تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دوازدهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۸
۵۰۷-۵۲۴
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2018.1378.1295

تأثیر چند گونه قارچ مایکوریزا بر رشد و عملکرد نخود (*Cicer arietinum* L.) تحت تنش خشکی

یوسف سهرابی[1*]، وریا ویسانی[2]، غلامرضا حیدری[1]، خسرو محمدی[3]، کاظم قاسمی گلعذانی[4]

۱. دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان

۲. استادیار گروه زراعت، دانشکده علوم کشاورزی و صنایع غذایی، واحد علوم و تحقیقات، دانشگاه آزاد اسلامی، تهران، ایران

۳. استادیار گروه زراعت دانشگاه آزاد اسلامی واحد سنندج

۴. استاد گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

تاریخ دریافت: ۹۶/۱۱/۲۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۷/۰۲/۰۴

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری و همچنین چند گونه از قارچ‌های آربوسکولار مایکوریزا بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.)، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل سه سطح آبیاری مطلوب، تنش متوسط و شدید خشکی و استفاده از سه گونه قارچ مایکوریزا شامل (*Glomus etunicatum*، *G. versiforme*، *G. intraradices*) و عدم تلقیح (شاهد) بودند. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که تیمارهای آزمایشی، اثر معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی داشتند، به‌طوری‌که با کاهش میزان آب قابل‌دسترس گیاه، ارتفاع اولین شاخه گل دهنده، تعداد شاخه گل دهنده، وزن خشک ریشه، وزن خشک کل، وزن غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد دانه کاهش یافت. همچنین کاربرد گونه‌های قارچ مایکوریزا تأثیر معنی‌داری بر صفات مورد ارزیابی داشت. به‌طوری‌که هم در شرایط تنش خشکی و هم در شرایط بدون تنش، گیاهان تلقیح یافته با قارچ مایکوریزا از رشد و عملکرد بهتری در مقایسه با گیاهان تلقیح نشده برخوردار بودند. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که تلقیح نخود با قارچ مایکوریزا چه در شرایط تنش خشکی و چه در شرایط عدم تنش می‌تواند از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، سبب بهبود رشد، نمو و عملکرد گیاه نخود گردد و به‌عنوان راهکاری در جهت افزایش عملکرد، مدنظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: **خصوصیات مورفولوژیک، سطوح آبیاری، گونه‌های گلوموس، نخود**

مقدمه

حبوبات با سطح زیر کشت یک‌میلیون و دویست هزار هکتار و تولید ۷۰۰ هزار تن، پس از غلات دومین سطح زیر کشت را در کشور به خود اختصاص داده و نقش مهمی در تأمین نیازهای پروتئینی موردنیاز کشور ایفا می‌کنند (FAO, 2004). نخود (*Cicer arietinum* L.) ازجمله مهم‌ترین بقولات دانه‌ای جهان است که در ایران نسبت به سایر حبوبات، بیشترین سطح زیر کشت را دارد و کاشت آن در بسیاری از نقاط کشور ازجمله شمال غرب بسیار رایج است؛ بنابراین تلاش در جهت افزایش عملکرد و بهبود کیفیت این محصول ضروری به نظر می‌رسد. از طرف دیگر، تنش کمبود آب یک تهدید دائمی برای زندگی گیاه است و خشک‌سالی و تنش حاصل از آن یکی از مهم‌ترین و رایج‌ترین تنش‌های محیطی است که تولید موفقیت‌آمیز محصولات زراعی را به‌ویژه در نواحی خشک و نیمه‌خشک سرتاسر جهان با محدودیت روبرو ساخته است (Yunusi et al., 2010) و اغلب موجب کاهش عملکرد در گیاهان می‌شود (Svobodova and Misha, 2004). ایران با میانگین ۲۶۰ میلی‌متر بارندگی، یکی از کشورهای مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود

* نگارنده پاسخگو: یوسف سهرابی. پست الکترونیک: yousef.sohrab@yahoo.com

(Yazdchi, 2008) و کمبود آب یکی از مشکلات اساسی کشاورزی ایران است، لذا وقوع تنش خشکی در دوره رشد گیاهان امری اجتناب‌ناپذیر است. گیاهان زراعی که به‌طور پیوسته در معرض تنش کمبود آب هستند به روش‌های گوناگونی نسبت به آن واکنش نشان می‌دهند (Yunusi et al., 2010). کمبود آب با تأثیر بر آماس سلولی و درنتیجه باز و بسته شدن روزنه‌ها، فرایندهای فتوسنتز، تنفس و تعرق را تحت تأثیر قرار داده و از طرف دیگر با تأثیر بر فرایندهای آنزیمی که به‌طور مستقیم با پتانسیل آب کنترل می‌شوند، بر رشد گیاه اثر منفی می‌گذارد (Schusler and Westgate, 1995).

نخود به‌عنوان گیاهی مقاوم در برابر تغییرات رطوبت محیط شناخته‌شده است و در شرایط کمبود آب، تغییرات فیزیولوژیکی، مورفولوژیکی و بیوشیمیایی در آن به وجود می آید (Ghorbanli et al., 2001). تنش خشکی باعث کاهش شدید عملکرد و تعداد غلاف در گیاه نخود گردید (Jamshidi Moghadam et al., 2007). وقوع تنش خشکی در مراحل اولیه رشد رویشی (شامل تیمارهای گیاهچه‌ای و رشد سریع) علی‌رغم اینکه موجب گردید تا ارتفاع بوته، تعداد گره، تعداد و طول شاخه‌های جانبی و وزن خشک برگ کاهش یابد، اما این تأثیر بر اجزای عملکرد شامل وزن دانه و تعداد غلاف در بوته، معنی‌دار نبود (Amiri Dah Ahmadi et al., 2010). در خاک‌های مناطق خشک و نیمه‌خشک به دلیل قلیایی بودن خاک و زیادی کلسیم، قابلیت جذب فسفر که وابسته به pH خاک است، کاهش‌یافته و این عنصر از دسترس گیاه خارج می‌شود (Shirani et al., 2000).

ترکیب عواملی که گیاه را به تحمل تنش خشکی قادر می‌سازد جهت بهبود تولید محصول تحت شرایط خشکی می‌تواند مفید باشد. تغذیه مناسب گیاهی در بالا بردن سطح تحمل گیاهان در مقابل انواع تنش‌ها نقش بسزایی دارد (Sphere et al., 2002). کودهای شیمیایی، تنها منبع تأمین عناصر غذایی موردنیاز گیاه نیستند، بلکه کودهای زیستی نیز می‌توانند در تأمین نیازهای غذایی گیاهان، نقش ایفا کنند. تعدادی از میکروارگانیسم‌های موجود در این کودهای زیستی می‌توانند قابلیت دسترسی به فسفر در خاک را افزایش دهند و از طریق فراهمی فسفر و نیز ایفای نقش‌های دیگر روی رشد گیاه و افزایش کیفیت محصولات کشاورزی تأثیرگذار باشند. استفاده از قارچ‌های مایکوریزا جهت بهبود روابط آبی گیاه میزبان ازجمله راهکارهایی است که طی دهه‌های اخیر به کار گرفته شده است (Smith and Read, 2008). قارچ‌های مایکوریزا با تولید هورمون‌های رشد به‌ویژه جیبرلین، باعث افزایش معنی‌دار تعداد برگ، قطر، وزن خشک اندام‌های هوایی و عملکرد گیاه گلرنگ می‌گردند (Omidi et al., 2009). قارچ‌های مایکوریزا همچنین باعث تغییر مورفولوژی ریشه، افزایش جذب آب و جلوگیری از بروز برخی بیماری‌های ریشه می‌شوند (Alloush et al., 2000; Augé, 2001). مهم‌ترین و بیشترین تأثیر رابطه همزیستی با قارچ‌های مایکوریزا، افزایش جذب عناصر معدنی به‌ویژه فسفر در گیاه میزبان است. این تأثیر به‌خصوص در اراضی که فسفر محلول در خاک کم بوده یا در اثر خشکی، ضریب پخشیدگی عنصر فسفر بسیار کاهش یافته است مشهودتر است (Shirani et al., 2000). هیف‌های قارچ مایکوریزا می‌توانند به منافذ بسیار ریزی که حتی تارهای کشنده قادر به نفوذ در آن‌ها نیستند واردشده و باعث افزایش میزان جذب آب گردند (Tisdall, 1991). تحقیقات اندکی در مورد نقش همزیستی قارچ‌های مایکوریزا بر افزایش رشد و عملکرد گیاه نخود به‌ویژه تحت شرایط تنش‌زا انجام شده است. در بعضی آزمایش‌ها، قارچ مایکوریزا آربوسکولار (Arbuscular Mycorrhizal Fungi) به‌تنهایی تأثیر زیادی بر رشد و عملکرد نخود نداشته است (Solaiman et al., 2005). ولی در بهبود گره‌بندی باکتری ریزوبیوم، جذب عناصر غذایی و عملکرد نخود نقش داشته است (El-Ghandour and Galal, 2002). استفاده از کودهای زیستی که دارای گونه‌های مختلف میکروبی هستند به کاهش استفاده از کودهای شیمیایی منجر شده و باعث گردیده محصولاتی با کیفیت بالا و بدون مواد شیمیایی مضر برای سلامتی انسان تولید شود (Mahfouz and Sharaf-Eldin, 2007). همزیستی ریشه رازیانه با قارچ مایکوریزا به‌طور معنی‌داری سبب بهبود گلدهی، وزن هزار دانه، بیوماس و عملکرد دانه رازیانه گردید (Kapoor et al., 2004). در مطالعه‌ای، اظهار داشتند که تلقیح نعناع با قارچ مایکوریزا، ارتفاع بوته و عملکرد بیولوژیکی را به‌طور قابل‌توجهی افزایش داد (Gupta et al., 2002). در مطالعه دیگری مشاهده گردید که تلقیح ریشه دو گیاه دارویی شوید و نوعی زیره با دو نوع قارچ مایکوریزا سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام‌های هوایی آن‌ها گردید (Kapoor et al., 2002). تلقیح ریشه‌های شوید و زنیان با دو گونه قارچ مایکوریزا سبب افزایش معنی‌دار وزن خشک اندام هوایی آن‌ها شد (Kapoor et al., 2002). در مطالعه‌ای که روی گیاه دارویی بشقابی (*Scutellaria integrifolia*)

انجام شد مشخص گردید که تلقیح ریشه این گیاه با مایکوریزا نه‌تنها در افزایش رشد و تکثیر گیاه خصوصاً رشد ریشه، مؤثر بوده بلکه توانایی گیاه را برای رشد در خاک‌های حاشیه‌ای که با کمبود فسفر نیز مواجه هستند، افزایش می‌دهد (Joshee et al., 2007). مطالعات قبلی روی گیاه شوید و لوبیا نشان داد که کاربرد قارچ مایکوریزا باعث افزایش وزن تر و عملکرد این گیاهان تحت شرایط کشت مخلوط گردید (Weisany et al., 2015, 2016).

