ۴۲ عبور داده و عصاره در بالن ژوژه جمع‌آوری شد. سپس با آب‌مقطر حجم عصاره به ۱۰۰ میلی‌لیتر رسانده و میزان عناصر داخل آن به شرح زیر اندازه‌گیری شد (Black *et al.*, 1965). مقدار پتاسیم محلول به وسیله دستگاه فلیم فتومتر (Flame photometer) مدل PFP7 اندازه‌گیری و غلظت آن با استفاده از منحنی استاندارد محاسبه شد. آهن و روی با دستگاه جذب اتمی (Atomic absorbtion) مدل Perkin Elmer AA3030 خوانده شد. اندازه‌گیری غلظت فسفر با استفاده از دستگاه اسپکتروفتومتری در طول‌موج ۸۸۰ نانومتر صورت گرفت.

درصد آغشتگی ریشه به قارچ میکوریزا توسط روش گیووانتی و موسه (Giovannetti and Mosse, 1980) با کمی تغییرات صورت پذیرفت، بدین صورت که ریشه به همراه محلول KOH ۱۰٪ به‌مدت نیم ساعت در دمای۱۲۰ درجه اتوکلاو شد. پس از شستشوی ریشه با آب‌مقطر، محیط ریشه با HCl ۱۰٪ اسیدی شده و پس از نیم ساعت محلول دور ریخته می‌شود و بعد از خالی‌کردن HCl، ریشه درمحلول رنگ‌آمیزی تریپان بلو به‌مدت چندین ساعت در محیط آزمایشگاه قرار داده شد و سپس برای تعیین میزان آغشتگی میکوریزایی همزیستی توسط میکروسکوپ نوری مورد بررسی قرار گرفت. سپس درصد کلونیزاسیون به این روش مورد محاسبه قرار گرفت که

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-26]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.21.7]

۵۰ قسمت از قطعات ریشه رنگ‌آمیزی شده و سالم بر روی قطعات ۱ سانتی‌متری بر روی پلیت مدرج قرار داده شد. سپس زیر بینوکولار تعداد تقاطعات افقی و عمودی هر ردیف و ستون و همچنین تعداد آلودگی‌ها را به‌دست آورده و درصد آغشتگی ریشه از طریق نسبت زیر محاسبه شد.

$$\text{درصد آغشتگی ریشه} = \frac{\text{تعداد آلودگی در تقاطع}}{\text{تعداد کل تقاطعات به دست آمده}} \times 100$$

تجزیه و تحلیل داده‌ها توسط نرم‌افزار SAS و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

میزان آغشتگی میکوریزایی: تأثیر برهمکنش قارچ میکوریزا و رقم بر میزان آغشتگی میکوریزایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود (جدول ۱). میزان آغشتگی میکوریزایی ریشه گیاهان کنجد توسط گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا از ۸ تا ۴۴ درصد متغیر بود (جدول ۲). بیشترین میزان آغشتگی میکوریزایی در هر دو رقم کنجد (٪۴۰ برای رقم یکتا و ٪۴۴ برای رقم ناز تک شاخه) به گونه *Cl. claroideum* و کمترین آن در رقم یکتا (٪۸) به گونه *Cl. etunicatum* و در رقم ناز (٪۱۶) به گونه *G. versiform* تعلق داشت. این نتایج نشانگر این است که حتی در شرایط محیطی یکسان، واکنش یک گونه گیاهی و حتی ارقام آن به گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا می‌تواند متفاوت باشد. در آزمایش Grece و همکاران (۲۰۰۹) نیز میزان آغشتگی میکوریزایی گیاه جو با گونه قارچ *G. intraradices* خوب ولی با گونه قارچ *G. geosporum* ضعیف بود. Jacobsen وهمکاران (۱۹۹۲) اظهار داشتند که توانایی گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا در آغشته‌سازی ریشه گیاه میزبان متفاوت است و این تفاوت ممکن است به اختلاف در میزان تأثیرگذاری همزیستی قارچ بر مؤلفه‌های فیزیولوژیکی گیاه از جمله پتانسیل آب برگ و تنظیم‌کننده‌های اسمزی مرتبط باشد.

غلظت عناصر: برهمکنش میکوریزا و رقم بر غلظت عناصر فسفر، پتاسیم، آهن و روی در اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱).

غلظت فسفر در کلیه گیاهان تلقیح‌شده با گونه‌های مختلف قارچ بجز گونه *Cl. etunicatum* در رقم یکتا و گونه *G. versiform* در رقم ناز تک شاخه نسبت به گیاهان تلقیح نشده به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۲). در رقم یکتا بیشترین غلظت فسفر به گیاهان تلقیح‌شده با گونه *G. fasciculatum* با ٪۷۲ افزایش نسبت به شاهد و کمترین آن به گیاهان تلقیح‌شده با گونه *Cl. etunicatum* (بدون تغییر نسبت به شاهد) تعلق داشت. در رقم ناز تک شاخه بیشترین غلظت فسفر در گیاهان تلقیح‌شده با گونه *R. irregularis* با ٪۳۸ افزایش نسبت به شاهد مشاهده شد و کمترین آن به گیاهان تلقیح‌شده با گونه *G. versiform* تعلق داشت که نسبت به شاهد ٪۸ کاهش نشان داد.