عده‌ای از محققان، افزایش مقاومت به خشکی را جدای از مسئله تغذیه فسفری گیاه مورد تأکید قرار داده و معتقد هستند که قارچ‌های همزیست با ریشه، توانایی بهبود بخشیدن روابط آبی گیاه را داشته و باعث افزایش جذب آب از خاک می‌شوند (Sohrabi et al., 2012a; Sohrabi et al., 2012 b). با مطالعه تأثیر قارچ مایکوریزا بر گیاهان لوبیا و شوید در شرایط کشت مخلوط مشخص شد که کاربرد قارچ مایکوریزا باعث افزایش غلظت عناصر غذایی اندام‌های مختلف گیاهان گردید (Weisany et al., 2016).

در رابطه با تأثر کودهای بیولوژیک بر رشد و عملکرد گیاهان مطالعاتی انجام شده است؛ اما در مورد مقایسه تأثیر گونه‌های قارچ مایکوریزا در زمان وقوع تنش خشکی بر گیاه نخود مطالعات بسیار اندکی انجام شده است. لذا، با توجه به اثرات سوئی که تنش خشکی می‌تواند بر رشد و عملکرد نخود داشته باشد و همچنین با توجه به اثرات مفیدی که قارچ مایکوریزا در تعدیل اثرات تنش خشکی می‌تواند ایفا نماید، هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر کاربرد چند گونه قارچ مایکوریزا بر رشد، عملکرد و اجزای عملکرد نخود تحت سطوح مختلف آبیاری در جهت پیدا کردن راهکاری برای کاهش اثرات تنش خشکی بر این گیاه و بهبود عملکرد آن است.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری و گونه‌های قارچ مایکوریزا بر خصوصیاتی مانند زمان گلدهی، ارتفاع بوته، ارتفاع اولین شاخه گل‌دهنده، تعداد شاخه گل‌دهنده، وزن خشک ریشه، وزن خشک کل (اندام هوایی و ریشه)، وزن غلاف، تعداد غلاف در بوته، وزن هزار دانه و عملکرد تک بوته نخود، آزمایشی در گلخانه دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه کاملاً تصادفی در سال زراعی ۱۳۹۲ با سه تکرار انجام گرفت. فاکتور اول شامل سه سطح آبیاری (آبیاری مطلوب، تنش متوسط و تنش شدید) بود. بعد از استقرار کامل بوته‌ها در گلدان، تیمارهای آبیاری اعمال گردید. بعد از هر آبیاری، آبیاری بعدی در تیمارهای آبیاری مطلوب، تنش متوسط و تنش شدید خشکی، به ترتیب در پتانسیل آب خاک ۰/۳-، ۶- و ۱۲- بار انجام می‌گرفت. فاکتور دوم شامل چهار سطح قارچ مایکوریزا، تلقیح نخود با گونه‌های مایکوریزا (*Glomus etunicatum*، *G. versiforme*، *G. intraradices*) و عدم تلقیح (شاهد) بود.

جهت اعمال تیمارهای تنش خشکی، از کشت مستقیم بذرها در گلدان و اعمال خشکی به روش وزنی استفاده شد. در این روش ابتدا حدود رطوبتی ظرفیت زراعی[1] و نقطه پژمردگی دائم[2] در یک خاک شنی لومی با استفاده از دستگاه صفحه فشار[3] تعیین گردید (Moshtaghi Niaki, 2008). بر اساس این نقاط، میزان آب قابل‌دسترس خاک[4] تعیین شد. وزن دقیق اجزای هر گلدان اندازه‌گیری شد. بر اساس محاسبات یادشده، وزن هر گلدان برای سه تیمار (آبیاری در حد ظرفیت زراعی به‌عنوان تیمار آبیاری مطلوب و آبیاری پس از تخلیه ۷۵ و ۱۰۰ درصد آب قابل‌استفاده جهت اعمال تیمارهای تنش متوسط و تنش شدید) محاسبه گردید.

کاشت بذور (ژنوتیپ ILC-482 از تیپ کابلی) در گلدان‌های پلاستیکی محتوی ۲۰ کیلوگرم مخلوط خاک و ماسه با نسبت ۱:۲ در تاریخ ۲۳ اردیبهشت ۱۳۹۲ انجام گردید. ارتفاع گلدان‌های آزمایشی ۴۰ و قطر دهانه آن ۴۰×۶۰ سانتی‌متر بود. در هر گلدان ۱۸ عدد بذر کاشته شد. گیاهچه‌های نخود بعد از سبز شدن بعد شش روز با ۹۵ درصد جوانه‌زنی و ظهور برگ‌های اصلی، تنک شدند و در هر گلدان ۶ بوته نگه‌داشته شد. بعد از سبز شدن بذور و استقرار کامل بوته‌ها، از سوم خردادماه تیمارهای آبیاری اعمال گردید. پتانسیل آب خاک از طریق از وزن کردن گلدان‌ها و نمودار رطوبتی اندازه‌گیری شد. برای تلقیح نخود با مایکوریزا، قبل از کاشت به ازای هر کیلوگرم خاک گلدان، ۱۰ گرم از خاکی که حاوی حدود ۱۰۰۰ اسپور بود به خاک گلدان اضافه گردید و به‌خوبی با آن

[1] Field Capacity
[2] Permanent Wilting Point
[3] Pressure plate apparatus
[4] Available Water Content

مخلوط گردید (Sohrabi et al., 2012a). مایهٔ تلقیح قارچ مایکوریزا که مخلوطی از قطعات ریشه، خاک، اندام زیستی و اسپور قارچ بود، از گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز تهیه گردید. در طول دوره رشد به‌صورت مرتب سطوح مختلف آبیاری اعمال گردید. در طول دوره داشت هیچ‌گونه مبارزه‌ای شیمیایی جهت کنترل آفات انجام نگرفت. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده‌شده در آزمایش مورد ارزیابی قرار گرفت (جدول ۱).

به‌منظور اندازه‌گیری ارتفاع بوته و ارتفاع اولین شاخه گل‌دهنده، سه بوته به‌طور تصادفی انتخاب شد و ارتفاع آن‌ها به ترتیب از سطح خاک تا بالاترین نقطه گیاه و تا اولین شاخه گل‌دهنده با استفاده از خط کش برحسب سانتی‌متر اندازه‌گیری شد و میانگین آن‌ها به‌عنوان ارتفاع بوته ثبت شد. به‌منظور تعیین تعداد شاخه گل‌دهنده، تعداد سه بوته از هر گلدان آزمایشی در زمان گلدهی به‌صورت تصادفی انتخاب شد و تعداد شاخه گل‌دهنده در ساقه اصلی به‌طور مجزا برای هر بوته شمارش و میانگین آن‌ها ثبت شد. برگ‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد و ریشه و ساقه‌ها نیز به مدت ۴۸ ساعت در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد در دستگاه آون (مدل OF-12P ساخت شرکت Jeiotech کره جنوبی) قرار گرفتند. وزن تر اندام‌های مختلف گیاه نخود در هر تیمار با استفاده از ترازوی دیجیتال حساس با دقت یک‌هزارم گرم اندازه‌گیری شد. سپس برای تعیین وزن خشک اندام‌های مختلف گیاه، بعد از خارج کردن بوته از گلدان بخش‌های مختلف گیاه شامل ریشه، ساقه و برگ در مرحله رشدی اوایل غلاف‌بندی از هم جدا شدند. با استفاده از ترازوی دیجیتال با دقت یک‌هزارم گرم، توزین شدند. برای تعیین درصد کلونیزاسیون ریشه‌ها، بعد از رنگ‌آمیزی قطعات ریشه‌ای، از روش تلاقی خطوط شبکه استفاده گردید (Phillips and Hayman, 1970).

بعد از جمع‌آوری مشاهدات، تجزیه‌وتحلیل‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS و رسم نمودارها با بهره‌گیری از نرم‌افزار Excel انجام شد. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵٪ استفاده گردید.

جدول ۱. برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک استفاده‌شده در آزمایش.

Table 1. Some physical and chemical properties of the used soil in the experiment.

بافت خاک Soil texture	pH	ECe	پتاسیم Potash	فسفر Phosphorus	منیزیم Magnesium	روی Zinc	منگنز Manganese	آهن Iron	مس Copper
شنی لومی		(dSm^{-1})	---------- ($mg\ kg^{-1}soil$) ----------						
Sandy loam	6.8	0.73	500	9.5	228.13	1.34	37.3	10.84	1.1

نتایج

زمان گلدهی

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) حاکی از آن است که سطوح آبیاری و گونه‌های مختلف مایکوریزا، به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد، زمان گلدهی گیاه نخود را تحت تأثیر قرار داد. نتایج، گویای آن است که تنش کمبود آب باعث تسریع در زمان گلدهی نخود گردید به‌طوری‌که بالاترین فاصله زمانی از زمان کاشت تا گلدهی به گیاهان تحت آبیاری مطلوب تعلق داشت. گیاهانی که در معرض تنش کمبود آب با گونه‌های قارچی *Glomus etunicatum*, *G. versiforme*, *G. intraradices* بودند زودتر وارد مرحله رشد زایشی شدند و این در گیاهانی که در شرایط تنش شدید خشکی قرار داشتند، محسوس‌تر بود (شکل ۱). همچنین نتایج مقایسه میانگین نشان می‌دهد که در کلیه سطوح آبیاری، تلقیح نخود با هریک از گونه‌های قارچ مایکوریزا در مقایسه با شاهد (عدم تلقیح) باعث تسریع در زمان گلدهی گردید (شکل ۱).

ارتفاع بوته

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تلقیح نخود با قارچ مایکوریزا، ارتفاع گیاه نخود را در سطح احتمال ۱٪ تحت تأثیر قرار داد (جدول ۲). درحالی‌که سطوح آبیاری و نیز اثرات متقابل سطوح آبیاری و گونه‌های مایکوریزا، اختلاف معنی‌داری را ازلحاظ این صفت نشان ندادند (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۲) گویای آن است که تلقیح نخود با هریک از گونه‌های مایکوریزا (*Glomus etunicatum*، *G. versiforme*، *G. intraradices*) در

مقایسه با شاهد (عدم تلقیح) به‌طور کاملاً معنی‌داری باعث افزایش ارتفاع بوته گردید.

ارتفاع اولین شاخه گل دهنده

همان‌طور که در جدول ۲ ملاحظه می‌گردد تأثیر تیمارهای سطوح آبیاری (سطح احتمال ۱٪) و گونه‌های مایکوریزا (سطح احتمال ۱٪) بر ارتفاع اولین شاخه گل‌دهنده نخود معنی‌دار شد. مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط آبیاری کامل و تنش شدید خشکی، کاربرد گونه‌های مایکوریزا باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع اولین شاخه گل‌دهنده گردید (شکل ۳). همچنین در شرایط تنش متوسط، کاربرد گونه‌های مایکوریزا به‌خصوص گونه *G. versiforme* در مقایسه با شاهد (بدون تلقیح)، باعث افزایش ارتفاع اولین شاخه گل-دهنده در گیاه نخود شد (شکل ۴). در شرایط تنش شدید، گیاهان تلقیح شده با *G. etunicatum* نسبت به گیاهان تلقیح شده با سایر گونه‌ها ازنظر ارتفاع اولین شاخه گل دهنده به‌طور معنی‌داری برتر بودند.

جدول ۲. نتایج تجزیه واریانس صفات مورفولوژیک، عملکرد و اجزای عملکرد رقم ILC-482 نخود تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و تلقیح با گونه‌های مختلف مایکوریزا.

Table 2. Analysis of variance of morphological traits, yield and yield components of chickpea (ILC-482) inoculated with various species of mycorrhiza under different levels of irrigation.

			میانگین مربعات (MS)				
S. O. V.	منابع تغییرات	درجه آزادی (df)	زمان گلدهی Flowering time	ارتفاع بوته Height	ارتفاع اولین شاخه گل دهنده Height of the first flowers	تعداد شاخه گل دهنده Number of flowers	وزن خشک ریشه Root dry weight
Irrigation levels (I)	سطوح آبیاری	2	202.33**	16.08^{ns}	145.33**	0.58**	3.942**
Mycorrhiza species (M)	گونه‌های مایکوریزا	3	32.843**	197.73**	116.96**	0.24**	1.675**
I*M	سطوح آبیاری* گونه‌های مایکوریزا	6	7.704**	8.676^{ns}	22.51^{ns}	0.028^{ns}	0.571**
Error	خطا	24	1.806	6.972	10.97	0.016	0.141
C.V (%)	ضریب تغییرات (٪)		3.13	9.08	17.13	10.43	20.21

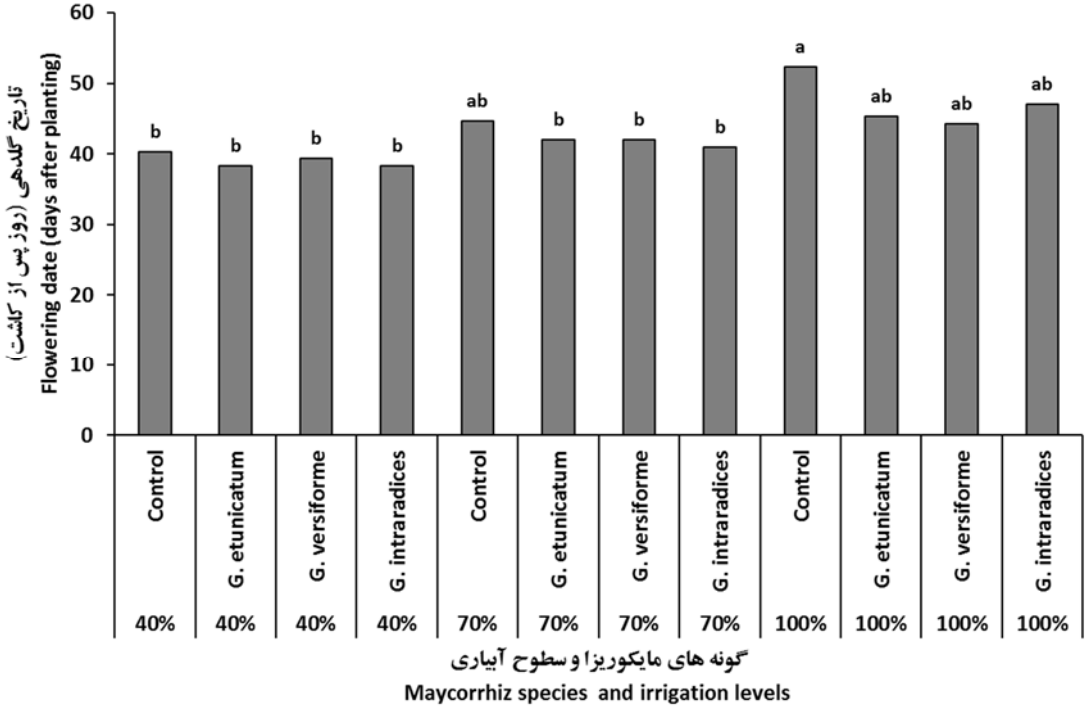
جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

			میانگین مربعات (MS)				
S. O. V.	منابع تغییرات (S. O. V.)	درجه آزادی (df)	وزن خشک کل Total dry weight	وزن غلاف Pod Weight	تعداد غلاف در بوته Number of pods per plant	وزن هزار دانه Grain weight	عملکرد تک بوته Yield per plant
Irrigation levels (I)	سطوح آبیاری	2	268.93**	22.175**	758.72**	0.058**	0.64**
Mycorrhiza species (M)	گونه‌های مایکوریزا	3	208.72**	10.313**	245.52**	0.028**	0.28**
I*M	سطوح آبیاری* گونه‌های مایکوریزا	6	22.415*	4.427**	99.93**	0.004^{ns}	0.050^{ns}
Error	خطا	24	6.655	0.971	833.389	0.003	0.046
C.V (%)	ضریب تغییرات (٪)		16.28	12.75	11.72	2.49	15.33

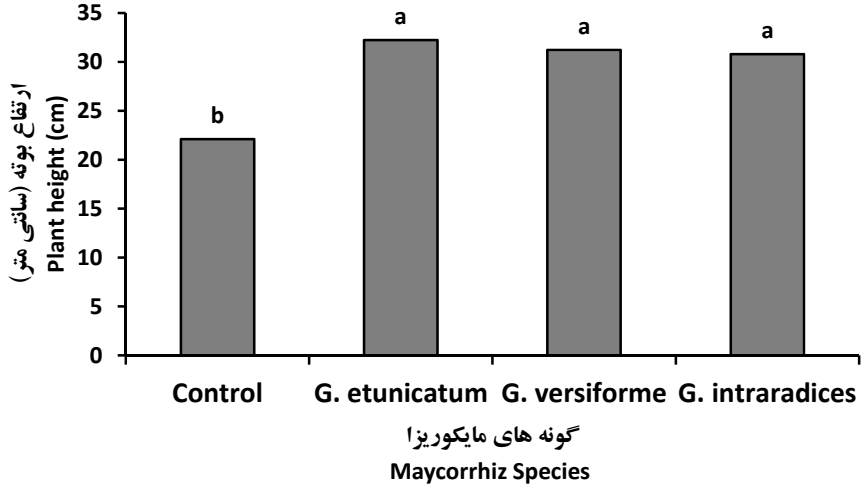
ns، * و **: غیر معنی‌دار، معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, *, ** non-significant, significant at $P < 0.05$ and $P < 0.01$, respectively



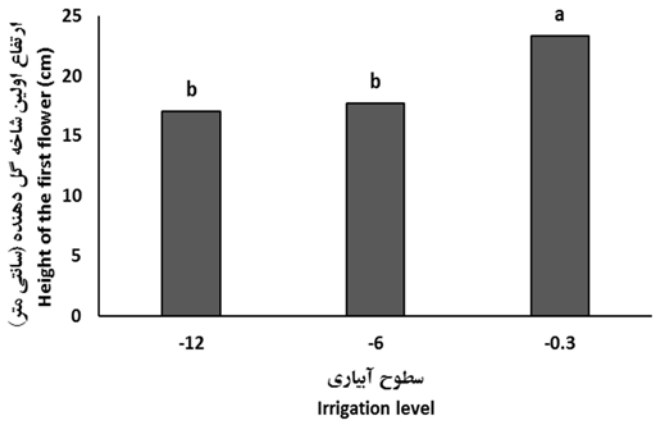
شکل ۱. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری شامل آبیاری مطلوب (۰/۳- بار)، تنش متوسط (۶- بار) و تنش شدید خشکی (۱۲- بار) و تلقیح و عدم تلقیح (Control) با گونه‌های قارچ مایکوریزا (*Glomus etunicatum*، *G. versiforme*، *G. intraradices*). بر متوسط زمان گلدهی گیاه نخود. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Fig. 1. Comparison of interaction effects of different levels of irrigation including: optimum irrigation (- 0.3 bar), moderate water deficit (-6 bar) and severe water deficit (-12 bar) and inoculation and non-inoculation (Control) with fungal mycorrhiza species (*Glomus etunicatum, G. versiforme, G. intraradices*) on flowering time of chickpea. Means followed by the same letter within each stage had no significant difference (Duncan's Multiple Range test; P≤0.05).



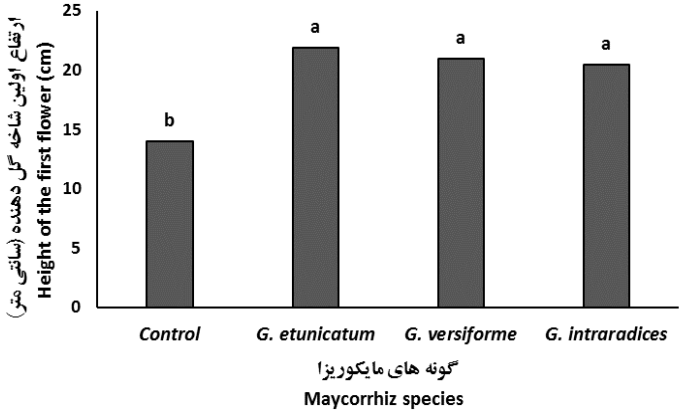
شکل ۲. مقایسه میانگین اثر گونه‌های مختلف قارچ مایکوریزا (*Glomus etunicatum*، *G. versiforme*، *G. intraradices*) بر ارتفاع بوته گیاه نخود. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Fig. 2. Mean comparison effect of various species of mycorrhiza fungi (*Glomus etunicatum, G. versiforme, G. intraradices*) on chickpea plant height. Means followed by the same letter within each stage had no significant difference (Duncan's Multiple Range test; P≤0.05).