غلظت پتاسیم در کلیه گیاهان تلقیح‌شده با گونه‌های مختلف قارچ بجز گونه‌های *G. versiform* و *Cl. etunicatum* در رقم یکتا و گونه‌های *G. versiform* و *G. geosporum* در رقم ناز تک شاخه به‌طور معنی‌داری افزایش یافت (جدول ۲). در رقم یکتا بیشترین غلظت پتاسیم به گیاهان تلقیح‌شده با گونه *R. irregularis* مشاهده شد با ٪۲۶ افزایش نسبت به شاهد و کمترین آن به گیاهان تلقیح‌شده با گونه *G. versiform* تعلق داشت که نسبت به شاهد ٪۱۰ کاهش نشان داد. در رقم ناز تک شاخه بیشترین غلظت پتاسیم به سه گونه *G. fasciculatum*، *Cl. etunicatum* و *F. mosseae* تعلق داشت با ٪۳۸ افزایش نسبت به شاهد و کمترین آن در گونه *G. geosporum* مشاهده شد که نسبت به شاهد ٪۳ کاهش نشان داد (جدول ۲).

غلظت آهن در کلیه گیاهان تلقیح‌شده با گونه‌های مختلف قارچ بجز گونه *R. irregularis* در رقم یکتا افزایش یافت (جدول ۲). بیشترین غلظت آهن در رقم یکتا در تلقیح با گونه *Cl. claroideum* مشاهده شد که نسبت به شاهد ٪۱۲۶ افزایش نشان داد و کمترین آن به گونه *R. irregularis* تعلق داشت که نسبت به شاهد ٪۶ کاهش یافت. بیشترین غلظت آهن در رقم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-26]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.21.7]

جدول ۱- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی عناصر فسفر، پتاسیم، آهن و روی و درصد آغشتگی میکوریزایی

تغییرات منابع	درجه آزادی	فسفر	پتاسیم	روی	آهن	کلونیزاسیون
رقم	۱	۲/۸۴ ns	۴۰/۱**	۰/۰۰۱**	۶۱/۶**	۹۳/۳**
میکوریزا	۸	۰/۰۰۱**	۱۷۶**	۰/۰۵۱**	۱۶۲**	۷۷۲۸**
رقم × میکوریزا	۸	۰/۰۰۱**	۳۲۰**	۰/۰۹۷**	۲۳۴**	۴۵۴**
خطا	۳۶	۱/۱۶	۳۴/۸	۰/۰۰۲	۲/۳۰	۲۰۴
ضریب تغییرات (درصد)		۴/۰۲	۳/۴۹	۲/۱۶	۲/۷۸	۱۰/۵

† ns : عدم تفاوت معنی‌دار، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۲- برهمکنش رقم و تلقیح با گونه‌های مختلف میکوریزا بر عناصر فسفر، پتاسیم، آهن و روی و درصد آغشتگی میکوریزایی کنجد

قارچ	رقم	فسفر	پتاسیم	آهن	روی	کلونیزاسیون
		میلی‌گرم بر گرم		میکروگرم بر گرم		درصد
F. mosseae	یکتا	۰/۴۱۰^{g}	۲۸/۲^{bc}	۸/۴۹^{de}	۰/۳۴۹^{d}	۳۰/۳^{d}
	ناز تک شاخه	۰/۴۸۰^{bc}	۳۲/۰^{a}	۷/۲۴^{g}	۰/۳۸۱^{c}	۳۷^{bc}
R. irregularis	یکتا	۰/۴۲۰^{fg}	۳۱/۹^{a}	۶/۷۴^{hi}	۰/۳۷^{c}	۳۰^{d}
	ناز تک شاخه	۰/۵۱۰^{b}	۲۶/۳^{de}	۸/۳۱^{ef}	۰/۴۴۲^{b}	۲۷^{de}
G. fasciculatum	یکتا	۰/۶۲۰^{a}	۲۷/۲^{cd}	۷/۹۱^{f}	۰/۲۹^{f}	۲۸^{d}
	ناز تک شاخه	۰/۴۴۰^{ef}	۳۲/۱^{a}	۱۰/۵^{c}	۰/۳۲۹^{e}	۳۶^{c}
Cl. claroideum	یکتا	۰/۴۷۰^{cd}	۲۶/۳^{de}	۱۶/۱^{a}	۰/۴۵۴^{b}	۴۰^{b}
	ناز تک شاخه	۰/۴۶۰^{cd}	۲۹/۱^{b}	۱۰/۷^{c}	۰/۲۹۳^{f}	۴۴^{a}
Cl. etunicatum	یکتا	۰/۳۶۰^{hi}	۲۵/۳^{e}	۸/۶۲^{de}	۰/۲۷۱^{g}	۸^{i}
	ناز تک شاخه	۰/۴۵۰^{de}	۳۲/۳^{a}	۸/۸۶^{d}	۰/۳۷۶^{c}	۲۰^{f}
G. caledonium	یکتا	۰/۴۵۰^{de}	۲۷/۲^{cd}	۱۱/۵^{b}	۰/۳۷۲^{c}	۲۴^{e}
	ناز تک شاخه	۰/۴۵۰^{de}	۲۹/۳^{b}	۶/۷^{i}	۰/۳۳^{e}	۱۸^{fg}
G. versiform	یکتا	۰/۴۶۰$^{c-e}$	۲۲/۸^{f}	۸/۷۱^{de}	۰/۳۲۹^{e}	۲۰^{f}
	ناز تک شاخه	۰/۳۴۰^{i}	۲۳/۴^{f}	۷/۱۶^{g}	۰/۳۷۶^{c}	۱۶^{g}
G. geosporum	یکتا	۰/۴۵۰^{de}	۲۹/۱^{b}	۱۲/۴^{b}	۰/۴۹۴^{a}	۱۲^{h}
	ناز تک شاخه	۰/۴۶۰$^{c-e}$	۲۲/۵^{f}	۶/۷۳^{hi}	۰/۳۴۶^{d}	۱۸^{fg}
شاهد	یکتا	۰/۳۶۰^{hi}	۲۵/۳^{e}	۷/۱۲^{gh}	۰/۳۲^{e}	–
	ناز تک شاخه	۰/۳۷۰^{h}	۲۳/۲^{f}	۶/۱۱^{j}	۰/۳۴۷^{d}	–

† میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

ناز تک شاخه به گونه‌های *Cl. claroideum* و *G. fasciculatum* تعلق داشت که نسبت به شاهد ٪۷۵ افزایش نشان دادند و کمترین آن در گیاهان شاهد مشاهده شد.