شکل ۳. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری شامل آبیاری مطلوب (۰/۳- بار)، تنش متوسط (۶- بار) و تنش شدید خشکی (۱۲- بار)، بر ارتفاع اولین شاخه گل دهنده در گیاه نخود. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Fig. 3. Mean comparison effect different irrigation levels including: optimum irrigation (-0.3 bar), moderate water deficit (-6 bar) and severe water deficit (-12 bar) on first flowering shoot. Means followed by the same letter within each stage had no significant difference (Duncan's Multiple Range test; P≤0.05).

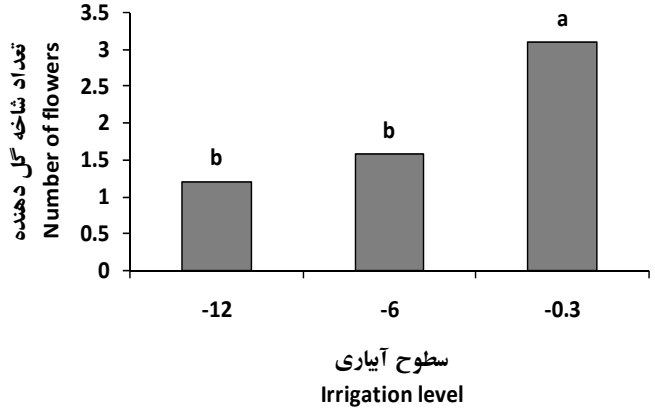


شکل ۴. مقایسه میانگین اثر گونه‌های مختلف قارچ مایکوریزا (*Glomus etunicatum*، *G. versiforme*، *G. intraradices*) بر ارتفاع اولین شاخه گل دهنده گیاه نخود. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Fig. 4. Mean comparison effect of various species of mycorrhiza fungi (*Glomus etunicatum, G. versiforme, G. intraradices*) on first flowering shoot. Means followed by the same letter within each stage had no significant difference (Duncan's Multiple Range test; P≤0.05).

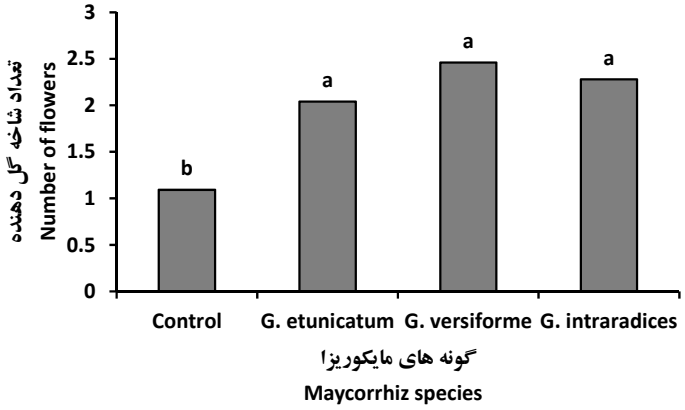
تعداد شاخه گل دهنده

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها، نشان داد که تأثیر تیمارهای سطوح آبیاری و گونه‌های مایکوریزا در سطح احتمال ۱٪ بر تعداد شاخه گل‌دهنده گیاه نخود معنی‌دار شده است (جدول ۲). درحالی‌که اثرات برهمکنش سطوح آبیاری و گونه‌های مایکوریزا بر تعداد شاخه گل‌دهنده تأثیر معنی‌داری نداشت (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌ها حاکی از آن بود که کاهش میزان آبیاری و درنتیجه، کاهش میزان آب قابل‌دسترس گیاه، باعث کاهش معنی‌دار تعداد شاخه گل‌دهنده در گیاه نخود گردید (شکل ۵). مقایسه میانگین داده‌ها در شکل ۵ نشان داد که کاربرد گونه‌های مختلف مایکوریزا باعث افزایش قابل‌توجه تعداد شاخه گل‌دهنده نخود گردید. بین گونه‌های مایکوریزا ازنظر میزان تأثیر بر افزایش مقادیر این صفت، اختلاف قابل‌توجهی وجود نداشت (شکل ۶).



شکل ۵. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری شامل آبیاری مطلوب (۰/۳- بار)، تنش متوسط (۶- بار) و تنش شدید خشکی (۱۲- بار)، بر تعداد شاخه گل دهنده در گیاه نخود. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Fig. 5. Mean comparison effect different irrigation levels including: optimum irrigation (-0.3 bar), moderate water deficit (-6 bar) and severe water deficit (-12 bar) on number of chickpea flowering shoots. Means followed by the same letter within each stage had no significant difference (Duncan's Multiple Range test; P≤0.05).



شکل ۶. مقایسه میانگین اثر گونه‌های مختلف قارچ مایکوریزا (*Glomus etunicatum*، *G. versiforme*، *G. intraradices*) بر تعداد شاخه گل دهنده گیاه نخود. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Fig. 6. Mean comparison effect of various species of mycorrhiza fungi (*Glomus etunicatum, G. versiforme, G. intraradices*) on number of chickpea flowering shoots. Means followed by the same letter within each stage had no significant difference (Duncan's Multiple Range test; P≤0.05).

وزن خشک ریشه

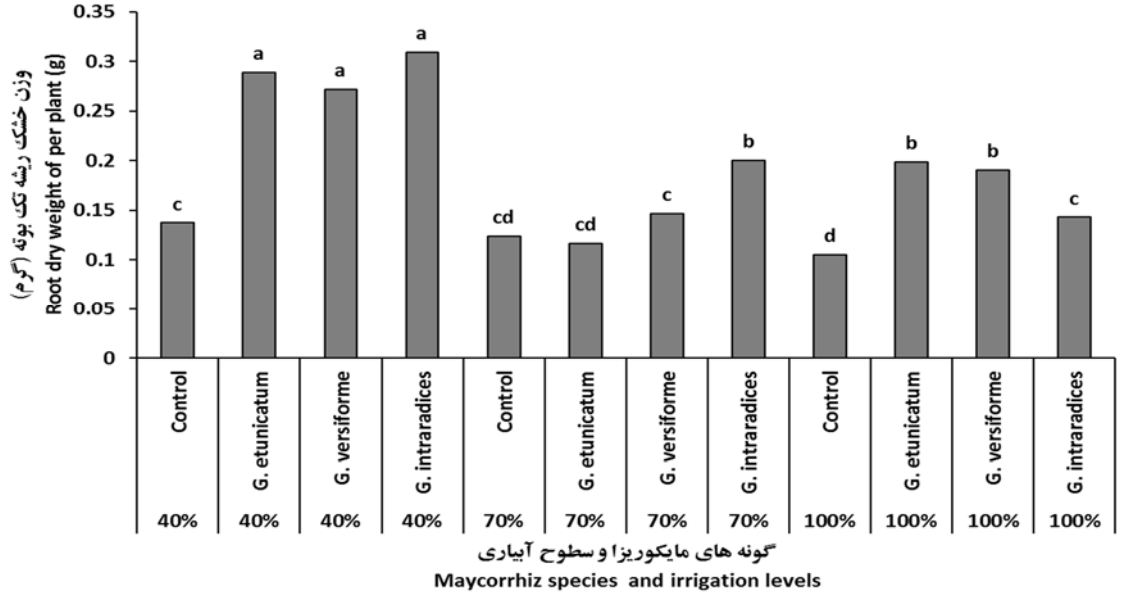
نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) بیانگر آن است که سطوح آبیاری، گونه‌های مایکوریزا و اثرات متقابل سطوح آبیاری و گونه‌های مایکوریزا بر وزن خشک ریشه گیاه نخود در سطح احتمال ۱٪ تأثیر معنی‌داری داشتند. به‌طوری‌که در شکل ۷ مشاهده می‌گردد تلقیح نخود با گونه-های مختلف مایکوریزا در شرایط آبیاری مطلوب و همچنین در شرایط تنش شدید خشکی در مقایسه با شاهد تلقیح نشده به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای باعث افزایش وزن خشک ریشه گیاه شد (شکل ۷). در شرایط تنش متوسط، تلقیح نخود با گونه *G. intraradices* نسبت به شرایط عدم تلقیح به‌طور معنی-داری باعث افزایش وزن خشک ریشه گردید، اما سایر گونه‌ها نتوانستند تأثیر معنی‌داری بر وزن خشک ریشه در مقایسه با شاهد (عدم تلقیح) داشته باشند (شکل ۷).

وزن خشک کل

تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که اثرات متقابل سطوح آبیاری و گونه‌های مایکوریزا بر وزن خشک کل نخود در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار گردید. همان‌طوری که در مقایسه میانگین داده‌ها (شکل ۸) مشاهده می‌گردد، در کلیه سطوح آبیاری، کاربرد گونه‌های مختلف قارچ مایکوریزا جهت تلقیح نخود در مقایسه با شاهد تلقیح نشده به‌طور قابل‌توجهی باعث افزایش وزن خشک گیاه شده است (شکل ۸). اثر مثبت مایکوریزا بر افزایش وزن خشک کل در شرایط آبیاری مطلوب نسبت به شرایط کمبود آب محسوس‌تر بود و گیاهان تلقیح شده و حتی شاهد در شرایط آبیاری مطلوب از وزن خشک بالاتری برخوردار بودند. نخودهای تلقیح شده با گونه‌های مختلف مایکوریزا ازنظر وزن خشک کل، برتری قابل‌توجهی نسبت به همدیگر نداشتند (شکل ۸).

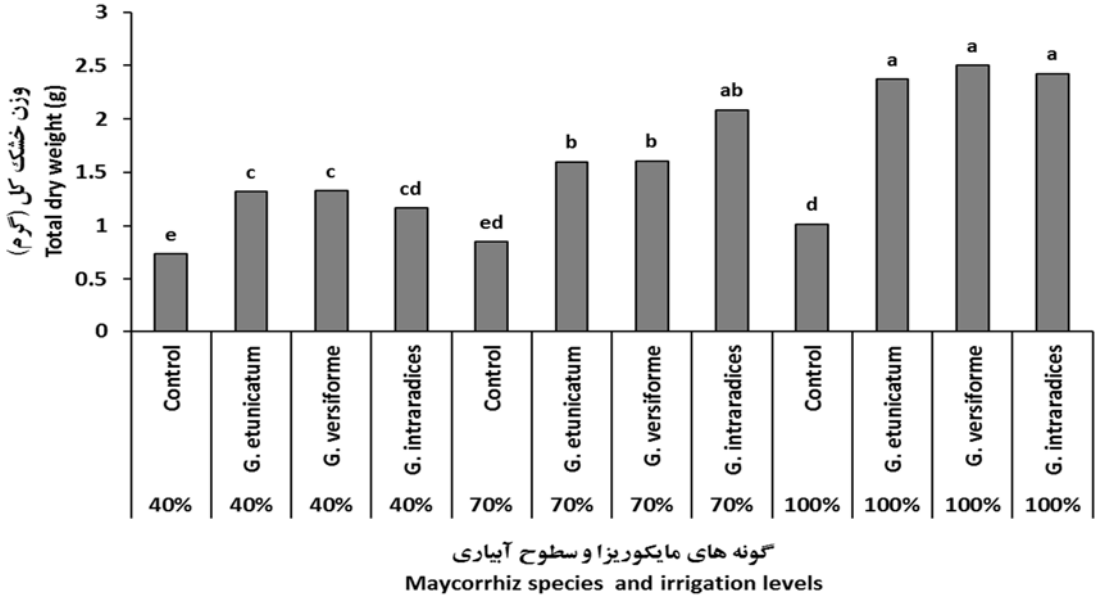
وزن غلاف

نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق گویای آن است که سطوح آبیاری، گونه‌های مایکوریزا و اثرات متقابل سطوح آبیاری و گونه‌های مایکوریزا، وزن غلاف‌های گیاه را به‌طور معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۲). بالاترین وزن غلاف در نخودهایی (تلقیح شده و تلقیح نشده) مشاهده گردید که در شرایط آبیاری مطلوب رشد کرده بودند (شکل ۹). به‌طوری‌که شکل ۹ نشان می‌دهد کاربرد گونه‌های مایکوریزا در شرایط آبیاری مطلوب و تنش شدید خشکی، باعث بهبود وزن غلاف در گیاه نخود گردید. در شرایط تنش متوسط، تلقیح نخود با گونه *G. etunicatum* نسبت به شرایط عدم تلقیح، باعث ایجاد تغییر قابل‌توجهی در وزن غلاف نگردید (شکل ۹). گیاهان تلقیح شده با *G. intraradices*، وزن غلاف بیشتری نسبت به شاهد تولید کردند (شکل ۹). نخودهای تلقیح شده با *G. versiform* از وزن غلاف کمتری نسبت به شاهد برخوردار بودند، هرچند که این اختلاف، معنی‌دار نبود. (شکل ۹).



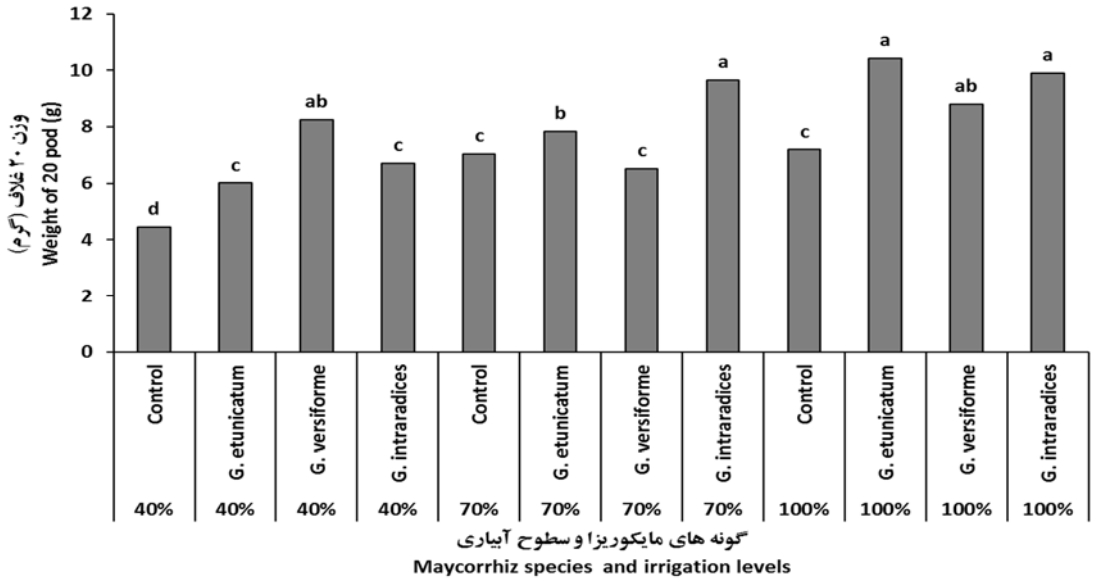
شکل ۷. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری شامل آبیاری مطلوب (۰/۳- بار)، تنش متوسط (۶- بار) و تنش شدید خشکی (۱۲- بار) و تلقیح و عدم تلقیح (Control) با گونه‌های قارچ مایکوریزا (*Glomus etunicatum*، *G. versiforme*، *G. intraradices*). بر وزن خشک ریشه نخود. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Fig. 7. Comparison of interaction effects of different levels of irrigation including: optimum irrigation (- 0.3 bar), moderate water deficit (-6 bar) and severe water deficit (-12 bar) and inoculation and non-inoculation (Control) with fungal mycorrhiza species (*Glomus etunicatum, G. versiforme, G. intraradices*) on root dry weight of chickpea. Means followed by the same letter within each stage had no significant difference (Duncan's Multiple Range test; P≤0.05).



شکل ۸. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری شامل آبیاری مطلوب (۰/۳- بار)، تنش متوسط (۶- بار) و تنش شدید خشکی (۱۲- بار) و تلقیح و عدم تلقیح (Control) با گونه‌های قارچ مایکوریزا (*Glomus etunicatum*، *G. versiforme*، *G. intraradices*). بر وزن خشک کل نخود. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Fig. 8. Comparison of interaction effects of different levels of irrigation including: optimum irrigation (- 0.3 bar), moderate water deficit (-6 bar) and severe water deficit (-12 bar) and inoculation and non-inoculation (Control) with fungal mycorrhiza species (*Glomus etunicatum, G. versiforme, G. intraradices*) on total dry weight of chickpea. Means followed by the same letter within each stage had no significant difference (Duncan's Multiple Range test; P≤0.05).



شکل ۹. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری شامل آبیاری مطلوب (۰/۳- بار)، تنش متوسط (۶- بار) و تنش شدید خشکی (۱۲- بار) و تلقیح و عدم تلقیح (Control) با گونه‌های قارچ مایکوریزا (*Glomus etunicatum*، *G. versiforme*، *G. intraradices*). بر وزن ۲۰ غلاف گیاه نخود. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

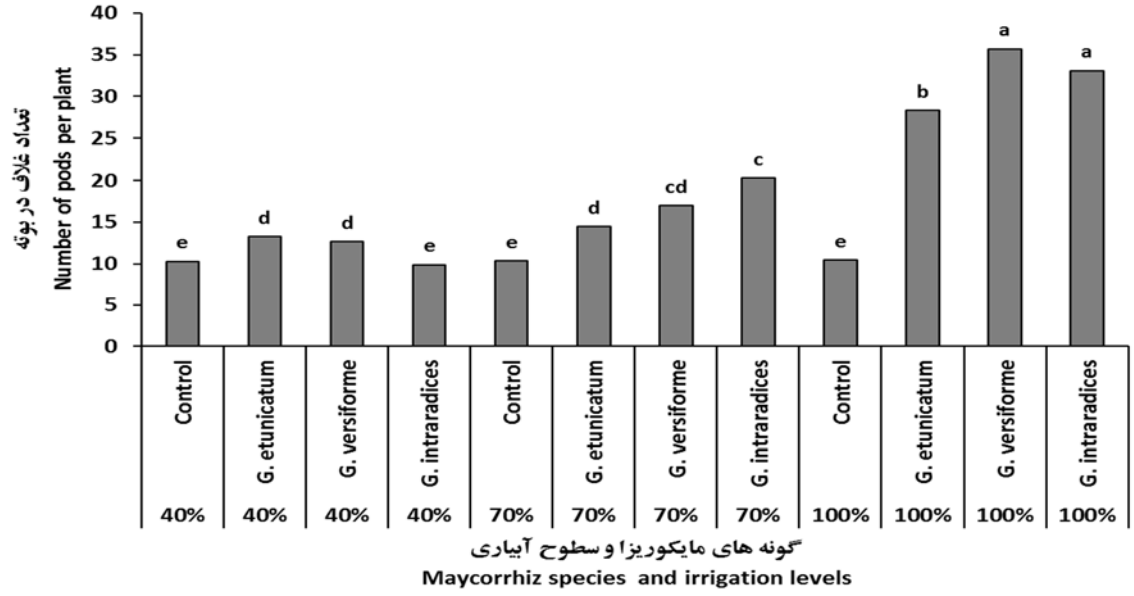
Fig. 9. Comparison of interaction effects of different levels of irrigation including: optimum irrigation (- 0.3 bar), moderate water deficit (-6 bar) and severe water deficit (-12 bar) and inoculation and non-inoculation (Control) with fungal mycorrhiza species (*Glomus etunicatum, G. versiforme, G. intraradices*) on 20 pods weight of chickpea. Means followed by the same letter within each stage had no significant difference (Duncan's Multiple Range test; P≤0.05).

تعداد غلاف در بوته

بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲)، سطوح آبیاری، گونه‌های مایکوریزا و اثرات متقابل سطوح آبیاری و گونه‌های مایکوریزا به‌طور چشمگیری تعداد غلاف در بوته نخود را تحت تأثیر قرار دادند. نتایج نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب (۱۰۰ درصد آبیاری) و تنش متوسط خشکی، تلقیح نخود با هریک از گونه‌های قارچ مایکوریزا در مقایسه با گیاه تلقیح نشده (شاهد) باعث افزایش معنی‌دار تعداد غلاف در بوته گردید (شکل ۱۰). درحالی‌که در شرایط تنش شدید، کاربرد گونه‌های مختلف مایکوریزا تأثیر معنی-داری بر تعداد غلاف در بوته نخود نداشت (شکل ۱۰).