غلظت روی در کلیه گیاهان تلقیح‌شده با گونه‌های مختلف قارچ بجز گونه *Cl. etunicatum* و *G. fasciculatum* در رقم یکتا و بجز گونه‌های *G. caledonium*، *Cl. claroideum*، *G.*

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.21.7]

fasciculatum و *G. geosporum* در رقم ناز تک شاخه افزایش یافت (جدول ۲). بیشترین غلظت روی در رقم یکتا به گونه *G. geosporum* با ٪۵۴ افزایش نسبت به شاهد و کمترین آن به گونه *Cl. etunicatum* با ٪۱۵ کاهش نسبت به شاهد تعلق داشت. بیشترین غلظت روی در رقم ناز تک شاخه به گونه *R. irregularis* با ٪۲۷ افزایش نسبت به شاهد و کمترین آن به گونه *Cl. claroideum* با ٪۱۶ کاهش نسبت به شاهد تعلق داشت.

قارچ‌های میکوریزا از طریق افزایش منطقه توسعه ریشه موجب جذب بیشتر آب و عناصر غذایی می‌شوند (George, 2000). شواهد زیادی مبنی بر نقش این قارچ‌ها در جذب عناصر پرمصرف و کم‌مصرف وجود دارد (عالی‌پور، ۱۳۹۸). در مطالعه Marschner و Dell (۱۹۹۴) هیف‌های قارچ میکوریزا حدود ۲۵، ۸۰ و ۱۰ درصد از نیتروژن، فسفر و پتاسیم مورد نیاز گیاه را تأمین نمودند. به‌علاوه، نوع گونه قارچ می‌تواند در میزان جذب این عناصر مؤثر باشد (Wu *et al*., 2005). چنانچه در مطالعه Charron و همکاران (۲۰۰۱) کلونیزاسیون گیاه پیاز با گونه‌های قارچ *G. intraradices* و *G. versiform* باعث افزایش جذب فسفر گردید. Zuccarini (۲۰۰۷) نیز گزارش کرد که تلقیح گیاهان کاهو با گونه‌های *G. intaradices*، *F. mosseae* و *coronatum*.باعث افزایش جذب فسفر و پتاسیم گردید و بیشترین تأثیر مربوط به گونه *F. mosseae* بود. در مطالعه دیگری تلقیح گیاهان با گونه‌های *G. claroideum, F. mosseae, G. intraradices* موجب افزایش رشد نهال‌های زیتون و افزایش توانایی آنها در جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم گردید و بیشترین تأثیر در جذب پتاسیم مربوط به گونه *F. mosseae* بود (Porras-Soriano, 2009). به‌علاوه، قارچ میکوریزا با قابلیت تولید سیدروفورها می‌تواند سبب تولید کمپلکس آهن و سیدروفور در خاک و افزایش قابلیت جذب آهن شود (Neilands, 1981). همزیستی مایکوریزایی با افزایش طول ریشه‌ها و همچنین افزایش سطح جذب توسط ریشه‌های قارچی در گیاه ذرت، جذب عناصر غذایی به‌ویژه روی را افزایش داد (Kothari *et al*., 1991). در مطالعه Kafkas و Ibrahim (۲۰۰۹) تلقیح چهار گونه پسته با گونه‌های قارچ میکوریزا (*Glomus. etunicatum, G. intraradices, G. caledonium, G. mosseae, G. fasciculatum, G. clarium*) نشان داد که از نظر رشد، جذب عناصر غذایی و درصد آلودگی به میکوریزا تفاوت معنی‌داری بین گونه‌های پسته مشاهده شد. همچنین گونه‌های میکوریزا از نظر تقویت رشد گیاه و جذب عناصر غذایی متفاوت بودند. *G. clarium* بیشترین تأثیر را در رشد و تغذیه به‌همراه داشت و در نتیجه بیشترین زیست‌توده گیاهی و جذب روی و فسفر حاصل شد. پس از آن، *G. etunicatum*، *G. intraradices*، *G. caledonium* و *G. mosseae* مؤثرترین گونه‌ها بودند. به‌طورکلی *G. mosseae* و *G. fasciculatum* رشد گیاه را افزایش دادند و *G. clarium* از نظر جذب روی و فسفر مؤثرترین گونه بود.

غلظت قندهای محلول: برهمکنش میکوریزا و رقم بر غلظت قندهای محلول در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در اثر تلقیح با میکوریزا غلظت قندهای محلول در کلیه گیاهان تلقیح‌شده رقم یکتا با گونه‌های مختلف قارچ افزایش یافت درحالی‌که در رقم ناز تک شاخه تلقیح گیاهان با گونه‌های *G. versiform* و *G. geosporum* موجب کاهش ولی در بقیه گونه‌ها بجز گونه *G. caledonium* موجب افزایش غلظت قندهای محلول گردید (جدول ۴). در رقم یکتا بیشترین غلظت قندهای محلول در گیاهان تلقیح‌شده با گونه *R. irregularis* با ٪۲۹ افزایش و کمترین آن در گیاهان تلقیح شده با گونه *G. geosporum* با ٪۵ افزایش نسبت به شاهد مشاهده شد. در رقم ناز تک شاخه بیشترین غلظت قندهای محلول به گیاهان تلقیح‌شده با گونه *Cl. claroideum* با ٪۱۳ افزایش و کمترین آن به گیاهان تلقیح‌شده با گونه *G. versiform* با ٪۲۷ کاهش نسبت به شاهد تعلق داشت (جدول ۴).