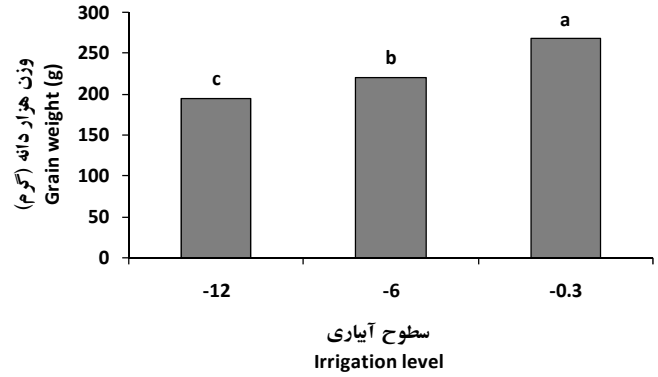
وزن هزار دانه

نتایج حاصل از تجزیه واریانس داده‌ها، گویای آن است که بین سطوح مختلف آبیاری و همچنین سطوح کاربرد گونه‌های مختلف مایکوریزا ازلحاظ وزن هزار دانه در سطح احتمال ۱٪ اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). اثرات توأم سطوح مختلف آبیاری و کاربرد گونه‌های مایکوریزا بر وزن هزار دانه نخود، تأثیر معنی‌داری نشان نداد (جدول ۲). مقایسه میانگین‌ها حاکی از آن است که با کاهش میزان آبیاری، وزن هزار دانه به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش پیدا کرد (شکل ۱۱)، به‌طوری‌که بیشترین (۲۶۸ گرم) و کمترین (۱۹۵ گرم) وزن هزار دانه به ترتیب مربوط به سطوح آبیاری مطلوب و تنش شدید خشکی بود (شکل ۱۱). همچنین نتایج نشان داد که تلقیح نخود با هر یک از گونه‌های مایکوریزا به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای وزن هزار دانه را افزایش داد (شکل ۱۲). بین گیاهان تلقیح شده با گونه‌های مختلف مایکوریزا (*G. etunicatum*، *G. versiforme*، *G. intraradices*) ازلحاظ وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (شکل ۱۲).



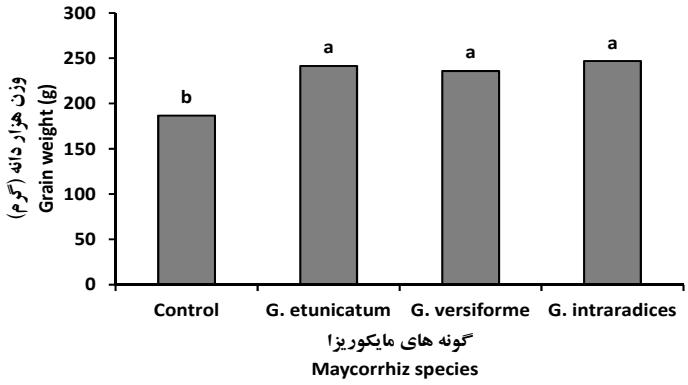
شکل ۱۰. مقایسه میانگین اثرات متقابل سطوح مختلف آبیاری شامل آبیاری مطلوب (۰/۳- بار)، تنش متوسط (۶- بار) و تنش شدید خشکی (۱۲- بار) و تلقیح و عدم تلقیح (Control) با گونه‌های قارچ مایکوریزا (*Glomus etunicatum*، *G. versiforme*، *G. intraradices*). بر تعداد غلاف در بوته گیاه نخود. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Fig. 10. Comparison of interaction effects of different levels of irrigation including: optimum irrigation (- 0.3 bar), moderate water deficit (-6 bar) and severe water deficit (-12 bar) and inoculation and non-inoculation (Control) with fungal mycorrhiza species (*Glomus etunicatum, G. versiforme, G. intraradices*) on pods number per plant of chickpea. Means followed by the same letter within each stage had no significant difference (Duncan's Multiple Range test; P ≤0.05).



شکل ۱۱. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری شامل آبیاری مطلوب (۰/۳- بار)، تنش متوسط (۶- بار) و تنش شدید خشکی (۱۲- بار)، بر وزن هزار دانه نخود. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Fig. 11. Mean comparison effect different irrigation levels including: optimum irrigation (-0.3 bar), moderate water deficit (-6 bar) and severe water deficit (-12 bar) on 1000 seed weight of chickpea. Means followed by the same letter within each stage had no significant difference (Duncan's Multiple Range test; P≤0.05).



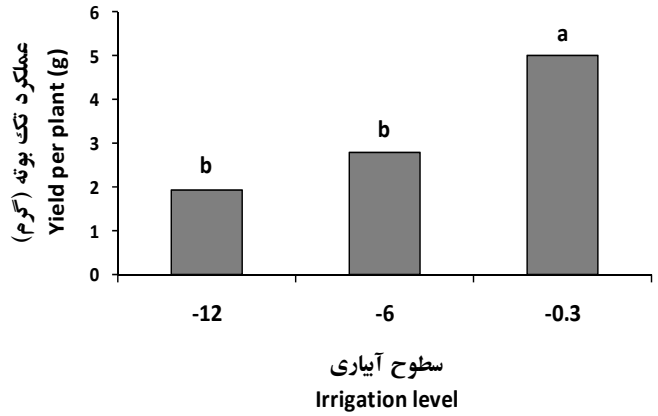
شکل ۱۲. مقایسه میانگین اثر گونه‌های مختلف قارچ مایکوریزا (*Glomus etunicatum*، *G. versiforme*، *G. intraradices*) بر وزن هزار دانه گیاه نخود. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Fig. 12. Mean comparison effect of various species of mycorrhiza fungi (*Glomus etunicatum, G. versiforme, G. intraradices*) on 1000 seed weight of chickpea. Means followed by the same letter within each stage had no significant difference (Duncan's Multiple Range test; P≤0.05).

عملکرد تک بوته

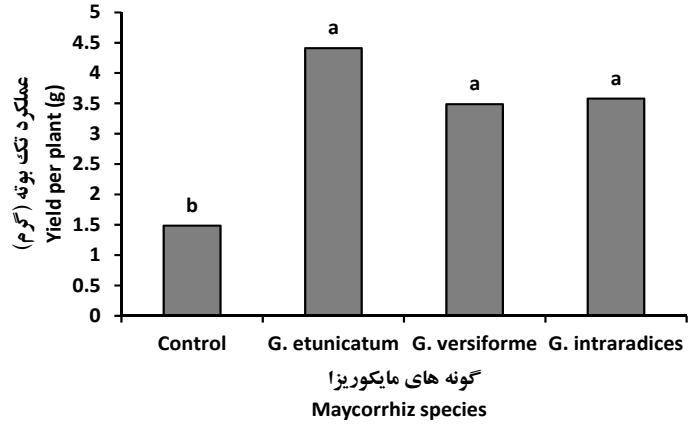
نتایج به‌دست‌آمده از تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تأثیر تیمارهای سطوح آبیاری و کاربرد گونه‌های مختلف مایکوریزا بر عملکرد تک بوته گیاه نخود در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲)، درحالی‌که اثرات برهمکنش سطوح آبیاری و گونه‌های مایکوریزا بر عملکرد تک بوته تأثیر معنی‌داری بر عملکرد تک بوته نداشت (جدول ۲). نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین داده‌ها، گویای آن است که بالاترین عملکرد دانه در نخودهایی تولید گردید که طی فصل رشد، به‌صورت مطلوب آبیاری شده بودند (شکل ۱۳).

کاهش میزان آب آبیاری باعث گردید که کاهش قابل‌توجهی عملکرد دانه به‌طور پیدا کند و هرچند که بین گیاهان تحت شرایط آبیاری تنش متوسط و شدید خشکی، اختلاف معنی‌داری ازلحاظ میزان عملکرد مشاهده نگردید اما کمترین عملکرد دانه از گیاهان تحت شرایط تنش شدید خشکی به دست آمد (شکل ۱۳). تلقیح نخود با هر یک از گونه‌های مایکوریزا در مقایسه با شاهد (عدم تلقیح) باعث افزایش معنی‌دار عملکرد تک بوته گیاه نخود شد (شکل ۱۴). بین گونه‌های مایکوریزا ازلحاظ تأثیر بر عملکرد تک بوته گیاه نخود، اختلاف معنی‌داری ملاحظه نگردید (شکل ۱۴).



شکل ۱۳. مقایسه میانگین اثر سطوح مختلف آبیاری شامل آبیاری مطلوب (۰/۳- بار)، تنش متوسط (۶- بار) و تنش شدید خشکی (۱۲- بار)، بر عملکرد تک بوته گیاه نخود. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Fig. 13. Mean comparison effect different irrigation levels including: optimum irrigation (-0.3 bar), moderate water deficit (-6 bar) and severe water deficit (-12 bar) on yield of individual chickpea plants. Means followed by the same letter within each stage had no significant difference (Duncan's Multiple Range test; P≤0.05)



شکل ۱۴. مقایسه میانگین اثر گونه‌های مختلف قارچ مایکوریزا (*Glomus etunicatum*، *G. versiforme*، *G. intraradices*) بر عملکرد تک بوته گیاه نخود. میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک فاقد اختلاف آماری معنی‌دار در سطح احتمال ۵٪ می‌باشند.

Fig. 14. Mean comparison effect of various species of mycorrhiza fungi (*Glomus etunicatum, G. versiforme, G. intraradices*) on yield of individual chickpea plants. Means followed by the same letter within each stage had no significant difference (Duncan's Multiple Range test; P≤0.05).