هم گیاه و هم قارچ‌های میکوریزا از ارتباط متقابل سود می‌برند. در واقع طی این فرآیند، حدود ۱۲ تا ۲۷ درصد از

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.21.7]

جدول ۳- تجزیه واریانس اثر عوامل آزمایشی بر غلظت قندهای محلول، رنگدانه‌های فتوسنتزی و وزن خشک اندام هوایی

منابع تغییرات	درجه آزادی	قند	کلروفیل *a*	کلروفیل *b*	کلروفیل *a+b*	کاروتنوئید	وزن خشک اندام هوایی
رقم	۱	۱۱/۶**	۰/۰۳۱^{ns}	۰/۰۰۸^{ns}	۰/۰۷۳^{ns}	۰/۱۸۰^{ns}	۰/۹۷۷**
میکوریزا	۸	۲۵۳**	۴/۷۱**	۱/۵۰**	۱۱/۵**	۴/۱۶**	۳/۵۹**
رقم × میکوریزا	۸	۳۵/۹**	۶/۶۱**	۲/۱۳**	۱۶/۲**	۷/۶۰**	۳/۰۶**
خطا	۳۶	۷/۶۵	۲/۱۶	۰/۶۸۰	۵/۲۸	۲/۰۵	۶/۸۸
ضریب تغییرات (درصد)		۱/۴۴	۲۴/۱	۲۳/۹	۲۴	۱/۴۴	۳۴/۵

† ns: عدم تفاوت معنی‌دار، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱ درصد

جدول ۴- برهمکنش رقم و تلقیح با گونه‌های مختلف میکوریزا بر غلظت قندهای محلول، رنگدانه‌های فتوسنتزی و وزن خشک اندام هوایی کنجد

قارچ	رقم	قند	کلروفیل *a*	کلروفیل *b*	کلروفیل *a+b*	کاروتنوئید	وزن خشک اندام هوایی
		میلی‌گرم بر گرم وزن تر					گرم
F. mosseae	یکتا	۳۵/۲^{b}	۱/۹۶^{ab}	۱/۱۱^{ab}	۳/۰۷^{ab}	۱/۷۵^{a}	۱/۷۳^{ab}
	ناز تک شاخه	۳۳/۲^{d}	۰/۷۴۸$^{e-h}$	۰/۴۱۹$^{f-i}$	۱/۱۶$^{e-h}$	۰/۳۴$^{e-g}$	۱/۴۷$^{b-d}$
R. irregularis	یکتا	۳۶/۶^{a}	۱/۶۰^{bc}	۰/۳۸۴$^{g-i}$	۱/۹۸^{cd}	۰/۴۳۴$^{d-g}$	۱/۶۹$^{a-c}$
	ناز تک شاخه	۳۳/۴^{d}	۱/۲۴^{cd}	۰/۷۰۳^{cd}	۱/۹۵^{cd}	۰/۸۰۹$^{b-c}$	۱/۳۸$^{b-e}$
G. fasciculatum	یکتا	۳۵/۴^{b}	۱/۵۷^{bc}	۰/۸۸۷^{bc}	۲/۴۶^{bc}	۰/۸۸۵^{b}	۱/۰۸$^{c-h}$
	ناز تک شاخه	۳۲/۲^{e}	۰/۵۱۹^{h}	۰/۲۹۰^{i}	۰/۸۰۹^{gh}	۰/۲۰۱^{g}	۱/۷۷^{ab}
Cl. claroideum	یکتا	۳۳/۴^{d}	۰/۹۴۴$^{d-g}$	۰/۵۳$^{d-h}$	۱/۴۷$^{d-g}$	۰/۵۲۶$^{c-g}$	۰/۸۴۶$^{e-h}$
	ناز تک شاخه	۳۴/۲^{c}	۰/۵۶۸^{gh}	۰/۳۳۱^{hi}	۰/۸۹۹^{gh}	۱/۱۱^{b}	۲/۱۰^{a}
Cl. etunicatum	یکتا	۳۱/۸^{e}	۱/۱۵^{de}	۰/۶۴۳$^{d-f}$	۱/۷۹^{de}	۰/۴۸۱$^{d-g}$	۱/۳۲$^{b-f}$
	ناز تک شاخه	۳۲/۴^{e}	۲/۱۶^{a}	۱/۲۲^{a}	۳/۳۸^{a}	۱/۸۵^{a}	۰/۶۷۶^{gh}
G. caledonium	یکتا	۳۰/۸^{f}	۰/۸۶۲$^{d-h}$	۰/۴۸۷$^{d-i}$	۱/۳۴$^{d-h}$	۰/۶۹۳$^{c-e}$	۰/۸۹۳$^{d-h}$
	ناز تک شاخه	۳۰/۲^{fg}	۱/۰۵$^{d-f}$	۰/۵۹۶$^{d-g}$	۱/۶۴$^{d-f}$	۱/۱۱^{b}	۱/۱۵$^{b-h}$
G. versiform	یکتا	۳۰/۴^{fg}	۰/۷۱۹$^{f-h}$	۰/۴۰۳$^{g-i}$	۱/۱۲$^{f-h}$	۰/۳۶۹$^{e-g}$	۰/۷۲۶$^{f-h}$
	ناز تک شاخه	۲۱/۹^{h}	۰/۵۰۹^{h}	۰/۲۸۵^{i}	۰/۷۹۴^{h}	۰/۲۴۳^{g}	۱/۲۷$^{b-g}$
G. geosporum	یکتا	۲۹/۹^{g}	۰/۶۷۶$^{f-h}$	۰/۳۷۸$^{g-i}$	۱/۰۵$^{f-h}$	۰/۲۷۵^{fg}	۰/۵۹۰^{h}
	ناز تک شاخه	۲۸/۹^{h}	۱/۱۵^{de}	۰/۶۴۷^{de}	۱/۸^{de}	۰/۶۵۸$^{c-f}$	۰/۹۴۰$^{d-h}$
شاهد	یکتا	۲۸/۴^{h}	۰/۸۰۴$^{e-h}$	۰/۴۵$^{e-i}$	۱/۲۵$^{e-h}$	۰/۳۷۹$^{e-g}$	۱/۴۱$^{b-e}$
	ناز تک شاخه	۳۰/۱^{fg}	۰/۹۸۸$^{d-f}$	۰/۵۵۴$^{d-h}$	۱/۵۴$^{d-f}$	۰/۵۲۲$^{c-g}$	۱/۵۱$^{a-d}$

† میانگین‌های با حروف مشابه در سطح احتمال ۵ درصد آزمون LSD با یکدیگر اختلاف معنی‌دار ندارند.

کربن به‌صورت قند ساده هگزوز توسط قارچ میکوریزا استفاده می‌شود که انرژی مورد نیاز قارچ را تأمین می‌کند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.21.7]

عالی‌پور و همکاران (۱۳۹۸) بیان داشتند، نتایج تلقیح نهال‌های سرو نقره‌ای با قارچ‌های میکوریزا *R. irregularis*، *F. mosseae* و مخلوط دو گونه نشان داد، بیشترین میزان قند محلول در مخلوط دو گونه قارچ مشاهده شد، که افزایش ۱۳ درصدی را نسبت به گیاهان شاهد نشان داد.

غلظت کلروفیل و کارتنوئید: برهمکنش میکوریزا و رقم بر غلظت کلروفیل و کارتنوئید در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). در رقم یکتا غلظت کلروفیل *a* و کل در اثر تلقیح گیاهان با گونه‌های *G. versiform* و *G. geosporum* به‌طور غیر معنی‌داری کاهش ولی با بقیه گونه‌ها افزایش یافت (جدول ۴). درحالی‌که در رقم ناز تک شاخه غلظت کلروفیل *a* و کل فقط در گیاهان تلقیح‌شده با گونه *Cl. etunicatum*، *G. geosporum*، *R. irregularis* و *G. caledonium* (به‌اضافه گونه *Cl. claroideum* برای کلروفیل کل) افزایش ولی در گیاهان تلقیح‌شده با بقیه گونه‌های قارچ میکوریزا کاهش یافت. غلظت کلروفیل b در رقم یکتا در اثر تلقیح گیاهان با گونه‌های *G. versiform*، *G. geosporum* و *R. irregularis* به‌طور غیر معنی‌دار کاهش ولی در در اثر تلقیح با مابقی گونه‌ها افزایش یافت. درحالی‌که در رقم ناز تک شاخه غلظت کلروفیل b فقط در گیاهان تلقیح شده با گونه *Cl. etunicatum* به‌طور معنی‌داری افزایش و در گیاهان تلقیح‌شده با گونه‌های قارچ *G. versiform*، *Cl. claroideum*، *G. fasciculatum* و *F. mosseae* کاهش نشان داد. بیشترین غلظت کلروفیل *a* و b و کل در رقم یکتا در گیاهان تلقیح‌شده با گونه *F. mosseae* به‌ترتیب با ۲/۵ برابر افزایش و کمترین مقادیر آنها با ٪۱۶ کاهش به گونه *G. geosporum* تعلق داشت. بیشترین غلظت کلروفیل *a* و b و کل در رقم ناز تک شاخه به گونه *Cl. etunicatum* با ۲/۲ برابر افزایش و کمترین آنها به گونه *G. versiform* با ٪۴۹ کاهش تعلق داشت (جدول ۴).

غلظت کارتنوئید در گیاهان تلقیح‌شده رقم یکتا با گونه‌های قارچ *G. versiform* و *G. geosporum* کاهش غیر معنی‌دار ولی با بقیه گونه‌ها افزایش نشان داد ولی میزان این افزایش فقط برای گونه‌های *G. fasciculatum* و *F. mosseae* معنی‌دار بود (جدول ۴). درحالی‌که در رقم ناز تک شاخه غلظت کارتنوئید در گیاهان تلقیح‌شده با گونه‌های *G. versiform*، *G. fasciculatum* و *F. mosseae* کاهش ولی در بقیه گونه‌ها افزایش یافت گر چه میزان این افزایش برای گونه *G. geosporum* معنی‌دار نبود. بیشترین غلظت کارتنوئید در رقم یکتا به گیاهان تلقیح‌شده با گونه *F. mosseae* با ۴/۶ برابر افزایش و کمترین آن به گیاهان تلقیح‌شده با گونه *G. geosporum* با ٪۲۷ کاهش نسبت به شاهد تعلق داشت. در رقم ناز تک شاخه بیشترین غلظت کارتنوئید در گیاهان تلقیح شده با گونه *Cl. etunicatum* با ۳/۵ برابر افزایش و کمترین آن در گیاهان تلقیح‌شده با گونه *G. fasciculatum* با ٪۶۱ کاهش نسبت به شاهد مشاهده شد (جدول ۴).