بحث

نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش نشان داد که کاهش میزان آبیاری، باعث کاهش معنی‌دار ارتفاع اولین شاخه گل‌دهنده (شکل ۳)، تعداد شاخه گل دهنده (شکل ۵)، وزن خشک گیاه (شکل ۸)، وزن غلاف (شکل ۹)، تعداد غلاف در بوته (شکل ۱۰)، وزن هزار دانه (شکل ۱۱) و عملکرد تک بوته (شکل ۱۳) گیاه نخود گردید. نتایج تحقیق حاضر با نتایج به‌دست‌آمده توسط سایر محققین درزمینه مطالعه واکنش عملکرد و اجزای عملکرد نخود به تنش آب مطابقت دارد (Behboudian et al., 2001; Fallah et al., 2005). مطالعات نشان می‌دهد که بیشترین عملکرد نخود تحت شرایط فاریاب حاصل می‌شود و دراین‌ارتباط، اجتناب از تنش خشکی بعد از مرحله گلدهی، به‌ویژه در مرحله غلاف دهی تا دانه بستن، ضروری است (Jalota et al., 2006). گزارش شده است که تنش

خشکی شدید در اوایل گسترش غلاف‌ها، رشد غلاف‌ها را کاهش می‌دهد و منجر به کاهش قابل‌ملاحظه درمجموع تعداد غلاف می‌شود (Liu et al., 2004). تنش خشکی با کاهش تعداد غلاف در بوته و یا ریزش غلاف در هنگام وقوع تنش، باعث کاهش عملکرد گیاه نخود می‌شود (Bagheri et al., 2000). در حقیقت، با کاهش میزان آبیاری، میزان رشد و عملکرد گیاه نخود کاهش پیدا کرد. این کاهش می‌تواند مستقیماً در اثر بسته شدن روزنه‌ها و یا به‌طور غیرمستقیم در اثر افزایش آنزیم‌های تجزیه‌کننده پروتئین‌ها و کلروفیل‌ها باشد که درنهایت باعث کاهش سرعت و میزان فتوسنتز و به‌تبع آن، کاهش مقدار مواد فتوسنتزی و درنهایت عملکرد دانه می‌گردد (Bagheri et al., 2000; Fayyaz and Talbi, 2009). همچنین نتایج، نشان داد که تنش کمبود آب باعث تسریع در زمان گلدهی نخود گردید (شکل ۱). در ارزیابی ژنوتیپ‌های لوبیاچیتی تحت تنش خشکی، ملاحظه گردید که تنش کمبود آب باعث کاهش روز تا گلدهی و تسریع گلدهی در این گیاه می‌گردد (Asadi et al., 2011). نتایج تحقیق حاضر با نتایج سایر محقیقن در مورد تأثیر تنش خشکی بر گیاه نخود مطابقت داشت (Amiri Dah Ahmadi et al., 2010). همچنین گزارش شده است که شدت‌های مختلف تنش خشکی، باعث کاهش معنی‌داری دوره کاشت تا گلدهی می‌گردد (Naderi et al., 2004). تسریع در گل‌دهی به‌واسطه تنش خشکی را می‌توان به تأثیر تنش خشکی در تسریع مراحل تکامل و ظهور گل‌ها نسبت داد. با توجه به نقشی که آب در رشد رویشی گیاه می‌تواند ایفا کند، این احتمال وجود دارد که در شرایط تنش خشکی گیاه با دریافت میزان آب کمتر رشد رویشی خود را کاهش داده و زودتر وارد مرحله زایشی شده درنتیجه تنش آب باعث تسریع گلدهی در گیاه شده باشد.

نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق، حاکی از آن بود که استفاده از مایکوریزا باعث افزایش ارتفاع بوته، تعداد شاخه گل دهنده، وزن هزار دانه و عملکرد تک بوته گیاه نخود نسبت به شاهد گردید که با نتایج تحقیقات سایر محققین روی رازیانه، نعناع، گندم و شوید و لوبیا مطابقت داشت (Darzi et al., 2006; Gupta et al., 2002; Ardekani et al., 2000; Weisany et al., 2016). همچنین نتایج نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب و همچنین شرایط تنش شدید خشکی، کاربرد قارچ مایکوریزا باعث افزایش معنی‌دار ارتفاع اولین شاخه گل‌دهنده (شکل ۳)، وزن خشک ریشه (شکل ۷)، وزن خشک گیاه (شکل ۸)، وزن غلاف (شکل ۹) در گیاه نخود گردید. قارچ‌های مایکوریزا یکی از انواع کودهای زیستی بوده که دارای رابطه همزیستی با ریشه اغلب گیاهان زراعی می‌باشند و از طریق افزایش جذب عناصر غذایی مانند فسفر، نیتروژن و برخی عناصر ریزمغذی، افزایش جذب آب، افزایش مقاومت در برابر تنش‌های زنده (عوامل بیماری‌زا) و غیرزنده (خشکی، شوری) سبب بهبود رشد، نمو و عملکرد گیاه میزبان می‌شوند (Sainz et al., 1998). کاربرد گونه‌های مختلف قارچ مایکوریزا در شرایط تنش خشکی ممکن است از طریق افزایش سطح جذب ریشه‌ها (نفوذ میسلیوم قارچ‌ها و افزایش سطح تماس با خاک) موجب افزایش دسترسی گیاه نخود به آب و مواد غذایی شده و از این طریق، افزایش وزن خشک اندام‌های مختلف و عملکرد گیاه را باعث گردیده باشد (Sylvia and Williams, 1992). درواقع چنین استنباط می‌شود که همزیستی قارچ مایکوریزا با ریشه گیاه نخود ممکن است از طریق افزایش جذب آب و عناصر غذایی، باعث افزایش فتوسنتز گیاه شده و از این طریق موجب بهبود رشد گیاه گردیده باشد. استفاده از قارچ مایکوریزا، سرعت رشد گیاه را افزایش داده و بر تخصیص و انتقال مواد بین ریشه و ساقه اثر می‌گذارد، به‌طوری‌که از طریق افزایش جذب عناصر غذایی و انتقال آن‌ها، افزایش وزن خشک اندام‌های هوایی را موجب می‌شود (Ortas, 1996). همچنین مشخص گردید که در اثر تلقیح گیاه اکالیپتوس با قارچ مایکوریزا، غلظت نیتروژن در برگ نسبت به شرایط عدم تلقیح افزایش یافت (Arriagada et al., 2007). با توجه به نتایج به‌دست‌آمده از این پژوهش، می‌توان اظهار داشت که احتمالاً کاربرد قارچ مایکوریزا، میزان جذب نیتروژن در گیاه را بهبود بخشیده و از این طریق سبب افزایش رشد، نمو و مقدار کلروفیل برگ و متعاقب آن، افزایش میزان فتوسنتز و ماده سازی و درنهایت، افزایش عملکرد گیاه شده باشد. به‌طوری‌که ملاحظه گردید (شکل ۱) در کلیه سطوح آبیاری، کاربرد گونه‌های مختلف مایکوریزا باعث تسریع در گلدهی نخود شد (Kapoor et al., 2004). در تحقیقی تولید تنظیم‌کننده‌های رشد توسط *G. mosseae* را مورد بررسی قرار گرفت و نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که در این میکروارگانیسم‌ها حداقل دو ماده شبه جیبرلین و چهار ماده با ویژگی‌های شبه سیتوکینین سنتز می‌شود (Barea and Azcon-Aguilar, 1982). با توجه به تأثیری که این هورمون‌های رشد در افزایش رشد گیاهان زراعی دارند می‌توان اظهار داشت که این احتمال وجود دارد که با کاربرد

گونه‌های مایکوریزا در گیاه نخود نیز، میزان تولید هورمون-های رشدی (جیبرلین و سیتوکینین) افزایش پیدا کرده است و از این طریق، شرایط برای رشد و نمو بهتر و درنهایت تولید عملکرد بیشتر، فراهم شده باشد و تسریع در گلدهی نخود در آزمایش حاضر نیز ممکن است نتیجه این تأثیر مایکوریزا باشد. به‌طوری‌که قبلاً ذکر گردید، قارچ مایکوریزا باعث تحریک ترشح هورمون‌ها و افزایش جذب فسفر توسط گیاه می‌شود. لذا، با توجه به نقش اکسین در انگیزش ریشه‌های نابجا (Druege, 2007) و همچنین نقش فسفر در بهبود ریشه‌زایی در گیاهان، افزایش وزن خشک ریشه‌ها (شکل ۷)، می‌تواند ساده‌ترین استنباط از مکانیسم تأثیر قارچ مایکوریزا بر رشد گیاهان باشد. قارچ‌های مایکوریزا در طی دوره تنش خشکی با افزایش پتانسیل آب برگ، افزایش سرعت مصرف دی‌اکسید کربن (Amerian, 2001) نیز افزایش میزان جذب آب در واحد زمان (Ladjal and Ducrey, 2005) و نیز گسترش ریسه‌های خارجی و تغییر مورفولوژی ریشه گیاهان، افزایش سطح جذب ریشه و انتقال مواد غذایی به ریشه (James et al., 2008) قادر است اثرات تنش خشکی در گیاه را کاهش دهند. نتایج نشان داد که در مورد برخی از صفات تفاوت معنی‌داری بین گونه‌های مختلف قارچ مایکوریزا مشاهده نگردید. با توجه به اینکه گونه‌های به رفته در این آزمایش از جنس *Glomus* می‌باشند و نیز با عنایت به این موضوع که گونه‌های مربوط به جنس *Glomus* دارای ویزیکول و آربوسکول می‌باشند، این احتمال وجود دارد که مکانیسم عمل این گونه‌ها شبیه به هم بوده و ازلحاظ آماری اختلاف معنی-داری بین آن‌ها ازلحاظ تأثیر صفات مشاهده نشده باشد.

نتیجه‌گیری نهایی

نتایج به‌دست‌آمده از این تحقیق نشان داد که کاهش میزان آبیاری و بروز تنش کمبود آب، میزان رشد و نمو و درنتیجه عملکرد و اجزای عملکرد گیاه نخود را به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش داد و کاربرد گونه‌های مایکوریزا در شرایط آبیاری مطلوب و تنش شدید خشکی باعث بهبود صفات موردبررسی گردید. لذا با توجه به این نتایج می‌توان اظهار داشت که نه‌تنها در شرایط تنش خشکی می‌توان با کاربرد قارچ مایکوریزا تا حد زیادی رشد و عملکرد گیاه نخود را بهبود بخشید، بلکه استفاده از مایکوریزا در شرایط آبیاری مطلوب نیز می‌تواند موجب افزایش رشد و عملکرد گیاه نخود گردد؛ بنابراین، می-تواند به‌عنوان راهکاری در جهت بهبود رشد و عملکرد نخود در شرایط تنش خشکی و آبیاری مطلوب، موردتوجه قرار گیرد.

منابع

Alloush, G.A.Z., Zeto, S.K. Clark, R.B., 2000. Phosphorus source, organic matter, and arbuscular mycorrhizae effects on growth and mineral acquisition of chickpea grown in acidic soil. Journal of Plant Nutrition, 23, 1351-1369.

Amerian, M. R., Stewart, W. S., Griffiths, H., 2001. Effect of two species of arbuscular mycorrhizal fungi on growth, assimilation and leaf water relations in maize (*Zea mays*). Annals of Applied Biology. 63, 71-76.

Amiri Dah Ahmadi, S. R., Parsa, M., Ganjali, A., 2010. Effect of drought stress in different stages of morphological characteristics and yield components of pea in greenhouse conditions. Iranian Journal of Agricultural Research. 8(1), 166-157 [In Persian with English Summary].

Amiri Dah Ahmadi, S. R., Parsa, M., Ganjali, A., 2010. The Effects of drought stress at different phenological stages on morphological traits and yield components of a chickpea (*Cicer arietinum* L.) under greenhouse conditions. Iranian Journal of Field Crops Research, 12, 84-69 [In Persian with English Summary].