محققان عنوان کردند که استفاده از قارچ‌های میکوریزا بر رنگدانه‌های فتوسنتزی مؤثر است و تلقیح گیاهان با میکوریزا به‌طور قابل توجهی محتوای کلروفیل *a*، *b* و کاروتنوئید را نسبت به گیاهان شاهد افزایش می‌دهد. علاوه بر این، مشخص شده است که محتوای بیشتر کلروفیل در میکوریزا نسبت به گیاهان فاقد میکوریزا با نرخ بالاتر فتوسنتز یا افزایش محتوای نیتروژن و منیزیم در گیاهان میکوریزایی مرتبط است (Mathur and Vyas, 1995). اثرهای مطلوب تلقیح گیاهان با میکوریزا در افزایش میزان کلروفیل برگ تا حدود زیادی به‌دلیل بهبود جذب عناصر غذایی در ارقام کنجد تلقیح‌شده با این قارچ‌ها است که با نتایج سایر پژوهشگران مطابقت دارد (Smith *et al.*, 2003). در همین راستا، نتایج تحقیق Yang و همکاران (۲۰۱۴) نشان می‌دهد که میزان کلروفیل در گیاهان تلقیح‌شده با میکوریزا نسبت به گیاهان شاهد بیشتر است و این به‌دلیل افزایش جذب آب و عناصر غذایی بیشتر در گیاهان تلقیح‌شده نسبت به شاهد است.

وزن خشک اندام هوایی: برهمکنش قارچ میکوریزا و رقم بر وزن خشک اندام هوایی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۳). وزن خشک اندام هوایی در گیاهان رقم یکتا تلقیح‌شده با گونه‌های قارچ *R. irregularis* و *F. mosseae*

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.21.7]

نسبت به گیاهان تلقیح‌نشده به‌ترتیب ۲۰ و ۲۳ درصد افزایش یافت (جدول ۴). به‌نظر می‌رسد در این رقم برتری گونه قارچ *R. irregularis* نسبت به سایر گونه‌های مورد مطالعه به‌واسطه بالاتربودن غلظت پتاسیم و قندهای محلول در گیاهان تلقیح شده با این گونه و مزیت گونه *F. mosseae* به‌دلیل غلظت بیشتر کلروفیل و کارتنوئید در گیاهان تلقیح‌شده با این گونه بوده است. همچنین، وزن خشک اندام هوایی در گیاهان رقم ناز تک شاخه تلقیح‌شده با گونه‌های *G. fasciculatum* و *Cl. clarodium* نیز به‌ترتیب ۱۷ و ۳۹ درصد افزایش نشان داد (جدول ۴). نتایج نشان می‌دهد که در رقم ناز تک شاخه برتری گونه قارچ *G. fasciculatum* نسبت به سایر گونه‌ها به‌دلیل بالاتربودن غلظت پتاسیم و آهن در گیاهان تلقیح‌شده با این گونه و مزیت گونه *Cl. clarodium* به‌دلیل غلظت بیشتر کلروفیل و کارتنوئید در گیاهان تلقیح‌شده با این گونه بوده است. تلقیح گیاهان با دیگر گونه‌های قارچ میکوریزا (بجز چهار گونه مورد اشاره در بالا) یا تأثیر مثبت معنی‌داری بر رشد گیاهان نداشت (از جمله تلقیح رقم یکتا با گونه قارچ *Cl. etunicatum* و تلقیح رقم ناز تک شاخه با گونه‌های قارچ *R. irregularis* و *F. mosseae*) و یا اینکه حتی موجب کاهش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی گیاهان میکوریزایی گردید. (از جمله تلقیح رقم یکتا با گونه‌های قارچ *G. versiform* و *G. geosporum* و رقم ناز تک شاخه با گونه‌های *Cl. etunicatum* و *G. geosporum*). Abdelmoneim و همکاران (۲۰۱۴) نشان دادند که تلقیح گیاهان باعث افزایش تمام شاخص‌های رشدی از جمله وزن خشک گیاه در مقایسه با گیاهان تلقیح‌نشده در هر دو شرایط تنش و بدون تنش گردید و دلیل این امر را افزایش جذب آب و عناصر غذایی توسط ریشه به‌واسطه افزایش سطح جذب ریشه توسط هیف قارچ بیان کردند. با این حال، Van der Heijden (۱۹۹۸) بیان نمودند که بسیاری از گونه‌های گیاهی با قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار همزیستی دارند ولی ممکن است نه تنها زیست‌توده آن‌ها افزایش نیابد بلکه حتی در شرایطی کاهش یابد. در این آزمایش بیشترین میزان آغشتگی میکوریزایی در هر دو رقم کنجد در گیاهان تلقیح‌شده با گونه قارچ *Cl. claroideum* مشاهده شد، درحالی‌که فقط در رقم ناز تک شاخه تلقیح گیاهان با این گونه موجب افزایش وزن خشک اندام هوایی گردید ولی در رقم یکتا تلقیح گیاهان با این گونه حتی موجب کاهش رشد گیاهان میکوریزایی گردید. این نتایج نشان می دهد که همواره درصد بالای آغشتگی قارچ در ریشه به معنای رشد بهتر گیاه میکوریزایی نمی‌باشد. چنانچه در آزمایش Grece و همکاران (۲۰۰۹) گیاه جو به‌خوبی با گونه قارچ *G. intraradices* آغشته شد و تلقیح این گیاه با گونه *G. geosporum* آغشتگی ضعیفی را بوجود آورد، ولی هر دو گونه در مقایسه با شاهد غیر میکوریزایی باعث کاهش معنی‌دار رشد گیاه شدند. Smith و همکاران (۲۰۰۳) دلیل کاهش رشد گیاهان طی همزیستی با میکوریزا را اینگونه بیان نمودند که میزان تأثیر منفی مصرف مواد فتوسنتزی توسط قارچ بر رشد گیاه بسیار بیشتر از تأثیر مثبت فسفر بود که قارچ در اختیار میزبان قرار داده بود.

نتیجه‌گیری

براساس نتایج به‌دست آمده در این پژوهش اختلاف قابل ملاحظه‌ای بین دو رقم کنجد مورد ارزیابی به همزیستی با گونه‌های مختلف قارچ میکوریزا وجود داشت. به‌طورکلی، بسته به نوع رقم و گونه قارچ مورد استفاده تلقیح گیاهان با قارچ میکوریزا موجب افزایش و یا کاهش رشد گیاه میکوریزایی گردید و در مواردی نیز تأثیر معنی‌داری از این نظر مشاهده نشد. تلقیح گیاهان متعلق به رقم یکتا با گونه‌های قارچ *F. mosseae* و *R. irregularis* و تلقیح گیاهان متعلق به رقم ناز تک شاخه با گونه‌های *G. fasciculatum* و *Cl. claroideum* موجب افزایش رشد گیاهان میکوریزایی گردید. برتری هر گونه قارچ میکوریزا بر دیگر گونه‌ها از نظر بهبود رشد گیاه بسته به نوع رقم کنجد و گونه قارچ مورد استفاده به‌طور عمده به‌دلیل افزایش غلظت عناصر غذایی به‌خصوص آهن و پتاسیم، قندهای محلول و رنگدانه‌های فتوسنتزی در گیاهان میکوریزایی شده بود.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.21.7]

منابع

حقیقت‌نیا، ح.، نادیان، ح.، رجالی، ف. و توکلی، ا. ر. (۱۳۹۱) اثر دو گونه قارچ میکوریزآربسکولار بر رشد رویشی و جذب فسفر پایه مکزیکن لایم (*Citrus aurantifolia*) تحت شرایط تنش خشکی. مجله به زراعی نهال و بذر (نهال و بذر) ۲۸: ۴۱۷-۴۰۳.

خواجه‌پور، م. (۱۳۷۰) تولید نباتات صنعتی. انتشارات جهاد دانشگاهی دانشگاه صنعتی اصفهان.

دینی ترکمانی، م. و کارپیتان، ژ. (۱۳۸۶) بررسی میزان و تنوع پروتئین در بذور دو رقم کنجد. علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۴۰: ۴۲-۳۱.

عالی‌پور، ح. (۱۳۹۸) نقش کم‌آبیاری، آلودگی کادمیم و آلاینده‌های سوختی بر زوال نهال سرو نقره‌ای (*Cupressus arizonica* G.) و اثر بهبوددهنده قارچ‌های میکوریزا و باکتری *Pseudomonas flourescens*. رساله دکتری، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.

عبدالهی، ع. ا. و زارع. م. ج. (۱۳۹۴) تأثیر قارچ‌های میکوریز و اندوفیت ریشه در شرایط خزانه مرطوب و نیمه مرطوب بر میزان عملکرد و اجزاء عملکرد برنج. تولید گیاهان زراعی ۸: ۲۳۰-۲۲۳.

کدخدایی، ا. (۱۳۹۲) تأثیر رژیم آبیاری بر ویژگی‌های مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی ژنوتیپ‌های کنجد (*Sesamum indicum* L.). رساله دکتری، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.

یوسف‌زاده، م. (۱۳۹۶) بررسی اثر متقابل رژیم رطوبتی و محلول‌پاشی سالیسیلیک اسید بر خصوصیات فیزیولوژیک، ریشه، رشد و عملکرد ژنوتیپ‌های کنجد (*Sesamum indicum* L.). رساله دکتری، دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران.

Aalipour, H., Nikbakht, A., Etemadi, N., Rejali, F. and Soleimani, M. (2020) Biochemical response and interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and plant growth promoting rhizobacteria during establishment and stimulating growth of Arizona cypress (*Cupressus arizonica* G.) under drought stress. Scientia Horticulturae 261: 108923.

Abdelmoneim, T. S., Moussa, T. A. A., Almaghrabi, O. A., Alzahrani, H. S. and Abdelbagi, I. (2014) Increasing plant tolerance to drought stress by inoculation with arbuscular mycorrhizal fungi. Life Science 11: 10-17.

Askari, A., Ardakani, M. R., Paknejad, F. and Hosseini, Y. (2019) Effects of mycorrhizal symbiosis and seed priming on yield and water use efficiency of sesame under drought stress condition. Scientia Horticulturae 257: 108749.

Black, C. A., Klute, A., Miller, R. H. and Page, A. L. (1965) Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties. American Society of Agronomy 9: 891-901.

Charron, G., Furlan, V., Bernier-Carou, M. and Doyon, G. (2001) Response of onion plants to arbuscular mycorrhizae, effects of nitrogen fertilization on biomass and bulb firmness. Mycorrhiza 11: 145-150.

George, E. (2000) Nutrient uptake. In: Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function. (eds. Kapulnick, Y. and Douds, D. D.) Pp. 307-343. Kluwer Academic Publishers, Netherlands.

Giovannetti, M. and Mosse, B. (1980) An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. New Phytologist 84: 489-500.

Grece, E. J., Cotsaftis, O., Tester, M., Smith, F. A. and Smith, S. E. (2009) Arbuscular mycorrizal inhibition of growth in barley phosphate transporter genes. New Phytologist 181: 938-949.

Irigoyen J. J., Emerich, D. W. and Sanchez-Diaz, M. (1992) Water stress induced changes in concentration of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiologia Plantarum 84: 55-60.

Jacobsen, I., Abbott, L. K. and Robson, A. (1992) External hyphae of vesiculararbuscular mycorrhizal fungi associated with *Trofoluim subterraneum* L. I. Spread of hyphae and phosphorus inflow into roots. New Phytologist 120: 371-380.

Kafkas, S. and Ibrahim, O. (2009) various mycorrhizal fungi enhance dry weights, p and zn uptake of four pistacia species. Journal of Plant Nutrition 32: 146-159.