Ardekani, M., R., Mazaheri, D., Majed, F., Muhammadi, G.H., 2000. Efficacy of mycorrhiza and phosphorus Asrptvmays at different levels and the impact of their application on yield and qualities of wheat. Iranian Journal of Crop Sciences, 22, 28-17 [In Persian with English Summary].

Arriagada, C.A., Herrera, M.A., Ocampo, J.A. 2007. Beneficial effect of saprobe and arbuscular mycorrhizal fungi on growth of *Eucalyptus globulus* co-cultured with *Glycine max* in soil contaminated with heavy metals. Journal of Environmental Management. 84(5), 93-99.

Asadi, B., Derry, H.R., Qhadiri, A., 2011. Evaluation of chitti bean genotypes to drought stress using stress tolerance indices. Seed and

Plant Improvement Journal. 27-1(4), 30-61 [In Persian with English Summary].

Augé, R.M. 2001. Water relations, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza. 11, 3–42.

Bagheri, A., Nezami, A., Soltani M., 2000. Psychrophiles crops modification for tolerance to stress. The Research, Education, Promotion of Agriculture, pp 181-150 [In Persian].

Barea, J.M., Azcon-Aguilar, C., 1982. Production of plant growth-regulating substances by the vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. Applied and Environmental Microbiology. 43(4), 810-813.

Behboudian, M. H., Ma, Q., Turner, N. C., Palta, J. A., 2001. Reactions of chickpea to water stress: yield and seed composition. Journal of the Science of Food and Agriculture. 81, 1288–1291.

Darzi, M. T., Ghalavand, A., Rejali, F., Sefidkan, F., 2006. Effects of biofertilizers application on yield and yield components in fennel (*Foeniculum vulgare* Mill.). Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants. 22(4), 292-276 [In Persian with English Summary].

Druege, U., Baltruschat, H., Franken, P., 2007. *Piriformospora indica* promotes adventitious root formation in cuttings. Scientia Horticulturae. 112, 422-426.

El-Ghandour, I.A., Galal, Y.G., 2002. Nitrogen fixation and seed yield of chickpea cultivars as affected by microbial inoculation, crop residue and inorganic N fertilizer. Egyptian Journal of Microbiology. 37, 233-246.

Fallah, S., Ehsanzadeh, P., Daneshvar, M., 2005. Grain yield and yield components in three chickpea genotypes under dryland conditions with and without supplementary irrigation at different plant densities in Khorram-Abad, Lorestan. Iranian Journal of Agricultural Science. 36(3), 719-731 [In Persian with English Summary].

FAO. 2004. FAO Production Year Book (58), Food and Agricultural Organization of the United Nations, Rome, Italy.

Fayyaz, F., Talbi, R., 2009. Determination of the relationship between yield and some yield components of chickpea using path analysis. Iranian Journal Crop Sciences. 7(1) 141-135 [In Persian with English Summary].

Ghorbanli, M., Nojavan, M., Haidari, R., Frbvdnya, T., 2001. Changes of soluble sugars, starch and proteins due to drought stress in two Iranian chickpea cultivars. Journal of Teacher Education, 1(1) 53-38 [In Persian with English Summary].

Gupta, M.L., Prasad A., Ram, M., Kumar, S., 2002. Effect of the vesiculr ararbuscular mycorrhizal (VAM) fungus *Glomus fasiculatum* 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.

Jalota, S.K., Sood, A., Harman, W.L., 2006. Assessing the response of chickpea (*Cicer aeritinum* L.) yield to irrigation water on two soils in Punjab (India): A simulation analysis using the CROPMAN model. Agricultural Water Management. 79,312–320.

James, B., Rodel, D., Lorettu, U., Reynaldo, E., Tariq, H., 2008. Effect of vesicular arboscular mycorrhiza (VAM) fungi inoculation on coppicing ability and drought resistance of Senna Spectabilis. Pakistan Journal of Botany. 40(5), 2217-2224.

Jamshidi Moghadam, M., Pakniat, H., Farshadfar, A., 2007. Evaluation of drought tolerance of chickpea (*Cicer aeritinum* L.) lines using agro-physiological characteristics. Seed and Plant Improvement Journal. 23(3), 342-325 [In Persian with English Summary].

Joshee, N., Mentreddy, S.R., Yadav, K., 2007. Mycorrhizal fungi and growth and development of micropropagated *Scutellaria integrifolia* plants. Industrial Crops and Products. 25, 169–177.

Kapoor, R., Giri, B., Mukerji, K.G., 2002. *Glomus macrocarpum* a potential bioinoculant to improve essential oil quality and concentration in Dill (*Anethum graveolens* L.) and carum (*Trachyspermum ammi Sprague*). World Journal of Microbiology and Biotechnology, 18(5), 459-463.

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. Bioresource Technology. 93, 307-311.

Ladjal, M., Huc, R., Ducrey, M., 2005. Drought effects on hydraulic conductivity and xylem vulnerability to embolism in diverse species

and provenances of Mediterranean cedars. Tree Physiology. 25, 1109 –1117.

Liu, F., Jensen, C.R., Andersen. M.N., 2004. Drought stress effect on carbohydrate concentration in soybean leaves and pods during early reproductive development: its implication in altering pod set. Field Crops Research. 86, 1–13.

Mahfouz, S.A., Sharaf-Eldin, M.A., 2007. Effect of mineral vs. biofertilizerbio fertilizer on growth, yield and essential oil content of fennel (*Foeniculum vulhare* Mill. International Agrophysics. 21, 361-366.

Moshtaghi Niaki, M., 2008. The effect of water deficit stress on some morphological and physiological characteristics of three onion (*Allium cepa* L.) cultivars. M. Sc. Thesis in Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Bu-Ali Sina University.62p. [In Persian].

Naderi, M., Nurmohammadi, G.H., Majed, A., Dervish, F., Shirani Rad A.H., Madani, H., 2004. Study of licorice summer safflower cultivation under different intensity of drought in the region. Seed and Plant Improvement Journal. 20(3), 296-281 [In Persian with English Summary].

Omidi, H., Naghdibadi, H.A., Golzad, A., Torabi, H., Fotoukian, M.H., 2009. The effect of chemical and bio-fertilizer source of nitrogen on qualitative and quantitative yield of saffron (*Crocus sativus* L.). Journal of Medicinal Plants. 8, 98–109.

Ortas. I., 1996. The influence of use of different rates of mycorrhizal inoculum on root infection, plant growth, and phosphorus uptake. Communications in Soil Science and Plant Analysis. 27, 2935-2946.

Philips, J.M., Hayman, D.S., 1970. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. Transactions of the British Mycological Society. 55, 158-161.

Sainz, M.J., Taboada-Castro, M.T., Vilarino, A., 1998. Growth, mineral nutrition and mycorrhizal colonization of red clover and cucumber plants grown in a soil amended with composted urban wastes. Plant and Soil. 205, 85-92.

Schussler, J.R., Westgate, M.E., 1995. Assimilate flux determines set at low water potential in maize. Crop Science. 53, 1074-1080.

Smith, S.E., Read, D.J., 2008. Mycorrhizal Symbiosis. 3rd ed., Academic Press, London.

Shirani, A., Alizadeh, A., Hashemi Dezfoli, A. 2000. The study of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, phosphorus and drought stress effects on nutrient uptake in wheat. Seed and Plant Improvement Journal. 16, 349-327 [In Persian with English Summary].

Sohrabi, Y., Heidari, G., Weisany, W., Ghasemi Golezani, K., Mohammadi, K., 2012a. Some physiological responses of chickpea (*Cicer aritinum* L.) cultivars to arbuscular mycorrhiza under drought stress. Russian Journal of Plant Physiology. 59(6), 708–716.

Sohrabi, Y., Heidari, G., Weisany, W., Ghasemi Golezani, K., Mohammadi, K., 2012b. Changes of antioxidative enzymes, lipid peroxidation and chlorophyll content in chickpea types colonized by different Glomus species under drought stress. Symbiosis. 56, 5–18.

Solaiman, A.R.M., Rabbani, M.G., Moll, M.N. 2005. Effects of inoculation of rhizobium and arbuscular mycorrhiza, poultry litter, nitrogen, and phosphorus on growth and yield in chickpea. Korean Journal of Crop Science. 50, 256-261.

Sphere, A., Modares Sanavi, S.A.M., Gharhyazi, B., Amini, Y., 2002. Effect of water deficit and different nitrogen rates on growth and development stages, yield and yield component of maize (*Zea mays* L.). Iranian Journal of Crop Sciences. 4(3), 195-184 [In Persian with English Summary].

Svobodova, I., Misha, P., 2004. Effect of drought stress on the formation of yield elements in spring barley and the potential of stress expression reduction by foliar application of fertilizers and growth stimulator. Plant, Soil and Environment. 10, 439-446.

Sylvia, D.M., Williams, S.E., 1992. Vesicular-arbuscular mycorrhizae and environmental stress, 101-124. In: Bethlenfalvay, G.J., Linderman, R.G., (Eds.), Mycorrhizae in Sustainable Agriculture. Amer Society of Agronomy, Medison Wisconsin, 124p.

Tisdall, J.M., 1991. Fungal hyphae and structural stability of soil. Australian Journal of Soil Research. 29(6), 729-743.

Weisany, W., Raei, Y., Ghasemi Golezani, K., 2016. *Funneliformis mosseae* alters seed essential oil content and composition of dill in intercropping with common bean. Industrial Crops and Products. 79, 29–38.

Weisany, W., Raei, Y., Pertot, I., 2015. Changes in the essential oil yield and composition of dill *Anethum graveolens* L. as response to arbuscular mycorrhiza colonization and cropping system. Industrial Crops and Products. 77, 295–306.

Weisany, W., Zehtab-Salmasi, S., Yaghoub, R., Sohrabi, Y., Ghassemi-Golezan K., 2016. Can arbuscular mycorrhizal fungi improve competitive ability of dill + common bean intercrops against weeds? European Journal of Agronomy. 75, 60–71.

Yazdchi, S., 2008. Evaluation of yield and some characteristics of ten spring barley (*Hordeum vulgare*) varieties under limited and non-limited irrigation. Research Journal of Biological Sciences. 3(12), 1456-1459.

Yunusi, A., Sharif-Zadeh, F., Ahmadi, A., 2010. The effect of irrigation regimes on grain yield, yield components and some grain sorghum Kimia germination. Iranian Journal Crop Sciences, 41, 195-187 [In Persian with English Summary].