Kermani, S. G., Saeidi, G., Sabzalian, M. R. and Gianinetti, A. (2019) Drought stress influenced sesamin and sesamolin content and polyphenolic components in sesame (*Sesamum indicum* L.) populations with contrasting seed coat colors. Food Chemistry 289: 360-368.

Koocheki, A., Bakhshaie, S., Khorramdel, S., Mokhtari, V. and Taher-Abadi, S. (2015) Effect of mycorrhiza symbiosis on yield, yield components and water use efficiency of Sesame (*Sesamum indicum* L.) affected by different irrigation regimes in Mashhad condition. Iranian Journal of Field Crops Research 13: 448-460.

Kothari, S. K., Marschner, H. and Romheld, V. (1991) Contribution of the VA mycorrhizal hyphae in acquisition of phosphorus and zinc by maize grown in a calcareous soil. Plant and Soil 131: 177-185.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.21.7]

Kyriazopoulos, A. P., Orfanoudakis, M., Abraham, E. M., Parissi, Z. M. and Serafidou, N. (2014) Effects of arbuscular mycorrhiza fungi on growth characteristics of *Dactylis glomerata* L. under drought stress conditions. Notulae Botanica Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 42: 132-137.

Lichtenhaler, H. K. (1987) Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods Enzymology 350-382.

Marschner, H. and Dell, B. (1994) Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. Plant and Soil 159: 89-102.

Mathur, N. and Vyas, A. (1995) Influence of VA mycorrhizae on net photosynthesis and transpiration of *Ziziphus mauritiana*. Journal of Plant Physiology 147: 328-330.

Najafabadi, M. Y. and Ehsanzadeh, P. (2017) Photosynthetic and antioxidative upregulation in drought-stressed sesame (*Sesamum indicum* L.) subjected to foliar-applied salicylic acid. Photosynthetica 55: 611-622.

Neilands, J. B. (1981) Iron absorption and trasport in microorganisms. Annual Review of Nutrition 1: 27-46.

Porras-Soriano, A. (2009) Arbuscular mycorrhizal fungi increased growth, nutrient uptake and tolerance to salinity in olive trees under nursery conditions. Plant Physiology 166: 1350-1359.

Smith, S. E., Smith, F. A. and Jakobsen, I. (2003) Mycorrhizal fungi can dominate phosphate supply to plants irrespective of growth responses. Plant Physiology 133: 16-20.

Van der Heijden, M. G. A., Boller, T., Wiemken, A. and Sanders, I. R. (1998) Different arbuscular mycorrhizal fungal species are potential determinants of plant community structure. Ecology 79: 208-291.

Wu, S. C., Cao, Z. H., Li, Z. G., Cheung, K. C. and Wong, M. H. (2005) Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth a greenhouse trial. Geoderma 125: 155-166.

Yang, G., Liu, N., Lu, W., Wang, S., Kan, H., Zhang, Y., Xu, L. and Chen, Y. (2014) The interaction between arbuscular mycorrhizal fungi and soil phosphorus availability influences plant community productivity and ecosystem stability. Ecology 102: 1072-1082.

Zuccarini, P. (2007) Mycorrhizal infection ameliorates chlorophyll content and nutrient uptake of lettuce exposed to saline irrigation. Plant, Soil and Environment 53: 283-289.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.21.7]

Response of two sesame cultivars (Yekta and Naz) to different species of mycorhizal Fungi

Masoumeh Ghasemi and Morteza Zahedi*

Department of Agronomy and Plant Breeding, University of Sanati Isfahan, Iran
(Received: 24/06/2020, Accepted: 26/01/2021)

Abstract

A pot experiment was conducted to evaluate the effects of inoculation with different mycorrhizal species (*Funneliformis mosseae, Rhizophagus irregularis, Claroideoglomus. claroideum, Cl. etanicatum, Glomus fasciculatum, G. caledonium, G. versiform, and G. geosporum*) on the growth parameters of two sesame cultivars (Yekta and Nas takshakheh). In this experiment, treatments were arranged as factorial based on a completely randomized design with three replications. Results showed that the effects of the interaction between mycorrhizal species and cultivars were significant on colonization rate, the contents of phosphorus, potassium, iron, zinc, chlorophyll, carotenoids, and soluble carbohydrates as well as on shoot dry weight. The highest colonization rates in both cultivars were obtained in the plants inoculated by *Cl. claroideum*. In most cases, mycorrhizal inoculation increased the concentrations of phosphorus, potassium, iron, and zinc in the treated plants. Maximum increases in the contents of phosphorus (72%), iron (126%) and Zinc (54%) were achieved in the plants of Yekta inoculated by *G. fasciculatum*, *G.caledonium,* and *G.geosporum*, respectively, whereas the highest content of potassium (38%) was obtained in the plants of Nas takshakheh inoculated by *G. fasciculatum*, *Cl.etanicatum and Funneliformis mosseae*. Mycorrhizal inoculation, depending on the used cultivar and mycorrhizal species, increased or decreased shoot dry weight and the contents of chlorophyll, carotenoids, and soluble carbohydrates. Shoot dry weight was increased by 20 and 23% in the plants of Yekta inoculated by *Rhizophagus irregularis* and *Funneliformis mosseae* and by 17 and 41% in the plants of Nas takshakheh inoculated by *G. fasciculatum* and *Cl.clarodoium*, respectively, and therefore, these four mycorrhizal species were recognized as the most compatible species with sesame plants.

Keywords: Sesame, Mycorrhizal species, Nutrient elements, Photosynthetic pigments, Soluble carbohydrates

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.21.7]

Corresponding author, Email: mzahedi@cc.iut.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2024-09-26]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1400.10.44.21.7]